

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN AGRICULTURA SUSTENTABLE



**“SUSTENTABILIDAD DE LOS FUNDOS PRODUCTORES DE
PALTO Y ESPÁRRAGO EN LA IRRIGACIÓN CHAVIMOCHIC”**

Presentada por:

WALTER EDUARDO APAZA TAPIA

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE *DOCTORIS PHILOSOPHIAE*
(Ph.D.) EN AGRICULTURA SUSTENTABLE**

Lima - Perú

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
ESCUELA DE POSGRADO
DOCTORADO EN AGRICULTURA SUSTENTABLE

**“SUSTENTABILIDAD DE LOS FUNDOS PRODUCTORES DE
PALTO Y ESPÁRRAGO EN LA IRRIGACIÓN CHAVIMOCHIC”**

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
DOCTORIS PHILOSOPHIAE (Ph.D.)
EN AGRICULTURA SUSTENTABLE

Presentado por:

WALTER EDUARDO APAZA TAPIA

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Jorge Jiménez Dávalos

PRESIDENTE

Dr. Dr. Alberto Julca Otiniano

ASESOR

Dr. Alexander Rodríguez Berrio

MIEMBRO

Dr. Oscar Loli Figueroa

MIEMBRO

Ph. D. Robert Richard Rafael Rutte

MIEMBRO EXTERNO

DEDICATORIA

A mi esposa Patricia, por su paciencia y su amor que encierra todo lo que necesito para levantarme cada día con la fortaleza para luchar y seguir creciendo.

A mis hijas Carla y Amparo por ser la fuente de mi inspiración y superación.

A mis padres Walter y Luisa quienes con el ejemplo guiaron mi vida y son más que un centenar de profesores.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional Agraria La Molina
- A mi colega Jorge Castillo por su amistad, sabios consejos y apoyo en la realización de esta tesis.
- A mi patrocinador el Dr. Alberto Julca Otiniano por asesoramiento y constante apoyo en la ejecución de la tesis.
- A mi jurado de tesis Dr. Jorge Jiménez Dávalos y Dr. Alexander Rodríguez por la revisión y consejos.
- A Teresa Rosales, Elías Gonzales y Javier Sánchez por el apoyo brindado en fase de campo de esta tesis.
- A la Junta de Riego Presurizado de Chao Virú y Moche por el soporte a esta tesis.
- Al MINEDU por el financiamiento brindado.
- A las empresas de la Irrigación Chavimochic, quienes contribuyeron con la información.
- En memoria del Ph. D. Fausto Cisneros por su legado y visión en la Irrigación Chavimochic.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISION DE LITERATURA	4
2.1. La Irrigación Chavimochic	4
2.2. El cultivo del espárrago en el Perú	6
2.2.1. El ciclo del cultivo de espárrago	7
2.2.2. El declinamiento del espárrago	7
2.2.2.1. El componente sanitario en el declinamiento	9
2.2.2.2. La alelopatía en el declinamiento del espárrago	9
2.3. El cultivo del palto	10
2.3.1. El palto en el Perú	10
2.3.2. Requerimientos agroecológicos del palto	11
2.4. Enfoque de análisis de sistemas de producción agrícola	12
2.5. Importancia del suelo en los sistemas de producción	12
2.6. Caracterización y tipificación de fundos	14
2.7. Caracterización de fundos en el Perú	16
2.8. Agricultura sustentable	18
2.9. Evaluación de la sustentabilidad	19
2.10. La sustentabilidad en el Perú	20
III. MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1. Lugar de ejecución	22
3.2. Zonificación de los cultivos de palto y espárrago en la Irrigación Chavimochic	24

3.3. Caracterización de fundos productores de palto y espárrago en la Irrigación Chavimochic.	25
3.3.1. Encuestas estructuradas	25
3.3.2. Muestras de suelo	26
3.3.3. Visitas <i>in situ</i>	27
3.3.4. Análisis de datos	27
3.4. Factores del declinamiento del espárrago	28
3.4.1. Factores bióticos del declinamiento del espárrago	30
3.4.1.1. Identificación de hongos aislados del suelo	30
3.4.1.2. Identificación de patógenos de espárrago en el suelo	30
3.4.2. Factor alelopático en el “declinamiento del espárrago”	31
3.5. Sustentabilidad de los fundos productores de Palto y Espárrago de la Irrigación Chavimochic	32
3.5.1 Sustentabilidad Ambiental	32
3.5.2 Sustentabilidad Económica	33
3.5.3 Sustentabilidad Social	33
3.5.4 Análisis de Sustentabilidad General	33
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1. Áreas de cultivo en la Irrigación Chavimochic	38
4.2. Caracterización de las zonas de producción de la Irrigación Chavimochic	40
4.3. Caracterización de los fundos productores de espárrago y palto	48
4.3.1. Caracterización de los fundos de espárrago	48
4.3.2. Caracterización de los fundos de palto	51
4.4. Análisis de dimensiones de la caracterización	53

4.4.1. Dimensión Ambiental	53
4.4.2. Dimensión Económica	60
4.4.3. Dimensión Social	65
4.5. Factores del declinamiento del espárrago en la Irrigación Chavimochic	68
4.5.1. Dinámica de áreas de cultivo del espárrago	68
4.5.2. Factores bióticos del declinamiento del Espárrago	71
4.5.2.1. Identificación de hongos aislados del suelo	71
4.5.2.2. Identificación de patógenos de espárrago en el suelo	74
4.5.2.3. Resultados de los bioensayos	76
4.5.3. Factor alelopático del declinamiento	80
4.6. Sustentabilidad de los fundos de espárrago y palto de la Irrigación Chavimochic	82
4.6.1. Sustentabilidad Ambiental	82
4.6.2. Sustentabilidad Económica	84
4.6.3. Sustentabilidad Social	86
4.6.4. Sustentabilidad General	87
V. CONCLUSIONES	89
VI. RECOMENDACIONES	91
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	92
VIII. ANEXOS	103

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro1.	Áreas de los principales cultivos de la Irrigación Chavimochic. La Libertad, en el 2016.	5
Cuadro2.	Principales cultivos por sectores de riego de la irrigación Chavimochic. Diciembre 2017.	24
Cuadro3.	Muestras de suelo de distintas zonas de producción de espárrago en de la Irrigación Chavimochic.	29
Cuadro4.	Características del suelo y raíces para la prueba de efecto alelopático	32
Cuadro5.	Subindicadores ambientales de los fundos de palto y espárrago.	34
Cuadro6.	Subindicadores económicos de fundos de palto y espárrago.	35
Cuadro7.	Subindicadores sociales de los fundos de palto y espárrago.	36
Cuadro8.	Fórmulas para el Cálculo de los diferentes Indices de Sustentabilidad de los fundos productores de espárrago y palto en la Irrigación Chavimochic	37
Cuadro9.	Área total de cultivos de la Irrigación Chavimochic del 2010 al 2017.	39
Cuadro10.	Datos meteorológicos de 5 años de las tres zonas de producción propuestas para la Irrigación Chavimochic (2013-2107).	43
Cuadro11.	Área cultivada de palto y espárrago por zonas de producción en la Irrigación Chavimochic. Diciembre 2017.	43
Cuadro12.	Empresas productoras de palto de la Irrigación Chavimochic. Diciembre 2017.	46
Cuadro13.	Empresas productoras de espárrago blanco y verde en la Irrigación Chavimochic. Diciembre 2017.	46
Cuadro14.	Indicadores ambientales de los fundos productores de espárrago de la Irrigación Chavimochic. Diciembre 2017.	56

Cuadro15.	Indicadores ambientales de los fundos productores de palto de la Irrigación Chavimochic. Diciembre 2017.	57
Cuadro16.	Indicadores económicos de los fundos productores de espárrago de la Irrigación Chavimochic. Diciembre 2017.	63
Cuadro17.	Indicadores económicos de los fundos productores de palto de la Irrigación Chavimochic. Diciembre 2017.	64
Cuadro18.	Evolución de las áreas de producción de espárrago blanco y verde en la Irrigación Chavimochic del 2004 al 2018.	69
Cuadro19.	Vida útil de las esparragueras en la Irrigación Chavimochic por zona de producción.	70
Cuadro20.	Número de aislamientos y porcentaje de hongos aislados e identificados en medio de cultivo PDAO en las diferentes muestras de suelo de espárrago de Chavimochic.	72
Cuadro21.	Medidas morfológicas para la identificación de <i>Fusarium oxysporum</i> aislado de espárrago.	74
Cuadro22.	Pruebas de patogenicidad con diferentes especies vegetales para la determinación de la forma especial de <i>Fusarium oxysporum</i> aislado de plantones de espárrago UC157F1.	75
Cuadro23.	Resultados del análisis del bioensayo en plantas de espárrago UC157F1 y análisis nematológico con bioensayo en tomate Río Grande. 2017.	77
Cuadro24.	Longitud de raíces de lechuga “Americana” germinadas con extracto de diferentes suelos de espárrago. Chavimochic 2017.	81
Cuadro25.	Indicadores de Sustentabilidad Ambiental de los fundos tipo de Palto y Espárrago en la Irrigación Chavimochic.	83
Cuadro26.	Indicadores de Sustentabilidad Económica de los fundos tipo de Palto y Espárrago en la Irrigación Chavimochic.	85

Cuadro27.	Indicadores de Sustentabilidad Social de los fundos tipo de Palto y Espárrago en la Irrigación Chavimochic.	86
Cuadro28.	Resumen del análisis de sustentabilidad en los fundos tipo de palto y espárrago en la Irrigación Chavimochic. 2017.	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figur1.	Campo de espárrago blanco en etapa de “declinamiento”(A). Planta de espárrago en un campo en “declinamiento” (B). Chavimochic 2017.	8
Figur2.	Esquema de las tres etapas del Proyecto Chavimochic. Fuente: Memoria 2015. Proyecto Chavimochic. Gobierno regional La Libertad.	23
Figura 3.	Evolución del área sembrada de los principales cultivos en la Irrigación Chavimochic. Diciembre 2017.	40
Figura 4.	Zonas de producción de la Irrigación Chavimochic.	45
Figura 5.	Distribución de cultivos por zonas de producción de la Irrigación Chavimochic. Diciembre 2017.	47
Figura 6.	Gráfico Biplot de los componentes principales de los fundos de espárrago de la Irrigación Chavimochic. 2017.	49
Figura 7.	Dendrograma de similaridad de los fundos productores de espárrago de la Irrigación Chavimochic. 2017.	50
Figura 8.	Variables analizadas por componentes principales de los fundos productores de espárrago de la Irrigación Chavimochic.	50
Figura 9.	Gráfico Biplot de los componentes principales de los fundos de palto de la Irrigación Chavimochic. 2017.	52
Figura 10.	Dendrograma de similaridad de los fundos productores de palto de la Irrigación Chavimochic. 2017.	52
Figura 11.	Variables analizadas por componentes principales de los fundos de palto de la Irrigación Chavimochic.	53

Figura 12.	Consumo de agua en metros cúbicos por hectárea año de los diferentes fundos de palto y espárrago en la Irrigación Chavimochic. Diciembre 2017.	55
Figura 13.	Principales problemas sanitarios de los fundos de espárrago y palto de la Irrigación Chavimochic. 2017.	59
Figura 14.	Relación entre porcentaje de pesticidas etiqueta roja y número de certificaciones en fundos de espárrago y palto en la Irrigación Chavimochic. 2017.	60
Figura 15.	Rendimiento en kilogramos por hectárea año de los fundos de palto y espárrago en la Irrigación Chavimochic. 2017.	61
Figura 16.	Ingresos netos por hectárea año de los fundos de espárrago y palto de la Irrigación Chavimochic. 2017.	65
Figura 17.	A: Porcentaje de género de trabajadores en fundos. B: Género y edad de los trabajadores en los fundos de espárrago y palto en la Irrigación Chavimochic. 2017.	65
Figura 18.	Tamaño de familia de los trabajadores de fundos de palto y espárrago de la Irrigación Chavimochic, 2017.	66
Figura 19.	A: Acceso a salud, B: Acceso a servicios en el lugar donde vive. C: Propiedad de la vivienda de los trabajadores de los fundos de palto y espárrago en la Irrigación Chavimochic, 2017.	66
Figura 20.	Nivel de instrucción de los diferentes tipos de trabajadores de los fundos de espárrago y palto de la Irrigación Chavimochic. 2017.	67
Figura 21.	Nivel de ingresos en soles de los diferentes tipos de trabajadores de los fundos de espárrago y palto en la Irrigación Chavimochic. 2017.	68
Figura 22.	Evolución de las áreas de producción de espárrago blanco y verde en la Irrigación Chavimochic del 2004 al 2018.	69
Figura 23.	Vida útil de las esparragueras en la Irrigación Chavimochic por zona de producción. Diciembre 2017.	70

Figura 24.	Distribución de hongos aislados en medio Papa Dextrosa Agar Oxytetraciclina (PDAO) en diferentes tipos de suelo de espárrago de Chavimochic. 2017.	73
Figura 25.	Estructuras de <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>asparagi</i> (A) Macroconidias (B) Microconidias (C) Clamidosporas y (D) Conidióforos. (aumento 40X).	75
Figura 26.	Porcentaje de pudrición de raíces por <i>F. oxysporum</i> f.sp. <i>asparagi</i> en plantones de espárrago UC157F1 en diferentes grupos de suelo de espárrago de la Irrigación Chavimochic.	78
Figura 27.	Porcentaje de pudrición de raíces por <i>F. oxysporum</i> f.sp. <i>asparagi</i> en plantones de espárrago UC157F1 en diferentes muestras de suelo de espárrago de la Irrigación Chavimochic.	79
Figura 28.	Número de nódulos de <i>Meloidogyne incognita</i> en plantones de espárrago UC157F1 en diferentes muestras de suelo de espárrago de la Irrigación Chavimochic.	79
Figura 29.	Plantas de espárrago UC157F1 sembrados en suelos de diferentes edades de esparragueras de Chavimochic 2017.	80
Figura 30.	Longitud de raíces de lechuga cultivar “Americana” germinadas con extracto de diferentes suelos de espárrago. Chavimochic 2017.	81
Figura 31.	Relación entre la longitud de raíces de plantas de lechuga y suelos de diferentes edades de espárrago.	82
Figura 32.	Indicadores de sustentabilidad ambiental de los fundos tipo de palto (A) y espárrago (B) en la Irrigación Chavimochic. 2017.	84
Figura 33.	Indicadores de sustentabilidad económica de los fundos tipo de Palto (A) y espárrago (B) en la Irrigación Chavimochic, 2017.	85
Figura 34.	Indicadores de sustentabilidad social de los fundos tipo de palto (A) y espárrago (B) en la Irrigación Chavimochic. 2017.	87

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO1.	Encuestas para jefes de fundo de palto en la Irrigación Chavimochic	103
ANEXO2.	Encuestas para jefes de fundo de espárrago en la Irrigación Chavimochic.	105
ANEXO3.	Encuestas a trabajadores de los fundos de espárrago y palto	107
ANEXO4.	Análisis de la regresión de Rendimiento versus m ³ /ha/año en el cultivo de palto. Chavimochic 2017.	108
ANEXO5.	Logaritmo de Unidades formadoras de Colonia (UFC) en medio de cultivo Papa Dextroxa Agar Oxitetraciclina (PDAO) de los diferentes géneros de hongos aislado de muestras de suelo de la Irrigación Chavimochic. 2017.	109
ANEXO6.	Árbol filogenético de la identificación molecular de cuatro aislamientos de <i>Fusarium oxysporum</i> aislados de espárrago de Chavimochic. 2017.	110
ANEXO7.	Secuencias de fragmentos de ADN ITS1 y ITS2 de cuadro aislamientos de <i>Fusarium oxysporum</i> de espárrago de Chavimochic.	111

RESUMEN

La Irrigación Chavimochic es una de las principales zonas agroexportadoras del Perú, es un agroecosistema árido, joven con un sistema de producción altamente intensivo. Los objetivos del trabajo fueron caracterizar a las zonas de producción y a los fundos productores de espárrago y palto, determinar los principales factores del declinamiento del espárrago y evaluar la sustentabilidad de los fundos de palto y espárrago. Se hicieron encuestas estructuradas a los jefes de fundo y trabajadores, se colectaron datos meteorológicos, se tomaron muestras de suelo para realizar análisis de población de hongos del suelo, así como visitas para la colecta de datos en todos los 17 fundos de palto y 12 fundos de espárrago de la Irrigación Chavimochic. Se determinaron tres zonas de producción, la zona I que es la más cálida, con la mayor área de palto, la zona II con la mayor diversidad de cultivos y la zona III la más húmeda. Se caracterizaron cuatro tipos de productores de espárrago, la tipificación estuvo relacionada con el área de espárrago, conexión al mercado, tipo de producción de espárrago y rentabilidad. En los fundos de palto, se determinaron tres tipos, siendo el tamaño del fundo, uso de pesticidas y las certificaciones los aspectos diferenciales. El declinamiento de las esparragueras en Chavimochic estuvo relacionado a las poblaciones de *Fusarium oxysporum* f.sp. *asparagi*, *Meloidogyne incognita* y a la presencia de sustancias alelopáticas. Todos los fundos de palto y espárrago fueron sustentables en lo social. En lo económico los fundos de palto fueron sustentables, en espárrago los fundos III y IV. Los fundos de palto fueron más sustentables que los fundos de espárrago. En el palto los fundos tipo III fueron sustentables en los indicadores económico social y ambiental. La sustentabilidad ambiental en el factor más importante a ser fortalecido en la irrigación Chavimochic

Palabras Claves: Palto, Espárrago, Caracterización, Irrigación Chavimochic, sustentabilidad.

ABSTRACT

Chavimochic Irrigation, one of the main agro-exporting zones in Peru, is an arid, young agroecosystem with a highly intensive production system. The aims of the work were to characterize both, the production areas and the asparagus and avocado farms, determine the main factors of asparagus decline, and evaluate the sustainability of the avocado and asparagus farms. Structured surveys to the heads of farms and workers; a collection of the meteorological data; soil samples to perform population analysis of soil fungi, as well as visits for data collection in 17 farms of avocado and 12 asparagus farms of Chavimochic Irrigation, were done. Three production zones were determined, zone I, the warmest, with the largest area of avocado, zone II, with the highest crop diversity and zone III, the wettest. Four types of asparagus producers were characterized, the typification was related to the asparagus area, connection to the market, type of asparagus production, and profitability. In the avocado farms, three types were determined, being the size of the farm, the use of pesticides, and the certifications the differential aspects. The decline of asparagus in Chavimochic was related to the populations of *Fusarium oxysporum* f.sp. *asparagi*, *Meloidogyne incognita*, and the presence of allelopathic substances. All the avocado and asparagus farms were socially sustainable. In economic terms, the avocado fields were sustainable; in asparagus, the III and IV fields. The avocado fields were more sustainable than the asparagus fields. In the avocado, the type III fields were sustainable in the economic, social, and environmental indicators. Environmental sustainability is the essential factor to be strengthened in Chavimochic irrigation.

Keywords: Avocado, asparagus, characterization, Chavimochic Irrigation, sustainability.

I. INTRODUCCIÓN

La Irrigación Chavimochic es un proyecto que consiste en la derivación de las aguas del río Santa para los valles de Chao, Virú, Moche y Chicama, irrigando las zonas de desierto entre cada valle. En la actualidad se han ejecutado las dos primeras etapas que comprende a la zona entre los valles de Chao, Virú y Moche. Esto ha permitido incorporar las zonas desérticas a la agricultura y en la que se han instalado principalmente cultivos de exportación.

El presente trabajo se realizó en la zona desértica que se ubica entre los valles de Chao, Virú y Moche. En esta zona se ha desarrollado una agricultura intensiva, bajo riego presurizado y con cultivos de agroexportación. Entre ellos destacan principalmente el palto, con un área de 8,402 ha, seguida del espárrago con 5,528 ha, caña de azúcar con 3,183 ha, arándanos con 3,270 ha y otros cultivos que suman un área total de 21,297 ha (Junta de riego presurizado de Chao, Virú y Moche, 2016)

En el caso del cultivo del palto el 100% de área es del cultivar Hass, para la exportación a diferentes mercados. En los últimos años el crecimiento ha sido muy importante no sólo en esta zona, sino también en el resto de la costa peruana, constituyéndose en uno de los cultivos de agroexportación más promisorios. En general es un cultivo que tiene componentes importantes que en el proceso de producción permite que los agricultores puedan emplear tecnologías sustentables y que lo diferencia de la producción de otros cultivos agrícolas.

Los fundos de palto Hass en Chavimochic tienen diferentes tipos de manejo, desde aquellos que tiene un uso intensivo de insumos externos y otros que han optado por manejar una mayor biodiversidad. Por ello, existe la necesidad de estudiar estos diferentes sistemas de producción, compararlos y determinar la sustentabilidad de cada sistema de producción.

La Irrigación Chavimochic es uno de los principales centros de agroexportación del Perú, ha generado divisas muy importantes para el desarrollo de la región La Libertad y el país. En los últimos tiempos, la irrigación ha tenido un cambio sustancial en relación a los cultivos que alberga, hace 10 años el principal cultivo era el espárrago tanto para cosecha en blanco como en verde, llegando a tener un área de 11,000 ha. La mayor parte de esta área posteriormente ha cambiado al cultivo de palto, que ahora es el más importante, con un área de 8,400 ha. Debido al cultivo intensivo, conforme las áreas de espárrago fueron creciendo, las esparragueras fueron envejeciendo y entraron en una etapa de declinamiento con pérdida de rendimiento y rentabilidad. Actualmente, el palto y el espárrago son los cultivos más importantes de la Irrigación Chavimochic, por lo que su impacto en el agroecosistema, en general es muy importante.

Los cultivos de palto y de espárrago han tenido un impacto muy grande en su zona de influencia, los valles y poblados de Chao, Virú y Moche. No solo han permitido la mejora económica de las personas que trabajan en los fundos, sino que han permitido el crecimiento general de toda la zona, e incluso han ayudado de manera significativa al desarrollo económico de La Libertad. La agroexportación es una actividad rentable desde el punto de vista económico, pero no se han cuantificado su impacto social y medio ambiental en la zona de influencia. Es por lo tanto muy importante evaluar la sustentabilidad de estos dos principales cultivos. Este estudio permitirá saber si este agroecosistema joven como es la irrigación tendrá viabilidad en el futuro, la misma que deberá ser comprendida no solo en la dimensión económica, sino también social y medioambiental.

Una vez identificados los principales componentes que le dan sustentabilidad a los cultivos de palto y espárrago, se podrá promover y desarrollar aquellos aspectos que influyan de manera positiva sobre la sustentabilidad; pero también permitirá conocer “los puntos críticos” que pongan en riesgo la sustentabilidad. Es importante indicar que el uso racional de los recursos del medio ambiente en el presente, permitirá tener una agricultura futura que siga generando beneficios para todos los pobladores de Chavimochic y de toda la región norte.

Este trabajo también pretende identificar indicadores para evaluar otros agroecosistemas en zonas áridas, que es donde se desarrollan los principales proyectos de irrigación de la costa.

Con esa información se podrá planificar y desarrollar los cultivos bajo los principios de sustentabilidad.

Objetivos de la investigación

Objetivo general

- Evaluar la sustentabilidad de los fundos productores de palto (*Persea americana* Mill.) y espárrago (*Asparagus officinalis* L.) en la Irrigación Chavimochic, La Libertad, Perú.

Objetivos específicos

- Caracterizar los fundos productores de palto y espárrago en la Irrigación Chavimochic, La Libertad, Perú.
- Evaluar los principales componentes del declinamiento y su efecto en la sustentabilidad del espárrago en la Irrigación Chavimochic, La Libertad, Perú.
- Evaluar la sustentabilidad de los fundos productores de espárrago y palto en la Irrigación Chavimochic, La Libertad, Perú.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. La Irrigación Chavimochic

En la costa peruana se han desarrollado varios proyectos de irrigación, en las cuales se utilizan áreas de desierto entre valles. Se tienen irrigaciones como el proyecto Majes, Chinecas, Olmos, Jetepeque – Zaña, Puyango -Tumbes, Chira – Piura entre otros. La ejecución de estos proyectos ha sido posible con una inversión del estado para la generación de nuevas áreas de agricultura permitiendo ser una herramienta para elevar la productividad agrícola en el país. El Perú es el cuarto país con mayor área irrigada de América Latina. (Eguren, 2014).

El proyecto de Irrigación CHAVIMOCHIC fue creado en 1967, por decreto ley 16667. La ejecución del proyecto comenzó en 1989 y continúa hasta la fecha. Este proyecto es un trasvase de agua del río Santa hacia las cuencas de los valles de Chao, Virú, Moche y Chicama y las zonas de desierto entre estos valles. CHAVIMOCHIC es un proyecto de propósitos múltiples (agrícola, energético y poblacional), consiste en la captación de las aguas del río Santa mediante una bocatoma y su derivación a través de canales abiertos, túneles, conductos cubiertos y estructuras especiales, en una longitud de 270 Km. hasta las pampas de Urricape al norte de Paiján. Esta descripción pertenece a la cuenca del Río Santa, la cual debe ser considerada como un sistema natural que aglutina todas las condiciones para su utilización como unidad y no como realidades distintas en la zona baja, media y alta, y que pretende solucionar los problemas de gestión ambiental y de desarrollo rural (Proyecto Especial Chavimochic, 2010).

El cultivo del espárrago fue introducido en el Perú en el año 1951 en la región La Libertad, inicialmente la producción fue destinada a espárrago blanco. Posteriormente en 1986 se introduce el espárrago verde en la zona sur del Perú en el departamento de Ica. Cuando se inició la ejecución del Proyecto Chavimochic, el primer cultivo sembrado por las empresas agroindustriales fue el espárrago, inicialmente destinado para conserva en blanco y posteriormente en verde. Por varios años la Irrigación Chavimochic llegó a ser una de las

principales áreas de producción de espárrago en el Perú, llegando a 15,000 has en su mejor momento (Delgado 2016). El principal cultivar sembrado hasta la actualidad es el híbrido UC157 producido en la Universidad de California, el cual se ha adaptado a todas las zonas productoras en el Perú (Delgado de la Flor et al., 1987). El espárrago permitió el desarrollo de empresas agroindustriales como Camposol, Sociedad Agrícola Virú, Danper Trujillo, Talsa y otras que posteriormente incursionaron en otros cultivos como palto, arándano y cítricos.

Posterior al cultivo del espárrago, se introduce el palto Hass en la Irrigación Chavimochic. El sistema de producción es de tipo intensivo en zona de desierto, con un suelo arenoso, altamente tecnificado con sistemas de riego presurizado por goteo y microaspersión. En general con muy baja biodiversidad debido a que la zona ecológica es de desierto, alto uso de insumos y dedicada a la exportación. En el caso del cultivo del palto el 100% de área es de cultivar Hass, para la exportación a diferentes mercados. En los últimos años el crecimiento ha sido muy importante no sólo en la Irrigación Chavimochic, sino en toda la costa Peruana, constituyéndose en uno de los cultivos de agroexportación más promisorios. En general el cultivo de palto, tiene muchos componentes importantes que en el proceso de producción permite que los agricultores puedan emplear tecnologías sustentables que los diferencian de la producción de otros cultivos. Las áreas de cultivo de la Irrigación Chavimochic se muestran en el cuadro 1, donde se observa que los cultivos predominantes son el espárrago y el palto.

Cuadro 1. Áreas de los principales cultivos de la Irrigación Chavimochic. La Libertad, en el 2016.

Cultivo	Area (Hectáreas)	Porcentaje (%)
Espárrago	5,528.47	25.96
Palto	8,401.70	39.45
Arándano	3,270.25	15.35
Caña azúcar	3,183.59	14.95
otros	913.98	4.29
total	21,297.99	100

Fuente: Junta de Riego Presurizado Chao, Virú y Moche (2016).

2.2. El cultivo del espárrago en el Perú.

El espárrago (*Asparagus officinalis L.*) es una planta originaria de Asia menor. Es un cultivo perenne cuya vida útil es entre 8 a 15 años donde los rendimientos son rentables (Delgado de la Flor et al., 1987). Este cultivo fue inicialmente introducido al Perú en el departamento de La Libertad en el año 1951 en donde se destinó para la producción de espárrago blanco en conserva. En 1997 con el inicio el Proyecto Chavimochic, se comenzó la instalación de grandes áreas de espárrago principalmente destinadas a la producción de conserva de espárrago blanco, llegando a un área de cerca de 11,000 has, siendo esta zona la de mayor producción de conservas de espárrago blanco, debido principalmente por las características de suelo arenoso que permiten la alta calidad de los turiones. En 1986, se introduce el cultivo a Ica para la producción de espárrago verde fresco principalmente con destino al mercado de los Estados Unidos. Posteriormente el cultivo se instala en valles de costa central como Chincha, Cañete y otros (Delgado, 2016).

El área actual de espárrago en el Perú se calcula en cerca de 30,000 has. Las principales zonas de producción, de acuerdo con datos del Ministerio de Agricultura y Riego (2015), fueron Ica (45%) y La Libertad (43%), mientras que el resto se dividió entre Lima, Áncash y Lambayeque. En el último censo realizado por el IPEH (2013), se ha estimado que el 78.30% de la producción es destinada a la producción de espárrago verde, el 21.70% para espárrago Blanco.

Los espárragos peruanos son reconocidos mundialmente por su calidad y sabor. Según cifras de la Sunat, en 2017, nuestros envíos al mundo se dividieron en tres categorías: frescos o refrigerados, que representaron el 75% de nuestras exportaciones totales de espárragos; preparados o conservados, sin congelar (18%), y cocidos en agua o vapor, congelados (7%) Entre 2010 y 2017, las exportaciones totales de espárragos alcanzaron un crecimiento acumulado del 27.6%, al pasar de US\$ 427 millones a US\$ 545 millones, con un crecimiento promedio anual del 3.5%. Dicho resultado se debió, principalmente, al aumento de los envíos de espárragos frescos o refrigerados (40.8%), con un crecimiento promedio anual del 5%, al igual que al incremento de las exportaciones de espárragos cocidos en agua o vapor, congelados (22%), con un crecimiento promedio anual del 3%. Por el contrario, las exportaciones de espárragos preparados o en conserva, sin congelar, cayeron en 7% y con

una disminución promedio anual del 1%, lo cual limitó el crecimiento de los envíos totales de espárragos (ComexPerú, 2018).

2.2.1. El ciclo del cultivo de espárrago.

Una esparraguera normalmente se instala a través del uso de coronas o plantines. En los inicios de la introducción del espárrago en el Perú se utilizó coronas de 6 a 12 meses de edad, pero en los últimos años la producción de plantines en bandejas se ha generalizado. Una vez sembrada la planta existen numerosos factores como la temperatura y manejo del riego que influyen en el desarrollo del espárrago. Benson (1980) señala que en la fisiología del espárrago la mayor concentración de carbohidratos en el follaje se tiene en los meses de verano, para durante el otoño ser traslocados a la corona y la posterior cosecha en primavera con las reservas hechas durante el otoño, bajo condiciones del hemisferio norte.

Uno de los factores críticos en la adaptación del espárrago a la costa peruana ha sido la temperatura. Benson (1980) considera que las temperaturas críticas son entre 10° a 11°C., debido a que es necesario valores mayores para que ocurra el crecimiento de los tallos. Con temperaturas altas se incrementa el crecimiento de los brotes laterales y de la parte apical del brote; esto le da al brote una conformación de punta abierta que va a influir mucho en la calidad del turión o brote. Existe variación en las puntas abiertas dependiendo de los cultivares de espárrago. Con temperaturas superiores a 25° a 30°C, el cultivar UC 157 F1, Ida Lea y Atlas mantienen la punta cerrada en comparación con variedades de climas fríos donde se abren las puntas, restando calidad y rendimiento (Benson, 1980; Delgado de la Flor *et al.*, 1987). Por esta condición el cultivar más sembrado en el Perú y en especial en la Irrigación Chavimochic ha sido UC157F1. Este híbrido fue generado en la Universidad de California, pero su adaptación a la costa peruana con rendimientos altos (entre 10 a 15 tm/ha) ha permitido que se siembre en todas las zonas productoras.

2.2.2. El declinamiento del espárrago

La primera cosecha en un campo de espárrago se realiza a los 12 a 14 meses del trasplante. La alta producción de una esparraguera se obtiene a partir de la cuarta cosecha, en esta etapa se logran lo mayores rendimientos (Delgado de la Flor *et al.*, 1987). Una vez que la plantación llega a su etapa de máxima producción, comienza un declive en el rendimiento y

se asocia a varios factores: la edad, la sanidad especialmente de la corona y el desgaste de la capacidad de reserva de la planta, entrando a una fase de declinamiento (Block et al., 1996).

Elmer (2018) menciona que el “declinamiento” se define como el proceso en donde una plantación de espárrago deja de ser productiva tanto en rendimiento como en rentabilidad económica. El declinamiento es ocasionado por factores bióticos y abióticos. Los principales indicadores que una esparraguera esta en la etapa de declinamiento son: reducción del número de tallos por corona, falta de vigor de los brotes, despoblamiento de coronas en el campo, alta presencia de pudrición de raíces, falta de raíces reservantes y absorbentes en la corona, cosechas bajas y finalmente baja rentabilidad de la plantación (Figura 1).

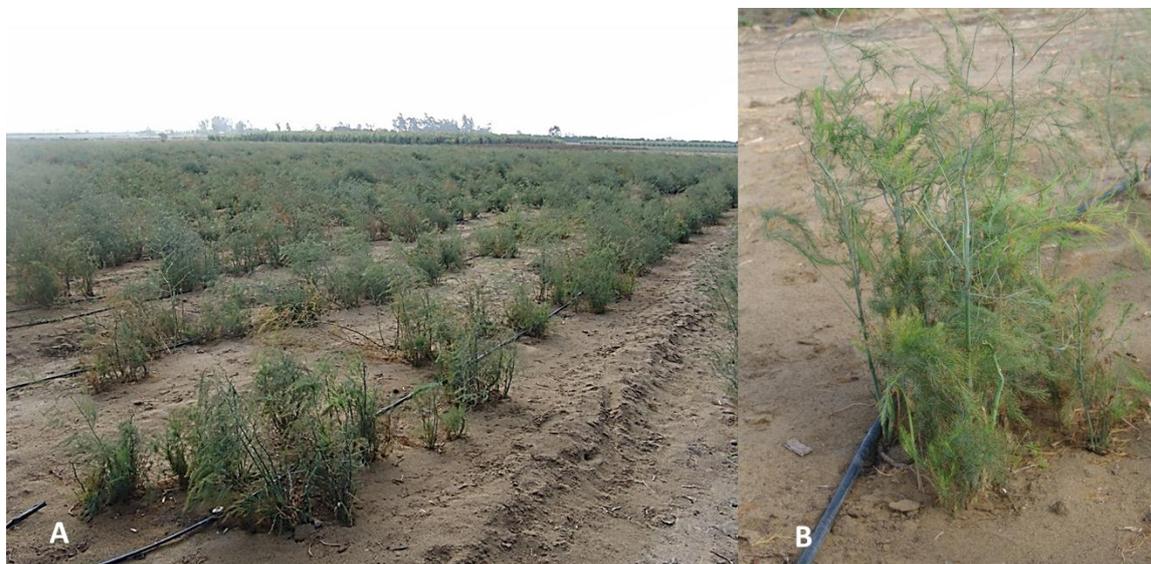


Figura 1. Campo de espárrago blanco en etapa de “declinamiento”(A). Planta de espárrago en un campo en “declinamiento” (B). Chavimochic 2017.

En climas templados se señala que la vida útil de una esparraguera puede estar entre 10 a 20 años, siendo los factores de este declinamiento: las diferentes enfermedades de la corona y el factor autoalelopático del espárrago, lo cual no ha permitido que se pueda volver a sembrar este suelo con un nuevo cultivo de espárrago (Jonsson et al., 1979; Falloon et al., 1986; Schofield, 1991). En climas semitropicales no se ha determinado la vida útil de una esparraguera y no se han estudiado los factores que influyen en este declinamiento.

