

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“EL CULTIVO DEL ESPÁRRAGO (*Asparagus officinalis* L.)
EN LA IRRIGACIÓN CHAVIMOCHIC”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERA AGRÓNOMA

CIRIA FRANCISCA QUISPE SAMAR

LIMA – PERÚ

2023

Document Information

Analyzed document	QUISPE SAMAR Revisión.pdf (D142769860)
Submitted	2022-08-09 14:45:00
Submitted by	Isabel
Submitter email	imontes@lamolina.edu.pe
Similarity	0%
Analysis address	imontes.unalm@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	<p>Universidad Nacional Agraria La Molina / TSP Yessica Orosco.docx Document TSP Yessica Orosco.docx (D134012506)</p> <p>Submitted by: abeyer@lamolina.edu.pe Receiver: abeyer.unalm@analysis.arkund.com</p>	 1
SA	<p>Universidad Nacional Agraria La Molina / Evaluación plagasesparrago.docx Document Evaluación plagasesparrago.docx (D138163021)</p> <p>Submitted by: clivia@lamolina.edu.pe Receiver: clivia.unalm@analysis.arkund.com</p>	 1
SA	<p>Universidad Nacional Agraria La Molina / RIEGO Y FERTILIZACIÓN-ESPÁRRAGO.docx Document RIEGO Y FERTILIZACIÓN-ESPÁRRAGO.docx (D138161991)</p> <p>Submitted by: clivia@lamolina.edu.pe Receiver: clivia.unalm@analysis.arkund.com</p>	 2

PRESENTACIÓN El cultivo del espárrago representa una parte fundamental en las exportaciones no tradicionales del Perú. El presente trabajo se desarrolló gracias a los 22 años de experiencia adquirida en el cultivo del espárrago blanco en Camposol S. A., una de las empresas más importantes del sector a nivel nacional. El trabajo desarrollado muestra la práctica agronómica que se ejecutó en la empresa durante sus años de producción en el cultivo, prácticas que se fueron adecuando al mercado, el costo/beneficio, las condiciones sociolaborales, las condiciones medioambientales, asesoramiento externo de expertos, y, por último, mediante el ensayo y error. Detrás de ese aprendizaje, hubo y hay mucho capital humano que permitió el éxito de la empresa en su rubro. La experiencia en el manejo de este cultivo se resume en estas páginas, y permiten formular propuestas de mejora para la utilidad e interés del pequeño o gran agricultor a nivel local y nacional.

2 I. INTRODUCCIÓN El espárrago (*Asparagus officinalis* L.) es un cultivo que fue introducido a inicios de los años 50, en la provincia de Virú, La Libertad (Dapper, 2015). En la década de 1980, gracias al apoyo de USAID (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, por sus siglas en inglés), se introdujeron a la región de Ica cultivares mejorados, entre ellos el UC157, lo que permitió su escalamiento. Gracias a ello, experimentó un boom en la década de 1990, llegando a 30 000 hectáreas sembradas y a cerca de USD 900 000 000 invertidos en el cultivo (Manero, 2015).

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“EL CULTIVO DEL ESPÁRRAGO (*Asparagus officinalis* L.) EN
LA IRRIGACIÓN CHAVIMOCHIC”**

Ciria Francisca Quispe Samar

Trabajo de suficiencia profesional Para optar el título de:

INGENIERA AGRÓNOMA

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

.....
Ph D. Walter Apaza Tapia
PRESIDENTE

.....
Ing. M. S. Andrés Casas Díaz
ASESOR

.....
Ing. Mg. Sc. Isabel Montes Yarasca
MIEMBRO

.....
Ing. M.S. Karin C. Coronado Matutti
MIEMBRO

LIMA – PERÚ

2023

*A Miguel, mi hijo que siempre me motivó a la culminación de este trabajo.
¡Gracias!*

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento infinito a Dios por darme el privilegio de tener padres, hijos y nietos que me inspiran y alientan a seguir adelante.

A mis hijos Tanis, Miguel y Alejandro, gracias por su comprensión y permitirme seguir creciendo a pesar de las circunstancias.

Un agradecimiento especial a Christian Befve, quien me dio la oportunidad de conocer personas apasionadas por este cultivo en muchos lugares del mundo, con quienes compartimos novedades, tecnología, alternativas, etc., para mantenerme vigente y competitiva en el cultivo.

También mi agradecimiento al equipo inicial de Camposol con quienes iniciamos a ejecutar nuestros sueños de ser los mayores productores de espárrago del Perú. Mención especial a Gustavo Guerrero Paretto, mi mentor en todos esos años de trabajo intenso pero satisfactorio.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1.	Generalidades.....	3
2.2.	Botánica	3
2.2.1.	Parte subterránea	3
2.2.2.	Parte aérea	4
2.3.	Fenología del cultivo	4
2.3.1.	Desarrollo inicial	5
2.3.2.	Brotamiento y primera cosecha	5
2.3.3.	Segundo brotamiento, ramificación y apertura.....	6
2.3.4.	Floración.....	7
2.3.5.	Fructificación.....	7
2.3.6.	Maduración.....	7
2.3.7.	Chapodo, formación de turiones y cosecha.....	8
2.4.	Valor alimenticio	8
2.5.	Cultivares	9
2.6.	Actividad fotosintética.....	9
2.7.	Clima.....	10
2.8.	Suelo	10
2.9.	Riego y fertilización.....	11
2.10.	Características generales de la irrigación Chavimochic.....	12
2.10.1.	Antecedentes.....	12
2.10.2.	Localización	14
2.11.	Producción.....	15
2.12.	Condiciones agroclimáticas	16
2.13.	Condiciones edáficas.....	19
2.14.	Condiciones hidrológicas	21
III.	DESARROLLO DEL TRABAJO	23
3.1.	Manejo de siembra y almácigos.....	23
3.1.1.	Selección de cultivar.....	23
3.1.2.	Acondicionamiento del material vegetal	23
3.2.	Instalación en campo definitivo	23
3.2.1.	Preparación inicial	24
3.2.2.	Instalación de sistema de riego.....	27

3.2.3.	Preparación de campo.....	30
3.2.4.	Instalación de material vegetal	32
3.3.	Fenología y fisiología	34
3.3.1.	Desarrollo de instalación	34
3.3.2.	Etapa productiva.....	36
3.3.3.	Manejo fisiológico.....	38
3.4.	Evaluación precosecha y proyección	42
3.5.	Actividades culturales.....	43
3.5.1.	Agoste.....	43
3.5.2.	Chapodo de producción.....	43
3.5.3.	Aplicación de broza.....	44
3.5.4.	Actividades pre-aporque.....	45
3.5.5.	Aporque	46
3.5.6.	Cosecha.....	47
3.5.7.	Desaporque	49
3.6.	Riego.....	50
3.7.	Fertilización y enmienda.....	53
3.8.	Manejo de plagas	55
3.8.1.	Principales plagas	58
3.8.2.	Control cultural.....	58
3.8.3.	Control etológico	58
3.8.4.	Control químico.....	60
3.8.5.	Control biológico.....	63
3.9.	Manejo de enfermedades	63
3.10.	Manejo de malezas	65
3.11.	Problemáticas en la producción y propuestas de innovación.....	68
3.11.1	Principales problemáticas del cultivo en la irrigación.....	68
3.11.2	Vida útil y falta de área útil	69
3.11.3	Oportunidades de mejora en el manejo del cultivo	70
3.11.4	Amenazas internas y externas	73
3.11.5	Propuestas de mejora	74
IV.	CONCLUSIONES.....	86
V.	RECOMENDACIONES	87
VI.	BIBLIOGRAFÍA.....	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Áreas sembradas en hectáreas (ha) según cultivo.	15
Tabla 2: Distribución de espárrago en hectáreas (ha) en las zonas agroclimáticas de la irrigación Chavimochic.	16
Tabla 3: Variables meteorológicas semanales promedio (periodo 2006 - 2019) en la Estación Meteorológica Agricultor.	17
Tabla 4: Análisis de caracterización de suelo virgen, año 2007, fundo Agricultor.....	20
Tabla 5: Análisis químico de cuatro muestras de agua de riego de la irrigación.	22
Tabla 6: Brote de espárrago emitido según semana del cultivo desde la siembra.....	35
Tabla 7: Evaluación semanal de sólidos solubles en raíces de espárrago cv. UC151F1, novena campaña comercial.....	40
Tabla 8: Evaluación semanal de sólidos solubles en raíces de espárrago cv. Ciprés, sexta campaña comercial.	40
Tabla 9: Ejemplo de una proyección de cosecha simplificada de espárrago blanco usado en Camposol S. A.	43
Tabla 10: Kc usado para espárrago en instalación..	52
Tabla 11: Kc usado para espárrago en producción.....	52
Tabla 12: Lista de fertilizantes utilizados en espárrago en la Irrigación..	53
Tabla 13: Plan de fertilización utilizado para la instalación de espárrago blanco en Camposol S. A. Nota: “SEM” = Semana.	54
Tabla 14: Plan de fertilización utilizado para la instalación de espárrago blanco en Camposol S. A.....	55
Tabla 15: Productos agroquímicos utilizados para el control de plagas en Camposol S. A.	61
Tabla 16: Productos biológicos utilizados para el control de plagas en Camposol S. A.62	
Tabla 17: Productos agroquímicos utilizados para el control de enfermedades en Camposol S. A.	64

Tabla 18: Productos agroquímicos utilizados para el control de malezas en Camposol S. A.	67
Tabla 19: Comparación de los tipos de instalación.	74
Tabla 20: Rendimiento y vida útil promedio de 55 esparragueras en 18 países a lo largo de 13 años sembrados a doble hilera.	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Primeros brotes después de la cosecha.	5
Figura 2: Ramificación del espárrago.....	6
Figura 3: Apertura de los filocladios.	6
Figura 4: Floración del espárrago.....	7
Figura 5: Maduración y fructificación del espárrago.	8
Figura 6: Producción de espárrago en el Perú, año 2015.	13
Figura 7: Etapas del Proyecto Especial Chavimochic.	14
Figura 8: Temperaturas medias semanales entre los años 2006 y 2019 en la Estación Agrícola.	18
Figura 9: Nivelación gruesa mediante tractor oruga.	24
Figura 10: Nivelación mediante tractor de ruedas y apero..	25
Figura 11: Calicata realizada al terreno.	26
Figura 12: Topografía y estacado de terreno.	26
Figura 13: Diseño de zonificación de riego en unidades de riego denominadas «Lotes»... ..	27
Figura 14: Instalación de matrices.	28
Figura 15: Reservorio hecho a base de geomembrana de HDPE (<i>High Density Polyethylene</i>), usados comúnmente en la Irrigación.	28
Figura 16: Instalación de tuberías y manguera de comando.	29
Figura 17: Apertura de surco.	30
Figura 18: Levantamiento de iniciales.....	30
Figura 19: Alineación de surcos.	31
Figura 20: Aplicación estiércol en surco.	31
Figura 21: Línea de siembra.	33
Figura 22: Plantado de plantines.	33
Figura 23: Desinfección de coronas.	34

Figura 24: Cultivo de espárrago a días de instalación.	35
Figura 25: Ciclo productivo de una campaña comercial de espárrago blanco(20 semanas) en la Irrigación Chavimochic.	37
Figura 26: Dinámica de las reservas de carbohidratos en las raíces en el cultivo del espárrago. Se detalla cómo es la dinámica de los carbohidratos almacenados en el crecimiento de los turiones (<i>spears</i>), del helecho o canopia (<i>fern</i>), y raíces estructurales (<i>structural roots</i>) de.....	39
Figura 27: Variación semanal de sólidos solubles en raíces de espárrago cv. UC151F1, novena campaña comercial.....	40
Figura 28: Variación semanal de sólidos solubles en raíces de espárrago cv. Ciprés, sexta campaña comercial.	41
Figura 29: Actividad de chapodo.	44
Figura 30: Broza aplicada al surco previa apertura.	45
Figura 31: Aporque en el espárrago blanco.....	46
Figura 32: Cosecha de espárrago en la irrigación.....	47
Figura 33: Acopio de espárrago para su traslado a planta.	48
Figura 34: Selección de calibres de espárrago.....	49
Figura 35: Evaluación de yemas postcosecha, para determinar el fin de la cosecha.	49
Figura 36: Actividad del desaporque.....	50
Figura 37: Prueba de bulbo de riego.....	50
Figura 38: Parte A de la cartilla de evaluación de plagas en el cultivo de espárrago usada en Camposol S. A.	56
Figura 39: Parte B de la cartilla de evaluación de plagas en el cultivo de espárrago usada en Camposol S. A.	57
Figura 40: Trampa de melaza.	59
Figura 41: Aplicación de agroquímicos mediante el uso de tractor y <i>aguilón</i>	60
Figura 42: Áreas nuevas de espárrago a nivel nacional en hectáreas.....	68

Figura 43: Áreas nuevas de espárrago en la costa norte, por tipo de espárrago y en hectáreas.	68
Figura 44: Área total de los cultivos más importantes en la Irrigación Chavimochic.....	69
Figura 45: Efecto de la baja humedad en el suelo en yemas de espárrago por déficit de riego. Se pueden apreciar la falta de puntos de crecimiento y yemas escamosas (no egordan).	70
Figura 46: Efecto del exceso de humedad y condiciones de hipoxia en el suelo en yemas de espárrago por abuso de riego. Se puede observar la pudrición de la corona y el apilamiento de las yemas.	71
Figura 47: Efecto del exceso de humedad en la parte aérea del cultivo, con claros indicios de despoblamiento.	72
Figura 48: Ataque severo de <i>Prodiplosis longifila</i> en las primeras semanas del cultivo. ...	73
Figura 49: <i>Incorporadora</i> de materia orgánica. Permite incorporar la materia orgánica....	75
Figura 50: Aporcador de última tecnología.	76
Figura 51: Cosechadoras automáticas.	76
Figura 52: Unas yemas sanas aseguran, en gran medida, un alto rendimiento en la siguiente cosecha.	78
Figura 53: Un buen enraizamiento es signo de un correcto riego y buena preparación del terreno.	78
Figura 54: Interfaz de usuario para análisis de datos.....	79
Figura 55: Trampa para monitoreo de esporas.	80
Figura 56: Un mayor distanciamiento entre dobles otorga numerosas ventajas en el cultivo.	82
Figura 57: Siembra de pasto entre hileras de plantines de espárrago.....	83
Figura 58: Pirocontrol de malezas después de la cosecha. Nótese que el control se ubica sólo dentro de la hilera de plantas y no en el corredor biológico.	84
Figura 59: Cobertura negra en camellón de espárrago, con microtúnel de plástico transparente.....	85

RESUMEN

El cultivo del espárrago (*Asparagus officinalis* L.) representa una parte fundamental en las exportaciones no tradicionales del Perú de las últimas décadas. Una de las principales zonas de producción a nivel nacional se encuentra en La Libertad, en específico en el área de influencia del Proyecto Especial Chavimochic (PECH), con 4003 hectáreas nuevas sembradas al 2018; más del 94 % con espárrago blanco. Las características propias del cultivo en la irrigación destacan por: 1) la siembra mediante almácigo; 2) su desarrollo en suelo arenoso; 3) la posibilidad de producir dos campañas agrícolas al año; 4) la intensidad en el manejo tecnificado, con especial énfasis en el manejo del recurso hídrico y el manejo integrado de plagas y enfermedades; 5) las actividades críticas como el agoste, el chapodo, el aporque y el desaporque; y 6) la demandante labor manual de cosecha. Dichas actividades han sido perfeccionadas durante años por ensayo y error por los ingenieros agrónomos y técnicos de las compañías agrícolas de la Irrigación Chavimochic. Desde el año 2015, las nuevas áreas de espárrago en el ámbito del PECH han decrecido considerablemente. Entre las razones para este declive, se pueden enumerar la producción del espárrago más allá de su vida útil ideal, la competencia por áreas nuevas con otros cultivos más rentables, oportunidades de mejora en el manejo del cultivo – sobre todo, en el manejo sanitario y de riego–, y los nuevos competidores a nivel internacional. Además, los productores deben afrontar nuevos retos a futuro como el aumento del costo de la mano de obra y el cambio climático, entre otros. Entre las alternativas para mejorar la productividad están, por ejemplo, la innovación en la maquinaria, el manejo sostenible del riego y suelo, el uso de nuevos cultivares, el manejo de la densidad de plantación y los corredores biológicos.

Palabras clave: *Asparagus officinalis*, espárrago blanco, manejo del riego, Chavimochic, manejo de cultivo, alternativas de mejora.

ABSTRACT

The asparagus (*Asparagus officinalis* L.) has been one of the main products of the non-traditional exportation of Peru in the last decades. La Libertad is an important production region, mainly in the zone of influence of the Proyecto Especial Chavimochic (PECH) – 4003 hectares planted only in 2018, 94 percent of white asparagus. The special features of the production of asparagus in the PECH are: 1) The planting by seedlings, 2) Production in sandy soils, 3) The availability of two production campaigns per year, 4) The technification of the production, in the irrigation and pest management, especially, 5) The crucial activities, like irrigation reduction and stop, bush pruning, hilling and de-hilling, and 6) high-demand manual harvesting. These activities have been improving for years by the agronomist and technicians at the croplands of Chavimochic irrigation. Since 2015, the new planted areas of asparagus in the PECH zone have been decreasing. Some reasons are the overproduction of croplands beyond their commercial lifespan, the demand for new croplands for other more profitable crops, the need improvement of production process – in pest management and fertirrigation mainly, and new producer countries. Moreover, the companies need to face new challenges, like the increasing manpower cost and the climate change. Options for dealing with these challenges are, for example, innovation in hi-tech machinery, sustainable irrigation management, use of new cultivars, plant density control, and biological corridors.

Keywords: *Asparagus officinalis*, white asparagus, irrigation management, Chavimochic, crop management, improvement alternatives.

I. INTRODUCCIÓN

El espárrago (*Asparagus officinalis* L.) es un cultivo que fue introducido a inicios de los años 50, en la provincia de Virú, La Libertad (Danper, 2015). En la década de 1980, gracias al apoyo de USAID (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, por sus siglas en inglés), se introdujeron a la región de Ica cultivares mejorados, entre ellos el UC157, lo que permitió su escalamiento. Gracias a ello, experimentó un *boom* en la década de 1990, llegando a 30 000 hectáreas sembradas y a cerca de USD 900 000 000 invertidos en el cultivo (Manero, 2015). Actualmente es el segundo mayor exportador mundial (International Trade Centre, ITC, 2020).

1.1 Problemática

Las exportaciones se dividen de acuerdo a las partidas arancelarias de acuerdo a la SUNAT (Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria) en (a) 0709.20.00.00 – *Espárragos frescos o congelados*, (b) 0710.80.10.00 – *Espárragos cocidos en agua o al vapor, o congelados*, (c) 2005.60.00.00 – *Espárragos preparados o conservados (excepto en vinagre o en ácido acético), sin congelar, excepto los productos de la partida 20.06*. La principal partida en cuanto a volumen de venta es el espárrago en fresco, que representan un 73 por ciento de todas las exportaciones. Entre el año 2015 al 2019, el país exportó un valor de FOB USD 1,989,204,286.76, siendo su principal cliente, Estados Unidos de América (SUNAT, 2020).

Sin embargo, las exportaciones de esta partida han caído en un 6.3 por ciento en 2018 desde sus máximos en 2015, aunque en 2019 las exportaciones aumentaron ligeramente (SUNAT, 2020). Esto podría deberse a que México se está convirtiendo en un productor importante, llegando a ser el primer exportador mundial en 2018, desplazando al Perú. (International Trade Centre, 2020). Según Manero (2015), la ventaja de México radica en la cercanía que tiene con el principal importador, Estados Unidos, lo que le permite ahorrar en fletes, por lo tanto, tener «un *diferencial competitivo* aproximado de 0.75 USD por kilogramo exportado», un 50 por ciento mayor que el Perú.

La producción nacional del espárrago está casi totalmente dirigida a la exportación. Según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2020a), en 2018, la producción nacional ascendió a 360630 toneladas, distribuidas en 31005 hectáreas, con un rendimiento de 11.63 TM/ha. México por su parte, el mismo año, registró 277682 toneladas en 30792 hectáreas, con un rendimiento de 9.01 TM/ha. La ventaja competitiva del Perú radica en que se puede producir durante todo el año gracias a nuestras condiciones climáticas, a diferencias de los demás exportadores importantes. Los meses de mayor producción son de marzo a junio y de octubre a diciembre (Ministerio de Agricultura y Riego, 2006).

Al 2018, la región de mayor producción fue Ica, con 189941 TM anuales, que desplazó a La Libertad del primer lugar, con 134200, luego se cuentan regiones de menor producción como Lima, Ancash y Lambayeque (Ministerio de Agricultura y Riego, 2020). Se puede recalcar que desde el año 2014 la región La Libertad experimenta una disminución en su producción, posiblemente por un recambio con cultivos más rentables como el arándano y el palto. Por otro lado, Ica registra un crecimiento sostenido de la producción desde 2015. Esto se puede atribuir a las mejores condiciones climáticas de la región y que el cultivo es tolerante a la salinidad de los suelos de la región. En la Figura 6, se observan las áreas de producción de espárrago en el país.

1.2 Objetivos

- **Objetivos principales**

- Detallar la experiencia adquirida en los años de labores en el cultivo del espárrago blanco en Camposol S. A.
- Ofrecer propuestas de mejora para la sostenibilidad del cultivo del espárrago blanco a nivel local.

- **Objetivos específicos**

- Detallar las condiciones específicas del cultivo del espárrago a nivel local, en el marco de la irrigación Chavimochic.
- Detallar las causas del declive de la producción del espárrago blanco a nivel local.
- Comparar el avance técnico y tecnológico de la producción de espárrago local con la experiencia internacional.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades

El espárrago es una planta herbácea cuyo nombre científico es *Asparagus officinalis* L., perteneciente a la familia Liliaceae (Del Pozo, 1999), aunque según la última revisión de The Angiosperm Phylogeny Group (APG III, 2009), el género pertenece a otra familia, Asparagaceae y a un orden propio, Asparagales. Es nativa de Eurasia, precisamente del este del Mediterráneo europeo y la península de Anatolia. Fueron los antiguos griegos los primeros que lo apreciaron como verdura y le acuñaron su actual nombre, *asparagos* (Kaur *et al.*, 2018).

Según Serrano (2003) y Del Pozo (1999), el género *Asparagus* posee otras especies que son aprovechadas como alimento (*A. acutifolius*, *A. temifolius*, *A. albus*; etc.) y otras por su valor ornamental (*A. plumosus*, *A. densiflorus*, *A. asparagoides*, *A. sprengeri*; etc.).

