

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
DOCTORADO EN AGRICULTURA SUSTENTABLE**



**SUSTENTABILIDAD DE FINCAS PRODUCTORAS DE
Opuntia ficus indica PARA LA PRODUCCIÓN DE *Dactylopius coccus*,
EN AREQUIPA, PERÚ**

Presentada por:

LÁZARO ALBERTO ANCULLE ARENAS

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE *Doctoris Philosophiae* (Ph.D.)
EN AGRICULTURA SUSTENTABLE**

Lima – Perú

2019

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

DOCTORADO EN AGRICULTURA SUSTENTABLE

**SUSTENTABILIDAD DE FINCAS PRODUCTORAS 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**

Presentada por:

LÁZARO ALBERTO ANCULLE ARENAS

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dra. Luz Gómez Pando
PRESIDENTE

Dr. Alberto Julca Otiniano
ASESOR

Dr. Alexander Rodríguez Berrio
MIEMBRO

Dr. Oscar Loli Figueroa
MIEMBRO

Ph.D. Miryam Borbor Ponce
MIEMBRO EXTERNO

DEDICATORIA

A mi esposa Soledad, por su compromiso inquebrantable con nuestro hogar y nuestros hijos.

A mis hijos Valery, Soledad, Milagros y Alberto, y mi nieto Nicolás, por ser mi estímulo de crecimiento y desarrollo.

A la memoria de mis padres Remigio y Valentina, por darme la oportunidad de estudiar, y en reconocimiento al amor a sus hijos y a su trabajo como agricultores.

A la memoria de mi hermana Elizabeth y a mis hermanos Huberth, Alfredo, Nora, Gerardo, Nancy y sus familias, por su amor fraternal y apoyo.

A mi tía Silvia Soto y a la memoria de mis tíos Miguel Soto, Martha Vargas y Genoveva Málaga, por su cariño y ayuda.

A los padres de mi esposa, Octavio y Leonor, y a sus hermanos Gloria, Luis, Enrique, Percy y Maribel, y sus familias, por su aprecio y apoyo.

A mis alumnos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, por ser nuestra continuidad académica y porque en ellos está la responsabilidad futura de buscar la soñada agricultura sustentable y ser agentes de cambio en beneficio de nuestros agricultores y la sociedad.

A los agricultores de La Irrigación La Joya Antigua, Arequipa, en especial a mis padres, quienes con mucho esfuerzo, perseverancia y sacrificio transformaron terrenos eriazos en un hermoso lugar para vivir y producir alimentos; y en el cual conviví con la agricultura familiar y es mi mayor fuente de aprendizaje como agrónomo.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Agraria La Molina y la Escuela de Posgrado.

A la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa (UNSA).

Al Ing. Wilver Tejada Rivera, ex gerente de la Junta de Usuarios La Joya Nueva, Arequipa.

Al Ing. Ramiro Valdivia Tejada, ex gerente de la Junta de Usuarios de La Joya Antigua, Arequipa.

A los señores Jesús Llamoca Llamoca, Diego Chalco Borja, Jean Cornejo Casquina, Dany Mayta y Wilfredo Torres, vigilantes de riego de la Junta de Usuarios de La Joya Antigua, y al señor Adrián Gutiérrez Ganoza, vigilante de riego de la Comisión de Regantes de San Isidro.

A los agricultores productores de cochinilla del carmín de las Irrigaciones La Joya Antigua, El triunfo, La Cano y San Isidro, que gentilmente accedieron a colaborar con la encuesta de caracterización y de sustentabilidad.

Al Ph. D. Manuel Canto Sáenz, maestro y amigo.

Al Dr. Alberto Julca Otiniano, amigo y asesor de la presente tesis.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1.	LA TUNA [<i>Opuntia ficus indica</i> (L.) MILLER].....	3
2.2.	CARACTERIZACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE FINCAS AGRÍCOLAS	5
2.2.1.	Características.....	5
2.2.2.	Experiencias de caracterización y tipificación de fincas agropecuarias	11
2.3.	SOSTENIBILIDAD.....	16
2.3.1.	Desarrollo sostenible	16
2.3.2.	Agricultura sustentable.....	17
2.3.3.	Evaluación de la sustentabilidad agrícola	21
2.3.4.	Evaluaciones de sustentabilidad en el Perú	45
2.4.	LA COCHINILLA DEL CARMÍN (<i>Dactylopius coccus</i> COSTA).....	46
2.4.1.	Características generales	46
2.4.2.	Producción de la cochinilla del carmín	49
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	55
3.1.	LUGAR DE EJECUCIÓN.....	55
3.2.	MATERIALES	56
3.3.	POBLACIÓN Y TAMAÑO DE MUESTRA	57
3.4.	MÉTODOS	57
3.4.1.	Caracterización de fincas productoras de tuna (<i>Opuntia ficus indica</i>) para la producción de cochinilla del carmín (<i>Dactylopius coccus</i>) en La Joya, Arequipa, Perú	58
3.4.2.	Evaluación de la sustentabilidad de fincas productoras de <i>Opuntia ficus indica</i> para la producción de <i>Dactylopius coccus</i> , en La Joya, Arequipa, Perú.....	58
3.4.3.	Evaluación de algunas mejoras tecnológicas para la infestación artificial de <i>Opuntia ficus indica</i> con ninfas de <i>Dactylopius coccus</i> , en La Joya, Arequipa, Perú	68
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	73
4.1.	CARACTERIZACIÓN DE FINCAS PRODUCTORAS DE <i>Opuntia ficus indica</i> PARA LA PRODUCCIÓN DE <i>Dactylopius coccus</i> , EN LA JOYA, AREQUIPA, PERÚ	73

4.1.1.	Aspectos sociales	73
4.1.2.	Aspectos productivos.....	83
4.1.3.	Aspectos ambientales.....	92
4.1.4.	Análisis de conglomerado	98
4.2.	EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE FINCAS PRODUCTORAS DE <i>Opuntia ficus indica</i> PARA LA PRODUCCIÓN DE <i>Dactylopius coccus</i> , EN LA JOYA, AREQUIPA, PERÚ	102
4.2.1.	Sustentabilidad según el MESMIS	102
4.2.2.	Sustentabilidad según el análisis multicriterio	120
4.2.3.	Comparación entre la sustentabilidad del marco MESMIS y la sustentabilidad del análisis multicriterio.	155
4.2.4.	Determinación de los puntos críticos.....	158
4.2.5.	Propuesta de mejora de los puntos críticos.....	161
4.2.6.	Comentarios finales	167
4.3.	EVALUACIÓN DE ALGUNAS MEJORAS TECNOLÓGICAS PARA LA INFESTACIÓN ARTIFICIAL DE <i>Opuntia ficus indica</i> CON NINFAS DE <i>Dactylopius coccus</i> , EN LA JOYA, AREQUIPA, PERÚ	167
4.3.1.	Infestación artificial de <i>Opuntia ficus indica</i> con ninfas de <i>Dactylopius coccus</i> Costa, colocadas en infestadores.....	167
4.3.2.	Infestación artificial de <i>Opuntia ficus indica</i> con ninfas de <i>Dactylopius coccus</i> Costa, distribuidas al voleo	175
V.	CONCLUSIONES	184
VI.	RECOMENDACIONES	186
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	187
VIII.	ANEXOS	205

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fortalezas y debilidades e indicadores de sustentabilidad, frecuentemente utilizados en los estudios de caso.....	28
Tabla 2. Indicadores derivados a través del marco MESMIS, como ejemplos de fortalezas y debilidades comunes e indicadores registrados en estudios de caso de los sistemas de gestión de recursos naturales (NRMS)	30
Tabla 3. Fortalezas y debilidades por criterio de diagnóstico	31
Tabla 4. Pasos a seguir para la evaluación de la sustentabilidad.....	32
Tabla 5. Características deseables que deben reunir los indicadores de sustentabilidad	33
Tabla 6. Ejemplo del desarrollo de un indicador de sustentabilidad, para medir un aspecto de la dimensión ecológica	34
Tabla 7. Ejemplo de estandarización el indicador orientación de los surcos	34
Tabla 9: Dimensión e indicadores utilizados para la evaluación de la sustentabilidad por el método del análisis multicriterio.	60
Tabla 8. Dimensión, atributos, criterios de diagnóstico, fortalezas y debilidades e indicadores económicos, socioculturales y ambientales utilizados para la evaluación de la sustentabilidad con el marco MESMIS	61
Tabla 10. Niveles de sustentabilidad, para el marco MESMIS, de las fincas productoras de tuna para la producción de cochinilla del carmín en La Joya, Arequipa.....	66
Tabla 11. Tratamientos para la infestación artificial de <i>O. ficus indica</i> con <i>D. coccus</i> , con ninfas y con hembras ovíparas en oviposición, en infestadores. La Cano, Arequipa, Perú, 2017.....	69
Tabla 12. Tratamientos para la infestación artificial de <i>O. ficus indica</i> con <i>D. coccus</i> , con “polvillo de cuchareo” aplicado al voleo, y con hembras ovíparas en oviposición, en infestadores. La Cano, Arequipa, Perú, 2017	71
Tabla 13. Características más importantes de “fincas tipo” instaladas con tuna para la producción de cochinilla del carmín en el distrito de La Joya. La Joya, Arequipa, Perú, 2016.....	99
Tabla 14. Valores de los intervalos de referencia para la sustentabilidad económica de fincas productoras de cochinilla del carmín, para los atributos, criterios de diagnóstico e indicadores, en las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), La Cano (LC), San Isidro (SI) y todo el distrito La Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú 2016.	103

Tabla 15. Valores de los intervalos de referencia para la sustentabilidad sociocultural de fincas productoras de cochinilla del carmín, para los atributos, criterios de diagnóstico e indicadores, para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), La Cano (LC), San Isidro (SI) y todo el distrito La Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú 2016.....	106
Tabla 16. Valores de los intervalos de referencia para la sustentabilidad ambiental de fincas productoras de cochinilla del carmín, para los atributos, criterios de diagnóstico e indicadores, para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), La Cano (LC), San Isidro (SI) y todo el distrito La Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú 2016.	110
Tabla 17. Valores de los intervalos de referencia para la sustentabilidad general de fincas productoras de cochinilla del carmín, para la dimensión y sus atributos, para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), La Cano (LC), San Isidro (SI) y el distrito de La Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú 2016.	112
Tabla 18. Sustentabilidad económica, de las fincas productoras de tuna para cochinilla del carmín, para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), La Cano (LC) y San Isidro (SI). La Joya, Arequipa, Perú 2016.....	121
Tabla 19. Sustentabilidad sociocultural, de las fincas productoras de tuna para cochinilla del carmín, para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), La Cano (LC) y San Isidro (SI). La Joya, Arequipa, Perú 2016.....	124
Tabla 20. Sustentabilidad ambiental, de las fincas productoras de tuna para cochinilla del carmín, para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), La Cano (LC) y San Isidro (SI). La Joya, Arequipa, Perú 2016.....	130
Tabla 21. Sustentabilidad de las fincas productoras de tuna para cochinilla del carmín en el distrito de La Joya. La Joya, Arequipa, Perú, 2016.....	138
Tabla 22. Sustentabilidad de las fincas productoras de tuna para cochinilla del carmín en El Distrito de La Joya. La Joya, Arequipa, Perú, 2016.....	143
Tabla 23. Puntos críticos para el marco MESMIS, de acuerdo a las dimensiones e indicadores, para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI) y La Cano (LC). La Joya, Arequipa, Perú 2016.	159
Tabla 24. Puntos críticos para el MESMIS, de acuerdo a las dimensiones y atributos, para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de La Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú 2016.	159

Tabla 25. Puntos críticos (indicadores) para el análisis multicriterio, para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI) y La Cano (LC). La Joya, Arequipa, Perú 2016.....	160
Tabla 26. Puntos críticos (indicadores) para el método del multicriterio, para las tres dimensiones en el distrito de La Joya. La Joya, Arequipa, Perú 2016.....	161
Tabla 27. Peso fresco (kg ha ⁻¹) para la primera y segunda cosecha de cochinilla del carmín, infestada artificialmente con “polvillo de cuchareo” y hembras ovíparas en oviposición, en infestadores. La Cano, Arequipa, Perú, 2017.	168
Tabla 28. Peso seco (kg ha ⁻¹) de la primera y segunda cosecha de la cochinilla del carmín infestada artificialmente con “polvillo de cuchareo” y hembras ovíparas en oviposición, en infestadores. La Cano, Arequipa, Perú, 2017.	169
Tabla 29. Relación peso fresco-peso de la primera y segunda cosecha de la cochinilla del carmín infestada artificialmente con “polvillo de cuchareo” y hembras ovíparas en oviposición, en infestadores. La Cano, Arequipa, Perú, 2017.	170
Tabla 30. Porcentaje de infestación de la cochinilla del carmín, para la primera y segunda cosecha, infestada artificialmente con “polvillo de cuchareo” y hembras ovíparas en oviposición, en infestadores y sombreado. La Joya, Arequipa, Perú, 2016. La Cano, Arequipa, Perú, 2017.	170
Tabla 31. Contenido de ácido carmínico (Por ciento) de la primera y segunda cosecha de la cochinilla del carmín infestada artificialmente con “polvillo de cuchareo” y hembras ovíparas en oviposición, en infestadores. La Cano, Arequipa, Perú, 2017.	171
Tabla 32. Análisis económico para la infestación artificial de la cochinilla del carmín con “polvillo de cuchareo” y hembras ovíparas en oviposición, en infestadores. La Cano, Arequipa, Perú, 2017.	174
Tabla 33. Peso fresco (kg ha ⁻¹) para la primera y segunda cosecha de la cochinilla del carmín infestada artificialmente con “polvillo de cuchareo” aplicado al voleo y con hembras ovíparas ovipositoras en infestadores. La Cano, Arequipa, Perú, 2017.	175
Tabla 34. Peso seco (kg ha ⁻¹) para la primera y segunda cosecha de la cochinilla del carmín infestada artificialmente con “polvillo de cuchareo” aplicado al voleo y con hembras ovíparas ovipositoras en infestadores. La Cano, Arequipa, Perú, 2017.	176