2.2.2.1. El componente sanitario en el declinamiento

El efecto de las altas poblaciones de patógenos del suelo como *Fusarium oxysporum* f.sp. *asparagi* y otras especies de *Fusarium* ocasionan la muerte y despoblamiento de las plantaciones reduciendo así su vida útil (Elmer et al., 1996). Blok et al. (1996) estudiaron las distintas especies de *Fusarium* en suelos cultivados con espárrago en Holanda y determinaron que las poblaciones de estos patógenos evitan el éxito de un replante de espárrago, convirtiéndose en un factor limitante para el cultivo.

En el Perú, se ha reportado como agentes causales de enfermedades en las coronas a *Fusarium oxysporum* f.sp. *asparagi*, *Phytophthora* sp, *Meloidogyne incognita* y otros (Sanchez et al., 2000; Delgado, 2016). No existen estudios del efecto de los patógenos del suelo sobre la vida útil y su relación con la sustentabilidad de las esparragueras, por lo que es importante realizar estudios en este sentido.

2.2.2.2. La alelopatía en el declinamiento del espárrago.

La alelopatía es un fenómeno por el cual los exudados radiculares de una planta afectan el desarrollo de otras plantas, este proceso implica metabolitos secundarios producidos por algunas especies vegetales que influyen en el crecimiento y desarrollo de otras (Lorenzo et al., 2010). Laufer et al, (1977) reportaron la toxicidad de los residuos del espárrago que tienen un efecto muy marcado sobre el crecimiento de plantas del mismo espárrago y otras plantas. Yang (1982) mostró que los extractos de residuos de espárrago en el suelo, con tejido muerto por 8 meses en el campo, contenían una sustancia que ocasionaban declinamiento y un problema en el replante de espárrago retardando el desarrollo de las plántulas y que estas autotoxinas eran estables al calor y a la solubilidad del agua. Otros autores señalan que los extractos de raíces de espárrago no afectan la germinación, pero si reducen la elongación de la radícula de esta y otras especies de plantas. (Hartung et al., 1983; Shafer y Garrison, 1986; Hazebroek et al., 1989).

La interacción de los exudados radiculares con los microorganismos del suelo es muy alta, esta interacción puede ser favorable o desfavorable según el tipo de microorganismo (Blok, 1996; Lake et al., 1993; Schofield, 1991; Keulder, 1999). Hartung et al. (1982) estudiaron el efecto de los componentes tóxicos del espárrago y su efecto sobre distintas especies de *Fusarium* y otros organismos que ocasionan daño a las coronas de espárrago, encontrando

que una fracción de estos componentes afectan el crecimiento de la raíz de plántulas de espárrago y susceptibilizan a la corona al daño de *Fusarium*. Otros autores han demostrado que la presencia de sustancias alelopáticas del espárrago predispone especialmente a las raíces jóvenes a la infección por *Fusarium* (Pierce et al., 1987; Elmer, 2018).

2.3. El cultivo del palto

El palto (*Persea americana* Mill.) es uno de los frutales económicamente más importantes en climas tropicales y sub tropicales. En los últimos 150 años ha pasado de ser un cultivo producido por pequeños agricultores en sistemas de producción a pequeña escala, cuyo consumo era principalmente local a un cultivo de consumo mundial, debido principalmente al alto grado de aceptación del consumidor y a su adaptación y cultivo en zonas diferentes a las tradicionales de cultivo (Bost et al., 2013).

El palto pertenece a la familia *Lauraceae*, es originario de bosques tropicales altos en la zona de Centro América, se reconocen que en la domesticación se ha dado en tres zonas en forma separada formando tres razas: Mexicana, Guatemalteca y Antillana. En todas las zonas de domesticación, los suelos tienen alta cantidad de materia orgánica, temperaturas no extremas, alta disponibilidad de agua y alta biodiversidad (Bost et al., 2013; Wolstenholme, 2013; Telis, 2006).

2.3.1. El palto en el Perú.

En el Perú se tienen aproximadamente 33,000 hectáreas de palto “Hass”. México es el líder mundial de la producción y exportación de palta, en el 2017 ha representado el 45% del total exportado. El segundo lugar le corresponde al Perú con 247 mil toneladas (12,4% del total) es uno de los países más dinámicos del sector exportador, ha venido creciendo a una tasa promedio de un 32% por año, de los cuales se exporta cerca de 247,000 toneladas al año a diferentes mercados del mundo. La exportación total de paltos del Perú se aproxima al valor de 717 millones de dólares siendo la principal fruta de exportación de Perú. (Minagri, 2019).

El cultivar más comercializado en el mundo es “Hass”, el cual ha remplazado al cultivar “Fuerte” a partir de 1960. “Hass” fue desarrollado en California por 1920, a partir de la raza guatemalteca con algunos genes de mexicana. La alta calidad de la pulpa, la cáscara gruesa y su capacidad de ser almacenada, han permitido que su consumo se generalice en diferentes

partes del mundo (Crane et al., 2013; Bergh, 1992). En el Perú junto “Fuerte” son los cultivares de mayor área de cultivo, se calcula que cerca del 75% de la palta cultivada en Perú es del cultivar “Hass” (Bost et al., 2013).

El palto se cultiva bajo diferentes condiciones edafoclimáticas, como son los valles interandinos, selva alta y principalmente en los valles e irrigaciones de la costa peruana (Minagri, 2019).

2.3.2 Requerimientos agroecológicos del palto

El palto se cultiva inicialmente en tres distintas zonas climáticas: zonas frías semi áridas con lluvias en invierno (California, Chile e Israel); subtropicos húmedos con precipitaciones en el verano (Australia, México y Sud África) y climas tropicales y semi tropicales con lluvia predominante en verano (Brazil, Florida e Indonesia). Para comprender la fenología, hábitat y ecología es esencial interpretar las respuestas fisiológicas a los factores medio ambientales (Shaffer et al., 2013).

Las razas de palto Guatemalteca y Antillana y algunas selecciones de Mexicana se consideran adaptadas a climas tropicales, mientras que la mayoría de selecciones Mexicanas son ecotipos adaptados a condiciones más frías de mayor altitud. El cultivar Hass al tener mayormente genes de Guatemalteco y algo de Mexicano, se adapta a diversos climas que van desde climas mediterráneos hasta semitropicales cálidos (Wolstenholme, 2013.; Barrientos-Priego et al., 1999).

El palto es un árbol con un sistema radicular superficial, por lo que requiere condiciones de suelos con buena aereación. Es muy común que en las zonas productoras de palto se tenga una cobertura vegetal que generen condiciones para el desarrollo de las raíces. La materia orgánica y especialmente el uso de coberturas o mulch promueven un sistema radicular sano y permiten una alta performance del árbol (Wolstenholme, 2013).

Wolstenholme (2013) señala que adicionalmente al factor temperatura y condiciones de suelo, la precipitación es muy importante porque provee un adecuado abastecimiento de agua para los procesos fisiológicos del árbol. Zonas muy áridas, sin abastecimiento de agua, se convierten en factores muy limitantes para el desarrollo exitoso del palto.

Barrientos-Priego et al., (1999) mencionan que se han generado numerosos patrones en los diferentes programas de mejoramiento, la mezcla de diferentes razas de palto, han permitido tolerancia a sales, frío y enfermedades radiculares. La adaptación de los patrones ha permitido el cultivo en zonas donde antes no hubiera sido posible cultivar palto.

2.4. Enfoque de análisis de sistemas de producción agrícola

El enfoque de sistemas de producción surge dentro de las metodologías de generación, transferencia y desarrollo rural como alternativa al enfoque tradicional que tiende a fraccionar y aislar los elementos productivos que ocurren en los predios productores. El trabajo en sistemas de producción puede ser definido como: “un enfoque metodológico que permite ordenar la realidad perceptible”. El enfoque de sistemas es una herramienta de síntesis y análisis de la realidad perceptible que permite adecuar los elementos de la producción y realiza intervenciones de tipo tecnológico sobre componentes específicos, pero sin perder la visión integral del sistema productivo. Un sistema de producción es un conjunto de componentes, los que interactuando en forma armónica dentro de límites definidos, generan productos finales proporcionales a los elementos o insumos exógenos que participan en el proceso. Del mismo modo, la unidad de producción familiar puede ser definida como un sistema integrado por la familia y sus recursos productivos cuyo objetivo es el de garantizar la supervivencia y reproducción de sus miembros (Quijandría, 1994).

Las metodologías denominadas de “investigación de sistemas prediales o de finca” enfatizan la comprensión de los sistemas agrícolas tradicionales como punto de partida, evalúan los antecedentes de la zona, realizan exámenes en el terreno que incluyen entrevistas a los agricultores respecto a las características del predio y analizan acerca del porqué los agricultores emplean métodos particulares de producción (Altieri, 1997).

2.5. Importancia del suelo en los sistemas de producción

Un sistema de índices eficientes con un mínimo de parámetros físicos, químicos y biológicos es necesario para evaluar y monitorear la dinámica de la calidad de los suelos y para mejorar las prácticas agrícolas y la productividad de los cultivos. Muchas propiedades físicas, químicas y biológicas se pueden utilizar para caracterizar la calidad del suelo. El número, la actividad, y la diversidad de los organismos del suelo y los que están relacionados con los procesos bioquímicos, son probablemente los componentes más importantes de la calidad

del suelo para el monitoreo de la degradación de los suelos, donde la sostenibilidad de la producción, la calidad del medio ambiente, la sanidad vegetal y animal están estrechamente relacionados con el ciclo biológico (He et al., 2003).

La calidad del suelo se define como la capacidad del suelo para funcionar dentro de los límites de los ecosistemas para sostener la productividad biológica, mantener la calidad del medio ambiente y promover la sanidad vegetal. La calidad del suelo es una medida de la condición del suelo en relación con el requerimiento de una o más especies y/o para cualquier necesidad humana o propósito. La calidad del suelo consiste en componentes físicos, químicos y biológicos. Textura, profundidad de la capa superior del suelo, la zona de enraizamiento, densidad aparente, la infiltración y la capacidad de retención de agua, son los atributos físicos importantes de la calidad del suelo. Los componentes químicos de la calidad del suelo son el carbono orgánico total, pH, capacidad de intercambio catiónico (CIC), conductividad eléctrica, el nitrógeno, fósforo y potasio extraíble (He et al., 2003).

Según García y Hernandez (2003), señalan que para determinar la calidad de suelos es necesario usar tres tipos de indicadores: Físicos, químicos y biológicos; todos son importantes para analizar en forma conjunta las características y funciones de un suelo. Los indicadores físicos y químicos se consideran relativamente estables, ya que los cambios en un sistema tardan en modificar apreciablemente ese tipo de propiedades y por tal razón no justifica medirlos a intervalos cortos; en cambio, los indicadores biológicos son más sensibles y por eso se consideran los primeros y mejores para detectar cambios rápidos en un suelo.

La poca diversidad biológica de los suelos arenosos de zonas de desierto son un indicador del poco desarrollo vegetal de estos agroecosistemas. Las incorporaciones de cultivos sobre estos suelos cambian la dinámica del comportamiento de los diferentes componentes biológicos, debido a ello es muy importante evaluar esta dinámica la cual es un indicador de la sustentabilidad de los cultivos.

La diversidad biológica del suelo, es parte importante de la salud y estabilidad del agroecosistema. Una amplia mezcla de organismos crea un sistema en el cual la competencia por las fuentes alimenticias, nichos y dinámicas predator-presa, ayudan a limitar las

poblaciones de bacteria y hongos que causan enfermedades, nematodos parásitos de las plantas y problemas insectiles (Magdoff, 1999).

Las plantas y los microorganismos interactúan de muchas maneras. La más simple es la que tiene lugar cuando los hongos y bacterias se dan a la tarea de descomponer el material vegetal. Los hongos, en particular, cumplen un papel muy importante en la descomposición de los vegetales: mediante la producción de enzimas extracelulares, estos organismos desdoblan moléculas orgánicas complejas (como lignina y celulosa) y las convierten en moléculas orgánicas más simples. De esa forma, los hongos transforman en nutrientes material estructuralmente complejo y lo ponen a disposición de las plantas (Gilbert 2002).

Arevalo (2014) concluye que la abundancia de nematodos y microorganismos e índices de calidad de suelos está en los 20 cm de profundidad del suelo donde el sistema radicular tiene mayor influencia. Estos índices de calidad son significativamente superiores a los encontrados a mayor profundidad. De ahí la importancia en el cultivo de palto de evaluar la zona superficial que es donde el palto tiene mayor dinámica de crecimiento e influencia de la rizosfera (Teliz, 2006).

2.6. Caracterización y tipificación de fundos

La caracterización de los sistemas de producción agrícola se basa en la conceptualización, descripción, cuantificación y análisis de los aspectos medioambientales, sociales y económicos de la finca de un productor (Merma y Julca, 2012; Malagón y Preguer, 2001). La caracterización de fincas es una metodología de investigación que permite identificar variables que diferencian entre zonas de producción o unidades de producción. Esta metodología permite identificar los factores que prevalecen sobre otros y los limitantes (Santistevan et al., 2014; Malagón y Preguer, 2001).

Para León-Velarde y Quiroz (1994), la caracterización de fincas tiene diferentes objetivos como son obtener información técnica de los procesos productivos de la zona en estudio, entender el proceso de la toma de decisiones del productor y su relación con el funcionamiento del sistema de producción y los factores limitantes de orden económico, biológico y físico. Esto nos permitirá generar alternativas para los sistemas caracterizados.

En la tipificación de fincas nos permite identificad las unidades de producción más representativas, de acuerdo a los cultivos predominantes, agrupar en función a factores económicos, en donde se integran los recursos disponibles, habilidad tecnológica así como las limitantes y potencialidades de la zona de producción (Ortuño y Coronel de Renolfi, 2005)

Ortuño y Coronel de Renolfi (2005), en su trabajo de identificación de sistemas de producción en Santiago del Estero, Argentina, concluyeron que, mediante la tipificación de fincas, pudieron identificar distintas formas de gestión rural de las cuales detectaron debilidades y fortalezas, lo cual permitiría definir políticas de investigación, transferencia y desarrollo específicas para esta zona de producción. Por lo tanto, la tipificación de fincas es una metodología que permite una mejor focalización de las acciones para lograr el desarrollo de una zona en particular.

Para realizar la caracterización de las fincas de producción, el primer paso es seleccionar el área de estudio, definiendo los componentes del agroecosistema. Luego se levantará información sobre los sistemas de producción a través de encuestas, talleres participativos, taller de expertos y visitas de campo. Con esta información primaria se definen las variables en estudio. Es importante identificara las interacciones de los productores con los mercados, las relaciones económicas, el uso de tecnología y sus procesos de adaptación a los sistemas de producción. En función a los datos obtenidos se clasificarán en los tres componentes de la sustentabilidad como son la dimensión medio ambiental, social y económica (Arenas, 2019; Aquino, 2018; Hanna y Julca, 2018; Merma, 2012).

En la tipificación de los fundos de productores se utiliza el análisis estadístico multivariado. Este análisis de tipo exploratorio, permite clasificar, resumir y ordenar todas las variables medidas. Estas variables permiten agrupar a las fincas en conjuntos los cuales tienen características en común (Escobar y Berdegué, 1990; Ortuño y Coronel de Renolfi, 2005).

Escobar y Berdegué (1990) señalan que los métodos multivariados pueden ser clasificados según sean unidimensionales o multidimensionales. El carácter multidimensional de una clasificación multivariada está dado por el peso de dos conceptos: el de jerarquía de sistemas y el de integralidad de los sistemas. Un método puede ser multivariado en un sentido estadístico, pero puede que no sirva para recoger información referida a las relaciones inter

jerárquicas (de una finca con los mercados, del clima con los rendimientos del cultivo y otros) ni sobre las fuerzas físico biológicas, socioeconómicas y culturales que están en la base de la estructura, el funcionamiento y la dinámica de un sistema agrícola.

Los métodos multivariados más utilizados en la caracterización de fincas son: el método de análisis de componentes principales (ACP), análisis factorial y el análisis de cluster o conglomerados. El método de componentes principales tiene por objeto transformar un conjunto de variables, a las que se denomina originales, en un nuevo conjunto de variables denominadas componentes principales. Estas últimas se caracterizan por estar relacionadas entre sí y, además, pueden ordenarse de acuerdo con la información que llevan incorporada. El análisis de cluster agrupa las variables buscando la máxima homogeneidad entre ellos generando grupos que puedan ser identificados entre ellos (Fuente-Fernández, 2011; Escobar y Berdegué, 1990).

2.7. Caracterización de fundos en el Perú

La agricultura en el Perú es profundamente heterogénea y tiene una estructura productiva muy diversificada. Existe, por una parte, una fuerte heterogeneidad ecológica, por pisos altitudinales, cuencas y microcuencas hidrográficas, microclimas, y localización geográfica, en la que se distribuyen las tierras con aptitud agropecuaria junto a otras que no la tienen. Así, en ninguna porción del territorio se puede identificar una amplia extensión contigua de tierras agropecuarias con características homogéneas, como sí se encuentra en otros países sudamericanos (por ejemplo, el Brasil o la Argentina) y de otras regiones del mundo. En el Perú la geografía agropecuaria es un profuso archipiélago con una multiplicidad de «islas» microclimáticas y agroecológicas utilizadas para la agricultura, diseminadas por el territorio, y separadas entre sí por otras clases de tierras (desierto costero, selva tropical o zonas de alta montaña) que no son utilizables para la producción agropecuaria (Maleta, 2017).

En el Perú se ha realizado varios trabajos de caracterización y tipificación de fincas productoras, con resultados muy diversos según la zona de investigación y el tipo de cultivo. En condiciones de selva, Merma y Julca (2012), trabajando con agricultores en la zona del Alto Urubamba en la selva alta del Cuzco, determinaron tres tipos de agricultores en los cuales se encontraron que las diferencias entre grupos más marcadas estuvieron en las variables área de las fincas, nivel de ingresos y el nivel tecnológico del productor. Marquez

y Julca (2016) al evaluar productores de café con sistemas de agricultura orgánica y convencional encontraron una alta relación entre el productor organizado y el nivel tecnológico empleado, siendo el agricultor orgánico con mejor nivel de organización y tecnológico que el convencional. Maravi et al. (2018), caracterizando a agricultores productores de plátano en Pichanaki en la selva central, encontró que las fincas productoras de plátano son muy diversas, usando el método de análisis de conglomerados determino que existían cinco grupos de finas, en donde el nivel de educación, la gestión y la edad del agricultor eran variables importantes.

Además de la tipificación de las unidades agropecuarias según sus características individuales (escala, carácter familiar, nivel tecnológico, orientación productiva), estas deben ser consideradas en función de la zona geográfica en que se encuentran (Maleta, 2017).

En condiciones de Sierra, Aquino (2018) realizó una caracterización de productores de tarwi en tres zonas del valle de Mantaro, utilizo los métodos de análisis factorial y de conglomerados, encontrando tres tipos de agricultores. De este modo las unidades productoras fueron caracterizadas en primer lugar por la extensión de terreno (0.5-1 ha) el rendimiento de cultivos diferente al tarwi (6-10 t), el área de otros cultivos (0.5-1 y 2-5 ha), el costo de producción del tarwi (1000-1250 soles por ha), el área cultivada de tarwi (0.1-0.5 ha), y el número de personas que trabajan en su predio (1-2 y 3-4). En segundo lugar, caracteriza a las unidades productoras que solo cultivan con el agua de la lluvia y cuentan con transporte público a diario. En tercer lugar, por la actividad familiar (agricultura y ganadería). En general la fragmentación de la propiedad y la alta actividad familiar son características de los agricultores de la sierra.

En costa, Collantes (2016), mediante análisis de conglomerados, tipificó a los productores de mandarina y palta del valle de cañete, encontrando 5 grupos, los cuales eran diferenciados por áreas de cultivo, nivel tecnológico, costos de cultivo y acceso al mercado tanto interno como externo. En contraste, Contreras (2016) caracterizó socioeconómicamente las fincas productoras de papa en 3 localidades de la provincia de Barranca, en donde encontró diferencias en las tres localidades de producción de la provincia de Barranca especialmente en las variables naturaleza económica y ambiental, pero menor variabilidad en indicadores sociales.

2.8. Agricultura sustentable

La sustentabilidad o sostenibilidad es un concepto que fue creado alrededor del siglo 19, en donde se menciona que la cosecha o producción de alimentos no exceda al crecimiento de la población de tal manera que garantice la estabilidad de la población dependiente es decir del sistema. Posteriormente se introduce el concepto de capacidad ecológica y se le relaciona con el declive de los atributos de un sistema (Gasto et al., 2009). La importancia de la sustentabilidad ha tomado mucha relevancia, World Commission on Environment and Development (1987) conceptualiza a la sustentabilidad como “Todo lo que responde a las necesidades de la presente generación sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones, de satisfacer las suyas”. En la Declaración del Milenio del 2000 (ONU, 2002) se coloca como objetivo principal garantizar la sostenibilidad del medio ambiente, debido al alto riesgo del cambio climático y la contaminación generada por las actividades humanas.

La agricultura es una de las actividades más relevantes de la humanidad que afecta a la naturaleza, debido a que es una actividad de impacto en el medio ambiente, es muy importante que incorpore la sustentabilidad dentro de sus prioridades (Gasto et al., 2009).

Sarandón (2002) menciona que para que una agricultura sea sustentable se debe cumplir satisfactoria y simultáneamente cuatro requisitos: ser suficientemente productiva; económicamente viable; ecológicamente adecuada (que conserve la base de recursos naturales y que preserve la integridad del ambiente en el ámbito local, regional y global) y ser cultural y socialmente aceptable. Gasto et al. (2009) menciona que la agricultura sustentable está basada en principios ambientales, económicos y sociales, integrando un manejo responsable del medio ambiente, con una viabilidad económica y con una base social que le permita el desarrollo del agricultor.

Pretty (2008) indica que uno de los principales aspectos de la sustentabilidad en agricultura es desarrollar tecnología y prácticas que no tengan efectos adversos sobre el medio ambiente y estos deben ser accesibles a los agricultores para que puedan mejorar su productividad. Es necesario un nuevo enfoque para integrar procesos biológicos y ecológicos dentro del proceso productivo, minimizando el uso de insumos no renovables que ocasionen daño al medio ambiente, a los agricultores y al consumidor. La práctica de la agricultura sustentable

es muy positiva en la producción de alimentos porque busca una reducción en el uso de pesticidas y un balance de carbono en el sistema.

2.9. Evaluación de sustentabilidad

La evaluación de agroecosistemas (fincas) es un proceso encaminado a determinar sistemática y objetivamente el estado actual de un sistema, monitoreando los cambios de las diferentes intervenciones, con el fin de proponer cambios para mejorarlo, planteando modificaciones para optimizar el estado de cada componente o factor clave, mediante distintas alternativas de manejo agroecológico (Maserá et al., 1999).

La evaluación de sustentabilidad se lleva a cabo y es válida solamente para: (a) sistemas de manejo específicos en un determinado lugar geográfico y bajo un determinado contexto social y político; (b) una escala espacial (parcela, unidad de producción, comunidad o cuenca) previamente determinada; y (c) una escala temporal también previamente determinada (Sarandón et al., 2014).

Una estrategia para identificar indicadores de sostenibilidad es la selección de indicadores a partir de un menú construido con base en experiencia previa. Conocidos estos indicadores parciales (sociales, económicos, ambientales, etcétera), usualmente se procede a construir un indicador agregado, para lo cual se determinan las ponderaciones. Dichas ponderaciones pueden ser obtenidas tanto a partir de un marco teórico como a través de algún método ad-hoc (Glave y Escobal, 2001).

La sustentabilidad no puede evaluarse por sí sola, sino de manera comparativa o relativa. Para esto existen dos vías fundamentales: (a) comparar la evolución de un mismo sistema a través del tiempo (comparación longitudinal), o (b) comparar simultáneamente uno o más sistemas de manejo alternativo o innovador con un sistema de referencia, es decir una comparación transversal. La evaluación de sustentabilidad es un proceso cíclico que tiene como objetivo central el fortalecimiento tanto de los sistemas de manejo como de la metodología utilizada (Maserá et al., 1999). Además es una actividad participativa que requiere el concurso de los actores involucrados (agricultores, técnicos, representantes de la comunidad).

Li (1994) clasifica los indicadores de sostenibilidad en tres: indicadores de recursos (naturales y sociales), indicadores de estructura (económica y ecológica) e indicadores de beneficios (ecológicos, económicos y sociales). Bravo-Medina et al. (2016) realizaron una evaluación de la sustentabilidad mediante indicadores en diferentes unidades de evaluación en la Amazonia Ecuatoriana, cuantificaron la dimensión ambiental, socio-cultural, económica y política, encontrando que los valores críticos en cada dimensión, pero lograron identificar los indicadores que deben ser mejorados para permitir una mejor sustentabilidad.

Para Masera et al. (1999), el concepto de sustentabilidad se define a partir de cinco atributos generales de los agroecosistemas o sistemas de manejo: (a) productividad; (b) estabilidad, confiabilidad y resiliencia; (c) adaptabilidad; (d) equidad; (e) autodependencia (autogestión).

Sarandón et al. (2014) mencionan que la sustentabilidad tiene un efecto aditivo de lo ambiental, económico y social, pero la complejidad de las interacciones, genera la sustentabilidad total. Por lo tanto la definición de los indicadores tiene que ser de acuerdo al agroecosistema donde se desarrolle la agricultura.

2.10. La sustentabilidad en el Perú

En el Perú se han realizado numerosos trabajos de la evaluación de la sustentabilidad de diferentes tipos de productores tanto en selva, sierra y costa. En condiciones de sierra, Barreto (2017), evaluó la sustentabilidad de 339 productores agropecuarios en la zona de Carhuaz, Ancash. Estos productores se caracterizaban por tener multicultivos en diferentes pisos ecológicos, usando un análisis multicriterio, encontró que la sustentabilidad, ecológica, social y económica era muy variable entre zonas y los valores fueron lejos de los niveles óptimos. En la zona del valle del Mantaro, Aquino (2018) evaluó la sustentabilidad de los productores de *Lupinus mutabilis* (Tarwi), encontró que $\frac{3}{4}$ partes de los productores están sustentables, siendo la dimensión económica un punto crítico. Anculle (2019) caracterizó a las fincas productoras de *Opuntia ficus* para la producción de cochinilla carmín en la zona la Joya, Arequipa; se usó para evaluar la sustentabilidad el “Marco MESMIS” y el “Análisis multicriterio”, se encontró que las fincas no eran sustentables pese a la rentabilidad económica de la cochinilla, siendo la sustentabilidad social, económica y ambiental bajas.

En condiciones de selva, Merma y Julca (2012) evaluaron la sustentabilidad de fincas del Alto Urubamba, siendo los cultivos de coca y te como no sustentables mientras que los cultivos principales como café, cacao, plátano, cítricos, papayo y mango fueron sustentables, adicionalmente los indicadores de sustentabilidad multicriterio utilizados son simples, confiables y replicables. Marques et al. (2016) en productores de café mostraron claramente la diferencia entre las fincas productoras de café convencional y orgánico, siendo más sustentables los productores de café orgánico. En condiciones de selva la preservación de la biodiversidad, la reducción de la erosión y la microbiota del suelo constituyen uno de los componentes medioambientales más importantes de la sustentabilidad.

En los agroecosistemas de costa, se tienen diferentes trabajos se sustentabilidad de fincas, entre los que se hizo en frutales se tiene a Collantes y Rodríguez (2015), que evaluaron la sustentabilidad de los agroecosistemas de palto y mandarina en el valle de Cañete, encontrando que las fincas con cultivos diversificados y crianza animal fueron sustentables. Contreras (2018) trabajó con el cultivo de papa en la región de Lima, no encontró en ninguno de las zonas que la producción de papa sea sostenible, siendo el componente medio ambiental uno de los más débiles por el uso excesivo de pesticidas. Esta característica es muy común en los cultivos altamente intensivos en el uso de insumos externos (Altieri, 1997).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Lugar de ejecución

La Irrigación Chavimochic está ubicada en la región La Libertad, la cual se encuentra en la costa nor-occidental del Perú. El proyecto está ubicado en la zona costera de las provincias de Virú, Trujillo y Ascope de la región La Libertad, desde el río Santa hasta las Pampas de Urricape. El proyecto Chavimochic deriva las aguas del río Santa para la irrigación de los valles e intervalles de Chao, Virú, Moche y Chicama. El diseño hidráulico integral del Proyecto Chavimochic considera tres etapas, la etapa I y II ya fueron ejecutadas y están en pleno funcionamiento, la etapa III está en proyecto de desarrollo. La primera etapa, incluye la bocatona en la margen derecha del río Santa, tiene un canal de derivación y un canal madre hasta la margen derecha del valle de Virú, incluye canales de conducción, una central hidroeléctrica de Virú de 7.5 MW, las micro centrales de Tanguche y el Desarenador. La segunda etapa, comprende el cruce del río Virú hasta la zona de moche, entre sus obras incluye una planta de tratamiento de agua potable para la ciudad de Trujillo. En la actualidad se está construyendo la represa Palo Redondo que permitirá la ampliación de la tercera etapa del proyecto llevando el agua al valle de Chicama que se encuentra en al norte de la ciudad de Trujillo (Figura 2).

El presente trabajo de investigación fue realizado en la Irrigación Chavimochic, que abarca las tres zonas áridas de los intervalles de Chao, Virú y Moche en la Región La Libertad. Todos los fundos de las empresas de la Irrigación Chavimochic pertenecen a la Junta de Riego Presurizado de Chao, Virú y Moche, la cual administra el recurso hídrico y presta servicio de asistencia técnica a los usuarios. En total son 50 empresas, con fundos que fluctúan entre 10 a 5459 has. El área total de cultivos sembrados en la Irrigación Chavimochic es de 21,298 has. Los cultivos predominantes son palto (39.41%), espárrago (25.96%), arándanos (15.3%), caña de azúcar (14.95%) y otros (4.29%).

El estudio se realizó considerando a todos los fundos productores de palto y espárrago, que en conjunto constituyen el 65.37 % del total de la irrigación. Las empresas que tienen palto y/o espárrago son 35 de las 50 registradas. Todos los fundos son abastecidos por el agua del canal de la Irrigación Chavimochic. El 100% de los fundos tiene riego tecnificado el cual puede ser goteo o microaspersión. El nivel tecnológico de todos los fundos de palto y espárrago es intensivo, la producción de palto y espárrago se destinan principalmente para la exportación. Todos los fundos de palto y espárrago pertenecen a diferentes empresas con razón social y están inscritas ante SUNAT, por lo que la gestión económica es de tipo empresarial en la totalidad de los fundos.



Figura 2. Esquema de las tres etapas del Proyecto Chavimochic. Fuente: Memoria 2015. Proyecto Chavimochic. Gobierno Regional La Libertad.

3.2. Zonificación de los cultivos de palto y espárrago en la Irrigación Chavimochic.

La Junta de Riego Presurizado de Chao, Virú y Moche ha dividido a la Irrigación Chavimochic en 5 sectores, esta división se ha realizado en función a la distribución de agua de riego y a las matrices del canal. La zona 1, se encuentra al sur, en la zona antes de llegar al valle de Chao, la zona 2 está entre Chao y Virú. La zona 3 y 4 entre los valles de Virú y Moche. La zona 5 está cercana al valle de Moche y es la más cercana a la ciudad de Trujillo (Castillo, 2019). En el cuadro 2 se observa las áreas de los principales cultivos por sectores de riego.

Cuadro 2. Principales cultivos por sectores de riego de la Irrigación Chavimochic. Diciembre 2017.

Sector	CULTIVOS POR SECTORES (Hectáreas)						
	PALTO	ESP. BLANCO	ESP. VERDE	ARANDANOS	CAÑA DE AZUCAR	OTROS	TOTAL
I	2,300.70	417.19	1.01	1,862.59	0.00	16.77	4,598.26
II	474.43	132.02	0.00	410.88	0.00	183.02	1,200.35
III	2,441.83	717.18	0.00	851.02	20.00	77.11	4,107.14
IV	2,362.26	1,009.43	343.97	85.96	290.32	300.62	4,392.56
V	822.48	2,605.23	1,042.02	59.80	2,873.27	336.46	7,739.26

Fuente: Junta de Riego Presurizado de Chao Virú y Moche, 2017.

Para la zonificación de los cultivos se utilizó la información base de los sectores manejados por la Junta de Riego Presurizado de Chao, Virú y Moche. Se colectó información de 5 años de 7 estaciones meteorológicas. Las estaciones meteorológicas fueron las siguientes: Fundo Green Perú (zona V), Fundo Muchik (zona V), Fundo Arena Dulce (zona IV), Fundo Virú (zona III), Fundo Compositan (Zona II), Fundo Camposol-Mar Verde (zona II) y fundo Blue Berries (zona I). Las variables meteorológicas tomadas fueron: Temperatura máxima y mínima semanal, humedad relativa promedio semanal, Precipitación acumulada anual, evapotranspiración diaria.

Se usó la información de área y distribución de los cultivos registrados en la Junta de Riego Presurizado de Chao, Virú y Moche. Se hicieron visitas a cada zona de producción tomando información de los cultivos de espárrago y palto.

Con la información meteorológica, los datos de distribución de áreas de cultivos y los datos de los cultivos se hizo una propuesta de zonificación de cultivos. Las zonas propuestas fueron sometidas a la evaluación y sugerencia de un taller de expertos el cual estuvo constituido por 5 personas las cuales conocen la Irrigación Chavimochic desde sus inicios de desarrollo. Con esta información se elaboró el mapa de la zonificación de producción y cultivos.

Una vez elaborada la zonificación de los cultivos se procedió a realizar las siguientes partes del estudio:

- (a) Caracterización de los fundos de espárrago y palto
- (b) El estudio del declinamiento del espárrago
- (c) La sustentabilidad de los fundos de espárrago y palto.

3.3. Caracterización de fundos productores de palto y espárrago en la Irrigación Chavimochic

Se trabajó con todos los fundos productores de palto y espárrago de la Irrigación Chavimochic. En total fueron 17 fundos de palto y 12 fundos de espárrago.

Para la caracterización de los fundos de palto y espárrago se evaluaron los datos proporcionados por las siguientes fuentes de información:

- Encuestas estructuradas a gerentes o jefes de fundo de palto (anexo 1) y espárrago (anexo 2) y a los trabajadores de los fundos (anexos 3).
- Muestras de suelo para análisis de población de organismos del suelo
- Datos de consumo de agua y área de la Junta de Riego Presurizado de Chao, Virú y Moche.
- Visitas *in situ*.

3.3.1. Encuestas estructuradas

Se hicieron visitas a los 29 fundos productores de la Irrigación Chavimochic. Durante las vistas se tomaron encuestas estructuradas a diferentes niveles: (A) Gerentes o Jefes de Fundo (B) Trabajadores de cada fundo.

(A) Gerentes o Jefes de Fundo: Son las personas que toman las decisiones de manejo tanto técnico como administrativo de los cultivos de palto (anexo 1) y espárrago (anexo 2). Se encuestaron a todos los gerentes y jefes de fundo de las 17 empresas de palto y 12 de espárrago. Las encuestas tuvieron las siguientes variables según la dimensión:

- i. Social: donde se evaluó el nivel de educación, capacitación, relación institucional y fuentes de información.
- ii. Económica: Área de cultivo, Costos de producción, componentes del costo de producción, número de trabajadores requeridos.
- iii. Técnico-Ambiental: Sobre uso del recurso hídrico, manejo sanitario, uso de insumos, recursos que dispone, manejo agronómico de cada cultivo. Uso de buenas prácticas agronómicas, cantidad de certificaciones. Uso de pesticidas. Reciclamiento de material.