2.2. Botánica

La planta es una hierba dioica y perenne. Botánicamente, la planta del espárrago se divide en su parte aérea y su parte subterránea.

2.2.1. Parte subterránea

La parte subterránea consta del rizoma y las raíces y constituye alrededor del 85 por ciento de toda la masa del cultivo. El rizoma, comúnmente denominado *araña* o *corona*, es un tallo lignificado modificado y constituye la base de todas las demás estructuras, ya que porta las raíces y las yemas –que originan los tallos aéreos. Además, es el almacén principal de almidón de la planta. El rizoma puede alcanzar los 60 cm de ancho a los 15 años (Kaur *et al.*, 2018; Riojas, 2019; Serrano, 2003).

Existen dos tipos de raíces, las raíces carnosas y las raíces fibrosas. Las primeras, llamadas también carnosas o de reserva, tienen un largo mayor a 2 m y un grosor aproximado de 3 mm, no se ramifican. Estas raíces se originan entre el cuello de planta y el rizoma, y crecen horizontalmente para expandirse por toda la superficie posible. Sirve como órgano de

reserva. Las raíces fibrosas, llamadas también laterales o absorbentes, son las encargadas de tomar el agua y los nutrientes de la rizósfera. Su grosor promedio es 0.5 mm y puede llegar a los 4 m, y se ramifican profusamente. Se originan en la parte inferior del rizoma y crecen en profundidad (Del Pozo, 1999; Serrano, 2003).

2.2.2. Parte aérea

La parte aérea se compone del tallo, follaje y partes reproductivas. Los brotes aéreos jóvenes se denominan *turiones* y se originan desde las yemas del rizoma, uno por yema. Los turiones portan las yemas cubiertas por *brácteas*, que en realidad son las hojas verdaderas. Dichas yemas se ramifican para formar todo el follaje, denominada forma de *helecho* o *plumero*. (Pennsylvania State University, 2020). Las comúnmente denominadas hojas, son en realidad cladófilas, filocladios o cladodios, tallos modificados delgados que dan el típico aspecto de la planta. Los tallos, en su máximo crecimiento, pueden alcanzar los 3 m de altura, aunque el promedio es de 1.5 m. (Serrano, 2003).

Las flores son de color blanco, trímeras (sus elementos se presentan en múltiplos de 3), semejan a una campana y se originan entre la bráctea y el tallo. Las flores femeninas llegan a los 8 mm y las masculinas son más pequeñas, pues sólo llegan a los 5 mm. Las flores presentan seis estambres o tres pistilos. Las flores son botánicamente perfectas, pero funcionalmente se desarrolla o los estigmas (femeninas) o los estambres (masculinas). La polinización depende de insectos. El fruto es una baya roja con una o dos semillas negras. Cada semilla pesa aproximadamente 0.02 g (Del Pozo, 1999).

2.3. Fenología del cultivo

La planta del espárrago presenta un desarrollo lineal desde la germinación de la semilla y luego un ciclo de crecimiento vegetativo y productivo que se repite tras cada cosecha. Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología y el Ministerio de Agricultura y Riego (2011), se reconocen en el país las fases de brotamiento, ramificación, floración, fructificación, maduración y formación de turiones. En un clima templado, las fases fenológicas se corresponden con una estación del año (Del Pozo, 1999), sin embargo, dadas las condiciones agroclimáticas del Perú, el cultivo puede producirse en cualquier época del año (Ministerio de Agricultura y Riego, 2006)

2.3.1. Desarrollo inicial

El espárrago es de germinación hipogea y demora aproximadamente tres semanas (Pennsylvania State University, 2020). Kaur *et al.* (2018) mencionan que la germinación se incrementa si las semillas se remojan a 30 – 35°C durante 5 días antes de sembrar. La temperatura óptima para la germinación es 20°C. Tras la emergencia, se conforma la plántula, que contiene las primeras hojas verdaderas. En ese estado, se empieza a formar el rizoma y el sistema radicular. Las semillas se trasplantan a campo definitivo o a la cama después de doce a catorce semanas (Pennsylvania State University, 2020).

Las yemas vegetativas se forman en el rizoma y van generando pequeños turiones que forman los *helechos* típicos de la planta (Del Pozo, 1999). Las coronas se desarrollan hasta los seis meses, y luego se trasplantan a campo definitivo (Casas, 2004)

2.3.2. Brotamiento y primera cosecha

Las coronas brotan una semana después del trasplante a campo definitivo, (Pennsylvania State University, 2020). Se recomienda cosechar después del año de trasplante. Esta primera cosecha puede durar dos o cuatro semanas (Casas, 2004). La temperatura mínima requerida para brotar es 12 °C (Serrano, 2003). La importancia de esta fase radica en que el desarrollo del follaje se traducirá en el aumento de “la biomasa del rizoma y del sistema radicular de reserva, de manera de acumular suficientes reservas... y que se diferencien un gran número de yemas vegetativas en el rizoma” (Del Pozo, 1999, p. 14) (Figura 11).



Figura 1: Primeros brotes después de la cosecha.

2.3.3. Segundo brotamiento, ramificación y apertura

Luego de la cosecha, el rizoma brota (primera semana), los tallos se *ramifican*, crecen y se desarrollan (segunda y tercera semana) (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.2**). Se inicia un nuevo ciclo de brotes y maduración de un helecho cada cuatro o cinco meses (Casas y Sánchez, 2008). La importancia de estimular el crecimiento de los tallos radica en formar la estructura de la planta y evitar problemas sanitarios (Del Pozo, 1999). En esta fase, la planta se alimenta de la energía del rizoma, por lo que el desarrollo previo de sus reservas es muy importante.



Figura 2: Ramificación del espárrago.

La *apertura* (cuarta semana) inicia cuando los filocladios se separan de la rama (Figura 33). El área foliar llega al máximo y las reservas de la corona a sus mínimos (Serrano, 2003).



Figura 3: Apertura de los filocladios.

2.3.4. Floración

El desarrollo de las flores (quinta semana) permite hacerlas visibles, sin embargo, ya se encontraban presentes desde la apertura (Figura 44). Las flores aparecen antes en las plantas masculinas, y poseen más flores que las femeninas (relación de cuatro a uno), generalmente 2000 (Alva y León, 2008).



Figura 4: Floración del espárrago.

2.3.5. Fructificación

En esta fase, que transcurre en la sexta semana, las plantas femeninas forman sus primeras bayas, primero son verdes y luego se tornan rojas (Figura 55). Esta fase no se da en las plantas masculinas y los denominados *súper machos* (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología y Ministerio de Agricultura y Riego, 2011).

2.3.6. Maduración

Inicia con la aparición de los frutos maduros (rojos). El follaje se oscurece (sétima a decimosétima semana). La tasa fotosintética llega a su máximo y luego comienza a decaer. La materia seca y la acumulación de carbohidratos llegan al máximo (Alva y León, 2008).



Figura 5: Maduración y fructificación del espárrago.

2.3.7. Chapodo, formación de turiones y cosecha

En una finca comercial, se realiza el *agoste* (decimosétima a decimoctava semana), que consiste en la reducción y posterior supresión del riego, que hace secar el follaje, lo que induce a acumular aún más las reservas en la corona. Luego se realiza el *chapodo*, que es el corte de todo el helecho para permitir la emergencia de los turiones y, por ende, la cosecha. Si se realiza el *aporque* (hacer un camellón encima del surco de los espárragos posterior al chapodo), se obtendrá espárrago blanco; caso contrario, espárrago verde (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología y Ministerio de Agricultura y Riego, 2011). Se recomienda cosechar durante cuatro semanas en la segunda cosecha, y de seis a ocho semanas en la tercera cosecha. A partir de esto, se recomienda alternar la cantidad de semanas de cosecha (Casas, 2004). Se recomienda reemplazar el campo entre los diez a quince años (Ugás *et al.*, 2000).

2.4. Valor alimenticio

El espárrago es un alimento de alto valor nutricional (Valdeiglesias, 2018). Destaca su alta concentración en hierro, calcio y vitaminas A, C, E y K. Su contenido en fibra dietética ayuda a una mejor digestión. Adicionalmente, contiene muchos antioxidantes, entre los que destaca el glutatión, lo que le confiere propiedades anticancerígenas. Por último, tiene un efecto diurético, beneficioso para la salud del sistema urinario, especialmente para los riñones. Sin embargo, el autor recalca que, a pesar que somos un productor importante de espárrago a nivel mundial, el consumo nacional es muy bajo, por lo que recomienda campañas de promoción de su consumo para que la población aproveche los beneficios

nutricionales arriba mencionados. Menos del uno por ciento de la producción nacional es consumida internamente (Casas y Sánchez, 2008).

2.5. Cultivares

Los cultivares pueden ser usadas para producir tanto espárrago blanco como verde, pero mayormente destacan en una modalidad (Serrano, 2003). El primer cultivar introducido al país fue ‘Mary Washington’, proveniente de California (Casas, 2004). Es uno de los principales cultivares a nivel mundial y posee un alto rendimiento. En este cultivar, las puntas del turión cambian de morado a verde oscuro cuando se exponen al sol (Kaur *et al.*, 2018).

El cultivar predominante en el Perú es ‘UC 157’, un híbrido creado por la Universidad de California (Casas, 2004). Lanzado en 1975, es el principal cultivar en zonas tropicales, subtropicales y cálidos, como California. Precoz, calibre medio y puntas con brácteas cerradas, y la proporción entre sexos de 1 a 1 (Falavigna, 2006).

El interés por producir nuevos cultivares híbridos y súper machos radica en su mayor potencial genético, además de estar mejor adaptados a las condiciones del Perú. Estos híbridos tienen gran potencial bajo las condiciones de la costa central peruana, y pueden superar a ‘UC 157’ en rendimiento en algunos casos (Llanos, 2017).

Recientemente, el cultivar ‘UC115’ ha cobrado importancia en las nuevas instalaciones. Denominado también como ‘DePaoli’, es un híbrido creado en 2005 por la Universidad de California, especialmente adaptado a climas cálidos y a producción de verde en fresco. Es un cultivar precoz, de alta productividad y calidad en turión (Eurosemillas, 2020).

Otros cultivares utilizados en el país son ‘UC-72’, ‘Atlas’, ‘Ciprés’ y ‘Blanco de Navarra’ (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología y Ministerio de Agricultura y Riego, 2011).

2.6. Actividad fotosintética

La tasa fotosintética del espárrago es baja, comparada con las de otros cultivos. La tasa varía por cultivar y factores ambientales, y tiene una correlación positiva con el rendimiento. La tasa disminuye cuando el espárrago entra en fase de senescencia, por lo que un corte del follaje antes de ya bien entrada la fase desperdiciaría la actividad fotosintética (Del Pozo, 1999).

Los principales azúcares sintetizados por el espárrago son sacarosa, fructosa y glucosa y son convertidos en oligosacáridos y almacenados en la raíz. Los contenidos de estas reservas varían entre las fases (su mínimo ocurre durante la cosecha) y son fundamental para la producción (Del Pozo, 1999).

2.7. Clima

El espárrago prefiere temperaturas moderadas, sin embargo, puede adaptarse a diversos climas, templados o tropicales. El rango de temperatura del aire y suelo para el crecimiento de los turiones va desde los 9 hasta los 28°C, y es mayor al alcanzar la temperatura superior, en algunos casos llega a los tres centímetros por día. Las lluvias y el viento en el exceso y las heladas durante la cosecha inciden negativamente en la calidad del turión. El crecimiento del rizoma se perjudica cuando las temperaturas exceden los 30°C. (Centro de Información de Recursos Naturales (Chile), 1987).

En clima templado, el espárrago requiere de temperaturas mayores a 12 °C para estimular el *brotamiento* después de cosecha. Sin embargo, este requerimiento no es necesario en zonas tropicales o subtropicales. El crecimiento vegetativo es óptimo “entre 20° a 25° C por el día y 15° a 20° C por la noche” (Serrano, 2003).

Los requerimientos de temperatura determinan la estación favorable para cada fase del cultivo. El brotamiento coincide con la primavera (Del Pozo, 1999). Sin embargo, las condiciones climáticas nacionales permiten obtener las temperaturas requeridas, por lo que se puede iniciar el ciclo todo el año. El inicio de las cosechas es determinado por los precios del mercado internacional (Ministerio de Agricultura y Riego, 2006).

2.8. Suelo

El espárrago es un cultivo perenne, por lo que elegir correctamente el suelo del campo definitivo es muy importante, aunque el cultivo se ha adaptado a una gran diversidad de suelos. El suelo preferiblemente debe tener una textura franco-arenosa, una profundidad, drenaje y estructura óptimos para el crecimiento de las raíces. Esta ventaja se demuestra sobre todo en las fases tempranas del cultivo (Kaur et al., 2018). Un mal drenaje fomenta el desarrollo de enfermedades fúngicas (Centro de Información de Recursos Naturales (Chile), 1987).

El pH del suelo debe estar entre 6.5 y 7.5, aunque soporta bajos grados de alcalinidad. El espárrago se considera sensible a la acidez, por lo que se recomienda una enmienda de cal a suelos con esta característica. El espárrago es resistente a la salinidad del suelo (Ortega, 1999).

2.9. Riego y fertilización

Bajo condiciones de la costa peruana, el tipo de riego más empleado es el riego por goteo, aunque en los valles el riego por gravedad sigue siendo importante. El cultivo no es exigente en riego (Casas, 2004). El manejo del riego es vital para el correcto desarrollo del espárrago (Apaza, 2019). Sin embargo, el riego es trascendental durante la cosecha: un mal riego puede afectar directamente la calidad del producto cosechado. La lámina de riego promedio necesaria para riego por goteo es de 9000 m³/ha y en gravedad, 15500 m³/ha (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología & Ministerio de Agricultura y Riego, 2015).

El agua de riego debe tener como máximo una salinidad 4.1 dS/m y la más mínima relación de adsorción de sodio (SAR) posible (Llanos, 2017).

La adición de materia orgánica es de gran importancia para el cultivo del espárrago. Se requiere extender el material por todo el suelo, ya que si está focalizado puede conllevar a problemas del suelo y fitosanitarios (Serrano, 2003). Se recomienda una dosis de 20 a 100 TM/ha (Casas y Sánchez, 2008).

En la nutrición, el nitrógeno es la mayor limitante, por lo que los programas de fertilización suelen centrarse en su disposición. El siguiente elemento en preponderancia es el potasio, y mucho después el fósforo. Las deficiencias de otros macro y micronutrientes requieren ser complementados puntualmente. El pico de extracción de nutrientes llega entre los 6 y 8 años. A diferencia de otros cultivos, el espárrago extrae menos en sus órganos *cosechables*, en este caso, los turiones, que sus demás órganos. La extracción de nitrógeno (N) y potasio (K₂O) en los turiones puede ser muy pareja (15.4 y 17.5 kg/ha/ton) (Ortega, 1999).

Se recomienda una fórmula de fertilización de 250-120-150. Se aplica todo el fertilizante, excepto 50 por ciento de nitrógeno al finalizar la cosecha, y el restante antes de la cosecha (Ugás *et al.*, 2000).

2.10. Características generales de la irrigación Chavimochic

2.10.1. Antecedentes

El Proyecto Especial Chavimochic (PECH) nació en el año 1967 mediante la Ley N°16667, donde se declara el interés de usar las aguas del río Santa para producir energía eléctrica e irrigar las tierras de los valles de los ríos Chao, Virú, Moche y Chicama, en la región La Libertad. El proyecto contempla tres etapas de ejecución. El agua es conducida mediante un canal principal (Canal Madre) de aproximadamente 155 km de largo, el cual se ramifica para irrigar diversos sectores del proyecto. Actualmente el canal lleva aguas hasta la ribera sur del río Moche (II Etapa) (Figura 7). La tercera etapa, al norte de dicho río, cruza la ciudad de Trujillo y llegaría hasta las Pampas de Urricape, en Ascope. Actualmente, la construcción de la represa Palo Redondo, infraestructura necesaria para su continuación, se encuentra detenida (La República, 2019).

Gracias al proyecto, las áreas beneficiadas han exportado en el año 2018 alrededor de mil millones de USD, que contribuye enormemente al PBI regional. Los principales cultivos de exportación son el espárrago blanco y verde, alcachofa, pimiento piquillo, ají pprika, arándano, palto, vid, cítricos; etc. La infraestructura mayor de riego del Proyecto es administrada por el Consejo de Desarrollo del PECH, rgano descentralizado del Gobierno Regional de La Libertad (Gobierno Regional de La Libertad, 2018).

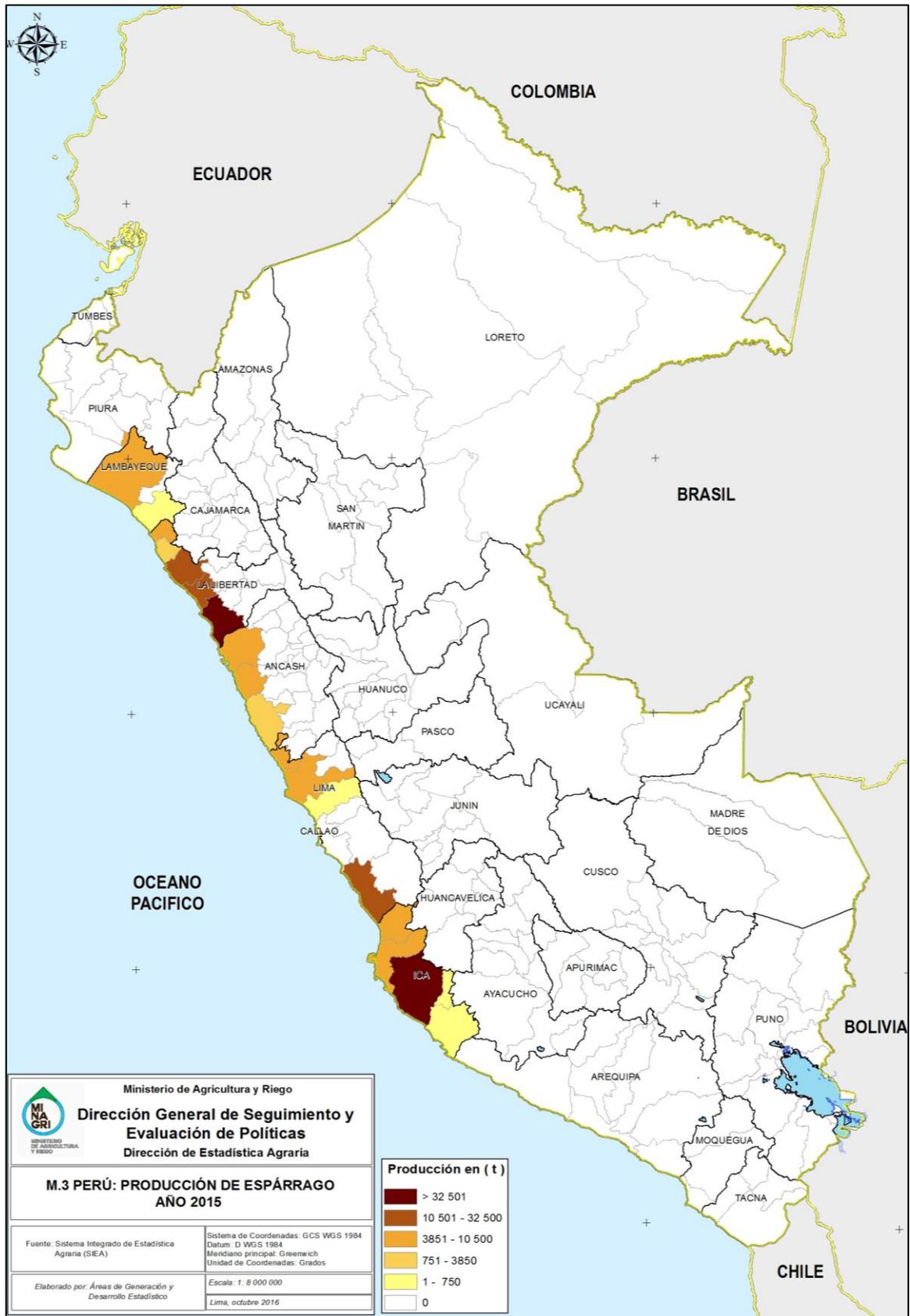


Figura 6: Producción de espárrago en el Perú, año 2015.

Fuente: Ministerio de Agricultura y Riego.

2.10.2. Localización

El proyecto se localiza en la región La Libertad, y abarca las zonas costeras de las provincias de Ascope, Trujillo y Virú.



Figura 7: Etapas del Proyecto Especial Chavimochic.

Fuente: Junta de Usuarios de Riego Presurizado del Distrito de Riego Moche Virú Chao (2016)

Las áreas del proyecto se pueden dividir en dos clases. Las primeras son las que se encuentran en los valles de los ríos mencionados, áreas tradicionalmente agrícolas y de producción familiar y de subsistencia. La mayoría de los productores son familias asentadas ancestralmente. El recurso hídrico es administrado por las Juntas de Usuario de cada uno de los valles mencionados. La superficie beneficiada proyectada (I y II Etapa) es de 28263 ha. Las siguientes son áreas recientemente incorporadas a la frontera agrícola ubicadas por lo general en el desierto, la mayoría propiedad de medianas y grandes empresas agroexportadoras, adquiridas mediante subasta pública o reventa.

El recurso hídrico es administrado por la Junta de Usuarios de Riego Presurizado de Chao, Virú y Moche (JURP), mientras que la representación gremial de las empresas se encuentra a cargo de la Asociación de Agricultores Agroexportadores Propietarios de Terrenos de Chavimochic. La superficie beneficiada proyectada (I y II Etapa) es de 46665 ha (Gobierno Regional de La Libertad, 2018).

2.11. Producción

Las áreas referidas en el siguiente documento serán las áreas nuevas. La superficie de cada cultivo principal en el año 2016 se detalla en la siguiente tabla (Tabla 1).

Tabla 1: Áreas sembradas en hectáreas (ha) según cultivo.

Cultivo	Área (ha)	Porcentaje
Palto	8,401.70	39.45
Espárrago	5,528.47	25.96
Arándano	3,270.25	15.35
Caña de azúcar	3,183.59	14.95
Otros	913.98	4.29
Total	21,297.99	100.00

Fuente: Junta de Usuarios de Riego Presurizado del Distrito de Riego Moche Virú Chao (2016).

La producción total de espárrago se encuentra repartida entre la producción en verde (77.59 por ciento) y blanco (22.41). La producción de espárrago en general muestra claramente el interés de las empresas agroindustriales por otros cultivos, como palto y arándano, esto en respuesta a la demanda del mercado internacional (Apaza, 2019).