Tabla 35. Relación peso fresco-peso seco para la primera y segunda cosecha de la cochinilla del carmín infestada artificialmente con “polvillo de cuchareo” aplicado al voleo y con hembras oviplenas ovipositantes en infestadores. La Cano, Arequipa, Perú, 2017.....	177
Tabla 36. Porcentaje de infestación de la cochinilla del carmín, para la primera y segunda cosecha, infestada artificialmente con “polvillo de cuchareo”, aplicado al voleo y hembras oviplenas en oviposición, en infestadores y sombreado. La Cano, Arequipa, Perú, 2017.....	178
Tabla 37. Contenido de ácido carmínico (%) para la primera y segunda cosecha de la cochinilla del carmín infestada artificialmente con “polvillo de cuchareo” aplicado al voleo y con hembras oviplenas ovipositantes en infestadores. La Cano, Arequipa, Perú, 2017.....	179
Tabla 38. Análisis económico para la infestación artificial de la cochinilla del carmín con “polvillo de cuchareo” aplicado al voleo y hembras oviplenas en oviposición colocadas en infestadores. aplicado al voleo y hembras oviplenas, en “sobres infestadores” y sombreado. La Cano, Arequipa, Perú, 2017.	181

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación esquemática de la investigación de sistemas agropecuarios en relación con el desarrollo rural.....	6
Figura 2. Estructura básica del modelo conceptual para identificar tipologías de productores agropecuarios.....	7
Figura 3. Diagrama de secuencia de recolección y tipo de información para el análisis de sistemas agropecuarios.....	9
Figura 4. Los pilares del desarrollo sostenible (Dréo, 2007).....	17
Figura 5. Propuesta metodológica sugerida para la construcción participativa de indicadores de sustentabilidad predial.....	22
Figura 6. Esquema general del MESMIS: relación entre atributos e indicadores.....	24
Figura 7. Características de los atributos del MESMIS.....	25
Figura 8. Ciclo de evaluación del MESMIS.....	27
Figura 9. Formulación de indicadores socioambientales a partir de atributos, criterios de diagnóstico, fortalezas y debilidades.....	29
Figura 10. Representación gráfica en un diseño en tela de araña, para indicadores de sustentabilidad en dos fincas de Misiones, Argentina.....	36
Figura 11. Interacción entre los componentes social y ecológico de un agroecosistema sostenible.....	43
Figura 12. Ciclo biológico de <i>D.coccus</i> de huevo a adulto.....	47
Figura 13. Mapa político del distrito de La Joya (marcado con asterisco), en la provincia de Arequipa, región Arequipa (Perú).....	55
Figura 14. Proporción de agricultores, de acuerdo al lugar de residencia para la producción de la cochinilla del carmín, en las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.....	74
Figura 15. Proporción de agricultores, de acuerdo al género del responsable de la finca, para la producción de cochinilla del carmín, en las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.....	74

Figura 16. Proporción de agricultores, de acuerdo a la edad del responsable de la finca para la producción de cochinilla del carmín, en las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.	75
Figura 17. Proporción de agricultores, de acuerdo al grado de instrucción, para la producción de cochinilla del carmín, comparando las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.	77
Figura 18. Proporción de agricultores, de acuerdo los años de dedicación a la producción de la cochinilla del carmín, en las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.....	79
Figura 19. Proporción de agricultores, de acuerdo a la condición de la vivienda, para la producción de cochinilla del carmín, en las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.	80
Figura 20: Proporción de agricultores, de acuerdo a las actividades realizadas, en las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.	81
Figura 21. Proporción de agricultores, de acuerdo al número de asociaciones a las que pertenece, para producir y comercializar cochinilla del carmín, comparando las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.	82
Figura 22. Proporción de agricultores, de acuerdo al área instalada de tuna para la producción de cochinilla del carmín, comparando las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.	83
Figura 23. Proporción de agricultores, de acuerdo a las formas de infestación de la cochinilla del carmín, en las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Perú, 2016.....	86
Figura 24. Proporción de agricultores que utilizan malla raschell después de la infestación artificial de la cochinilla del carmín en la tuna, comparando las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.	86

Figura 25: Proporción de agricultores, de acuerdo a las formas de comercialización de la cochinilla del carmín, en las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.....	88
Figura 26. Proporción de fincas, de acuerdo al rendimiento de cochinilla del carmín seca (kg ha-1 año-1), en las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.....	90
Figura 27. Proporción de agricultores, de acuerdo a los ingresos netos (US\$), por ha-año, obtenidos por los productores de cochinilla del carmín, en las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.	92
Figura 28. Proporción de fincas, de acuerdo al tiempo transcurrido para practicar la rotación del cultivo de la tuna para la producción de cochinilla del carmín, en las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.	93
Figura 29. Proporción de fincas, de acuerdo a la procedencia del agua de riego, para la producción de cochinilla del carmín, en las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.	94
Figura 30. Proporción de agricultores, de acuerdo al uso de la paleta de tuna cortada durante la segunda cosecha o “poda”, en la producción de la cochinilla del carmín, en las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.	96
Figura 31. Proporción de agricultores, de acuerdo al uso de agroquímicos en la producción de cochinilla del carmín, en las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.....	97
Figura 32. Proporción de agricultores, de acuerdo al uso de medidas de protección durante la aplicación de plaguicidas, para la producción de cochinilla del carmín, en las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.	98

Figura 33: Agrupamiento de fincas productoras de tuna para la producción de cochinilla del carmín en el distrito de La Joya con el método de Ward y una distancia Euclidiana Cuadrada menor a 600. La Joya, Arequipa, Perú, 2016.....	100
Figura 34. Valores del intervalo de referencia para los atributos de productividad, estabilidad, resiliencia, confiabilidad y autogestión, de la dimensión económica, para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), La Cano (LC) y San Isidro (SI). La Joya, Arequipa, Perú 2016.....	104
Figura 35. Valores del intervalo de referencia para los atributos de estabilidad, resiliencia, confiabilidad, adaptabilidad, equidad y autogestión, de la dimensión sociocultural, para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), La Cano (LC) y San Isidro (SI). La Joya, Arequipa, Perú 2016.....	108
Figura 36. Valores del intervalo de referencia para los atributos de productividad, estabilidad, resiliencia, confiabilidad y autogestión, de la dimensión ambiental, para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), La Cano (LC) y San Isidro (SI). La Joya, Arequipa, Perú 2016.	111
Figura 37. Valores del intervalo de referencia para las dimensiones económica, sociocultural y ambiental, para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), La Cano (LC) y San Isidro (SI). La Joya, Arequipa, Perú 2016.....	114
Figura 38. Valores del intervalo de referencia para las tres dimensiones, para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), La Cano (LC) y San Isidro (SI). La Joya, Arequipa, Perú 2016.....	114
Figura 39. Valores del intervalo de referencia para las dimensiones económica, sociocultural y ambiental, de todo el distrito de La Joya. La Joya, Arequipa, Perú 2016.	115
Figura 40. Sustentabilidad económica, de acuerdo a los indicadores, de las fincas productoras de tuna para cochinilla del carmín, para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), La Cano (LC) y San Isidro (SI). La Joya, Arequipa, Perú 2016. .	123
Figura 41. Sustentabilidad sociocultural, de acuerdo a los indicadores, de las fincas productoras de tuna para cochinilla del carmín, para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), La Cano (LC) y San Isidro (SI). La Joya, Arequipa, Perú 2016.....	129
Figura 42. Sustentabilidad ambiental, de acuerdo a los indicadores, de las fincas productoras de tuna para cochinilla del carmín, para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), La Cano (LC) y San Isidro (SI). La Joya, Arequipa, Perú 2016. .	137

Figura 43. Valores de los indicadores de sustentabilidad económica para el distrito de la Joya. La Joya, Arequipa, Perú, 2016.	140
Figura 44. Valores de los indicadores de sustentabilidad sociocultural para el distrito de la Joya. La Joya, Arequipa, Perú, 2016.	141
Figura 45. Valores de los indicadores de sustentabilidad ambiental para el distrito de la Joya. La Joya, Arequipa, Perú, 2016.	142
Figura 46. Sustentabilidad de las fincas productoras de tuna para cochinilla del carmín, según dimensión y para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), La Cano (LC) y San Isidro (SI). La Joya, Arequipa, Perú 2016.	144
Figura 47. Índice de sustentabilidad general de las fincas productoras de tuna para cochinilla del carmín, según dimensión y para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), La Cano (LC) y San Isidro (SI). La Joya, Arequipa, Perú 2016. .	144
Figura 48. Índice de sustentabilidad general por dimensión para todo el distrito de La Joya. La Joya, Arequipa, Perú, 2016.	145

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Cuestionario de preguntas para la caracterización de fincas de tuna para la producción de cochinilla del carmín en el Distrito de La Joya, Arequipa, Perú.	205
Anexo 2: Cuestionario de preguntas para el análisis de sustentabilidad de fincas de tuna para la producción de cochinilla del carmín en el Distrito de La Joya, Arequipa, Perú.	208
Anexo 3: Análisis de varianza para el rendimiento de cochinilla del carmín en fresco (kg ha^{-1}) para la primera cosecha e infestación artificial con ninfas distribuidas al voleo.	214
Anexo 4: Análisis de varianza para el rendimiento de cochinilla del carmín en fresco (kg ha^{-1}) para la segunda cosecha y para infestación artificial con ninfas distribuidas al voleo.....	214
Anexo 5: Análisis de varianza para el rendimiento de cochinilla del carmín en fresco (kg ha^{-1}) para la suma de la primera cosecha y la segunda cosecha y para infestación artificial con ninfas distribuidas al voleo.	214
Anexo 6: Análisis de varianza para el rendimiento de cochinilla seca (kg ha^{-1}) para la primera cosecha e infestación artificial con ninfas distribuidas al voleo.	215
Anexo 7: Análisis de varianza del rendimiento ¹ de cochinilla del carmín seca (kg ha^{-1}) para la segunda cosecha e infestación artificial con ninfas distribuidas al voleo.	215
Anexo 8: Análisis de varianza para el rendimiento de cochinilla del carmín en seco (kg ha^{-1}) para la suma de la primera cosecha y la segunda cosecha y para infestación artificial con ninfas distribuidas al voleo.	215
Anexo 9: Análisis de varianza para la relación peso fresco/peso seco de la cochinilla del carmín para la primera cosecha e infestación artificial con ninfas distribuidas al voleo.....	216
Anexo 10: Análisis de varianza para la relación peso fresco/peso seco de la cochinilla del carmín de la segunda cosecha y para infestación artificial con ninfas al voleo.	216
Anexo 11: Análisis de varianza para el porcentaje de infestación de la cochinilla del carmín en fresco, para la primera cosecha y para infestación artificial con ninfas distribuidas al voleo.	216

Anexo 12: Análisis de varianza para el porcentaje de infestación de la cochinilla del carmín en fresco, para la segunda cosecha y para infestación artificial con ninfas distribuidas al voleo.	217
Anexo 13: Análisis de varianza para el rendimiento de cochinilla del carmín en fresco (kg ha ⁻¹) para la primera cosecha e infestación artificial con ninfas en infestadores.	217
Anexo 14: Análisis de varianza para el rendimiento de cochinilla del carmín en fresco (kg ha ⁻¹) para la segunda cosecha y para infestación artificial con ninfas colocadas en infestadores.	217
Anexo 15: Análisis de varianza para el rendimiento de cochinilla del carmín en fresco (kg ha ⁻¹) para la suma de la primera cosecha y la segunda cosecha y para infestación artificial con ninfas en infestadores.	218
Anexo 16: Análisis de varianza para el rendimiento de cochinilla del carmín en seco (kg ha ⁻¹), primera cosecha y para infestación artificial con ninfas colocadas en infestadores.	218
Anexo 17: Análisis de varianza para el rendimiento de cochinilla del carmín en seco (kg ha ⁻¹) para la segunda cosecha y para infestación artificial con ninfas colocadas en infestadores.	218
Anexo 18: Análisis de varianza para el rendimiento de cochinilla del carmín en seco (kg ha ⁻¹) para la suma de la primera cosecha y la segunda cosecha y para infestación artificial con ninfas colocadas en infestadores.	219
Anexo 19: Análisis de varianza para la relación peso fresco/peso seco de la cochinilla del carmín para la primera cosecha y para infestación artificial con ninfas colocadas en infestadores.	219
Anexo 20: Análisis de varianza para la relación peso fresco/peso seco de la cochinilla del carmín, segunda cosecha e infestación artificial con ninfas colocadas en infestadores.	219
Anexo 21: Análisis de varianza para el porcentaje de infestación de la cochinilla del carmín en fresco, para la primera cosecha y para infestación artificial con ninfas colocadas en infestadores.	220
Anexo 22: Análisis de varianza para el porcentaje de infestación de la cochinilla del carmín en fresco, para la segunda cosecha y para infestación artificial con ninfas colocadas en infestadores.	220

RESUMEN

Este trabajo se realizó con el objetivo general de evaluar la sustentabilidad de fincas productoras de *Opuntia ficus indica* para la producción de *Dactylopius coccus*, en Arequipa, Perú. Los objetivos específicos fueron (a) caracterizar las fincas productoras de *Opuntia ficus indica* para la producción de *Dactylopius coccus*, (b) evaluar la sustentabilidad de las fincas productoras de *Opuntia ficus indica* para la producción de *Dactylopius coccus*, (c) evaluar algunas mejoras tecnológicas para la infestación artificial de *Opuntia ficus indica* con ninfas de *Dactylopius coccus*. Para los dos primeros objetivos, se aplicó un cuestionario de preguntas que consideraba aspectos técnicos, sociales y económicos, a una muestra de productores (n=252) de una población de 819 agricultores. Los resultados mostraron que las fincas son complejas y diversas, y que la producción de cochinilla del carmín es complementada con la ganadería lechera y cultivos. Los rendimientos e ingresos no son bajos; pero la asociatividad y las técnicas de cultivo no son buenas, además el servicio de agua potable, desagüe y asfaltado de vías internas, es deficiente. El análisis de conglomerado por el Método de Ward a una distancia Euclidiana Cuadrada de 600, clasificó a las fincas en seis grupos, siendo el más frecuente el tipo VI que tiene 4.6 hectáreas instaladas con tuna, produce 574 kg de cochinilla seca y tiene un ingreso de US\$ 7418 ha⁻¹ año⁻¹. Para evaluar la sustentabilidad, se usó el “Marco MESMIS” y el “Análisis multicriterio”, se encontró que las fincas productoras de tuna para cochinilla del carmín, no son sustentables. En el ensayo de infestación artificial de *O. ficus indica* con *D. coccus*, se encontró que el rendimiento en fresco y seco, la relación peso fresco-peso seco, el ácido carmínico e ingresos, tanto para la aplicación de ninfas como del uso de hembras oviplenas, no mostraron diferencias estadísticas significativas.

Palabras clave: MESMIS, Análisis Multicriterio, tuna, infestación artificial, sustentabilidad.