(B) Trabajadores: Se seleccionaron al azar 10 trabajadores por fundo, totalizando 170 encuestas para palto y 120 para espárrago. Las encuestas (anexo 3) tuvieron las siguientes variables:

- i. Social: género del encuestado, edad, nivel de instrucción, número de personas con las que vive, lugar de residencia, organización o asociatividad, servicios disponibles, acceso a salud y educación.
- ii. Económico: Nivel de ingresos, otras actividades económicas, propiedades y otros.
- iii. Ambiental: Conocimiento y uso de buenas prácticas agronómicas.

3.3.2. Muestras de suelo

En todos los fundos de palto y espárrago se tomaron muestras de suelo de los campos de producción. Para el muestreo se eligió una parcela representativa de cada fundo, se tomaron 20 sub muestras de la parcela y se colectó una muestra compuesta de 2 kg de suelo. En total se procesaron 29 muestras (17 de palto y 12 de espárrago) La muestra fue tomada en la zona de influencia radicular.

Con esta muestra se realizaron los siguientes análisis:

Análisis de caracterización de suelo: Se envió al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, donde se hizo un análisis de caracterización para cuantificar

materia orgánica, acidez, conductividad eléctrica, N, P₂O₅, K₂O, Capacidad de intercambio catiónico,

Análisis de flora fungosa: Este análisis se realizó en el laboratorio de la Clínica de Diagnóstico de Fitopatología. La muestra de suelo fue procesada mediante el método de diluciones seriadas en agua estéril y siembra en medio de cultivo Papa Dextrosa Agar Oxytetraciclina (PDAO) según la metodología mostrada por French et al. (1980). Las placas Petri sembradas se incubaron a 25°C por 7 días, una vez que se observó el desarrollo de hongos, se hizo la cuantificación e identificaciones respectivas. Para la identificación de hongos se utilizó las llaves de Barnett et al. (1998) la cual permite diferenciar los géneros de los principales hongos en forma morfológica. Para el análisis de diversidad se tomó el número de especies identificadas por gramo de suelo.

3.3.3. Visitas *in situ*

Se realizaron visitas *in situ* a todos los fundos de palto y espárrago para validar los datos generados en las encuestas y adicionar información sobre el manejo de los cultivos con los gerentes o jefes de producción.

Los datos tomados *in situ* fueron: Cobertura vegetal en cada cultivo por fundo, Diversidad vegetal en el fundo, porcentaje de zonas de conservación en los fundos y se verificó en las cartillas de evaluación la incidencia de plagas en una campaña por cultivo y fundo.

3.3.4. Análisis de datos

Con los datos de las variables de las encuestas (total de 65 variables por fundo de palto y espárrago), los de análisis de suelos, visitas *in situ* y los datos colectados en fuentes primarias de la Junta de Riego Presurizado se hizo un análisis multivariado usando las técnicas del análisis de componentes principales y el de análisis de conglomerados o cluster. Se descartaron las variables con menos de 30% de coeficiente de variación debido a que estas no son discriminantes según lo señalado por Escobar y Berdegué (1990).

El resultado del análisis cluster se expresará en forma gráfica mediante un diagrama de árbol o dendrograma (Valerio et al., 2004; Escobar y Berdegué, 1990). La medida de distancia

seleccionada fue la distancia euclídea al cuadrado y el método Ward, combinación más recomendada para los frutales perennes (Miranda y Carranza, 2013).

3.4. Factores del declinamiento del espárrago

Para el estudio del declinamiento de las esparragueras en la Irrigación Chavimochic se tomaron los siguientes datos:

- a. Fuentes de información primaria y secundaria: Se recopiló información básica de las áreas de cultivo de espárrago en la irrigación Chavimochic del 2004 hasta el 2018. Estos datos fueron proporcionados por las estadísticas de siembra de la Junta de Riego Presurizada de Chao Virú y Moche. Se tuvo información de mapas de cultivo de la zona. Se entrevistó a las jefes de fundo de las operaciones agrícolas de espárrago de cada zona de producción propuesta en la zonificación de cultivos. Se recolectó información sobre el periodo de duración de esparragueras, años de producción, considerando fechas de siembra y de eliminación de campos de espárrago para diferentes fundos en cada zona de producción.
- b. Muestra de suelos. Se tomaron dos tipos de muestras para el análisis del declinamiento.
 - b.1. Muestreo para análisis de flora fungosa y patógenos habitantes del suelo de espárrago: Para este análisis se tomaron 33 muestras de suelo de diferentes zonas productoras y tipos de espárrago (cuadro 3). Para este muestreo se eligió el lote en función a la edad, tipo de espárrago, tiempo posterior a la siembra de espárrago. En los lotes seleccionados se tomaron 10 submuestras de las cuales se mezclaron y tomaron una muestra de 2 kg de peso.
 - b.2. Muestreo para el estudio de alelopatía: Se eligieron lotes de diferentes edades de espárrago, para el muestreo se tomaron 10 submuestras de las cuales se colectó una muestra de 1 kg de suelo para realizar el análisis de alelopatía.

Cuadro 3. Muestras de suelo de distintas zonas de producción de espárrago en de la Irrigación Chavimochic.

nro	Muestra	Descripción	Zona	Grupo¹
1	Muestra 01	Espárrago sobre espárrago UC157F1 (2 años) después 12 años espárrago	Zona 2	1
2	Muestra 02	Espárrago sobre espárrago cv Atlas (2 años) después de 12 años de espárrago	Zona 2	1
3	Muestras 03	Espárrago sobre espárrago UC157F1 (3 años) después suelo 12 años espárrago	Zona 2	1
4	Muestra 04	Espárrago sobre espárrago (3 años) después de espárrago 12 años	Zona 2	1
5	Muestra 05	Espárrago sobre espárrago UC157 (4 años) después 10 años espárrago	Zona 2	1
6	Muestra 06	Espárrago UC157 de 12 años espárrago	Zona 2	4
7	Muestra 07	Palto (2 años edad) después espárrago 12 años	Zona 2	5
8	Muestra 08	Palto (1 año edad) después de espárrago 10 años previo cultivo col	Zona 2	5
9	Muestra 09	Espárrago sobre espárrago (2 años) previo cultivo de col	Zona 3	1
10	Muestra 10	Espárrago sobre espárrago (2 años) sin descanso	Zona 3	1
11	Muestra 11	Espárrago UC157 de 5 años edad	Zona 2	3
12	Muestra 12	Espárrago de 10 años edad	Zona1	4
13	Muestra 13	Espárrago de 6 años edad	Zona 1	3
14	Agualima 01	Espárrago 9 años de edad	Zona 1	4
15	Agualima 02	Espárrago UC115 (3 años) sobre espárrago 12 años	Zona 1	1
16	Adulce 01	Espárrago verde 2 años de edad	Zona1	2
17	Adulce 02	Espárrago blanco 2 años edad	Zona 1	2
18	Beggie 01	Palto 4 años después espárrago 12 años	Zona 2	5
19	Beggie 02	palto 5 años después espárrago 12 años	Zona 2	5
20	UPAO 02 M1	Espárrago sobre espárrago de 12 años de edad	Zona 3	1
21	UPAO 02	2 años de descanso sin cultivo espárrago 12 años	Zona 3	6
22	UPAO 03	Espárrago 8 años	Zona 3	4
23	Morava 01	Espárrago 11 años	Zona 2	4
24	Morava 02	Espárrago 10 años	Zona 2	4
25	Muchik 01	Espárrago de 13 años	Zona 2	4
26	Muchik 02	campo descanso UC157 22 (11 años) campañas de espárrago verde	Zona 3	4
27	Muchik 03	campo descanso UC157 22 campañas (11 años)	Zona 3	4
28	Muchik 04	campos descanso UC157 18 campaña (9 años)	Zona 3	4
29	Michik 05	Pimiento después espárrago 12 años	Zona 3	7
30	Arequipa 01	Espárrago 10 años	Zona 2	4
31	Camposol 1	Suelo en descanso 5 años sin cultivo después espárrago 10 años	Zona 1	6
32	Camposol 2	Suelo en descanso 5 años sin cultivo espárrago 12 años	Zona 1	6
33	Testigo	Suelo arena sin cultivar	Zona 2	6

¹: Grupo de muestras: Grupo 1: Espárrago después de espárrago. Grupo 2: Espárrago menos de 4 años edad. Grupo 3: Espárrago de 4 a 6 años edad. Grupo 4: Espárrago mas de 7 años de edad. Grupo 5: Palto después de espárrago. Grupo 6: Suelo en descanso 5 años.

3.4.1. Factores bióticos del declinamiento del espárrago

Con las 33 muestras tomadas de los diferentes lotes de espárrago se procedió a evaluar el efecto biótico en el declinamiento para ellos se hicieron los siguientes análisis:

- Identificación de hongos aislados de suelo
- Identificación de patógenos de espárrago en el suelo.

3.4.1.1. Identificación de hongos aislados del suelo

Se utilizó el método de dilución seriada en agua estéril, en la cual se colocó 1 gramo de suelo en 10 cc de agua estéril y luego se procedió a sembrar 1 cc de agua de cada dilución en medio Papa Dextrosa Agar Oxitetracina (PDAO). Para cada dilución se cuantificó el número de colonias fungosas y se identificó hongos que se desarrollaron en el medio de cultivo. Se utilizó la llave de identificación de Barnett et al. (1998). Con los datos colectados se hizo un análisis de la diversidad de hongos presentes por muestra de suelo.

3.4.1.2. Identificación de patógenos de espárrago en el suelo.

Para la identificación de los patógenos habitantes del suelo de las 33 muestras tomadas se hicieron los siguientes análisis:

- Análisis de nematológico del suelo: Las 33 muestras de suelo fueron enviadas al Laboratorio de Nematología de la Universidad Nacional Agraria La Molina, donde se identificó y cuantificó el número de individuos por 100 de suelo.
- Bioensayo para nemátodos: Las 33 muestras de suelo fueron puestas en macetas de 300 cc de capacidad, donde se sembró una plántula de tomate susceptible a *Meloidogyne* sp de la variedad Rio Grande. A los 30 días después del trasplante se procedió a lavar las raíces y se cuantificó el grado de nodulación mediante la siguiente escala: Grado 0: sin nódulos, Grado 1: 1 a 2 nódulos, Grado 2: 3 a 10 nódulos, Grado 3: 11 a 30 nódulos, Grado 4: 31 a 100 nódulos Grado 5: más de 100 nódulos
- Bioensayos en espárrago. Se procedió a realizar un bioensayo con plantines de la variedad susceptible UC157F1. Las plantas sembradas en las muestras de suelo fueron evaluadas a los 90 días de trasplantadas y en ellas se evaluó el porcentaje de pudrición ocasionadas por *Fusarium oxysporum* f.sp. *asparagi* y el número de nódulos de *Meloidogyne incognita*.

- Para la identificación de *Fusarium*. Se seleccionaron cuatro plantas de espárrago del bioensayo que presentaron síntomas de pudrición de raíces. Las raíces fueron sembradas en medio Papa Dextrosa Agar Oxytetraciclina. Una vez que se tuvieron crecimiento de colonias de *Fusarium* hizo la identificación morfológica comparando las medidas de estructuras con las descritas por Booth (1970). Para la identificación de la forma especial se procedió a colectar en agua estéril microconidias y macroconidas de *Fusarium*. Estas estructuras se titularon 1×10^8 conidias por mililitro mediante el uso de una cámara de Neubauer (Hematocimetro). La solución tilada fue inoculada en plantas de tomate, frijol, algodón y espárrago, las cuales fueron evaluados a los 30 días de inoculadas. Para confirmar la identificación morfológica se extrajo el ADN de las cuatro muestras seleccionadas y se amplificó regiones conservadas de los ribosomas ITS1 y ITS2, las cuales fueron enviadas a secuenciar, las regiones secuenciadas se compararon con el software Blast para comparar otras especies de *Fusarium oxysporum* identificadas de espárrago. Este análisis se hizo en la Clínica de Diagnóstico de Fitopatología de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.4.2. Factor alelopático en el “declinamiento del espárrago”

Para evaluar el efecto alelopático se tomaron 12 muestras de suelo con raíces de espárrago de diferentes edades de esparragueras. En el cuadro 4 se describen las características de cada muestra. De las 12 muestras, se colocaron 100 cc de suelo con raíces en embudos de vidrio y papel filtro. Se hizo pasar 200 cc de agua estéril por cada muestra, el extracto fue colectado en frascos estériles. Se prepararon placas Petri con papel filtro estéril en donde se colocaron 100 semillas de lechuga cultivar “Americana” y se procedió a regar con el extracto de cada muestra. Esta metodología fue adaptada de Blok and Bollen (1998) y Shaffer et al. (1986). Se tuvo cuatro repeticiones por cada tratamiento. A los 7 días de colocadas las semillas en la placa Petri se evaluó el porcentaje de germinación y la longitud de la radícula. Para la medición de la longitud de la radícula se tomó una fotografía y se utilizó el software Assess 2.0 (Lamari, 2002).

Cuadro 4. Características del suelo y raíces para la prueba de efecto alelopático.

TRAT	DESCRIPCIÓN	ZONA PRODUCCIÓN
T1	Suelo sin cultivo previo	Zona 3
T2	Suelo con 01 año cultivo de espárrago Blanco	Zona 3
T3	Suelo con 3 años cultivo de espárrago Blanco	Zona 3
T4	Suelo con 4 años cultivo espárrago	Zona 2
T5	Suelo con 6 años cultivo de espárrago	Zona 3
T6	Suelo con 7 años cultivo de espárrago	Zona 3
T7	Suelo con 8 años cultivo de espárrago	Zona 3
T8	Suelo con 9 años cultivo de espárrago	Zona 2
T9	Suelo con 10 años cultivo de espárrago	Zona 3
T10	Suelo con 11 años cultivo de espárrago	Zona 2
T11	Suelo con 12 años cultivo de espárrago	Zona 3
T12	Suelo de 4 años de palto sembrado sobre esparraguera eliminada con 12 años de edad	Zona 3

3.5. Sustentabilidad de los fundos productores de palto y espárrago de la Irrigación Chavimochic

El análisis de la sustentabilidad de los fundos productores de palto y espárrago en la Irrigación Chavimochic fue realizado mediante la metodología multicriterio propuesta por Sarandón et al. (2002), en donde se consideran las dimensiones ambiental, económica y social.

Los indicadores utilizados fueron adaptados para un sistema de producción en una Irrigación como la de Chavimochic, en condiciones de desierto.

La elección y ponderación de cada uno de los indicadores se realizó mediante una consulta y consenso de expertos en el tema. Los expertos que participaron en la selección, cuantificación y ponderación de los indicadores fueron los gerentes de los fundos de palto y espárrago, profesionales de amplia experiencia en los cultivos de palto y espárrago.

3.5.1 Sustentabilidad Ambiental

En el cuadro 5 se presentan los subindicadores adaptados para evaluar la sustentabilidad ambiental de los fundos de palto y espárrago en Chavimochic. Uno de los indicadores que tuvo un peso importante fue el uso del recurso hídrico que es un factor determinante en climas de desierto.

Los subindicadores tendrán los mismos pesos. El indicador ambiental (*IAm*) fue calculado con la ecuación del cuadro 8.

3.5.2 Sustentabilidad Económica

En el cuadro 6 se presentan los subindicadores adaptados para evaluar la sustentabilidad económica de los fundos de palto y espárrago en Chavimochic. Para el análisis de la rentabilidad se consideró el subindicador más importante, con el doble de peso respecto a los otros. El indicador económico (*IK*) se calculó con la ecuación mostrada en el cuadro 8.

3.5.3 Sustentabilidad Social

En el cuadro 7 se presentan los subindicadores adaptados para evaluar la sustentabilidad social de los fundos de palto y espárrago en Chavimochic. Esta dimensión se obtendrá de los trabajadores de los fundos. En la dimensión social se considerará al subindicador de necesidades básicas como el más importante por lo que tendrá doble peso. El cálculo de indicador social (*AS*) se muestra en el cuadro 8.

3.5.4 Análisis de sustentabilidad General

Con los valores calculados en las dimensiones ambientales, económicas y sociales se calculará el índice de sustentabilidad general (*ISGen*). En este índice las tres dimensiones tienen la misma importancia (Cuadro 8).

Para considerar un fundo sustentable, el *ISGen* debe ser mayor a 2 y ninguna dimensión debe tener un indicador con un valor menor a 2 (Sarandón et al., 2002).

Cuadro 5. Subindicadores ambientales de los fondos de palto y espárrago.

Dimensión Ambiental	Subindicador	Variables	Valor	Detalle cultivo palto ⁽¹⁾	Detalle cultivo de espárrago ⁽¹⁾
	Dimensión Ambiental	Conservación de la vida del suelo (A)	Cobertura vegetal % (A1)	4	100
3				75-99	15-25
2				50-74	10-15
1				25-49	5-10
0				<25	<5
Uso Materia Orgánica (tm/ha) (A2)			4	>15	>40
			3	11 a 15	30 a 40
			2	6 a 10	20 a 30
			1	1 a 5	10 a 20
			0	0	0
Uso del recurso hídrico (B)		Gasto de agua por campaña (m ³ /ha) (B1)	4	< 13000 m ³	< 4000 m ³
			3	13000 a 14000 m ³	4000 a 5500 m ³
			2	15000 a 16999 m ³	5500 a 6999 m ³
			1	17000 a 20000 m ³	7000 a 8000 m ³
			0	>20000 m ³	>8000 m ³
		Métodos para calcular el riego (Nro métodos)	4	>3	>3
			3	3	3
			2	2	2
			1	1	1
			0	ninguno	ninguno
Manejo de la Biodiversidad (C)	Diversidad de hongos del suelo (especies) (C1)	4	> 10	> 10	
		3	8 a 10	8 a 10	
		2	5 a 7	5 a 7	
		1	2 a 4	2 a 4	
		0	<2 especies	<2 especies	
	Diversidad Vegetal ⁽²⁾ (C2)	4	Total	Total	
		3	Alta	Alta	
		2	Media	Media	
		1	Baja	Baja	
	Área de zonas de conservación (%) (C3)	4	más de 2.5	más de 2.5	
		3	1.1 a 2.5	1.1 a 2.5	
		2	0.51 a 1.00	0.51 a 1.00	
		1	0.1 a 0.5	0.1 a 0.5	
0	0	0			
Contaminación (D)	Uso de pesticidas n° aplica. por campaña (D1)	4	no aplica	no aplica	
		3	1 a 5	1 a 5	
		2	6 a 10	6 a 10	
		1	11 a 15	11 a 15	
		0	>15	>15	
	Número pesticidas banda roja (D2)	4	Ninguno	Ninguno	
		3	1	1	
		2	2	2	
		1	3	3	
	0	>3	>3		
	Uso de control biológico (D3)	4	más de 4	más de 4	
		3	3 aplicaciones	3 aplicaciones	
2		2 aplicaciones	2 aplicaciones		
1		1 aplicación	1 aplicación		
0	No usa	No usa			

(1) Adaptado de Sarandón et al. (2002) y fueron validados por el comité expertos.

(2) Baja: dos especies vegetales. Media: 3 a 5, Alta: 6 a 10. Total: más de 10 especies.

Cuadro 6. Subindicadores económicos de fondos de palto y espárrago.

Dimensión Económica	Subindicador	Variables	Valor	Detalle cultivo Palto(1)	Detalle cultivo espárrago (1)
	Dimensión Económica	Rentabilidad (A)	Productividad (TM/ha) (A1)	4	>22
3				15 a 22	7 a 10
2				10 a 15	5 a 7
1				8 a 10	2.5 a 5
0				<8	<2.5
Costos de producción (US\$/ha) (A2)			4	<6000	<2500
			3	6000 a 7500	2500 a 3999
			2	7500 a 8500	4000 a 5000
			1	8500 a 10000	4999 a 6000
			0	>10000	> 6000
Calidad de Exportación % (A3)			4	>98	>90
			3	94-98	80-90
			2	85 a 90	70 a 79
			1	75 a 84	65 a 69
			0	<75	<65
Incidencia plagas % (A4)			4	<5	<5
			3	5 a 8	5 a 8
			2	9 a 12	9 a 12
			1	12 a 15	12 a 15
			0	>15	>15
Ingreso neto por campaña (B)	Cantidad (US\$/ha) (B)	4	>7000	>4000	
		3	5000 a 7000	3000-4000	
		2	3000 a 5000	2000-3000	
		1	1000 a 3000	1000-2000	
		0	<1000	<1000	
Riesgo económico (C)	Diversificación para la venta. cantidad de productos (C1)	4	>4	>4	
		3	4	4	
		2	3	3	
		1	2	2	
		0	1	1	
	Dependencia de insumos externos % (C2)	4	0-20	0-20	
		3	21-40	21-40	
		2	41-60	41-60	
		1	61-80	61-80	
		0	81-100	81-100	

(1) Adaptado de Sarandón et al. (2002) y fueron validados por el comité expertos.

Cuadro 7. Subindicadores sociales de los fondos de palto y espárrago.

	Subindicador	Variables	Valor	Detalle (1)
Dimensión Social	Satisfacción de las necesidades básicas (A)	Acceso a la educación (A1)	4	Superior
			3	Secundaria
			2	Primaria
			1	Limitada
			0	Sin acceso
		Acceso a salud y cobertura sanitaria (A2)	4	< 1 km
			3	1.1 a 3 km
			2	3.1 a 5 km
			1	5.1 a 10 km
			0	> 10 km
		Servicios (A3)	4	completos
			3	casi completos
			2	Agua y Luz
			1	Sólo agua
			0	Ninguno
	Integración Social (B)	Participación en organizaciones ⁽²⁾ (B)	4	Muy alta
			3	Alta
			2	Media
			1	Baja
0			Ninguno	
Conocimiento de buenas prácticas Agrícolas (C)	Conocimiento BPA (C)	4	Muy alta	
		3	Alta	
		2	Media	
		1	Baja	
		0	Ninguno	

(1) Adaptado de Sarandón et al. (2002) y fueron validados por el comité expertos.

(2) Participación organizaciones: 0: Ninguna participación 1: Conoce sindicato. 2: pertenece a un sindicato, 3: pertenece a e organizaciones 4: Perntece a varias organizaciones mas de tres.

(3) 0: No conoce nada 1: por lo menos ha recibo una capacitación. 2: Ha recibido 4 capacitaciones al año. 3: Capacitaciones constantes cada mes. 4. Alta capacitación, por lo menos 2 a 3 por mes.

Cuadro 8. Fórmulas para el Cálculo de los diferentes Índices de Sustentabilidad de los fundos productores de espárrago y palto en la Irrigación Chavimochic.

INDICADOR	FORMULAS
Sustentabilidad Ambiental (<i>IAm</i>)	$I_{Am} = \frac{\left[\frac{A1+A2}{2} \right] + 2 \left[\frac{B1+B2}{2} \right] + \left[\frac{C1+C2+C3}{3} \right] + \left[\frac{D1+D2+D3}{3} \right]}{5}$
Sustentabilidad Económica (<i>IK</i>)	$I_K = \frac{2 \left[\frac{A1+A2+A3+A4}{4} \right] + B + \left[\frac{C1+C2}{2} \right]}{4}$
Sustentabilidad Social (<i>IS</i>)	$I_S = \frac{2 \left[\frac{A1+A2+A3}{3} \right] + B + C}{4}$
Índice de sustentabilidad general (<i>ISGen</i>)	$I_{SGen} = \frac{I_{Am} + I_K + I_S}{3}$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Áreas de cultivo en la Irrigación Chavimochic

Las áreas de siembra de los principales cultivos se muestran en el cuadro 9, en donde se observa que en los últimos 7 años la Irrigación Chavimochic ha tenido cambios significativos en los cultivos donde la mayor área era espárrago y palto (2010) con 8356 ha (espárrago blanco y verde) y al 2017 se redujo a 4575 ha lo que representa una reducción del 54.7%. Estos cambios se muestran en la figura 3, donde el área de espárrago ha disminuido para dar paso a cultivos como arándano y palto (2017), que convierten a la irrigación en una zona frutícola importante. En la actualidad el palto (38%), arándanos (20.2%) y el espárrago blanco (16.4%) son los tres principales cultivos. Esta reducción del espárrago y el incremento del área de palto y arándanos se debe principalmente a la rentabilidad del cultivo. Estos últimos años el área cultivada total se ha incrementado hasta llegar a 22599 ha, el 100% es cultivada con riego presurizado y dedicado a cultivos de exportación. El cultivo del palto ha crecido principalmente con la variedad Hass que se exporta a diferentes mercados, mientras que el cultivo de espárrago ha ido disminuyendo, las empresas han sustituido el espárrago por palto y recientemente arándanos. En el caso del espárrago el área más importante la constituye la producción para blanco (16.4%) debido a las condiciones de suelo arenoso y agua sin sales, mientras que el verde ha disminuido y apenas constituye el 3.9 del área cultivada total. La reducción del área de espárrago blanco en conserva y el incremento de palto y arándanos, tiene una directa relación con la demanda en los mercados extranjeros. El menor precio del espárrago en conserva está directamente ligado a una reducción de los hábitos de consumo tanto en Europa como en Estados Unidos, en donde el consumidor promedio prefiere el consumo fresco de frutas y hortalizas las que son percibidas como más saludables (Sillani et al., 2015; Pula et al., 2014). En el caso del espárrago verde, la reducción del área está muy relacionada a los altos costos de producción, bajos rendimientos debido a factores climáticos y sanitarios (Castillo, 2019) y poca disponibilidad de mano de obra producto del incremento de cultivos como arándano que es altamente demandante en mano de obra en cosecha (Retamales et al., 2014).

Cuadro 9. Área total de cultivos de la Irrigación Chavimochic del 2010 al 2017.

AÑOS	AJI PAPIKA	ALCACHOFA	CAÑA DE AZUCAR	ESPÁRRAGO BLANCO	ESPÁRRAGO VERDE	FRUTALES (citricos y otros)	MAÍZ AMARILLO CHALA	PALTO	PIMIENTO PIQUILLO	VID	ARANDANOS	Area total
2010	0.0	0.0	2554.8	5826.0	2530.1	725.0	299.0	3950.0	648.6	88.6	0.0	16622.1
2011	47.5	15.1	3159.9	5481.0	2240.4	845.8	336.4	4047.5	189.9	97.6	0.0	16461.1
2012	20.0	7.8	3102.3	4826.6	2359.1	695.3	465.8	6059.1	232.7	109.6	147.3	18025.6
2013	10.0	0.0	3143.8	5407.3	2221.9	710.6	175.3	7261.2	98.8	109.6	375.8	19514.4
2014	10.0	0.0	3140.0	5367.2	2106.7	397.2	197.5	7405.4	228.1	109.8	884.6	19846.5
2015	45.0	0.0	3140.2	5467.5	2206.4	497.2	190.2	8123.3	286.0	109.8	1232.0	21297.7
2016	33.0	0.0	3173.6	4900.3	1415.1	255.4	49.0	8456.0	227.0	50.8	2318.8	20878.8
2017	14.0	0.0	3186.8	3688.8	886.9	783.0	0.0	8615.3	800.0	35.0	4550.0	22559.8
%	0.1	0.0	14.1	16.4	3.9	3.5	0.0	38.2	3.5	0.2	20.2	100.0

Fuente: Junta de Riego presurizado de Chao Virú y Moche.

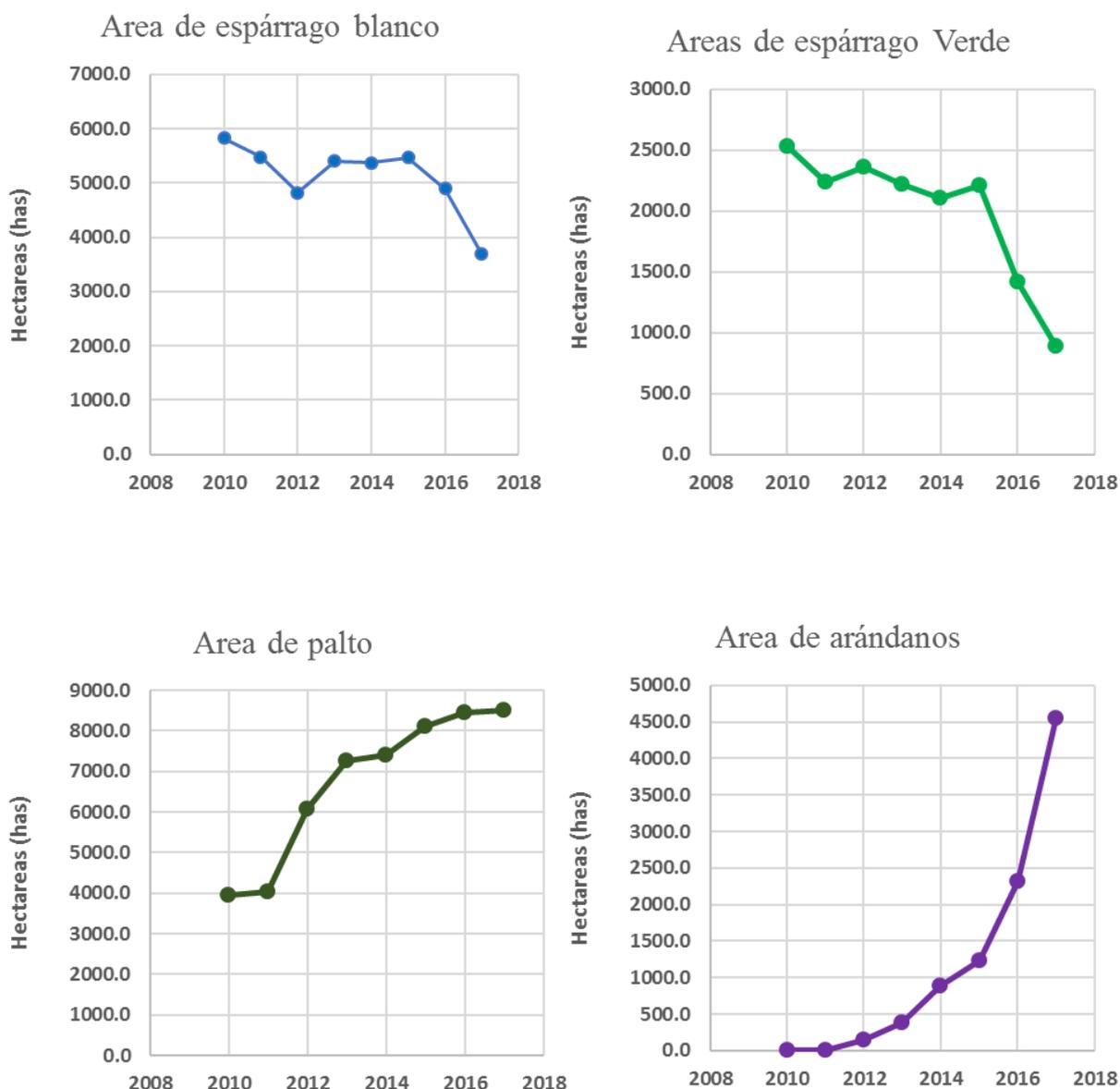


Figura 3. Evolución del área sembrada de los principales cultivos en la Irrigación Chavimochic. Diciembre 2017.

4.2 Caracterización de las zonas de producción de la Irrigación Chavimochic

La Junta de Riego Presurizado de Chao Virú y Moche tiene una división de la Irrigación Chavimochic en cinco sectores, esta sectorización está hecha en función de la distribución de riego del canal madre, pero no toman en cuenta consideraciones agroecológicas ni de distribución de los cultivos.

La Irrigación Chavimochic se encuentra en una zona de vida considerada como desierto Sub tropical, con clima extremadamente árido y semicálido. No todas las zonas de producción

de la irrigación tienen las mismas condiciones medioambientales y agroecológicas para el desarrollo de los cultivos. En el cuadro 10 se muestran los registros meteorológicos promedio de 5 años de 8 estaciones meteorológicas. En función a las diferencias en temperaturas promedio máximas, mínimas, humedad relativa y evapotranspiración se ha propuesto tres zonas de producción las cuales se muestran en la figura 4. Las tres zonas de producción tienen diferencias tanto en la parte climática como en la distribución y características de comportamiento de los cultivos, los cuales están influenciados por las temperaturas, humedad relativa y otras variables meteorológicas. Esta zonificación permite entender mejor la distribución de los cultivos a lo largo de la Irrigación y su evolución en el tiempo.

La zona 1 está ubicada al sur de la irrigación. Comprende desde el límite con el departamento de Ancash, limitado por el río Santa hasta el límite sur del valle de Virú. En esta zona se ha desarrollado principalmente el cultivo de palto (68% del área de la irrigación) y arándanos, el área de espárrago es de 952 ha de blanco y 568 ha de verde que principalmente están en dos empresas que son Danper y Agualima. Esta zona tiene más de 2.3°C en temperatura máxima que la zona 2 y 3.9°C más que la zona 3. La diferencia en la temperatura mínima es de 1 a 1.5°C comparando con las otras zonas, es la zona más seca de la irrigación. El área cultivada de palto y espárrago en cada una de las zonas de producción propuestas se muestran en el cuadro 11.

La zona 2 está comprendida entre el valle de Virú y la zona de río Seco. Esta zona tiene la mayor área de espárrago blanco (1680 ha) y es la zona con mayor diversidad de cultivos, tiene alta influencia del valle de Virú. El espárrago en esta zona sanitariamente tiene la mayor incidencia de plagas como *Prodiplosis* (*Prodiplosis longifolia*) y lepidópteros, *Prodiplosis* es la plaga más limitante en el cultivo de espárrago. Castillo (2019) menciona que el daño de *Prodiplosis* no solo ocasiona pérdida de calidad en la cosecha sino que reduce de manera significativa el rendimiento por el agotamiento constante de los fotosintatos de la corona. La zona 2, tiene la segunda mayor área de palto (3558 ha) y es la zona donde se encuentra las 3186 has de caña de azúcar en desierto con riego por goteo.

La zona 3, está comprendida entre la zona de Río Seco y limita con el valle de Moche. Es la zona de menor área cultivada, con un área de espárrago de 1121 has y de palto de 216 has. La zona 3 presenta la mayor humedad relativa con un 86% en promedio, esto ha

condicionado que en el cultivo del espárrago se desarrollen enfermedades foliares como *Stemphylium vesicarium* obligando a los productores a un mayor uso de fungicidas con relación a otras zonas.

En el caso del cultivo de palto, por lo general la cosecha se inicia a inicios de mayo en la zona 1, por lo general 2 a 3 semanas antes que las zonas 2 o 3, esto debido a las mayores temperaturas de la zona 1 permiten una más acelerada acumulación de materia seca en la fruta y por lo tanto un proceso más acelerado de madurez de la fruta, lo cual concuerda con lo indicado para zonas más cálidas (Shaffer et al., 2013; Telis, 2006).

En relación a otros cultivos, en la zona 1 se han desarrollado las áreas más grandes de arándano, las condiciones secas y de temperaturas más altas han permitido un buen desarrollo del cultivo. La baja humedad relativa permite la producción de buena calidad de fruta. Con respecto al aspecto sanitario, la alta humedad permite el desarrollo de patógenos fungosos como *Botrytis cinerea*, especialmente en la zona 3. Las plagas de insectos como *Pseudococcidos* es mayor en la zona 1.

En la figura 5, se muestra la distribución de los fundos y de los principales cultivos por zona de producción. En general en el sector 1 se tiene la mayor área de arándano, mientras que el cultivo de palto se distribuye entre el sector 2 y 1, mientras que el cultivo de espárrago predomina en los sectores 3 y 2. Esta distribución está definida por las condiciones agroclimáticas que favorecen la expresión de cada cultivo por zona.

