

CULTIVOS DE HOJA, TALLO, PECÍOLO
E INFLORESCENCIAS



ESPÁRRAGO

CULTIVO DE ESPÁRRAGO

Castagnino, A. M., Rosini, M. B. y Díaz, K. E.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del espárrago, *Asparagus officinalis* L., constituye una alternativa de diversificación productiva, en la que la calidad del producto cosechado es de fundamental importancia, tanto para su comercialización en el mercado interno, como en el externo. Se trata de una hortaliza no tradicional, perenne y dioica, altamente perecedera, con aptitud agroindustrial; muy difundida a nivel global, consumida no solo como producto de temporada (en fresco), sino durante todo el año (agroindustrializado).

Es originario de la cuenca del Mediterráneo y Asia Menor (Obregón Medrano & Paz, 2014). Existen evidencias históricas de más de 5000 años, concretamente en Egipto, donde diversos monumentos del país cuentan con pinturas en las que se aprecian manojos de brotes o turiones. Posteriormente, llegó a América en el siglo XVII (Delgado de la Flor *et al.*, 1995). Es considerada una hortaliza esencial, de gran preferencia en el consumo de alimentos saludables en el mercado internacional por sus características organolépticas, su composición nutricional, por presentar una elevada relación de nutrientes/calorías (Vázquez-Rowe *et al.*, 2016) y sus beneficios para la salud (Pozo Arce & Molina Atao, 2020).

Contiene antioxidantes, presentes también en muchos otros vegetales, comúnmente consumidos (Makris & Rossiter, 2001; Sun *et al.*, 2007; Chen *et al.*, 2015), que pueden ayudar además, a prevenir el riesgo de enfermedades degenerativas y ciertos tipos de cáncer, por la reducción del estrés oxidativo y la inhibición de la oxidación de las macromoléculas (Soobrattee *et al.*, 2005).

Los turiones son los órganos de consumo y están compuestos principalmente por agua y solo aportan 24 kcal por cada 100 g de parte comestible, por lo que están indicados en casos de dietas hipocalóricas. Además, son ricos en fibras que generan sensación de saciedad, contribuyen a reducir el apetito y ayudan a mejorar el tránsito intestinal, eliminar toxinas y reducir los niveles sanguíneos de colesterol y glucosa después de

las comidas. También tienen un índice glucémico muy bajo, por lo que están indicados en las dietas para diabéticos.

Actualmente se cultiva en sesenta países, con diversidad de climas (de templado frío a tropical) (Falavigna, 2007), con una tendencia creciente, ya que la superficie cultivada pasó de 207.280 has en el año 2013 a 265.000 has en el año 2018. En dicho año se registró un 22% de aumento (Castagnino *et al.*, 2020) con una producción total de 6.200.000 toneladas, siendo los principales países consumidores e importadores de este producto a nivel internacional, Alemania, Estados Unidos, Japón, Francia y Suecia (Angulo Montes *et al.*, 2020).

La demanda internacional de espárrago está concentrada en el hemisferio norte, siendo el consumo medio en los países más consumidores de 0,5-1 kg/pers/año. Existen varios países considerados mercados potenciales como Alemania, Estados Unidos, Japón, Francia y Suecia. Otros países con menor demanda en términos de importaciones son: España, Dinamarca, Italia, Países Bajos y Bélgica. Por otra parte, resulta interesante destacar que África es el continente con menor producción y consumo de espárragos (Castagnino *et al.*, 2020). Perú es considerado a nivel mundial como el primer país exportador de espárragos (Anaya Suárez, 2017), no por poseer ventajas competitivas, sino por ventajas comparativas en cuanto al suelo y el clima (Coronel Estela, 2018).

En el caso particular de Argentina, ocho provincias componen el calendario de oferta nacional, destacándose en orden de importancia San Juan, Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe, Corrientes, Catamarca, Mendoza, y San Luis. Respecto a los meses de comercialización se destacan: septiembre, octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio y agosto lo que demuestra la existencia de demanda durante todo el año de esta hortaliza (Fernández Lozano *et al.*, 2015).

El espárrago presenta como ventaja competitiva, respecto a algunos otros países, la posibilidad de

ingresar en los mercados del hemisferio norte en contra estación, sobre todo teniendo en cuenta que muchas experiencias han demostrado que producir fuera de la estación trae aparejado numerosos daños fisiológicos a las plantas, en particular a las coronas (Romero *et al.*, 2018).

Dada la demanda mundial e interna insatisfecha y la adaptación agroclimática a distintas zonas productivas de argentinas, sumado a que no se requiere gran extensión de tierra para su producción, puede decirse, que representa un excelente recurso para la diversificación en explotaciones agrícolas. Este cultivo puede brindar a los productores distintos beneficios, como la disminución del riesgo empresarial, ventajas en aspectos económico-financieros, entre otras; con potencial para ingresar en mercados externos.

TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA

Es una Angiosperma, monocotiledónea, perenne, que puede durar muchos años, dependiendo del manejo agronómico. Los espárragos corresponden (USDA, 2020) a:

Subreino: Tracheobionta

Superdivisión: Spermatophyta

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Asparagales

Familia: Asparagaceae

Género: *Asparagus*

Especie: *officinalis*

Entre las 150 especies que comprende el género *Asparagus*, solamente el espárrago cultivado (*Asparagus officinalis* L.), se comercializa para el consumo humano y el resto son usadas como ornamentales. El mismo es cultivado para la producción de turiones o brotes tiernos, que representan la parte comestible de la planta. Se trata de una especie perenne diploide ($2n=20$ cromosomas) y dioica, con plantas femeninas que diferencian flores y frutos (bayas con semillas) y masculinas, cuyas flores producen solo polen (Figura 1) (Falavigna, 2007).



Figura 1a. Flores. **b.** Frutos (bayas) del cultivo de Espárrago. Fuente: Falavigna (2007).

Las plantas del espárrago están conformadas por tallos aéreos ramificados de hasta 2 m de altura y una parte subterránea (o rizoma) compuesta por raíces y yemas que se denomina comúnmente "corona", "araña" o "garra", siendo una planta dioica, con la existencia de plantas masculinas y femeninas, desempeñando ambas funciones de reproducción. La parte subterránea de la planta está formada por un rizoma de forma redondeada provisto de yemas y de raíces carnosas, de un diámetro de 0,5 a 1 cm de grosor, en las cuales se acumulan las sustancias de reserva.

Dichas raíces son plurianuales y en condiciones óptimas de suelo (de textura franca) pueden alcanzar 2 m de profundidad o más. De las mismas se diferencian las raíces capilares que presentan un diámetro aproximado de 1 mm y un largo de 0,5 a 1 cm, las cuales desarrollan la importante función de absorción de agua y de elementos minerales, pero poseen una vida de escasos meses (Falavigna, 2004). Dada la profundidad del sistema radical, se adapta fácilmente a situaciones adversas como la sequía por su capacidad de regeneración (Núñez, 2008).

Durante la cosecha de primavera, el cultivo utiliza las sustancias de reserva acumuladas en las raíces del año previo y el agua absorbida por las raíces capilares para formar los turiones, los cuales, si no son cosechados, se transforman en tallos ramificados, provistos de cladodios reunidos en verticilos (Falavigna, 2010). La migración de las sustancias de reserva desde las raíces a las yemas comienza a producirse cuando a nivel de las coronas hay una temperatura de 10 °C (Riccardi *et al.*, 2011). Del tamaño de las yemas dependerá el calibre de los turiones producidos.

Las plantas masculinas son más vigorosas, y producen mayor número de turiones de calidad uniforme, además son más tolerantes a enfermedades, más precoces y longevas que las femeninas (porque no producen semillas).

Mientras que las plantas femeninas producen turiones de mayor calibre, pero en menor número, y al finalizar el ciclo vegetativo producen pequeñas bayas rojas que contienen semillas negras (Riccardi *et al.*, 2011).

En el caso del cultivo para la producción de espárragos verdes son preferibles las plantas masculinas a las femeninas, ya que al no fructificar no hay posibilidad de que las semillas den lugar a nuevas plantas (Riojas Fukuhara, 2019). Además, los genotipos masculinos cuentan con la ventaja adicional de presentar concentraciones más elevadas de azúcares en la vegetación estival y de sustancias de reserva en las raíces, debido a las cuales, cuando se produce una carencia hídrica les permite una mayor tolerancia (Sivtsev & Sezov, 1971).

TIPOS DE ESPÁRRAGO CULTIVADOS EN ARGENTINA

Actualmente se comercializan a nivel mundial, diversos tipos de espárrago: verdes, violeta, rosados, blancos y trigueros (silvestres, también llamados espárragos negros), presentados en diferentes largos. Los verdes presentan un sabor más pronunciado y de mayor contenido en vitaminas, son actualmente los más demandados y consumidos en el mercado argentino (Romero *et al.*, 2018), mientras que los blancos son de sabor más suave y los violetas más dulces y suaves (Figura 2).

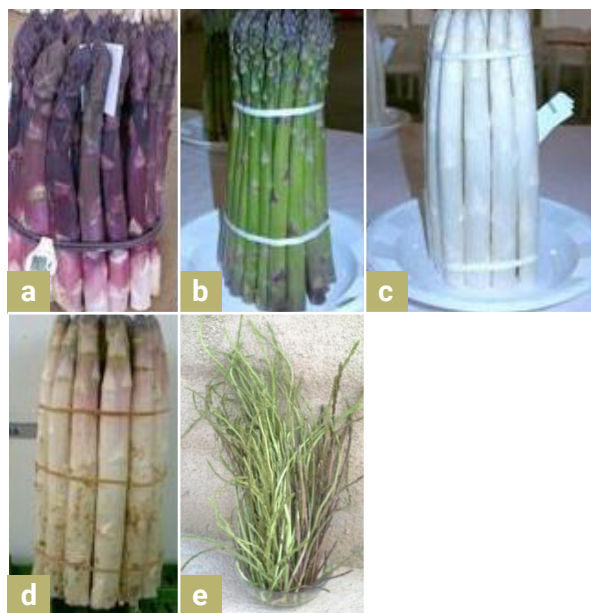


Figura 2. Tipos de Espárrago: **a.** Violetas. **b.** Verdes. **c.** Blancos. **d.** Rosados. **e.** Trigueros. Fuente: Falavigna (2007).

El espárrago verde es el más consumido en Estados Unidos y en algunos países Europeos como Italia, y tiene una demanda significativa, mientras que el blanco es considerado una hortaliza más gourmet, demandada por países de la Unión Europea, como Alemania. Tanto el blanco como el verde proceden de la misma planta, solo que, en el caso del primero, los turiones crecen sin exposición solar (dentro del suelo) y son cosechados mediante gubias antes de que emerjan sobre la superficie. Los espárragos verdes y violetas crecen sobre el suelo adquiriendo su color característico por el contacto con la luz. Otra diferencia es que el blanco contiene más agua y presenta una textura más suave frente al verde y es más sabroso. Además, desde el punto de vista nutricional, los espárragos verdes son más ricos en minerales y en vitaminas.

Al momento de la cosecha, en el caso del espárrago blanco se demora más al cosecharlos dentro del suelo (con gubia introducida de manera lateral, mientras que se los toma desde la parte superior), ya que los riesgos de quiebres son mayores, como así también los de heridas que sufren los turiones laterales (Anaya Suárez, 2017). El cultivo de espárragos aumentó en popularidad en Europa en el siglo XVI, posiblemente en correspondencia con el inicio de la selección de poblaciones, como por ejemplo Violet Dutch y Mary Washington (Knaflewski, 1993). En la actualidad, admite para su inicio genotipos enteramente masculinos, de calidad uniforme y con mayor concentración de calibres, lo que facilita el manejo poscosecha (Romero *et al.*, 2018).

El sexo del espárrago está controlado por un solo gen (M/m). Actualmente, la gran mayoría de las variedades comerciales cultivadas de espárrago son "híbridos clonales", cuyas semillas proceden del cruzamiento de dos plantas, una hembra (mm) y otra macho (Mm), que poseen una buena aptitud combinatoria entre ellas y que son clonadas para la producción de semillas híbridas. En estas variedades comerciales la mitad de las plantas son masculinas y la otra mitad femenina. Estos híbridos resultan del cruzamiento entre dos genotipos heterocigotas que han sido previamente multiplicados (clonados), normalmente *in vitro*, lo que facilita la obtención comercial de semillas (Falavigna, 2007).