ABSTRACT

This work was carried out with the general objective of evaluating the sustainability of production farms of *Opuntia ficus indica* for the production of *Dactylopius coccus*, in Arequipa, Peru. The specific objectives were (a) to characterize the production farms of *Opuntia ficus indica* for the production of *Dactylopius coccus*, (b) to evaluate the sustainability of the production farms of *Opuntia ficus indica* for the production of *Dactylopius coccus*, (c) to evaluate some technological improvements for the artificial infestation of *Opuntia ficus indica* with nymphs of *Dactylopius coccus*. For the first two objectives, a questionnaire of questions that considered technical, social and economic aspects was applied to a sample of producers (n = 252) of a population of 819 farmers. The results showed that the farms are complex and diverse, and that the production of carmine cochineal is complemented with dairy farming and crops. The returns and income are not low; but the associativity and cultivation techniques are not good, besides the drinking water service, drainage and asphaltting of internal roads, is deficient. The cluster analysis by the Ward Method at a Square Euclidean distance of 600, classified the farms into six groups, the most frequent being the VI type that has 4.6 hectares installed with prickly pear, produces 574 kg of dry cochineal and has an income of US \$ 7418 ha⁻¹ año⁻¹. To evaluate the sustainability, the "MESMIS Framework" and the "Multicriteria Analysis" were used, it was found that the prickly pear production farms are not sustainable. In the artificial infestation test of *O. ficus indica* with *D. coccus*, it was found that yield in fresh and dry, the ratio fresh weight-dry weight, the carminic acid and the income, both for the application of nymphs and use of ovipositor females, did not show significant statistical differences.

Keywords: MESMIS, Multicriteria analysis, cactus pear, artificial infestation, sustainability.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de la tuna (*Opuntia ficus indica*) para la producción de cochinilla del carmín como colorante natural es una actividad desarrollada en Perú y México desde la época prehispánica. Se ha demostrado que este insecto ha sido domesticado en Sudamérica (Rodríguez y Niemeyer, 2000) aunque Van Dam et al. (2015) señalan que, en base a datos de mtADN y modelos de nicho climático, el origen es mexicano.

Perú es el mayor productor y exportador mundial de cochinilla del carmín (90 por ciento). En el 2017 se exportaron 1522163.69 kilogramos (kg) en sus diversas formas (SIICEX, 2018b), valorizados en 103 754 063,81 dólares americanos (SIICEX, 2018a). En el Perú, la región Arequipa cuenta con la mayor área de tuna para cochinilla del carmín. En el año 2017, se tuvieron instaladas 5 693 hectáreas (ha) y en especial el distrito de La Joya que tuvo cerca de 4 600, que representan más del 82 por ciento del total regional; distrito que, en 1999, solo registraba 359 ha (GRA, 2018). Esto en respuesta a la necesidad del mercado mundial (desde 1995) de usar colorantes naturales como el E-120 (colorante rojo extraído de la cochinilla del carmín), uno de los colorantes naturales más inocuos y usado en alimentos y cosméticos, principalmente.

La producción de cochinilla del carmín se inicia con la instalación del cultivo de la tuna y posteriormente la infestación artificial de las paletas de la tuna. Esta nueva actividad agrícola ha generado cambios económicos, sociales y ambientales, en La Joya. Desde el punto de vista económico se tiene mayores ingresos para los agricultores, generación de empleo y mayores créditos bancarios; lo que ha permitido dinamizar la industria de la construcción, mayor compra de vehículos, y una mayor valorización de los terrenos agrícola. En el ámbito social, se tienen mayores problemas por el incremento de la migración de personas, aparición de intermediarios para la comercialización y una especialización de la mano de obra. En el plano ambiental, hay una reducción del área agrícola dedicada a cultivos alimenticios o forrajeros, lo que ha dado lugar a una drástica reducción en la ganadería lechera; también se han incorporado terrenos eriazos a la agricultura; y la aparición de nuevas plagas. Iguíñiz

(2005), señala que cuando en una zona agrícola se introduce un cultivo nuevo y este ocupa una apreciable superficie se produce un cambio radical, al incluir nuevos insumos (semillas, nuevos requerimientos); nuevos fondos (maquinaria, mano de obra); y nuevos procesos (rutinas, periodos de siembra y cosecha y la intensidad de uso de los fondos).

En Arequipa y especialmente en las fincas productoras de La Joya, la producción de cochinilla del carmín tiene alta importancia económica, sociocultural y ambiental. Sin embargo, la poca información sobre la caracterización, la sustentabilidad del sistema y que mejoras se podrían proponer a este sistema de producción, dieron lugar a plantear diversas inquietudes sobre el tema.

En este contexto, este trabajo de investigación se planteó con como Objetivo General:

- Evaluar la sustentabilidad de fincas productoras de *Opuntia ficus indica* para la producción de *Dactylopius coccus*, en La Joya, Arequipa, Perú.

Respecto a los Objetivos Específicos se determinaron:

- Caracterizar las fincas productoras de *Opuntia ficus indica* para la producción de *Dactylopius coccus*, en La Joya, Arequipa, Perú.
- Evaluar la sustentabilidad de las fincas productoras de *Opuntia ficus indica* para la producción de *Dactylopius coccus* en La Joya, Arequipa, Perú.
- Evaluar algunas mejoras tecnológicas para la infestación artificial de *Opuntia ficus indica* con ninfas de *Dactylopius coccus*, en La Joya, Arequipa, Perú.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. LA TUNA [*Opuntia ficus indica* (L.) MILLER]

Sobre la tuna, Kiesling y Metzging (2017) señalan que la tuna cultivada actualmente, sin espinas, es el resultado de un largo proceso de selección y que su domesticación comenzó hace unos 8 000 años, en las tierras altas del sur de México y que los probables antecesores de *O. ficus indica* sean *O. megacantha* y *O. streptacantha*. La tuna es un cultivo tolerante a la sequía en áreas semiáridas y es multipropósito (Potgieter, 2007); mientras que Bautista-Cruz et al. (2018) indican que el cultivo de tuna contribuye a la sostenibilidad del agroecosistema y mitigación del cambio climático porque mantiene el contenido de carbono orgánico del suelo, provoca el aumento de la masa microbiana y actividad de la β -glucosidasa, mayor contenido de carbono orgánico extraíble, y el índice de recalcitrancia del carbono semejante a los bosques naturales.

Sobre las opuntias en general, Ochoa y Barbera (2017) hacen saber que actualmente son parte del ambiente natural y en los sistemas agrícolas, siendo la tuna la especie de mayor importancia económica y que se cultiva en América, Asia, África, Europa y Oceanía, y se la puede encontrar desde Canadá hasta la Patagonia en Argentina, y desde el nivel del mar hasta 5 100 msnm, como el caso de Perú; con usos tradicionales y populares por agricultores, ganaderos y la comunidad científica; y que en Perú, el 60 por ciento del área cultivada con tuna se destina para la producción de cochinilla del carmín y son 10 000 ha, de las cuales 8 000 es bajo cultivo intensivo y 2 000 como recojo en plantaciones en estado semisilvestre; y el 40 por ciento restante para la producción de fruta, principalmente para el mercado nacional de fruta fresca y últimamente algo para la producción de néctar.

Para nombrar a la planta de tuna y al fruto, algunos de los epítetos utilizados son: “Oro verde”, “fruta para los pobres”, “tesoro bajo sus espinas”, “dromedario vegetal mundial”, “planta futura”, “planta sagrada” y “árbol monstruo” (Arias-Jiménez, 2013); lo que transmite la importancia de las opuntias en el trabajo y la vida de las personas, por su resistencia a la

sequía y altas temperaturas y su aclimatación a los suelos pobres; sin embargo, todavía hay mucho trabajo que realizar en su mejora y desarrollo como: el efecto invernadero, diversidad, marketing, espinas y semillas, calidad de la fruta, múltiples usos (usos no alimentarios como propiedades biofuncionales, medicinales, nutraceúticas y cosméticas) y forraje (Ochoa y Barbera, 2017).

El nopal es especial para el equilibrio ecológico, importante para la generación y estabilidad del suelo y primordial para evitar la desertificación (Quintana, 2006); y su característica de planta con metabolismo ácido crasuláceo (CAM), hace que desarrolle muy bien en condiciones áridas y semiáridas con baja demanda hídrica y una gran producción de biomasa seca que puede llegar a 47-50 toneladas (t) por ha (Nobel e Israel, 1994). La tuna posee una extraordinaria capacidad para almacenar agua y tiene una gran gama de usos como alimento (fruta, cortes frescos, forrajes y manejo de plagas) o como ornamental y al igual que otras plantas CAM, abren sus estomas en la noche y absorben CO₂; además de prosperar bajo las temperaturas más altas, las precipitaciones variables y el aumento del CO₂ característico del cambio climático global; y finalmente, su notable productividad de biomasa permite tener nuevos usos multitudinarios además de los usos actuales y son consideradas plantas del futuro (Nobel, 2010).

Otros autores como Scalisi et al. (2015) también señalan que *Opuntia ficus-indica* es una planta CAM con una capacidad extraordinaria para almacenar agua en sus tallos suculentos (cladodios), y que el estrés por sequía redujo el grosor del cladodio, el contenido relativo de agua del cladodio (RWC), la acumulación de ácido málico, el tamaño y las tasas de crecimiento de los cladodios en desarrollo; sin embargo en condiciones de buen riego, las fluctuaciones del espesor del cladodio están directamente relacionadas con las variaciones de temperatura, mientras que, en condiciones de estrés por sequía severa, el contenido de humedad del suelo (SMC) tiene mayor influencia que la temperatura; y que finalmente la tuna puede mantener un cierto crecimiento y asimilación en RWC por encima del 45 por ciento, un límite extremadamente bajo en comparación con las plantas que no son CAM y que una reducción regulada del riego no afectaría significativamente la biomasa de la planta, y los cladodios más jóvenes perdieron agua más tarde que los más viejos.

El hábitat natural de la tuna son las zonas áridas y semiáridas, con temperaturas óptimas de 18 a 25°C y, suelos sueltos y arenosos de profundidad media, pH alcalino y crecen a altitudes

promedio de 800 a 2500 msnm. Se propaga principalmente por medio de cladodios, pencas o paletas (Ministerio de Agricultura, 2009); es arbustiva y puede alcanzar alturas hasta de 3,5 a 5 m; el sistema radicular es extenso, muy ramificado con muchas raíces absorbentes y superficiales y de longitud variable; los tallos son suculentos llamados pencas o cladodios, en forma de raqueta ovoide de 60 a 70 cm de largo; el cladodio crece, aproximadamente, durante 90 días y presentan yemas que permiten la formación de nuevos cladodios, flores y raíces (Sáenz et al., 2006).

La tuna puede responder favorablemente a la fertilización moderada de nitrógeno y fosforo, principalmente; en la que se observa una mayor formación de cladodios y frutos (Azócar, 2000); tiene gran importancia económica en ecosistemas áridos y semiáridos, originaria de América y distribuida mundialmente en la producción de fruta, verdura o “nopalitas”, forraje, crianza de la cochinilla del carmín (Luis, 2016); y en la remediación de aguas residuales y de metales pesados (Nharingo y Moyo, 2016).

2.2. CARACTERIZACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE FINCAS AGRÍCOLAS

2.2.1. Características

El adecuado conocimiento del contexto del pequeño productor es la base para la investigación y transferencia de tecnología, teniendo en cuenta que esta debe generarse de acuerdo a ese contexto; además que la tipificación y clasificación de sistemas de fincas debe hacerse basada en un marco teórico específico para la tipificación y clasificación, selección de variables del sistema de finca, recolección de datos por medio de encuestas y otras formas, análisis multivariado de los datos obtenidos, validación de la tipología y clasificación de las fincas (Escobar y Berdegue, 1990). Los estilos de agricultura se entienden como la forma en que el productor organiza su propiedad, considerando la organización del espacio, la producción agrícola, y los factores de producción y tecnológicos, de acuerdo con un objetivo predeterminado a través de la asociación de aspectos económicos, tecnológicos y ecosistémicos (Vélez y Gastó, 2002). Sin embargo el enfoque actual de la investigación y análisis de sistemas agropecuarios busca explicar los fenómenos biológicos, sociales y económicos, e incluye al productor en la búsqueda de alternativas tecnológicas viables en función a sus necesidades (**Figura 1**); así, el enfoque es holístico debido a que incluye las relaciones entre los componentes físicos del sistema agropecuario, entendiendo al sistema como la función armónica o coordinada de las partes en función al todo y sirve de base para la investigación de sistemas de fincas. Definen además al sistema agropecuario, en un lugar

determinado, como propio y único en la zona, influenciado por factores endógenos (controlados por el productor) o exógenos (no controlados por el productor) que alteran en diferente grado la eficiencia productiva del mismo (León-Velarde y Barrera, 2003).