Cuadro 10. Datos meteorológicos de 5 años de las tres zonas de producción propuestas para la Irrigación Chavimochic (2013-2017).

zona	Estación	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Humedad Relativa media(%)	Precipitación (mm/año)	Evapotranspiración (mm/día)
Zona 1	Camposol	26.73	17.37	80.27	15.40	3.40
Zona 1	Comositán	23.60	17.93	75.70	37.61	3.25
Zona 1	Blue berries	26.62	17.95	80.50	32.00	3.50
Promedio zona 1		25.65	17.75	78.82	28.34	3.38
zona 2	Viru	23.50	16.40	85.50	42.30	3.10
Zona 2	Arena dulce	23.10	16.90	85.40	40.00	3.20
Promedio zona 2		23.30	16.65	85.45	41.15	3.15
Zona 3	Muchik	22.33	16.30	85.20	48.20	2.90
Zona 3	Green	23.10	16.10	86.80	45.20	3.00
Promedio zona 3		22.72	16.20	86.00	46.70	2.95

Cuadro 11. Área cultivada de palto y espárrago por zonas de producción en la Irrigación Chavimochic. Diciembre 2017.

Zona producción	Palto		Espárrago			
	Area (ha)	%	Blanco		Verde	
			Area (ha)	%	Area (ha)	%
Zona 1	4840.20	56.20	952.61	25.80	598.80	67.50
Zona 2	3558.18	41.30	1680.55	45.60	222.15	25.00
Zona 3	216.91	2.50	1055.62	28.60	66.00	7.40
Total	8615.29	100.00	3688.78	100.00	886.95	100.00

El área actual de las empresas productoras de espárrago y palto se muestran en el cuadro 12 y 13. En donde se observa que el área total de palto es de 8615 ha, la cual principalmente está concentrada en 7 empresas que tienen cerca del 70% de área del cultivo de palto. En el caso de espárrago, la concentración es mayor que el palto, de las 12 empresas que cultivan espárrago blanco y verde, cinco empresas concentran el 85.6% del área total. La mayoría de empresas pequeñas y medianas han ido desapareciendo con el tiempo.

El área predominante de espárrago es el blanco debido a que las condiciones de clima, suelo y agua permiten un buen desarrollo de este tipo de espárrago. El espárrago blanco exige condiciones de suelo muy suelto (arenoso) sin sales y agua de muy buena calidad (Delgado de la flor, et al., 1987). Ambas condiciones se dan en la Irrigación de Chavimochic, lo cual

ha permitido el desarrollo de importantes empresas conserveras como son Sociedad Agrícola Virú, Danper Trujillo, TALSA que son las principales exportadoras de conservas de espárrago en el Perú. A partir del 2008, las empresas incursionan en la producción del espárrago verde fresco, por una mejora de los precios, pero a partir del 2010, los rendimientos y los altos costos ocasionan que se reduzca gradualmente el área hasta llegar a 886 has en el 2017. Castillo (2019), señala que en la cosecha de espárrago verde, el daño de plagas como lepidópteros (posturas) y prodiplosis, es muy severo por la exposición de los turiones verdes a ambas plagas, lo cual afecta significativamente el rendimiento y calidad del espárrago.

Muchas de las esparragueras que cumplieron su ciclo de producción, fueron eliminadas y en ellas se sembraron principalmente palto y arándanos. Ambos cultivos, sanitariamente son una buena rotación al espárrago debido a que no son susceptibles a problemas radiculares del espárrago y sobre todo tienen mayor rentabilidad que el espárrago blanco y verde. Todas las empresas esparragueras con áreas grandes en la actualidad tienen plantaciones de palto y arándano y exportan directamente la fruta.

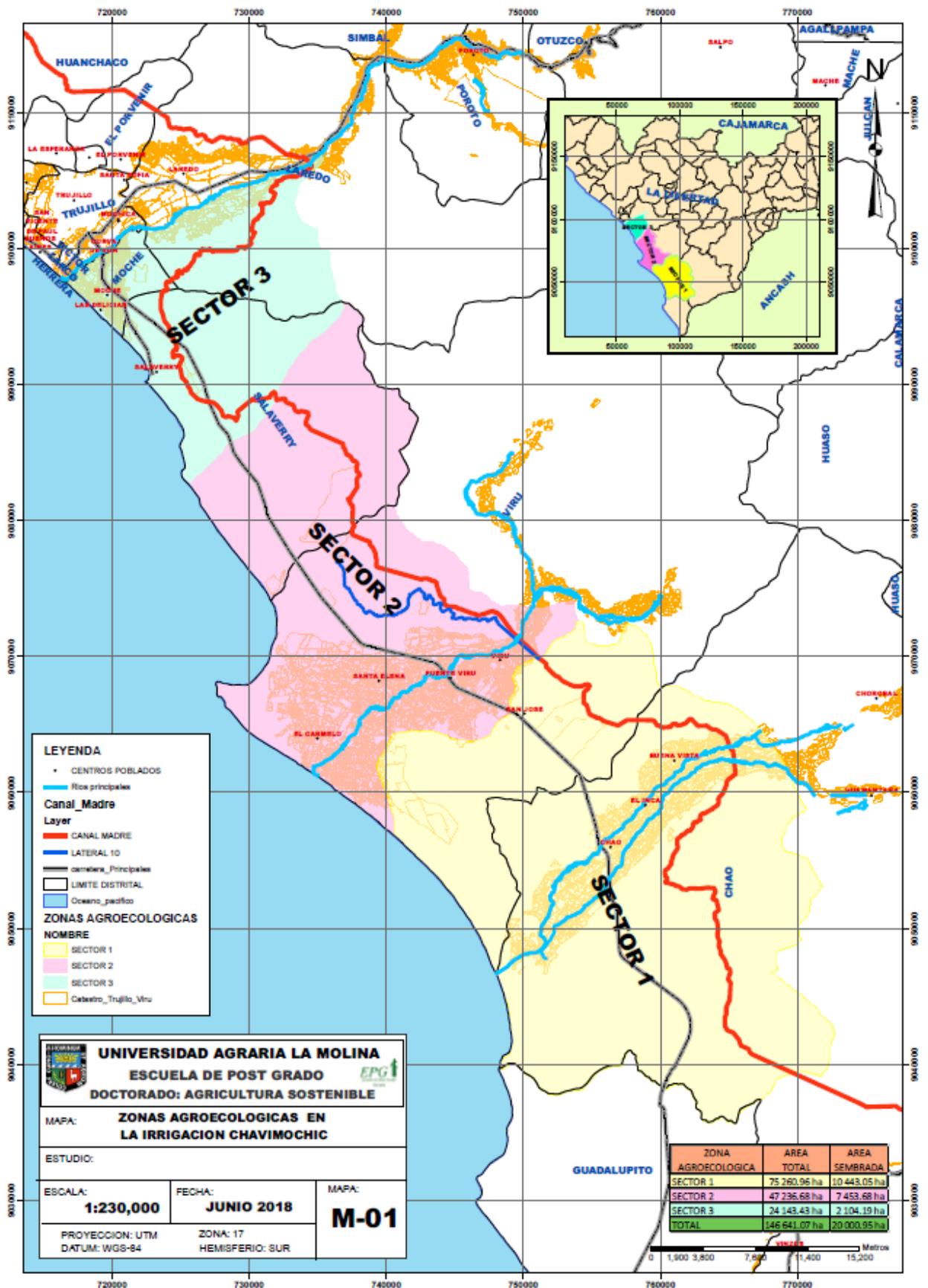


Figura 4. Zonas de producción de la Irrigación Chavimochic

**Cuadro 12. Empresas productoras de palto de la Irrigación Chavimochic.
Diciembre 2017.**

EMPRESA	CODIGO	AREA (Hectareas)	ZONA PRODUCCIÓN
AGROINDUSTRIAL SAN SIMON S.A.	SIMON	567.94	ZONA 1
AGUA LIMA S.A.C	LIMA	150.00	ZONA 1
ARATO PERU S.A.	ARATO	604.93	ZONA 1
AVO PERU S.A.	AVOP	512.76	ZONA 1
CAMPOSOL S.A.	CAMPO	2523.61	ZONA 1
EMPRESA DESHIDRATADORA LIBERTAD S.A.C.	DESHI	149.20	ZONA 1
HASS PERU S.A.	HASS	331.76	ZONA 1
Area en zona 1			4840.20
AGRICOLA ALPAMAYO S.A.	ALPAM	410.93	ZONA 2
BEGGIE PERU S.A.	BEGGIE	1120.34	ZONA 2
EL ARENAL	ARENA	68.71	ZONA 2
AGRONOR S.A	AGRON	14.00	ZONA 2
INVERSIONES JORDIE	INVER	18	ZONA 2
NORTE VERDE S.A.	NORTE	56.20	ZONA 2
TAL S.A.	TALSA	60	ZONA 2
SOCIEDAD AGRICOLA VIRU	SAVSA	1450	ZONA 2
AVICOLA YUGOSLAVIA S.A.C.	YUGOS	360	ZONA 2
Area en Zona 2			3558.18
GREEN PERU S.A.	GREEN	216.91	ZONA 3
Area en zona 3			216.91
Area total de palto		8615.29	

**Cuadro 13. Empresas productoras de espárrago blanco y verde de la Irrigación
Chavimochic. Diciembre 2017.**

EMPRESA	CODIGO	Espárrago Blanco (Ha)	Espárrago Verde (Ha)	ZONA PRODUCCIÓN
AGUA LIMA S.A.C	ALIMA	553.41	0.00	ZONA 1
DANPER TRUJILLO S.A.C.	DANPE	399.20	598.80	ZONA 1
Area en Zona 1		952.61	598.80	1551.41
AGROINDUSTRIAL SAN CARLOS S.A.C	SCARLOS	57.00	0.00	ZONA 2
AVICOLA YUGOSLAVIA S.A.C.	YUGOSL	0.00	172.00	ZONA 2
MANUELITA	MAUEL	50.00	50.15	ZONA 2
INVERSIONES AGRICOLAS DEL NORTE S.A.C.	INSAC	55.08	0.00	ZONA 2
TAL S.A.	TALSA	480.00	0.00	ZONA 2
SOCIEDAD AGRICOLA VIRU	SAVSA	1003.47	0.00	ZONA 2
FUNDO EL MILAGRO S.A.	MILAG	35.00	0.00	ZONA 2
Area en Zona 2		1680.55	222.15	1902.70
MORAVA S.A.C.	MORAV	0.00	66.00	ZONA 3
UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO	UPAO	170.91	0.00	ZONA 3
GREEN PERU S.A.	GREEN	884.71	0.00	ZONA 3
Aea en Zona 3		1055.62	66.00	1121.62
Area total de espárrago		3688.78	886.95	4575.73

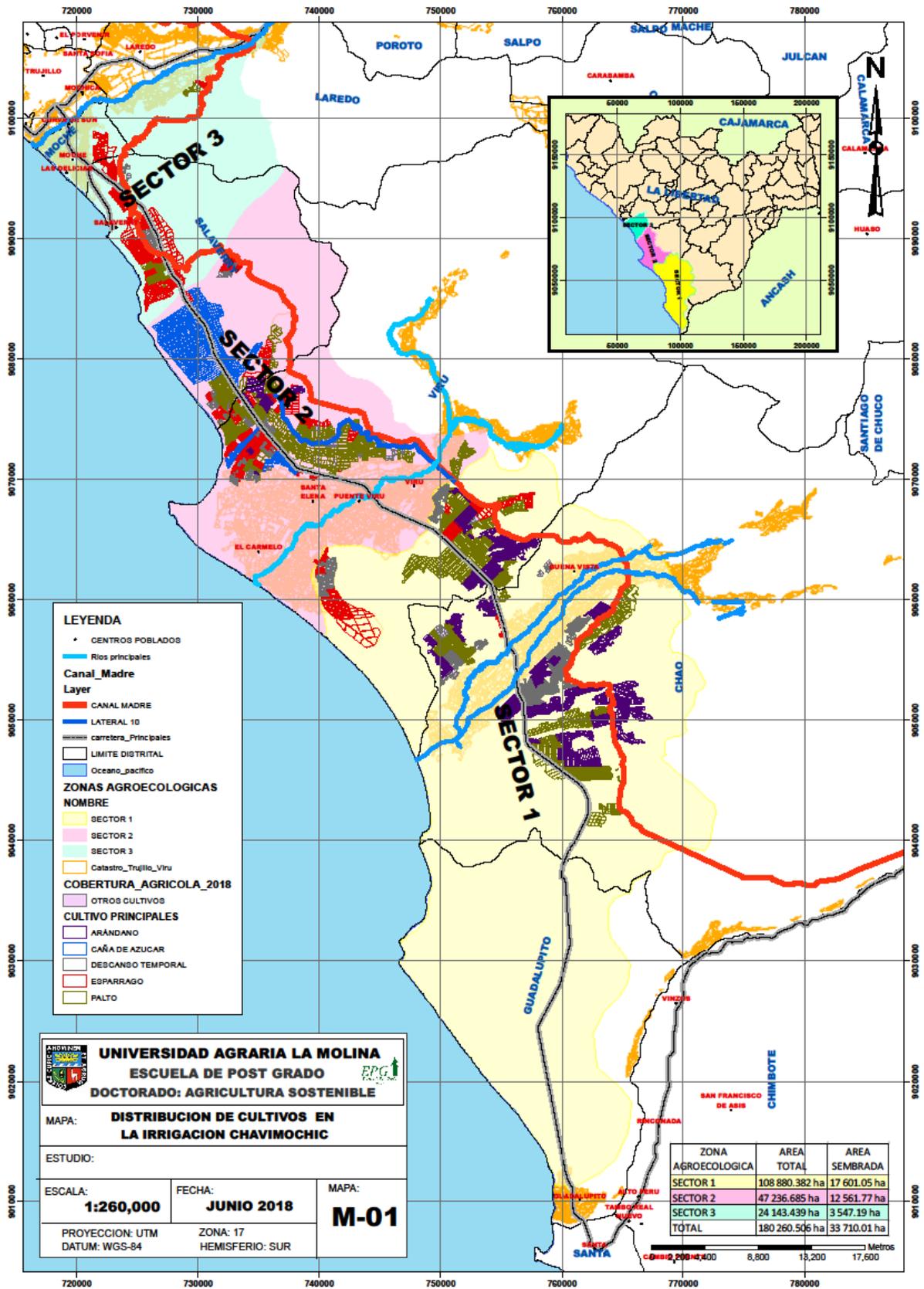


Figura 5. Distribución de cultivos por zonas de producción de la Irrigación Chavimochic. Diciembre 2017.

4.3. Caracterización de los fundos productores de espárrago y palto

4.3.1. Caracterización de los fundos de espárrago

Al realizar el análisis de componentes principales, se obtuvo una agrupación de las empresas la cual se muestra en la figura 6. Se identificaron cuatro grupos diferenciados entre sí. El análisis por conglomerados o de cluster (distancia Ward-Euclidian) se muestra en la figura 7. En ambos análisis se encontró una agrupación similar, con la formación de los cuatro grupos de fundos.

Estos cuatro grupos están compuestos de la siguiente manera: el primero grupo está integrado por fundos que no tienen vínculos al mercado (MILAG, SCARLOS, IANSAC, UPAO, MAUEL), es decir empresas que no exportan directamente su producción, sino que la venden a otras empresas que son exportadoras de espárrago. Las rentabilidades de las empresas que integran este grupo son menores y por lo general tienen áreas de cultivo más pequeñas. El segundo grupo (ALIMA, GREEN, TALSA, DANPER) lo integran fundos que producen espárrago tanto para conserva como para exportación en fresco. Estas empresas procesan su producción y la exportan directamente a diferentes mercados. Todas estas empresas tienen otros cultivos además del espárrago como es palto, arándanos u otros cultivos. Poseen diferentes certificaciones de calidad, buenas prácticas agronómicas y otros. El tercer grupo (YUGOS y MORAV), son de tamaño mediano, su producción es para fresco verde la cual la procesan y exportan. Tienen parte de su producción para espárrago blanco. El cuarto grupo (SAVSA) pertenece a una gran compañía conservera con diversificación de sus cultivos, varias certificaciones y aseguramiento de la calidad, es la conservera más grande de la irrigación Chavimochic, actualmente está diversificando su producción con el cultivo de palto.

En la figura 8 se muestra la relación de las variables utilizadas para el análisis de componentes principales. En esta figura se puede observar que la variable número de aplicaciones (nroaplica) y porcentaje de pesticidas en rojo (pestroj) muestran comportamientos opuestos a la mayor cantidad de variables como son número de certificaciones, rendimiento, ingresos, áreas y otros. Esto muestra claramente que las empresas que mayor área de área de espárrago, mayor certificaciones y mayor biodiversidad son las que menos aplican. Es importante señalar que muchas de las empresas de menor tamaño y que no procesan su producción, aplican pesticidas de alta toxicidad (etiqueta en

rojo) debido a que no tienen certificaciones que los limitan en el uso de estos productos. Con el tema de la biodiversidad, los fundos con mayor área tienen más posibilidades de dejar zonas para el incremento de la biodiversidad.

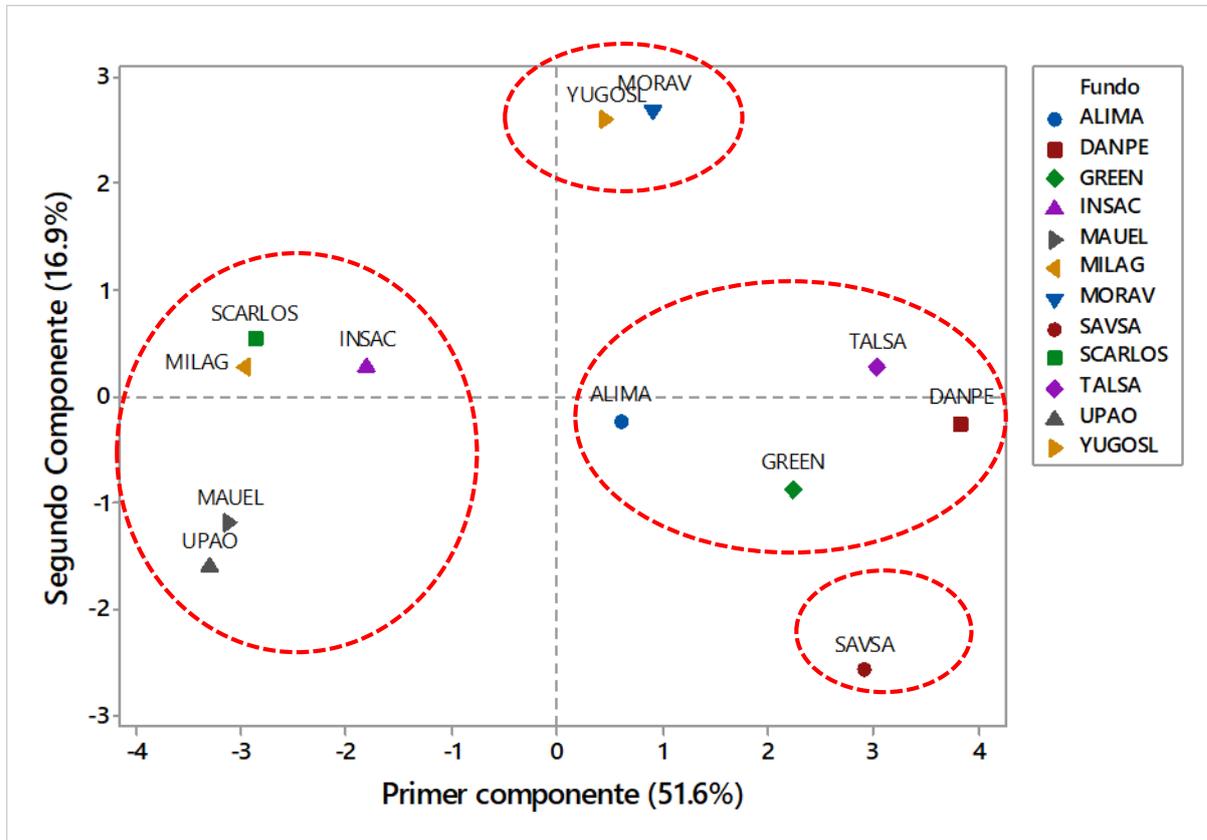


Figura 6. Gráfico biplot de los componentes principales de los fundos de espárrago de la Irrigación Chavimochic. 2017.

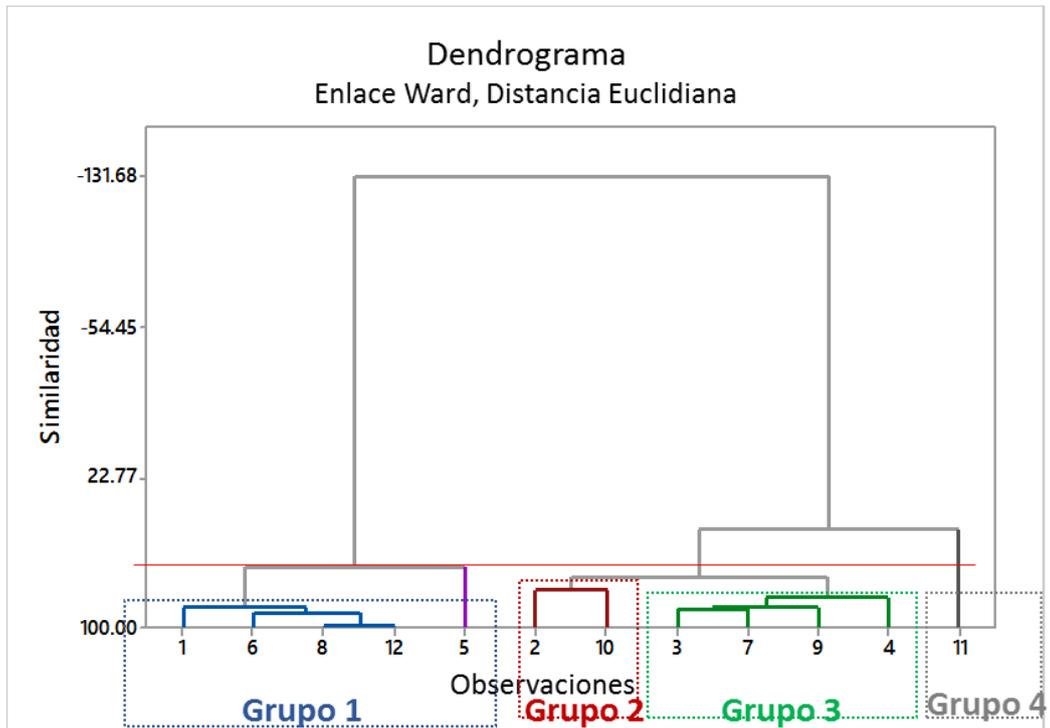


Figura 7. Dendrograma de similitud de los fondos productores de espárrago de la Irrigación Chavimochic. 2017.

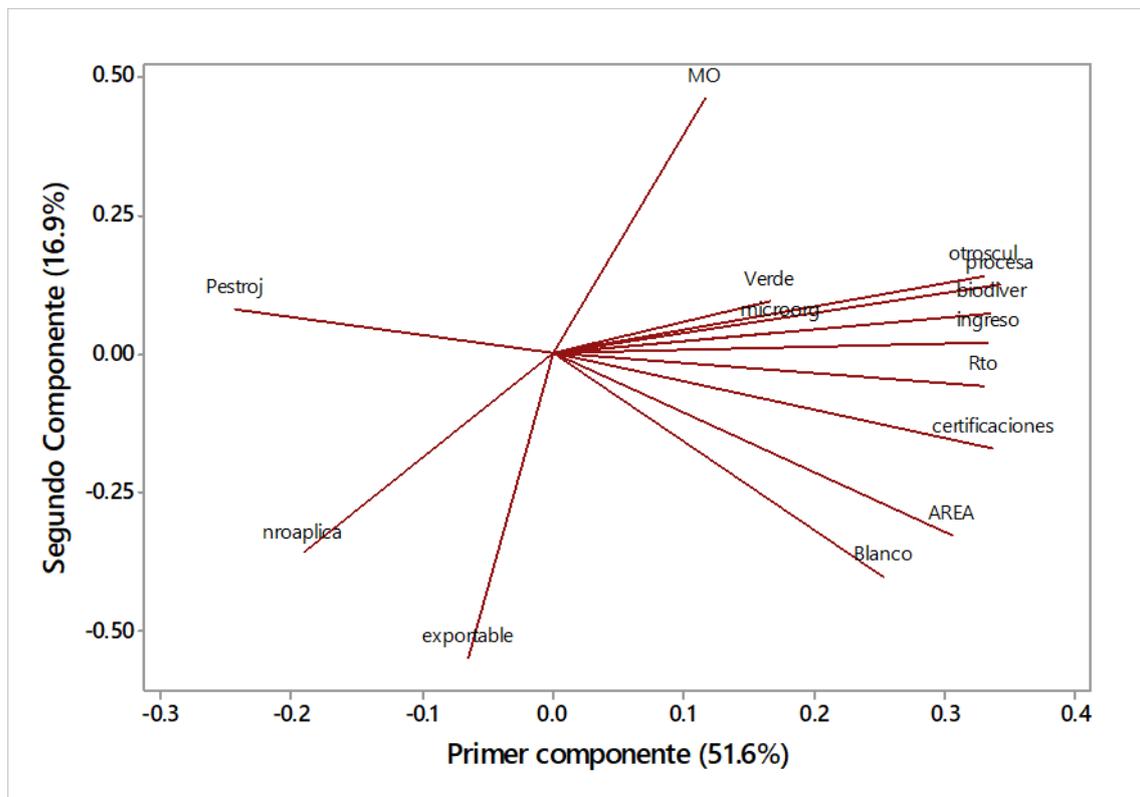


Figura 8. Variables analizadas por componentes principales de los fondos productores de espárrago de la Irrigación Chavimochic.

4.3.2. Caracterización de los fundos de palto

En los 17 fundos de palto de la Irrigación Chavimochic se hizo el análisis de componentes principales los cuales se muestran en la figura 9. En general los fundos tienen variables más dispersas entre cada fundo, por lo que el componente 1 solo explica el 32.1% de la variabilidad y el componente 2 el 16.9%, es decir entre los dos llegan al 43.7%. Al realizar el análisis de agrupamientos en cluster (figura 10), el agrupamiento tiene mayor dispersión que los fundos de espárrago. Esto demuestra que en los fundos hay más variabilidad en cada uno de los componentes evaluados que en espárrago. Con los dos métodos utilizados se ha diferenciado tres grandes grupos.

El grupo 1, lo integran los fundos SIMON, AGRON y ALPAM, los cuales comercializan su fruta a terceros, no tienen muchas certificaciones de calidad y hacen altas aplicaciones de pesticidas especialmente de etiqueta roja. El segundo grupo (NORTE, TALSA, INVER, YUGOS, DESH, ARENA y LIMA) lo integran los fundos con áreas medianas, comercializan su fruta a terceros, no tienen una planta procesadora, vende la fruta a terceros no exportando en forma directa. El tercer grupo (HASS, ARATO, BEGGIE, AVOP, CAMPO y SAVSA) está integrado por empresas grandes con gran capacidad de procesamiento de fruta, exportan directamente y acceden a diferentes mercados, tienen el mayor número de certificaciones de calidad.

En la figura 11 se observa que la variable número aplicación de pesticidas en rojo está en forma opuesta al número de certificaciones y biodiversidad y también al área de cultivo los fundos. A mayor área de los fundos de palto menor uso de pesticidas de etiqueta roja, por lo que se tendría menor impacto en el medio ambiente, esto debido a que las certificaciones son muy restrictivas en el uso de pesticidas de etiqueta roja (Li, 2018.; Ambrus, 2015).

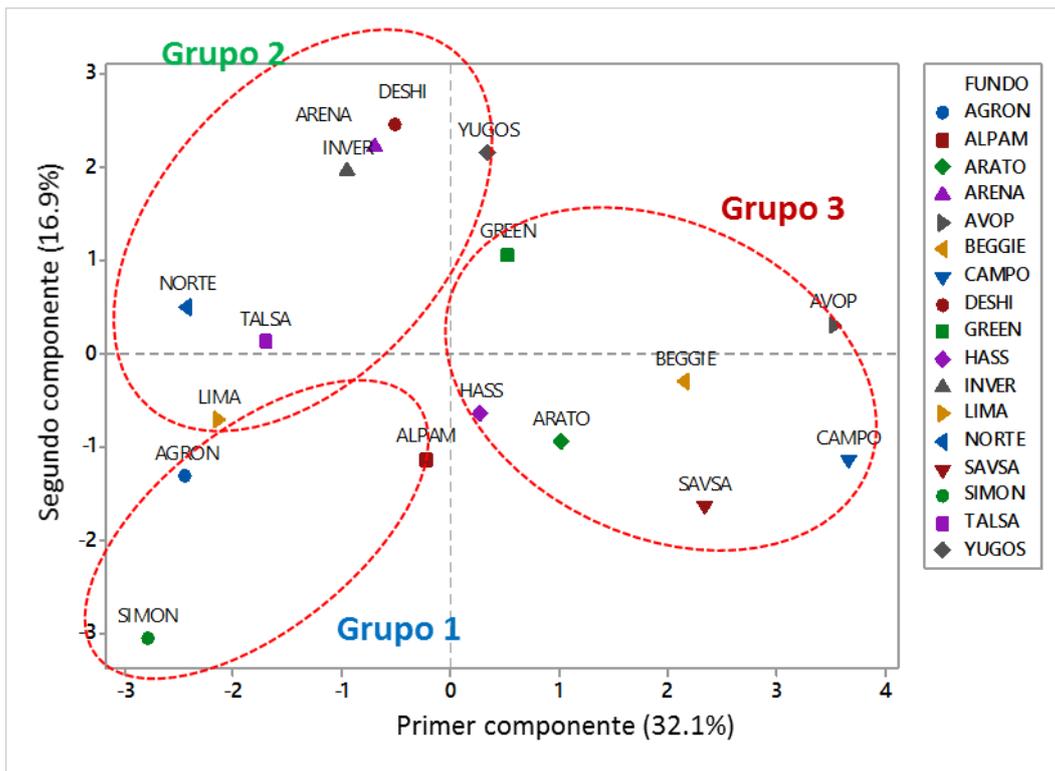


Figura 9. Gráfico biplot de los componentes principales de los fundos de palto de la Irrigación Chavimochic. 2017.

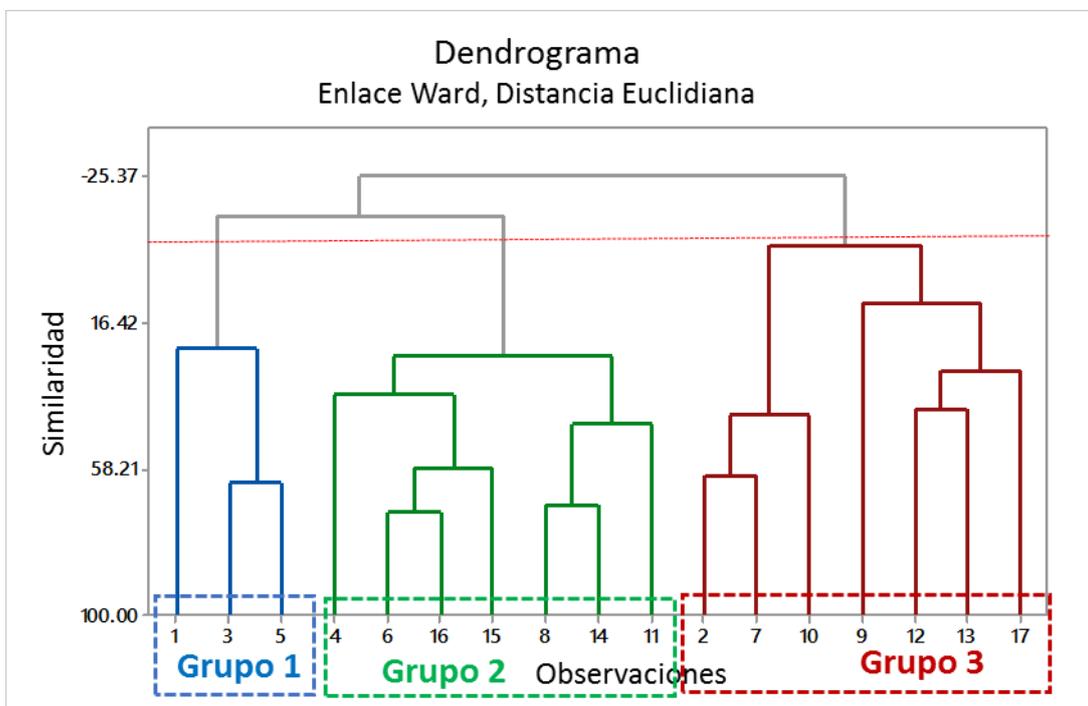


Figura 10. Dendrograma de similitud de los fundos productores de palto de la Irrigación Chavimochic. 2017.

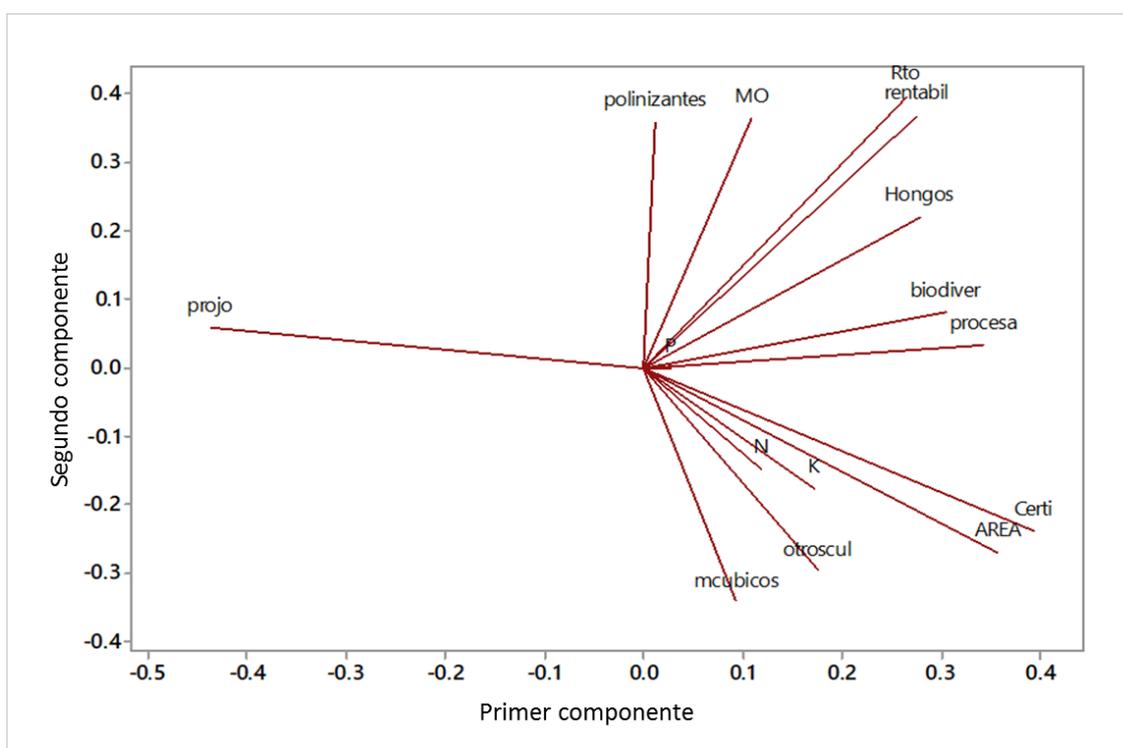


Figura 11. Variables analizadas por componentes principales de los fondos de palto de la Irrigación Chavimochic.

4.4. Análisis de dimensiones de la caracterización

4.4.1. Dimensión Ambiental

En los cuadros 14 y 15 se muestran los indicadores ambientales para los fondos de espárrago y palto. Uno de los indicadores críticos para los agroecosistemas áridos, como es el caso de la Irrigación Chavimochic, es el uso del recurso hídrico; cuando observamos el uso del agua en $\text{m}^3/\text{hectárea}/\text{año}$, el espárrago gasta en promedio 9433.3 m^3 , mientras que el palto usa 16941.2 m^3 en promedio de todos los fondos. El gasto promedio de agua en espárrago en Chavimochic es en general menor al citado por otros autores (Salazar, 2012; Muñoz, 2016) en otros agroecosistemas como Ica donde el gasto llega a $15,000 \text{ m}^3/\text{año}$. En la zona de Ica, la evapotranspiración es menor, y el cultivo de espárrago es exclusivamente para verde fresco, el cual tiene mayor consumo que el espárrago blanco que en su mayoría se produce en Chavimochic.