Esta especie presenta una baja tasa de multiplicación con la utilización de los métodos

convencionales, por lo que este tipo de material comenzó a desarrollarse una vez puesta a punto la técnica de cultivo *in vitro* (Ellison, 1986). La propagación clonal utilizando el cultivo de meristemas y de ápices ha conducido a una frecuencia de multiplicación más elevada, pero requiere una labor intensa (Muñoz *et al.*, 2006). Los métodos de mejoramiento genético aplicables al espárrago tienen presente su particular biología floral, ya que se trata de una especie cuya evaluación productiva requiere al menos cinco años (Thevenin & Doré, 1976).

Falavigna & Palumbo (2001) indican que la productividad de los híbridos y la calidad de los turiones pueden ser estimadas con mayor precisión después de tres años de evaluaciones productivas. En pruebas comparativas en distintos ambientes (no existe siempre una relación directa entre la adaptabilidad al ambiente y la productividad en los primeros años de cosecha) los genotipos pueden ser muy productivos inicialmente, pero no adaptarse bien al clima y al tipo de suelo (Giménez Azara *et al.*, 2016).

Es posible emitir juicios sobre el valor agronómico de nuevos materiales genéticos de espárrago sólo sobre la base de resultados obtenidos de pruebas comparativas de duración mínima de cinco años (dos de implantación y tres de producción) (Giménez Azara *et al.*, 2016). La exigencia de realizar dichas pruebas comparativas para evaluar híbridos en una misma franja climática se basa en que numerosos factores interactúan con el genoma de la planta, condicionando su respuesta vegeto-productiva, como por ejemplo: tipo de terreno, exposición, altitud, microclima, particulares prácticas culturales (Falavigna & Palumbo, 2001), entre otras. Los objetivos del mejoramiento genético en esta especie son: a) lograr mayores calibres, b) uniformidad en la producción, c) longevidad del cultivo, d) tolerancia a enfermedades, e) mayor calidad, entre otros aspectos. En este sentido, existen diferentes tipos de híbridos de espárrago (Gatti *et al.*, 2007):

Híbridos simples: originados por el cruzamiento de dos líneas puras que son obtenidas por autofecundación de plantas que presentan los dos sexos (hermafroditas), o por cruzamientos continuos entre hermanos, con el propósito de conseguir una progenie con una máxima uniformidad.

Híbridos dobles: son los que se obtienen por el cruzamiento de cuatro padres seleccionados por sus características y su buena habilidad combinatoria específica. Poseen ventajas productivas y de adaptación respecto a los híbridos simples, debido a su mayor variabilidad genotípica.

Híbridos clonales: son el resultado del cruzamiento entre dos genotipos heterocigotas que anteriormente fueron clonados. Para incrementar rápidamente la producción comercial de su semilla, requieren técnicas de multiplicación *in vitro*.

Híbridos enteramente masculinos: resultantes del cruzamiento entre plantas pistiladas y estaminadas supermacho. Para la obtención de supermachos se recurre a la autofecundación de plantas andromonoicas o del cultivo de anteras.

Estos híbridos se caracterizan por ser más productivos, precoces y longevos que los convencionales (Llanos Martínez, 2017). Los híbridos enteramente masculinos se caracterizan por la producción de turiones con calibres uniformes, por presentar un alto rendimiento y una buena resistencia a problemas sanitarios (Risso *et al.*, 2012). Además, tienen la ventaja de no producir frutos, por lo tanto, tampoco semillas y no darán origen a plántulas de espárrago no deseadas.

La energía que se destina al desarrollo de los órganos reproductivos que se almacena en las raíces de reserva en forma de carbohidratos, posteriormente se utiliza en la formación de turiones. Por otro lado, se ha observado que la emergencia de los brotes o turiones es más precoz al de otros híbridos (Yahiaoui *et al.*, 2014) con dos a tres días de anticipo en la emisión de los primeros turiones. Además, son más productivos (más del 20%) en los primeros dos a tres años llegando hasta el 70% después del octavo a décimo año, aunque el diámetro de los turiones es inferior (1 o 2 mm en promedio) respecto a los de las plantas femeninas (Falavigna & Palumbo, 2001).

Actualmente las investigaciones se centran, por un lado, en el cultivo de anteras como en la fase previa a la obtención de los súper machos (YY) que son cruzados con hembras (XX), dando lugar a híbridos totalmente masculinos, que son empleados como cultivares. En la producción de súper machos se emplean dos métodos: la

autofecundación de flores hermafroditas que aparecen en individuos machos andromonoicos y el cultivo de anteras para producción de callos y posterior regeneración de plantas.

En el cultivo de espárrago existe una fuerte interacción genotipo-ambiente que se traduce en un diferente comportamiento agronómico de las variedades y aún más de los híbridos en los distintos ambientes de cultivos (Benson, 2009). Por tal motivo, es necesario conocer si el genotipo a cultivar se adapta al ambiente en el que se lo pretende producir, ya sea a campo o en invernadero, en donde las condiciones hacen que esta especie se anticipe en un mes su entrada en producción (Risso *et al.*, 2012), propiciando un mejor posicionamiento en el mercado de las empresas productoras (Barreto & Azeglio, 2013).

En el mercado existen genotipos que varían en su precocidad, distribución de la productividad, calidad, uniformidad, apariencia, fibrosidad, grado de cierre de las brácteas, resistencia a plagas animales y enfermedades parasitarias, etc. Los mismos deben ser evaluados en distintos ambientes a fin de verificar que su productividad se mantenga en el tiempo y no decaiga a partir del tercer año, cosa que suele ocurrir en los casos de genotipos que no se adaptan a un ambiente en particular (Romero *et al.*, 2018).

Grupos de híbridos según su adaptación ambiental: a nivel internacional, se pueden distinguir cuatro grandes grupos de híbridos de espárrago, sobre la base de su adaptabilidad climática: a) híbridos adaptados a climas nórdicos, caracterizados por inviernos fríos y veranos frescos y lluviosos, b) híbridos adaptados a clima continental, con inviernos fríos y veranos cálidos, c) híbridos adaptados a clima tipo mediterráneo, con inviernos templados y veranos cálidos-áridos, y d) híbridos adaptados a clima subtropical (Falavigna & Palumbo, 2001; Romero *et al.*, 2018).

Los productores argentinos de espárrago tradicionalmente han cultivado el híbrido heterocigota americano UC-157, obtenido en 1980 por la Universidad de Davis de California (Estados Unidos) (Serrano Cermeño, 2003). Es un cultivar muy precoz, con turiones de calibre medio, con brácteas cerradas, aún en condiciones de cosecha con altas temperaturas. Tradicionalmente es cultivado en Argentina, Colombia, Perú, Ecuador y Chile. Ha demostrado gran adaptación, altos

rendimientos y una producción temprana de turiones uniformes en color y tamaño. Por tal motivo, ha sido sugerido como patrón de comparación para la evaluación de nuevos cultivares, siendo el UC 157 testigo (Krarup & Krarup, 2002).

Entre los genotipos que han demostrado buena adaptación a la zona centro de la provincia de Buenos Aires (Castagnino *et al.*, 2017) se encuentran:

- **Franco:** híbrido de origen Italiano íntegramente masculino, producido por el Consiglio della Ricerca Agraria (CRA), de elevada productividad cuali y cuantitativa tanto en t/ha como en número de turiones y caracterizado por la baja producción de descarte.
- **NJ-1123:** híbrido verde de origen norteamericano, de elevada productividad en número de turiones, en plantaciones adultas de buenas características organolépticas.
- **Giove:** híbrido enteramente masculino caracterizado por su elevado calibre y tendencia a buen cierre de brácteas.
- **Eros:** enteramente masculino, caracterizado por una elevada productividad, de precocidad media, empleado para la producción de turiones verdes como blancos. De elevado calibre (calibres jumbo, extra large y large), intensa coloración antociánica y elevada dimensión de las brácteas, las que permanecen cerradas (adheridas a la punta del turión) aun cuando superan los 20 cm de altura. Parcialmente resistente a roya y medianamente sensible a *Stemphyllium* sp.
- **Ercole:** de color verde brillante, caracterizado por su elevada productividad y es más precoz que Eros.
- **Italo:** primer híbrido íntegramente masculino producido en Italia, adaptado a ambientes cálidos y áridos del Mediterráneo, de turiones muy homogéneos con cerrado óptimo de brácteas que ha manifestado alto vigor en las plantas en terrenos infectados con *Fusarium* sp.
- **Zeno:** híbrido masculino, adaptado a espárrago blanco, como así también para verde, con esfumaduras antociánicas de calibre medio.

- **NJ-1192:** híbrido violeta de origen norteamericano, caracterizado por sus brácteas cerradas aún a más de 20 cm de altura, de sabor dulce, de elevada productividad cuali y cuantitativa y de muy bajo descarte. En ensayos realizados en invernadero se destacó durante varios años el híbrido Italo (Figura 3).



Figura 3. Diferentes genotipos en etapa vegetativa en la Chacra Experimental, de la Facultad de Agronomía. UNCPBA. Fuente: Ana María Castagnino.

CONDICIONES CLIMÁTICAS Y EDÁFICAS ÓPTIMAS PARA EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CULTIVO

Este punto presenta relación con el ciclo vital de las plantas. En el caso de la producción de espárrago verde, se divide en cuatro fases: a) de crecimiento temprano, correspondiente a los primeros dos años desde la plantación, caracterizados por un fuerte desarrollo vegetativo, b) de productividad creciente (3º-4º año) que corresponde a los dos primeros años de cosecha, c) de productividad estable (4º-10º año) y d) de productividad decreciente (10º año en adelante). De estas, la fase correspondiente a la plantación del cultivo es la más crítica. Para una elevada productividad en cantidad y calidad, es fundamental contar con una adecuada planificación del cultivo, que incluye la elección del híbrido, el sistema de inicio, el marco de plantación, un adecuado plan de fertilización y un manejo general del cultivo (Risso *et al.*, 2012) (Figura 4).

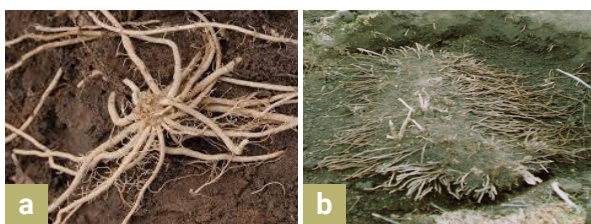


Figura 4. Araña o corona de Espárragos. a. Al año de la siembra. b. Araña de diez años. Fuente: Ana María Castagnino, Falavigna (2007).

En el caso del ciclo anual de las plantas, este puede ser subdividido en cuatro períodos: a) reposo invernal, b) producción de turiones, c) reinicio de

vegetación (luego de la finalización del período de cosecha) y d) acumulación de sustancias de reserva. En el período estival a través de la actividad fotosintética la vegetación produce los compuestos orgánicos que son acumulados en las raíces y en rizomas (Falavigna, 2007).

Requerimientos climáticos

El espárrago es una especie que requiere de una estación cálida para crecer y acumular reservas, y una estación fría para que la planta entre en receso. En general, se adapta a gran diversidad de climas (templados, subtropicales e incluso tropicales), pero se desarrolla mejor en zonas con las cuatro estaciones bien marcadas y con primaveras templadas y suaves, ya que incide en la precocidad y en el período de recolección. El rango óptimo de temperatura es entre 18-25 °C.

Delgado de la Flor *et al.*, (1995) señalan que el diferencial de temperatura entre el día y la noche de 10-12 °C favorece el crecimiento y rendimiento de las plantas, siempre que la temperatura mínima no descienda de los 4 °C, ya que los turiones son muy sensibles a estas bajas temperaturas. El comportamiento del cultivo de espárrago presenta diferencias significativas entre las distintas latitudes (Sánchez & Casas, 1997), predominando los casos de un único ciclo productivo anual.