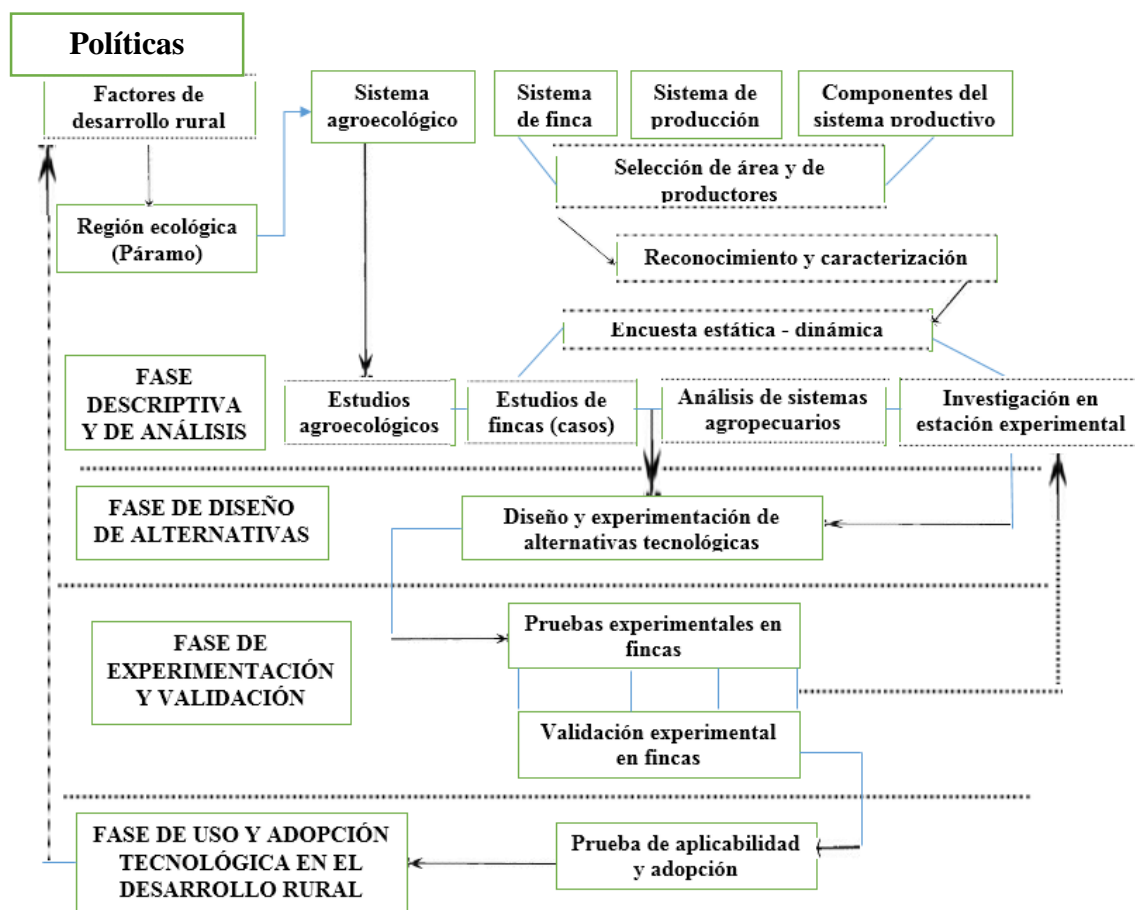


Figura 1. Representación esquemática de la investigación de sistemas agropecuarios en relación con el desarrollo rural

Fuente: León-Velarde y Barrera (2003)

Es el caso del trabajo de García et al. (2010), quienes utilizaron el análisis multivariado para establecer tres tipos de sistemas ganaderos en las dehesas andaluzas; y la caracterización de las fincas, se realizó considerando aspectos comunitarios y técnicos, y con los actores para establecer la situación actual de los recursos físicos y humanos como la población, educación, salud, organización (UICN, 2009); que permitan visualizar la situación a futuro permite también analizar y proponer alternativas de solución apropiadas, y lograr una mayor sustentabilidad y un uso eficiente de las mismas (Fernández et al., 2008); lo que implica ubicar, delimitar, identificar, describir todos los componentes que integran la finca para realizar un ordenamiento de la misma bajo criterios de sustentabilidad. Por su parte también

Montagnini (2001), define la caracterización de fincas agrícolas como la descripción y análisis de los aspectos naturales y sociales como factores físicos (clima, topografía), ecológicos (suelos, vegetación), socioeconómicos (infraestructura, mano de obra, precios), uso de la tierra, problemas y necesidades de los agricultores.

Escobal y Armas (2015), señalan que la estructura básica del modelo conceptual para identificar tipologías de productores agropecuarios relaciona las características de la unidad agropecuaria familiar como la base de sus activos productivos, las características del conductor de la unidad agropecuaria y de su familia como capacidades individuales y familiares, y el contexto en el que ellos se desenvuelven; además, las relaciones entre estos elementos genera estrategias productivas y estrategias de vida que determinan resultados claves como la producción, la generación de ingresos netos y la capacidad de acumulación (**Figura 2**).

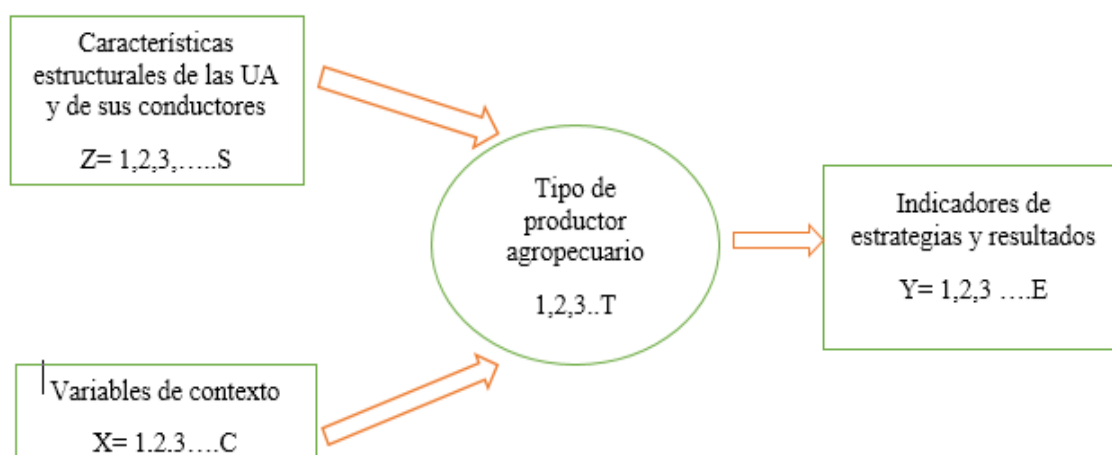


Figura 2. Estructura básica del modelo conceptual para identificar tipologías de productores agropecuarios

Adaptado de Escobal y Armas (2015)

A nivel mundial, de un total de 19 indicadores utilizados en caracterizar las explotaciones agrícolas para mejorar la formulación de políticas, se halló que las más frecuentes fueron: dimensión económica de la explotación; superficie de la tierra o superficie cosechada; composición de la mano de obra; importancia de las actividades fuera de la explotación; orientación a la producción o la especialización agrícola; orientación o integración al mercado; y la autosubsistencia (Saravia et al., 2013).

Para América latina, Escobal y Armas (2015), señalan que se han construido tres tipos de tipologías, acorde con la heterogeneidad de las unidades agropecuarias: (a) operativas, usan un conjunto de variables estructurales como tamaño de propiedad, tamaño del hato ganadero, o de contexto como la ubicación geográfica, o variables de estrategias particulares como uso de mano de obra familiar o contratada, o variable de resultados como la rentabilidad de la unidad agropecuaria o pobreza. Estas variables son asumidas como importantes para diferenciar tipos de unidades agropecuarias y es común la combinación de variables; (b) basadas en modelos conceptuales, antes que empíricos, que explicita la relación entre variables estructurales y de contexto; o las variables de estrategias y de resultados; (c) sin negar el marco conceptual la clasificación operativa basada en la capacidad de acumulación de la pequeña o mediana agricultura familiar.

Así mismo, Álvarez et al. (2008) han desarrollado una metodología que agrupa y caracteriza explotaciones lecheras en tipologías de acuerdo con sus variables básicas: aprovechamientos que las integran, rangos dimensionales y sistemas de producción, basados en datos de los censos; y la caracterización y clasificación se hizo considerando el criterio de área cultivada para autoconsumo y para venta, producción de leche y uso de fertilizantes.

León-Velarde y Barrera (2003), señalan que para el análisis de sistemas agropecuarios es necesario la determinación del lugar y la caracterización, que sirven para: (a) clasificar la función de cada uno de los componentes en relación con la presentación de las propuestas tecnológicas y su difusión; (b) ayudar al entendimiento del sistema y lo que sucede después de actuar sobre el mismo; y que la caracterización es sobre el sistema de finca objetivo. Así mismo la información obtenida debe servir para diseñar y evaluar el sistema; y reconocer las tecnologías utilizadas por los productores que deben servir de base para medir nuevas alternativas o modificaciones del sistema; tal como se muestra en la **Figura 3**.

La caracterización tiene dos dimensiones: (a) como proceso de recolección u obtención de información (parte mecánica-operativa) y (b) análisis e integración de la información como insumo para proponer alternativas bio-económicas y socialmente viables. Consideran además como objetivos: (a) conseguir información sobre las prácticas de cultivo y de la productividad; (b) entender la toma de decisiones de los productores en relación al sistema de producción; (c) identificar factores limitantes como físicos, biológicos, sociales y económicos, y las opciones de alternativas de mejora. Finalmente, la obtención de la

información puede ser directamente del productor (sondeo, encuesta, entrevista), o de otras fuentes como instituciones (León-Velarde y Barrera, 2003).

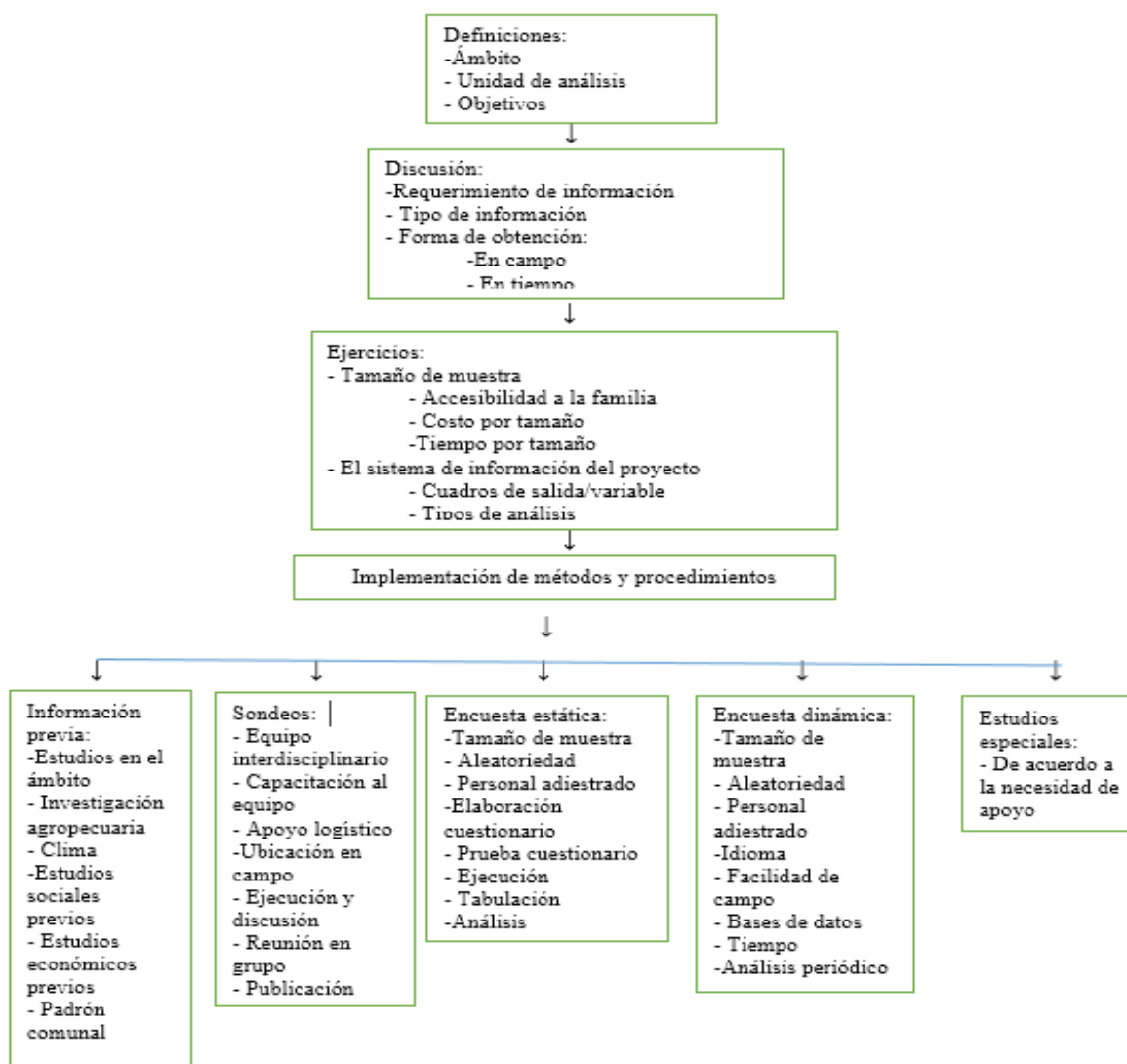


Figura 3. Diagrama de secuencia de recolección y tipo de información para el análisis de sistemas agropecuarios

Fuente: León-Velarde y Barrera (2003)

Según Ortuño y Coronel de Renolfi (2005), la tipificación sirve para identificar las unidades de producción más representativas, permitiendo distinguir los predios de acuerdo a los cultivos prevalentes, agrupar a la diversidad de productores según su lógica económica; lo que expresa los tipos de recursos posee, su habilidad y experiencia tecnológica, así como las limitantes y potencialidades de la zona. Los sistemas productivos no son explotaciones homogéneas y hay una gran variabilidad con diferentes caracteres físicos, socioeconómicos

o técnicos; por lo que la profundidad en el conocimiento de los sistemas agrarios debe iniciarse por una descripción de los tipos de explotación existentes, y ya se superó el sistema tradicional de agrupación como pequeñas, medianas y grandes, sino más bien en base a diferentes variables. Así las técnicas de análisis multivariado son herramientas apropiadas para la clasificación de fincas.

La tipología, es una herramienta metodológica para sintetizar elementos o características para formar grupos o tipos de lo investigado; los cuales deben ser claramente diferenciados entre sí, de acuerdo a los principios de analogía, homogeneidad relativa, pertenencia a un mismo grupo, y repetitividad; así la elaboración de tipologías busca “simplificar” la diversidad, mediante la identificación de tipos o grupos de sistemas productivos que muestren potencialidades y restricciones similares. Tienen como objetivo una intervención técnica o buscar una comprensión más amplia del sistema agrario (Morales, 2003). Por otro lado, según Zúñiga et al. (2004) la tipología es una herramienta metodológica para la conceptualización de los sistemas de producción, el diseño de recomendaciones tecnológicas y la modelación. Identificaron cinco tipos de fincas cafetaleras y estas pueden ayudar a la conservación de la biodiversidad y de la producción cafetalera. Ayora et al. (2017), también mencionan que la tipología es la agrupación de productores en categorías, de acuerdo a variables establecidas previamente y se basa en: combinación de recursos productivos, mano de obra, posición topográfica con otros pueblos, acumulación, reproducción, estrategias familiares y el grado de intensidad del trabajo agrícola.

Según el Banco Mundial (2008), en los países en vías de desarrollo se pueden diferenciar hasta cinco estrategias de vida a nivel de finca: (1) agricultores que obtienen la mayor parte de su ingreso, involucrándose activamente en los mercados agrícolas (pequeños agricultores orientados al mercado); (2) los que utilizan la mayor parte de su producto para autoconsumo (agricultores de subsistencia); (3) los que obtienen la mayor parte de sus ingresos por trabajar como asalariado en la agricultura y en la economía rural no agrícola (agricultores orientados al mercado de trabajo); (4) los que pueden abandonar el sector rural totalmente, o dependen de transferencias de dinero de integrantes de la familia que han migrado (hogares orientados a la emigración); (5) los que combinan el ingreso de la agricultura con trabajo no agrícola y con migración (estrategia de diversificación).