En la figura 12 se muestra el consumo de agua para todos los fundos de palto y espárrago, se observa que para el cultivo de palto el volumen de agua/ha/año empleado tiene una mayor variabilidad entre fundos (desviación estándar de 2236.3) mientras que los fundos de espárrago la variabilidad es menor (desviación estándar para espárrago verde de 290 y espárrago blanco de 568.9). Esto se debe a que en el cultivo de espárrago se tiene una mayor experiencia por tener más de 25 años de cultivo en la zona a diferencia del palto cuyo cultivo intensivo data de hace 12 años. En el tiempo el consumo de agua en el cultivo de palto ha tenido una tendencia a disminuir, para ambos cultivos en todos los fundos usan por lo menos un método para el cálculo de la lámina de riego, siendo los fundos más grandes tanto en espárrago como en palto los que usan el mayor número de métodos de cálculo de riego.

En la Irrigación Chavimochic, la Junta de Riego Tecnificado de Chao Viru y Moche, es la organización que maneja la distribución y el cobro del agua a través de medidores por metro cúbico de agua utilizado. La tarifa que se tiene acordada es de 0.114 centavos de sol por m^3 si el gasto de agua es entre 10,000 a 13000 m^3 , pero si el gasto es mayor a 13,000 m^3 la tarifa es de 0.218 centavos de sol por m^3 . Por lo tanto, si por ejemplo un fundo de palto gasta 16,000 m^3 por hectárea año, su costo será de S/.3488 soles año. Debido a esto las empresas tratan de usar lo más eficientemente posible el recurso hídrico. El uso del recurso hídrico es una de las claves en la sustentabilidad de agroecosistemas de climas áridos.

En lo referente a la diversidad de la producción, los fundos de espárrago son básicamente sistema de monocultivo, que no permite que otras especies vegetales prosperen, debido a que como en el caso de espárrago blanco, se tienen labores como el aporque y desaporque, que evitan que otras especies vegetales puedan desarrollar. En el caso del palto, varias empresas han logrado colocar cultivos como leguminosas (frejoles) o gramíneas (cebada) en las zonas de desarrollo de las raíces, esto debido a que en el palto no se tienen labores de remoción de suelo que está por debajo de la copa de la planta, aun si el uso de cultivos asociados es muy baja si lo comparamos con otros agroecosistemas como en sierra (Pinedo et al., 2018) y selva (Tuesta et al., 2014) donde la asociación con otros cultivos es muy común debido a que el sistema de producción es más de tipo familiar y extensiva a diferencia de los fundos productores de palto y espárrago cuyo sistema intensivo no permite este tipo de manejo.

Se hizo la regresión la prueba de relación entre rendimiento y consumo de agua ($m^3/ha/año$) en el cultivo de palto, al realizar el análisis de variancia no se encontró significación entre el consumo de agua y el rendimiento (anexo 4), por lo que no existe relación entre ambas variables, esto significa que si se consume más agua no se tienen mayor rendimiento. Existen otros factores además del agua que influyen en el rendimiento de palto, como son el manejo de la poda, fertilización, calidad de planta y otras variables de manejo del cultivo (Teliz, 2006).

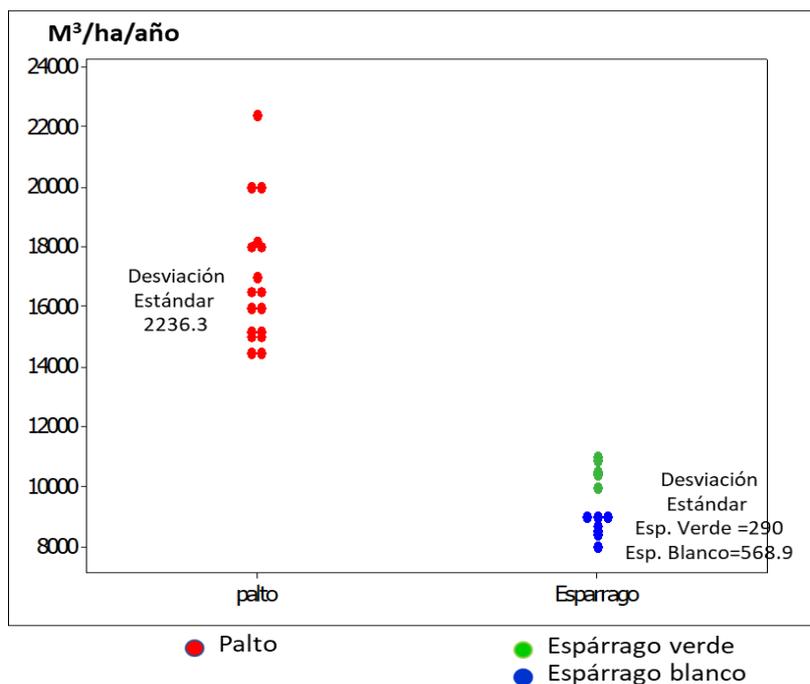


Figura 12. Consumo de agua en metros cúbicos por hectárea año de los diferentes fundos de palto y espárrago en la Irrigación Chavimochic. Diciembre 2017.

Cuadro 14. Indicadores ambientales de los fundos productores de espárrago de la Irrigación Chavimochic. Diciembre 2017.

FUNDO	Conservación vida suelo		Uso Recurso Hidrico		Manejo de la Diversidad			Contaminación			
	Cobertura vegetal (%)	Uso M.O (tm/ha)	Gasto agua (m ³ /ha/año)	Métodos calculo riego (nro)	Nro especies hongos suelo ⁽²⁾	Diversidad vegetal	Zonas de conservación ⁽¹⁾	Nro aplicaciones pesticidas	Nro pesticidas banda roja	Uso control biológico (nro aplicaciones)	número certificaciones
SCARLOS	0	0	8000	2	1	0	2	26	5	0	1
ALIMA	25	0	9000	3	3	0	2	19	4	1	2
YUGOSL	0	25	10400	2	4	0	1	18	4	0	3
DANPE	25	0	11000	4	3	0	2	17	3	2	6
MAUEL	0	0	10400	3	2	0	0	25	5	0	1
MILAG	0	10	8400	2	2	0	0	19	6	0	1
GREEN	25	0	8700	3	1	0	1	17	3	1	4
INSAC	0	0	9000	2	3	0	0	18	6	0	2
MORAV	0	15	10900	2	3	0	1	15	4	1	2
TALSA	25	30	9000	3	4	0	2	22	3	2	6
SAVSA	0	10	10000	4	3	0	2	23	3	1	6
UPAO	25	0	8400	3	1	0	1	29	6	1	1
Promedio	10.4	7.5	9433.3	2.8	2.5	0.0	1.2	20.7	4.3	0.8	2.9

1. Diversidad de hongos del suelo. Escala (0) menos 2 especies (1) 2 a 4 especies (2) de 5 a 7 (3) de 8 a 10 especies (4) más de 10 especies.

2. Diversidad vegetal. Escala (0) Monocultivo. (1) Baja. (2) Media. (3) Alta. (4) Total.

3. Área del fundo destinada a zonas conservación. Escala (0) ninguna (1) 0.1 a 0.5%. (2) de 0.51 a 1%. (3) de 1.1 a 2.5% (4) más de 2.5%.

Cuadro 15. Indicadores ambientales de los fundos productores de palto de la Irrigación Chavimochic. Diciembre 2017.

FUNDO	Conservación vida suelo		Uso Recurso Hidrico		Manejo de la Diversidad			Contaminación			
	Cobertura vegetal (%)	Uso M.O (tm/ha)	Gasto agua (m ³ /ha/año)	Métodos calculo riego (nro)	Nro especies hongos suelo	Diversidad vegetal	Zonas de conservación	Nro aplicaciones pesticidas	Nro pesticidas banda roja	Uso control biológico (nro aplicaciones)	número certificaciones
ALPAM	25	0	18000	1	1	1	1	15	5	2	2
BEGGIE	25	0	14500	4	1	2	2	14	2	4	7
SIMON	5	0	18000	1	0	0	0	13	5	0	2
ARENA	25	0	15000	3	1	1	0	9	4	2	2
AGRON	7	0	18200	3	1	1	1	15	6	2	1
LIMA	35	0	16000	2	1	0	2	13	4	2	3
ARATO	35	5	16500	4	1	1	2	15	2	4	7
YUGOS	7	15	15200	2	2	2	1	12	3	2	2
AVOP	35	15	17000	3	2	3	4	14	2	4	5
CAMPO	25	0	16500	3	1	3	3	13	1	4	8
DESHI	0	10	14500	2	1	1	2	13	4	2	2
GREEN	10	0	20000	3	2	1	1	13	3	2	2
HASS	35	0	20000	2	1	2	3	10	3	3	4
INVER	5	15	15200	3	1	1	0	13	5	2	2
NORTE	5	0	15000	2	2	1	1	14	6	3	1
TALSA	40	0	16000	3	1	2	2	10	4	4	2
SAVSA	5	0	22400	3	1	2	2	12	2	3	7
Promedio	19.1	3.5	16941.2	2.6	1.2	1.4	1.6	12.8	3.6	2.6	3.5

1. Diversidad de hongos del suelo. Escala (0) menos 2 especies (1) 2 a 4 especies (2) de 5 a 7 (3) de 8 a 10 especies (4) mas de 10 especies.

2. Diversidad vegetal. Escala (0) Monocultivo. (1) Baja. (2) Media. (3) Alta. (4) Total.

3. Área del fundo destinada a zonas conservación. Escala (0) ninguna (1) 0.1 a 0.5%. (2) de 0.51 a 1%. (3) de 1.1 a 2.5% (4) mas de 2.5%.

Con respecto al manejo de la biodiversidad en el suelo, en general a nivel del suelo se ha encontrado mayor cantidad de especies de hongos en el cultivo de espárrago que en el palto, pero este indicador es bastante relativo, la alta biomasa que tiene el espárrago en el suelo permite la proliferación de hongos que se desarrollan sobre la corona (Delgado de la flor et al., 1987), a diferencia del palto donde la mayor biomasa del cultivo se encuentra en la parte aérea. En el indicador de contaminación, en general se realizan mayor cantidad de aplicaciones en el cultivo de espárrago donde en promedio se aplican 20.7 veces mientras que en el palto es 12.8 aplicaciones. Una de las plagas por las cuales aplican más los fundos es *Prodiplodis longifilia*, insecto que afecta no solo al rendimiento de espárrago por efecto de desgaste de los brotes sino a la calidad de la cosecha de espárrago verde (Castillo, 2006). El empleo de pesticidas de etiqueta roja es mayor en el cultivo de espárrago, siendo los pesticidas de etiqueta roja más usados el Metomilo.

En la figura 13 se muestra la valoración de los técnicos a los diferentes problemas sanitarios en el cultivo de espárrago y palto. Se observa claramente que para el cultivo de espárrago el mayor problema es *Prodiplosis* seguido de la mancha foliar ocasionada por *Stemphylium vesicarium* y lepidópteros, debido a que estos problemas sanitarios pueden afectar directamente el producto comercial, así como su alto impacto en la cosecha, por lo tanto, son los dos problemas fitosanitarios en los que más aplicaciones de pesticidas se realizan, resultados que concuerdan con lo reportado por Castillo (2019) y Delgado (2016). En el cultivo del palto, la importancia de las queresas es la más alta, siendo el principal problema sanitario a controlar. Esta plaga, si bien no afecta los rendimientos, pero su presencia limita el acceso a mercados como Estados Unidos y la China donde los niveles de tolerancia son muy bajos (SENASA, 2014). Los ácaros son la segunda plaga en importancia para los productores de palto, siendo la plaga por la que más aplican. Estas dos plagas son muy comunes en agroecosistemas áridos donde no se tienen precipitaciones y permite el desarrollo de ambos insectos plaga.

Todos los fundos productores de palto y espárrago tienen por lo menos una certificación, se observa claramente que los fundos más grandes tienen mayor número de certificaciones, esto debido a su conexión con el mercado y la exigencia de sus compradores. Muchas de las certificaciones exigen un menor uso de pesticidas especialmente de etiqueta roja (Rain Forest, Tesco, Fair for Life). En todos los casos la alta exigencia de inocuidad en los alimentos hace que no se tengan presencia de residuos no permitidos en los mercados en

destino, por lo que el respeto a las indicaciones de las etiquetas, periodos de carencias y límites máximos de residuos es de carácter obligatorio por parte de los fundos de ambos cultivos.

Se hizo una regresión entre el porcentaje de pesticidas de etiqueta roya y el número de certificaciones de cada fundo, se encontró que en los fundos de palto la relación es mayor ($r=0.754$). Pero en ambos casos existe una relación inversa entre número de certificaciones y el uso de pesticidas de etiqueta roja (figura 14).

Sarandón et al. (2014) mencionan que la agricultura moderna se ha desarrollado en base al uso intensivo de pesticidas, los cuales han generado muchos problemas de contaminación y resistencias por parte de las plagas. Las certificaciones de los fundos, la restricción de los mercados en el uso de determinados pesticidas y los límites máximos de residuos establecidos, ejercen una presión y control sobre el uso de pesticidas por parte de los fundos de palto y espárrago. En el caso del palto los cuidados son mayores, debido a que la fruta puede estar expuesta directamente a las aplicaciones y por su alto contenido de grasas es muy susceptible a la retención de pesticidas lipofílicos (Gilbert-López et al., 2009).

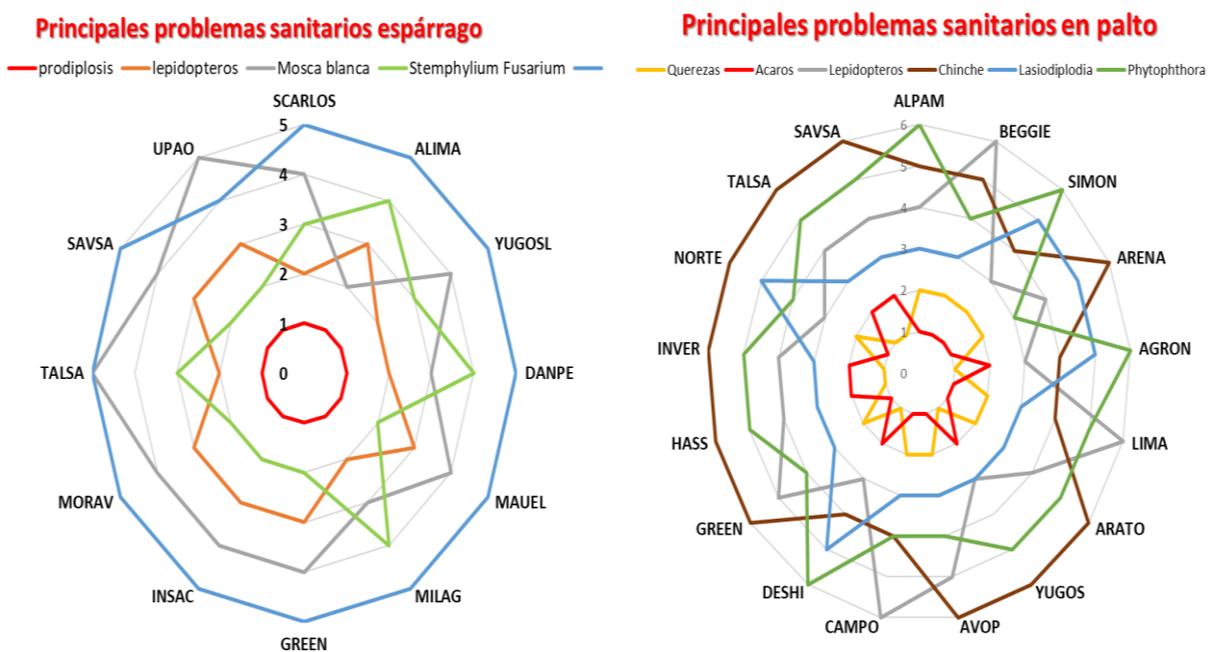


Figura 13. Principales problemas sanitarios de los fundos de espárrago y palto de la Irrigación Chavimochic. 2017.

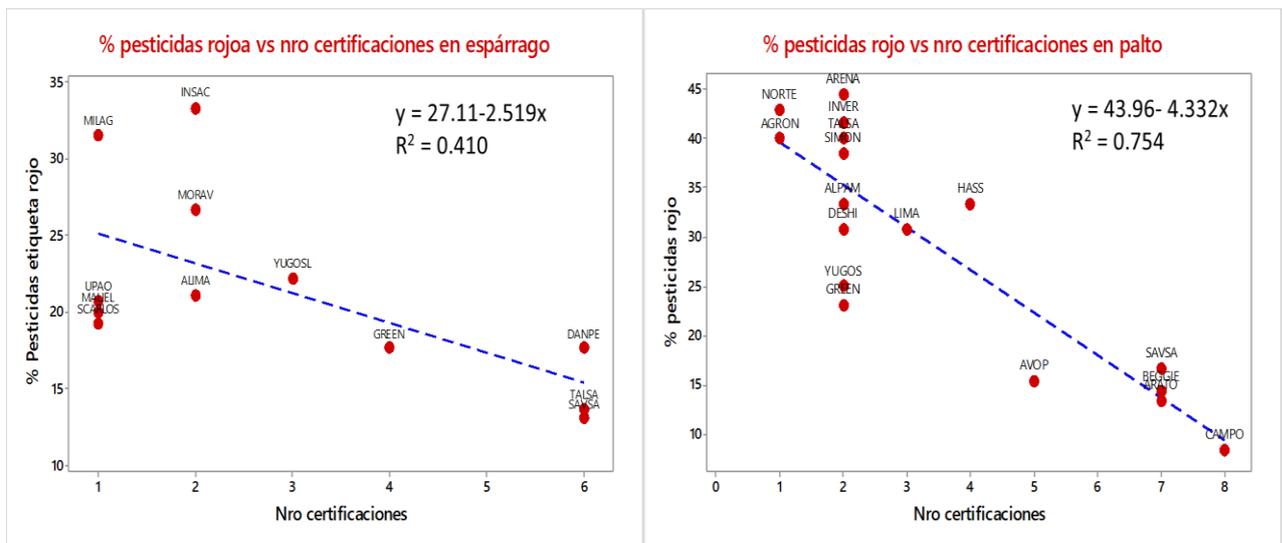


Figura 14. Relación entre porcentaje de pesticidas etiqueta roja y número de certificaciones en fundos de espárrago y palto en la Irrigación Chavimochic. 2017.

4.4.2. Dimensión Económica

Los indicadores económicos de los fundos de espárrago se muestran en el cuadro 16 en donde se observa que los rendimientos son variables, básicamente debido a que existen fundos con diferentes edades de esparragueras, distinto manejo técnico y sobre todo varios de los fundos se dedican al espárrago verde y blanco. Los costos difieren entre los fundos, son mayores en los que producen espárrago blanco fresco, por los requerimientos en la cosecha; sin embargo, les permite tener mayores ingresos por los altos precios de este tipo de espárrago en el mercado. La figura 15 muestra los rendimientos comparativos en kilogramos por hectárea tanto en palto como espárrago, siendo los mayores volúmenes de rendimiento para palto, pero con mayor dispersión entre fundos.

En la figura 16 se observa una tendencia donde los fundos más grandes tienen mayores ingresos netos, esto debido principalmente a sus mayores retornos por su conexión con el mercado externo y además que han incursionado en la exportación de espárrago blanco el cual es altamente rentable, incluso el retorno de este tipo de espárrago hace que el blanco para conserva se vuelva marginal. Las empresas pequeñas no tienen la logística ni el mercado para poder incursionar en este tipo de mercado. Ortiz (2018), señala la reconfiguración del espárrago, donde las empresas esparragueras de fresco verde sostienen una fuerte competencia con los productores de México, que tienen costos más baratos y no

tienen restricciones de fumigación por plagas cuarentenarias. Esta condición ha reducido la ventana comercial del Perú, reduciendo los precios, lo cual ha ocasionado un efecto en la reducción del área en Perú. Es por esto que empresas grandes las cuales exportan directamente tienen ingresos más altos. Mientras que las empresas con menores áreas su rentabilidad es negativa. En los últimos años el incremento de los costos y la reducción de los precios ha ocasionado que empresas pequeñas con costos altos tengan problemas económicos en el cultivo de espárrago. La incidencia de plagas en promedio es alta llegando en promedio a 17.5%, esto debido principalmente al ataque de *Prodiplosis longifolia*, la cual afecta al cultivo y en la cosecha de espárrago verde, siendo una plaga muy limitante (Castillo, 2006). Esta plaga es la que ocasiona 79.5% de reducción en el porcentaje exportable.

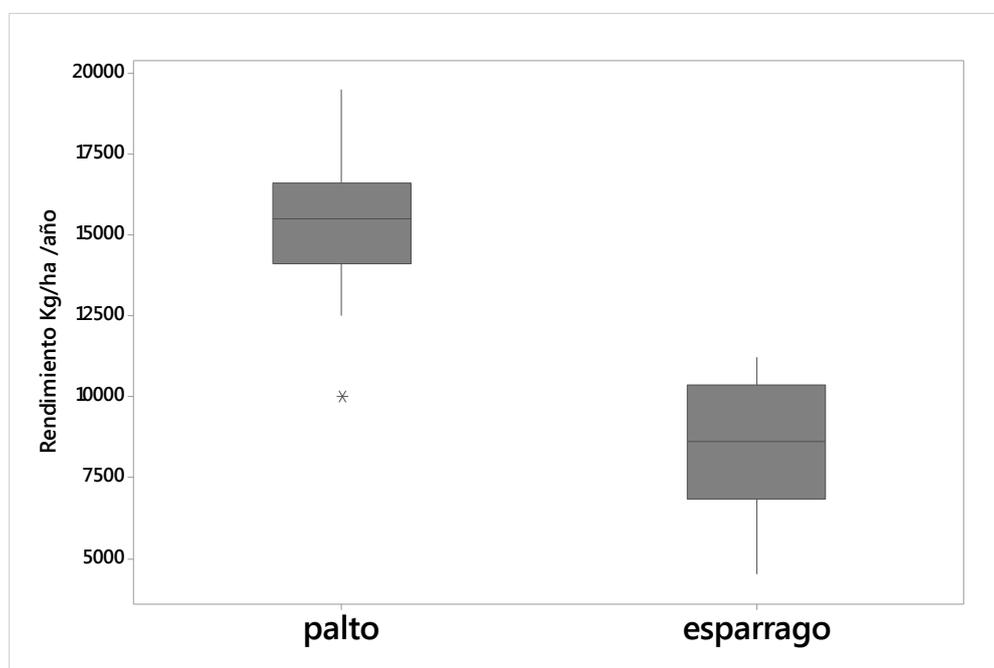


Figura 15. Rendimiento en kilogramos por hectárea año de los fundos de palto y espárrago en la Irrigación Chavimochic. 2017.

La dispersión de los rendimientos de palto y espárrago es muy parecida (figura 15), en los fundos de palto hay un mayor rendimiento en biomasa cosechada por lo que la producción de palto en kilos por hectárea es sustancialmente mayor que la de espárragos.

Cuando se comparan los ingresos netos de todos los fundos productores de espárrago y palto (figura 16), se observa claramente que la rentabilidad de los fundos de espárrago es mayor en los fundos de mayor área, mientras que en los fundos de palto si bien hay una ligera

tendencia a mayor área de producción e ingreso neto, pero los fundos de menor área logran mayores ingresos.

En los cuadros 16 y 17 se muestran la rentabilidad de ambos cultivos; en todos los casos la rentabilidad del palto es mayor que la del espárrago. Las empresas productoras de palto, a diferencia de las de espárrago, no han diversificado sus cultivos, es por ello que la gran mayoría solo tienen al palto como cultivo en producción. La incidencia de plagas en palto es menor (7.4%), siendo las queresas las que reducen la calidad del producto exportable, mas no reducen el rendimiento. Los mercados como el de Estados Unidos y recientemente la China tienen niveles de exigencia mayores, donde la incidencia de plagas debe ser menor a 5% para ser aceptados, siendo medidas que afectan directamente el manejo de plagas del cultivo por las altas exigencias en calidad estética.

Cuadro 16. Indicadores económicos de los fundos productores de espárrago de la Irrigación Chavimochic. Diciembre 2017.

FUNDO	Rendimiento kg/ha/año	Costo US\$/ha/año	Ingreso Bruto (US\$/ha/año)	Costo kg	Ingreso neto US\$/ha/año	Calidad exportación (%)	Otros cultivos 1	Incidencia plagas (%)
SCARLOS	7500	5250	8325	0.70	3075	76	0	18
ALIMA	8200	6150	13120	0.75	6970	79	1	15
YUGOSL	9000	7830	12150	0.87	4320	76	1	22
DANPE	13200	8400	12880	0.64	4480	80	3	14
MAUEL	11200	4410	5175	0.39	765	84	0	14
MILAG	7800	4960	6882	0.64	1922	80	0	18
GREEN	4500	6650	12825	1.48	6175	79	2	14
INSAC	6200	5780	7480	0.93	1700	80	1	13
MORAV	9500	8500	13500	0.89	5000	75	2	22
TALSA	7500	8250	15400	1.10	7150	80	2	21
SAVSA	10000	7350	11550	0.74	4200	82	1	20
UPAO	11000	5823	7603.5	0.53	1781	83	0	23
Promedio	8800.0	6612.7	10574.2	0.75	3961.5	79.5	1.1	17.8

1: Solo espárrago (0), otro cultivo (1), dos cultivos (2), tres cultivos (3).

Cuadro 17. Indicadores económicos de los fundos productores de palto de la Irrigación Chavimochic. Diciembre 2017.

FUNDO	Rendimiento kg/ha/año	Costo US\$/ha/año	Ingreso Bruto (US\$/ha/año)	Costo kg	Ingreso neto US\$/ha/año	Calidad exportación (%)	Otros cultivos 1	Incidencia plagas (%)
ALPAM	14000	4000	24750	0.29	20750	95	0	9
BEGGIE	16700	6000	27720	0.36	21720	96	1	5
SIMON	10000	6000	16500	0.60	10500	88	1	5
ARENA	19500	7200	32175	0.37	24975	96	0	3
AGRON	12500	6000	20625	0.48	14625	85	1	7
LIMA	13300	7000	21945	0.53	14945	91	0	8
ARATO	16200	6000	26730	0.37	20730	98	1	10
YUGOS	15500	6500	24750	0.42	18250	90	0	10
AVOP	15000	6100	24750	0.41	18650	92	1	8
CAMPO	17000	6000	28050	0.35	22050	98	1	5
DESHI	16500	7000	27225	0.42	20225	93	0	10
GREEN	18000	5000	29700	0.28	24700	88	1	5
HASS	15000	7500	24750	0.50	17250	94	1	8
INVER	16000	6500	26400	0.41	19900	90	0	8
NORTE	14000	6500	23100	0.46	16600	94	0	7
TALSA	15200	6200	23430	0.41	17230	90	0	10
SAVSA	16500	7200	27225	0.44	20025	92	0	8
Promedio	15347.1	6276.5	25283.8	0.41	19007	92.4	0.5	7.4

1: solo palto (0), otro cultivo (1), dos cultivos (2), tres cultivos (3).

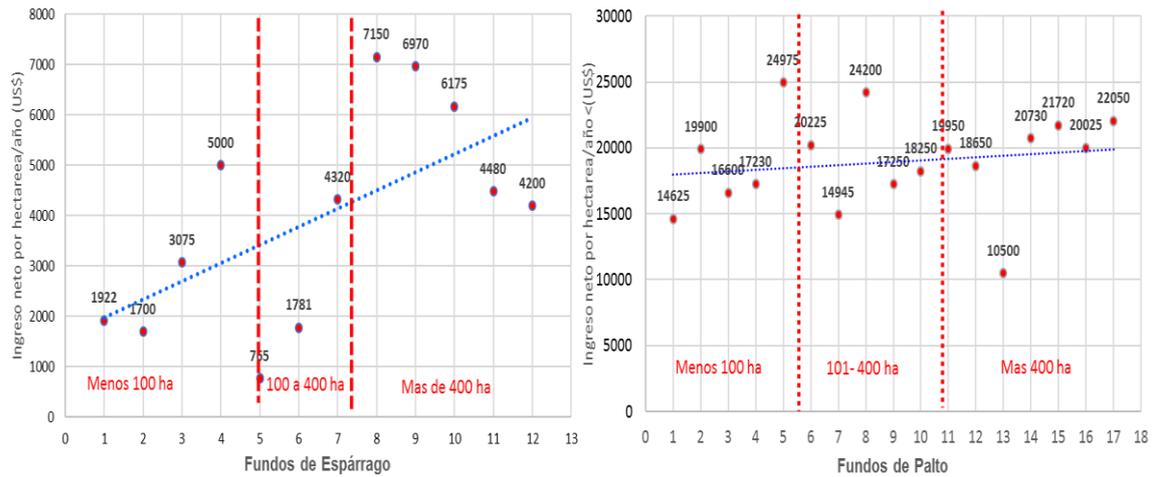


Figura 16. Ingresos netos por hectárea año de los fundos de espárrago y palto de la Irrigación Chavimochic. 2017.

4.4.3. Dimensión Social

La distribución del género y las edades de los trabajadores en los fundos tanto de espárrago como palto se muestran en la figura 17. Se observa que el género con mayor participación es el género masculino con 61%, pero a diferencia de otras zonas donde la participación de género femenino es de 13% en cultivos como cítricos y palto en Cañete (Collantes, 2016) o de 20% en el cultivo de piña en Chanchamayo (Maraví et al., 2018), en los fundos de la Irrigación Chavimochic, el 39% del personal empleado es de género femenino. Las edades predominantes están entre 26 a 40 años para ambos géneros, mostrando una alta población adulta relativamente joven.

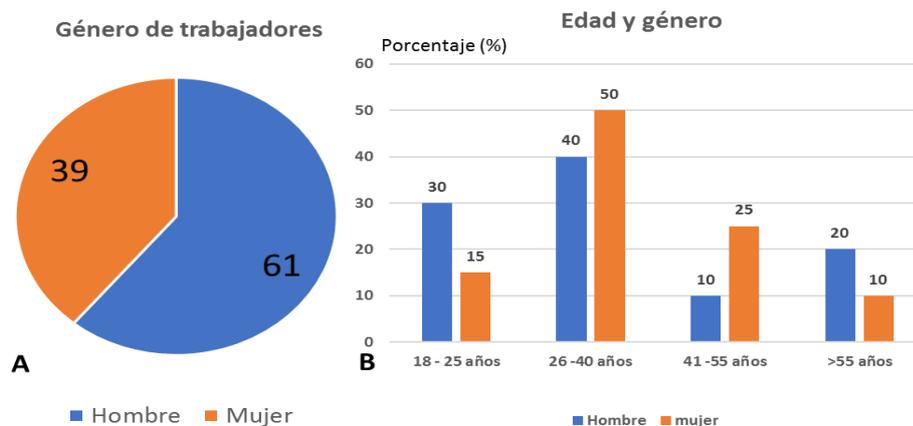


Figura 17. A: Porcentaje de género de trabajadores en fundos. B: Género y edad de los trabajadores en los fundos de espárrago y palto en la Irrigación Chavimochic. 2017.

En la figura 18, se muestra que las familias de los trabajadores de los fundos en un 44% esta integrado por 3 a 4 miembros seguida de un 34% que tienen entre 1 a 2 miembros. Esto muestra que las familias no son muy numerosas en comparación con otras zonas en selva y sierra donde los integrantes tienen a ser predominantemente mayor a 5 miembros.

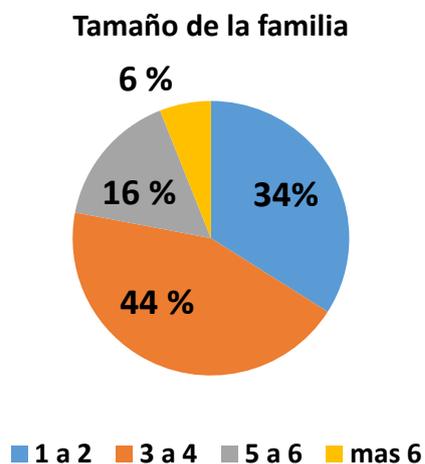


Figura 18. Tamaño de familia de los trabajadores de fundos de palto y espárrago de la Irrigación Chavimochic, 2017.

En lo que respecta al acceso de servicios y vivienda, en la figura 19, se observa que todos tienen acceso a la salud, recurriendo principalmente a las ciudades más cercanas como Chao, Virú y Moche, que cuentan con servicios de salud del seguro social. En lo que respecta a servicios, en el lugar donde viven el 75% de trabajadores cuenta con agua, luz y desague.

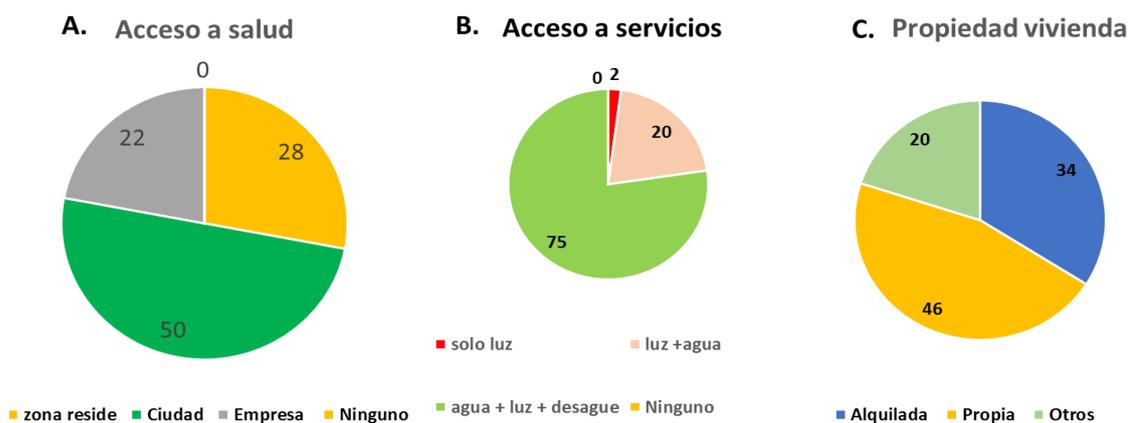


Figura 19. A: Acceso a salud, B: Acceso a servicios en el lugar donde vive. C: Propiedad de la vivienda de los trabajadores de los fundos de palto y espárrago en la Irrigación Chavimochic. 2017.

El nivel de instrucción del personal que labora en los fundos de espárrago y palto se muestra en la figura 20. El nivel académico de los gerentes y jefes de fundo es 67% con maestría y 33% son ingenieros. El nivel de los jefes de parcela, el 50% son técnicos y 34% poseen algún título profesional. El nivel de trabajadores especializados el 61% es técnico y en el nivel de obreros, el 71% tiene secundaria completa. Se tiene una relación directa a mayor cargo de responsabilidad el nivel de educación es mayor. El nivel de educación también está relacionado con el nivel de ingresos y responsabilidades.