Para condiciones de activo crecimiento durante todo el año, como es el caso de Perú, existe una acumulación aditiva de carbohidratos en la maduración de cada generación de brotes, debido que cada brotación se considera un pequeño ciclo de vida (Rosales Quispe, 2017). En este cultivo, el incremento en el rendimiento está influido por el tamaño logrado de la porción perenne de las plantas (araña o corona), en función de las condiciones agroclimáticas del sitio de producción. Dichas arañas producirán año tras año un número mayor de yemas que darán origen a turiones de tamaño comercial y no por un aumento del diámetro de las yemas en sí mismas, ya que el grosor de los turiones es un carácter que queda definido en el primer año productivo para toda la vida útil de la esparraguera (Cointry *et al.*, 2000).

La humedad relativa óptima para el crecimiento de turiones está comprendida entre el 60-70% (Montt, 1987). Este cultivo se caracteriza por presentar gran resistencia a la salinidad del suelo y del agua de riego, aunque tolera una elevada conductividad

eléctrica. No obstante, la misma puede ser causante de la disminución de longevidad de las plantaciones (Montt, 1987). Las lluvias también pueden constituir un problema en la esparraguera, especialmente cuando se producen en épocas de cosecha en suelos con alto contenido de arcilla, debido a que se deposita tierra en las brácteas. Esto constituye una causal de rechazo para los espárragos frescos destinados al mercado externo. Además, las mismas propician la aparición de enfermedades como por ejemplo *Stemphyllum*.

Con respecto al viento, este tiene una influencia negativa importante en el desarrollo de los turiones. En zonas muy ventosas los espárragos crecen torcidos, lo que afecta la calidad y consecuentemente su comercialización. Por otro lado, las heladas durante el período de cosecha también afectan a los turiones provocando la ruptura del tejido debido a la cristalización del contenido celular, lo que es causal de descarte.

Requerimientos edáficos

Por tratarse de un cultivo perenne la correcta elección del terreno a cultivar es un factor de vital importancia, debido a la morfología propia del espárrago y principalmente por su parte subterránea, por su tipo de crecimiento y el órgano cosechado. Se adapta a diferentes tipos de suelo, siendo el espárrago verde más versátil. Este prefiere suelos francos, más bien arenosos y sueltos, profundos, fértiles, con elevada permeabilidad y napas freáticas a más de 1 m de profundidad, que permitan que las yemas broten sin dificultad.

Tanto las características físicas del terreno como las químicas revisten fundamental importancia. Las texturas francas a franco-arenosas en suelos bien estructurados que resisten mejor las labores del suelo son las ideales. Las texturas arenosas otorgan mayor precocidad. Por el profundo sistema radicular del espárrago y la sensibilidad a la asfixia, el suelo no debería poseer capas endurecidas ni capas freáticas elevadas.

Un adecuado contenido en materia orgánica asegura la estabilidad estructural, una aceptable nutrición mineral, una mayor retención hídrica que facilita la emergencia de turiones. El espárrago es neutrófilo, se desarrolla a pH entre 6 y 7,8. Es una especie resistente a la salinidad, presentando los cultivares más rústicos un descenso de

rendimiento desde los 4 mmhos/cm, mientras que la producción disminuye a la mitad recién a 30 mmhos/cm de conductividad eléctrica en el extracto de saturación del suelo.

MODALIDADES PRODUCTIVAS

Preparación del lote productivo

Elección del terreno: se adapta a diferentes tipos de suelo, aunque para implantar una esparraguera en condiciones óptimas se requieren lotes fértiles, profundos, bien aireados y drenados, con pH entre 6 y 7,5, de alta permeabilidad y con el agua subterránea al menos a 1 m o más de profundidad. Para el espárrago verde resultan convenientes los suelos francos, mientras que para los blancos los arenosos. Es imprescindible que los lotes no presenten malezas perennes ni resistentes a herbicidas convencionales, como así también es de suma importancia monitorear la presencia de plagas animales y/o enfermedades parasitarias que puedan dañar el cultivo.

Preparación del suelo: es necesario efectuar una evaluación preliminar de los parámetros físicos, mecánicos (textura) y químicos (pH, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo, potasio, salinidad) del lote, a fin de optimizar las técnicas de cultivo, sobre todo en relación con las labores, la fertilización y el riego. Uno de los momentos más trascendentes de la vida de una esparraguera es la plantación, por lo que el lote debe estar muy bien preparado.

Es necesario realizar labores profundas (la profundidad de las labores iniciales tiene una influencia muy positiva en la duración económica de la esparraguera) y efectuar el abonado y/o fertilización de fondo en función de los resultados del análisis de suelo realizado. Dicho análisis permitirá optimizar la fertilización de fondo a realizar. Una vez concluidas las labores de refinado del lote, se debe proceder a la apertura de los surcos de plantación, cuya profundidad debe ser entre 25-30 cm a fin de colocar las arañas o los plantines a la profundidad necesaria, según se trate de espárrago verde o blanco. Cuando el trasplante se realiza en surcos poco profundos o cuando a lo largo de los años el rizoma tiende a subir a la superficie, se necesita mantener las yemas a no menos de 10 cm de profundidad para retardar el envejecimiento de la esparraguera (Figuras 5 y 6).



Figura 5. Lote productivo preparado para un cultivo de Espárrago. Chacra Experimental, Facultad de Agronomía, UNCPBA. Fuente: Ana María Castagnino.



Figura 6. Lote productivo preparado y surcado listo para la plantación de un cultivo de Espárrago. Chacra Experimental, Facultad de Agronomía, UNCPBA. Fuente: Ana María Castagnino.

Desinfección del suelo: en los casos de producción de espárrago de primicia en invernadero puede efectuarse solarización el verano previo a la plantación definitiva con las características oportunamente descritas, o bien químicas utilizando productos con propiedades nematicidas, fungicidas, insecticidas y herbicidas.

Abonado y fertilización de base: en función a los resultados del análisis de suelo previo al cultivo de espárrago, ya sea verde o blanco. Es importante realizar un plan de fertilización que incluya el aporte inicial de fertilizante y/o abonos tendientes a corregir las carencias, como así también, a mejorar la estructura del surco donde irán colocadas las arañas o plantines.

Sistematización: en el caso del cultivo de espárrago blanco, anualmente, previo al reinicio vegetativo en primavera debe efectuarse el alomado sobre los surcos de plantación de una altura aproximada de 25 a 30 cm, a fin de propiciar que los turiones cosechados sean íntegramente blancos. Una vez finalizado el período de cosecha, aproximadamente a los 60 días de iniciada la misma (en el caso de plantaciones adultas) debe procederse al desarmado de dichos lomos y al nivelado del lote

mediante maquinarias adecuadas como rastras de discos. Dichos lomos pueden ser cubiertos con mulching de manera de disminuir la frecuencia de cosecha. El mulching debe ser retirado una vez finalizado el período anual de recolección.

Forma de iniciar el cultivo y planteo productivo para las principales regiones del país donde se realiza Espárrago

En las distintas zonas del país el sistema de inicio comúnmente utilizado es el de almácigo y trasplante en sus dos modalidades. En los casos de plantaciones de más de 10 años predomina el sistema tradicional de arañas, mientras que actualmente el más difundido es el sistema moderno de plantines.

Principales zonas productivas: a continuación, se detallan las distintas regiones Hortícolas Argentinas en las que se cultivan los espárragos por orden de importancia.

Región Hortícola Cuyo (VI): San Juan y Mendoza.

Región Hortícola Litoral (VII): Buenos Aires y Santa Fe.

Región Hortícola Central (V): Córdoba y San Luis.

Región Hortícola Andina (IV): Catamarca.

Región Hortícola Mesopotamia (III): Corrientes.

Selección de cultivares para las diferentes zonas productivas del país: la elección del cultivar para el inicio de un cultivo de espárrago es de vital importancia, dado que se trata de un cultivo de gran interacción genotipo-ambiente en el que se ha demostrado que los genotipos no adaptados a una zona de producción disminuyen drásticamente su rendimiento a los pocos años de iniciada la misma, aun cuando en los primeros años manifestaron un buen comportamiento. En tal sentido, antecedentes productivos logrados en sitios de similares características agroclimáticas pueden resultar una valiosa referencia como así también el conocimiento de genotipos de demostrada aptitud productiva cuali y cuantitativa. Es importante considerar al momento de elegir el genotipo la disponibilidad o no del agua de riego.

Cuando se va a efectuar una plantación de secano la cual va a ser iniciada por el sistema

tradicional de arañas, puede recurrirse a genotipos heterocigotas de reconocido comportamiento como es el caso del UC-157, que, si bien brinda gran disparidad de calibres, llega a lograr buenos rendimientos en términos de volumen. En el caso de disponer de riego por goteo, es posible emplear genotipos enteramente masculinos cuyas semillas son significativamente más costosas, pero su productividad es mayor en calidad y en volumen.

Forma de iniciación del cultivo: esta especie se reproduce por semilla y es necesaria la realización de un almácigo (tradicional o moderno) para poder efectuar las plantaciones a la profundidad que el cultivo requiere, a fin de garantizar una extensa vida útil de las mismas. Además, es importante tener presente que la fase inicial de un cultivo hortícola es la más crítica, ya que los errores cometidos repercuten sobre toda la vida de la esparraguera (máxime en un cultivo perenne como éste), por lo que una correcta elección del órgano de inicio (ya sea araña o plantín), constituye un aspecto fundamental para el logro de un buen resultado.

Los mismos deben ser de calidad y tamaño homogéneo, lo cual permitirá lograr una mayor uniformidad de cosecha. Existen dos sistemas posibles para lograr un cultivo adecuado:

Sistema tradicional: el mismo consiste en el empleo de arañas, coronas o garras que requieren de un año de almácigo, previo al inicio de la plantación definitiva (Figuras 7). La siembra se realiza a campo en primavera una vez superado el riesgo de heladas. Por otro lado, las arañas son retiradas luego de una temporada completa de crecimiento, durante el período de receso en invierno para ser trasplantadas de forma definitiva a las distancias adecuadas según el tipo de cultivo (verde/violeta o blanco).



Figura 7. Vista de Esparraguera vegetando, en el año de su plantación. Chacra Experimental de la Facultad de Agronomía, UNCPBA. Fuente: Ana María Castagnino.

La siembra se realiza con máquinas sembradoras convencionales de grano grueso, provistas de placas perforadas con orificios de 5 mm o con sembradoras neumáticas. La densidad de siembra es de 8 a 10 cm entre plantas y 0,7 m entre líneas, es decir, 143.000 a 178.500 pl/ha. Una densidad normal a cosecha es de aproximadamente 50-70% del stand de plantas inicial.

Generalmente para la extracción de las arañas se utiliza el arado de rejas sin vertedera, y en lotes más arenosos pueden utilizarse con éxito dos púas de cincel, con una reja atornillada en su base, la que al clavarse con la vibración producida por las púas separa la tierra de las arañas. Estas deben ser cargadas a un remolque y ser transportadas a granel para su lavado, selección (descartando las enfermas o muy pequeñas), calibrado (clasificadas en dos o tres tamaños), desinfección con fungicidas (uno sistémico y uno de contacto) y almacenadas en bolsas de red hasta el momento del trasplante.

Es conveniente no demorarse en el traslado al lote definitivo para su plantación, para evitar el deterioro. El trasplante se realiza en surcos a 20-25 cm de profundidad para el espárrago verde y de 30-35 cm para el espárrago blanco (Castagnino *et al.*, 2009). En caso de ser necesario las arañas pueden almacenarse en cámara a 5 °C y con alta humedad relativa. Se ha demostrado la conveniencia del sistema de arañas en cultivos de secano.

Sistema de plantines: es más moderno, permitiendo iniciar el cultivo definitivo a los 70-100 días de la siembra, mediante el empleo de plantines con cepellón (según el tamaño de celda de las bandejas, contenedores, plugs o speedling utilizadas). Es necesario disponer de tecnología que permita mecanizar los trabajos de siembra en bandejas y el trasplante, además de invernaderos o túneles para la protección de los plantines y de riego (Figura 8). El mejor momento para el trasplante a campo de los plantines es el período entre septiembre y noviembre, una vez pasado el riesgo de heladas tardías y cuando la temperatura del suelo sea de 15 °C o más.