2.2.2. Experiencias de caracterización y tipificación de fincas agropecuarias

Ortuño y Coronel de Renolfi (2005), señalan que la tipificación de los sistemas productivos de Santiago del Estero, Argentina, permitió identificar las formas de gestión rural perfectamente diferenciadas entre sí, así como sus diferentes necesidades y limitaciones; lo cual permite que la detección de debilidades y fortalezas, sea más fácil, conllevando a su vez a determinar las prioridades cuando se diseñe las políticas de desarrollo en el lugar. Además, que el adecuado conocimiento del quehacer del productor agropecuario sirve de base para la investigación y transferencia; de tal manera que la tecnología generada debe estar a la medida del medio, por lo que es necesario utilizar métodos adecuados para lograr la mejor clasificación de los productores agropecuarios y esta pueda servir para el conocimiento de la dinámica del lugar, diseñar políticas agropecuarias y facilitar las políticas de transferencia tecnológica.

Escarria (2012), determinó la calidad de los suelos del corregimiento de Cauca en base a muestreo en campo, saberes ancestrales, y referentes bibliográficos; hallando que la fertilidad de los suelos se encuentra entre el rango buena- alta y que la caña de azúcar ha generado una afectación negativa con una intensidad baja, debido al monocultivo; y que además había estructuras con inicios de degradación de grano suelto y masivas, por la excesiva mecanización en la cosecha que ha repercutido mínimamente en la pérdida de macroporosidad y espacio poroso total; y finalmente el manejo convencional del suelo sin incorporación de materia orgánica ni la realización de prácticas culturales para minimizar los impactos de la mecanización o intemperización del suelo, provoca pérdida de energía y de toda capacidad de buen funcionamiento y ciclicidad en la conservación de sus propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

En el Perú, en Piura y Junín se halló una relación muy alta entre la eficiencia técnico-económica con el nivel de ingreso de los pequeños agricultores, siendo el principal determinante, sin lugar a duda, el nivel de educación y conocimiento técnico del productor (Escobal, 2006). En un análisis de la actividad de pequeños agricultores de Arequipa se halló que sus índices de productividad son altos pero que el trabajo es más individual que asociado (Obando, 1996).

Por otra parte, Merma y Julca (2012), hallaron que en el Alto Urubamba (selva alta del Cusco) la economía de los agricultores es crítica y de baja rentabilidad, lo que genera pobreza

y el estado debe apoyar en mejorar la estructura productiva, brindar soporte económico y asistencia técnica, para evitar pérdidas de recursos como el suelo y la vegetación. Para fincas cacaoteras, Tuesta et al. (2014), en San Martín (Perú), hallaron que la edad de los agricultores oscilaba entre 44 y 46 años, de 3 a 4 integrantes de la familia y que además de cacao desarrollaban cultivos anuales y ganadería, finalmente una gran proporción de fincas pertenecen a una organización, especialmente cooperativas.

Collantes (2015), halló que en fincas de palto y mandarina, en Cañete, Perú, el 87,5 por ciento de los agricultores son varones; la mayor parte con edades entre 25-40 años; y la mayoría con grado de técnicos; cuatro personas por vivienda; la mayoría de viviendas (50 por ciento) cuentan con todos los servicios básicos, 19 por ciento no tienen todos los servicios y 7 por ciento no tiene ningún servicio; están ubicadas en la ciudad; el 75 por ciento cuentan con escuelas, colegios y centros médicos cercanos; todos pertenecen a la Asociación de Agricultores de Cañete y algunos en otros grupos, además. Se cultiva el 93.3 por ciento de la superficie total; cerca del 92 por ciento de las fincas están tituladas; el 42 por ciento poseen entre 21 y 50 ha; poco agricultores desarrollan ganadería; además de los ingresos por palta y mandarina, algunos agricultores son comerciantes y realizan otras actividades; el 81 por ciento destina su producto para la exportación; predomina el monocultivo y el manejo convencional con Buenas Prácticas Agrícolas; se hace uso de agroquímicos; el 50 por ciento utiliza abonos orgánicos; finalmente se conformaron cinco conglomerados, de los cuales el más importante es el de productores de mandarina.

En la provincia de La convención en Cusco- Perú, Márquez et al. (2016), señalan que se tiene condiciones ambientales óptimas para producir café de calidad y se llevan a cabo sistemas agroforestales con *Inga*, *Albizia* y *Leucaena*, como sombra y otras especies para alimento y leña; además se practica el “ayni” o trabajo solidario recíproco como costumbre ancestral andina de uso de mano de obra en el manejo de arvenses y del suelo. En general no se fertilizan los cafetales el 65 por ciento de las plantaciones son viejas con más de 25 años de edad, siendo las unidades agropecuarias de 18 ha en promedio y 5.9 con cafeto y con título de propiedad. El agricultor organizado tiene certificación de producción orgánica. En los agricultores convencionales la tecnología de producción es baja y media. Hay conocimiento básico de manejo del cultivo, calidad de café, canales de comercialización y sensibilización ambiental; sin embargo, el conocimiento sobre podas, fertilización y manejo de plagas, es bajo.

En el sistema orgánico se halló que en educación de los hijos en la finca orgánica se presentó un incremento de 6.56 a 19.67 por ciento para el nivel superior; aunque el “ayni” disminuyó de 77.05 a 70.49 por ciento; hubo mayor conocimiento sobre las podas; pertenencia a mayor número de organizaciones; mayor acceso a servicios básicos como luz eléctrica, agua potable y letrinas; mayor conservación de áreas con valor ecológico; cultivo de más variedades de café; mayor uso de residuos de la finca; mayor cantidad de suelos con cobertura; más especies de sombra; aumento del rendimiento de café; mayor ingreso neto; mejor calidad de café; aumento de área dedicada a otros cultivos.

Otros autores, como Ayora et al. (2017), determinaron la existencia de tres tipos de productores en la cuenca media y baja del río Supe, Lima: tipo I, constituido por pequeños agricultores con cultivos perennes extensivos y de economía restringida; tipo II con pequeños agricultores con actividad complementaria no agrícola y economía de autosubsidio; y tipo III constituido por medianos agricultores con cultivos perennes intensivos y economía de capitalización; siendo la variable que diferencia estos tres tipos el ingreso económico neto anual. Se identificó cultivos predominantes como caña de azúcar, maracuyá, maíz duro amarillo, ají paprika, palto y maíz morado; de los cuales resultaron sustentables todos los cultivos menos ají paprika, en base a atributos socioeconómicos y técnico-productivos, y al método “tipo multicriterio” y el “método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales” que utiliza criterios de calidad de suelo y salud del cultivo.

Por su parte Barreto (2017) señala que al caracterizar fincas agropecuarias tradicionales de la provincia de Carhuaz, Ancash, Perú, encontró que la mayor parte de la superficie total tiene topografía muy variada, con superficies planas, ligeramente inclinadas y pendientes muy pronunciadas (escarpadas). Por la altitud y la disponibilidad de agua de riego, el territorio se divide en Zona Baja (2 460 a 2 900 msnm) con frutales, alfalfa, tuna, maíz y crianzas como cuyes, aves y cerdos y Zona Alta (2901 a 3900 msnm) con tubérculos como papa, oca, olluco; cereales menores como trigo, cebada; fabáceas como haba y arveja; y crianzas como cuyes, ovinos, vacunos. En la zona alta, predominan los policultivos y crianzas con parcelas menores de 1.0 ha. En general se utiliza semilla mejorada; fertilizantes y plaguicidas solo para papa, maíz, frutales y alfalfa; el nivel de instrucción predominante es primaria incompleta y el nivel de capacitación es bajo; los ingresos son mayores en la zona baja.

Maraví et al. (2018), al caracterizar fincas de productores de piña en la Microcuenca Cuyani en el distrito de Pichanaki (Perú), encontraron que el responsable de la finca en la mayoría de los casos es varón (85 por ciento), entre 33 y 45 años (el 45 por ciento) y mayormente con estudios de secundaria completa (65 por ciento); el 90 por ciento depende de la actividad agrícola; vivienda de material noble el 55 por ciento de fincas; el 58 por ciento posee energía eléctrica, agua potable y sistema de alcantarillado; el 48% no pertenece a alguna asociación. La superficie de la finca oscila entre 1 a 10 ha; sin embargo solo se cultiva piña en 0.25 a 1.5 ha, con predominancia de un sistema de manejo convencional, con rendimientos de 50 a 80 t ha⁻¹ con cultivares como Hawaiana (77 por ciento) y MD2 (Golden); las malezas, enfermedades y floreamiento natural (52 por ciento), son considerados los factores limitantes más importantes y finalmente el análisis de conglomerado por el Método de Ward con una distancia Euclidiana cuadrada de 1500, permitió establecer cinco tipos de fincas y las más grande agrupa al 38.7 por ciento de fincas.

Contreras (2018), reporta que, para el fincas productores de papa y en la región Lima, más del 50 por ciento de productores de papa cuenta con título de propiedad en la región Lima (Barranca: 57 por ciento, Cañete: 56 por ciento y Huaral: 30 por ciento); el 73 por ciento de los agricultores tiene educación secundaria completa o educación superior; cuentan con servicios básicos como acceso a servicios de postas médicas y hospitales, servicios educativos, teléfono, agua, desagüe y luz eléctrica; bajo nivel de asociatividad; grado de satisfacción con su actividad adecuado; y el tamaño de las parcelas, de 5 ha en promedio; bajo nivel de conciencia ecológica; percepción positiva sobre el suelo; utilización de 4 a 5 tipos productos químicos en el proceso de producción; preferentemente monocultivo; uso frecuente de solo dos cultivares de papa; uso de cantidades adecuadas de materia orgánica.

En otros estudios de caracterización en cultivos perennes como en café (Manabí, Ecuador), muestran que el 81 por ciento de los responsables de las fincas son varones; el 47 por ciento tiene una edad entre 41 y 60 años, y el 29 por ciento más de 60 años; el 57 por ciento solo tiene instrucción primaria y un 20 por ciento estudios superiores; un 47 por ciento usa como medios de información la televisión, folletos; tan solo el 8 por ciento de las casa son de hormigón y la mayor parte de casas son de madera (28 por ciento) y caña (24 por ciento); y la mayoría de los encuestados (68 por ciento) solo tiene luz y agua de pozo y un grupo muy pequeño posee los servicios luz, agua de pozo, desagüe y teléfono (Santistevan *et al.* 2014). En otro caso de fincas limoneras (Santa Elena, Ecuador), se halló que los responsables de

la finca son varones en un 95 por ciento; el 67 por ciento tienen edades entre 46 - 65 años; el 77 por ciento solo tiene instrucción primaria y apenas un 2 por ciento de instrucción superior; el 71 por ciento posee casa de hormigón; el 64 por ciento posee luz, agua potable y teléfono celular; un 57 por ciento utiliza medios de información como la televisión, la radio y los folletos; finalmente un 70 por ciento pertenece a alguna asociación y de los cuales un 40 por ciento es una organización de productores (Santistevan et al., 2015).

Peñaloza et al. (2018) al caracterizar la finca la María ubicada a 2424 m.s.n.m, presenta clima frío con una temperatura media de 16°C y relieve montañoso; hallaron que el nivel económico medio y el nivel empresarial es mixto (familiar y empresarial) y etnia mestiza. El suelo es árido con pH de 4.5; arcilloso bajo en calcio, potasio, magnesio, azufre, cobre, zinc; muy bajo en fósforo; y alto en aluminio y hierro. Los principales cultivos como caléndula, romero, linaza, manzanilla, matricaria, dulce, zidron, viravira, hierba buena, sauco, toronjil, tilo, descanse o te, mejorana, hinojo, cebolla, pepino, acelga, lechuga, ahuyama, espinaca, mora de castilla, frijol, matarratón, yatago, kikuyo, hitamo real, yaragua, king grass y alfalfa; especies forestales como pino y cedro; y especies animales como ovinos, caprinos, bovinos, pavos o piscos, gansos, gallinetos.

En el cultivo se practica la rotación y el policultivo, y el trabajo es mayormente manual como la preparación del terreno, uso de abonos orgánicos a base de aserrín de pino, cal, capote de monte, suero, melaza ceniza y estiércol de cabra. En el caso de insectos plaga, arvenses y enfermedades en base a laborales culturales. Finalmente, el agua potable para consumo humano se almacena en tanques.

En La Joya los medianos productores de cochinilla del carmín también cultivan papa, cebolla, alfalfa y maíz forrajero; pero pueden variar por la tenencia de la tierra, el tamaño de la unidad productiva, la organización de la producción, monto de la inversión empleada, forma de contratación de la mano de obra y forma de comercialización; además, los precios de la cochinilla del carmín a pesar de sus constantes variaciones son más altos y más estables que los de los llamados productos tradicionales; y la transformación del patrón productivo en La Joya ha provocado alteraciones como en el mercado de trabajo, donde se observa equidad de género y el valor de los jornales hombre y mujer son iguales (Valdivia, 2006).

2.3. SOSTENIBILIDAD

En el presente documento se considera como sinónimos sustentabilidad y sostenibilidad.

2.3.1. Desarrollo sostenible

El concepto de desarrollo sostenible fue propuesto en 1972, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente Humano; sin embargo, recién en 1987 en el Informe de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, fue definido como: “Aquel que responde a las necesidades de la presente generación sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones, de satisfacer las suyas” (World Commission on Environment and Development, 1987). En segunda Cumbre de la Tierra, en 1992, se acordó el plan mundial de acción para promover el desarrollo sostenible o Agenda 21 (ONU, 1992); y en la Declaración de la Cumbre del Milenio del 2000 (ONU, 2002) uno de los objetivos fue garantizar la sostenibilidad del ambiente. Los objetos del desarrollo sostenible de la UN (2015) son el fin de la pobreza; hambre cero; salud y bienestar; educación de calidad; igualdad de género; agua limpia y saneamiento; energía asequible y no contaminante; trabajo decente y crecimiento económico; industria, innovación e infraestructura; reducción de las desigualdades; ciudades y comunidades sostenibles; producción y consumo responsables; acción por el clima; vida submarina; vida de ecosistemas terrestres; paz, justicia e instituciones sólidas; y alianzas para lograr objetivos.

El desarrollo sostenible es uno de los hitos más importantes en la investigación y en la agenda política; y el caso de los recursos naturales, el entender y evaluar los cambios sociales y ambientales que ocurren en estos sistemas complejos es una gran tarea, y el diseñar nuevas alternativas sustentables es una necesidad (Arnés, 2011). Por otro lado, Dréo (2007) plantea que el desarrollo sostenible se basa en pilares ecológicos, sociales y económicos, y que la interacción entre el pilar ecológico y social debe ser soportable; entre el social y económico debe ser equitativo; y entre el ecológico y económico debe ser viable; y la interacción entre los tres pilares debe ser sostenible; lo que se muestra en la **Figura 4**.