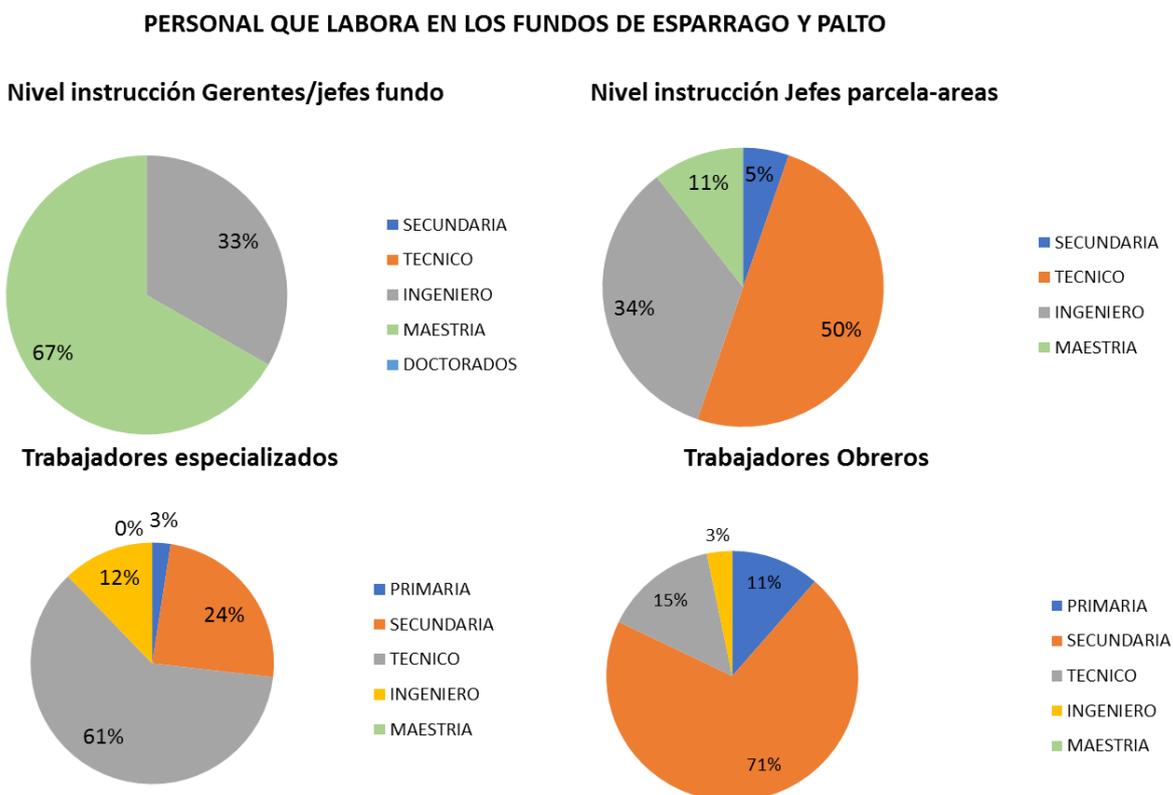


Figura 20. Nivel de instrucción de los diferentes tipos de trabajadores de los fundos de espárrago y palto de la Irrigación Chavimochic. 2017.

En lo que respecta al nivel de ingresos de los trabajadores de los fundos, la escala de salarios se muestra en la figura 20, en donde se observa que conforme el trabajador tiene mayor responsabilidad el ingreso es mayor, siendo los mejores pagados los jefes de fundo y los de trabajo especializado, los cuales tienen un nivel de educación superior (figura 21). En los fundos por lo tanto el nivel de ingresos está en función del nivel de educación del trabajador.

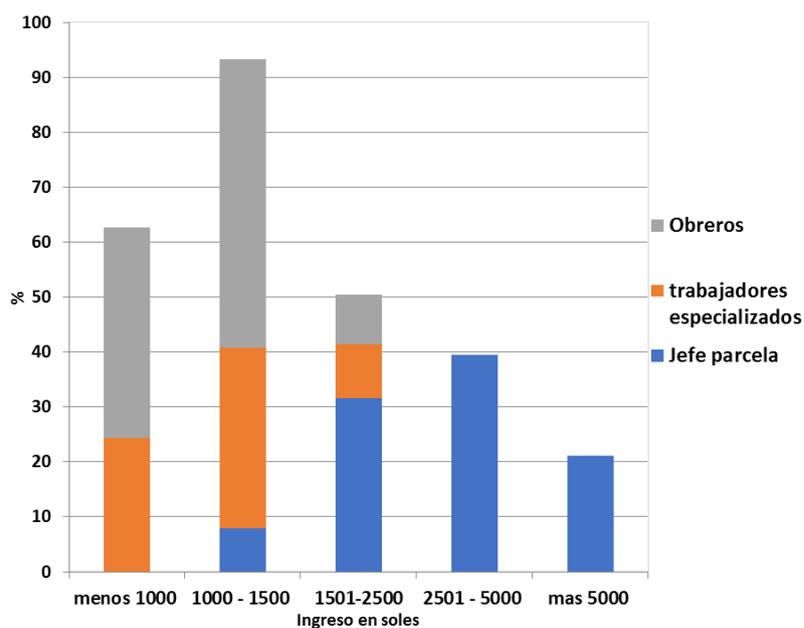
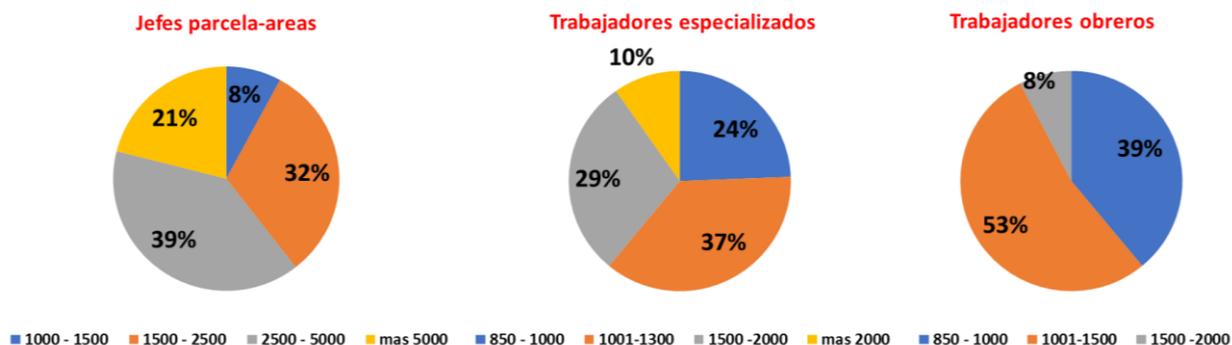


Figura 21. Nivel de ingresos en soles de los diferentes tipos de trabajadores de los fundos de espárrago y palto en la Irrigación Chavimochic. 2017.

4.5. Factores del declinamiento del espárrago en la Irrigación Chavimochic

4.5.1. Dinámica de áreas de cultivo del espárrago

En la Irrigación Chavimochic se tienen, a diciembre del 2017, un total de 4575 has de espárrago de las cuales 886 has son de espárrago verde y 3688 son de espárrago blanco al momento de realizarse el presente estudio. En total se tienen 12 empresas productoras de espárrago. En general, desde 2008, hay una tendencia muy marcada a la disminución del área cultivada como se observa en el cuadro 18 y la figura 22. especialmente de espárrago verde.

Cuadro 18. Evolución de las áreas de espárrago blanco y verde en la Irrigación Chavimochic del 2004 al 2018.

AÑO	ESPÁRRAGO BLANCO	ESPÁRRAGO VERDE	TOTAL (has)
2004	1952.3	2628.6	4580.9
2005	2256.3	4196.5	6452.8
2006	2841.5	5058.1	7899.6
2007	5042.7	4308.7	9351.4
2008	6041.3	3336.3	9377.6
2009	5698.1	2809.3	8507.4
2010	5826.0	2530.1	8356.1
2011	5481.0	2240.4	7721.4
2012	4826.6	2359.1	7185.7
2013	5407.3	2221.9	7629.3
2014	5367.2	2106.7	7473.9
2015	5467.5	2206.4	7673.9
2016	4900.3	1415.1	6315.3
2017	3688.8	886.9	4575.7
2018	3120.5	451.5	3572.0

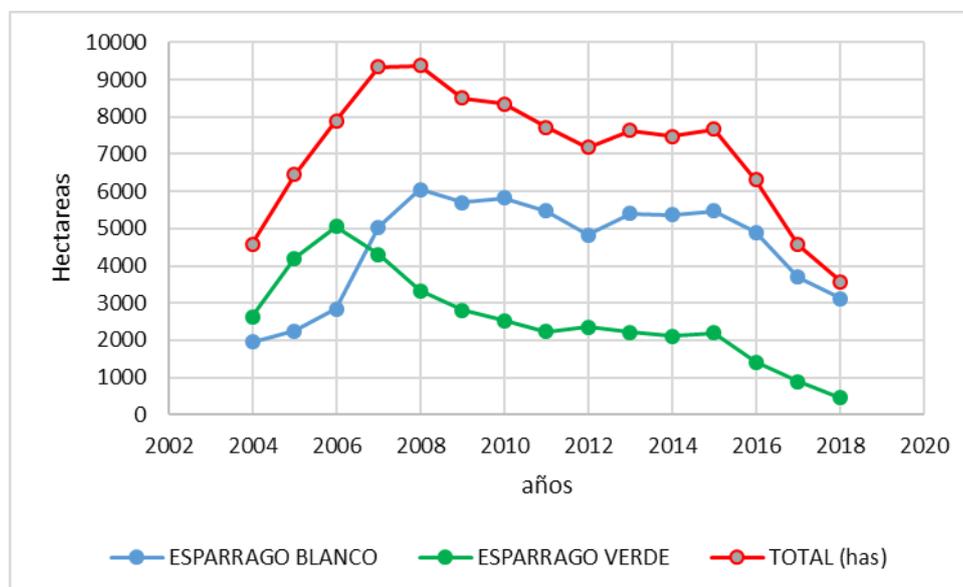


Figura 22. Evolución de las áreas de producción de espárrago blanco y verde en la Irrigación Chavimochic del 2004 al 2018.

En las tres zonas agroecológicas identificadas previamente, y con los datos de las encuestas realizadas a los expertos, se hizo una distribución actual de las esparragueras las cuales se muestran en el cuadro 19 y la figura 23. Se observa claramente que la vida útil de las esparragueras es mayor en la zona 3. Se muestra claramente que la zona 3 es donde la vida útil ha sido mayor, con un 75% con vida mayor a 12 años, mientras que en la zona 2 el 45% de los lotes han tenido una vida útil mayor a 12 años y en la zona 1 solo 5%. Es importante señalar que la zona 1 es la que presenta temperaturas más altas seguida de la zona 2 y la zona 3, que es la más fría. Este factor es determinante en la fisiología del espárrago (Delgado de la flor et al, 1987) y en el desarrollo de los patógenos radiculares como *Fusarium oxysporum* y *Meloidogyne* sp (Apaza et al., 2018; Delgado, 2016; Sanchez et al., 2002).

Cuadro 19. Vida útil de las esparragueras en la Irrigación Chavimochic por zona de producción.

Edad	Zona 1		Zona 2		Zona 3	
	nro lotes	%	nro lotes	%	nro lotes	%
Mas 12 años	1	5	9	45	15	75
10 a 12 años	4	20	7	35	3	15
8 a 10 años	15	75	4	20	2	10
Total	20	100	20	100	20	100

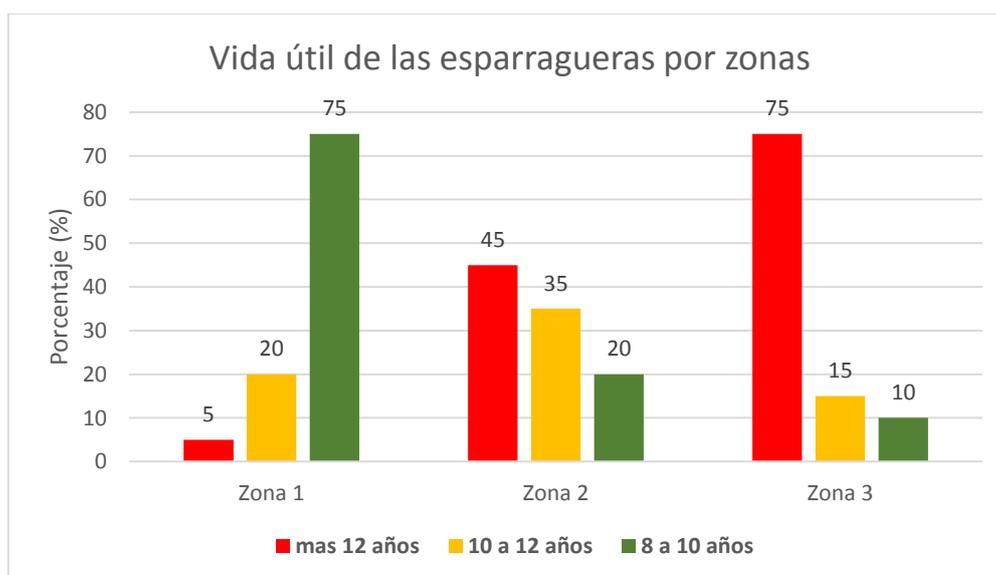


Figura 23. Vida útil de las esparragueras en la Irrigación Chavimochic por zona de producción. Diciembre 2017.

4.5.2. Factores Bióticos del declinamiento del espárrago

4.5.2.1. Identificación de hongos aislados del suelo

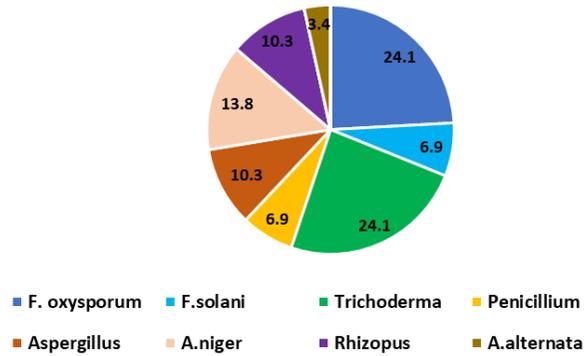
En las 33 muestras de suelo, sembradas en medio de cultivo Papa Dextrosa Agar Difco con oxitetraciclina (PDAO), el hongo aislado más frecuentemente fue *Fusarium oxysporum*, en 80.65% de las muestras con un total de 24 aislamientos de todas las muestras. El resto de hongos, fueron organismos de tipo secundario observándose con más frecuencia a *Trichoderma* sp, *Rhizopus* sp, *Aspergillus* sp, *Fusarium solani* y otros. Los resultados del número de aislamientos de hongos del suelo por genero y especies en todas las muestras se observan en el cuadro 20, en donde se tiene que la mayor frecuencia ha sido de *Fusarium oxysporum* con un 25% del total de aislamientos.

En el testigo, donde el suelo es virgen, no se aisló en medio de cultivo ningún hongo, esto demuestra que la diversidad fungosa en los suelos de desierto es muy baja, por lo que el sembrar un cultivo, incrementa la biodiversidad fungosa en un suelo siendo inclusive arena. En la figura 24 se muestran la distribución de los diferentes hongos aislados de los suelos de espárrago, en todos los suelos donde se tuvo espárrago se aisló a *Fusarium oxysporum*, este hongo es altamente favorecido por el cultivo de espárrago. Las raíces, coronas y yemas favorecen la proliferación de este hongo, tanto en forma saprofítica como potencialmente patógeno de espárrago. En general la especie *Fusarium oxysporum* es muy compleja, se mencionan comunidades presentes en el suelo especialmente de cultivos que son sensibles como el espárrago (Schreuder et al., 1995; Yergeau et al., 2004, Senthilkumar et al., 2011). La mayor diversidad de especies aisladas (total de 9) se obtuvo de los suelos donde se eliminó el espárrago y se sembró palto, el cambio de cultivo ha incrementado la diversidad, especies del género *Cylindrocarpon* y especialmente *Trichoderma* son las más frecuentes. Luego siguen los suelos de espárrago sobre espárrago, suelos de más de 7 años de edad, mientras que los suelos que menor cantidad de especies aisladas son de esparragueras jóvenes (menores a 4 años) y los suelos que han estado en descanso sin cultivos por 5 años. Esta último demuestra que si un suelo de desierto se deja de cultivar por un tiempo la diversidad de hongos disminuye.

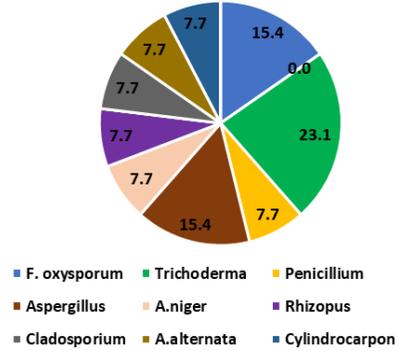
Cuadro 20. Número de aislamientos y porcentaje de hongos aislados e identificados en medio de cultivo PDAO en las diferentes muestras de suelo de espárrago de Chavimochic.

HONGO	Número de aislamientos	Porcentaje (%)
<i>F. oxysporum</i>	24	25.0
<i>F. solani</i>	2	2.1
<i>Trichoderma sp</i>	11	11.5
<i>Penicillium sp</i>	8	8.3
<i>Aspergillus sp</i>	12	12.5
<i>Aspergillus niger</i>	14	17.7
<i>Rhizopus sp</i>	11	11.5
<i>Nigrospora sp</i>	1	1.0
<i>Cladosporium sp</i>	6	6.3
<i>A. alternata</i>	2	2.1
<i>Cylindrocarpon sp</i>	1	1.0
<i>Mucor sp</i>	1	1.0
TOTAL	96	100

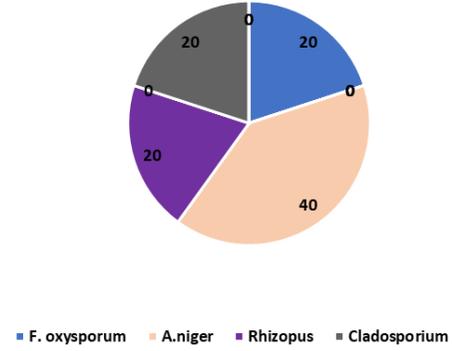
Grupo 1: Espárrago sobre Espárrago



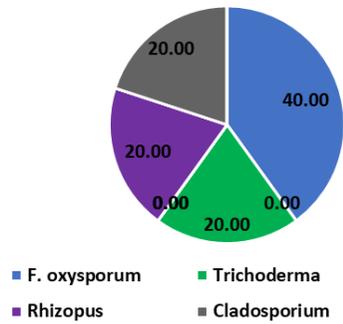
Grupo 5: Palto rotación a Espárrago



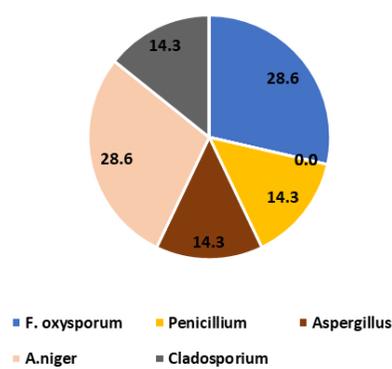
Grupo 6: Descanso 5 años



Grupo 2: Espárrago menor a 4 años



Grupo 3: Espárrago 4 a 6 años



Grupo 4: Espárrago mas 7 años de edad

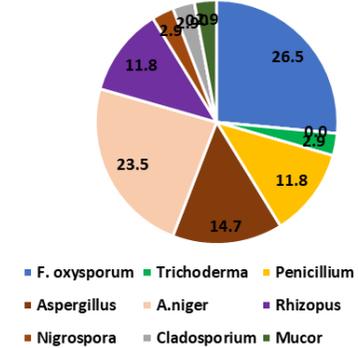


Figura 24. Distribución de hongos aislados en medio Papa Dextrosa Agar Oxytetraciclina (PDAO) en diferentes tipos de suelo de espárrago de Chavimochic. 2017.

4.5.2.2. Identificación de patógenos de espárrago en el suelo.

En el bioensayo con plantines de espárrago cultivar UC157 se detectó la presencia de *Fusarium oxysporum* en el 64.5% ocasionando lesiones necróticas en las raíces. De estas raíces afectadas, sembradas en medio PDA, se encontró *F. oxysporum* en el 100% de las muestras, identificadas morfológicamente mediante las medidas de estructuras (cuadro 21). Todas las medidas de estas estructuras fueron comparadas con descriptores empleados por Booth (1970). En la figura 25 se muestran microfotografías representativas de las estructuras de *Fusarium oxysporum* f.sp. *asparagi* aislado de plantines de espárrago. Luego, se tomaron cuatro aislamientos típicos de *Fusarium oxysporum* para una prueba de patogenicidad en cinco hospedantes: tomate, cebolla, algodón, frejol y espárrago. A los 30 días, se encontraron lesiones solo en espárrago, en el resto de hospedantes no se encontraron síntomas en el sistema radicular (Cuadro 22). Con esta prueba se confirmó que los aislamientos corresponden a *Fusarium oxysporum* f.sp. *asparagi* (FOA). Posteriormente, de tres aislamientos, se extrajo ADN, se amplificó la región ITS1 y la secuencia amplificada tuvo un 99.5% de homología con *Fusarium oxysporum*, confirmando la identificación morfológica.

Cuadro 21. Medidas morfológicas para la identificación de *Fusarium oxysporum* aislado del espárrago.

Aislamiento	Microconidias		Macroconidias		Clamidosporas	
	Tamaño (μ)	Septas	Tamaño (μ)	Septas	Diámetro (μ)	Descripción
F10	8.11 x 3.53	0 a 1	29.9 x 3.98	3 a 4	9.7	Simple /pares
F20	9.5 x 3.66	0 a 1	34.2 x 4.22	3 a 5	10.7	Simple /pares
F30	7.87 x 3.33	0	30.1 x 3.67	3 a 4	10.1	Simple /pares
FA	8.45 x 3.65	0 a 1	32.5 x 4.32	3 a 4	9.9	Simple /pares

Cuadro 22. Pruebas de patogenicidad con diferentes especies vegetales para la determinación de la forma especial de *Fusarium oxysporum* aislado de plantones de espárrago UC157F1.

Aislamiento	Tomate	frejol	algodón	Espárrago
F10	Negativo	Negativo	Negativo	Positivo
F20	Negativo	Negativo	Negativo	Positivo
F30	Negativo	Negativo	Negativo	Positivo
FA	Negativo	Negativo	Negativo	Positivo

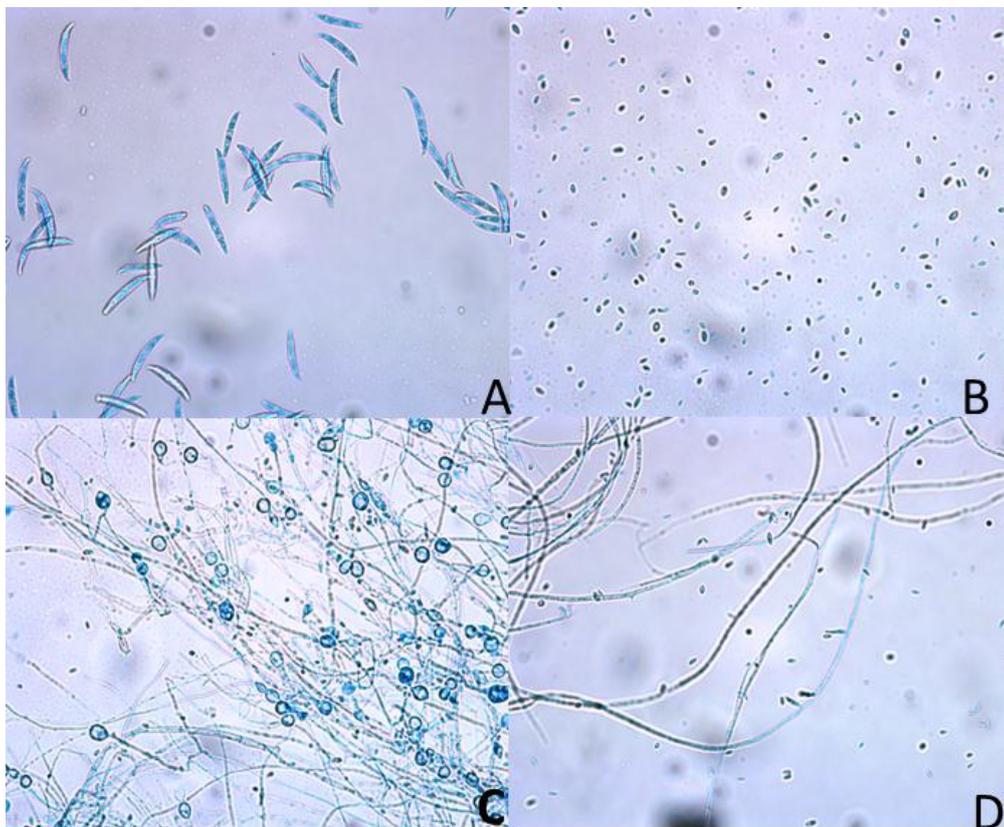


Figura 25. Estructuras de *Fusarium oxysporum* f.sp. *asparagi* (A) Macroconidias (B) Microconidias (C) Clamidosporas y (D) Conidióforos. (aumento 40X).

4.5.2.3. Resultados de los bioensayos.

En el cuadro 23, en las figuras 26 y 27, se muestra los resultados del daño en raíces de plantines de espárrago por *Fusarium oxysporum* f.sp. *asparagi* (FOA), en donde se observa claramente que las muestras con esparragueras de mayor edad, así como las muestras de suelo de espárrago sobre espárrago son las que presentan mayor daño de las raíces ocasionadas por FOA y menor crecimiento de raíces en general.

En los análisis de nemátodos se encontró la presencia de *Meloidogyne incognita* (Mi) en el 38.7% de las muestras. En el bioensayo con plantas de tomate se encontró la presencia de *M. incognita* en 22 de las 31 muestras tomadas y en el bioensayo con plantas de espárrago UC157. Al realizar el análisis se observó que en todas las muestras de esparragueras mayores de 3 años y en plantaciones de espárrago sobre espárrago, las poblaciones de FOA y Mi, eran altas. En la muestra de suelos vírgenes, con cultivo de palto o que estuvieron en descanso por más de 4 años, no se detectó la presencia de ambos patógenos y la población de *M. incognita* fue menor.

Los resultados del bioensayo (cuadro 23 y figura 28), muestran la relación entre la pudrición de coronas causada por FOA y el número de nódulos de *Meloidogyne incognita* (Mi) en las coronas de espárrago. En el testigo (suelo virgen) y los campos con descanso por más de 4 años (camposol 1 y 2) y la rotación con palto (Beggie 1 y 2), no se detectó la presencia de FOA ni de Mi. En los campos donde el descanso ha sido menor a 3 años y tienen cultivo de espárrago si se tuvo mayor presencia de daño de raíces por FOA y alto número de nódulos de Mi. En los campos donde se ha sembrado espárrago sobre espárrago, la población de FOA es muy alta; mientras que la presencia de Mi es variable, encontrándose que algunas muestras tuvieron un mayor número de nódulos (Aqualima 02, Muestra 01 y UPAO02M1). En la figura 29 se observa claramente que los suelos sembrados de espárrago sobre espárrago tienen mayor daño de los dos patógenos FOA y Mi, seguido del de 12 años y de 7 años comparado con un suelo virgen, por lo tanto se puede relacionar que a mayor edad de la esparraguera el inoculo de FOA y Mi se incrementa, lo cual afecta significativamente cuando se realiza una siembra de espárrago sobre espárrago por el alto inoculo inicial que dejan los campos, este característica es similar a lo mencionado por Elmer (2018), Blok et al. (1995) y Nahiyan et al. (2011).

Cuadro 23. Resultados del análisis de bioensayo en plantas de espárrago UC157F1 y análisis nematológico con bioensayo en tomate Rio Grande. 2017.

MUESTRA		BIOENSAYO EN PLANTAS ESPÁRRAGO				ANALISIS NEMATOLÓGICO			
		% de pudrición de F.O	Desv estand	Nro nodulos Meloidogyne	Desv estand	Nematodo	Nro Indiv/100 cc de suelo	Nro indiv/gr de raíces	Bioensayo tomate Rio grande ¹
1	Muestra 01	24.33	4.04	14.19	13.04	<i>Meloidogyne</i>	180	20	3
2	Muestra 02	13.00	2.00	7.50	7.00	<i>Meloidogyne</i>	90	8	4
3	Muestras 03	19.33	6.03	12.68	9.89	<i>Meloidogyne</i>	0	0	0
4	Muestra 04	14.67	2.52	8.59	7.84	<i>Meloidogyne</i>	0	0	2
5	Muestra 05	10.67	4.04	7.35	5.39	<i>Meloidogyne</i>	0	0	0
6	Muestra 06	17.00	2.65	9.82	9.15	<i>Meloidogyne</i>	0	0	4
7	Muestra 07	1.33	1.15	1.24	0.72	<i>Meloidogyne</i>	0	0	2
8	Muestra 08	2.00	1.00	1.50	1.00	<i>Meloidogyne</i>	0	0	0
9	Muestra 09	11.67	2.89	7.28	6.08	<i>Meloidogyne</i>	20	4	3
10	Muestra 10	24.33	6.03	15.18	12.67	<i>Meloidogyne</i>	10	0	3
11	Muestra 11	15.00	5.00	10.00	7.64	<i>Meloidogyne</i>	110	8	4
12	Muestra 12	12.33	2.52	7.42	6.52	<i>Meloidogyne</i>	0	4	2
13	Muestra 13	15.00	1.00	8.00	8.39	<i>Meloidogyne</i>	0	0	3
14	Agualima 01 s	10.00	2.00	6.00	5.29	<i>Meloidogyne</i>	0	0	2
15	Agualima 02	16.00	1.73	8.87	8.78	<i>Meloidogyne</i>	280	8	5
16	Adulce 01	7.67	2.52	5.09	3.91	<i>Meloidogyne</i>	70	12	4
17	Adulce 02	2.33	0.58	1.46	1.22	<i>Meloidogyne</i>	420	20	3
18	Beggie 01	0.00	0.00	0.00	0.00	<i>Meloidogyne</i>	0	0	2
19	Beggie 02	0.00	0.00	0.00	0.00	<i>Meloidogyne</i>	0	8	1
20	UPAO 02 m1	35.00	5.00	20.00	18.93	<i>Meloidogyne</i>	0	0	0
21	UPAO 02	2.00	1.00	1.50	1.00	<i>Meloidogyne</i>	300	60	5
22	UPAO 03	9.33	1.15	5.24	5.09	<i>Meloidogyne</i>	160	8	4
23	Morava 01	3.00	2.00	2.50	1.53	<i>Meloidogyne</i>	0	0	0
24	Morava 02	1.00	1.00	1.00	0.58	<i>Meloidogyne</i>	0	0	0
25	Muchik 01	10.00	1.00	5.50	5.51	<i>Meloidogyne</i>	40	0	4
26	Muchik 02	2.33	2.52	2.42	1.40	<i>Meloidogyne</i>	10	0	2
27	Muchik 03	1.67	0.58	1.12	0.85	<i>Meloidogyne</i>	0	12	3
28	Muchik 04	2.33	0.58	1.46	1.22	<i>Meloidogyne</i>	0	0	0
29	Michik 05	4.00	1.00	2.50	2.08	<i>Meloidogyne</i>	3060	573	4
30	Arequipa 01	2.67	0.58	1.62	1.40	<i>Meloidogyne</i>	0	0	0
31	Camposol 1	0.00	0.00	0.00	0.00	<i>Meloidogyne</i>	0	0	0
32	Camposol 2	0.00	0.00	0.00	0.00	<i>Meloidogyne</i>	0	0	0
33	Testigo	0.00	0.00	0.00	0.00	<i>Meloidogyne</i>	0	0	0

1: Grados de nodulación, grado 0: sin nódulos, grado 1: 1 a 2 nódulos, grado 2: de 3 a 10 nódulos, grado 3: de 11 a 30 nódulos, grado 4: de 31 a 100 nódulos, grado 5: más de 100 nódulos

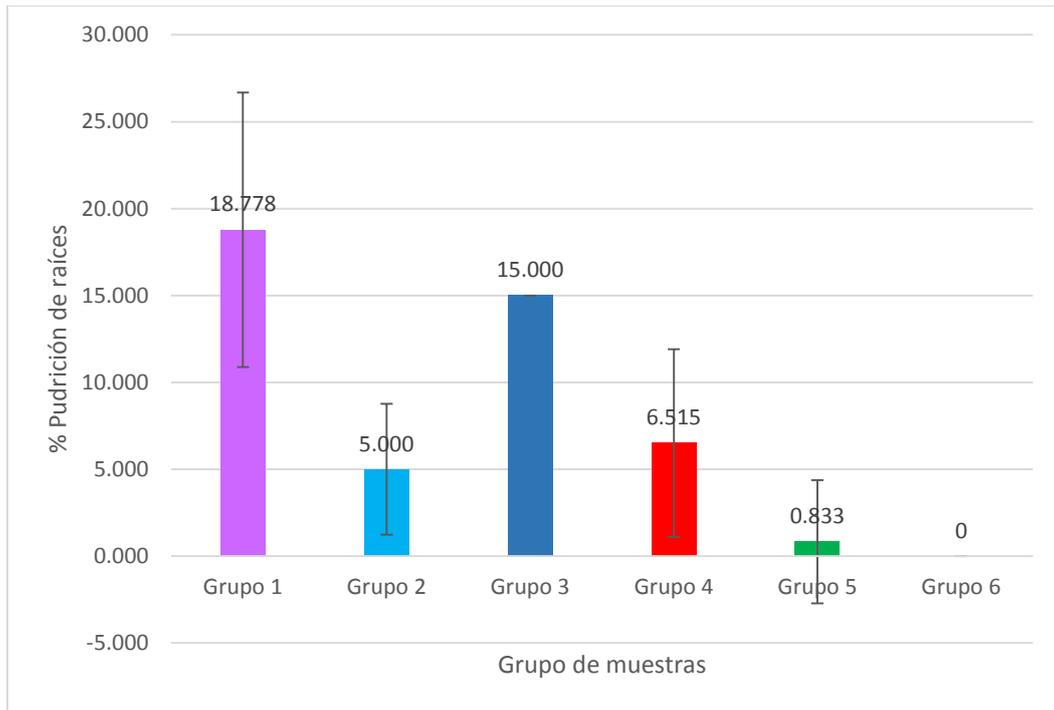


Figura 26. Porcentaje de pudrición de raíces por *F. oxysporum* f.sp. *asparagi* en plantones de espárrago UC157F1 en diferentes grupos de suelo de espárrago de la Irrigación Chavimochic.

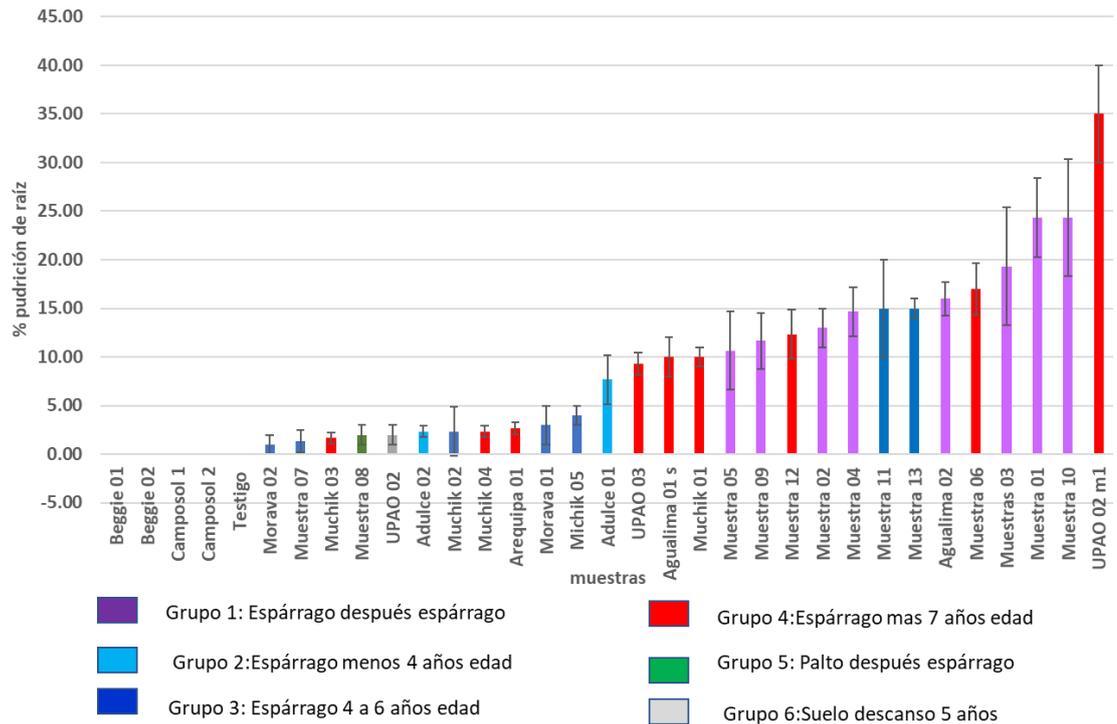


Figura 27. Porcentaje de pudrición de raíces por *F. oxysporum* f.sp. *asparagi* en plantones de espárrago UC157F1 en diferentes muestras de suelo de espárrago de la Irrigación Chavimochic.