Se debe regar inmediatamente luego de plantarlos para asentar la tierra alrededor de los mismos (Figura 9). El control de malezas es uno de los problemas más serios al que debe enfrentarse un productor que pretenda iniciar el cultivo por este sistema. La ventaja principal radica en la

optimización del empleo de semillas, lo que para el caso de utilizar híbridos es un aspecto importante al momento de decidirse por un sistema u otro.

Ensayos realizados en diversos países comparando el rendimiento de esparragueras implantadas mediante los dos sistemas han demostrado la conveniencia del sistema de plantines, en caso de disponer de riego en las plantaciones. En este sistema, es imprescindible contar con un aporte hídrico constante durante el primer año, ya que en esa etapa los plantines son muy susceptibles al stress (hídrico o por competencia con malezas) en general (Marina *et al.*, 2010).



Figura 8. Plantines de Espárragos de 100 días, listos para ser trasplantados. Chacra experimental, Facultad de Agronomía, UNCPBA. Fuente: Ana María Castagnino.



Figura 9. Plantación de ensayo de Espárrago recién realizada mediante el empleo de plantines, en la Chacra Experimental, Facultad de Agronomía, UNCPBA. Fuente: Ana María Castagnino.

Planteos productivos: Época de trasplante, marco de plantación y cosecha: es una especie hortícola que se reproduce por semilla y puede manejarse como espárrago verde/violeta o blanco (existiendo variedades especialmente adaptadas a las distintas alternativas de manejo) de gran importancia social, por requerir considerable mano de obra especializada. Las plantaciones tienen una vida económicamente activa de aproximadamente diez años (aunque puede vivir varias décadas) y llega al máximo de producción a los cuatro o cinco años (Figura 10).



Figura 10. Plantas de Espárrago de dos décadas, durante su período vegetativo. Chacra experimental de la Facultad de Agronomía, UNCPBA. Fuente: Karina Elizabeth Díaz.

El sistema tradicional y el de plantines se diferencian entre sí por el tiempo requerido para la entrada en producción de la esparraguera. En el primero se necesitan dos años para poder efectuar una primera cosecha, de no más de un mes; mientras que el sistema de plantines, al año de iniciada la esparraguera ya es posible obtener una primera producción (de aproximadamente 15 días). Respecto del momento de plantación, es conveniente la primavera en el caso del sistema de plantines (luego de superadas las heladas tardías, a fin de permitir a las plantaciones un buen desarrollo vegetativo en el año de la plantación), mientras que en el inicio por arañas, conviene realizarlas a fin de invierno. Resulta ventajoso colocar las filas según la dirección de los vientos dominantes durante la estación vegetativa. Tal disposición agiliza la protección y la aireación de las plantaciones, condición ideal para evitar enfermedades (Falavigna, 2004).

Ambos sistemas presentan ventajas y desventajas. En el caso del sistema de plantines permite una seguridad sanitaria superior (al no tener heridas al momento del trasplante, respecto al inicio con arañas), menor costo de producción (con el consiguiente inferior precio del órgano de inicio), mayor elasticidad en la programación de los trasplantes, ya que pueden trasplantarse en primavera o al inicio del verano (a diferencia de las arañas que deben trasplantarse con las yemas dormidas en invierno con todas las dificultades de esa época para el trabajo del personal en la extracción y acondicionamiento de las mismas).

El sistema tradicional requiere menores cuidados culturales (en especial de desmalezado), no necesita riegos continuos durante el año de implantación (como en el sistema de plantines), las plantas presentan menor susceptibilidad al estrés en la primera fase del cultivo y el desarrollo del aparato radical es mucho más rápido (lo que genera mayor disponibilidad de sustancias de reserva para el año siguiente y de yemas).

En cuanto a la profundidad de trasplante, resulta conveniente 20 a 30 cm, mientras que la densidad de plantación aconsejable en espárrago verde o violeta es de 20.000 a 30.000 pl/ha, con una distancia de 1,4 m entre hileras y de 0,3 a 0,35 cm entre plantas para esparragueros cuyo destino sea el consumo en fresco, y de 27.000 a 30.000 pl/ha, con 1,2 m entre hileras y 25 a 30 cm entre plantas cuando la producción se destina a la industria.

En el caso de espárragos blancos, la densidad sugerida es menor de 15.000 a 17.000 pl/ha, con una distancia mínima de 2 m entre filas, a fin de poder efectuar el alomado de los surcos al finalizar el invierno sin dificultad. Incrementar los marcos de plantación con densidades próximas a las 50.000 pl/ha, resulta en una densidad excesiva que puede provocar una reducción del calibre medio de los turiones por competencia intraespecífica a los pocos años de iniciada la plantación (lo cual puede impactar negativamente en el rendimiento cuali-cuantitativo), además de ocasionar dificultades durante la ejecución de prácticas culturales como el desmalezado y el laboreo interfilar.

En el caso de la producción de primicia en invernadero puede incrementarse la densidad utilizando un marco de 0,30 m entre plantas por 1,00 m entre hileras. Con dicho sistema, es posible lograr un anticipo de 20 a 40 días respecto de la producción a pleno campo. Este sistema, requiere un manejo especial y resulta recomendable la combinación de métodos de defensa (mulching interfilar) y semiforzado (invernaderos fríos o túneles).

La cadena agroalimentaria del espárrago presenta dos etapas principales: a) la productiva y b) la de poscosecha (Risso *et al.*, 2012), también muy importante, ya que a ella corresponde la posibilidad de brindar el producto a los consumidores finales en sus mejores condiciones. En esta especie, en función de la modalidad productiva utilizada (a campo, en túneles o en invernadero), es importante considerar no sólo el rendimiento del cultivo, sino también la calidad de los turiones producidos y el porcentaje de descarte, ya que puede variar ampliamente en función de los cultivares (González, 2001), aspectos de manejo del cultivo, cosecha y las zonas de producción.

El ciclo de vida vegetativo estacional está referido a la campaña-cosecha, el que puede ser anual,

dos cosechas al año o tres cosechas en dos años (Sánchez & Casas, 1997), quien menciona que en Perú se utilizan los tres esquemas de producción mencionados. En el caso de Argentina, solo se utiliza una cosecha al año dada las condiciones agroclimáticas de las zonas productoras del país, las que cuentan con estaciones bien marcadas. La producción comercial se inicia en la Región hortícola I NOA, seguido por las regiones IV Andina (Catamarca), VI Cuyo (Mendoza y San Juan), la III Mesopotamia (Entre Ríos), la V Central (Córdoba), VII Litoral (provincias de Buenos Aires y Santa Fe), y posteriormente la VIII oeste y la IX Patagónica.

La cosecha de espárrago verde se efectúa en forma manual, cortando los turiones al ras del suelo cuando éstos han alcanzado 23 a 24 cm de altura, preferiblemente mediante el empleo de cuchillos filosos, con tijeras de punta roma o con gubia (cuchillos de mango largo que cuentan con una hoja filosa en la punta y hacen posible que los operarios no tengan que inclinarse tanto para la cosecha), tratando de no dañar los brotes próximos que estén emergiendo y que todavía no vayan a ser cosechados (Vega, 2013).

Los turiones una vez cosechados deben ser colocados en cajones plásticos en dos hileras con las cabezas hacia el centro (evitando daños en las puntas) y trasladados de inmediato al galpón de empaque o packing, a fin de evitar su deshidratación. Como indicador de cosecha debe considerarse además del largo, que los turiones presenten sus brácteas cerradas y no estén espigados.

Un cultivo en buenas condiciones puede llegar a producir de 7-8 t.ha⁻¹ comerciales o más (dependiendo de la densidad, edad de la esparraguera y del genotipo), entre otros factores, en un período aproximado de 60 a 70 días de cosecha y durante ocho años consecutivos, a partir del tercer año de la plantación. Es importante la cosecha de todos los turiones, inclusive los finos y curvos, a fin de evitar el fenómeno de dominancia apical, el cual inhibe el crecimiento de nuevos turiones (Falavigna, 2007).

Los turiones pueden ser cosechados desde 17 cm de largo, especialmente cuando su destino es la agroindustria del congelado de III Gama o la elaboración de conservas de II Gama. A fin de optimizar el rendimiento comercial y minimizar el defecto de espigado, conviene utilizar además de

una frecuencia diaria de cosecha, dos largos de corte, lo cual permite incrementar el porcentaje de turiones comerciales. Si bien posiblemente afecte el rendimiento comercial total en kg/ha, permite lograr una proporción adicional (número de turiones), acorde a las actuales demandas del mercado de tipos de turiones para ser destinados a uso gourmet.

El período de cosecha debe ser subdividido en fases: a) inicial (primeros 10 días, en la que el factor limitante es la temperatura), b) intermedia (30 días aproximadamente, según la capacidad de las plantas de movilizar sus reservas) y c) final (20-25 días, con reducción progresiva de los calibres) (Falavigna, 2010). Es prioritario utilizar una elevada frecuencia de cosecha, diaria o inclusive dos veces al día si es posible de realizar (especialmente cuando las temperaturas y la humedad son altas, resulta conveniente repasar el cultivo cosechado por la mañana, también por la tarde) en función al sistema productivo en particular (a campo o en invernadero) (Romero *et al.*, 2018), a fin de evitar el espigado de los turiones, fundamentalmente durante la primavera avanzada.

Además, en el caso de producción de espárragos verdes, es necesario que los mismos, sean de dicho color en al menos el 80% de su largo, que estén turgentes, bien formados y sanos. Respecto del volumen cosechado, el mismo debe ser acorde a la capacidad de asimilación de la vegetación del año precedente y a la cantidad de reservas acumuladas en las raíces.

Al año de implantada no es conveniente cosechar o como máximo un período de 15 días (denominada comúnmente cosecha de limpieza), al 2º año el período de cosecha comercial no debe durar más de 30 días, al 3º año 50 a 70 días y desde el 4º año (se llega a la plena producción) es necesario no exceder de los 70 días. La prolongación excesiva del período de cosecha puede afectar las reservas de la araña, debido a que se reducen los contenidos de carbohidratos en las raíces y el número de yemas en el rizoma (González & Del Pozo, 1999).

En cuanto a la producción diaria, esta varía ampliamente en función de las condiciones agroambientales, siendo en promedio de 200-400 Kg/ha, aproximadamente con un requerimiento de 1-2 jorn/ha/día. Por lo tanto, una planta adulta produce a lo largo de su ciclo de vida entre 350 y 500 g.año⁻¹.

Respecto de los requerimientos de mano de obra de cosecha, estos son elevados, ya que una persona puede llegar a cosechar de 70 a 150 kg turiones/día (Falavigna, 2007), en jornales de 8 horas. En los momentos de mayor producción se requiere de uno a dos operarios por ha. Las proporciones por calidad de los turiones cosechados dependen de la frecuencia de cosecha, pudiéndose lograr con un adecuado manejo un 70% de primera calidad y un 30% de segunda. Una vez finalizado el período de cosecha, el tiempo de recuperación de reservas por parte de las plantaciones es de aproximadamente 120 días.

A fin de optimizar la labor de cosecha, existe la posibilidad de recurrir al empleo de agilizadores, los cuales permiten duplicar o triplicar el rendimiento horario, respecto de la cosecha manual, llegando hasta 30 Kg/ha/persona en condiciones de elevada productividad. Dichos agilizadores se han difundido a nivel mundial, aunque no aún en Argentina. Estos transportan a los operarios permitiéndoles trabajar sentados (Amirante, 2020).

La producción y la calidad de los turiones cosechados dependen de la cantidad de sustancias de reserva acumuladas en las raíces el año precedente. Durante los primeros años de las plantaciones la producción de turiones en cantidad y en distribución de calibres dependerá del tipo y tamaño del material de propagación utilizado (plantines o arañas), y es necesario considerar un período de cosecha acorde, a fin de evitar afectar el vigor de las plantas. En aquellos casos en los cuales, el año anterior, se haya producido una senescencia anticipada de las plantas, ya sea por algún ataque de enfermedades (*Stemphylium*, por ejemplo) o bien por la presencia excesiva de malezas o algún evento climático adverso (granizo, sequía, etc.), la cantidad de turiones a cosechar deberá reducirse, llegando al extremo del 50%.