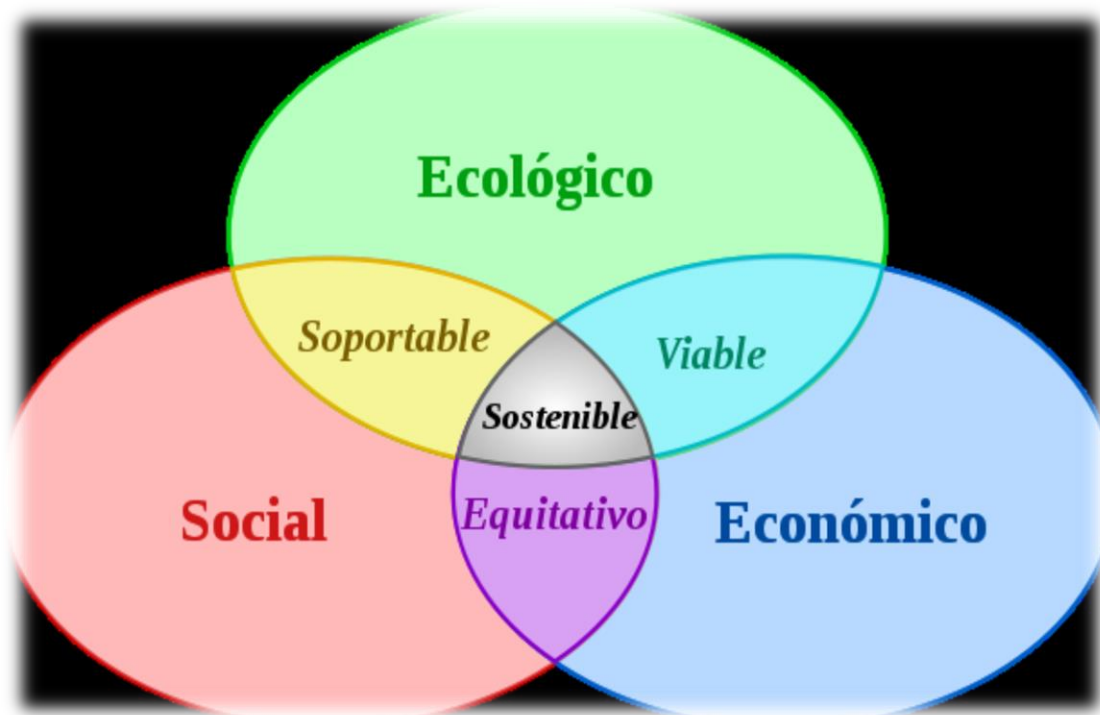


Figura 4. Los pilares del desarrollo sostenible (Dréo, 2007)

2.3.2. Agricultura sustentable

La agricultura sustentable es el sistema integrado de prácticas de producción de plantas y animales con el objetivo de satisfacer la alimentación humana, mejorar la calidad del ambiente, hacer un uso eficiente de los recursos no renovables, mejorando la calidad de vida de los agricultores y la sociedad como un todo (Osorio, 2008); por su parte, Sarandón (2002) señala que la agricultura sustentable debe cumplir satisfactoria y simultáneamente con: (1) ser suficientemente productiva; (2) ser económicamente viable; (3) ser ecológicamente adecuada (mediante la preservación de la base de recursos naturales y la integridad del ambiente en el ámbito local, regional y global); y (4) ser cultural y socialmente aceptable; mientras que Sarandón y Flores (2014), concluyen que el manejo presente de los agroecosistemas es insustentable, debido a que pone en riesgo la calidad del ambiente y la capacidad productiva del mismo, teniendo en cuenta que la alta tecnificación de estos sistemas agropecuarios se basa en la utilización ineficiente de energía, generalmente, de fuentes no renovables; uso intensivo del suelo y deterioro de sus capacidades productivas; agotamiento del recurso hídrico; uso creciente de plaguicidas peligrosos y cada vez menos eficientes; y el uso de un número limitado de variedades mejoradas de especies vegetales.

Por otro lado, Velten et al. (2015) señalan como objetivos globales de la agricultura sostenible a: (1) ética, referido a que los valores como la administración, la humanidad, la solidaridad, el respeto de los derechos humanos y la prioridad de las necesidades en lugar de la codicia, deben respetarse; (2) multifuncionalidad, al realizar una variedad de funciones en diferentes áreas o dimensiones como producción de alimentos, protección del ambiente, proporcionar ingresos, etc.; (3) seguridad con bajo o ningún riesgo para la vida y la salud de los seres humanos, los animales y el ambiente en general, o para la situación económica de las partes interesadas; (4) estabilidad y resiliencia, en la que los sistemas agroalimentarios o partes de ellos deben cumplir sus funciones de manera confiable, siendo resistentes o recuperándose rápidamente de los choques y perturbaciones y continuando durante mucho tiempo.

La agricultura convencional permite aumento en los rendimientos, pero dañando a los suelos, una pérdida alta de biodiversidad y efectos negativos sobre la nutrición, la soberanía alimentaria y los recursos naturales. El autor analizó 50 estudios de caso en 22 países africanos y halló que la agroecología tiene potencial para mantener en forma sostenible la soberanía alimentaria, conservar la biodiversidad y valorar el conocimiento e innovaciones de los campesinos; mostrando a la vez la contribución de la agroecología al logro de los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU (Farrelly, 2016).

Por otro lado, Eke y Egonu (2018), sostienen que el sistema agrícola sostenible tiene como base el uso prudente de fuentes de recursos renovables y / o reciclables, capaces de mantener su productividad y utilidad para la sociedad indefinidamente, y señala que el uso de energía renovable proveniente de la energía hidroeléctrica es un recurso muy utilizado y de bajo costo. No está claro qué es exactamente la "agricultura sostenible" o quién hará entrega de este importante bien público para la humanidad y además destacan que hay desafíos significativos y oportunidades de colaboración para desarrollar enfoques sistémicos de gobernanza de la 'agricultura sostenible' a nivel de granja, nación e internacional que podrían ayudar a cumplir al menos a objetivos de desarrollo sostenible (Williams et al., 2018).

El conocimiento, la ética y la gestión del tiempo no son esferas separadas de gobernanza, sino que se entrelazan como una herramienta para el tiempo de gobernar y que en el caso del valle de al-Batuf/Beit Netofa se muestra las formas en que el tiempo se utiliza para gobernar en el contexto de una política y un plan de desarrollo agrícola-ambiental (Gutkowski, 2018);

y para la intensificación de la agricultura sostenible es necesario comprender las compensaciones entre el rendimiento, los servicios de los ecosistemas y otros beneficios sociales (Firbank et al., 2018).

En el mismo sentido, Velten et al. (2015) consideran dos tipos de objetivos ambientales, como: (1) objetivos ambientales específicos para la producción, a la solidez o solvencia ecológica de la agricultura sostenible (ambiental o ecológicamente amigable) en un sentido físico de mantener los procesos biológicos que sustentan los ecosistemas y generan servicios y beneficios para los ecosistemas; conservación de recursos naturales, de los que depende la producción agrícola; y capacidad productiva o mantener la capacidad de producción de los sistemas agrícolas; (2) objetivos ambientales no específicos para la producción, como la solidez ecológica, en la que la agricultura sostenible debe ser ambiental o ecológicamente amigable para el bienestar animal, en el que se debe garantizar la salud general y la felicidad de los animales, especialmente los de granja, e incluye condiciones de vida y una dieta adecuada a sus necesidades o un tratamiento que no les cause daño o sufrimiento; conservación y mejora ambiental, en la que se exige la mejora o protección de los componentes físicos del espacio en el que viven las personas, los animales y las plantas, de un deterioro futuro; y armonía con la naturaleza, donde la base es una actitud de cuidado y existencia pacífica con y dentro de la naturaleza o que la naturaleza debe situarse en el centro de todas las consideraciones para una agricultura sostenible o ecocentrismo.

En los objetivos sociales se señala: (1) la responsabilidad social, en la que se beneficie a la sociedad en general y ser posible y habitable para las personas que trabajan y viven con ella; (2) socialmente aceptable; (3) preservación cultural, contribuyendo con la preservación y mejora de las costumbres y creencias, las artes y la estética, el modo de vida y las formas de organización social en el espacio rural; (4) equidad, justicia, rectitud, donde todos deben ser tratados de una manera moralmente correcta que no favorezca a una persona sobre otra; (5) satisfacción de las necesidades humanas, en el presente y en el futuro; (6) buenas condiciones laborales, para que los trabajadores lo puedan seguir haciendo durante mucho tiempo; (7) salud humana, en la que se debe garantizar la protección y el mejoramiento del bienestar físico de todas las personas que entran en contacto con la agricultura y sus productos; (8) alimento, en la que se debe proporcionar cantidades suficientes de alimentos que respalden la salud humana en todo momento y para todas las personas; (9) calidad de vida, que permita la realización personal y una buena calidad de vida, especialmente para personas

involucradas en la agricultura, pero también para la sociedad en general, debe contribuir a "una vida humana buena y feliz [...] una vida bien vivida, una vida que sea profundamente satisfactoria, fructífera y valiosa"; (10) comunidades fuertes, fortaleciendo las comunidades rurales en sus relaciones sociales y organización.

En los objetivos económicos se señala: (1) viabilidad económica, implica que la agricultura sostenible debe ser productiva, competitiva y rentable; (2) desarrollo, en el que debe contribuir al mejoramiento de las condiciones económicas y de vida de las personas, especialmente en las áreas rurales; (3) sustento, para proporcionar la base de sustento para los agricultores, los trabajadores rurales y sus respectivas familias; (4) provisión de productos (materiales e inmateriales) como alimentos, fibras, combustibles, medicamentos, servicios, etc. ...); (5) economía próspera, en el espacio rural, en la que genere empleo, crecimiento y negocios rurales en buen estado.

Por su parte, Mishra et al. (2018) señalan que la promoción de prácticas agrícolas sostenibles en las fincas o granjas es fundamental para garantizar la sostenibilidad agrícola y que hallaron que la intensidad de la adopción de prácticas agrícolas sostenibles varía en los diferentes distritos agrícolas estudiados y algunos factores que influyeron positivamente fueron el sistema de cultivo, la educación universitaria y estar asociados en un programa de compra de su producto; mientras que la falta de un conocimiento adecuado sobre la agricultura sostenible y la falta de familiaridad con la tecnología fueron significativamente negativos para una menor adopción de prácticas agrícolas sostenibles.

La función social del agroecosistema es generar condiciones sociales óptimas como buen estado físico (condiciones para laborar y salud) y psicológico como educación, igualdad de género, acceso a infraestructura; actividades de integración y participación en la sociedad (social y profesionalmente), e independencia alimentaria (Van Cauwenbergh et al., 2007). Un sistema productivo es socialmente sustentable cuando la producción se da bajo condiciones decentes de labor, en términos de horas de trabajo, higiene, remuneración, etc.; y los niveles de precios son aceptables para satisfacer las necesidades fundamentales de los consumidores (Geerken et al., 2008).

La función ambiental del agroecosistema es proveer el manejo y conservación de los recursos naturales, y los pilares son: aire, agua, suelo, energía y biodiversidad (Van

Cauwenbergh et al., 2007). Un sistema productivo es ambientalmente sustentable cuando las fuentes de producción no son agotables y no causan emisiones que contribuyan a superar la capacidad de la tierra para soportarlos (Geerken et al., 2008).

La función económica del agroecosistema es la de proveer prosperidad a la comunidad agrícola y frecuentemente es una pre condición del pilar social; y sus actividades básicas son el mantenimiento, producción y procesamiento; marketing; y financieras (Van Cauwenbergh et al., 2007). Un sistema productivo es económicamente sustentable cuando la producción genera un margen de utilidad para invertir en mejoras en el futuro, y los precios son aceptables para satisfacer las necesidades de los consumidores sin pérdidas ni subsidios permanentes (Geerken et al., 2008).

2.3.3. Evaluación de la sustentabilidad agrícola

El concepto de sustentabilidad es complejo y multidimensional, ya que pretende cumplir simultáneamente con dimensiones productivas, ecológicas o ambientales, sociales, culturales, económicas y temporales; motivo por el cual para su evaluación debe darse bajo un enfoque holístico y sistémico (Sarandón et al., 2014). La evaluación de la sustentabilidad es afectada por importantes problemas propios de la multidimensión del concepto (ecológica, económica, social, cultural e institucional), sobre todo si se parte de la definición de desarrollo sustentable con mayor aceptación como: *“El desarrollo sustentable es aquel que permite satisfacer las necesidades de las generaciones presentes, sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras”*; por lo que para su análisis se debe enfocar aspectos transformados en indicadores que sean claros, objetivos y generales, y desarrollados con los habitantes rurales; iniciativas que han demostrado ser efectivas para el análisis a nivel de la finca se muestran en la **Figura 5** (Moreno et al., 2006). Los marcos FESLM, MESMIS, AEMBAC y SAFE estudian sistemas agrícolas y el MESMIS estudia además sistemas agrícolas campesinos; el FESLM, AEMBAC y SAFE consideran como usuarios a tomadores de decisiones, pero no el MESMIS (organizaciones campesinas, agentes de desarrollo); el MESMIS, AEMBAC y SAFE consideran también como usuarios a los investigadores (Acosta-Alba et al., 2011).