2.12. Condiciones agroclimáticas

La Irrigación Chavimochic se asienta en la costa norte del Pacífico peruano. La ecorregión a la que pertenece se denomina *Ecorregión del Desierto del Pacífico o de Sechura* (World Wildlife Fund, 2009). Se encuentra a una altitud entre los 10 y 100 m.s.n.m. Su clima se clasifica de acuerdo a Köppen (1918) como *BWhn: Clima árido subtropical*. Presenta características como precipitaciones anuales menores a 300 mm, temperatura media anual mayor a 18°C, humedad relativa muy alta, alta nubosidad y una llovizna ligera en invierno. La zona posee una vegetación natural de desierto y matorral.

Dentro de la irrigación, las áreas pueden dividirse agroclimáticamente en tres zonas propuestas por Apaza (2019):

- Zona 1: Entre el río Santa hasta la frontera sur del valle del río Virú. Es la zona más caliente y seca de la irrigación.
- Zona 2: Entre el valle del río Virú hasta la quebrada conocida como Río Seco. Zona de temperaturas y humedades medias. Es muy proclive al ataque de *Prodiplosis longifila*.
- Zona 3: Entre Río Seco y la frontera sur del valle del río Moche. Es la zona de mayores temperaturas y más alta humedad relativa. Es muy proclive a ataques de hongos foliares, como *Stemphylium vesicarium*.

La producción de espárrago se distribuye de acuerdo con la Tabla 2.

Tabla 2: Distribución de espárrago en hectáreas (ha) en las zonas agroclimáticas de la irrigación Chavimochic.

Zona	Blanco (ha)	Verde (ha)
Zona 1	952.61	598.80
Zona 2	1680.55	222.15
Zona 3	1055.62	66.00
Total	3688.78	886.95

Fuente: Apaza (2019)

Las variables meteorológicas semanales promedio de la irrigación entre 2006 y 2019 se detalla en la Tabla 3, generadas desde la estación meteorológica del fundo *Agricultor*, propiedad de la empresa Camposol S.A., que pertenece a la Zona 3. La temperatura media se grafica en la Figura 8.

Tabla 3: Variables meteorológicas semanales promedio (periodo 2006 - 2019) en la Estación Meteorológica Agricultor. Fuente: Adaptado de data de Camposol S.A.

Sem.	T° Máx (°C)	T° mín (°C)	T° media (°C)	ETo (mm)	HR (%)	PP sem (mm)	Rad. Máx (w/m2)
1	27.93	19.04	22.83	30.94	76.08	0.26	1037.72
2	28.44	19.74	23.46	30.41	75.58	0.35	1057.74
3	28.77	20.14	23.77	29.59	75.4	0.37	1075.33
4	29.3	20.46	24.2	31.19	74.03	0.37	1062.71
5	29.58	20.6	24.43	31.23	73.81	0.51	1078.32
6	29.65	21.2	24.68	30.68	73.47	0.83	1052.13
7	30.03	21.18	24.8	30.18	74.74	2	1071.5
8	29.96	21.01	24.79	31.52	73.15	0.25	1046.78
9	30.15	20.95	24.72	32.31	73.36	0.86	1080.96
10	29.77	20.81	24.47	31.27	74.62	0.9	1095.62
11	29.7	20.93	24.45	30.68	75.12	1.18	1065.1
12	29.55	20.59	24.15	29.87	75.11	0.95	1069.88
13	29.23	20.23	23.81	29.25	74.87	0.6	1041.55
14	28.46	19.45	23.13	27.69	75.53	0.4	1016.43
15	28.17	18.88	22.71	30.04	75.01	0.13	988.31
16	27.75	18.32	22.3	29.55	75.68	0.13	962.18
17	27.36	18.26	22.03	27.02	77.24	0.17	939.36
18	26.83	18.09	21.64	25.95	77.47	0.38	916.37
19	26.19	17.62	21.16	24.03	78.88	0.12	864.1
20	25.74	17.14	20.65	23.53	79.94	0.07	848.75
21	24.76	16.91	20.09	20.88	81.1	0.42	811.07
22	24.38	16.43	19.81	19.89	81.1	0.18	793.47
23	23.92	16.49	19.62	18.61	82.16	0.08	791.93
24	23.69	16.54	19.52	17.13	82.12	0.12	710.58
25	23.48	16.47	19.38	16.88	82.35	0.33	712.75
26	23.25	16.34	19.12	16.45	82.08	0.15	717.18
27	23.21	16.07	18.98	16	82.62	0.11	759.54
28	23.15	15.81	18.76	16.85	81.7	0.02	772.9
29	23.11	15.77	18.66	17.72	82.29	0.02	792.73
30	22.55	15.3	18.19	17.03	82.56	0.02	757.86
31	22.46	14.47	17.88	17.45	82.3	0.1	815.7
32	22.24	14.74	17.85	18.22	82.92	0.03	851.68
33	22.6	14.88	17.86	19.03	83.15	0.09	893.48
34	22.49	15.33	18.06	18.51	82.95	0.45	853.02
35	22.76	15.04	18.02	20.45	82.31	0.1	926.66
36	22.8	14.93	18.1	21.74	82.01	0.11	939.44
37	22.89	14.78	17.99	22.63	81.44	0.47	965.6
38	22.73	15.12	17.96	22.77	82.09	0.24	997.98
39	22.88	15.04	18.09	24.73	80.97	0	989.51
40	23.25	15.1	18.29	25.62	80.69	0.12	1025.26
41	23.37	15.16	18.42	26.63	80.07	0.23	1032.51
42	23.53	15.18	18.57	27.32	79.6	0.29	1059.12
43	23.76	15.34	18.69	26.62	79.38	0.17	1057.77
44	23.72	15.61	19.01	26.79	79.1	0.17	1065.8
45	23.97	15.47	19.17	26.49	78.93	0	995.3
46	24.44	15.77	19.52	28.32	78.36	0.17	1046.87
47	25.15	16.36	20.1	28.68	78.04	0.15	1042.98
48	25.62	16.5	20.51	29.48	77.48	0.09	1015.37
49	25.7	17.08	20.73	27.98	78.42	0.69	1053.77
50	26.23	17.54	21.25	26.95	77.59	0.31	994.84
51	26.87	18.04	21.74	29.25	77.3	0.78	1034.71
52	27.26	18.18	22.16	29.45	76.76	0.74	1033.67

Nota: Sem = Número de semana dentro del año, T°Máx = Temperatura máxima promedio, T° mín = Temperatura mínima promedio, T° media = Temperatura media promedio, ETo = Evapotranspiración, HR = Humedad relativa, PP sem = Precipitación semanal acumulada promedio, Rad. Máx = Radiación solar máxima promedio.

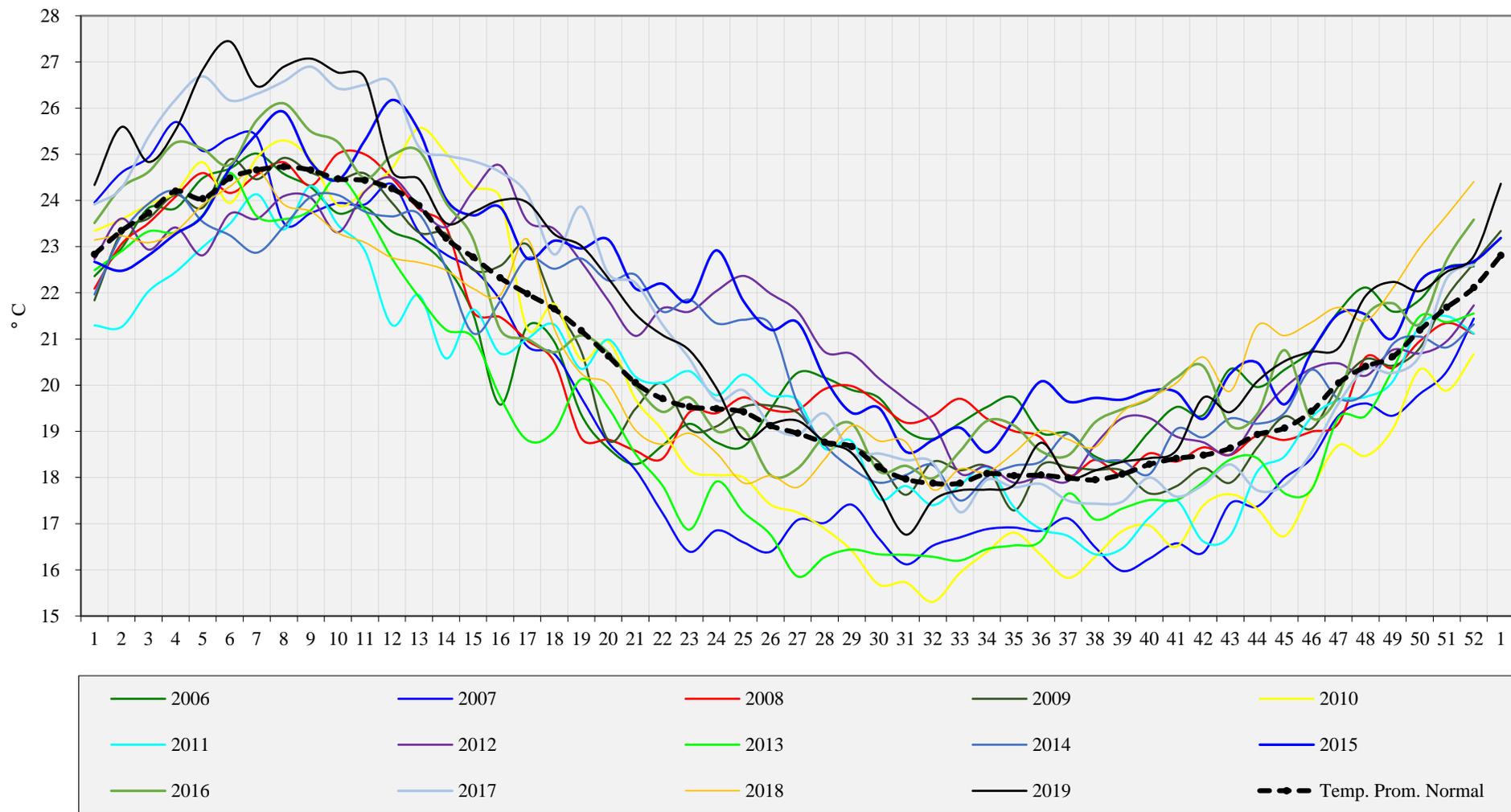


Figura 8: Temperaturas medias semanales entre los años 2006 y 2019 en la Estación Agricultor.

Fuente: Camposol S.A.

2.13. Condiciones edáficas

Las áreas incorporadas de la irrigación Chavimochic se asientan en suelos arenosos desérticos. De acuerdo a *Soil Taxonomy*, los suelos de las áreas incorporadas son Entisoles arenosos o *Psammets*, ya que los *horizontes de diagnósticos* no están definidos y todo el perfil del suelo es arenoso (United States Department of Agriculture, 2006).

Cabe resaltar que los suelos han sufrido una gran alteración desde su incorporación a la frontera agrícola, debido a que se ha buscado acondicionarlos para su uso agrícola. Una de las características de mayor modificación ha sido el porcentaje de materia orgánica, puesto que los suelos originales la poseen en poca o nula cantidad. La materia orgánica es necesaria para mejorar las propiedades del suelo, mejorando el desarrollo los cultivos; debido a ello, las incorporaciones de materia orgánica al suelo ha sido una constante en toda la irrigación durante casi 20 años. Por lo tanto, podríamos entender a estos suelos como un suelo antrópico, distinto al suelo de las zonas aledañas no agrícolas.

Un análisis del suelo virgen (Tabla 4), que data del año 2007, nos detalla que el suelo original es pobre en materia orgánica, ligeramente básico y nutricionalmente pobre, con una Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) baja, por su escaso o nulo contenido de materia orgánica y de arcillas (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2020b). La información proviene del fundo *Agricultor*, propiedad de la empresa Camposol S.A., que pertenece a la Zona 1.

Tabla 4: Análisis de caracterización de suelo virgen, año 2007, fundo Agricultor. Fuente: Camposol S.A.

M.	Análisis Mecánico				pH	C.E. (dS/m)	CaCO3 (%)	M.O. (%)	Fósforo (mg/kg)	Potasio (mg/kg)	CIC (cmolc/kg)	Cationes cambiabiles (cmolc/kg)					Suma cationes	Suma de bases	% Sat. bases
	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Text.								Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
1	94	6	0	Arena	8.15	1.13	0.0	0.5	2.3	102	2.88	2.02	0.38	0.22	0.26	0.00	2.88	2.88	100
2	96	4	0	Arena	7.51	1.29	0.0	0.4	3.5	117	3.20	2.40	0.35	0.22	0.23	0.00	3.20	3.20	100
3	94	6	0	Arena	8.32	0.81	0.0	0.3	2.9	137	2.72	1.65	0.41	0.28	0.38	0.00	2.72	2.72	100
4	92	6	2	Arena	7.87	0.64	0.0	0.5	5.2	179	2.88	1.84	0.31	0.33	0.40	0.00	2.88	2.88	100
5	96	4	0	Arena	8.95	0.43	0.0	0.1	2.3	112	2.88	1.85	0.33	0.26	0.44	0.00	2.88	2.88	100
6	96	4	0	Arena	7.87	1.5	0.0	0.4	3.2	124	3.20	2.37	0.40	0.21	0.22	0.00	3.20	3.20	100

Nota: M. = Número de muestra. Text. = Textura según USDA. C.E. = Conductividad eléctrica. M. O. = Materia orgánica. CIC = Capacidad de intercambio catiónico. % Sat. bases = Porcentaje de saturación de bases.

2.14. Condiciones hidrológicas

El agua utilizada para las áreas nuevas proviene en su totalidad del Río Santa. El agua es conducida por el Canal Madre y otro canal subsidiario (Lateral 10) hacia los reservorios de cada empresa. El agua es tratada mediante floculación y coagulación de las partículas en suspensión, actividad que permite reducir los niveles de sólidos en suspensión para evitar colapsos en los sistemas de riego.

Debido a que el río sufre una época de estiaje (coincide generalmente con el invierno), se genera una escasez de agua para riego. Algunas plantaciones incluso sufren de estrés hídrico durante este periodo, por lo que el manejo y coordinación interinstitucional es el mejor aliado para evitar sus efectos. El estiaje se resolvería con la futura construcción de la represa Palo Redondo, que almacenará el agua del río para su uso durante esta época.

Para la mejor gestión y distribución del recurso hídrico, la JURPR divide las áreas nuevas en 5 sectores, de sur a norte (M. Maticorena, comunicación personal, 27 de mayo de 2020):

- Sector 1: Al sur del valle del río Chao (frontera con el río Chorobal) hasta la frontera sur del proyecto (túnel *intercuencas*).
- Sector 2: Entre el valle del río Chao y la divisoria de aguas Chao-Virú.
- Sector 3: Entre la divisoria de aguas Chao-Virú y el cruce del Canal Madre con el río Virú, excepto la Parcelación Pur-Pur.
- Sector 4: Parcelación Pur-Pur, es decir, zonas aledañas a la duna Pur-Pur.
- Sector 5: Entre el cruce del canal hacia el río Moche.

El agua del proyecto es analizada químicamente en la

Tabla 5. Según la clasificación de calidad de aguas propuesta por la FAO (Ayers y Westcot, 1985), el agua recolectada posee un bajo grado de restricción de uso por la salinidad y ligero o moderado por la infiltración. Posee un aporte de nutrientes bajo, por lo que se necesita complementarla mediante fertirriego.

Tabla 5: Análisis químico de cuatro muestras de agua de riego de la irrigación.

M.	pH	C.E. (dS/m)	Cationes (meq/l)					Suma de cationes	Aniones (meq/l)					Suma de aniones	Micronutrientes (ppm)					R.A.S.	
			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺		NO ₃ ⁻	Cl ⁻	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²		H ₂ PO ₄ ⁻	Fe	Cu	Zn	Mn		B
1	6.76	0.26	1.50	0.58	0.05	0.57	0.05	2.75	0.02	0.22	0.03	1.10	1.44	0.03	2.84	0.03	0.0005	0.02	0.02	0.18	0.55
2	7.09	0.21	1.15	0.42	0.03	0.39	0.01	2.00	0.03	0.96	0.03	0.72	1.06	0.03	2.83	0.34	0.01	0.14	0.02	1.27	0.44
3	6.97	0.58	2.35	1.00	0.18	1.00	0.02	4.55	0.11	0.82	0.03	1.45	2.75	0.03	5.19	0.31	0.03	0.40	1.97	0.45	0.77
4	7.35	0.46	4.09	1.59	0.13	1.08	0.02	6.91	0.06	0.89	0.03	0.50	3.74	0.05	5.27	0.12	0.04	0.15	0.04	0.69	0.64

Nota: M. = Número de muestra. C.E. = Conductividad eléctrica a 25°C, R.A.S. = Relación de adsorción de sodio.

Fuente: Camposol S.A.

III. DESARROLLO DEL TRABAJO

3.1. Manejo de siembra y almácigos

3.1.1. Selección de cultivar

Consecutivos ensayos de cultivares en la irrigación demostraron que los cultivares más promisorios y con mayor adaptación a las condiciones de clima y suelo para la producción de espárrago blanco son ‘UC 157-F1’, ‘Atlas’ y ‘Ciprés’. Para producción de espárrago verde, se recomienda ‘Ida Lea’ y ‘UC 157-F1’. Dentro de los parámetros de calidad, se buscó que los turiones de dichos cultivares no presenten puntas abiertas bajo condiciones de altas temperaturas

3.1.2. Acondicionamiento del material vegetal

Bajo las condiciones de la irrigación, el espárrago se propaga de dos maneras: 1) Con coronas: Las primeras siembras se realizaron con coronas producidas en los viveros; la siembra se realizó en melgas con altas cantidades de materia orgánica. 2) Con plantines: se optó por esta alternativa debido a las mejores tasas de «prendimiento» y mejor establecimiento de la planta. Los plantines permiten una mayor uniformidad de plantas y la mejor distribución y conformación de raíces: una “buena cabellera radicular” con alta densidad de raíces absorbentes.

3.2. Instalación en campo definitivo

La preparación de terreno es una actividad compleja. Consta de varias etapas con muchos procedimientos. Es recomendable hacer el monitoreo correspondiente de la ejecución del programa de actividades mediante un diagrama de Gantt. Asimismo, todas las actividades tienen puntos críticos que requieren ser controlados. Por último, se necesita establecer ratios de avance.

La preparación del terreno se puede dividir en 4 procesos: (1) preparación inicial, (2) instalación de sistema de riego, (3) preparación de campo, y (4) siembra del cultivo.

3.2.1. Preparación inicial

Es el acondicionamiento del terreno para su uso con fines agrícolas. La dificultad de este proceso depende de la condición, textura, relieve, topografía y *pedregosidad* (cantidad de piedras en el terreno).

A. Nivelación gruesa

La nivelación gruesa se realiza de acuerdo a la exigencia del diseño del riego y sobre todo del costo de la actividad. Muchas de estas decisiones se toman de acuerdo a la necesidad; ya que, agronómicamente, no hay una limitante: se puede cultivar en cualquier pendiente, solo se requiere uniformidad y buena distribución de agua y nutrientes. Se usan maquinaria pesada como tractores oruga del tipo D8 (Figura 9).



Figura 9: Nivelación gruesa mediante tractor oruga.

Fuente: Camposol S.A.

B. Nivelación fina

La presencia de *venas* (surcos no deseados en el terreno) naturales o venas por efecto de la nivelación gruesa deben ser niveladas totalmente para su adecuación a los sistemas de riego. Para ello, se usan maquinaria agrícola con un lampón simple diseñado para tal fin (Fig. 10).



Figura 10: Nivelación mediante tractor de ruedas y apero.

Fuente: Camposol S.A.

C. Despedrado

Si hay presencia de piedras, se debe proceder a un despedrado. Normalmente, las piedras extraídas son enterradas de nuevo en zonas de calles o lugares donde no van a sembrar.

La preparación de terreno para espárrago blanco es más exigente en el despedrado, porque la formación de los camellones para producir turiones blancos requiere la ausencia de piedras: el turión debe crecer lo más recto posible sin perturbaciones.

D. Excavación de Calicatas

Se realizan varias calicatas en el terreno para determinar las características del suelo mediante los análisis respectivos (Fig. 11). El número de calicatas depende de la naturaleza del relieve, zonas de diferente granulometría de suelo, presencia de piedras y vegetación, etc.



Figura 11: Calicata realizada al terreno.
Fuente: Cortesía de GERMINA S.A.

E. Estacado.

Una vez que el diseño del proyecto define la ubicación de lotes, calles, losas de filtrado y demás estructuras; se inicia el *estacado* (Fig. 12). Esta actividad permite la identificación de las zonas de siembra donde debe iniciar la actividad del subsolado.

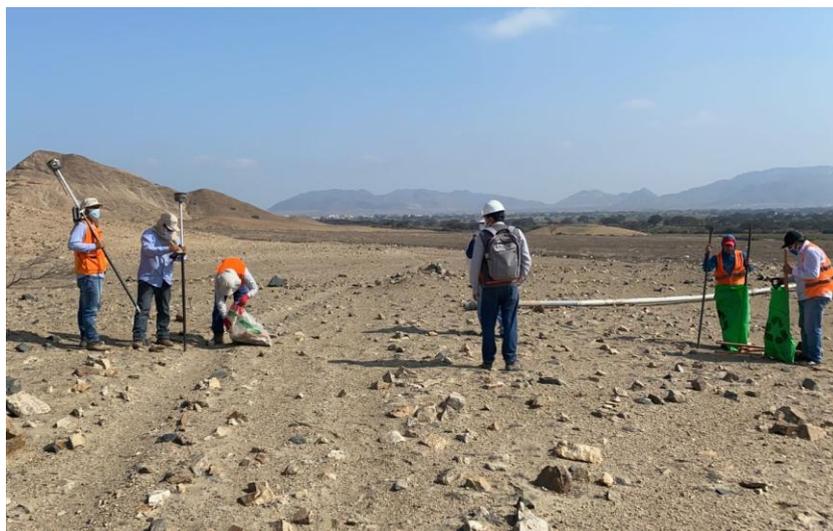


Figura 12: Topografía y estacado de terreno.
Fuente: Cortesía de GERMINA S.A.