Existen diferentes recomendaciones para determinar el momento óptimo de cosecha. Uno de los parámetros sugeridos está dado por los grados brix que debe presentar como mínimo (entre 10-12) (Riojas Fukuhara, 2019). Debe considerarse como indicador de finalización de cosecha cuando durante tres o cuatro días consecutivos el calibre de los turiones disminuye progresivamente.

Es importante respetar dicho indicador para que los tallos emergidos después de la finalización del período de cosecha lleguen a alcanzar como mínimo la altura del año anterior. En caso contrario, no lo lograrán, lo cual significaría que las plantas se debilitaron excesivamente, extrayendo una cantidad de turiones superior a sus reales posibilidades. Si dicha situación se repitiera por varios años, la plantación debería ser extirpada de manera anticipada o bien las plantas serán más proclives a enfermarse (por ejemplo, con *Fusarium*).

Por otro lado, la temperatura constituye el principal factor que regula el crecimiento de los turiones, iniciándose el desarrollo cuando el suelo al nivel de las arañas alcanza una temperatura adecuada de 12 °C aproximadamente. Cuanto más cálido está el suelo, más rápido crecen los turiones, siendo el valor óptimo de 24 °C. Una extensa vida útil de las esparragueras depende de un justo balance entre el largo de la fase productiva y la vegetativa, lo cual, para una esparraguera adulta sería de 70 días de cosecha seguidos de 120 días de vegetación mínima anual.

Cuando la cosecha se extiende hasta 90 días, el crecimiento posterior de la parte aérea no dispone de suficiente tiempo para la acumulación de reservas que garanticen la futura producción y el crecimiento de la planta, por lo cual se verá afectada la cosecha posterior y por consiguiente la vida útil del cultivo. En tal sentido, son importantes los parámetros de ingreso y de cierre de cosecha para mantener una vida productiva del cultivo por encima de los diez años (Rosales Quispe, 2017).

Al finalizar el período de cosecha, es conveniente que el terreno quede libre de turiones y tallos ramificados, a fin de permitir un eficaz control químico y/o mecánico de malezas, y que la parte vegetativa pueda desarrollarse normalmente, logrando una buena competencia con las malezas.

En este cultivo, el incremento del rendimiento está influido por el tamaño de la porción perenne de las plantas, la que produce año tras año un número mayor de yemas que dan origen a turiones de tamaño comercial y no por un aumento del diámetro de las yemas en sí mismas, ya que el grosor de los turiones es un carácter que queda definido en el primer año productivo, para toda la vida útil de la esparraguera (Cointry *et al.*, 2000). Este último aspecto indica la importancia de emplear un adecuado tamaño del órgano de inicio

(ya sean plantines o arañas), por su efecto en el rendimiento en volumen como en la distribución de calibres de la producción, fundamentalmente durante los primeros años de las plantaciones.

El espárrago llega al máximo productivo a los cuatro o cinco años, dependiendo del tamaño de las arañas (Asprelli *et al.*, 2005) o de los plantines al momento de la plantación. Además, para establecer la longitud de corte de los turiones en el cultivo de espárragos verdes debe considerarse las condiciones climáticas previstas para el día siguiente. Si se esperan temperaturas elevadas, aquellos turiones que no lleguen a la longitud estipulada y cuyas brácteas se estén abriendo se deben cortar, ya que al día siguiente serán de descarte y no presentarán calidad comercial. En cambio, si las temperaturas esperadas son bajas, los turiones que no lleguen a la longitud establecida se deben dejar para el día siguiente (Vega, 2013). Sin embargo, si está previsto un elevado riesgo de heladas, conviene cosecharlos para tratar de aprovecharlos y no haya que descartarlos.

Tanto para la producción de turiones, como para el desarrollo de la vegetación estival, la planta utiliza solamente las reservas acumuladas del año precedente, por lo que es necesario dar por finalizado el período de cosecha cuando las raíces tienen todavía reservas suficientes que les permitan lograr vegetación que alcance un desarrollo igual o superior al año previo, una vez finalizado el período de cosecha. De esta manera las plantas estarán en grado de reponer completamente sus reservas, antes de entrar en el período de senescencia otoñal. Si por el contrario, al momento de finalizar el período de cosecha las reservas radicales son insuficientes, la vegetación tendrá un desarrollo inferior en altura, respecto del año anterior y las plantas no estarán en condiciones de reponerse completamente. En dicho caso, al año siguiente la producción disminuirá y el cultivo se tornará antieconómico (Falavigna, 2007).

La capacitación del personal de campo en cosecha es fundamental y en lo posible se la debe realizar de manera periódica y actualizada, ya que la alternabilidad de personal no calificado trae como consecuencia la presencia de daños por mal manejo y no se optimiza el tiempo (Miranda Galarza, 2002), afectando la productividad cuali-cuantitativa (Figura 11).



Figura 11. Plantas de Espárrago en el comienzo del período vegetativo estival. Fuente: Falavigna (2007).

En la producción del espárrago blanco, al final del invierno es necesario formar los montículos característicos de tierra sobre las filas del cultivo, que permitirán cortar los turiones que acaban de emerger de las yemas a una profundidad de 20-25 cm. Resulta conveniente cubrir dichos montículos inmediatamente con mulching negro o bicolor, lo suficientemente grueso (mínimo 0,15 mm) para crear la más completa oscuridad y de esta manera los turiones permanezcan blancos hasta el momento de la cosecha, incluso después de la emergencia de la tierra. En este sistema, la frecuencia de cosecha puede ser diaria o día por medio, mientras que de no recurrir a la misma, la frecuencia de cosecha debe ser de hasta dos veces diarias, a fin de evitar el verdeado de las puntas de los turiones.

Cuando la temperatura es elevada se puede prevenir el daño a los brotes, sustituyendo el film negro por uno bicolor, exponiendo el lado blanco al exterior, evitando las temperaturas excesivas del suelo. La formación de los montículos se debe hacer con cuidado de manera de no dañar las arañas. Por lo general se realizan a finales del invierno, y una vez concluido el período de cosecha se remueve el mulching (y se guarda para sucesivas campañas, si su espesor lo permite), se desarmen los montículos y se deja crecer libremente la vegetación.

Para la realización de los montículos se recurre a equipos mecánicos provistos de dos rejas/discos dispuestas de tal forma que se acumule el suelo hacia el centro de la fila. Al final del período de cosecha se recomienda desarmar los montículos dejando la superficie plana o casi, permitiendo el ensanchado horizontal de los rizomas, y retrasar

el ascenso a la superficie que se estimula cuando los lomos se dejan más o menos intactos.

La operación de nivelación de la tierra puede realizarse mediante el cambio de la disposición de las rejas del implemento utilizado para el armado. Por otro lado, en ambos casos (espárragos blancos y verdes) los factores que determinan la extensión del período de cosecha son el desarrollo alcanzado por el follaje y el estado nutricional de la esparraguera, al final de la temporada vegetativa anterior. A mejor desarrollo vegetativo del año anterior se podrá efectuar un período de cosecha más prolongado.

Para la comercialización de los espárragos en el mercado interno como en el externo, se busca obtener un producto de excelente calidad, por tipicidad, seguridad alimentaria y trazabilidad, siendo todos atributos claves. Por tal motivo Argentina dispone para estas y otras hortalizas, un protocolo de calidad como guía para los emprendedores, cuyo cumplimiento puede permitirles contar con el Sello de Calidad de Alimentos Argentinos, que es una de las herramientas de diferenciación con que cuenta el país (Romero *et al.*, 2018). Los turiones a comercializar deben reunir los siguientes requisitos mínimos: ser cosechados en el momento óptimo de crecimiento, de color verdes (o de su color típico verde o violeta) en al menos 80% de su largo, con las brácteas bien cerradas, frescos, turgentes, rectos, tiernos, sin exceso de fibra, con brácteas sin ramificaciones, sin daños físicos y con un corte neto en la base.

Además, deben ser sanos, libres de daños provocados por roedores o insectos, estar prácticamente intactos, libres de olores, sabores extraños y de humedad excesiva (Risso *et al.*, 2012). Dichos aspectos se encuentran detallados en el Protocolo de Espárragos Frescos de Argentina (Código: SAA010), generado por la Secretaría de Agricultura, Ganadería Pesca y Alimentos, Subsecretaría de Política Agropecuaria y Alimentos, Dirección Nacional de Alimentos (SAGPyA, 2007), como así también la distribución de calibres aceptada por Argentina: considerando el diámetro a 2 cm desde la base: Jumbo: >18 mm, Extra Large (XL): 16-18 mm, Large (L): 12-16 mm, Medium (M): 9-12 mm y Small (S): 6-9 mm; con una tolerancia de calidad permitida del 10% de la cantidad o peso de los atados y una diferencia máxima de 2 mm.

El mencionado protocolo respecto a la longitud establece que los espárragos largos deberán presentar entre 17 y 23 cm y las puntas entre 12 y 17 cm con una tolerancia de calidad del 10%. Respecto del largo y calibre, los diferentes mercados poseen distintas tipificaciones. Por ejemplo, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) establece como largo mínimo de los turiones comerciales 21 cm, mientras que en los países de la Unión Europea, las normas establecen las siguientes categorías: espárragos largos: 17 a 22 cm, espárragos cortos: 12 a 17 cm y puntas de espárragos menores a 12 cm.

Respecto al período de comercialización en el mercado interno, históricamente en Argentina los espárragos han presentado una elevada estacionalidad en correspondencia con el período de producción, generalmente de septiembre a noviembre, pudiéndose anticipar la entrada en producción mediante el empleo de invernaderos como estrategia tendiente a ampliar el período de oferta.

En cuanto a las alternativas de presentación de este producto en el mercado son variadas: productos en fresco de I Gama (correspondiente a los espárragos en su presentación tradicional de atados), agroindustrializados de II Gama (conservas o enlatados), III Gama (congelados), IV Gama (productos mínimamente procesados con venta en fresco), V Gama (pre-cocidos, sin la adición de conservantes y se almacenan refrigerados) (Stampacchia *et al.*, 2008) y VI Gama (texturizados), siendo necesario el agregado de valor a fin de mantener inalteradas las propiedades del producto (Giménez Azara *et al.*, 2016).

Los atributos de calidad (que en hortalizas no tradicionales como los espárragos son muy importantes), pueden dividirse en internos y externos. El primer caso, está relacionado con aspectos menos perceptibles como el valor nutritivo, inocuidad, sabor, textura y contenido de azúcares, aceites y proteínas. Los atributos externos están vinculados a las características visibles como el cierre de las brácteas, forma, estructura general, uniformidad, color, grado de madurez y defectos (espigado, plagas animales, enfermedades parasitarias, etc.) (Caffarena *et al.*, 2014).

Por otro lado, el espárrago es un producto perecedero, con una vida útil corta después de la cosecha, debido a su alta tasa de respiración

que conduce rápidamente a su senescencia (Techavuthiporn & Boonyarittongchai, 2016), por lo que resulta imprescindible un acondicionamiento inmediato luego de la cosecha, que incluya corte, lavado, selección y calibrado, a fin de cuantificar su rendimiento comercial. En dicho proceso, existen diversas las causas que pueden derivar en el descarte de un porcentaje importante de la producción como los turiones espigados, torcidos, malformados, muy cortos, con daños de plagas, entre otros; siendo imprescindible contar con personal bien capacitado especialmente, en el sector de selección.

A dichas causas, se le suman la pérdida de calidad durante la poscosecha como la marchitez de los turiones, endurecimiento como resultado de su lignificación (Bhowmik *et al.*, 2000), degradación de la clorofila (Albanese *et al.*, 2007) y cambios en el contenido de ácido orgánico y azúcar (Bhowmik *et al.*, 2000). Es así que resulta importante una adecuada elección del genotipo a cultivar, priorizando aquellos que presenten menor proporción de defectos, motivo de descarte.