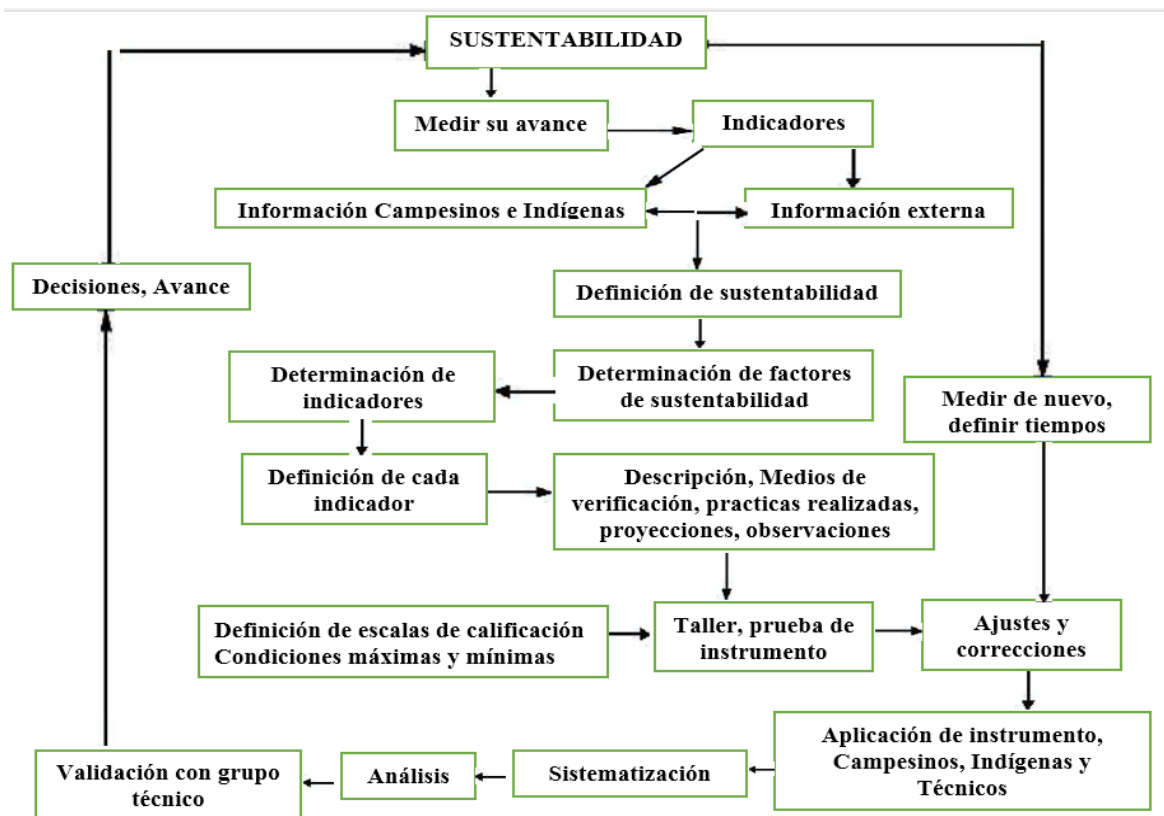


Figura 5. Propuesta metodológica sugerida para la construcción participativa de indicadores de sustentabilidad predial
Adaptado de Moreno et al. (2006)

En la Agenda 21, se estableció la necesidad de disponer de indicadores de desarrollo sustentable que sirvan como bases sólidas en la toma de decisiones (ONU, 1992); posteriormente la ONU (1996), publicó el marco y metodologías para el desarrollo de indicadores del desarrollo sustentable y nuevamente la ONU (2007) publica una lista de temas para indicadores (pobreza, gobierno, salud, educación, demografía, riesgos naturales, ambiente, tierra, océanos, mares y costas, agua dulce, biodiversidad, desarrollo económico, asociación económica, patrones de consumo y producción).

La evaluación de la sostenibilidad se debe construir un modelo que comprenda la planeación estratégica en la interacción de la formulación, implementación y evaluación; generando una matriz de sostenibilidad por áreas o dimensiones, con criterios de diagnóstico y el diseño de indicadores de sostenibilidad, lo que es esencial para evaluar el grado de sostenibilidad de los sistemas productivos agrícolas (Bolívar, 2011). Estos indicadores, sirven para conocer lo que ocurre con el manejo de cada sistema, y sus necesidades, de tal manera que se pueda

mantener o mejorar la productividad, minimizar los riesgos e incertidumbre, mejorar los servicios ecológicos y socioeconómicos, preservar los recursos y evitar degradar los suelos, agua y biodiversidad, manteniendo viable la economía del sistema (Altieri, 1997).

El indicador es definido como una variable que permite visualizar una tendencia, que no es fácilmente detectable de otra forma, y pueden ser de estado cuando aportan información sobre la situación actual; de presión son los que indican los efectos de las prácticas de manejo sobre los indicadores de estado; y los indicadores de respuesta, indican lo que se está haciendo para generar modificaciones en la situación actual del sistema. Los indicadores pueden ser: (1) de estado cuando informan sobre la situación presente del sistema, como el contenido de materia orgánica del suelo; (2) de presión cuando están relacionados al funcionamiento del sistema e indican como las prácticas de manejo influyen en el mismo, como la disminución del contenido de materia orgánica por exceso de labores de cultivo; y (3) de respuesta, que sirven para saber lo que se está haciendo para modificar el sistema, como la incorporación de materia orgánica (Sarandón et al., 2014).

Los indicadores son medidas que se toman, en el tiempo, de las variables de un sistema agrícola que brindan información sobre sus tendencias y sobre aspectos específicos que se desea analizar, los que sirven para identificar fuerzas que contribuyen a la mejora o desmejora de las condiciones económicas, sociales y ambientales; lo que permite proponer alternativas de mejora precisas en el futuro y dar oportunidad a que gobiernos y la sociedad civil evalúen los avances (Antequera y Gonzáles, 2005).

Un indicador, es un signo medible, que refleja una característica cuantitativa o cualitativa, y que sirve para emitir juicios actuales sobre las condiciones del sistema evaluado, mediante comparaciones con un estándar o meta; y los Indicadores de Desarrollo Sostenible (IDS) pueden entenderse como un sistema de señales que favorecen la evaluación del progreso de un país o una región, en busca del desarrollo sostenible; y sirven de herramientas concretas de apoyo para el diseño y evaluación de las políticas públicas y de participación ciudadana, hacia el desarrollo sostenible; y los indicadores ambientales como de desarrollo sostenible aún se encuentran en proceso de desarrollo en el mundo y algunos países han avanzado más que otros, con diversidad de iniciativas y que se incrementa cada vez más (Quiroga, 2001).

Masera et al. (2008), señalan que la sustentabilidad está concebida de manera dinámica, multidimensional y específica, para un determinado contexto socioambiental y espaciotemporal; y que además los sistemas de manejo sustentables son aquellos que no permanecen estáticos o “permanecen cambiando”; motivo por el cual deben ser capaces de ser productivos, de autorregularse y de transformarse; sin perder su funcionalidad. Así mismo, estas capacidades pueden ser analizadas mediante un conjunto de atributos o propiedades sistémicas básicas como: productividad, resiliencia, confiabilidad, estabilidad, autogestión, equidad y adaptabilidad, como se muestra en la **Figura 6**, para el MESMIS.

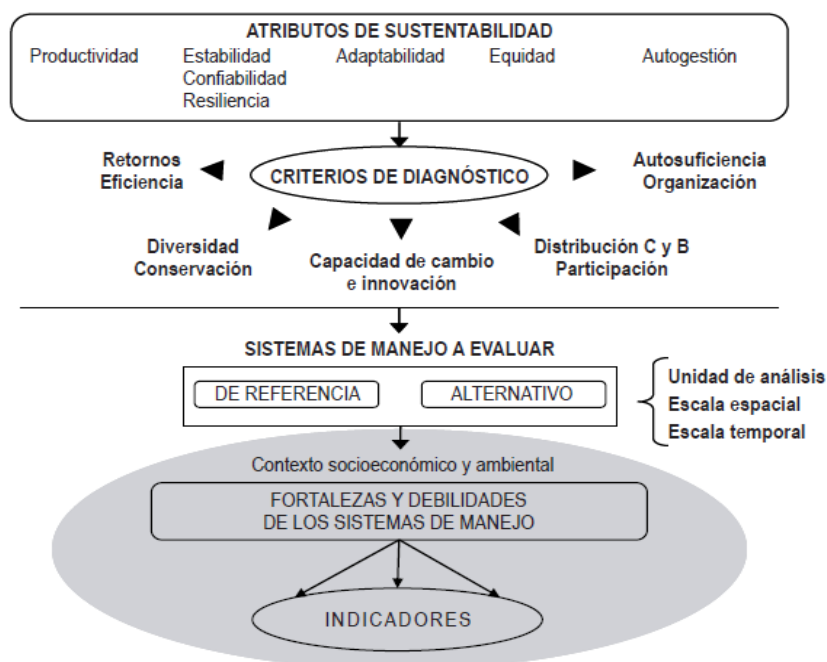


Figura 6. Esquema general del MESMIS: relación entre atributos e indicadores
Tomado de Masera et al. (2008)

Masera et al. (2000), definen a los atributo de la sustentabilidad para el MESMIS de la siguiente manera: (1) productividad (capacidad del agroecosistema de proporcionar un nivel requerido de bienes y servicios, a través de los rendimientos, ganancias, etc.; haciendo un uso eficiente y sinérgico de los recursos naturales y económicos); (2) estabilidad (equilibrio dinámico estable del sistema o mantener los beneficios del sistema en un nivel no decreciente en el tiempo, en condiciones normales); (3) resiliencia (retorno del sistema al estado de equilibrio o mantener el potencial productivo, después de graves perturbaciones); (4) confiabilidad (el sistema es capaz de mantener su productividad o beneficios en niveles cerca del equilibrio, ante perturbaciones normales en el sistema); (5) adaptabilidad o

flexibilidad (el sistema puede encontrar nuevos niveles de equilibrio, continuar siendo productivo o seguir brindando beneficios ante cambios a largo plazo en el entorno económico y biofísico); (6) equidad (el sistema distribuye equitativamente los costos y los beneficios entre los grupos afectados o beneficiados y asegurar el acceso económico y la aceptación cultural); y (7) autogestión o autodependencia (capacidad de regular sus interacciones con el exterior, manteniendo su identidad y sus valores).

En la **Figura 7**, se muestran las características de los atributos.

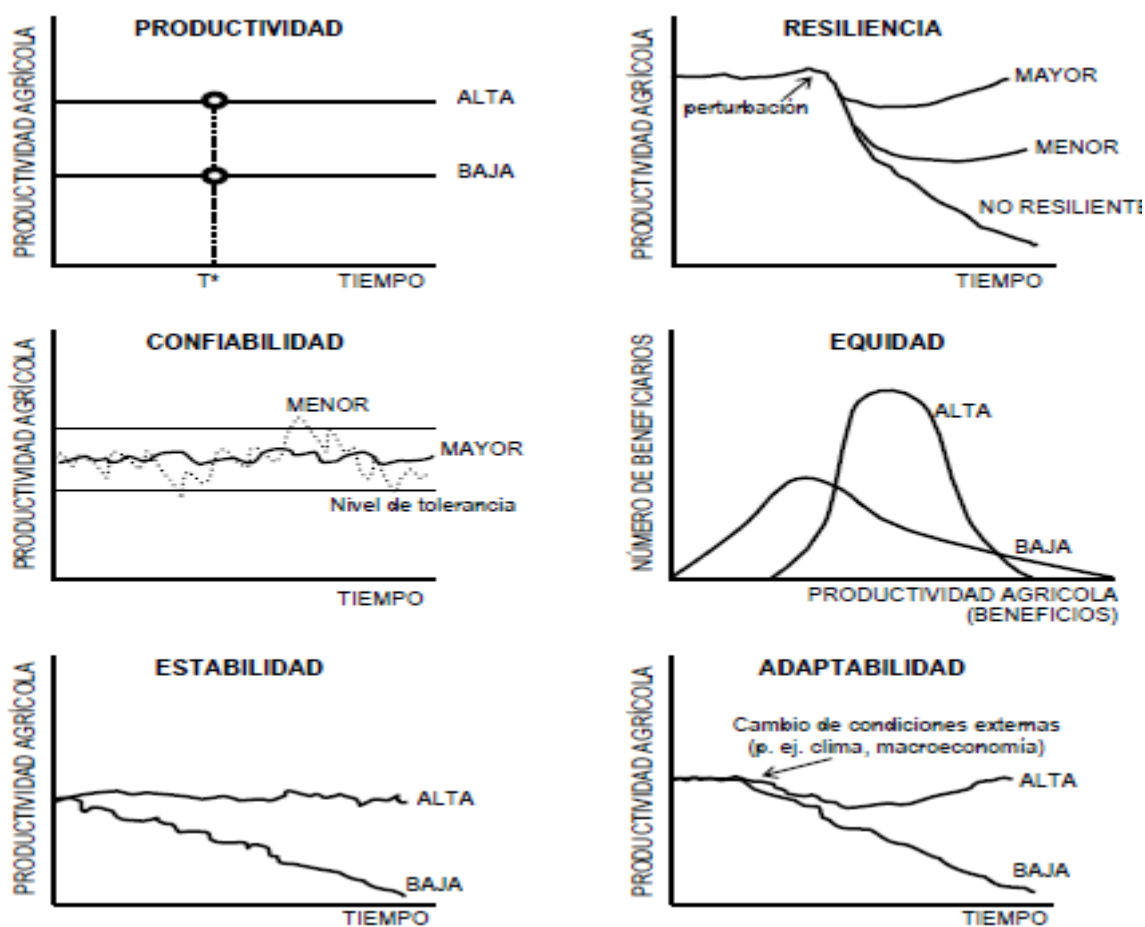


Figura 7. Características de los atributos del MESMIS

Tomado de Masera et al. (2000)

Los pasos de cada ciclo de evaluación en el MESMIS, según Masera *et al.* (2008), son seis, y comprende: (1) caracterización del sistema de manejo, incluyendo a componentes, subsistemas e interacciones entre subsistemas y debe identificarse el o los sistemas de manejo por analizar, el contexto socioambiental y las escalas espacial y temporal de la

evaluación; caracterizar el sistema de manejo de referencia predominante en la zona, si es tradicional o convencional, además del sistema alternativo; (2) determinación de las fortalezas y las debilidades de los sistemas de manejo, analizando los aspectos o los procesos que limitan o fortalecen la capacidad de los sistemas para sostenerse en el tiempo; mediante preguntas clave como .¿Qué factores o que procesos ambientales, técnicos, sociales y económicos afectan positiva o negativamente en los retornos, eficiencia o conservación de recursos de los sistemas de manejo?, en otras palabras, .cuales son los puntos donde el agroecosistema es más vulnerable o presenta problemas?, o .cuales son los puntos donde es más robusto?; (3) selección de los criterios de diagnóstico e indicadores estratégicos, previa identificación de los diferentes indicadores que permitirán evaluar el grado de sustentabilidad de los sistemas de manejo; los que describen los atributos generales de sustentabilidad y vinculan a los atributos, puntos críticos e indicadores, de tal manera que estos últimos permitan evaluar la sustentabilidad del sistema, en forma coherente y efectiva; (4) medición y monitoreo de los indicadores ambientales, económicos y sociales, considerando el procedimiento que se utilizara; (5) presentación e integración de resultados, mediante la síntesis de la información que permitirá emitir un juicio de valor sobre los sistemas de manejo analizados, mostrando como se compara la sustentabilidad entre sí; integración de los indicadores, para la cual los indicadores se han desarrollado métodos multicriterio que permiten examinar en forma transparente la multidimensionalidad de los sistemas y detectar posibles sinergias o relaciones de competencia entre los distintos atributos sistémicos; y (6) conclusiones y recomendaciones, referidas a la emisión de un juicio de valor al comparar entre a los distintos sistemas en cuanto a su sustentabilidad. Todo ello se muestra en la **Figura 8**.