F. Subsolado.

El objetivo del subsolado es remover capas profundas de suelo (hasta 1 metro de profundidad) para que el sistema radicular del cultivo profundice sin ninguna barrera física y, por ende, pueda manifestar su máximo potencial. Para esta actividad se emplea maquinaria pesada con aperos especializados.

G. Marcación de surcos.

Posterior al subsolado, se trabaja la marcación de surco de acuerdo al marco de plantación diseñado. El distanciamiento entre surcos se debe trabajar con una máquina agrícola que va llevando aguilonos (apero especial con “brazos” a ambos lados) con bajantes que marcan las líneas dentro del área de siembra donde se colocarán las mangueras.

3.2.2. Instalación de sistema de riego

Según el plano de instalaciones hidráulicas, se inicia la instalación de *matrices principales* (tubería de mayor diámetro), y se prosigue con la red de tuberías *secundarias* hasta llegar a las *divisoras* (sección para cada lote de riego) de menor diámetro (Fig. 13, 14, 15).

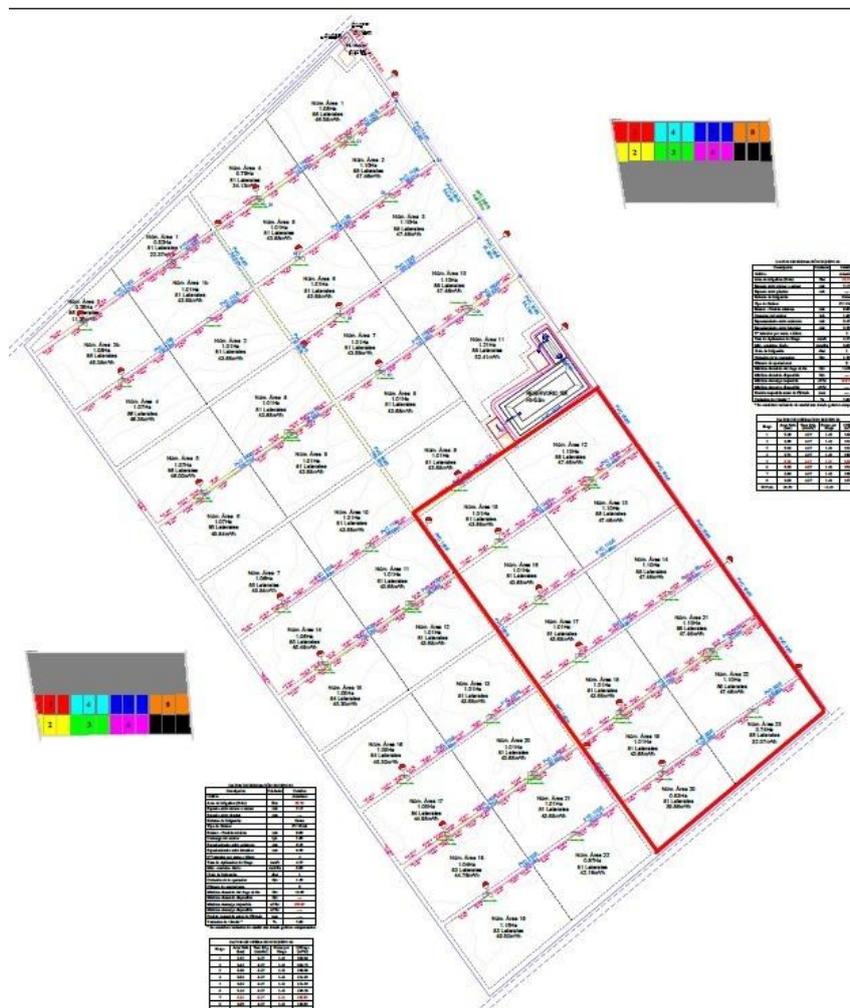


Figura 13: Diseño de zonificación de riego en unidades de riego denominadas «Lotes».

Fuente: Cortesía de GERMINA S.A.



Figura 14: Instalación de matrices.

Fuente: Cortesía de GERMINA S.A.



Figura 15: Reservorio hecho a base de geomembrana de HDPE (High Density Polyethylene), usados comúnmente en la Irrigación.

Fuente: Cortesía de GERMINA S.A.

En ciertos puntos de la red de tuberías (zonas de mayor presión) se construye *dados* (pequeños bloques de concreto), para soportar los *golpes de ariete*, es decir subidas drásticas de la presión por un golpe de agua; generalmente se instalan en las curvas del diseño y en algunas uniones o cambio de diámetro. Paralelamente, se instala la manguera *comando* que permite automatizar el riego (Fig. 16). Posteriormente, se procede a tapan la tubería con el material original; para culminar con el armado e instalación de las válvulas hidráulicas en campo con el apoyo de un equipo técnico calificado.



Figura 16: Instalación de tuberías y manguera de comando.
Fuente: Cortesía de GERMINA S.A.

Una vez instalada las tuberías divisoras en cada lote, se procede a marcarla y perforarla, según el distanciamiento indicado en sistema, para su unión a las mangueras de goteo. Estas mangueras, hechas de polietileno y con goteros incorporados, se desenrollan y se tienden en el terreno (puesto que generalmente se comercializa en rollos), luego se conectan a las divisoras perforadas. Finalmente se hace una revisión, mantenimiento y lavado (purga) de las mangueras.

En paralelo, se construye la estructura, denominada caseta, donde se asentará el filtrado de agua y el sistema de bombeo, si el diseño lo requiere. Posteriormente se instala los accesorios del sistema de fertirriego y el sistema eléctrico.

3.2.3. Preparación de campo

Se humedece el suelo con un riego pesado previo a la instalación; luego se retiran las mangueras, se abren los surcos (Figura 17), se levantan (Figura 18) y se alinean las iniciales de los surcos (Figura 19). Por otro lado, en este punto, se recomienda adicionar melaza a los camellones para evitar *arenamiento* en el fondo del surco, es decir, que el material del camellón caiga en él por acción del viento. Por otra parte, es importante aplicar 1 o más TM/ha de yeso durante la incorporación o mezcla de la materia orgánica, con el fin de mejorar estructura del suelo. Finalmente, se colocan las mangueras en su lugar original.



Figura 17: Apertura de surco.
Fuente: Camposol S.A.



Figura 18: Levantamiento de iniciales.
Fuente: Camposol S.A



Figura 19: Alineación de surcos.
Fuente: Camposol S.A.

Se aplica materia orgánica en el orden de 60 TM/ha (

Figura 20). La fertilización de fondo aplicada consta de fosfato diamónico a una dosis de 500 kg/ha, 500 kg de cloruro de potasio, y 250 kg/ha de *Sulpomag*, una mezcla constituida por 22 por ciento de potasio (K_2O), 18 de magnesio (MgO) y 22 Azufre (S) (Molinos & Cía, 2018). Para esta actividad, se utiliza un tractor con una *guaneadora* (aplicador de materia orgánica) y fertilizadora. Necesitamos verificar la descarga del compost y fertilizantes para llegar a la dosis exacta. Se mezcla el material con el sustrato mediante una *rufa*, a pero diseñado para tal fin.



Figura 20: Aplicación estiércol en surco.
Fuente: Camposol S.A.

Después de incorporar la materia orgánica ejecutar riegos de alto volumen para lavar sales (buscar reducir la C. E., por lo menos, bajo 10 dS/m). Antes de plantar el material vegetal, es fundamental humedecer uniformemente el terreno con un riego considerable.

3.2.4. Instalación de material vegetal

Tal como se explicó líneas arriba, el espárrago se puede instalar mediante plantines o coronas. Para la instalación en plantines, se debe seleccionarlos en vivero, ya que requieren tener un estado sanitario y uniformidad óptima. Una vez en campo, se almacenan en una zona de acopio bajo sombra. Para prevenir la mancha foliar (*Stemphylium vesicarium*), se aplica Krexoxim Metil (ingrediente activo *estrobilurina*), un producto preventivo, a razón de 0.05 L/200 L, mediante una mochila de palanca.

En el momento previo al plantado, los plantines se desinfectan al sumergirse en una solución de 500 g de Homai® (ingrediente activo *metil tiofanato + thiram*) más 100 mL de *imidacloprid* en 200 L. Esta cantidad alcanza para desinfectar 200 bandejas, cada una de 128 u 200 plantines. Se sumergen las bandejas por un periodo de 5 segundos para luego dejarlas escurrir. El objetivo de esta desinfección es de la protección contra daños de *Fusarium* spp. y *Prodiplosis longifila*. Esta actividad se realiza cuando no ha sido ejecutada previamente en el vivero.

Antes del plantado, se requiere el marcado y perforado en la tierra de hoyos ligeramente más grandes que el sustrato del almácigo (Figura 21), además de un riego pesado del terreno y del humedecimiento del «cono» o sustrato del plantín.



Figura 21: Línea de siembra.
Fuente: Camposol S.A.

Seleccionar los plantines de tal manera que dentro del lote o válvula de riego debe existir uniformidad de plantas: después es imposible mejorar la homogeneidad. La uniformidad de prendimiento debe ser de más de 95%, lo que se logra al asegurar un buen contacto del cono de plantín con el suelo al momento de la siembra (Figura 22). Se recomienda aplicar esporas del hongo *Paecilomyces lilacinus*, a razón de 4.5 g por hoyo, para evitar la proliferación de nemátodos fitopatógenos. La alineación del plantado debe ser óptima.



Figura 22: Plantado de plantines.
Fuente: Camposol S. A.

El procedimiento es similar para la plantación mediante coronas (Figura 23), pero en este caso se requiere uso de maquinaria para poder abrir y cerrar los pequeños surcos de siembra.



Figura 23: Desinfección de coronas.
Fuente: Camposol S.A.

3.3. Fenología y fisiología

El estudio del desarrollo fenológico del espárrago, su fisiología, y la relación con las actividades culturales correspondientes, es vital para el éxito de una plantación comercial. Bajo las condiciones de la Irrigación Chavimochic, se puede dividir el desarrollo de la plantación en 1) Desarrollo de instalación, y 2) Desarrollo de producción.

3.3.1. Desarrollo de instalación

Posterior a la instalación, el espárrago se desarrolla, bajo las condiciones mencionadas, durante 32 semanas (Figura 24). En este periodo, el espárrago reporta un total de cinco brotamientos, es decir, la emisión de brotes aéreos desde la corona. Se conoce que los primeros tres brotes emiten desordenadamente, tras lo cual, los dos siguientes son uniformes, es decir, se emiten casi al mismo tiempo; esto se puede comprobar visualmente en campo. La emisión de los brotes se da, aproximadamente, cada cinco semanas como se muestra en la Tabla 6.



Figura 24: Cultivo de espárrago a días de instalación.

Fuente: Camposol S.A.

Tabla 6: Brote de espárrago emitido según semana del cultivo desde la siembra.

Brote	Semana de emisión
1°	1
2°	6
3°	11
4°	16
5°	22

Cuando la plantación llega a la semana 32, la plantación alcanza la mayor cantidad de fotosintatos traslocados. Toda la canopia y, sobre todo, los primeros brotes, ya maduraron y se encuentran avejentados y marchitos, por lo cual la planta alcanza la mayor cantidad de fotosintatos traslocados. Este es el momento ideal para el primer chapodo o *chapodo de formación*. Este chapodo vigoriza la plantación y reduce la incidencia de plagas y enfermedades porque se elimina todo el material vegetal maduro. Una vez concluida esta actividad, se da inicio al ciclo productivo normal de 20 semanas.

Bajo la experiencia local, se determinó que existe una relación entre el calibre del quinto brote emitido y el vigor de la nueva plantación después del corte; esto se determina en la semana 32. Una plantación debe tener un calibre mayor a 8 mm en, al menos, el 65% de sus quintos brotes para asegurar un buen crecimiento posterior de la planta.

3.3.2. Etapa productiva

El ciclo productivo comercial, bajo las condiciones mencionadas, se puede dar durante todo el año, y se desarrolla durante 20 semanas por lo general, aunque se puede acortar a 18 semanas en verano y alargar a 22 en invierno. El espárrago se maneja con dos brotaciones. En la Figura 25 se detallan las etapas fenológicas y su relación con las principales actividades culturales.

En resumen, las etapas fenológicas, según se trabajan en Camposol S. A., son:

- **BROTAMIENTO:** Etapa inicial del cultivo, la yema madura se estimula e inicia su crecimiento lentamente (demora entre 6 - 8 días desde yema madura hasta aparecer en la superficie de suelo). Es importante tener en cuenta la altura del primer brote antes de ramificar. Una buena altura (mayor a 60 cm) es importante para no crear microclimas óptimos para albergar las plagas bajo la canopia. Esta altura, a su vez, depende de muchos factores: reserva (calibre del brote), temperatura, humedad, etc.
- **APERTURA:** La presencia de filocladios indica el inicio de esta etapa. Los filocladios crecen mayormente antes de separarse totalmente de la rama. La estructura de la planta queda determinada en esta etapa y la expansión foliar llega a su máxima expresión. La reserva de azúcares (medidas en grados Brix) llega al nivel más bajo y es aquí cuando la curva de acumulación (Figura 26) empieza a virar hacia arriba.
- **FLORACIÓN:** Las flores se forman paralelamente a la apertura, pero la antesis (apertura de flores), sobre todo las masculinas, se da posteriormente. Se ha reportado que las plantas femeninas tienen en promedio 500 flores y las plantas masculinas llegan hasta 2000 flores por tallo.
- **MADURACIÓN:** Las flores caen, los frutos cuajan, inician su maduración y se tornan de color rojo intenso al final. El color verde de la planta empieza a oscurecer. Se incrementa el contenido de materia seca a más de 30%. La tasa fotosintética se incrementa entre la semana 12 y 17, luego decae. La acumulación de azúcares va en ascenso, llegando a reportar concentraciones mayores a 20% de grados Brix.

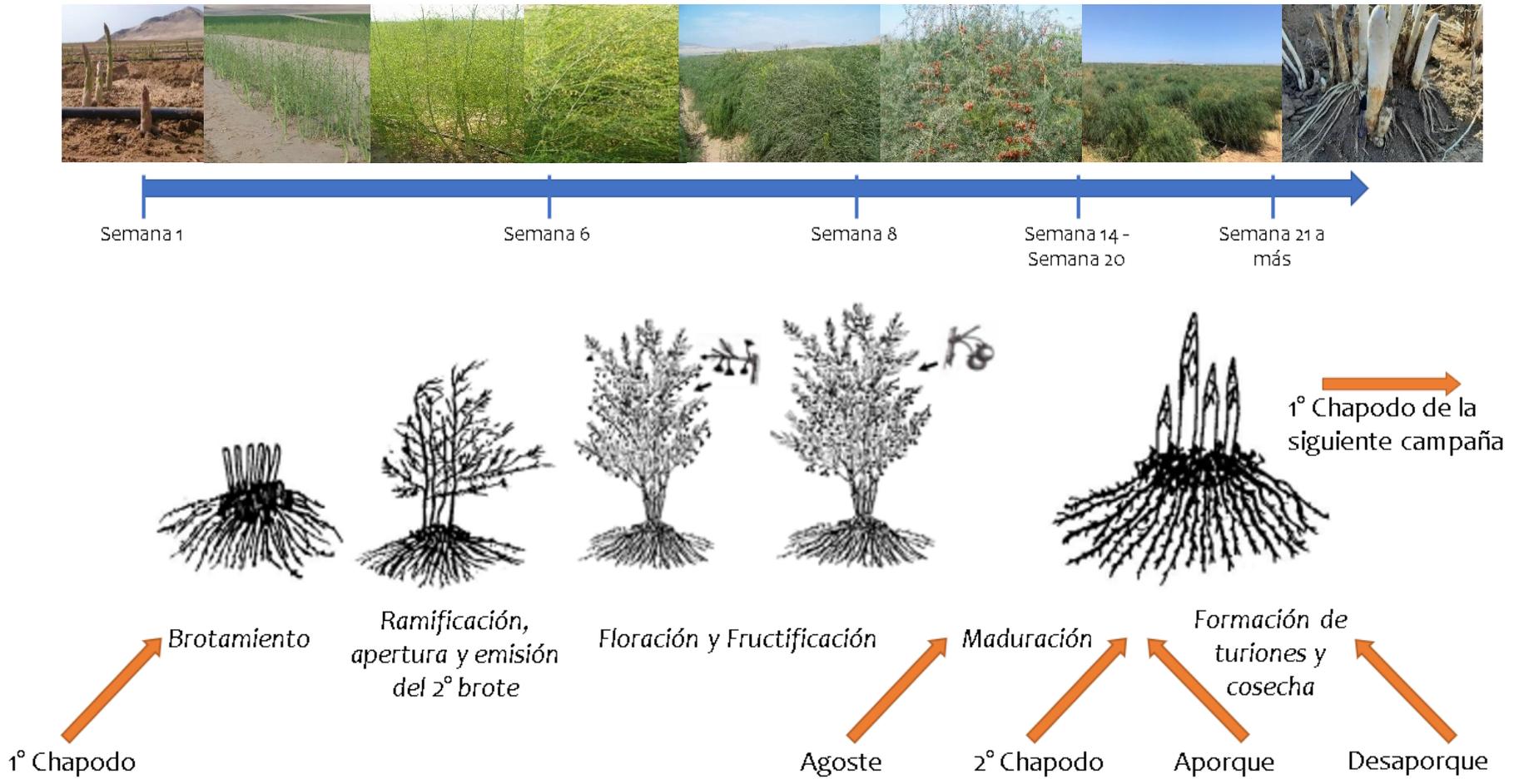


Figura 25: Ciclo productivo de una campaña comercial de espárrago blanco(20 semanas) en la Irrigación Chavimochic.

Fuente: Modificado de SENAMHI y MINAGRI (2011).

3.3.3. Manejo fisiológico

La producción del espárrago es el resultado de una secuencia completa de procesos fisiológicos que resumen la acumulación de reservas de carbohidratos en las raíces. Este proceso, a su vez, depende del medio ambiente y el manejo de diferentes factores en la actual y anteriores campañas. Por ello, el manejo de estas reservas es fundamental para asegurar la sostenibilidad de la plantación. En resumen, El sistema radicular es el motor del cultivo, y los carbohidratos, el combustible. En la Figura 26, se detalla la dinámica y balance de las reservas de carbohidratos entre la parte aérea y la radicular en el cultivo, de acuerdo con Wilson *et al.*, (2008).

La cantidad de carbohidratos por hectárea (CHO) en base seca es la magnitud más precisa para medir las reservas radiculares; y está en función de la densidad de cultivo (cantidad de plantas por hectárea), la biomasa de raíces en cada planta y el porcentaje de carbohidratos en las raíces ($\%CHO_{rad.}$):

$$CHO \left(\frac{kg}{ha} \right) = Densidad \left(\frac{plantas}{ha} \right) * Biomasa\ radicular \left(\frac{kg}{planta} \right) * \%CHO_{rad.} \left(\frac{kg}{kg} \right)$$

El problema de medir bajo este procedimiento es que es un proceso excesivamente destructivo para el cultivo y demandante en tiempo y mano de obra. Para una plantación comercial, se determina el porcentaje de sólidos solubles, a través grados Brix, del extracto de tejido de raíces como un método indirecto. Aunque también es un método destructivo, su impacto en la plantación es menor. Por otro lado, permite ahorrar tiempo en la toma de muestras. Para una producción sostenible, se recomienda alcanzar un mínimo de 20 en grados Brix previo a la cosecha, aunque esto último varía considerablemente en cuanto a la estación del año y las condiciones climatológicas particulares. En la Tabla 7, Figura 27; Tabla 8 y Figura 28, se muestran la variación de grados Brix en plantaciones del cultivar UC151F1 y Ciprés, respectivamente.

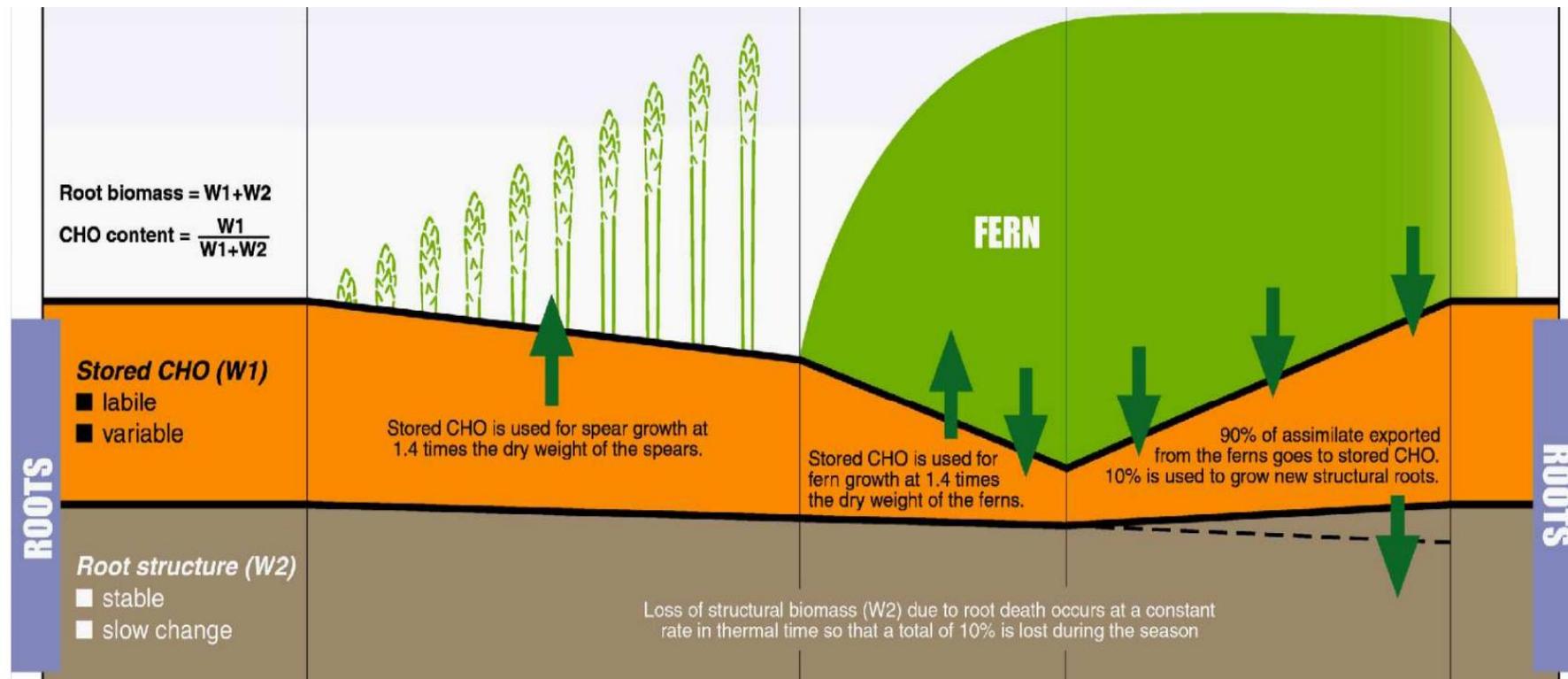


Figura 26: Dinámica de las reservas de carbohidratos en las raíces en el cultivo del espárrago. Se detalla cómo es la dinámica de los carbohidratos almacenados en el crecimiento de los turiones (*spears*), del helecho o canopia (*fern*), y raíces estructurales (*structural roots*) de

Fuente: Wilson *et al.*, (2008).