En el espárrago verde, el segmento apical presenta una composición que incluye mayores valores de compuestos antioxidantes como ascorbato, clorofila a y b, carotenoides, antocianinas y lignina; mientras que el segmento basal contiene más azúcares y almidón, por lo que resulta importante, a nivel nutricional, el consumo de partes apicales como basales (Mastropasqua *et al.*, 2016). El elevado contenido de agua de los turiones frescos y su alta tasa respiratoria, son dos factores que hacen indispensable efectuar un rápido acondicionamiento, embalaje e ingreso en la cadena de frío, lo que constituye la segunda etapa fundamental para el éxito económico de esta alternativa productiva: el procesado. En tal sentido, la etapa de poscosecha es una de las más delicadas de la cadena agroalimentaria del espárrago.

En el intervalo entre la cosecha y el consumo se verifican modificaciones de la composición y en la estructura de los turiones, debido a actividades metabólicas, entre las que se destacan la respiración, pérdidas de principios nutritivos, fundamentalmente de vitaminas y azúcares. La intensidad de la actividad respiratoria varía en función de las condiciones de conservación, por lo que es imprescindible contar con cadena de frío. Los estándares de calidad que impone el mercado para los espárragos frescos generan pérdidas y desperdicios del orden del 35-55% en las distintas

regiones del mundo (Acuña Reyes *et al.*, 2018), siendo una de las cadenas hortícolas con mayores pérdidas entre la producción y el consumo.

No obstante, existen otros destinos posibles a la proporción no comercial para fresco como la agroindustria de II Gama: conservas y deshidratados, los que brindan la oportunidad de agregado de valor (Basile *et al.*, 2019) y posibilidades de extender el calendario de oferta al producto estacional. Además, en el caso de los recortes de las bases de los turiones y los espigados pueden ser destinados como insumo para la elaboración de subproductos por ejemplo, tableros laminados de fibras aglomeradas en mezcla con otras materias primas como papel periódico, cartón, papel archivo, cáscara de arroz, etc. (Silipu *et al.*, 2020).

En cuanto al acondicionamiento de la producción, la etapa de procesamiento del espárrago, es muy importante. La misma consiste en una serie de actividades sucesivas necesarias para la transformación de la materia prima (turiones recién cosechados) en el producto terminado (turiones empacados, es decir, envasados y embalados), manteniendo la cadena de frío, a fin de asegurar la óptima calidad del producto final. La secuencia a seguir incluye: recepción y pesada, primer control de calidad, corte, lavado, selección, calibrado, (hidroenfriado opcional), envasado, embalaje, paletización, almacenamiento a 2-4 °C, control final de calidad, transporte y comercialización.

Modelos productivos: existen dos grandes modelos productivos: a) a gran escala, como el modelo peruano (primer exportador de espárragos a nivel mundial, orientado a grandes unidades productivas con importante incorporación de mano de obra) y b) el modelo europeo, orientado a pequeñas y medianas empresas (Pymes) con pocas has y mano de obra fundamentalmente familiar, en las que la recolección se efectúa mediante agilizadores de cosecha que triplican la labor de los operarios (Figura 12).



Figura 12. Cosecha de turiones verdes. Fuente: Equipo Espárrago. Chacra Experimental, Facultad de Agronomía, UNCPBA. Fuente: Javier Alejandro Marina.

Entre las características distintivas de la cadena del espárrago se destaca que es un cultivo perenne, con elevado rendimiento comercial, fácil de manejar cuando se respetan todos los requerimientos del cultivo. Se trata de una especie rústica y tolerante a la sequía por su sistema radical profundo, factible de producir en secano en ambientes con un nivel de precipitaciones entre 800 y 1.000 mm anuales. Por otro lado, presenta posibilidades de emplear híbridos enteramente masculinos, con elevado potencial productivo, más uniformes en calibre y de superior calidad; factible de ser cultivado para la recuperación de zonas con pendientes, con riesgo de erosión, ya que se trata de una especie perenne con sistema radical muy enraizador.

Técnicas innovadoras de producción de espárrago: este cultivo admite el empleo de diferentes técnicas innovadoras con la finalidad de optimizar la calidad de los turiones cosechados, extender el período de oferta y/o el posicionamiento en el mercado objetivo. Su empleo puede representar costos importantes que hacen que no todas las situaciones sean viables; no obstante, aplicadas a una parte de la producción total, puede permitir anticipar su posicionamiento en el mercado (30-40 días). A continuación, se hace una breve referencia a las mismas.

Técnicas de protección: el cultivo de espárrago admite técnicas de defensa de semiforzado y forzado para toda o parte de la producción. Se trata de brindar condiciones apropiadas para anticipar el período de cosecha, manteniendo el terreno en adecuadas condiciones térmicas.

Métodos de defensa: consiste en el empleo de mulching, siendo una técnica difundida para la producción de espárragos blancos, a fin de disminuir las pérdidas de valor comercial, debido al verdeado de la punta de los turiones cuando estos emergen de los lomos. El objetivo es optimizar el empleo de la mano de obra en cosecha de dicha categoría de espárrago. El plástico se coloca sobre los camellones de modo que pueda levantarse por tramos, de uno de los lados y cosechar con gubia los turiones.

El resto del tiempo debe permanecer muy pegado al camellón para evitar la formación de bolsas de aire, que son muy peligrosas sobre todo en zonas ventosas. La colocación del mismo puede realizarse de forma mecanizada (mediante

extendedoras de plástico), semimecánica o manual. El film debe quedar bien sujeto de ambos lados. Una vez concluida la temporada de cosecha, se debe retirar el mulching y desarmar los lomos para que el cultivo pueda vegetar.

Método de semiforzado: dicho método consiste en el empleo de túneles o invernaderos fríos (sin calefacción), con los cuales es posible anticipar la cosecha 30 a 40 días. La técnica de cobertura con túnel, si bien requiere de inversión ha demostrado buenos resultados agronómicos como precocidad y mayor productividad (Fadanelli & Meroni, 1999). En el caso de la producción en invernadero, permite disminuir la amplitud térmica diaria y elevar las temperaturas promedio entre 3 a 5 °C, en función del día nublado o soleado (Pita *et al.*, 1998; Kawashina & Nonaka, 2000; Giménez Azara *et al.*, 2016), aspecto que propicia la producción anticipada de las hortalizas como los espárragos.

Desarrollar cultivos bajo condiciones de invernadero significa la obtención de cosecha anticipada, fuera de la época normal de producción, con altos rendimientos y excelente calidad, como resultado de la protección que se ejerce contra ciertos agentes climáticos (sequía, heladas, viento, granizo, lluvia, radiación excesiva, entre otros), que afectan el rendimiento y la calidad de los productos.

Técnica de forzado: consiste en el empleo de invernaderos con climatización. Dicha técnica puede ser utilizada fundamentalmente durante la etapa de almácigo a fin de poder realizar plantaciones al aire libre ni bien sea superado el riesgo de heladas (Figuras 13 y 14).



Figura 13. Cultivo de Espárrago primicia en invernadero, de diferentes genotipos. Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, UCA, Buenos Aires. Fuente: Ana María Castagnino.



Figura 14. Plantación adulta en Chacra Experimental, Facultad de Agronomía, UNCPBA. Fuente: Karina Elizabeth Díaz.

LABORES CULTURALES

Corte de vegetación: una vez finalizado el período vegetativo y la traslocación de las sustancias de reserva a las raíces debe efectuarse el corte a la altura de la base de los tallos. Es aconsejable realizarlo de forma mecanizada, aunque también es posible efectuarlo manualmente (Figura 15).



Figura 15. Cultivo de Espárrago en otoño previo al corte mecánico de la vegetación. Chacra Experimental, Facultad de Agronomía, UNCPBA. Fuente: Ana María Castagnino.

Riego: este cultivo admite diferentes sistemas, dependiendo del suministro de agua principalmente, de la evapotranspiración de la etapa vegetativa del cultivo y de la cantidad de agua disponible en el suelo. El riego en este cultivo es de carácter complementario, dado el aparato radical muy desarrollado que logran las plantaciones adultas. El volumen estacional de agua requerida por el cultivo de espárrago varía de 6.000 a 9.000 m³. En cuanto al volumen de agua para cada intervención puede ser de 150 m³ en suelos arenosos y de 200 m³ para suelos más pesados con una frecuencia de 3-4 y 5-6 días, respectivamente, a fin de mojar toda la capa de suelo ocupado por las raíces (Falavigna, 2007).

Se debe tener presente que el estrés hídrico puede ocasionar efectos negativos sobre la productividad, en el número de turiones y variaciones en la distribución de calibres (más pequeños). Resulta preferible el sistema de riego por goteo para optimizar el uso del agua, y por los menores riesgos sanitarios como *Stemphylium* sp. al no mojar las plantas.

El riego durante el período de cosecha ayuda a mejorar la capacidad de síntesis, la translocación y la acumulación de sustancias de reserva, por lo que su falta en dicho período puede tener efectos negativos de larga duración sobre la cantidad y calidad de turiones producidos. Durante el receso invernal las raíces absorben mínimas cantidades de agua para llevar a cabo las actividades metabólicas esenciales para la posterior producción de turiones, por lo que no es necesario regar; aunque en el caso de los cultivos bajo túnel, al no estar expuestos a precipitaciones también requieren de riego en invierno en dosis bajas (100 a 150 m³/ha).

Durante la etapa de recolección se necesita mantener constante la humedad del suelo para la expresión máxima de la producción y la calidad de los brotes producidos. La calidad del agua de riego generalmente no es un factor limitante en el crecimiento de los espárragos. Pareciera ser que es minimizada por la habilidad de la planta para controlar la absorción de sodio. Se ha producido con mucho éxito bajo riego por goteo, donde la conductividad eléctrica (CE) del agua de riego fue de 9 dS/m (Benson, 1987). Durante el verano en caso de sequía se produce senescencia temprana (color amarillo de la vegetación), seguido por emisión no deseada de turiones durante el otoño húmedo. Por lo tanto, en ausencia de precipitaciones las intervenciones de riego se deben continuar hasta el otoño.

Fertilización: los requerimientos nutricionales del espárrago corresponden a la suma de la extracción de estos por parte de los turiones, y aquellos necesarios para el crecimiento de las arañas, raíces y los de la parte aérea (helechos) luego de la cosecha. Los requerimientos de nutrientes aumentan con la edad de la esparraguera, tanto en los turiones como en la araña, hasta alcanzar la estabilidad alrededor de los seis a ocho años, proporcionalmente.

Por otro lado, la cantidad de nutrientes extraídos por la araña, raíces y helechos es mucho mayor a los extraídos por la cosecha. Por tratarse de una planta perenne se pueden distinguir tres etapas en sus requerimientos nutricionales: a) crecimiento activo, comprendido del primero al cuarto año, en donde el fósforo (P) y potasio (K) adquieren importancia en la formación de tejidos de reservas, b) producción de máximo rendimiento, el cual puede durar cuatro a ocho

años, obteniéndose los máximos rendimientos con una constante demanda de nutrientes y c) producción decreciente con disminución de rendimientos y por tanto, con una demanda de nutrientes menor.

Dean (1997) citado por Mortarini *et al.*, (2005) sostienen que las cantidades de nutrientes almacenadas por las arañas, raíces y helechos son de 5-15 veces más altas que las extraídas por los turiones en una cosecha de 4,5 t/ha. El aumento de la extracción de nutrientes en los turiones es directamente proporcional a la extensión y volumen de la cosecha, con una baja extracción en los primeros años hasta que alcanza la estabilidad de los rendimientos. En este caso y si se incorpora al suelo la parte aérea, debería reponerse vía fertilizante solo la extracción producida por la cosecha. La variedad utilizada también influencia la extracción de nutrientes por parte del cultivo (González & Del Pozo, 1999).

En este sentido, se requiere de un programa anual de fertilización, el cual deberá considerar la disponibilidad de nutrientes en el suelo y en los momentos sugeridos de aplicación de fertilizantes: a) en invierno sin vegetación con fosfato di Amónico en banda y b) en verano (una vez finalizada la cosecha) con nitrógeno (aplicaciones parcializadas de urea).