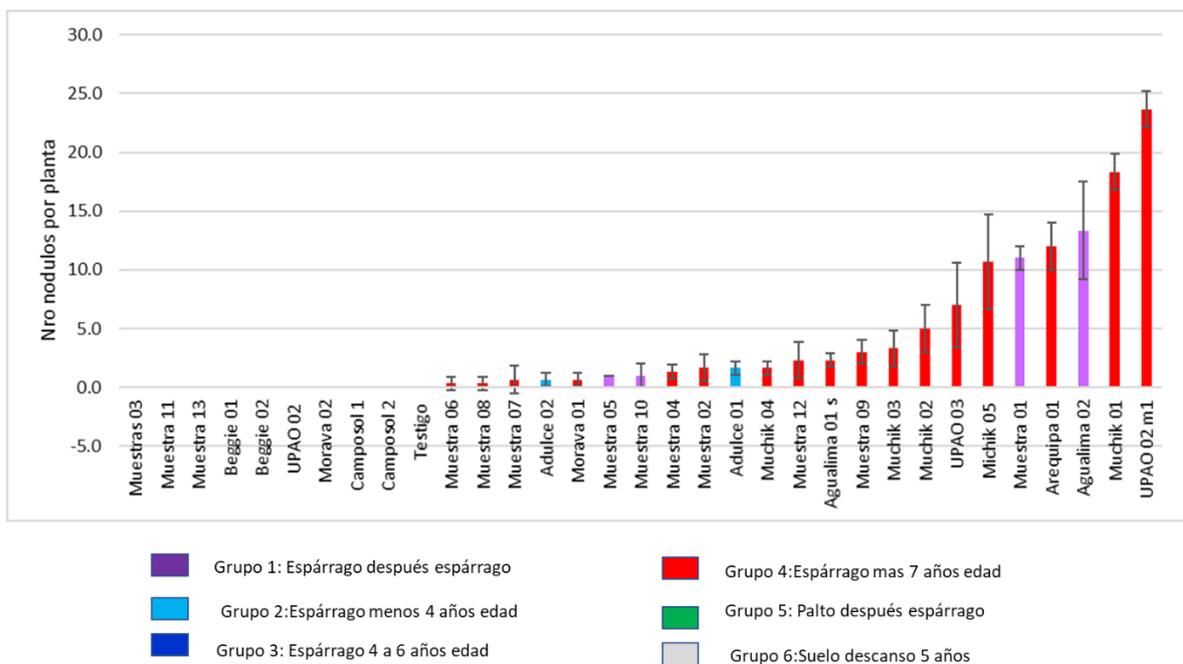


Figura 28. Número de nódulos de *Meloidogyne incognita* en plantones de espárrago UC157F1 en diferentes muestras de suelo de espárrago de la Irrigación Chavimochic.

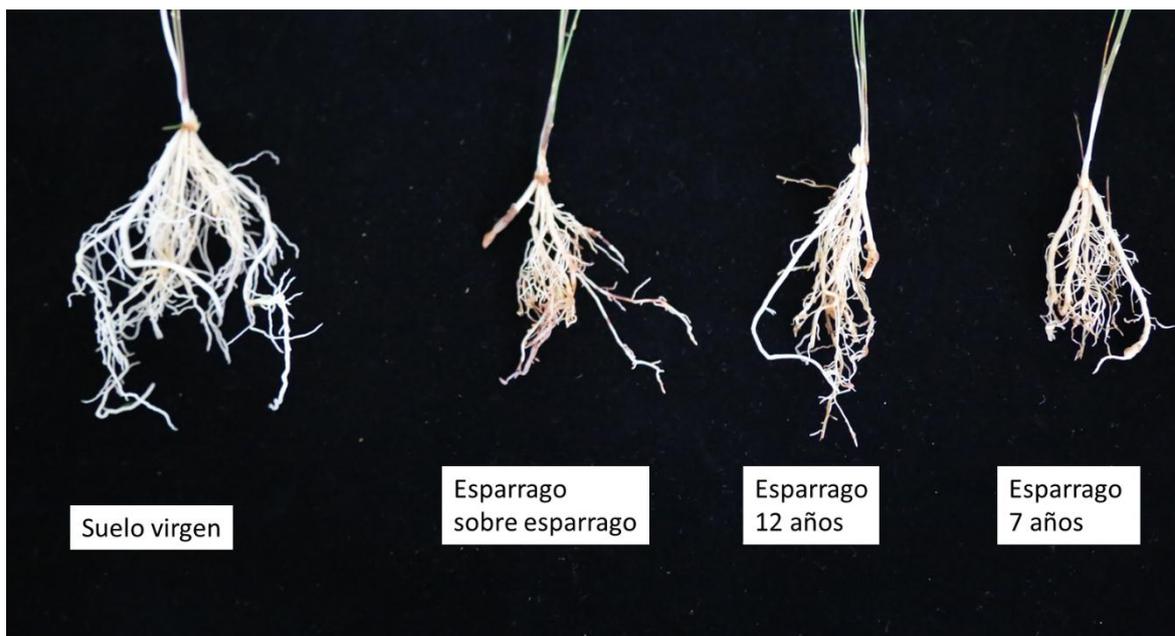


Figura 29. Plantas de espárrago UC157F1 sembrados en suelos de diferentes edades de esparragueras de Chavimochic 2017.

4.5.3. Factor alelopático del declinamiento

En el cuadro 24 y la figura 30 se muestra la longitud de raíces de las plántulas de lechuga germinadas con los extractos de los diferentes tipos de suelo (12 muestras). En ellas se puede observar claramente que las muestras con más de 10 años de cultivo tienen diferencias estadísticas en el crecimiento de raíces comparadas con el suelo virgen y el de 4 años de rotación de cultivos. En el resto de muestras de suelo existe la tendencia que a mayor edad de la esparraguera, hay mayor inhibición del crecimiento de la radícula de lechuga. Varios autores como Elmer (2018), Hartung et al. (1983), Block et al. (1995) mencionan que el efecto alelopático emitido por las raíces de la corona de espárrago tiene una interacción con los patógenos habitantes del suelo. El componente alelopático es mayor conforme la edad de la esparraguera se incrementa. En el tratamiento 12, que fue una muestra de una plantación de espárrago eliminada a los 12 años de edad, se sembró posteriormente palto, no se encontró bajo esta metodología un efecto sobre el crecimiento de raíces de lechuga. Blok et al. (1996) en un estudio similar encontró que el efecto alelopático puede permanecer más de 20 años, pero el inóculo de *Fusarium* tiende a permanecer mayor tiempo, especialmente en suelos con restos de coronas.

Cuadro 24. Longitud de raíces de lechuga cultivar “Americana” germinadas con extracto de diferentes suelos de espárrago. Chavimochic 2017.

TRAT	TIPO DE MUESTRA	LONGITUD DE RAÍZ (cm) ¹		Desviación Estandar
T1	0 año cultivo	2.80	A	0.2160
T2	1 año cultivo	2.65	AB	0.4203
T3	3 años cultivo	1.75	BC	0.2517
T4	4 años cultivo	1.55	CD	0.2646
T5	6 años cultivo	1.33	CDE	0.5909
T6	7 años cultivo	1.30	CDE	0.1826
T7	8 años cultivo	1.02	CDE	0.2217
T8	9 años cultivo	0.85	DE	0.1291
T9	10 años cultivo	1.25	CDE	0.2082
T10	11 años cultivo	0.70	DE	0.4397
T11	12 años cultivo	0.67	E	0.3500
T12	Suelo plantación palto después 4 años eliminado espárrago.	2.55	A	0.5196

1: Comparación de medias Tukey (alfa=0.05)

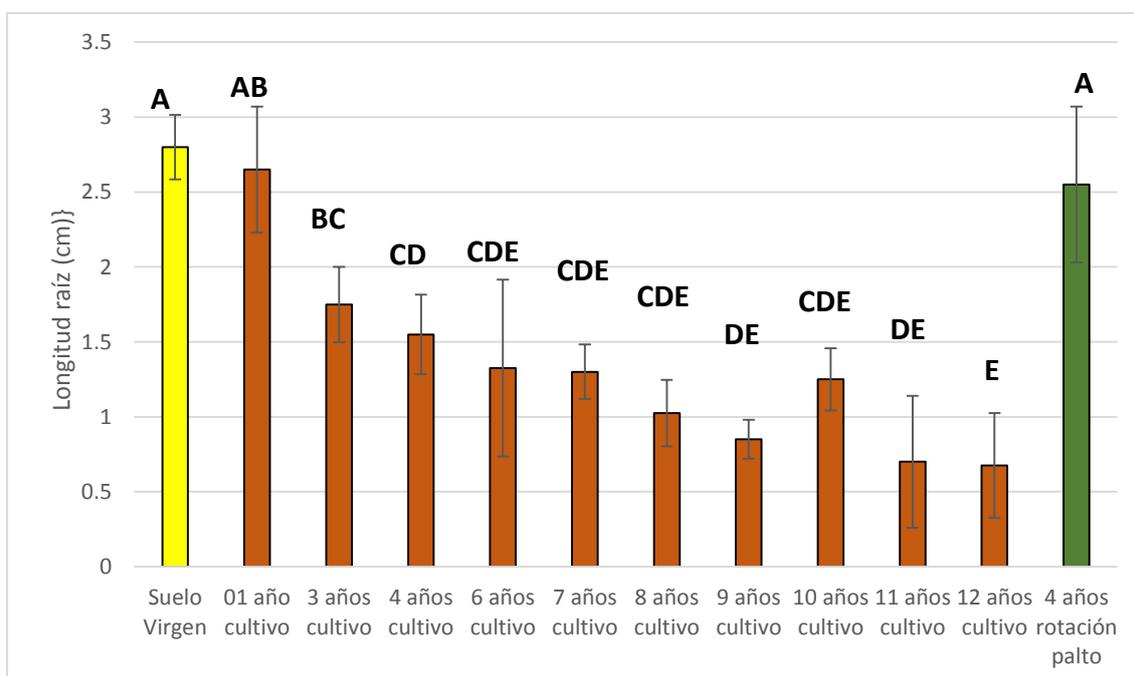


Figura 30. Longitud de raíces de lechuga cultivar “Americana” germinadas con extracto de diferentes suelos de espárrago. Chavimochic 2017.

Cuando se analiza la relación entre la longitud de la raíz de plantulas de lechuga y la edad de las espárragueras donde se tomaron las muestras de suelo, se obtiene una relación polinómica con un R^2 de 0.8066 (figura 31). Esta relación explica que a mayor edad de las espárragueras, la presencia de los exudados que ocasionan reducción de crecimiento de la radícula en lechuga es alta, por la presencia de sustancia alelopáticas que inhiben el desarrollo de las raíces de lechuga. Estos resultados son similares a los reportados en otras zonas productoras de espárrago como europa y asia (Blok et al., 1995.; Lake et al., 1993).

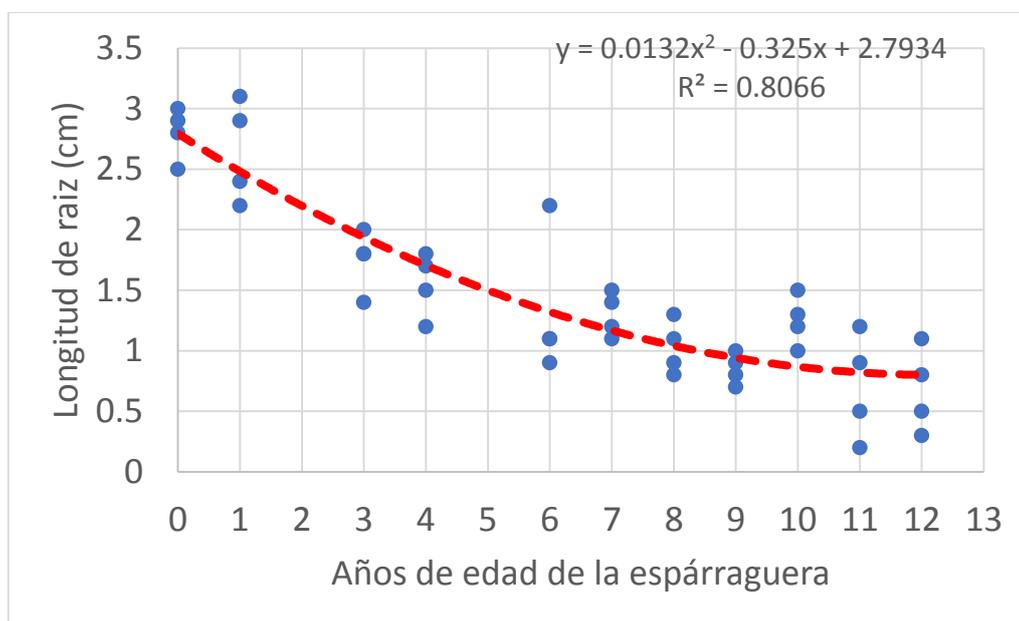


Figura 31. Relación entre la longitud de raíces de plantas de lechuga y suelos de diferentes edades de espárrago.

4.6. Sustentabilidad de los fundos de espárrago y palto de la Irrigación Chavimochic.

4.6.1. Sustentabilidad Ambiental.

En el cuadro 25 y la figura 32 se muestran los valores de los diferentes indicadores de sustentabilidad ambiental para los fundos de Palto y Espárrago. Se ha encontrado solo en el fundo de palto tipo III que el valor general y los índices ambiental, económico y social son mayores a 2. En el resto de fundos la sustentabilidad es menor a 2. Tanto en los fundos de palto como de espárrago se encontró que los valores de sustentabilidad se incrementan conforme los fundos pertenecen a empresas más grandes. En el caso de palto los fundos tipo III y II tienen niveles sustentables en el indicador del Uso del Recurso hídrico, el cual es uno

de los componentes más importantes en agroecosistemas de climas áridos donde el recurso hídrico es uno de los más importantes. Los fundos de espárrago en general tienen valores superiores a 2 en el uso del recurso hídrico, debido a un mayor conocimiento del manejo de riego en ese cultivo. Esto queda evidenciado que cuando se compara el uso del riego en los cultivos de palto y espárrago, en el segundo la cantidad de agua (m³/ha) empleada en espárrago tiene valores menos dispersos que en palto. En el uso de cobertura vegetal en general en espárrago y palto es muy baja debido a los sistemas altamente intensivos. En el caso de la contaminación, el uso de pesticidas es mayor en espárrago debido a plagas desequilibrantes como *Prodiplosis longifolia* que afecta severamente la calidad de la cosecha. En palto se observa que los indicadores de Uso de pesticida de banda roja y empleo de control biológico tienen a ser sustentables especialmente en los fundos tipo III que tienen mayor cantidad de certificaciones y relación con el mercado. En general en los tipos de fundos tanto de palto como espárrago, la relación con el medio ambiente tiene que ser mejorada, especialmente en este tipo de agroecosistemas jóvenes donde la biodiversidad no es alta.

Cuadro 25. Indicadores de Sustentabilidad Ambiental de los fundos tipo de palto y espárrago en la Irrigación Chavimochic. 2017.

INDICADORES	Tipo de Fondo				Tipo de Fondo de Espárrago			
	I	II	III	I	II	III	IV	
A. Conservación de la vida del suelo								
A1. Cobertura Vegetal	0.33	0.71	1.43	0.20	0.50	0.75	0.00	
A2. Uso de Materia Orgánica (tm/ha)	0.00	1.43	0.71	0.40	2.00	0.75	1.00	
B. Uso del Recurso Hídrico								
B1. Gasto de agua por campaña (m ³ /ha)	1.00	2.86	2.00	3.00	2.50	3.00	3.00	
B2. Métodos para calculo riego	1.67	2.43	3.14	2.00	2.00	3.25	4.00	
C. Manejo de la Diversidad								
C1. Diversidad de hongos del suelo	0.67	1.29	1.29	2.00	3.50	2.75	3.00	
C2. Diversidad Vegetal	0.67	1.14	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
C3. Areas de zona de conservación (% area)	0.67	1.14	2.43	0.40	1.00	1.75	2.00	
D. Contaminación								
D1. Uso de pesticidas (nro aplicaciones)	1.00	1.43	1.14	0.00	0.00	0.00	0.00	
D2. Número de pesticidas banda Roja	0.33	1.57	2.43	0.00	0.00	0.00	0.00	
D3. Uso del contol biologico	1.33	2.43	3.43	0.40	0.50	1.50	1.00	
Índice de Sustentabilidad Ambiental (I Am)	0.88	1.87	2.09	1.25	1.48	1.80	1.90	

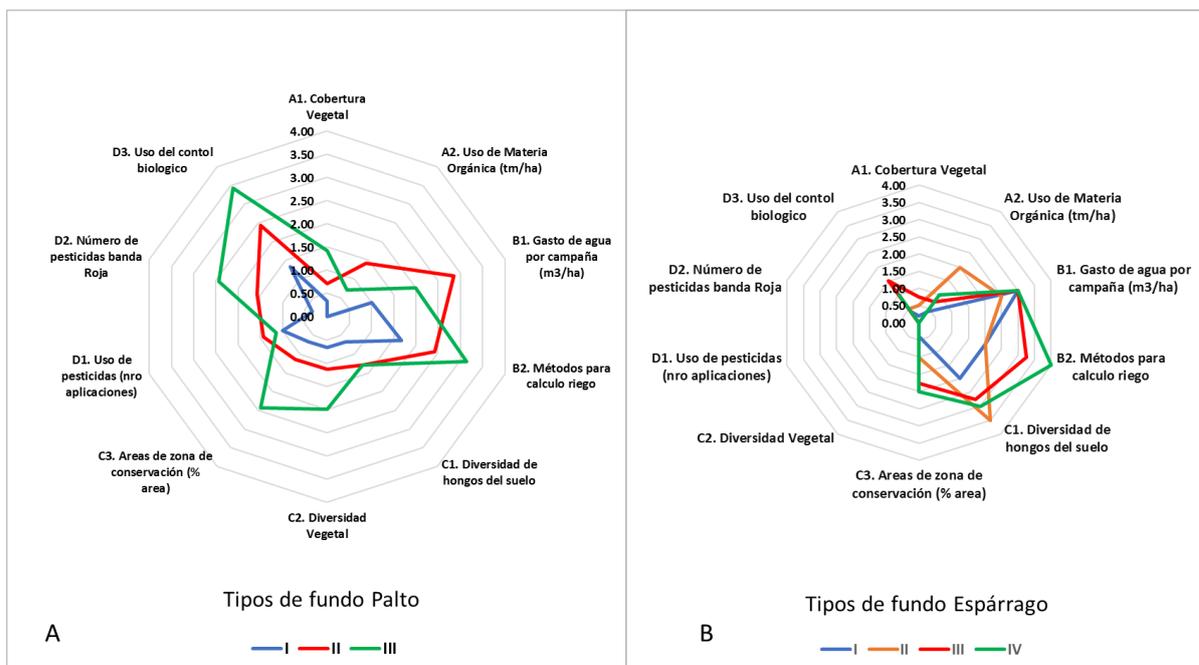


Figura 32. Indicadores de sustentabilidad ambiental de los fundos tipo de palto (A) y espárrago (B) en la Irrigación Chavimochic. 2017.

4.6.2. Sustentabilidad Económica

Los resultados se muestran en el cuadro 26 y la figura 33. En todos los tipos de fundo de palto se ha encontrado que son sustentables económicamente (valores mayores a 2). Siendo los valores más altos los fundos tipo III lo cuales tienen conexión directa con el mercado por lo que tienen mejores ingresos, costos más bajos por economía de escala y mayor exigencia de calidad exportable.

En el caso de los fundos de espárrago los fundo tipo I, que son aquellos que no exportan el espárrago, con áreas de menor tamaño, tienen valores menores a 2. Los fundos tipo II tienen también valores menores a 2, esto se debe a que si bien son exportadores, pero de espárrago verde, el cual está en crisis debido a los bajos precios ocasionados por la competencia de otros países productores, este tipo de fundos es especialmente golpeado por las plagas como *Prodiplosis longifilia* que afecta severamente su calidad de exportable, por lo que no son sustentables económicamente. El resto de tipos de fundos de espárrago si tienen sustentabilidad económica y esta es mayor conforme tengan mayor área y venta directa al mercado exterior.

Los fundos tipo III y IV tienen plantas procesadoras de conservas y además tienen la posibilidad de la producción de espárrago blanco fresco el cual es un mercado altamente rentable. A diferencia de los productores exclusivos de verde (fundos tipo III), la plaga *Prodidiplosis longifolia* les afecta en el cultivo, pero no en la cosecha debido a que los turiones están cubiertos por el suelo.

Cuadro 26. Indicadores de Sustentabilidad Económica de los fundos tipo de palto y espárrago en la Irrigación Chavimochic.

INDICADORES	Tipo de fundo Palto			Tipo de Fundo de Espárrago			
	I	II	III	I	II	III	IV
A. Nivel de Rentabilidad del Fundo							
A1. Productividad (Tm/ha)	1.67	2.71	2.86	2.20	3.00	3.50	3.00
A2. Costos de producción (US\$/ha)	3.67	2.86	3.14	2.60	2.50	2.25	3.00
A.3. Calidad de Exportación	2.33	2.29	2.86	1.20	1.00	1.00	1.00
A.4. Incidencia de Plagas	2.00	2.86	3.00	0.00	0.00	0.50	1.00
B. Ingreso Neto por campaña							
B1. Cantidad (US\$/ha)	4.00	4.00	4.00	0.80	2.50	3.75	4.00
C. Riesgo económico							
C1. Diversificación de productos venta	1.00	1.71	2.00	1.20	2.00	3.50	4.00
C2. Dependencia de productos externos	1.33	1.43	1.57	1.00	1.50	1.25	2.00
Índice de Sustentabilidad Económico (IK)	2.50	2.73	2.93	1.23	1.88	2.44	2.75

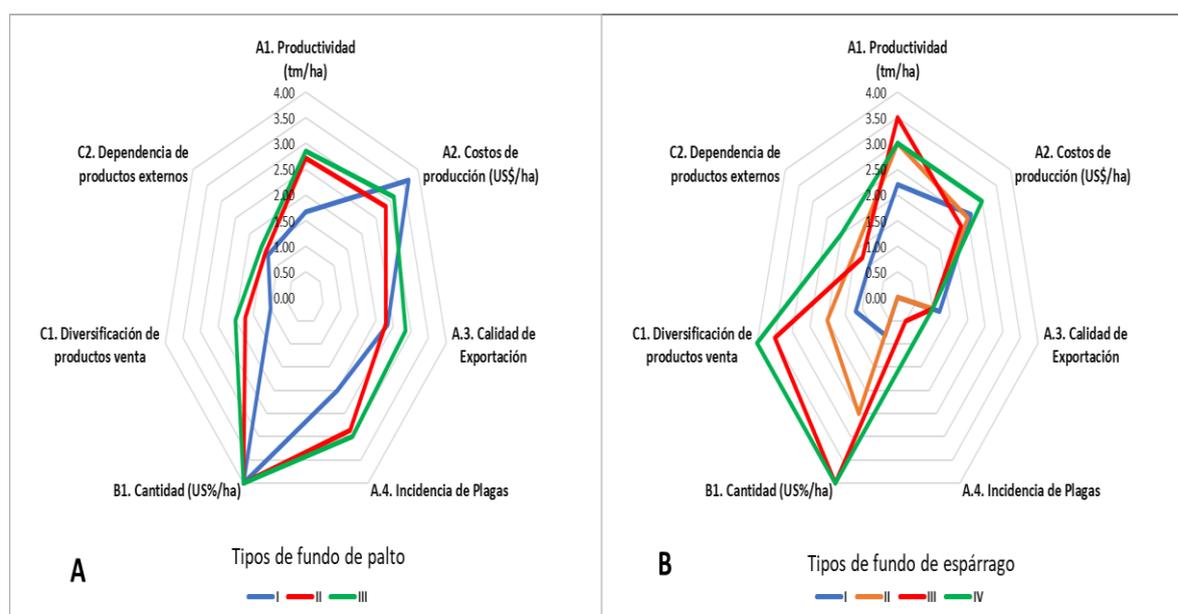


Figura 33. Indicadores de sustentabilidad económica de los fundos tipo de palto (A) y espárrago (B) en la Irrigación Chavimochic. 2017.

4.6.3. Sustentabilidad Social

Los resultados se muestran en el cuadro 27 y la figura 34. Se observa que para los diferentes tipos de fundos de palto, se obtienen valores mayores a 2, en donde los trabajadores tienen acceso a educación, acceso a servicios de salud y alto conocimiento en buenas prácticas agronómicas. En el caso de los fundos de espárrago, los tipo I y II han mostrado no ser sustentables, esto se explica que los fundos pequeños, los trabajadores generalmente tiene menor nivel de educación y su nivel de organización es menor (tipos I y II), mientras que en los fundos grandes (tipo III y IV) todos los trabajadores están afiliados a algún tipo de organización como por ejemplo un sindicato y las empresas han hecho mayor énfasis en la capacitación en buenas prácticas agrícolas.

Cuadro 27. Indicadores de Sustentabilidad Social de los fundos tipo de palto y espárrago en la Irrigación Chavimochic.

INDICADORES	Tipo de Fondo Palto			Tipo de Fondo de Espárrago			
	I	II	III	I	II	III	IV
A. Satisfacción de las necesidades básicas							
A1. Acceso a la educación	2.67	2.57	2.35	2.00	2.50	3.00	3.00
A2. Acceso a salud y cobertura sanitaria	3.33	3.00	2.70	3.00	3.00	3.00	3.00
A3. Servicios	3.00	3.00	3.00	2.00	2.50	3.00	3.00
B. Integración Social							
B1. Participación en organizaciones	2.33	2.29	2.02	1.00	1.00	1.75	4.00
C. Conocimiento de buenas prácticas agrícolas							
C1. Conocimientos BPA	3.00	3.00	2.69	1.20	1.50	3.25	4.00
Índice de Sustentabilidad Social (IS)	2.83	2.75	2.52	1.72	1.96	2.75	3.50

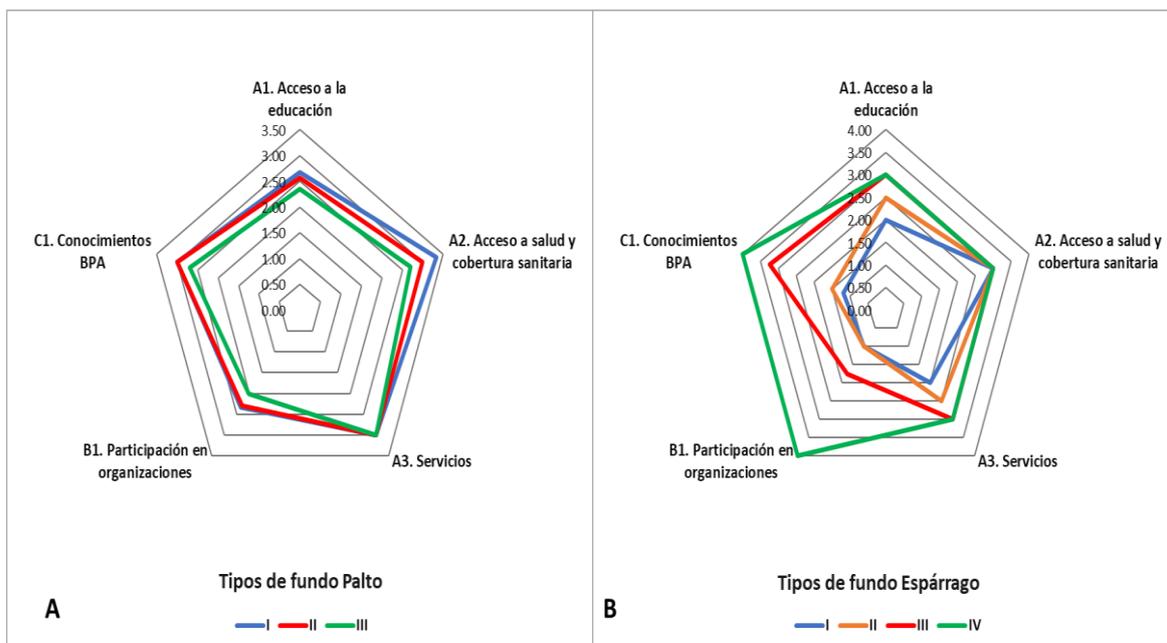


Figura 34. Indicadores de sustentabilidad social de los fondos tipo de palto (A) y espárrago (B) en la Irrigación Chavimochic. 2017.

4.6.4. Sustentabilidad General

En el cuadro 28 se muestran los resultados de los índices de sustentabilidad para cada tipo de fondo. Se observa que en general para palto todos los tipos son sustentables, pero solo el tipo III tiene todos los índices ambientales, económico y sociales mayores a 2. En general los fondos con áreas grandes, con conexión directa al mercado, y en donde los mercados externos tienen mayor relación con los fondos, existe alta presión de la calidad de la fruta, el uso menor de pesticidas de alto impacto, así como las diversas certificaciones que presionan a un uso más racional de los métodos de manejo de plagas, por lo cual los fondos desarrollan mejores indicadores de sustentabilidad ambiental. En el caso de espárrago, al igual que en los fondos de palto, se observa que a mayor área y con canales directos de comercialización al exterior, las empresas tienen un mayor índice de sustentabilidad general, siendo los fondos III y IV con valores mayores a 2, pero en la sustentabilidad ambiental no llegan a 2, por lo que no se cumple uno de los principios indicados por Sarandón et al., (2006), donde se considera un fondo sustentable si además del índice general, todos los índices ambiental, económico y social tienen que ser mayores de 2.

Cuadro 28. Resumen del análisis de sustentabilidad en los fundos tipo de palto y espárrago en la Irrigación Chavimochic. 2017.

INDICADORES	Tipo de Fundo Palto			Tipo de Fundo de Espárrago			
	I	II	III	I	II	III	IV
Indicadores de Sustentabilidad Ambiental (I Am)	0.88	1.87	2.09	1.25	1.48	1.80	1.90
Indicadores de Sustentabilidad Económico (IK)	2.50	2.73	2.93	1.23	1.88	2.44	2.75
Indicadores de Sustentabilidad Social (IS)	2.83	2.75	2.52	1.72	1.96	2.75	3.50
Índice de Sustentabilidad General (ISGen)	2.07	2.45	2.51	1.40	1.77	2.33	2.72

V. CONCLUSIONES

- 1 En la Irrigación Chavimochic se pueden diferenciar tres zonas de producción, estas diferencias están relacionadas a variables meteorológicas que condicionan desarrollo de los cultivos y componente sanitarios.
- 2 Existen cuatro grupos de fundos de espárrago, que tienen una fuerte relación con el tipo de procesamiento, acceso al mercado, manejo de pesticidas y certificaciones de calidad.
- 3 Existen tres grupos de fundos de palto, donde el tamaño del fundo, las certificaciones de calidad y el manejo del cultivo son las variables que han tenido la mayor importancia.
- 4 El nivel de ingreso de los trabajadores de los fundos tiene una relación directa con su nivel de instrucción.
- 5 La participación del género femenino en los fundos de espárrago y palto es mayor comparada con otras zonas agrícolas.
- 6 La vida útil de una esparraguera en la Irrigación Chavimochic está en relación a la zona de producción, a los patógenos del suelo y al efecto alelopático.
- 7 La zona 1, de mayor temperatura, tienen la menor vida útil de las esparragueras en comparación con zonas de temperaturas más bajas.
- 8 Los principales patógenos presentes en el suelo que ocasionan el declinamiento del espárrago en la Irrigación Chavimochic son *Fusarium oxysporum* f.sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. Ambas poblaciones de patógenos se incrementan con la edad de las esparragueras.

- 9 El efecto alelopático en las radículas de lechuga es mayor conforme se incrementa la edad de la esparraguera.
- 10 Los fundos productores de palto son más sustentables que los fundos productores de espárrago.
- 11 El tipo de fundo III de palto es sustentable, tiene una sustentabilidad general mayor a 2 y todos los índices ambiental, social y económico son mayores de 2 según la metodología utilizada.
- 12 En los fundos de espárrago, los tipos III y IV tuvieron índices generales mayores de 2 pero la sustentabilidad ambiental fue menor de 2.
- 13 Es necesario fortalecer los indicadores de la dimensión ambiental tanto en los fundos de espárrago como de palto en la Irrigación Chavimochic.

VI. RECOMENDACIONES

- 1 Reforzar la dimensión ambiental en la Irrigación Chavimochic, mediante la generación de zonas de preservación de biodiversidad. En las Irrigaciones en la costa peruana, los proyectos deben incluir estas zonas de biodiversidad o de corredores biológicos.
- 2 En la parte social se debe evaluar el efecto del Irrigación Chavimochic en los valles de Chao, Virú y Moche para evaluar el efecto sobre toda la zona de influencia de la Irrigación.
- 3 Mejorar el uso del recurso hídrico en el cultivo de palto, en los fundos donde su consumo es superior a los 17,000 m³ año, mediante una capacitación participativa de los responsables de riego de los fundos.
- 4 Desarrollar otros métodos de control biológico para reducir las aplicaciones químicas tanto en espárrago como en palto.
- 5 Cada proyecto de irrigación nuevo en el Perú debe tener un estudio de sustentabilidad de los cultivos y los fundos productores para poder permitir un desarrollo sustentable de la agricultura en el Perú.
- 6 En el aspecto social, promover la especialización de la mano de obra de los trabajadores para acceder a mejores ingresos económicos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altieri, M.A. 1997. Enfoque Agroecológico para el Desarrollo de Sistemas de Producción Sostenibles en los Andes. Ed. CIED. Lima-Perú. 92 p.
- Ambrus, Á., y Yang, Y. Z. 2015. Global Harmonization of Maximum Residue Limits for Pesticides. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(1): 30–35.
- Anculle, A. 2019. Sustentabilidad de fincas productoras de tuna de *Opuntia ficus indica* para la producción de *Dactylopius coccus* en Arequipa, Perú. Tesis para optar el grado de Doctoris Philosophiae (Ph.D.) en Agricultura Sustentable. Escuela de Posgrado. Doctorado en Agricultura Sustentable. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.
- Apaza, W., Talledo, A. and Casas A. 2018. Reaction of 10 Asparagus cultivars to infested soil with *Fusarium oxysporum* f.sp. *asparagi* and *Meloidogyne incognita*. *Acta Horticulturae* 1223:: 233-238.
- Aquino, C. 2018. Sustentabilidad del cultivo de Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en la zona del valle del Mantaro, Perú. Tesis para optar el grado de Doctoris Philosophiae (Ph.D.) en Agricultura Sustentable. Escuela de Posgrado. Doctorado en Agricultura Sustentable. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.
- Aquino, C.; Camarena, F.; Julca, A. y Jimenez, J. 2018. Caracterización multivariada de fincas productoras de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) del Valle del Mantaro, Perú. *Scientia Agropecuaria* 9(2): 269 – 279.
- Arevalo, E. 2014. Dinámica de los Indicadores de Calidad de Suelo en el Manejo de Sistemas Agroforestales con Cacao. Tesis Doctoris Philosophiae. Escuela de Post Grado UNALM. 137 pp.