Nota: W1: Carbohidratos almacenados en la raíz (lábilis, variable), W2: Estructura radicular (estable y poco variable).

Tabla 7: Evaluación semanal de sólidos solubles en raíces de espárrago cv. UC151F1, novena campaña comercial.

Edad (semanas)	Fenología (%)					Fecha	Grados Brix promedio
	B	R	A	F	M		
1	100	0	0	0	0	28-Abr-03	13.1
2	25	63	12	0	0	06-May-03	11.7
3	3	27	57	13	0	14-May-03	6.7
4	1	0	34	65	0	22-May-03	6.4
5	1	0	0	67	32	28-May-03	6.1
7	2	0	0	30	68	14-Jun-03	11.0
10	3	0	0	0	97	30-Jun-03	16.2
11	4	0	0	0	96	12-Jul-03	17.3
12	5	0	0	0	95	19-Jul-03	20.1
13	5	0	0	0	95	25-Jul-03	20.3
14	3	0	0	0	97	01-Ago-03	20.1
15	2	0	0	0	98	15-Ago-03	19.8
19	1	0	0	0	99	09-Set-03	21.8
Cosecha	0	0	0	0	100	03-Oct-03	19.7

Nota: B = Brotamiento, R = Ramificación, A = Apertura, F = Floración, M = Maduración.

Fuente: Camposol S.A.

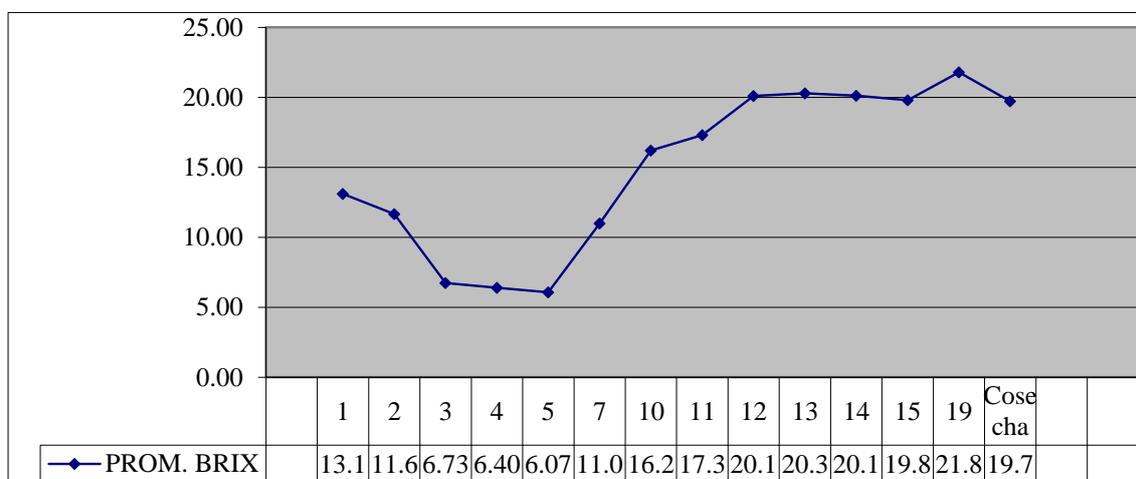


Figura 27: Variación semanal de sólidos solubles en raíces de espárrago cv. UC151F1, novena campaña comercial.

Fuente: Camposol S.A

Nota: PROM BRIX = Promedio de Grados Brix.

Tabla 8: Evaluación semanal de sólidos solubles en raíces de espárrago cv. Ciprés, sexta campaña comercial.

Edad (semanas)	Fenología (%)					Fecha	Grados Brix promedio
	B	R	A	F	M		
1	67	33	0	0	0	24-Feb-03	18.7
2	19	72	9	0	0	03-Mar-03	14.7
3	2	17	61	20	0	10-Mar-03	12.3
4	8	0	21	40	31	17-Mar-03	11.7
5	14	0	0	3	83	24-Mar-03	11.0
6	8	0	0	3	89	30-Mar-03	13.2
7	5	0	0	0	95	07-Abr-03	15.3
8	6	0	0	0	94	14-Abr-03	16.5
9	5	0	0	0	95	21-Abr-03	17.0
10	8	0	0	0	92	28-Abr-03	17.7
11	5	0	0	0	95	06-May-03	18.4
12	2	0	0	0	98	12-May-03	18.7
13	2	0	0	0	98	19-May-03	19.5
14	2	0	0	0	98	26-May-03	22.6
15	1	0	0	0	99	01-Jun-03	22.3
16	1	0	0	0	99	09-Jun-03	18.8
cosecha			cosecha			05-Jul-03	16.8
cosecha			cosecha			12-Jul-03	16.3
cosecha			cosecha			19-Jul-03	16.3

Nota: B = Brotamiento, R = Ramificación, A = Apertura, F = Floración, M = Maduración.

Fuente: Camposol S.A.

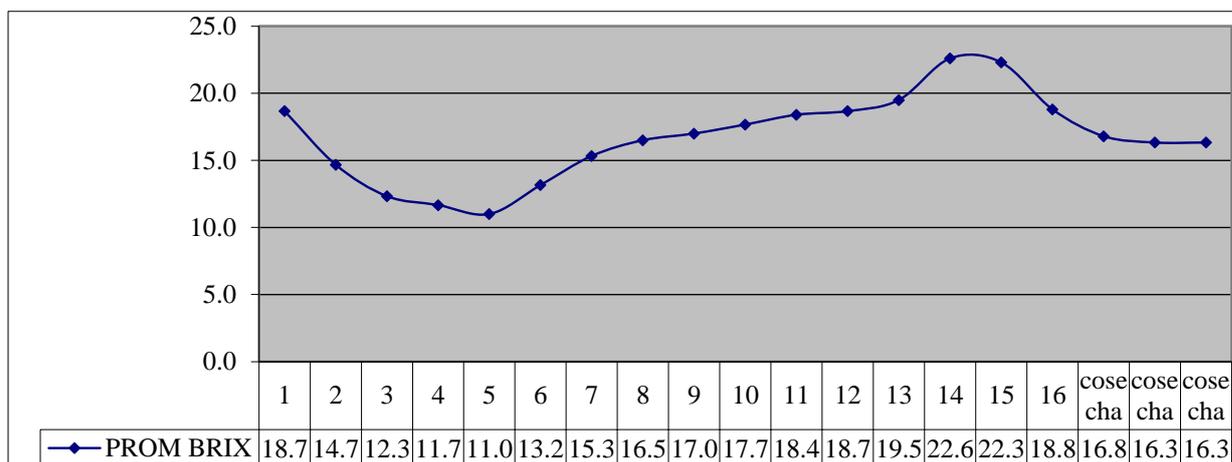


Figura 28: Variación semanal de sólidos solubles en raíces de espárrago cv. Ciprés, sexta campaña comercial.

Fuente: Camposol S.A

Nota: PROM BRIX = Promedio de Grados Brix.

3.4. Evaluación precosecha y proyección

Para una correcta cosecha, es necesario evaluar el número y el estado de las yemas, con el fin de proyectar los kilos a cosechar (Tabla 9). Las yemas se agrupan en racimos o *clústeres*, de donde emergerán los turiones en la cosecha. Estas evaluaciones deben ser periódicas, pero la evaluación más precisa para estimar el rendimiento de la cosecha próxima se realiza por lo general entre la semana 17 o 18. Es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos para una correcta evaluación y futura cosecha:

- Los metros lineales (*ML*) efectivos del cultivo en el terreno. Para Camposol S. A., se utilizan aproximadamente 4545 (distanciamiento entre surco de 2.2 m).
- La cantidad de racimos o clústeres por cada metro lineal (*CR*).
- La cantidad de yemas “disponibles” por cada racimo a la semana 17 (YD_{sem17}), obtenida mediante evaluación en campo.
- Una “ganancia de yemas” en el periodo de cosecha (*GC*). A efectos prácticos, se considera un incremento de 0.6 yemas por racimo.
- Un “límite de seguridad” de cosecha (*LS*), que es la cantidad de yemas que se deben dejar para la siguiente campaña, para asegurar la sostenibilidad del cultivo y no acortar la vida útil. Para Camposol S. A., este límite es de 2.8 yemas por racimo.
- El peso promedio de un turión (*PT*). Para efectos prácticos, se utiliza un valor de 30 g o 0.030 kg; no obstante, se realizan monitoreos históricos de pesos.

En resumen, se utiliza esta fórmula para proyectar el rendimiento potencial (RP) de un área a cosechar:

$$RP \left(\frac{kg}{ha} \right) = ML * CR * (YD_{SEM 17} + GC - LS) * PT$$

Un ejemplo de una proyección de cosecha se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9: Ejemplo de una proyección de cosecha simplificada de espárrago blanco usado en Camposol S. A.

ML	CR	YD	GC	LS	YC	PT (g)	RP (kg/ha)
4545	8.00	4.00	0.60	2.80	1.80	0.030	1963.44
4545	9.60	4.00	0.60	2.80	1.80	0.030	2356.13
4545	11.20	4.00	0.60	2.80	1.80	0.030	2748.82
4545	12.80	4.00	0.60	2.80	1.80	0.030	3141.50

Nota: ML = Metros lineales totales, CR = Cantidad de racimos, YD = Cantidad de yemas por racimo a la semana 17, GC = Incremento de yemas durante la cosecha, LS = Límite de seguridad de cosecha., YC = Yemas cosechables por metro lineal, PT = Peso promedio de un turión, RP = Rendimiento potencial.

3.5. Actividades culturales

3.5.1. Agoste

Dado el origen del espárrago de una zona templada, es necesario emular el “invierno” para inducir al espárrago a la acumulación de fotosintatos de reserva en la corona, con la posterior activación de las yemas y subsiguiente emisión de brotes en “primavera”, o una etapa de condiciones más favorables.

El agoste es la reducción intencional del riego, para emular las condiciones adversas del invierno templado y preparar a la plantación para ser cosechada. Esta actividad permite una acumulación mayor de fotosintatos en la corona, lo que se traduce en un mejor rendimiento en la cosecha. Se inicia aproximadamente en la semana 31 en instalación (Tabla 10), y en la semana 17 en producción (Tabla 11), donde la lámina se reduce progresivamente. Para el detalle de la lámina de riego utilizada en el agoste, ver el siguiente subcapítulo sobre riego.

3.5.2. Chapodo de producción

Es una actividad que consiste en la eliminación total de la canopia de la planta, a modo de un tipo de poda (Figura 29). El chapodo sirve, además, para renovar follaje, vigorizar la planta, y bajar la presión de plagas y enfermedades; al igual que el chapodo de formación. Para la campaña comercial (desde la instalación del cultivo), se realizan dos chapodos: el primero (*chapodo de formación*, explicado líneas arriba) se realiza para culminar el periodo

de instalación inicial de 32 semanas. El segundo (*chapodo de producción o cosecha*) se realiza al culminar las 20 semanas de campaña para dar paso a la cosecha.

Para esta actividad, se requiere de maquinaria especializada: un tractor con un mínimo de 80 caballos de fuerza (hp); una desbrozadora, que es un apero especializado que pica la broza, y una carreta para recolectar el material. Bajo la experiencia en las condiciones mencionadas, esta actividad toma de 45 a 60 minutos por hectárea.



Figura 29: Actividad de chapodo.
Fuente: Camposol S.A.

3.5.3. Aplicación de broza

Posterior al chapodo, se recomienda la aplicación de la broza (restos de canopia, Figura 30) al surco, antes del aporque. La broza es una buena fuente de nutrimentos y materia orgánica, ya que se devuelve al suelo los nutrimentos extraídos por la plantación. Se recomienda aplicar como compost, pero tiene su desventaja por el alto coste de la actividad. Por otro lado, se puede aplicar también como abono verde paralelo al chapodo, dentro del surco previamente hecho. Se han registrado buenos resultados, pero se debe tener en cuenta la ubicación de la broza picada en el surco para su correcta descomposición y evitar el daño de las raíces de las plantas; se recomienda una distancia mayor de 40 cm de la última planta de la cama. Se requiere establecer pautas y recomendaciones para el manejo de la maquinaria en las labores de carga y descarga de la broza picada, con el fin de facilitar y mejorar los ratios.



Figura 30: Broza aplicada al surco previa apertura.
Fuente: Camposol S.A.

3.5.4. Actividades pre-aporque

Previo a la actividad crucial del aporque, es necesario realizar las siguientes actividades:

- Realizar un riego pesado (riego antes del chapodo) que humedezca el perfil del suelo para activar las yemas
- Retirar las mangueras de riego de los surcos para evitar su ruptura con el paso de la maquinaria.
- Chapodo de cosecha.
- Mullir el suelo de los entresurcos para romper capas duras compactadas y tener el material de suelo disponible para el aporque. Esto se realiza con un apero conocido como grada de discos.
- Posteriormente, se realiza un *preaporque*, que consiste en acercar el material del suelo hacia el costado mismo del surco, para facilitar el aporque.

Cabe resaltar que, debido a estas actividades, el material de suelo cada vez está menos disponible para realizar un buen aporque, por lo que, con el pasar de las campañas, se debe excavar más el perfil del suelo, lo que afecta a las raíces del cultivo, y por último, la imposibilidad de realizar un adecuado camellón.

3.5.5. Aporque

Es el levantamiento de tierra de la hilera del cultivo (surco) para formar un *camellón*, se realiza después del pre-aporque en el chapado de cosecha. Esta actividad varía por el tipo de espárrago producido. En el espárrago blanco; se requiere cubrir el surco totalmente para que los rayos del sol no lleguen al turión, además de lograr una longitud deseada. En el espárrago verde, se requiere uniformizar la superficie del surco para facilitar la cosecha y el riego de cosecha. Para las condiciones del presente trabajo, se utiliza un camellón de 25 a 30 cm desde la corona.

El aporque demanda una alta mecanización. Para esta actividad, se requiere un tractor de 120 hp y un implemento conocido como *aporcador* (Figura 31), que permite la formación del camellón según se requiera. Para las presentes condiciones, esta actividad tarda de 45 minutos a una hora por hectárea.

El aporque es una actividad intensiva para el cultivo, puesto que el paso de la maquinaria, sobre todo de los discos, daña necesariamente las coronas y las raíces. Un aporque excesivo es una de las razones por la cual se acorta la vida útil de una plantación.



Figura 31: Aporque en el espárrago blanco.

Fuente: Camposol S.A.

3.5.6. Cosecha

La cosecha es la actividad más importante del ciclo productivo. Esta actividad puede durar de entre 15 a 20 días en primeras cosechas y cosechas de verano, o de 30 a 40 días en invierno; por otro lado, también se puede acortar si la plantación no tiene las condiciones adecuadas para sostener la cosecha, y evitar reducir excesivamente las reservas en las coronas.

La cosecha del espárrago, sobre todo el espárrago blanco, demanda una gran cantidad de mano de obra, además de tener cierto grado de dificultad al estar el turión debajo del suelo y las altas temperaturas que puede alcanzar el suelo en verano. Todo esto impide tener unos rendimientos adecuados con personal en sus inicios en la actividad. Bajo condiciones de trabajo en Chavimochic, la cosecha tenía un rendimiento de promedio de 80 a 120 kg por jornal de trabajo (8 horas – día). Los implementos necesarios para la cosecha son chavetas y pequeños contenedores unidos a una faja o cinturón para colocar el producto cosechado.

Para la actividad (Figura 32), se formaban grupos de aproximadamente 15 personas para 5 hectáreas (3 por ha), además de un recolector o *jabero*, personal que se dedica a recolectar las jabs o canastas con el producto y colocarlo debajo de sombra, con ayuda de estructuras de fierro con malla negra para su posterior transporte a la planta procesadora (Figura 33). Una cosecha inadecuada ocasiona puntas verdes o moradas en el turión (por la luz del sol recibida), y cortes en diagonal disminuyen la longitud final del turión.



Figura 32: Cosecha de espárrago en la irrigación.
Fuente: Celso Roldán.



Figura 33: Acopio de espárrago para su traslado a planta.

El turión cosechado debe estar libre de imperfecciones, como torceduras, puntas abiertas, brácteas muy pronunciadas, rajaduras, corazón vacío. Las medidas de cosecha del turión dependen del mercado de destino. Para Camposol S. A., se utiliza un largo comercial de 20 - 22 cm de largo. En cuanto al calibre (Fig. 34), se utilizó la siguiente clasificación:

- Menores a 7 mm, llamados “tips”
- De 7 a 10 mm.
- De 11 a 13 mm.
- De 14 a 17 mm, que suele tener la mayor proporción de los calibres.
- Mayor a 18 mm.



Figura 34: Selección de calibres de espárrago

3.5.7. Desaporque

Después de los días de cosecha, se procede a *desaporcar* o reducir el camellón al nivel del terreno previo, entre unos 8 y 10 cm de la corona; con el fin de que se inicie un nuevo ciclo comercial. El inicio de esta actividad se determina mediante un análisis visual de las yemas subterráneas, donde se deja de cosechar cuando se alcanza el “límite de seguridad” mencionado líneas arriba (2.8 yemas por metro lineal) (Fig. 35, 36).



Figura 35: Evaluación de yemas postcosecha, para determinar el fin de la cosecha.
Fuente: Camposol S. A.



Figura 36: Actividad del desaporque.

Fuente: Camposol S. A.

Para este trabajo, se utiliza un *desaporcador* o *chatín*, unido a un tractor de mínimo 120 hp. El desempeño de la maquinaria suele ser muy similar al del aporque en el mismo terreno. Se debe respetar la altura del camellón mencionada para evitar dañarla.

3.6. Riego

Antes de la siembra, se necesita calcular el volumen y tiempo de riego mínimo para obtener un traslape entre los «bulbos» de humedad. Este riego se utilizará en adelante como referencia para los sucesivos riegos (Figura 37).

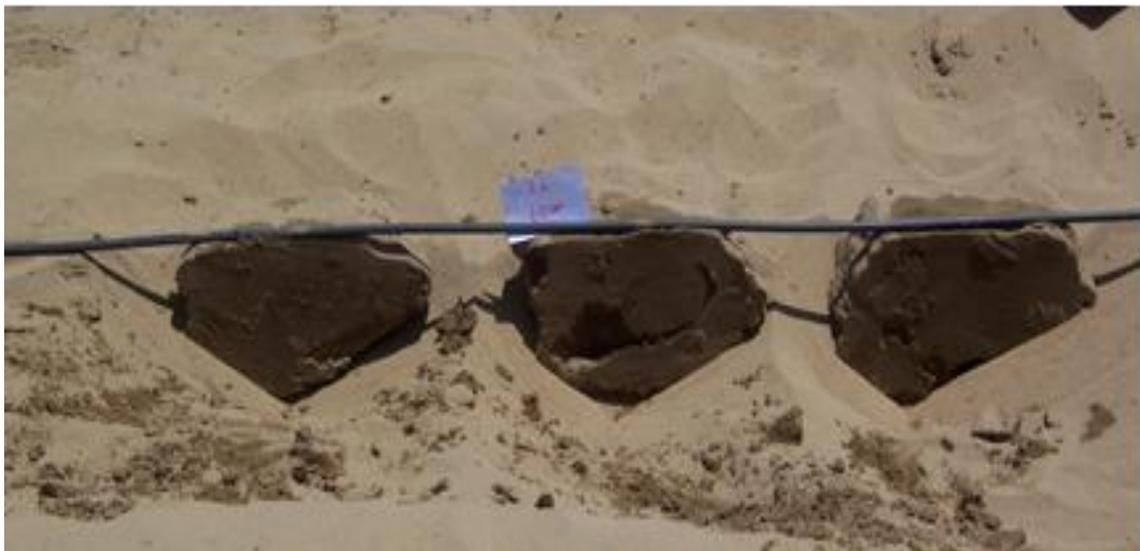


Figura 37: Prueba de bulbo de riego.

Fuente: Camposol S.A.

Para realizar un riego idóneo para cada etapa fenológica, se calcula la *lámina de riego* mediante la fórmula:

$$LR = \frac{Etc}{Ef} = \frac{Kc \times Eto}{Ef}$$

Donde *LR* es lámina de riego, *Etc* es la Evapotranspiración del cultivo; *Kc* es coeficiente de Cultivo y *Eto* es la Evapotranspiración del tanque evaporímetro clase “A”. Algunos autores agregan un Factor del Tanque (*FT*) para corregir la fórmula (INIFAP, 2006).

Para el cálculo de la *Eto*, se necesita la lectura del tanque mencionado o se realiza por medio de estaciones meteorológicas especializadas que calculan dicho coeficiente con base en diversas fórmulas de distintos autores. Por otro lado, el valor del *Kc* depende de la cobertura del cultivo, es decir, está relacionado directamente con la etapa fenológica del mismo. A pesar de que existen indicadores estándar para cada cultivo (FAO, 2006), las condiciones en las que se realizaron dichos ensayos son referenciales, razón por la cual cada predio puede ajustar los valores según los mejores resultados obtenidos. En la Tabla 10 y Tabla 11, se pueden apreciar los valores de *Kc* utilizados en Camposol S.A. para cada semana de la fenología del cultivo.

Tabla 10: Kc usado para espárrago en instalación. Fuente: Camposol S. A.

K _C de cultivo en instalación	
Semana	K _C
1	Riego de prendimiento
2	0.3
3	0.3
4	0.35
5	0.35
6	0.35
7	0.35
8	0.35
9	0.4
10	0.45
11	0.5
12	0.6
13	0.7
14	0.75
15	0.9
16	1
17	1
18	1.2
19	1.2
20	1.25
21	1.25
22	1.25
23	1.25
24	1.25
25	1.2
26	1.1
27	1
28	1
29	0.9
30	0.9
31	0.7

32	0.65
33	0.55
34	0.5
35	0.4
36	0.4

Tabla 11: Kc usado para espárrago en producción. Fuente: Camposol S. A.