Durante el reposo invernal los aportes que se efectúen de materia orgánica y fertilizantes químicos se deben realizar entre las filas y ser incorporados por equipos mecánicos. Respecto de los macronutrientes, en el caso de los fertilizantes nitrogenados deben ser distribuidos exclusivamente durante la fase vegetativa, desde el final de la cosecha, ya que, durante la fase de producción, la planta no absorbe los nutrientes. El fósforo disminuye la fibrosidad de los turiones, mejorando su calidad e influenciado el desarrollo de raíces secundarias, mientras que el potasio es el elemento más extraído, su deficiencia se manifiesta en una disminución de la calidad en los turiones.

Antes de plantar las arañas es recomendable incorporar al suelo fósforo (P₂O₅) y potasio (K₂O) en fondo de los surcos, cubriéndolos con 5 cm de suelo, sobre esto se colocan las coronas que se cubren con tierra, fertilizando posteriormente durante el ciclo vegetativo con fertilizantes nitrogenados. En cuanto a los micronutrientes, el cultivo es sensible a deficiencia de elementos menores como el boro (B),

hierro (Fe) y zinc (Zn), con lo cual la corrección de dichos elementos debe hacerse preferiblemente por vía foliar, teniendo en cuenta las características del suelo. Aportes de calcio (Ca) resultan importantes debido a la relación Ca/P que debería estar en la proporción 3:1 (Herrera *et al.*, 2004).

Tanto los macro como en los micronutrientes y las enmiendas, su aporte dependerá del resultado del análisis de suelo realizado antes de comenzar el cultivo. En la Tabla 1 se detallan las recomendaciones de abonado y fertilización para el cultivo de espárrago.

Tabla 1. Recomendaciones de abonado y fertilización del cultivo de Espárrago, en función de la edad de las plantaciones. Fuente: Falavigna (2007).

			A aportar	1 año	2° año	Desde el 3° año
Sustancia Orgánica	%	3	Abono en t/ha	-	10	30
		4-6		-	15	15
Nitrógeno	PPM	Hasta 30	N (kg/ha)	150	180	200
		40-60		100	120	150
P₂O₅	PPM	Hasta 5	P ₂ O ₅ (kg/ha)	-	80	90
		Hasta 6-12		-	60	70
K₂O	PPM	Hasta 30	K ₂ O (Kg/ha)	-	250	280
		40-60		-	180	200
		Más de 70		-	100	120

Cultivos de servicio: el manejo de cultivos perennes como espárrago verde requiere de estrategias de optimización, como la siembra de cultivos de servicio en los caminos, sin que lleguen a competir con el cultivo. Para esto es necesario realizar tareas de mantenimiento como cortes periódicos. Dichos cultivos de servicio deben ser considerados como una herramienta adicional en el marco de programas de manejos sistémicos de las plantaciones, tendiente a evitar el enmalezamiento, el planchado del suelo, aliviar la compactación y mejorar las tasas de infiltración, propiciando una adecuada evolución del cultivo a lo largo de su ciclo productivo. En tal sentido, se recomienda la siembra de dichos cultivos de servicio en cabeceras y caminos en primavera-verano (Figura 16) como en otoño-invierno (Figura 17).



Figura 16. Vista de caminos y cabeceras sembrados con cultivos de servicios en periodo vegetativo estival de plantaciones adultas de espárrago verde. **a.** Cebada como cultivo de servicio, emergiendo y **b.** Cebada como cultivo de servicio establecido en Chacra Experimental de la Facultad de Agronomía, UNCPBA. Fuente: Ana María Castagnino.

Dentro de las especies sugeridas se encuentran la avena (con una densidad aproximada de 20-30 kg), la cual deber ser sembrada en febrero en el caso de la región centro de la provincia de Buenos Aires y se la deseca al momento de la aplicación de herbicida total a todo el cultivo, con anterioridad al corte de la vegetación del espárrago durante invierno, luego de haber trasladado las reservas al sistema radicular.



Figura 17. Vista de cultivo de servicio (avena) en otoño, en cabeceras y caminos de plantación adulta de Espárrago verde. Fuente: en Chacra Experimental de la Facultad de Agronomía, UNCPBA. Fuente: Ana María Castagnino.

Manejo sanitario: dentro de esta alternativa productiva como es la Producción Integrada (PI), es posible aplicar un Programa de Manejo Integrado de Plagas (MIP) (animales, enfermedades y malezas), el cual consiste en un proceso progresivo, ordenado, consensuado y de adecuación que va en concordancia al manejo del cultivo con dicho enfoque. En el marco del mencionado programa, es necesario efectuar evaluaciones de resultados en

forma permanente para conocer los aciertos y los errores, siempre en respuesta al agroecosistema y al mercado. Para ello se requiere capacitar a todos los recursos humanos (personal de campo y técnicos participantes), a fin de lograr una verdadera cultura MIP.

La implementación del MIP en el cultivo de espárrago implica el abordaje de varias dimensiones. En lo que respecta a la técnica, se basa en el conocimiento de la fenología del cultivo, las particularidades de las etapas productivas y su susceptibilidad a problemas fitosanitarios en general por el empleo de un solo genotipo (Sáenz Jara, 2020). Además, dentro de los problemas sanitarios, las malezas presentes en el cultivo están asociadas a la presencia de las plagas más importantes del espárrago. En ese contexto, cobran relevancia las acciones y medidas incluidas en el MIP, destacándose las herramientas de limpieza de campos, desmalezado técnicamente adecuado, para evitar la selección de las mismas y el desarrollo de resistencia.

La dimensión ambiental se basa en la reducción del uso de fitosanitarios de amplio espectro, priorizar la utilización de moléculas menos agresivas con el hombre y ambiente (específicas, acordes a las demandas, exigencias y políticas del mercado, del consumidor, y de la experiencia y resultados en su uso). Sumado a lo anterior para ser utilizado complementaria y simultáneamente se permite el uso de fitosanitarios registrados para el cultivo de síntesis y origen biológico (extractos vegetales), el control biológico, gracias a la presencia de laboratorios y empresas comercializadoras de insectos benéficos, entomopatógenos y antagonistas. La dimensión económica se basa en la reducción de los costos de producción (al disminuir las dosis y la frecuencia de uso de fitosanitarios agrícolas para el manejo de plagas), entre otros aspectos (Sáenz Jara, 2020). En este sentido, el uso conjugado de las diversas medidas de control disponibles constituye la estrategia del MIP.

En lo que respecta a las malezas, un adecuado manejo de estas representa una condición indispensable para la optimización de la producción y la calidad de los turiones, propiciando calibres superiores, por lo que mantener los lotes libres de ellas, es una prioridad. El mismo consiste en una combinación de trabajos mecánicos, aplicaciones químicas y labores manuales desde el primer año de plantación (Figura 18).



Figura 18. Vista de plantación joven vegetando y con un adecuado manejo de malezas en la Chacra Experimental de la Facultad de Agronomía de la UNCPBA. Fuente: Ana María Castagnino.

Los controles mecánicos pueden realizarse con implementos (como rastras de discos) que remueven superficialmente el suelo, entre las filas sin ocasionar daños a las raíces de las plantas. En cuanto a los controles químicos, deben efectuarse con herbicidas selectivos, según la época del año, la edad de las plantaciones y el tipo de malezas a combatir.

Entre los herbicidas selectivos que han demostrado buen comportamiento en espárrago que podrían utilizarse se encuentran: Linurón (para la etapa de almácigo a campo y en pre-trasplante), Metribuzín, Propizamide, Oxadiazón, Pendimetalín, Basagrán, Sulfentrazone, Carfentrazone, entre otros, en esparragueras adultas, además de graminicidas. Las mezclas pueden ser una opción conveniente. Entre las razones del control de malezas se destaca que el cultivo solo es competitivo con estas cuando está en su máximo desarrollo vegetativo y con la densidad adecuada, y con el paso de los años, los órganos de multiplicación vegetativa de las malezas perennes y las semillas pueden incrementarse exponencialmente, siendo cada vez más difícil controlarlas. Cuando las malezas debilitan las plantas de espárragos, pueden llegar a ocasionar una disminución de la producción (en la siguiente cosecha) de más del 50% y causar el envejecimiento prematuro de la plantación. Resulta conveniente alternar los productos químicos para evitar la difusión de la flora de sustitución.

A continuación, se desarrollarán en detalle las principales plagas animales (ácaros, insectos y nematodos fitófagos), enfermedades parasitarias (hongos, bacterias y virus) y no parasitarias o fisiopatías del cultivo de espárrago.

Las principales plagas animales (ácaros, insectos y nematodos fitófagos) del cultivo de espárrago se

detallarán seguidamente en base a los estudios de Liang & Gao (2017), Agrológica Servicios Agrícolas (2020), Martinoia *et al.*, (2022), Agrológica (2023).

En la zona centro de la provincia de Buenos Aires se han detectado diferentes pulgones (Figuras 19 y 20): *Macrosiphus euphorbiae* y *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) Su presencia suele ser baja, aunque pueden ocasionar la transmisión de virus, como efectos indirectos de mayor magnitud, que la propia acción de los pulgones; si bien no se evidenciaron en la zona, daños relacionados a virosis transmitidas por áfidos. A nivel global *Myzus persicae* es considerada de gran importancia por ser transmisora de más de 120 virus.

***Brachycorynella asparagi* (Mordvilko) (Hemiptera: Aphididae), Pulgón del espárrago:** también a nivel global este pulgón ha cobrado importancia, cuyos daños son causados por los estados ninfales y adultos. Los mismos pueden ser directos a los brotes y parte vegetativa en general, producto de su alimentación, e indirectos por favorecer el desarrollo de la fumagina. Los pulgones pueden pasar desapercibidos, sobre todo al inicio del ataque, ya que suelen tener el mismo color que la esparraguera mimetizándose muy bien. Para su manejo se recomienda efectuar monitoreos periódicos a fin de determinar cuándo se supera el umbral de daño económico (más de un 10% de las plantas tienen presencia de colonias), en cuyo caso deben efectuarse tratamientos químicos.

***Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae), Pulgón verde del duraznero:** este pulgón ataca los brotes y las hojas tiernas (Figura 19), pudiendo ser trasmisor de virus. La estrategia de manejo debe basarse en tres aspectos: a) la detección temprana de la plaga, b) respetar al máximo a los enemigos naturales y c) de ser necesario, utilizar insecticidas selectivos registrados para espárrago y para esta plaga.



Figura 19. Individuo del Pulgón verde del duraznero. Fuente: Agrológica Servicios Agrícolas (2020).

***Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) (Hemiptera: Aphididae), Pulgón verde de la papa:** el mismo ha sido señalado como el más importante vector de las enfermedades virósicas (Figura 20). Es aconsejable para su manejo detectar los primeros focos y tratar antes de que las poblaciones formen grandes colonias y se expandan a todo el lote productivo.



Figura 20. Ejemplar del género *Macrosiphum euphorbiae* en brácteas de turión de Espárragos. Fuente: Martinoia *et al.*, (2022).

***Agrotis ipsilon* (Hufnagel) (Lepidoptera: Noctuidae), Isoca cortadora u oruga grasienta:** las larvas causan los daños en la zona basal de los turiones. Generalmente se ubican en los primeros 5 cm enterrados o al nivel del suelo y son de hábito nocturno. El daño principal se da en plantas jóvenes donde roen el cuello provocando su caída (Figura 21). Para su manejo se recomienda el monitoreo de plagas semanalmente y puede aplicarse un producto piretroide siempre que se justifique técnicamente la medida en base al nivel poblacional.



Figura 21. Larva de la Isoca cortadora en un turión de Espárrago. Fuente: Martinoia *et al.*, (2022).

***Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae), Trips Californiano de las Flores:** los estados ninfales y de adulto ocasionan un daño muy leve donde el turión adquiere una tonalidad plateada y también es trasmisor de virus (Figura 22). Constituye un problema cuarentenario por las restricciones en los mercados de destino. Es aconsejable para su

control utilizar un piretroide (Deltametrina 2,5%) o una piretrina natural, siendo conveniente la adición de azúcar al agua de tratamiento, la cual actúa como atrayente.