- Barnett, H. L. and Hunter, B. 1998. Illustrated genera of imperfect fungi. Third Edition. Macmillan Publishing Company. USA. 218 p.
- Barreto, J. 2017. Caracterización y sostenibilidad de los sistemas agropecuarios tradicionales de Carhuaz, Ancash, Perú. Tesis para optar el grado de Doctoris Philosophiae (Ph.D.) en Agricultura Sustentable. Escuela de Posgrado. Doctorado en Agricultura Sustentable. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.
- Barrientos-Priego, A., Muñoz, R., Borys, M. y Martinez, T. 1999. Cultivares y Portainjertos del Aguacate. *In* Teliz, D. (ed.) El Aguacate y su Manejo Integrado. Mundi Prensa, México, p. 25-54.
- Benson, B. 1980. Asparagus Physiology. California Asparagus Seed and Transplants, Inc. 2815. California U.S.A.
- Bergh, B.O. 1992. The origin, Nature, and genetic improvement of avocado. California Avocado Society Yearbook 77: 61-75.
- Booth, C. 1970. *Fusarium oxysporum*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, 211, 1-2.
- Bost, J.B., Smith, N.J. and Crane, J.H. 2013. History, Distribution and Uses. *In* The Avocado, Botany, Production and Uses. Schafer, B., Wlastenhole N. and Whiley , W. (eds). Oxfordshire, UK CABI. p. 10-30.
- Blok, W.J., and Bollen, G.J. 1995. Fungi on roots and stem bases of asparagus in the Netherlands: species and pathogenicity. European Journal of Plant Pathology. 101 (1): 15–24.
- Blok, W.J., and Bollen, G.J. 1996. Etiology of asparagus replant-bound early decline. European Journal of Plant Pathology. 102 (1), 87–98.
- Bravo-Medina, C., Marín, H., Marrero-Labrador, P., Ruíz, M., Torres-Navarrete, B., Navarrete-Alvarado, H., Durazno-Alvarado, G. y Changoluisa, D. 2016. Evaluación de la

- sustentabilidad mediante indicadores en unidades de producción de la provincia de Napo, Amazonia Ecuatoriana. *Bioagro* 29(1):23-36.
- Castillo, J. 2019. Desarrollo de un Programa de Manejo Integrado de Plagas para Espárrago (*Asparragus officinalis* L.) en la Irrigación Chavimochic. Tesis de Doctorado en Agricultura Sustentable. Escuela de Posgrado Universidad Nacional Agraria la Molina. 214 pp.
- Castillo, J. 2006. *Prodiplosis longifolia* Gagné en la Irrigación Chavimochic La Libertad. *Arenagro* 2:10-19.
- Collantes, R. 2016. Sustentabilidad de agroecosistemas de palto (*Persea americana* Mill.) y mandarina (*Citrus* spp.) en Cañete, Lima – Perú. Tesis para optar el grado de Doctoris Philosophiae (Ph.D.) en Agricultura Sustentable. Escuela de Posgrado. Doctorado en Agricultura Sustentable. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú
- Collantes, R. y Rodríguez, A. 2015. Sustentabilidad de los agroecosistemas de palto (*Persea americana* Mill.) y mandarina (*Citrus* spp) en cañete, Lima, Perú. *Revista Tecnología y Desarrollo*, 13(1):027-034.
- ComexPerú. 2018. Exportaciones Peruanas de Espárragos. Semanario 928. Sociedad del Comercio Exterior del Perú. Recuperado el 02 de Marzo 2019. De: <https://www.comexperu.org.pe/articulo/exportaciones-peruanas-de-espárragos>
- Contreras, S E. 2018. Sustentabilidad de la producción de papa en la región Lima. Tesis para optar el grado de Doctoris Philosophiae (Ph.D.) en Agricultura Sustentable. Escuela de Posgrado. Doctorado en Agricultura Sustentable. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.
- Contreras, S. y García, B. 2016. Caracterización Socioeconómica del Sistema de Producción de Papa en la Provincia de Barranca. *Big Bang Faustiniiano* 5(2): 37-41.
- Coronel de Renolfi, y M., Ortuño S. 2005. Tipificación de los sistemas productivos agropecuarios en el área de riego de Santiago del Estero, Argentina. *Problemas del desarrollo*, 36(140), 64-88.

- Crane, J., Doyhan, G., Faber, B., Arpaia, M.L., Bender, G.S., Balerdi, C.F. and Barrientos-Priego, A.F. 2013. Cultivars and Rootstocks. *In* Schaffer, B. A., Wolstenholme, B. N., & Whiley, A. W. (Eds.). *The avocado: botany, production and uses*. Oxfordshire, UK. CABI. p. 200 -233.
- Delgado de la flor, F.L., Montauban R. y Hurtado F. 1987. *Manual Del Cultivo De Espárrago*. ICE. Lima- Perú. 130 pp.
- Delgado, M.A. 2016. *Manejo Integrado de Enfermedades de Espárrago en el Perú*. Universidad Nacional Antenor Orrego ed, pp 170.
- Elmer, W. 2018. Asparagus decline and replant problem: A look back and a look forward at strategies for mitigating losses. *Acta Horticulturae*. 1223: 195-204
- Elmer, W.H., Johnson, D.A., and Mink, G.I. 1996. Epidemiology and management of the diseases causal to asparagus decline. *Plant Disease* 80:117-125.
- Escobar, E.; Berdegué, J.A. 1990. Conceptos y metodologías para tipificación de sistemas de finca: La experiencia de RIMISP (Red Internacional de Metodologías de Investigación de Sistemas de Producción). En: *Tipificación de Sistemas de Producción Agrícola*. Rimisp-Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural. Santiago de Chile. p. 13-44.
- Eguren, L. 2014. *Estimación de los subsidios en los Principales Proyectos de Irrigación en la Costa Peruana*. Cepes.78 pp.
- Falloon, P. and Tate, K. 1986. Major diseases of asparagus in New Zealand. *Proceeding of the New Zealand Agronomy Society* 16: 17-28.
- French, E. y Torres, H. 1980. *Métodos de Investigación Fitopatológica*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José. Costa Rica. 289 pp.
- Fuente-Fernández, S. de la. 2011. *Análisis de Conglomerados*. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad Autónoma de Madrid. 57 p.

- Gasto, J., Vera, L., Vieli, L., and Montalba, R. 2009. Sustainable Agriculture: Unifying Concepts. *Ciencia e Investigación Agraria* 36: 5-9.
- Gilbert-López, B., García-Reyes, J. F., and Molina-Díaz, A. 2009. Sample treatment and determination of pesticide residues in fatty vegetable matrices: A review. *Talanta*, 79(2): 109–128.
- Gilbert, G. 2002. Interacciones entre microorganismos y plantas. Sección V. En: *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Manuel Guariguata & Gustavo Kattan, Editores. 1 era edición LUR. Costa Rica.
- Glave, M., Escobal, 2001. J. Indicadores de sostenibilidad para la agricultura andina. Proyecto: Políticas Integradas para el Desarrollo Rural Sostenible – GDRUPA. En: *Debate Agrario* N° 23.
- Hanna, C. y Julca, A. 2018. Caracterización y Tipología de fincas productoras de vid para pisco en la región de Ica-Perú. *IDESIA* 36(3):35-43.
- Hartung, A C.; Stephens, C. T. 1983. Effects of allelopathic substances produced by asparagus on incidence and severity of asparagus decline due to *Fusarium* crown rot. *Journal of chemical ecology* 9(8): 1163-1174.
- Hazebroek, J. P.; Garrison, S. A; Gianfagna, T. 1989. Allelopathic substances in asparagus roots: extraction, characterization, and biological activity. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 114: 152-158.
- He, Z.; Yang, X.; Baligar, V.; Calvert, D. 2003. Microbiological and biochemical indexing systems for assessing quality of acid soils. *Advances in Agronomy* 78. 89-133.
- IPEH (Instituto Peruano del Espárrago y Hortalizas). 2013. Consejo Directivo. IPEH 2011-2013.
- Johnson, S.; Springer, J. and Lewis, G. 1979. *Fusarium moniliforme* as a cause of stem and Crown rot of asparagus and its association with asparagus decline. *Phytopathology* 69: 74-76.

- Junta de Riego Presurizado de Chao, Virú y Moche. 2016. Registro de cultivos de la Irrigación Chavimochic. Boletín Anual. 25 p.
- Keulder, P.C. 1999. Asparagus decline and replant problem: A review of the current situation and approaches for future research. *Acta Hort.* 479: 253–262
- Lake, R. J.; Falloon, P. and Cook, D. 1993. Replant problem and chemical components of asparagus roots, *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 21:1, 53-58
- Laufer, G. and Garrison, S. 1977: The effect of asparagus tissue on seed germination and asparagus seedling growth: possible allelopathic interactions. *Horticultural science* 12: 385 (Abstr.)
- León-Velarde, C; Quiroz, RG. 1994. Análisis de sistemas agropecuarios; uso de métodos biomatemáticos. CIRNMA-CONDESAN. Puno, Perú. 238 p.
- Li, Z. 1994. Sustainable Agriculture in China. Nanjing Institute of Environmental Science – China. En: Conferencia electrónica sobre indicadores de sostenibilidad (Noviembre 1993 – Abril 1994) INFORUM.
- Li, Z. 2018. Evaluation of regulatory variation and theoretical health risk for pesticide maximum residue limits in food. *Journal of Environmental Management*, 219:153–167.
- Lorenzo, P. y Gonzáles, L. 2010. Alelopatía: Una característica ecofisiológica que favorece la capacidad invasora de las especies vegetales. *Ecosistemas* 19(1):79-81.
- Lores, A.; Leyva, A. y Varela, M. 2008. Los Dominios de Recomendaciones: Establecimiento e importancia para el análisis científico de los agroecosistemas. *Cultivos Tropicales* 29(3): 5 -10.
- Magdoff, F. 1999. Calidad y manejo del suelo. Capítulo 16 en *Agroecología: Base científica para una agricultura sustentable*. Editorial Nordan-Comunidad, Montevideo.

- Malagon R. y Prager M. 2001. El enfoque de sistemas: Una opción para el análisis de las unidades de producción agrícola. Palmira. Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 190p.
- Maletta, H. 2017. La pequeña agricultura familiar en el Perú. Una tipología microrregionalizada. En IV Censo Nacional Agropecuario 2012: Investigaciones para la toma de decisiones en políticas públicas. Libro V. Lima, FAO.
- Maraví, J., Buendía, O., Alvarado, L., Borjas, R., Castro-Cepero, V., Julca, A. 2018. Characterization of pineapple farms (*Ananas comosus* var. *comosus*) in Cuyani Microbasin, Pichanaki District, Chanchamayo Province (Junín, Perú) Peruvian Journal of Agronomy 2 (1): 20 – 27.
- Márquez, F; Julca, A; Canto, M; Villacorta, H; Vargas, S; Huerta, P. 2016. Sustentabilidad ambiental en fincas cafetaleras después de un proceso de certificación orgánica en la convención (Cusco, Perú). Ecología Aplicada, 15(2): 125 – 132.
- Masera, O.; Astier, M. y López-Ridaura, S. 1999. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El Marco de Evaluación MESMIS. GIRA.A.C. México. 109 p.
- Merma, I. y Julca, A. 2012. Tipología de productores y sostenibilidad de cultivos en Alto Urubamba. La Convención – Cuzco. Scientiae Agropecuaria 2(2012):149-159.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego) 2019. La Situación del Mercado Internacional de la Palta. 41 pp.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego) 2015. Series históricas de Producción Agrícola – Compendio Estadístico (en línea).
- Miranda, D.; Carranza, C. 2013. Caracterización, Clasificación y Tipificación de los Sistemas Productivos de Caducifolios con énfasis en duraznero, manzano, ciruelo y peral [en línea]. Los frutales caducifolios en Colombia. Situación actual, sistemas de cultivo y plan de desarrollo. Cap. VI. Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. Primera Edición. Bogotá.

- Muñoz, I. 2016. Agroexportación y sobreexplotación del acuífero de Ica en Perú. *Antropológica*, 34(37): 115-138.
- Nahiyán, A.S.M.; Boyer, L.; Jeffries, P.; and Matsubara, Y. 2011. PCR-SSCP analysis of *Fusarium* diversity in asparagus decline in Japan. *European Journal of Plant Pathology* 130(2):197 -203.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas-US). 2002. Informe de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible. New York-US.
- Ortiz, M. 2018. Reconfiguración del negocio del espárrago. *Revista Cultura Organica* Noviembre - Diciembre 2018: 28-35.
- Ortuño, S; Coronel de Renolfi, M. 2005. Tipificación de los sistemas productivos agropecuarios en el área de riego de Santiago del estero, Argentina. Universidad Nacional Autónoma de México. *Revista Latinoamericana de Economía* 36(140): 63-88.
- Pretty, J. 2008. Agriculture sustainability: Concepts, principles and evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 363:447-465.
- Pinedo, R.; Gómez, L. y Julca, A. 2018. Sostenibilidad de sistemas de producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild.) *Ecosist. Recur. Agropec.* 5(15):339-409.
- Proyecto Especial Chavimochic. 2010. Chavimochic en cifras 2000-2010. Oficina de Relaciones Públicas. Trujillo Región La Libertad, Perú. Setiembre 2010. 97 pp.
- Proyecto Especial Chavimochic. 2015. Memoria Anual del 2015. Gobierno Regional La Libertad. Trujillo. 96 pp.
- Pula, K., Parks, C. D., and Ross, C. F. 2014. Regulatory focus and food choice motives. Prevention orientation associated with mood, convenience, and familiarity. *Appetite*, 78: 15- 22.
- Quijandría, B. 1994. Aspectos teóricos y metodológicos del sistema y de la unidad de producción. Conferencia. Lima-Perú. p. 34-43.

- Retamales, Jorge B., Palma, María J., Morales, Yohanna A., Lobos, Gustavo A., Moggia, Claudia E., & Mena, Carlos A. 2014. Blueberry production in Chile: current status and future developments. *Revista Brasileira de Fruticultura* 36(1): 58-67.
- Sánchez, G., and Apaza, W. 2000. Plagas y Enfermedades del Espárrago en el Perú. Lima – Perú. pp 140.
- Santistevan, M.; Julca, A.; Borjas, R.; Tuesta, O. 2014. Caracterización de fincas cafetaleras en la localidad de Jipijapa (Manabí, Ecuador). *Ecología Aplicada*, 13(2): 187-192.
- Sarandón, S. y Flores, C. 2014. Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de la Plata. 467 pp.
- Sarandón, S.; Zuluaga, M; Cieza, R.; Gómez, C.; Janjetic, L. y Negrete, E. 2006. Evaluación de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Agroecología* 1:19-28.
- Sarandón, J. 2002. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. En *Agroecología: El camino hacia una agricultura sustentable*. Ediciones Científicas Americanas 20:393-414
- Salazar, B. 2012. El secreto del boom del espárrago: la sobreexplotación del agua. *La Revista Agraria*, 139, 10-11. Lima: CEPES
- Schaffer, B. A., Wolstenholme, B. N., & Whiley, A. W. (Eds.). 2013. *The avocado: botany, production and uses*. CABI. 525 p.
- Shafer, W. and Garrison, S. 1986: Allelopathic effects of soil incorporated asparagus roots on lettuce, tomato and asparagus seedling emergence. *Horticultural science* 21: 82-84.
- Schofield, P. 1991. Asparagus decline and replant problema in New Zealand. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 19:213-220.

- Schreuder, W., and Lamprecht, S. C. 1995. Pathogenicity of three *Fusarium* species associated with asparagus decline in South Africa. *Plant Disease*, 79: 177–181.
- SENASA. 2014. Protocolo de requerimientos fitosanitarios para la exportación de palta del Perú a China. Consultado del 31 junio del 2018.[En línea] [consultado el 30 Setiembre 2018]. Disponible en: <https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/2014/12/protocolo-exportacion-de-palta-a-china-espanol-1.pdf>
- Senthilkumar, G., Madhanraj, P., & Panneerselvam, A. 2011. Studies on saprophytic survival of *Fusarium oxysporum* using precolonized paddy straw bits. *J. Nat. Prod. Plant Resour*, 1(3), 15-19.
- Sillani, S., and Nassivera, F. 2015. Consumer behavior in choice of minimally processed vegetables and implications for marketing strategies, *Trends in Food Science & Technology* (2015): 1 – 7.
- Teliz D. 2006. *El Aguacate y su Manejo Integrado*. Mundi Prensa. Mexico. 219 pp.
- Tuesta, O.; Julca, A.; Borja, R.; Rodríguez, P. y Santistevan, M. 2014. Tipología de fincas cacaoteras en la subcuenca media del río Huayabamba, distrito de Huicungo (San Martín, Perú). *Ecología Aplicada* 13 (2): 71-78.
- Yang, H. 1982: Autotoxicity of *Asparagus officinalis* L. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 107 (5): 860-862.
- Yergeau, E., Filion, M., Vujanovic, V., and St-Arnaud, M. 2004. A PCR-denaturing gradient gel electrophoresis approach to assess *Fusarium* diversity in asparagus. *Journal of Microbiological Methods* 60: 143–154.
- Valerio, D.; García, A.; Acero, R.; Castaldo, A.; Perea, J.M.; Martos, J. 2004. Metodología para la caracterización de sistemas ganaderos [en línea]. *Producción animal y gestión*. Documentos de trabajo. Dpto. Producción Animal. Universidad de Córdoba. DT 1, Vol. 1

Wolstenholme, B.N. 2013. Ecology: Climate and Soils. *In* The Avocado, Botany, Production and Uses. Schafer, B., Wlastenhole N. and Whiley , W. (eds). Oxfordshire, UK CABI. p. 86-117.

World Commission on Environment and Development. 1987. Our common future. Oxford University Press, UK

VIII. ANEXOS

ANEXO 1. Encuestas para jefes de fundo de palto en la Irrigación Chavimochic.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
ESCUELA DE POSTGRADO
DOCTORADO EN AGRICULTURA SUSTENTABLE
ENCUESTA PARA JEFE DE FONDO DE PALTO

1. NOMBRES Y APELLIDOS:

2.EMPRESA:

1. Area total del fundo: 2. Numero de modulos o parcelas:
3. Edad de la plantación: 4. Otros cultivos del fundo:
5. Nivel de instrucción:
Ninguno (0) Primaria (1) Secundaria (2) Técnico (3) Universitario (4) Maestria
(5) Doctorado (6)

6. Lugar de Residencia:

7. Años de experiencia en el cultivo:

8. Experiencia en otros cultivos:

9. En cuantas empresas laboro antes:

10. Principal variedad que cultiva:

11. Rendimiento promedio por hectárea:

12. ¿Qué patrón utiliza?

13. Utiliza polinizantes: si (1) No(0)

14. Porcentaje polinizantes:

15. Utiliza abejas: si (1) No(0)

16. Número de colmenas por hectarea:

17. Proceso de la fruta: (1) Por la empresa (2) Por terceros

18. Porcentaje de exportable:

19. La empresa solo cultiva palto: Si (1) No(0)

20. Que otros cultivos tiene:

21. En la sanidad:

a. ¿Cuales son sus principales problema sanitarios?: _____

b. Número de aplicaciones por campaña: _____

c. Tipo de productos: _____

d. Número de equipos de aplicación por fundo:

e. Utiliza Manejo integrado Si (1) No (0)

f. Usa Control Biológico Si (1) No (0)

g. Que tipo de control biológico utiliza:: _____

h. Utiliza zonas de refugio o biodiversidad : si (1) No(0)

i. Utiliza mulch o cobertura vegetal : si (1) No(0)

22. En el manejo del Riego:

a. Volumen en m³ por hectárea campaña: _____

b. Tipo de Riego: (1) Goteo (2) Microaspersión

c. Riega en función a: (1) Evapotranspiración (2) Lamina fija (3) Tensiometros
(4) Experiencia (5) Combinación de métodos

23. Fertilización:
- a. Tipo de fuente de fertilización que utiliza (1) Inorgánica (2) Orgánica (3) ambas
 - b. Dosis de Fertilización inorgánica por hectárea:
 - c. Dosis de fertilización orgánica por hectárea:
24. Recicla material de poda: si (1) No(0).
25. Tiene implementado Global Gap: si (1) No(0)
26. Que otras certificaciones tiene:
27. Costos de producción por hectárea:
28. Costo promedio por kilogramo de fruta:
29. Costo total de la mano de obra por hectárea:
30. Costo de la fertilización por hectárea:
31. Recibe capacitación : si (1) No(0)
- a. Donde recibe capacitación:
Propia empresa () Organización de productores () Ministerio de Agricultura ()
Empresas de servicios () Otro ()
 - b. En temas de producción agrícola le gustaría recibir capacitación:
Fertilización () Manejo integrado de plagas y enfermedades ()
Manejo del Cultivo () Riego () Otros ()
32. Dispone de asesoría externa: si (1) No(0)
Si es si: Ministerio de Agricultura() Privada local() Privada extranjera() Otra ()
33. El fundo cuenta con Asistente social: si (1) No(0)
34. El fundo cuenta con un tópico: si (1) No(0)

ANEXO 2. Encuestas para jefes de fundo de espárrago en la Irrigación Chavimochic.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
ESCUELA DE POSTGRADO
DOCTORADO EN AGRICULTURA SUSTENTABLE
ENCUESTA PARA JEFE DE FONDO DE ESPÁRRAGO

1. NOMBRES Y APELLIDOS:

- 2.EMPRESA:

- 3.Area total del fundo:
4. Numero de modulos o parcelas:

5. Edad de la plantación:
6. Otros cultivos del fundo:
7. Nivel de instrucción:
Ninguno (0) Primaria (1) Secundaria (2) Técnico (3)
Universitario (4) Maestría (5) Doctorado (6)

8. Lugar de Residencia:
9. Años de experiencia en el cultivo:
- 10.Experiencia en otros cultivos:
- 11.En cuantas empresas laboro antes:
12. Principal variedad que cultiva:
13. Espárrago que cultiva: Verde () Blanco ()
14. Rendimiento promedio por hectárea:
15. Numero de campañas por año:
- 16.Densidad de plantas por Ha:
- 17.Distanciamiento entre surcos:
18. Proceso de la cosecha: (1) Por la empresa (2) Por terceros
19. Espárrago que produce es para:
Verde Fresco () Verde Conserva () Blanco Fresco () Blanco Conserva ()

- 20.Porcentaje de exportable:
21. La empresa solo cultiva Espárrago : Si (1) No(0)
22. Que otros cultivos tiene:
23. En la sanidad:
 - a. ¿Cuales son sus principales problema sanitarios?: _____
 - b. Número de aplicaciones por campaña: _____
 - c. Tipo de productos: _____
 - d. Número de equipos de aplicación por fundo: _____
 - e. Utiliza Manejo integrado Si (1) No (0)
 - f. Usa Control Biológico Si (1) No (0)
 - g. Que tipo de control biológico utiliza:: _____
 - h. Utiliza zonas de refugio o biodiversidad : si (1) No(0)

- 24.En el manejo del Riego:
 - a. Volumen en m3 por hectárea campaña: _____
 - b. Riega en función a: (1) Evapotranspiración (2) Lamina fija (3) Tensiometros
(4) Experiencia (5) Combinación de métodos
Si la respuesta es 5, cuales: _____

25. Fertilización:
 - a. Tipo de fuente de fertilización que utiliza (1) Inorganica (2) organica (3) ambas

- b. Dosis de Fertilización inorgánica por hectárea:
- c. Dosis de fertilización orgánica por hectárea:
- 26. Recicla material de chapodo: si (1) No(0).
- 27. Tiene implementado Global Gap: si (1) No(0)
- 28. Que otras certificaciones tiene:
- 29. Costos de producción por hectárea:
- 30. Costo promedio por kilogramo de espárrago:
- 31. Costo total de la mano de obra por hectárea:
- 32. Costo de la fertilización por hectárea
- 33. Recibe capacitación: si (1) No(0)
 - c. Donde recibe capacitación:
Propia empresa () Organización de productores () Ministerio de Agricultura ()
Empresas de servicios () Otro ()
 - d. En temas de producción agrícola le gustaría recibir capacitación:
Fertilización () Manejo integrado de plagas y enfermedades ()
Manejo del Cultivo () Riego () Otros ()

- 34. Dispone de asesoría externa: si (1) No(0)
Si es si: Ministerio de Agricultura () Privada local () Privada extranjera () Otra ()

- 35. El fundo cuenta con Asistente social: si (1) No(0)
- 36. El fundo cuenta con un tópico: si (1) No(0)

ANEXO 3. Encuestas a trabajadores de los fundos de espárrago y palto.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
ESCUELA DE POSTGRADO
DOCTORADO EN AGRICULTURA SUSTENTABLE
ENCUESTA PARA TRABAJADORES DE ESPÁRRAGO Y PALTO**

NOMBRES Y APELLIDOS:

2. EMPRESA:

3. Sexo: Hombre () Mujer ()

4. Edad:

5. Numero de miembros con los que vive:

6. Nivel de instrucción:

Ninguno (0) Primaria (1) Secundaria (2) Técnico (3) Universitario (4)

7. Lugar de Residencia:

8. Lugar de nacimiento:

9. Cuantos años trabaja en la agricultura:

10. El lugar donde vive es: alquilado () Propia ()

11. En su casa Ud. tiene: Agua potable () Luz () Desague () Telefono ()
No = 0 Si=1

12. En que labor de la empresa participa: cosecha() riego () Labores varias ()

13. Cuanto gana al mes:

14. Tiene otro ingreso adicional al trabajo en la empresa si () no ()

Si es si en que:

15. Pertenece a un sindicato u organización si () no ()

16. Recibe capacitación si () no ()

17. Si es si quien el da la capacitación:

La empresa () el municipio () el ministerio de agricultura ()

Asociación de agricultores ()

18. Conoce las buenas prácticas agronómicas

Si () no ()

19. Tiene acceso a una posta medica si () no ()

Si la respuesta es si en donde:

20. El pueblo (), la empresa (), en su vecindario ()

21. El fundo cuenta con Asistenta social: si (1) No(0)

22. El fundo cuenta con un tópic: si (1) No(0)

ANEXO 4. Análisis de la regresión de Rendimiento versus m³/ha/año en el cultivo de palto. Chavimochic 2017.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Regresión	1	675643	675643	0.13	0.721
Error	15	76386710	5092447		
Total	16	77062353			

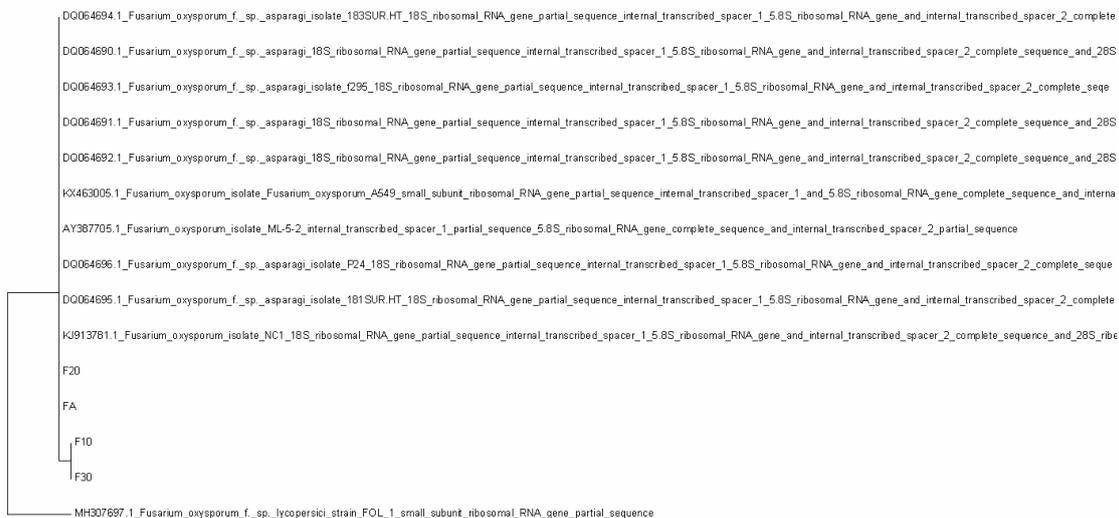
La ecuación de regresión es
rendimiento = 16904 - 0.0919 m³/ha/año

S = 2256.65 R-cuad. = 0.009 R-cuad.(ajustado) = 0.0

ANEXO 5. Logaritmo de Unidades formadoras de Colonia (UFC) en medio de cultivo Papa Dextroxa Agar Oxitetraciclina (PDAO) de los diferentes géneros de hongos aislado de muestras de suelo de la Irrigación Chavimochic. 2017.

MUESTRA	F. oxysporum	F. solani	Trichoderma	Penicillium	Aspergillus	A. niger	Rhizopus	Nigrospora	Cladosporium	Alternata	Cylindrocarpum	Mucor	Nro total
Muestra 01	3.70	4.18	3.70	2.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.0
Muestra 02	4.18	0.00	3.70	0.00	0.00	0.00	2.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.0
Muestras 03	0.00	2.70	2.00	0.00	2.18	2.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.0
Muestra 04	2.40	0.00	2.00	0.00	0.00	3.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.0
Muestra 05	2.65	0.00	0.00	0.00	0.00	2.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.0
Muestra 06	3.00	0.00	0.00	2.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.70	3.0
Muestra 07	2.48	0.00	3.18	1.70	0.00	2.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.0
Muestra 08	1.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.0
Muestra 09	3.78	0.00	3.18	2.70	0.00	0.00	2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.0
Muestra 10	4.18	0.00	4.18	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.0
Muestra 11	3.70	0.00	0.00	2.70	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.0
Muestra 12	4.18	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	1.70	0.00	0.00	0.00	0.00	3.0
Muestra 13	4.30	0.00	0.00	0.00	4.48	1.70	0.00	0.00	4.30	0.00	0.00	0.00	4.0
Agualima 01 s	3.70	0.00	0.00	0.00	3.70	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.0
Agualima 02	3.00	0.00	3.00	0.00	3.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.0
Adulce 01	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.0
Adulce 02	4.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.48	0.00	0.00	0.00	3.0
Beggie 01	0.00	0.00	2.70	0.00	2.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.0
Beggie 02	0.00	0.00	1.70	0.00	3.40	0.00	0.00	0.00	3.30	1.70	3.00	0.00	5.0
UPAO 02 A	0.00	0.00	0.00	0.00	3.30	3.30	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	3.0
UPAO 02 B	3.70	0.00	0.00	0.00	0.00	2.18	0.00	0.00	2.18	0.00	0.00	0.00	3.0
UPAO 03	3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.0
Morava 01	2.70	0.00	0.00	3.48	4.70	3.00	1.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.0
Morava 02	3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.0
Muchik 01	4.30	0.00	3.18	0.00	0.00	2.70	2.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.0
Muchik 02	2.30	0.00	0.00	0.00	3.30	3.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.0
Muchik 03	2.00	0.00	0.00	2.30	2.70	3.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.0
Muchik 04	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	3.00	2.18	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	4.0
Muchik 05	3.18	0.00	0.00	0.00	2.70	0.00	3.70	0.00	2.30	0.00	0.00	0.00	4.0
Arequipa 01	0.00	0.00	0.00	3.48	0.00	3.48	1.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.0
Testigo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
Camposol1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.0
camposol2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

Anexo 6. Árbol filogenético de la identificación molecular de cuatro aislamientos de *Fusarium oxysporum* aislados de espárrago de Chavimochic. 2017.



Anexo 7. Secuencias de fragmentos de ADN ITS1 y ITS2 de cuadro aislamientos de *Fusarium oxysporum* de espárrago de Chavimochic.

>F10

GCGGAGGGATCATTACCGAGTTTACAACCTCCCAAACCCCTGTGAACATATCAATTGTTGCCTCG
GCGGATCAGCCCCTCCCGGTAAAACGGAACGGCCCGCCAGAGGACCCCTAAACTCTGTTTCTA
TATGTAACCTTCTGAGTAAAACCATAAATAAATCAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTTCTG
GCATCGATGAAGAACGCAGCAAAATGCGATAAGTAATGTGAATTGCAGAATTCAGTGAATCAT
CGAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCGCCAGTATTCTGGCGGGCATGCCTGTTTCGAGCGTCATTT
CAACCCTCAAGCCCCCGGGTTTGGTGTGGGGATCGGCGAGCCTCACGGCAAGCCGGCCCCGA
AATACAGTGGCGGTCTCGCTGCAGCTTCCATTGCGTAGTAGTAAAACCCCTCGCAACTGGTACGC
GGCGCGGCCAAGCCGTTAAACCCCAACTTCTGAATGTTGACCTCGGATCAGGTAGGAATACCC
GCTGAACCTAAGCATA

>F20

CGGAGGGATCATTACCGAGTTTACAACCTCCCAAACCCCTGTGAACATACCACTTGTTCCTCGG
CGGATCAGCCCCTCCCGGTAAAACGGGACGGCCCGCCAGAGGACCCCTAAACTCTGTTTCTAT
ATGTAACCTTCTGAGTAAAACCATAAATAAATCAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTTCTGG
CATCGATGAAGAACGCAGCAAAATGCGATAAGTAATGTGAATTGCAGAATTCAGTGAATCATC
GAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCGCCAGTATTCTGGCGGGCATGCCTGTTTCGAGCGTCATTT
AACCCCTCAAGCACAGCTTGGTGTGGGACTCGCGTTAATTCGCGTTCCCAAATTGATTGGCGG
TCACGTCGAGCTTCCATAGCGTAGTAGTAAAACCCCTCGTACTGGTAATCGTCGCGGCCACGCC
GTTAAACCCCAACTTCTGAATGTTGACCTCGGATCAGGTAGGAATACCCGCTGAACCTAAGC

>F30

GCGGAGGGATCATTACCGAGTTTACAACCTCCCAAACCCCTGTGAACATATCAATTGTTGCCTCG
GCGGATCAGCCCCTCCCGGTAAAACGGAACGGCCCGCCAGAGGACCCCTAAACTCTGTTTCTA
TATGTAACCTTCTGAGTAAAACCATAAATAAATCAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTTCTG
GCATCGATGAAGAACGCAGCAAAATGCGATAAGTAATGTGAATTGCAGAATTCAGTGAATCAT
CGAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCGCCAGTATTCTGGCGGGCATGCCTGTTTCGAGCGTCATTT
CAACCCTCAAGCCCCCGGGTTTGGTGTGGGGATCGGCGAGCCTCACGGCAAGCCGGCCCCGA
AATACAGTGGCGGTCTCGCTGCAGCTTCCATTGCGTAGTAGTAAAACCCCTCGCAACTGGTACGC
GGCGCGGCCAAGCCGTTAAACCCCAACTTCTGAATGTTGACCTCGGATCAGGTAGGAATACCC
GCTGAACCTAAGCATAT

>FA

CGGAGGGATCATTACCGAGTTTACAACCTCCCAAACCCCTGTGACATACCACTTGTTCCTCGGC
GGATCAGCCCCTCCCGGTAAAACGGGACGGCCCGCCAGAGGACCCCTAAACTCTGTTTCTATA
TGTAACCTTCTGAGTAAAACCATAAATAAATCAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTTCTGGC
ATCGATGAAGAACGCAGCAAAATGCGATAAGTAATGTGAATTGCAGAATTCAGTGAATCATCG
AATCTTTGAACGCACATTGCGCCCGCCAGTATTCTGGCGGGCATGCCTGTTTCGAGCGTCATTTCA
ACCCTCAAGCACAGCTTGGTGTGGGACTCGCGTTAATTCGCGTTCCCAAATTGATTGGCGGT
CACGTCGAGCTTCCATAGCGTAGTAGTAAAACCCCTCGTACTGGTAATCGTCGCGGCCACGCCG
TTAAACCCCAACTTCTGAATGTTGACCTCGGATCAGGTAGGAATACCCGCTGAACCTAAGCATA