K _C de cultivo en producción	
Semana	K _C
1	Riego inicial
2	0.8
3	0.9
4	1
5	1.1
6	1.2
7	1.2
8	1.2
9	1.2
10	1.2
11	1.2
12	1.2
13	1.1
14	1.1
15	1.1
16	0.9
17	0.9
18	0.8
19	0.7
20	0.6
21	Riego de chapodo

Al establecimiento del cultivo, el manejo del riego determina la forma de la cabellera radicular; las raíces deben ser profusas y profundas. De esta manera, se prolonga la vida útil a la esparraguera. Los intervalos de riego dependen del tipo de suelo, del estado fenológico de la esparraguera, del vigor de las plantas, etc.

3.7. Fertilización y enmienda

En paralelo a la incorporación de la materia orgánica se aplica los fertilizantes edáficos; la cantidad depende del tipo de suelo y de la reserva del suelo. Para ello, se recomienda realizar un análisis de suelo, con enfoque en los niveles de nutrimentos en el suelo.

Durante la campaña el aporte de nutrientes es vía fertirriego. Las aplicaciones se pueden dar en diferentes frecuencias (diaria, entre días, semanal, etc.). Dado el tipo de suelo presente en la Irrigación, se recomienda fertilizar diariamente.

Las cantidades dependen de las denominadas *curvas de extracción de cultivo*, que son “la representación gráfica de la cantidad de nutrientes extraídos por una planta durante su ciclo de vida” (INTAGRI, 2016, p. 1). Existe mucha información bibliográfica extranjera sobre la fertilización del espárrago que se puede aplicar a nuestras condiciones, sin embargo, la información validada en nuestras condiciones de la extracción total del cultivo será más eficaz para la mejora de esta actividad.

En la Tabla 12 se menciona las principales fuentes de fertilizantes. En las Tabla 13 y Tabla 14, se detalla el plan de fertilización para instalación y producción utilizado en Camposol S.A.

Tabla 12: Lista de fertilizantes utilizados en espárrago en la Irrigación.

Producto	Elemento	Forma disponible	Riqueza (%)
Úrea	N	N	46.0
Ácido Fosfórico	P	P ₂ O ₅	61.0
Cloruro de Potasio	K	K ₂ O	60.0
Nitrato de Calcio	Ca, N	CaO	24.2, 11.9
Sulfato de Magnesio	Mg, S	MgO, S	16.0, 10.0
Ácido Bórico	B	B	17.0
Sulfato de Manganeso	Mn, S	Mn	32.0
Sulfato de Hierro	Fe, S	Fe	20.0
Sulfato de Zinc	Zn, S	Zn	22.5
Sulfato de Cobre	Cu, S	Cu	25.0

Fuente: Camposol S. A.

Tabla 13: Plan de fertilización utilizado para la instalación de espárrago blanco en Camposol S. A. Nota: “SEM” = Semana.

Nº Brote	Sem.	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	MgO (kg/ha)	B (g/ha)	Fe (g/ha)	Cu (g/ha)	Zn (g/ha)	Mn (g/ha)
	1	0.0	0.0	0.0	0.0	25.5	10.2	0.75	4.8	1.08
	2	1.4	0.4	1.8	0.1	25.5	10.2	0.75	4.8	1.08
1°	3	1.4	0.4	1.8	0.1	51	20.4	1.5	9.6	2.16
	4	2.8	0.7	3.6	0.2	51	20.4	1.5	9.6	2.16
	5	2.8	0.7	3.6	0.2	51	20.4	1.5	9.6	2.16
	6	2.8	0.7	3.6	0.2	76.5	30.6	2.25	14.4	3.24
	7	4.1	1.1	5.4	0.3	102	40.8	3	19.2	4.32
2°	8	5.5	1.5	7.2	0.4	127.5	51	3.75	24	5.4
	9	6.9	1.8	9.0	0.5	153	61.2	4.5	28.8	6.48
	10	8.3	2.2	10.8	0.6	153	61.2	4.5	28.8	6.48
	11	8.3	2.2	10.8	0.6	153	61.2	4.5	28.8	6.48
	12	8.3	2.2	10.8	0.6	178.5	71.4	5.25	33.6	7.56
3°	13	9.7	2.6	12.6	0.7	204	81.6	6	38.4	8.64
	14	11.0	2.9	14.4	0.8	229.5	91.8	6.75	43.2	9.72
	15	12.4	3.3	16.2	0.9	229.5	91.8	6.75	43.2	9.72
	16	12.4	3.3	16.2	0.9	229.5	91.8	6.75	43.2	9.72
	17	12.4	3.3	16.2	0.9	280.5	112.2	8.25	52.8	11.88
4°	18	15.2	4.0	19.8	1.1	306	122.4	9	57.6	12.96
	19	16.6	4.4	21.6	1.2	331.5	132.6	9.75	62.4	14.04
	20	17.9	4.8	23.4	1.2	357	142.8	10.5	67.2	15.12
	21	19.3	5.1	25.2	1.3	357	142.8	10.5	67.2	15.12
	22	19.3	5.1	25.2	1.3	357	142.8	10.5	67.2	15.12
	23	19.3	5.1	25.2	1.3	357	142.8	10.5	67.2	15.12
	24	19.3	5.1	25.2	1.3	357	142.8	10.5	67.2	15.12
	25	19.3	5.1	25.2	1.3	321.3	324	20.25	103.68	24.3
	26	2.7	8.2	24.3	0.4	285.6	288	18	92.16	21.6
5°	27	2.4	7.3	21.6	0.3	249.9	252	15.75	80.64	18.9
	28	2.1	6.4	18.9	0.3	214.2	216	13.5	69.12	16.2
	29	1.8	5.5	16.2	0.2	178.5	180	11.25	57.6	13.5
	30	1.5	4.6	13.5	0.2	0	0	0	0	0
	31	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0
	32	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0
	33	0.0	0.0	0.0	0.0	25.5	10.2	0.75	4.8	1.08
Total de campaña (kg/ha)		267.1	100.1	429.3	19.2	6.0	3.2	0.2	1.3	0.3

Nota: SEM = Semana.

Tabla 14: Plan de fertilización utilizado para producción de espárrago blanco en Camposol S. A.

Sem.	N (kg/ha)	P₂O₅ (kg/ha)	K₂O (kg/ha)	CaO (kg/ha)	MgO (kg/ha)	B (kg/ha)	Zn (kg/ha)
1	15.3	14.7	15.4	6.3	1.8	0.3	0.2
2	49.4	34.3	25.0	7.9	4.3	1.3	0.3
3	33.2	29.4	25.0	6.3	2.6	1.2	0.2
4	21.3	13.7	25.0	5.1	5.1	0.9	0.4
5	20.2	10.7	25.0	6.7	6.7	0.7	0.3
6	28.9	15.7	30.0	6.9	1.3	0.8	0.2
7	17.7	13.1	30.0	5.6	1.3	0.6	0.0
8	10.0	5.9	25.0	4.4	1.4	0.4	0.0
9	5.8	1.9	25.0	3.0	0.7	0.4	0.0
10	3.3	0.6	20.0	1.9	0.5		0.0
11	1.5		20.0	1.8	0.4		0.0
12	0.8		20.0	1.5			0.0
13			20.0				0.0
14			20.0				0.0
TOTAL	207.4	140.0	325.4	57.5	26.1	6.6	1.7

Nota: "SEM" = Semana.

3.8. Manejo de plagas

Se debe llevar un *manejo integrado de plagas* (MIP). En la actualidad, no existe mercado que no tenga prohibición para el ingreso de alimentos con residuos de ciertos pesticidas.

Existen *plagas clave* en la Irrigación que han puesto en riesgo incluso la sostenibilidad del cultivo. La única manera que hubo para subsistir fue la integración de los usuarios de la irrigación y hacer frente a esta plaga con un manejo racional, en el denominado *Comité de Sanidad de la JURP*. El Comité de Sanidad fue pionero en el uso de hongos y virus entomopatógenos para el control de ciertas plagas en el Perú, de la mano del asesor en MIP, el Dr. Fausto Cisneros.

El principio de todo tipo de manejo es la evaluación. Para ello, bajo los años de experiencia en el cultivo, se diseñó una cartilla de evaluación con las principales y potenciales plagas en el espárrago en la Irrigación, además de evaluación de insectos benéficos y malezas (Figura 38 y Figura 39).

3.8.1. Principales plagas

Las principales plagas en la Irrigación para el cultivo del espárrago son:

- Defoliadores: *Spodoptera ochrea* (Hampson) principalmente. Además, presencia considerable de *S. frugiperda* (JE Smith), *Copitarsia decolora* (Guenée) y *Crysopeixis includens* (Walker) (Antes *Pseudoplusia includens*).
- Barrenadores: *Chloridea virescens* (Fabricius) (Antes *Heliothis virescens*).
- Gusano alambre o *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller).
- Mosquilla de los brotes o *Prodiplosis longifila* (Gagné).
- Complejo de *Bemisia tabaci* (Gennadius), la mosca blanca más común en el espárrago.
- Cigarra o *Proarna bergie* (Distant).

3.8.2. Control cultural

El control cultural es aquel tipo de control que se lleva a cabo a la par de las actividades propias del cultivo. El control cultural se aplica desde la limpieza del campo después del chapodo, para eliminar algunos individuos que quedan en el material vegetal. Los riegos iniciales distanciados evitan el exceso de humedad y la proliferación de *Prodiplosis*. La limpieza de las mangueras, donde varias especies de las polillas (noctuidos) deposita sus huevos, es una forma rápida y económica de reducir las poblaciones. El control de malezas evita condiciones (microclimas) para la proliferación de algunas plagas (lepidópteros y dípteros)

3.8.3. Control etológico

Este tipo de control se basa en los patrones de comportamiento de las especies plagas. El control se empieza desde la instalación del material vegetal en campo.

Para el control de lepidópteros, se instalan trampas pequeñas de melaza, a razón de 20 a 50 trampas/lote (Figura 40). La proporción de la solución de melaza recomendada es de una a dos partes de melaza por cada una de agua. Del total de trampas, se recomienda el marcado de un par para evaluar plagas de lepidópteros. El mantenimiento de dichas trampas es dos veces por semana. Las trampas hechas con atrayentes aromáticos florales (aromatizantes domésticos) funcionan bajo el mismo principio y con resultados similares. Otro tipo de

trampas se basan en el uso de luz blanca en las noches. Se recomienda su uso a partir de la quinta semana del cultivo, a razón de 0.5/ha. Ambos tipos de trampas pueden combinarse, mejorando los resultados.

Para simular un lugar idóneo para la oviposición para los adultos, se colocan trampas hechas a base de polipropileno (sacos) con pliegues. Esto estimula a las polillas a depositar sus huevos en los plegamientos.



Figura 40: Trampa de melaza. Fuente: Camposol S.A.

Para el monitoreo y control de *Prodiplosis* adultos, se colocan trampas de plástico transparentes, a razón de dos trampas por hectárea. La mezcla utilizada para untar en las trampas está compuesta de 1 L de aceite natural por cada litro de agua. El mantenimiento es diario; posteriormente es una vez por semana.

Para el control de *Elasmopalpus*, se recomienda el “manteo”, o barrido de campo con una manta, de preferencia de malla anti áfidos, que permite atrapar adultos en vuelo. Otra opción recomendable es el uso de feromonas para la captura de adultos.

3.8.4. Control químico

Las actividades de control químico durante la instalación del cultivo se explicaron previamente en este documento en la descripción de siembra.

El control químico está supeditado a las evaluaciones de plagas que se realiza con cierta frecuencia; depende de la etapa fenológica y de la incidencia de las plagas (Figura 38, Figura 39). La forma de aplicación depende de la disponibilidad de equipos adecuados, momento del día, tiempo atmosférico, plaga a controlar, etc. Un ejemplo de aplicación de agroquímicos es el uso del “aguilón” (Figura 41), una estructura que permite aplicar con micro pulverizadores de cuatro a seis surcos por viaje.



Figura 41: Aplicación de agroquímicos mediante el uso de tractor y *aguilón*.

En la Tabla 15 se incluye un programa tentativo de aplicaciones de insecticidas químicos utilizadas en Camposol S. A

Tabla 15: Productos agroquímicos utilizados para el control de plagas en Camposol S. A.

Nombre comercial	Ingrediente activo	Toxic.	Reing. (horas)	U.A.C. (día)	Dosis min. (unid/h)	Dosis máx. (unid/ha)	Conc.		Momento de aplicación	Plaga	
							Mín (%)	Máx (%)		Nombre común	Nombre científico
Lorpyfos	Clorpirifos	Moder. tóxico	24	60	0.2	0.5	0.1	0.25	Brotamiento, ramificación, apertura.	Mosquilla de los brotes.	<i>Prodiplosis sp.</i>
Agromil 48 CE	Clorpirifos	Moder. tóxico	24	60	0.8	1.2	0.15	0.25	Aplicación Tipo drench: Brotamiento, ramificación, apertura y floración.	Elasmopalpus	<i>Elasmopalpus sp.</i>
Clorpirifos48EC	Clorpirifos	Moder. tóxico	24	60	0.8	1.5	0.15	0.25	Aplicación Tipo drench: Brotamiento, ramificación, apertura y floración.	Elasmopalpus	<i>Elasmopalpus sp.</i>
Clorfos 48 CE	Clorpirifos	Moder. tóxico	24	60	0.5	1	0.25	0.3	Cebo líquido: Tercio superior del follaje, el 20% del área (Desmanche).	Elasmopalpus	<i>Elasmopalpus sp.</i>
Dorsan 48 EC	Clorpirifos	Moder. tóxico	24	7	0.4	0.5	0.25	0.3	Aplicación en cebo sólido al suelo, al follaje o al tercio superior.	Gusano de tierra.	<i>Agrotis sp.</i>
Imidacloprid 35% SL / Lancer/ Imidamin	Imidacloprid	Moder. tóxico	24	60	0.1	0.45	0.035	0.125	Brotamiento, ramificación y apertura.	Mosquilla de los brotes.	<i>Prodiplosis sp.</i>
Proclaim 5 SG/ Emamectin benzoato 5% SG	Emamectin Benzoato	Lig. Tóxico	24	7	0.1	0.2	0.02	0.05	Brotamiento, ramificación y apertura, floración, maduración.	Spodoptera, Heliothis.	<i>Spodoptera sp.</i> <i>Heliothis sp.</i>
Absolute 60 SC	Spinetoram	Lig. Tóxico	24	35	0.1	0.25	0.02	0.05	Brotamiento, ramificación y apertura.	Spodoptera	<i>Spodoptera sp.</i>
Abamectina 1.5%	Abamectina + <i>B. thuringiensis</i>	Moder. tóxico	24	3	0.8	1.2	0.15	0.25	Brotamiento, ramificación, apertura, madurez.	Spodoptera	<i>Spodoptera sp.</i>
Tornado WP	Abamectina + <i>B. thuringiensis</i>	Moder. tóxico	24	3	0.8	1.2	0.15	0.25	Brotamiento, ramificación, apertura, madurez.	Spodoptera	<i>Spodoptera sp.</i>
Bacillus Thuringiensis 0.5% WP	Abamectina + <i>B. thuringiensis</i>	Moder. tóxico	24	3	0.8	1.2	0.15	0.25	Brotamiento, ramificación, apertura, madurez.	Spodoptera	<i>Spodoptera sp.</i>
Lannafarm 90 PS	Methomyl	Alt. Tóxico	48	2	0.1	0.3	0.05	0.1	Previo al corte de cosecha	Trips	<i>Trips sp.</i>
Dethomil90 PS	Methomyl	Alt. Tóxico	48	2	0.1	0.3	0.05	0.1	Previo al corte de cosecha	Trips	<i>Trips sp.</i>
Nala-T	Methomyl	Alt. Tóxico	48	2	0.1	0.3	0.05	0.1	Previo al corte de cosecha	Trips	<i>Trips sp.</i>
Supermil 90 PS	Methomyl	Alt. Tóxico	48	2	0.1	0.3	0.05	0.1	Previo al corte de cosecha	Trips	<i>Trips sp.</i>
Methomyl 90 PS	Methomyl	Alt. Tóxico	48	2	0.1	0.3	0.05	0.1	Previo al corte de cosecha	Trips	<i>Trips sp.</i>
Pantera Procesado PS	Azufre	Ligeramente Tóxico	--	--	20	50	--	--	Brotamiento, ramificación, apertura, maduración y cosecha.	Mosquilla de los brotes, Araña roja	<i>Prodiplosis sp.</i> <i>Tetranychus sp.</i>
Fungisulf DP 400	Azufre	Ligeramente Tóxico	12	5	20	50	--	--	Brotamiento, ramificación, apertura, maduración.	Mosquilla de los brotes, Araña roja.	<i>Prodiplosis sp.</i> <i>Tetranychus s.</i>

Nota: "LIG." = Ligeramente, "MODER." = Moderadamente, "ALT." = Altamente, "TOXIC." = Toxicología, "REING." = Horas mínimas requeridas para el reingreso seguro a campo, "U. A. C." = Última aplicación antes de la cosecha, "CONC." = Concentración.

Tabla 16: Productos biológicos utilizados para el control de plagas en Camposol S. A.

Nombre comercial	Ingrediente activo	Toxicología	Reing. (horas)	U.A.C. (día)	Dosis mín. (unid/ha)	Dosis máx. (unid/ha)	Conc. Mín (%)	Conc. Máx (%)	Momento de aplicación	Plagas
BT Mi Perú WP/BiobithHP WP/Dipel 54 WG/Laojita	<i>Bacillus thuringiensis</i> var. Kurstaki	Ligeramente toxico	S/R	S/R	0.5	2.5	0.25	0.5	Brotamiento, ramificación, apertura, floración, maduración y cosecha, principalmente	Defoliadores noctuidos.
Biospore 6.4% PM	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Ligeramente toxico	S/R	S/R	0.5	2.5	0.1	0.125	Brotamiento, ramificación, apertura, floración, maduración y cosecha, principalmente.	Defoliadores noctuidos.
Extracto natural de ají	Extractos de ajo - ají	N/A	S/R	S/R	2	10			Brotamiento, ramificación, apertura, floración, maduración y cosecha, principalmente	Mosquilla de los brotes, <i>Spodoptera</i> sp., Trips, Mosca blanca
Barbafol - L	Extracto de Barbasco	Ligeramente Tóxico	S/R	S/R	0.5	1.5	0.15	0.3	Brotamiento, ramificación, apertura, floración, maduración y cosecha, principalmente	Mosquilla de los brotes
Barbafol 10WP	Extracto de Barbasco	Ligeramente Tóxico	S/R	S/R	1.5	3	0.15	0.3	Brotamiento, ramificación, apertura, floración, maduración y cosecha, principalmente	Trips, mosca blanca
Pro Phyt	Extractos de ajo	N/A	S/R	S/R	0.3	0.5	0.1	0.25	Brotamiento, ramificación, apertura, floración, maduración y cosecha, principalmente	Mosquilla de los brotes, <i>Spodoptera</i> , Trips, Mosca blanca
<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>		N/A	S/R	S/R	5	10	--	--	Todo el cultivo	Mosca blanca
Nemátodos entomopatógenos		<i>Heterorhabditis</i> sp.	S/R	S/R	100 millones	120 millones	--	--	Todo el cultivo	Mosquilla de los brotes, Lepidópteros, Proarna, Gusano de tierra
Crisopas		<i>Chrysoperla carnea</i>	S/R	S/R	6 mill	10 mill	--	--	Todo el cultivo	Mosquilla de los brotes, Mosca blanca, Lepidópteros, y Trips.

Nota: "REING." = Horas mínimas requeridas para el reingreso seguro a campo, "U. A. C." = Última aplicación antes de la cosecha, "CONC." = Concentración.

3.8.5. Control biológico

El control biológico es clave en el manejo integrado de las plagas, por su mayor inocuidad y menor toxicidad y cantidad de residuos que los productos agroquímicos. Se adjunta una lista de productos y/o insectos benéficos para el control de algunas plagas (Tabla 16). Es importante entender que este control requiere de mayor persistencia y no posee un efecto inmediato; por ende, se recomienda trabajar preventivamente.

3.9. Manejo de enfermedades

Al igual que el MIP, existe un Manejo Integrado de Enfermedades (MIE), que se debe aplicar a lo largo del cultivo. Al inicio del cultivo no se debería presentar problemas radiculares por la desinfección del material vegetal al inicio de la siembra. El manejo del riego es de suma importancia para evitar las condiciones favorables de las enfermedades en todas las etapas del cultivo.

Por las condiciones de alta humedad relativa en la zona, el manejo de manchas foliares es preventivo. La enfermedad foliar principal es la mancha foliar causada por *Stemphylium vesicarium* Wallr. Esta enfermedad desplazó a la roya del espárrago (*Puccinia asparagi* DC), que al inicio del proyecto fue devastador. La mancha foliar causada por *Cercospora asparagi* Sacc. también tiene una alta incidencia en la irrigación, pero de menor trascendencia que el primero.

La enfermedad radicular más importante es la marchitez y pudriciones de corona y raíces causado por *Fusarium oxysporum* Schlecht f. sp *asparagi* Cohen, que es la responsable de que las plantaciones en la irrigación sólo tengan una vigencia comercial de no más de nueve años. *F. oxysporum* causa marchitez en la corona y raíces obstruyendo los vasos conductores, ocasionando la muerte de plantaciones enteras, si no es bien controlada. Esta infección interactúa con la infestación de nemátodos (*Meloidogyne* spp.) al servir de puerta de entrada para el hongo. Al respecto, existen trabajos de investigación importantes donde se evalúa la interacción entre diferentes cultivares de espárrago frente a *F. oxysporum* y *M. incognita* (Kofoid & White) (Talledo, 2016).

En la siguiente lista, se muestra el plan tentativo de control químico utilizado en Camposol S. A. (Tabla 17).

Tabla 17: Productos agroquímicos utilizados para el control de enfermedades en Camposol S. A.