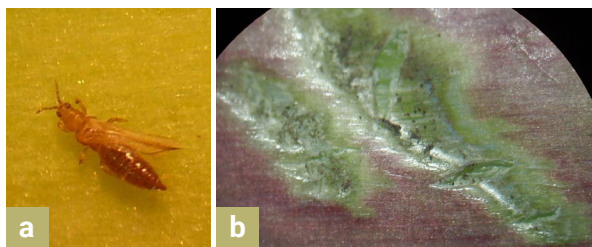


Figura 22a. Adulto del Trips Californiano de las Flores. **b.** Daño de trips. Fuente: Martinoia et al., (2022).

Armadillium vulgare (Latreille) (Isopoda: Armadillidiidae), **Bicho bolita:** es un crustáceo de color gris oscuro de hábitos nocturnos que se alimenta de materia orgánica y tejidos vegetales ocasionando daños en la base de los turiones con pequeñas lesiones (Figura 23). Se manifiestan en períodos húmedos y es necesario intensificar los cuidados durante el procesado a fin de eliminar las zonas dañadas. Se recomienda para su manejo si el daño se produce en plena cosecha no es posible realizar control químico.



Figura 23. Ejemplares de Bichos bolita en la Chacra Experimental, de la Facultad de Agronomía. UNCPBA. Fuente: Martinoia et al., (2022).

En cuanto a las enfermedades causadas por hongos, bacterias y virus, la mayoría de las esparragueras las presentan a lo largo del ciclo del cultivo. Un ejemplo de ello son los problemas sanitarios provocados por hongos de suelo, que reducen la producción total del espárrago, y además pueden afectar a los cultivos posteriores. Entre las enfermedades fúngicas más frecuentes de este cultivo en Argentina se destacan la fusariosis (*Fusarium* sp.) y la stemfilosis (*Stemphylium vesicarium*), tal como se indicará a continuación.

Al finalizar la vida útil de las esparragueras, el suelo donde estuvo implantada puede verse beneficiado con un aporte de materia orgánica

o perjudicado por las infecciones fúngicas. En el caso de haberse detectado dichas enfermedades en el cultivo luego de levantar la esparraguera, es conveniente cultivar especies resistentes a *Fusarium* y *Rhizoctonia*, siendo hongos de suelo que generan los mayores problemas para espárrago.

Las principales enfermedades parasitarias (hongos, bacterias y virus) del cultivo de espárrago son las que se describirán a continuación en función de los estudios de Mitidieri (1987), Martinoia et al., (2022).

***Fusarium oxysporum* y *Fusarium moniliforme*, Fusariosis:** los síntomas son el oscurecimiento y marchitamiento de las arañas, vaciamiento de las raíces, escaso vigor del cultivo y finalmente la muerte de las plantas (Figura 24). Las condiciones predisponentes para esta enfermedad es utilizar variedades vulnerables a la misma, el estrés hídrico y el lote enmalezado. Se recomienda para su manejo evitar los cultivos enmalezados sobre la cosecha, utilizar variedades no susceptibles y evitar sobre cosechar las plantas. En el caso de períodos vegetativos que causen estrés cosechar en períodos más cortos a la siguiente cosecha.



Figura 24. Fusariosis en Espárrago. Fuente: Falavigna (2017).

***Stemphylium vecicarium*, *Stemphylium*:** la sintomatología de este hongo patógeno se manifiesta a través de lesiones violáceas y elípticas de pocos milímetros. Luego la vegetación toma un color amarillamiento y finalmente se produce la desecación de la parte aérea (Figura 25). Períodos prolongados de lluvia y variedades susceptibles favorecen la aparición de esta enfermedad. Para su manejo es aconsejable utilizar un adecuado distanciamiento de las filas de plantas que permita disminuir la humedad en el interior del cultivo y la gravedad de los ataques.



Figura 25. *Stemphylium* en el cultivo de Espárrago. Falavigna (2017).

***Botrytis cinerea*, Botrytis, Podredumbre o Moho gris:** la misma ataca especialmente a los turiones, dando lugar a una podredumbre blanda. Si la infección se produce en las ramificaciones, estas amarillean para después adoptar una tonalidad gris (Figura 26). Los períodos cálidos y húmedos fomentan la presencia de este hongo patógeno en el lote productivo. Es aconsejable para su manejo ubicar las hileras del cultivo de manera que el mismo esté bien ventilado y mantenga una adecuada humedad del suelo.



Figura 26. Moho gris en Espárrago. Fuente: Falavigna (2017).

***Phytophthora* spp., Phytophthora:** los síntomas se manifiestan a través de los turiones torcidos a 4-5 cm de la punta y presentan heridas debajo de las escamas. Causa lesiones semi-acuosas alargadas de color café claro, ubicadas generalmente a una altura de 2-5 cm sobre la línea del suelo (Figura 27). La elevada humedad y temperatura, favorecen a su aparición, razón por la cual, ataca luego de las lluvias intensas y se manifiesta en los lotes bajos anegados. Es aconsejable para su manejo cultivar esta especie en lotes nivelados, altos, bien drenados y emplear sistemas de riego adecuados.



Figura 27. *Phytophthora* en turiones de Espárrago. Fuente: Falavigna (2017).

***Rhizoctonia violacea*, Rizoctonia (Mal vinoso):** la misma ataca a los rizomas y al cuello de los tallos causando un recubrimiento de color rosado, turiones de bajo calibre con tendencia a ramificarse. La enfermedad tarda varios años en manifestarse. Los turiones aparecen cortos, delgados y endurecidos, posteriormente, las raíces aparecen rojas. Con el avance de la enfermedad la planta se marchita y finalmente muere. La actividad de *Rhizoctonia violacea* comienza con temperaturas de suelo de 13 °C, pero presenta un óptimo en los 22-25 °C.

La dispersión del hongo es fundamentalmente por movimiento de suelo. Para su manejo es aconsejable evitar plantaciones en suelos contaminados y que anteriormente estuvieran cultivados con zanahoria, remolacha, alfalfa, papa, etc. También se recomienda efectuar la desinfección de las arañas, identificar y aislar el sector del lote donde hayan estado plantas infectadas.

***Cercospora asparagi*, Cercosporiosis:** este hongo infesta las hojas y los tallos con manchas necróticas. Esta enfermedad afecta los procesos fotosintéticos de la planta reduciendo la productividad y la longevidad del follaje (Figura 28). Las condiciones que la favorecen a este patógeno es la alta humedad relativa (95%) y las temperaturas de 25-30 °C. Se recomienda para su manejo utilizar densidades apropiadas que propicien una buena ventilación del cultivo.

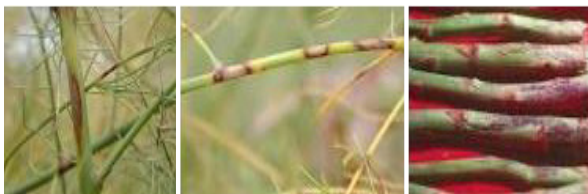


Figura 28. Cercosporiosis en el cultivo de Espárrago. Fuente: Falavigna (2017).

***Erwinia caratovora*, Pudrición blanda:** esta bacteria patógena produce pudriciones blandas de tipo acuosa, generalmente en el ápice que progresa rápidamente y produce olores muy desagradables en los tejidos afectados. Ataca normalmente a las puntas de los turiones y a las áreas próximas a los cortes. El exceso de humedad y la alta temperatura son factores que juegan a su favor para que se manifieste en el lote productivo. También es fomentada la enfermedad cuando los turiones cosechados quedan expuestos directamente al sol, previo a su traslado al galpón de empaque. Para su manejo es aconsejable mantener los turiones cosechados a la sombra y evitar las temperaturas excesivas y demoras en el procesado.

A continuación, se detallará un tercer grupo de adversidades, en este caso abióticas, las enfermedades no parasitarias, fisiogénicas o fisiopatías del cultivo de espárrago desarrolladas en base a la experiencia del equipo Espárragos de la UNICEN desde 1990 hasta la actualidad (2023).

Marchitamiento de brotes jóvenes: esta alteración ocurre cuando la planta comienza a ramificarse. Las condiciones predisponentes son la deficiencia hídrica, carencia nutricional, entre otras. Por otro lado, cuando las condiciones ambientales del otoño y/o invierno son favorables puede dar lugar al desarrollo de nuevos brotes, que resultan perjudiciales al movilizar las reservas que son la fuente para la brotación de los turiones de la primavera siguiente. Se recomienda para su manejo evitar los abonados y los riegos tardíos.

Blanqueado de la base de los turiones en espárragos verdes: el mismo se manifiesta en plena producción. Este fenómeno es causado por la presencia de malezas en el lote de producción. Para su manejo resulta imprescindible mantener los lotes libres de malezas en todo momento.

Turiones helados: se manifiestan durante la producción, ocasionando manchas acuosas con pérdida de turgencia. La presencia de heladas tardías favorece a la aparición de esta fisiopatía (Figura 29). Para su manejo es aconsejable el riego preventivo.



Figura 29a. y b. Turiones helados. Fuente: Karina Elizabeth Díaz.

Turiones curvos: los mismos se producen en plena producción. La presencia de vientos fuertes favorece a la generación de turiones curvos. Para su manejo se recomienda ubicar las hileras del cultivo en el sentido de los vientos predominantes.

Turiones dobles: ocurre durante el proceso productivo. Es aconsejable para su manejo realizar una correcta elección del cultivar.

Herrumbre fisiológica de los turiones o falsa roya: la misma se manifiesta como estrías alargadas de color rojizo en los turiones. Se produce por una alteración metabólica en condiciones de tiempo frío y húmedo. Para su manejo se recomienda una adecuada elección del sitio de producción.

Deformaciones por predisposición genética: en algunas oportunidades es posible detectar turiones deformes debido a una predisposición genética (Figura 30).

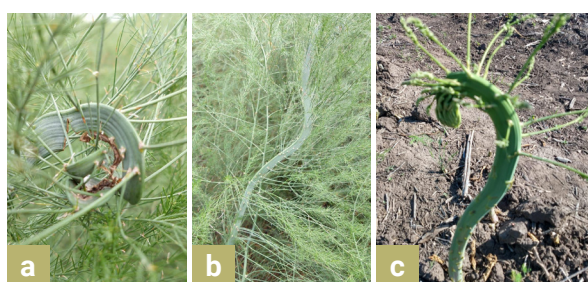


Figura 30a., b. y c. Turiones deformados por defectos genéticos. Fuente: Fuente: Karina Elizabeth Díaz.

Secuenciación (dentro del mismo lote productivo) y rotaciones (entre lotes): para la realización de una nueva plantación de espárragos se requiere verificar que al momento de realizarla no existan en el lote residuos de agroquímicos que puedan afectar el crecimiento de los plantines o arañas. Los espárragos no deben seguir al cultivo de papa,

dado que la presencia de tubérculos favorece la presencia de patógenos que pueden causar serios problemas en las plantaciones de espárragos (Ortodacoltivare, 2023).

El cultivo intercalado es posible durante los dos primeros años de cultivo, y se pueden cultivar de forma intercalada hortalizas de hoja (lechuga, acelga y espinaca); de fruto (cucurbitáceas como zapallitos y zucchini); y de raíz zanahoria. Una vez finalizada una plantación de espárrago resulta conveniente rotar con otros cultivos para prevenir enfermedades y no repetir espárrago en el mismo lote al menos cinco años a fin de evitar problemas de hongos patógenos como por ejemplo *Fusarium* spp., compuestos alelopáticos y cansancio o agotamiento del suelo (Falavigna, 2017).

En síntesis, se trata de una cadena agroalimentaria longeva con múltiples virtudes, aptitud agroindustrial y potencial de mercado, que requiere de cuidado en sus distintos eslabones.

AGRADECIMIENTOS

A los Lic. en Tecnología de los Alimentos Antonella García Franco y Javier Alejandro Marina, ambos de la Facultad de Agronomía de la UNCPBA por la contribución en los aportes y fotografías para mejorar el apartado del Cultivo de Espárrago correspondiente al Capítulo 8.