Nombre comercial	Ingrediente activo	Toxic.	Reing. (horas)	U.A.C. (día)	Dosis mín. (unid/ha)	Dosis máx. (unid/ha)	Conc. Mín (%)	Conc. Máx (%)	Momento de aplicación	Enfermedad	
										Nombre común	Nombre científico
Thalonex 500 F/ Talonil 500 SC/ Clorotalonil 500 SC	Clorotalonil	Moder. Tóxico	24	15	0.7	1.5	0.2	0.25	Ramificación, apertura y maduración.	Mancha Foliar	<i>Cercospora</i> sp. <i>Puccinia</i> sp. <i>Stemphyllium</i> sp.
Zetron 720 SC/ Daconil 720 SC	Clorotalonil	Moder. Tóxico	24	15	0.8	1	0.1	0.125	Ramificación, apertura y maduración.	Mancha Foliar	<i>Cercospora</i> sp. <i>Puccinia</i> sp.
Score 250 EC/ Difenconazole	Difenconazole	Moder. Tóxico	48	30	0.3	0.5	0.05	0.1	Apertura, floración y maduración.	Mancha Foliar	<i>Stemphyllium</i> sp., <i>Puccinia</i> sp.
Kresoxin-metil 50% WG/ Strobil DF	Kresoxim metil	Lig. Tóxico	24	45	0.15	0.2	0.03	0.035	Apertura, floración y maduración.	Mancha Foliar	<i>Cercospora</i> sp. <i>Stemphyllium</i> sp.
Dithane F-MB/ S-kekura/ Escudo 80 PM/ Manzeb /Novagro AG SC/ Manganeb Pus	Mancozeb	Lig. Tóxico	24	30	0.5	2	0.2	0.25	Cada 7 a 15 días, según las condiciones climáticas.	Mancha Foliar	<i>Cercospora</i> sp. <i>Stemphyllium</i> sp.
Polyram DF	Metiram	Lig. Tóxico	24	28	0.8	2	0.2	0.25	Cada 7 a 15 días, según las condiciones climáticas.	Mancha Foliar	<i>Cercospora</i> sp. <i>Stemphyllium</i> sp.
Antracol 70% PM	Propineb	Lig. Tóxico	24	30	0.5	2	0.2	0.25	Cada 7 a 15 días, según las condiciones climáticas.	Mancha Foliar	<i>Cercospora</i> sp. <i>Stemphyllium</i> sp.
Orius 25 EW/ Tebuconazole 25% EW/ Orion 25 EW	Tebuconazole	Lig. Tóxico	24	35	0.3	0.5	0.05	0.1	Apertura, floración y maduración.	Mancha Foliar	<i>Cercospora</i> sp., <i>Puccinia</i> sp.
Homai W.P.	Thiophanate Methyl + Thiram	Lig. Tóxico	24	60	0.5	1.2	--	--	Brotamiento y Ramificación.	Chupadera	<i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Rhizoctonia solani</i>

Nota: "LIG." = Ligeramente, "MODER." = Moderadamente, "TOXIC." = Toxicología, "REING." = Horas mínimas requeridas para el reingreso seguro a campo, "U. A. C." = Última aplicación antes de la cosecha, "CONC." = Concentración.

3.10. Manejo de malezas

La actividad de manejo y/o control de las malezas requiere de un momento oportuno, aunque lamentablemente este momento oportuno sea corto. La aplicación de herbicidas debe realizarse al séptimo y décimo cuarto día del inicio del cultivo después de la cosecha o del chapodo de formación, ya que después ocasiona quemaduras en el follaje. Normalmente, las aplicaciones de herbicidas coinciden con los programas de desaporque y controles químicos de las plagas, por lo que las aplicaciones de herbicidas van quedando rezagadas, lo que hace más difícil el control posterior cuando las malezas son más grandes o cuando el cultivo tiene filocladios (apertura). Por otro lado, se debe tener en cuenta los distintos tipos de maleza (hoja ancha, hoja angosta, pre emergente, post emergente, etc.) para determinar cuál es la mejor molécula (ingrediente activo) para un mejor control.

Algunos lineamientos para una mejor eficiencia en el manejo de malezas en la irrigación son los siguientes:

- Se debe realizar un riego previo a la aplicación de herbicidas.
- Después de la aplicación del herbicida no regar por un mínimo de 3 días, para evitar un transporte de la molécula con la escorrentía.
- El intervalo entre aplicación de herbicidas debe ser un mínimo de 7 días.
- El cultivo debe estar libre de malezas unos 15 a 20 días antes de chapodo.
- El pH óptimo para la aplicación de herbicidas es de 5 a 6.
- Se deben realizar constantes ensayos de efectividad e inocuidad de los ingredientes activos, sobre todo de los nuevos productos.

A continuación, se describe el principio de algunos herbicidas para cada diferente tipo de malezas (Tabla 18). Son herbicidas usados incluso en años lluviosos, donde la maleza no da tregua y puede causar mucho daño, sobre todo a una plantación de joven.

El *Quizalofob* es un herbicida sistémico post emergente para plantas de hoja angosta. Una vez dentro de la planta, penetra a sus tejidos, se propaga a través de ella e inhibe su desarrollo posterior. Su crecimiento se detiene inmediatamente después del contacto con el herbicida, y el resultado ya es visible al cuarto día. Las malas hierbas mueren por completo dentro de las tres semanas posteriores a la aplicación. Se recomienda aplicar cuando la maleza tiene

menos de 5 cm. En malezas de hojas ancha, no funciona cuando la maleza tiene más de 3cm. Se recomienda la combinación de Quizalofob con un herbicida para hojas ancha

El *Linuron* es un herbicida pre y post emergencia; controla malezas de hoja ancha y angosta, pero no controla las malezas de raíces profundas o con rizomas. Se fija en las capas superficiales del suelo (3-5 cm), y actúa en la zona donde se desarrollan la mayoría de las semillas de las malezas, sin afectar el cultivo. Su acción perdura de 1 a 4 meses según dosis aplicada y las características del suelo (textura).

El *Metribuzin* es un herbicida de acción sistémico y residual. Se puede aplicar en pre y post-emergencia y posee un amplio espectro de control de malezas. Se absorbe por las raíces y el follaje, y actúa mediante el bloqueo de la fotosíntesis. Este ingrediente activo se degrada en el suelo, de modo tal que no existe ningún riesgo de acumulación. Los suelos de gran contenido de arcilla y humus requieren una dosificación más elevada.

El *Paraquat* es un herbicida no selectivo, de contacto (quemante) y de amplio espectro, capaz de controlar todo tipo de malezas de hoja ancha, gramíneas (anuales y perennes) y ciperáceas. Una gran ventaja del paraquat es que se inactiva rápidamente, lo cual facilita la siembra de nuevos plantines poco después de aplicar el producto.

Tabla 18: Productos agroquímicos utilizados para el control de malezas en Camposol S. A.

Nombre comercial	Ingrediente activo	Toxic.	Reing. (horas)	U.A.C. (día)	Dosis mín. (unid/ha)	Dosis máx. (unid/ha)	Conc. Mín (%)	Conc. Máx (%)	Momento de aplicación	Maleza
Metribuzin 48% SC / Metribec 48 SC / Sencor 480 SC	Metribuzina	Moder. Tóxico	24	14	0.2	0.4	0.1	0.2	Brotamiento y ramificación.	Maleza de hoja ancha y angosta.
Herbacil 700WG	Metribuzina	Moder. Tóxico	24	21	0.1	0.2	0.05	0.1	Brotamiento y ramificación.	Maleza de hoja ancha y angosta.
Centurión/ Clethodim 12% EC	Clethodim	Lig. Tóxico	24	15	0.35	0.6	0.1	0.25	Brotamiento y ramificación.	Maleza hoja angosta.
Proturon 50 PM/ Linurex 50 SC / Linuron	Linuron	Lig. Tóxico	24	15	0.6	1	0.2	0.3	Brotamiento y ramificación.	Maleza hoja ancha.
FuroreI/Fenoxaprop P-etil	Fenoxaprop P-etil	Moder. Tóxico	24	30	0.3	0.6	0.1	0.25	Brotamiento y ramificación.	Maleza hoja angosta.
Basta	Glufosinato amonio	Moder. Tóxico				1.5 - 2.0			Antes de siembra	Coquito
Aceite natural	Aceite de soya	--				0.35 - 0.5			Antes de siembra	(<i>Cyperus rotundus</i>)

Nota: “LIG.” = Ligeramente, “MODER.” = Moderadamente, “TOXIC.” = Toxicología, “REING.” = Horas mínimas requeridas para el reingreso seguro a campo, “U. A. C.” = Última aplicación antes de la cosecha, “CONC.” = Concentración.

3.11. Problemáticas en la producción y propuestas de innovación

3.11.1 Principales problemáticas del cultivo en la irrigación

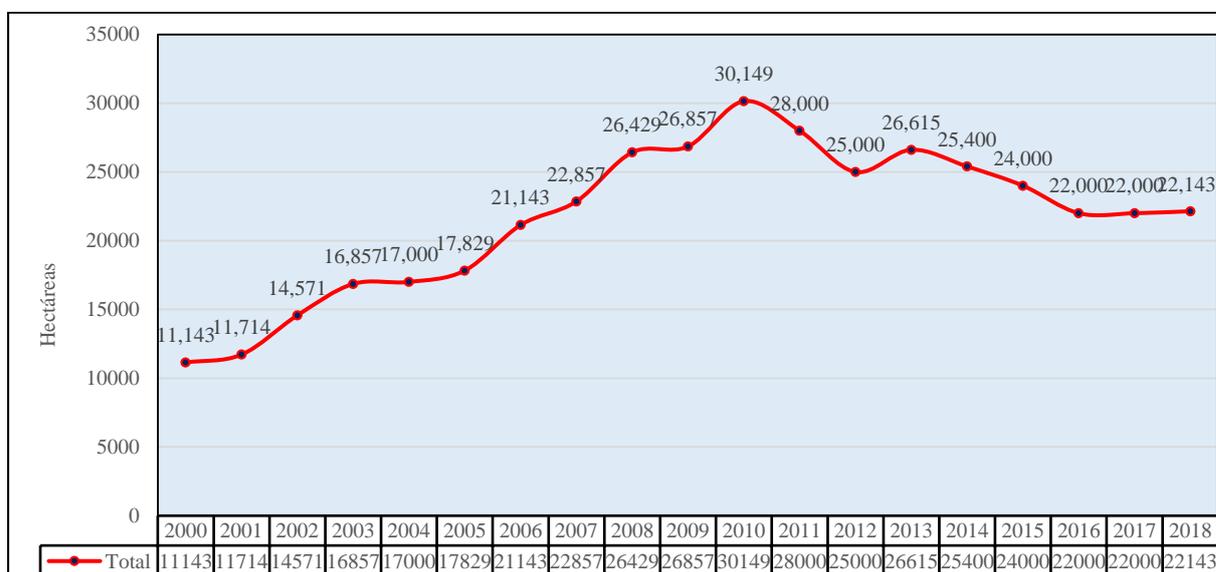


Figura 42: Áreas nuevas de espárrago a nivel nacional en hectáreas.

Fuente: Junta de Usuarios de Riego Presurizado; Proyecto Chavimochic – Trujillo – Perú, 2019.

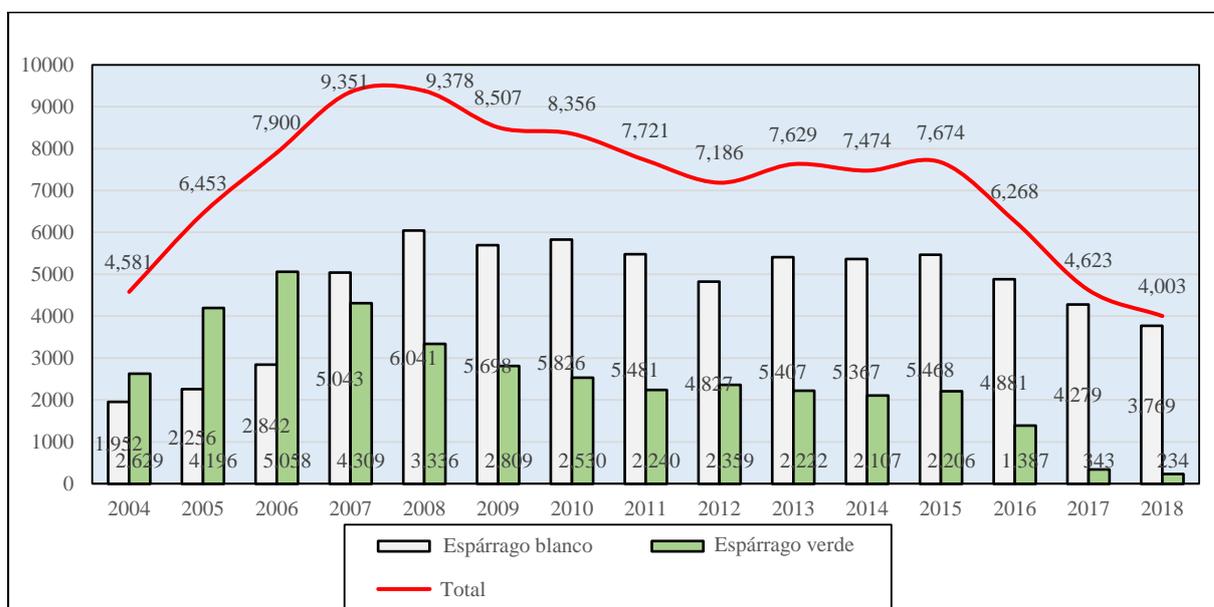


Figura 43: Áreas nuevas de espárrago en la costa norte, por tipo de espárrago y en hectáreas.

Fuente: Junta de Usuarios de Riego Presurizado; Proyecto Chavimochic – Trujillo - Perú, 2019.

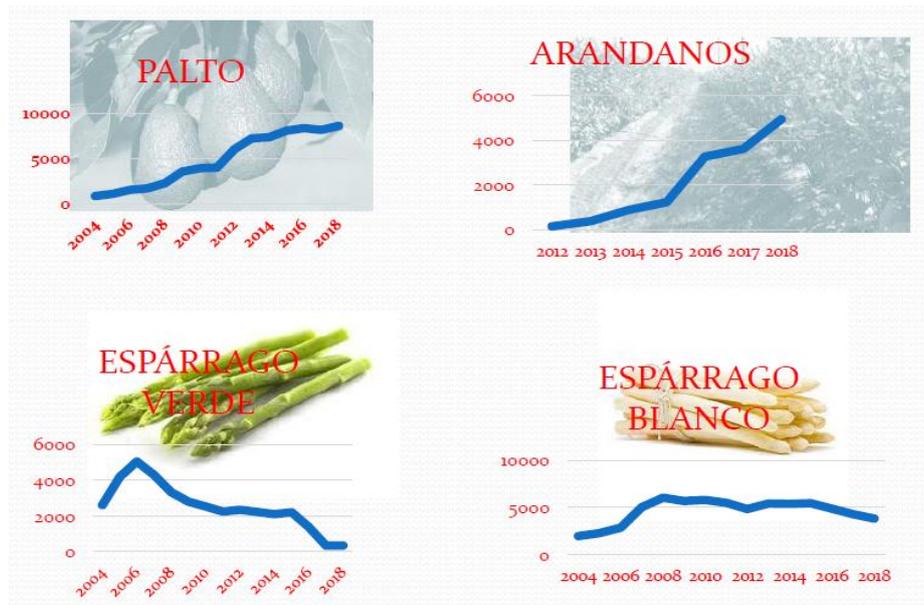


Figura 44: Área total de los cultivos más importantes en la Irrigación Chavimochic.

Fuente: Junta de Usuarios de Riego Presurizado; Proyecto Chavimochic – Trujillo - Perú, 2019

La siembra de nuevas áreas de espárrago alcanzó sus máximos nacionales en el año 2010, año en el que empezó a disminuir; no obstante, las nuevas siembras se habían reducido regionalmente dos años antes. En cuanto a la irrigación, el área total de espárrago verde decae considerablemente desde el año 2006, mientras que la de espárrago blanco se mantiene sustancialmente desde el año 2008, aunque con un decrecimiento continuo desde el 2015 (Junta de Usuarios de Riego Presurizado; Proyecto Chavimochic, 2019, comunicación personal). Existen diversos motivos por los cuales la producción de espárrago en las empresas decayó hasta el punto en que fue desplazado paulatinamente por otros cultivos. Las principales razones técnicas que explican por qué se dio este declive fueron:

3.11.2 Vida útil y falta de área útil

La producción quedó estancada por la antigüedad de la plantación y el final de su vida útil (costa norte peruana, de 7 a 10 años; costa sur, de 12 a 15 años). Según Apaza (2020), el 61 por ciento de las plantaciones de espárrago eliminadas en la Irrigación Chavimochic han tenido una edad superior a los 10 años, por lo que fueron áreas de bajos rendimientos que afectaron a la productividad global del cultivo en la irrigación.

Por otro lado, es inviable volver a sembrar espárrago en el mismo terreno debido al efecto alelopático de las raíces. Todo ello fuerza a buscar áreas de suelo virgen para sembrar el cultivo, escasos en la irrigación o con grandes inversiones para llevar agua. Por último, la

escasez de agua en la irrigación y los altos volúmenes demandados por el cultivo no hace sino agravar la situación, ya que se opta por cultivos de menor consumo hídrico.

3.11.3 Oportunidades de mejora en el manejo del cultivo

En los inicios de la operación, la curva de aprendizaje en el cultivo permitió conocer ciertas oportunidades de mejora en el manejo del espárrago en la irrigación, sobre todo el manejo del riego y de la sanidad. Un mal riego en defecto o, sobre todo, en exceso arremete directamente en el rendimiento y la sostenibilidad del cultivo.

En particular, cuando el espárrago se riega muy poco, la planta no genera una buena apertura de filocladios, son cortos. En la etapa de formación y maduración de las yemas, no se forman bien y quedan escamosas, sin buen llenado, engorde o maduración; en cosecha, estas serán de calibre delgado.

Cuando se riega en exceso, se generan condiciones de hipoxia en el suelo, lo que genera que la corona crezca en forma vertical paulatinamente, en busca de mejores condiciones de aireación. Por el exceso de humedad también llegan a morir algunos racimos (puntos de crecimiento), que se traduce en el despoblamiento de plantas, y, por ende, menor rendimiento (Figura 46, Figura 46, Figura 47).



Figura 45: Efecto de la baja humedad en el suelo en yemas de espárrago por déficit de riego. Se pueden apreciar la falta de puntos de crecimiento y yemas escamosas (no egordan).



Figura 46: Efecto del exceso de humedad y condiciones de hipoxia en el suelo en yemas de espárrago por abuso de riego. Se puede observar la pudrición de la corona y el apilamiento de las yemas.



Figura 47: Efecto del exceso de humedad en la parte aérea del cultivo, con claros indicios de despoblamiento.

Por otro lado, el exceso de riego aumenta la susceptibilidad hacia problemas sanitarios. La alta humedad induce la proliferación de hongos como *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi*, y del nemátodo *Meloidogyne incognita*, que ocasionaban muerte de plantas y/o deterioraban la población y los rendimientos. El exceso de humedad en el ambiente, propio en la zona, aunado a un microclima más húmedo, induce el aumento del ataque de *Stemphyllium vesicarum*.

No obstante, el mayor de todos los problemas derivados del exceso del riego es el incremento poblacional excesivo de *Prodiplosis longifila* debajo de la parte aérea del cultivo. Esta mosquilla, tal como se mencionó en capítulos anteriores, deforma los brotes del espárrago de tal manera que los tallos no pueden generar una buena canopia para la campaña, y se reduce el rendimiento de la cosecha y las reservas en la corona (Fig.49). Además, el control de esta plaga suele ser poco eficaz y específico para reducir poblaciones altas. Los niveles de esta plaga clave se elevaron desde el año 1998 a niveles nunca vistos, lo que terminó por debilitar la plantación y reducir considerablemente su vida útil, como se explica en el punto anterior.



Figura 48: Ataque severo de *Prodiplosis longifila* en las primeras semanas del cultivo.

Fuente: Camposol S. A.

3.11.4 Amenazas internas y externas

Dados los acontecimientos del año 2017 (año del Fenómeno El Niño Costero), hubo una reducción de la producción por pérdida de áreas y rendimiento, con el consiguiente aumento de los precios de venta. Esto aumentó el área sembrada para el año siguiente en un 3%; sumado al aumento del rendimiento por condiciones más favorables, ocasionó una baja de precios considerable por la sobreoferta. La aparición de otros cultivos rentables adecuados para la zona como el arándano ocasionaron también su desplazamiento de las áreas de la irrigación.

Por último, la aparición de competidores internacionales con ventajas comparativas importantes, como algunos países africanos y, sobre todo, México (por su cercanía a Estados Unidos como principal cliente) ha ocasionado, en conjunto, una reducción del área destinada a la producción de espárrago.

3.11.5 Propuestas de mejora

Dadas las nuevas tendencias y problemáticas actuales, además de la experiencia acumulada a lo largo de los años durante el trabajo en el cultivo del espárrago, los principales retos para el cultivo del espárrago en los años futuros son:

- Aumento del costo de la mano de obra.
- Cambios climáticos.
- Prohibición progresiva de algunas moléculas utilizadas para el manejo fitosanitario.
- Escasez de insumos y fertilizantes.
- Agua más escasa y cara.

Frente a ello, en este capítulo, la autora propone algunas alternativas de mejora para la producción de espárrago y una agricultura más sostenible.

A. Tipos de instalación

Los diferentes tipos de instalación tienen ciertas características y ofrecen ventajas y desventajas acorde con las condiciones del terreno, disponibilidad de infraestructura, maquinaria, mano de obra, semilla, etc. (Dubon, 2020). En la Tabla 19, se hace un resumen de las características de cada uno de los tipos de instalación.

Tabla 19: Comparación de los tipos de instalación.

	Factores	Corona	Trasplante (almácigo)	Siembra directa
Condición de instalación	Adecuación en terreno pesado	Muy buena	Regular	Deficiente
	Necesidad de riego por goteo	No requiere	Requiere	Decisivo
	Dificultad de control de malezas	Baja	Media	Alta
Durante la instalación	Cantidad de horas en establecimiento en terreno	50 h	30 h	10 h
	Dificultad en instalación	Alta	Media	Baja
Desarrollo de raíces	Desarrollo horizontal de raíces	Excesivo	Media	Baja
	Desarrollo vertical de raíces	Bajo	Media	Alta
	Profundidad de raíces al primer año	0.4	0.6	0.8
	Profundidad de raíces al quinto año	0.6	1.2	2.0
	Vida comercial	8 años	10 años	12 años

Fuente: Modificado de Dubon, 2020, Asparagus Days N°2.

- Germinación directa: Aunque es un método muy poco utilizado en el espárrago en las condiciones de Perú, bajo la experiencia en otros países, por ejemplo, del sur de África, se puede realizar la siembra directa en campo para salvar algunas limitantes que requieren los otros tipos de siembra. Las principales limitantes es la falta de proveedores de coronas para trasplante en la zona o los inconvenientes de armar una estructura idónea para el trabajo con almácigos (vivero), por falta de tiempo o recursos. Las principales ventajas de este tipo de siembra radican en el ahorro de tiempo, recursos, logística y personal comparado con otro tipo de siembra. Sin embargo, es necesario hacer una resiembra en los espacios donde las semillas no prosperaron.

B. Innovación en maquinaria

Actualmente se encuentran en el mercado maquinarias especializadas en el manejo del terreno necesario para el cultivo del espárrago. Si bien las máquinas actuales realizan las mismas tareas en líneas generales, estas ofrecen ciertos beneficios, como un movimiento de tierra más homogéneo y profundo, automatización, mayor eficiencia del trabajo, menor cantidad de horas-máquina y horas-hombre necesarias, y mayor ajuste a las diferentes condiciones de campo. Destacan entre ellas, las *incorporadoras* de materia orgánica, las máquinas para gradar el suelo, las formadoras de camellones, las instaladoras de cobertura o *mulch*, los incineradores de broza y las cosechadoras de turiones.



Figura 49: *Incorporadora* de materia orgánica. Permite incorporar la materia orgánica hasta 100 cm de profundidad.



Figura 50: Aporcador de última tecnología.

Fuente: COSMECO, 2019, Asparagus Days N°1.



Figura 51: Cosechadoras automáticas.

Fuente: Duprat, 2019, Asparagus Days N°1.

C. Manejo sostenible del riego y suelo

Tanto porque es un bien escaso como porque su exceso puede ser contraproducente para la plantación, el manejo del recurso hídrico es vital para asegurar una producción sostenible del espárrago. Un buen manejo del riego se puede expresar en yemas de calidad y abundante enraizamiento (Figura 52, Figura 53).

Después del desaporque, se recomienda no regar por lo menos durante una semana, puesto que la humedad del suelo debe ser suficiente para permitir la emergencia de los primeros brotes. Durante el inicio del ciclo productivo, la planta no posee las estructuras que le permitan transpirar, por lo que el riego debe ser mínimo. A medida que la estructura aérea crece, debería aumentar el K_C (coeficiente del cultivo), hasta ser de 100% durante la floración. Cuando apertura un segundo brote, se debe considerar un porcentaje adicional en el K_C para compensar la transpiración por la mayor área foliar. Cuando se llega a la madurez, se debe bajar el K_C , hasta llegar a los valores previos a la cosecha. En resumen, el análisis del riego debe ser integral, mediante el uso del coeficiente del cultivo, las condiciones meteorológicas y un análisis visual y exhaustivo de la zona aérea y zona radicular, no solo se puede servir de fórmulas a repetirse campaña tras campaña. Aunque el cultivo sea resistente al déficit hídrico, ese estrés se traduce en menores rendimientos en la producción.

Por último, la correcta preparación del terreno no debe pasarse por alto. La preparación del terreno debe realizarse de manera homogénea a una profundidad de 60 a 120 cm, ya que la raíz debería llegar hasta esos niveles. Esta preparación debe ser enriquecida lo máximo posible con fuentes de materia orgánica externas, mediante el uso de maquinaria especializada (Figura 49). Además, se evita el ascenso de la corona en el terreno, lo que se traduce en un mayor volumen de suelo incorporado en el aporque, que permite a la planta generar raíces profundas y prolongar su vida útil.



Figura 52: Unas yemas sanas aseguran, en gran medida, un alto rendimiento en la siguiente cosecha.



Figura 53: Un buen enraizamiento es signo de un correcto riego y buena preparación del terreno.

D. Uso de nuevas tecnologías

El uso de vehículos aéreos no tripulados (*drones*), cámaras especiales, imágenes satelitales y demás, definen zonas vulnerables del cultivo, estrés hídrico y nutricional, ataque de plagas y enfermedades, etc. El uso de estas tecnologías permite diagnosticar a la unidad agrícola desde distintos puntos de vista o bajo una longitud de onda prácticamente imposibles de ver durante evaluaciones rutinarias, con lo que se puede tomar medidas correctivas o preventivas del manejo (Dubon, 2021, Figura 54).

Por otro lado, nuevas tecnologías se están haciendo patentes en el control de plagas y enfermedades. Se han desarrollado tecnologías como trampas para monitorear esporas de hongos en el campo, lo que mejora el análisis de la distribución espacial del inóculo y permite un mejor control sanitario (Figura 55).

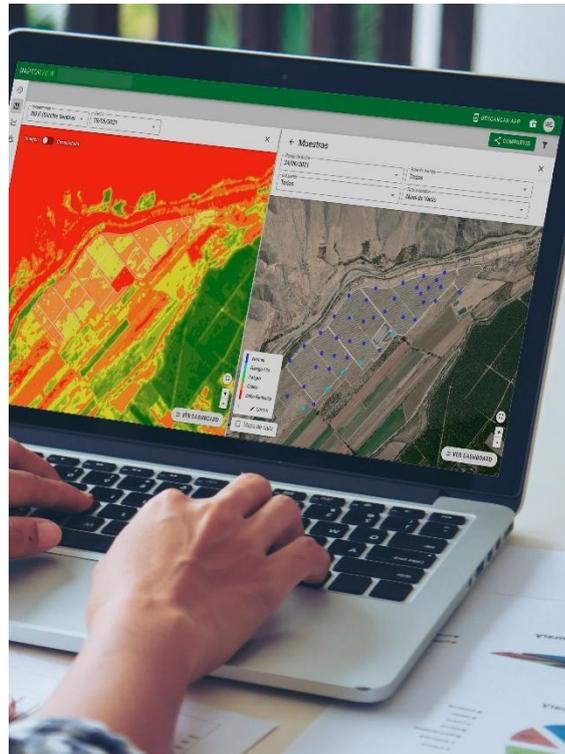


Figura 54: Interfaz de usuario para análisis de datos.

Fuente: Space AG.



Figura 55: Trampa para monitoreo de esporas.

Fuente: A. Lachapelle, 2020.

E. Nuevos cultivares

Se ha desarrollado cultivares a la medida, para diferente situación y condición, sobre todo para el clima de países europeos. En Perú, no todos estos cultivares se adaptan adecuadamente, sobre todo por temas de calidad del turión. No obstante, es de vital importancia un recambio de cultivares en un mediano plazo para mejorar la calidad frente a competidores locales y foráneos. Por otro lado, al diversificar el pool de cultivares, se busca evitar generar resistencia a enfermedades por presión de selección.

Estos son los criterios que se deben seguir para la elección de cultivares nuevos (Dubon, 2019):

- Productividad total, medida en rendimiento.
- Productividad medida en el tiempo de cosecha, es decir, en cuántas semanas se cosecha toda la producción. Esto se traduce en el costo de la actividad.
- Precocidad de la cosecha: se debe buscar cultivares más precoces.
- Calibre del turión: De 16 a 30 mm, se debe buscar la menor proporción de turiones fuera de estos valores.
- Calidad del turión: sobre todo la calidad de la punta (*tip*), que debe ser cerrada y definida. La cosecha debe ser homogénea.
- Estructura aérea de la planta: Una planta erecta permite una mejor aireación de la canopia, lo que reduce el peligro potencial de las enfermedades fúngicas.
- Resistencia a enfermedades: en especial, a *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi*, *Stemphylium vesicarium*, *Puccinia asparagi* y *Botrytis cinerea*.

- Tolerancia a condiciones desfavorables de suelo, clima y estrés hídrico.
- Características organolépticas deseables como buen color, olor y sabor del turión.

Por último, cabe resaltar a los híbridos *supermachos*. El espárrago es una planta dioica, con plantas masculinas y femeninas. Estas últimas destinan una cantidad de sus reservas acumuladas en la campaña para la fructificación, por lo que, en la práctica, los cultivares seleccionados 100% machos (o *supermachos*) suelen ser más productivos y precoces.

Desarrolladoras destacadas de cultivares de espárrago son Bejo, Global Plant Genetics, Planasa, Limgroup, Apofrut, Coviro, etc.

F. Manejo de la canopia y densidad de la plantación

En el Perú, se suele sembrar a un distanciamiento de 2 a 2.5 metros y a una profundidad mayor de 20 cm para buscar la mayor densidad posible para un mejor rendimiento y a la vez, asegurar el suelo para los futuros aporques. Sin embargo, según las experiencias en otras zonas productivas, el aumento de la distancia entre hileras, sembrando a doble hilera y a nivel de suelo (o incluso en camas de 5, 10 cm o más en zonas lluviosas), otorga algunas ventajas como (C. Befve, comunicación personal, 2018):

- Evitar la competencia entre hileras de plantas por tierra y radiación.
- Mayor aireación de la plantación, que evita la proliferación de plagas enfermedades.
- Mayor acceso para el personal y maquinaria a la plantación, para las labores y control sanitario.
- Mayor disponibilidad de tierra para el aporque.
- Mejor control de malezas.
- Mayor tiempo de vida comercial de la plantación.
- Menor gasto en cosecha: Una plantación a 2 metros entre hilera requiere un recorrido de 5000 metros por hectárea para su cosecha, por otro lado, una plantación a 3.3 metros requiere de un recorrido de 3000 metros, lo que implica un alto ahorro en costos.
- Rendimiento potencial: En la Tabla 20, se detalla el rendimiento promedio de plantaciones bajo distintos contextos productivos, según el distanciamiento utilizado.



Figura 56: Un mayor distanciamiento entre dobles otorga numerosas ventajas en el cultivo.

Fuente: C. Befve, 2018, comunicación personal.

Tabla 20: Rendimiento y vida útil promedio de 55 esparragueras en 18 países a lo largo de 13 años sembrados a doble hilera. Fuente: Befve, 2018, comunicación personal.

Año	D = 2.0 m (kg/ha)	D = 3.3 m (kg/ha)
1996	1500	1600
1997	4100	4200
1998	6800	7000
1999	8200	8500
2000	10100	10300
2001	10200	10800
2002	9500	11200
2003	8000	11100
2004	6200	10200
2005	4800	9200
2006	3200	7800
2007	0	6500
2008	0	5100
TOTAL	72600	103500

Nota: “D = 2.0 m” = Rendimiento, en kg/ha, con distanciamiento de 2.0 m. “D = 3.3 m” = Rendimiento, en kg/ha, con distanciamiento de 3.3 m.

G. Manejo de malezas y corredores biológicos

En el cultivo del espárrago, el control de malezas es una actividad crítica. Sin embargo, el excesivo control no ha tomado en cuenta los diversos beneficios de las plantas voluntarias,

como el incremento de los controladores biológicos y biodiversidad, mejor microclima para la plantación, menor erosión del suelo y menor compactación.

Una solución a esto, es el uso de *corredores biológicos*, zonas donde se fomenta la proliferación y siembra de plantas nativas o especies de alta floración y producción de polen. Se pueden ubicar entre hileras (Figura 57) o alrededor de la plantación. El control de malezas debe restringirse hacia dentro de la hilera de plantas, donde compiten directamente con el espárrago, y a la erradicación de especies altamente perjudiciales para el manejo del cultivo.

Nuevas alternativas de control se han creado para las diversas necesidades. Es de destacar el *pirocontrol* de malezas después de la cosecha (Figura 58), que puede ser muy aprovechado por los agricultores orgánicos.



Figura 57: Siembra de pasto entre hileras de plantines de espárrago.

Fuente: C. Befve, 2018, comunicación personal.



Figura 58: Pirocontrol de malezas después de la cosecha. Nótese que el control se ubica sólo dentro de la hilera de plantas y no en el corredor biológico.

Fuente: C. Befve, 2018, comunicación personal.

H. Manejo de coberturas

El uso de coberturas sobre el camellón no está muy extendido en el medio peruano, debido a los altos costos que implica su instalación en campo, a diferencia de otros países productores, por ejemplo, en Europa, donde se hace mandatorio por las bajas temperaturas. No obstante, tiene algunas ventajas que caben resaltar, como el adelanto o retraso en la producción y el mejor control de malezas. El tipo de cobertura a utilizar puede aumentar la temperatura del suelo (cobertura negra con o sin microtúnel, Figura 59) o reducirla (cobertura blanca), al absorber la radiación o reflejarla, respectivamente. Esto puede ser útil en zonas de excesiva radiación o bajas temperaturas, por lo que el análisis de costo/beneficio y de las condiciones de campo debe ser exhaustivo antes de instalar los materiales. Las nuevas alternativas ofrecidas en el mercado se adecuan a las diferentes necesidades del productor.



Figura 59: Cobertura negra en camellón de espárrago, con microtúnel de plástico transparente.

Fuente: Dubon, 2020.

IV. CONCLUSIONES

Gracias al presente trabajo se puede concluir lo siguiente:

- La experiencia vertida a lo largo de los años de producción en el cultivo permite aseverar que el espárrago puede desarrollarse sosteniblemente y ser económicamente rentable en las condiciones de la irrigación Chavimochic, en La Libertad. Además, el espárrago puede adecuarse al actual competitivo mercado en las condiciones actuales.
- Las propuestas de mejora mencionadas permiten mejorar notablemente las condiciones del cultivo para su mejor aprovechamiento.
- La experiencia del cultivo en otras locaciones permite retroalimentar a la experiencia peruana e innovar localmente.

V. RECOMENDACIONES

- Se recomienda invertir en la innovación del cultivo, tanto de fuentes privadas como públicas.
- Fomentar en la adquisición de nuevas innovaciones y tecnologías en el cultivo del espárrago en otros países, y su adecuación y validación al mercado local.
- Incentivar el desarrollo de tecnologías propias y su divulgación entre los productores nacionales.
- Promocionar el desarrollo nacional de nuevos cultivares o selecciones adecuadas a las condiciones locales específicas.
- Fortalecer la presencia de los gremios de productores de espárrago y otras hortalizas a nivel local y nacional.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Alva, A., & León, S. (2008). Fenología del Espárrago. *Capacitación realizada en la empresa Camposol S.A.* Trujillo.
- Apaza, W. (2019). *Sustentabilidad de los fundos productores de palto y espárrago en la irrigación Chavimochic*. Tesis doctoral, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4197>
- Apaza, W. (2020). *El declinamiento y el replante de las esparragueras en la Irrigación de Chavimochic*. Obtenido de Redagícola: <https://www.redagricola.com/pe/el-declinamiento-y-el-replante-de-las-esparragueras-en-la-irrigacion-de-chavimochic/>
- APG III. (2009). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*(161), 105-121. doi:10.1111/j.1095-8339.2009.00996.x
- Ayers, R. S., & Westcot, D. W. (1985). *Water quality for agriculture*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Casas, A. (2004). *El cultivo del espárrago en la costa peruana: Apuntes de clase*. Obtenido de <http://www.lamolina.edu.pe/agronomia/dhorticultura/html/apuntesdeclase/Casas/El%20Cultivo%20del%20esp%C3%A1rrago%20en%20la%20Costa%20Peruana.pdf>
- Casas, A., & Sánchez, J. (2008). Developments in Asparagus Cultivation under Desert Conditions in Peru. *Acta Horticulturae*, 776, 29-32. doi:10.17660/ActaHortic.2008.776.1
- Centro de Información de Recursos Naturales (Chile). (1987). *Manual del cultivo del espárrago* (Vol. 67). Santiago de Chile, Chile: Corporación de Fomento de la Producción.

- Danper. (2015). *El espárrago, producto bandera y gran favorito en todo el mundo*. Obtenido de Casa Verde Gourmet: <https://www.casaverdegourmet.com.pe/blog/esparrago-producto-bandera/>
- Del Pozo, A. (1999). Morfología y funcionamiento de la planta. En M. González, & A. Del Pozo (Edits.), *El Cultivo del Espárrago* (págs. 09-28). Chillán, Chile: INIA Chile.
- Dubon, G. (2019). Varieties undergoing innovation. *Asparagus World*(1), 12-18. Obtenido de <https://www.eurofresh-distribution.com/product/asparagus-world-magazine-1-year-2019/>
- Dubon, G. (2020). How to achieve a good plantation of asparagus. *Asparagus World*(2), 10-14. Obtenido de <https://www.eurofresh-distribution.com/product/asparagus-world-magazine-2-year-2020/>
- Dubon, G. (2021). Asparagus goes hi-tech. *Asparagus World*(3), 42-43. Obtenido de <https://www.eurofresh-distribution.com/product/asparagus-world-magazine-3-year-2021/>
- Eurosemillas. (2020). *Espárrago DePaoli*. Obtenido de <http://www.eurosemillas.com/es/variedades/esparrago/item/21-esparrago-depaoli.html>
- Falavigna, A. (2006). I punti critici dell'asparago in campo e nel post-raccolta. *Informatore agrario*, 62(1), 52-56.
- FAO. (2006). Parte B - Evapotranspiración del cultivo en condiciones estándar. En FAO, *Evapotranspiración del cultivo* (págs. 87-158). Roma. Obtenido de <http://www.fao.org/3/x0490s/x0490s02.pdf>
- Gobierno Regional de La Libertad. (2018). *Proyecto Especial Chavimochic - Memoria Anual 2018*. Informe técnico, Trujillo. Obtenido de <http://www.chavimochic.gob.pe/memorias-institucionales>
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). (2006). *Cálculo de volúmenes de agua para riego por goteo en el cultivo de jitomate en la*

planicie huasteca. Obtenido de SAGARPA, México:
<http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/121.pdf>

INTAGRI. (2016). *Las Curvas de Absorción de Nutrientes*. Obtenido de INTAGRI:
<https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/las-curvas-de-absorcion-de-nutrientes>

International Trade Centre. (Abril de 2020). *Lista de los exportadores para el producto seleccionado. Producto: 070920 - Espárragos, frescos o refrigerados*. Obtenido de TRADEMAP:
https://www.trademap.org/Country_SelProduct_TS.aspx?nvpm=3%7c%7c%7c%7c%7c070920%7c%7c%7c6%7c1%7c1%7c2%7c2%7c1%7c2%7c1%7c1

Junta de Usuarios de Riego Presurizado del Distrito de Riego Moche Virú Chao. (2016). *Registro de cultivos de la Irrigación Chavimochic*. Boletín anual, Trujillo.

Kaur, R., Jaidka, M., & Sepat, S. (2018). Scientific Cultivation of Asparagus. En Indian Agricultural Research Institute New Delhi (Ed.), *Advances in Vegetable Agronomy* (págs. 271-279). New Delhi, India: Indian Council of Agricultural Research, Ministry of Agriculture, Government of India.

Köppen, W. (1918). Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahresablauf. *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 64, 193-203, 243-248.

La República. (13 de Setiembre de 2019). Ya se sienten efectos de paralización de III Etapa de Chavimochic. *La República*. Obtenido de <https://larepublica.pe/sociedad/2019/09/13/ya-se-sienten-efectos-de-paralizacion-de-iii-etapa-de-chavimochic/>

Lachapelle, A. (2020). The spore traps to the rescue. *Asparagus World*(2), 18-19. Obtenido de <https://www.eurofresh-distribution.com/product/asparagus-world-magazine-2-year-2020/>

- Llanos, J. (2017). *Caracterización de 21 híbridos súper machos de espárrago (Asparagus officinalis) para producción en verde bajo las condiciones de Huarney*. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.
- Manero, A. (2015). *El espárrago peruano*. Obtenido de Agencia Agraria de Noticias: <https://agraria.pe/columna/el-esparrago-peruano-9377>
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2006). *Espárragos*. Obtenido de <http://minagri.gob.pe/portal/28-sector-agrario/esparragos>
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2020). *Series de espárrago*. Obtenido de Serie de Estadísticas de Producción Agrícola – SEPA: http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/?mod=consulta_cult
- Molinos & Cía. (2018). *Fertilizantes Magnésicos*. Obtenido de https://www.molicom.com.pe/molinos/web/secciones/producto_detalle.php?idcat=4&idprod=13
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2020a). *Asparagus*. Obtenido de FAOSTAT: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2020b). *Propiedades químicas*. Obtenido de Portal de Suelos de la FAO: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>
- Ortega, R. (1999). Manejo de la fertilización. En M. I. González, & A. Del Pozo (Edits.), *El Cultivo del Espárrago* (págs. 79-96). Chillán, Chile: INIA Chile.
- Pennsylvania State University. (2020). *Asparagus*. Obtenido de PlantVillage: <https://plantvillage.psu.edu/topics/asparagus/infos>
- Quispe, C. (2019). La importancia del fertirriego en el cultivo del espárrago. *Asparagus World*(1), 22-25. Obtenido de <https://www.eurofresh-distribution.com/product/asparagus-world-magazine-1-year-2019/>

- Riojas, R. (2019). *Resiembra de espárrago (Asparagus officinalis L.) en Huarmey, Áncash, una propuesta*. Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3880>
- Serrano, Z. (2003). *Espárrago: técnicas de producción*. Málaga, España: Impresos Izquierdo S.A. Obtenido de <https://www.yumpu.com/es/document/view/14812950/esparrago-tecnicas-de-produccion-zoilo-serrano-cermeo>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología & Ministerio de Agricultura y Riego. (2011). *Manual de observaciones fenológicas*. Lima, Perú: MINAGRI. Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-11.pdf>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología & Ministerio de Agricultura y Riego. (2015). *Requerimientos agroclimáticos del cultivo de espárrago*. Ficha técnica N° 18, Programa presupuestal 0089, Lima.
- Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2020). *Partidas arancelarias del espárrago*. Obtenido de Acumulado Anual Subpartida Nacional/País: <http://www.aduanet.gob.pe/cl-ad-itestadispartida/resumenPPaisS01Alias>
- Talledo, A. (2016). *Comportamiento de 10 cultivares de espárrago a Fusarium oxysporum Schlecht f. Sp. Asparagi Cohen y Meloidogyne incognita (Kofoid & White, 1919) Chitwood 1949*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.
- Ugás, R., Siura, S., Delgado de la Flor, F., Casas, A., & Toledo, J. (2000). *Hortalizas: datos básicos* (Cuarta ed.). Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- United States Department of Agriculture. (2006). *Entisols Map*. Obtenido de Natural Resources Conservation Services: https://web.archive.org/web/20060509224015/http://soils.usda.gov/technical/classification/orders/entisols_map.html

Valdeiglesias, M. (2018). *Alternativas para la utilización del espárrago en el consumo diario en hogares de San Miguel y Magdalena*. Tesis de Pregrado: Universidad San Ignacio de Loyola. Obtenido de <https://repositorio.usil.edu.pe/handle/usil/8745>

Wilson, D., Sinton, S., Butler, R., Drost, D., Paschold, P., Kruistum, v., . . . Green, K. (2008). *Carbohydrates and Yield Physiology of Asparagus. A Global View*. New Zealand Institute for Crop & Food Research Ltd.

World Wildlife Fund. (2009). *Sechura Desert (NT1315)*. Obtenido de WildWord: <https://web.archive.org/web/20090129113826/http://www.nationalgeographic.com/wildworld/profiles/terrestrial/nt/nt1315.html>