En los indicadores utilizados se muestra un sesgo profesional fuerte hacia el atributo de productividad y una buena parte hacia aspectos ambientales de los sistemas de manejo y los menos trabajados son los sociales; y en la mayoría de casos en forma cuantitativa. Así en la **Tabla 1**, se presentan los indicadores frecuentemente utilizados para cada uno de los atributos, siendo los más frecuentes los rendimientos e ingresos, para productividad; diversidad y propiedades del suelo para estabilidad, resiliencia y confiabilidad, y dependencia (o independencia) de insumos externos, para el atributo de autogestión (Speelman et al., 2008).

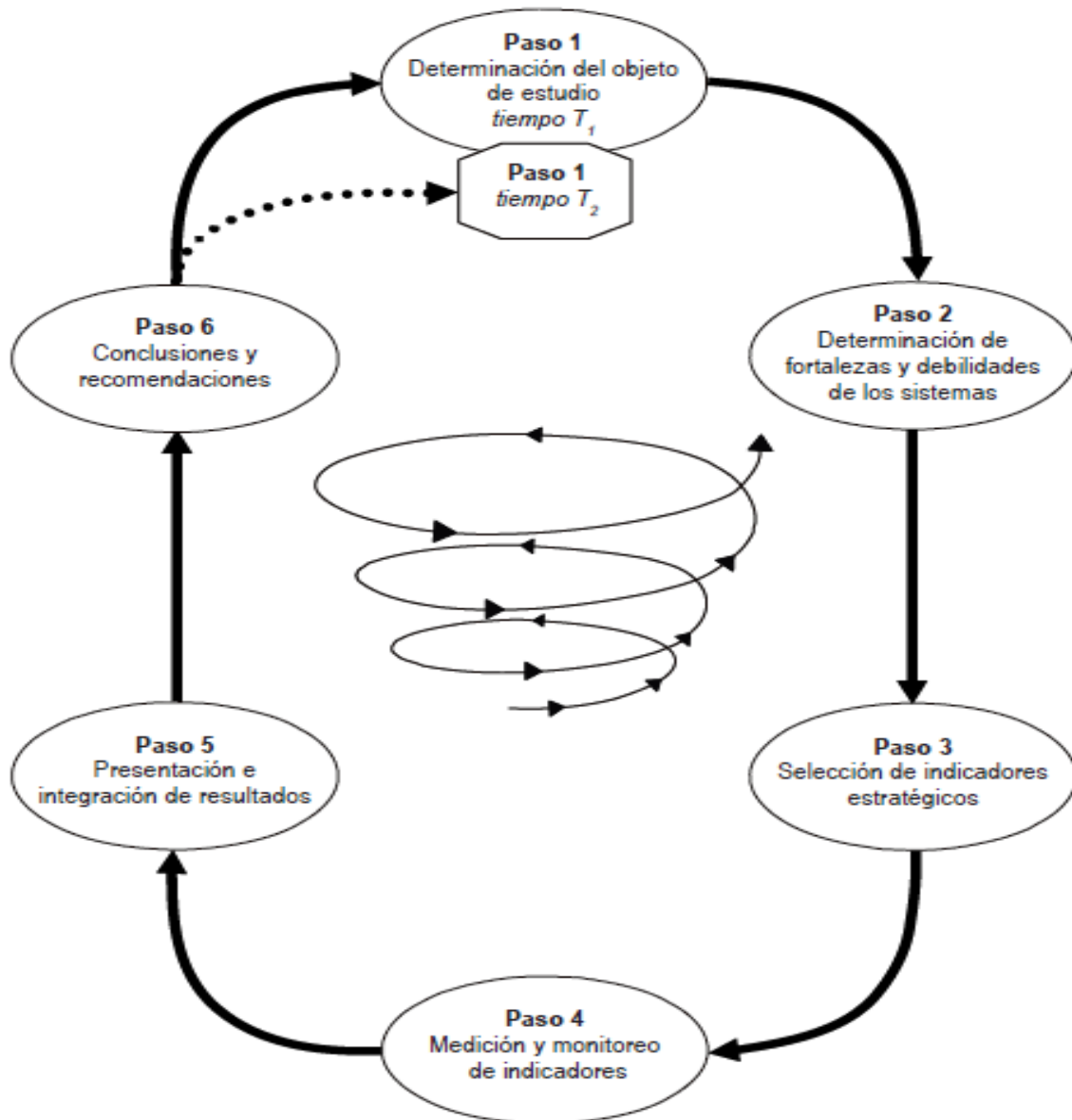


Figura 8. Ciclo de evaluación del MESMIS

Tomado de Masera et al. (2008)

Astier y Gonzales (2008), señalan que dentro del MESMIS, se sugieren cuatro fases o pasos intermedios para formular un conjunto robusto de indicadores de sustentabilidad de un sistema de manejo determinado: (1) definir los criterios de diagnóstico específicos que permitan enlazar los atributos de sustentabilidad con un conjunto de indicadores; (2) identificar las fortalezas y las debilidades del sistema socioambiental en evaluación, asegurando que se cubran los atributos de sustentabilidad; (3) elaborar una lista general de posibles indicadores que cubran los criterios de diagnóstico y las fortalezas y las debilidades identificadas; (4) selección final de indicadores para generar el conjunto robusto de

indicadores integradores y confiables para la evaluación. En la **Figura 9**, se muestra un ejemplo de indicadores socioambientales. Por otro lado, en el MESMIS se plantea la premisa de que los agentes involucrados en el manejo de los recursos deben participar en todo el proceso, siendo los atributos más utilizados para evaluar la sustentabilidad en sistemas socioambientales: productividad, estabilidad, resiliencia, confiabilidad, adaptabilidad, equidad y autogestión; y los criterios de diagnóstico más utilizados: retornos, eficiencia, diversidad, conservación, distribución de costos y beneficios, participación, capacidad de cambio e innovación, autosuficiencia y organización/control.

Tabla 1. Fortalezas y debilidades e indicadores de sustentabilidad, frecuentemente utilizados en los estudios de caso

Atributo	Fortalezas y debilidades	Indicadores
Productividad	<ul style="list-style-type: none"> Baja productividad Bajos ingresos 	<ul style="list-style-type: none"> Rendimientos; p. ej., rendimientos de maíz (kg año^{-1}; kg ha^{-1}) Ingresos; p. ej., ingreso neto ($\text{\\$ año}^{-1}$) Eficiencia; p. ej., beneficio/ costo Costos de producción
Estabilidad, Resiliencia y Confiabilidad	<ul style="list-style-type: none"> Tendencia a monocultivo Degradación de suelos Alto uso de agroquímicos 	<ul style="list-style-type: none"> Agrodiversidad; p. ej., número de especies y variedades manejadas Propiedades del suelo; p. ej., contenido de materia orgánica, contenido de nutrientes ([N], [P],[K]) Erosión ; p. ej., Pérdida de suelos ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) Uso de agroquímicos; p. ej., fertilizantes ($\text{kg}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), plaguicidas ($\text{kg}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) Mecanismos de regulación y control (sanciones y vigilancia) reforzados por instituciones sociales para el uso racional de recursos naturales (suelo, agua, pastizales)
Adaptabilidad	<ul style="list-style-type: none"> Baja adopción de innovaciones Pérdida de conocimiento tradicional 	<ul style="list-style-type: none"> Adopción de innovaciones; p. ej., número de productores que han adoptado el sistema de manejo alternativo Conocimiento e innovación; p. ej., acceso a educación, mecanismos de difusión de conocimiento, creación de capacidades
Equidad	<ul style="list-style-type: none"> Mala distribución de costos y beneficios 	<ul style="list-style-type: none"> Participación; p. ej., participación de la mujer, Distribución; p. ej., número de beneficiarios, distribución de beneficios
Autogestión	<ul style="list-style-type: none"> Alta dependencia de insumos externos 	<ul style="list-style-type: none"> Organización ; p. ej., capacidad de organización Dependencia de insumos externos ; p. ej., Uso de insumos externos, Costos de origen externo ($\text{\\$ año}^{-1}$)

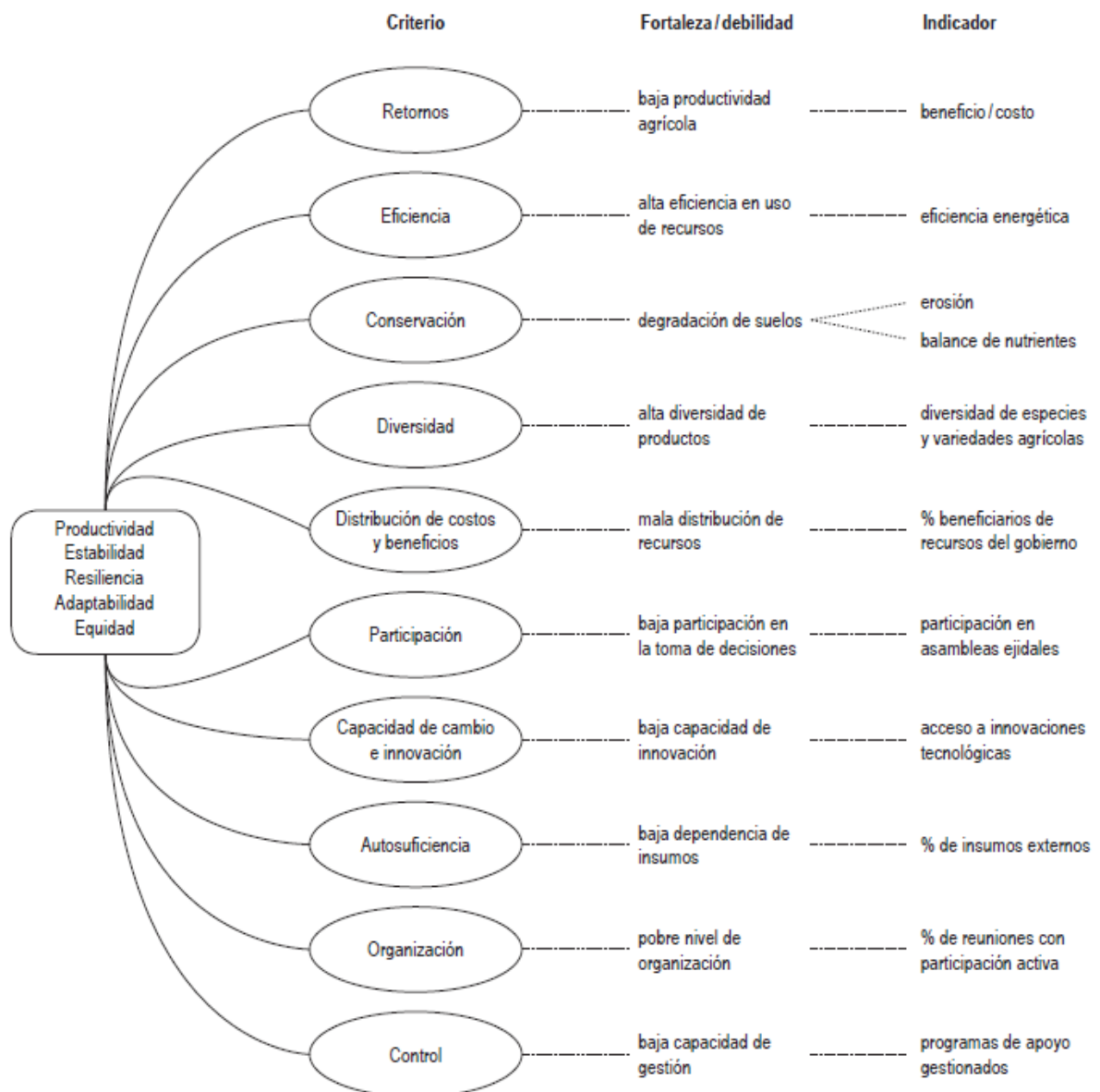


Figura 9. Formulación de indicadores socioambientales a partir de atributos, criterios de diagnóstico, fortalezas y debilidades

Astier et al. (2012) presentan en la **Tabla 2**, ejemplos de fortalezas y debilidades e indicadores comunes registrados en estudios de casos de los sistemas de gestión de recursos naturales (NRMS).

Las fortalezas y las debilidades, relacionadas con los atributos de sustentabilidad, que se reportan comúnmente en los estudios de caso realizados en el MESMIS se muestran en la **Tabla 3** (Astier y Gonzales, 2008).

Tabla 2. Indicadores derivados a través del marco MESMIS, como ejemplos de fortalezas y debilidades comunes e indicadores registrados en estudios de caso de los sistemas de gestión de recursos naturales (NRMS)

Atributos	Criterio	Fortalezas/Debilidades	Indicadores
Productividad Estabilidad Confiabilidad Resiliencia Adaptabilidad Equidad Autosuficiencia	Retorno	Productividad	Relación costo-beneficio
	Eficiencia	Alta eficiencia	Eficiencia energética
	Conservación	Erosión del suelo	Erosión Balance nutricional
	Diversidad	Producción diversificada	Especies cultivadas y variedades
	Distribución de costos y beneficios	Distribución inequitativa de costos y beneficios	% de beneficiarios del subsidio agrícola
	Participación	Participación en la toma de decisiones	% de productores que participan en las asambleas locales
	Innovación y cambio	Capacidad de innovación	Acceso a innovaciones tecnológicas
	Autosuficiencia	Dependencia de insumos	% de entradas externas
	Organización	Capacidad organizacional	% de reuniones con participación activa
Control	Creación de capacidades	Número de iniciativas o proyectos implementados	

En un trabajo sobre el uso del marco MESMIS para evaluar sustentabilidad en 28 estudios de caso, durante 10 años, se halló que los principales factores de debilidad de los sistemas eran la alta dependencia de recursos externos, degradación de recursos focales, baja producción, bajo nivel de organización y/o participación de productores y un bajo grado de agrobiodiversidad. Los indicadores ambientales más utilizados fueron: rendimiento, número de especies, manejo y conservación de la biodiversidad, contenido de materia orgánica del suelo, contenido de nutrientes, manejo y conservación del suelo, pérdidas de suelos, uso de fertilizantes y pesticidas; los sociales fueron: la adopción de innovaciones, conocimientos de innovaciones, participación de la mujer, esquema organizacional, dependencia de insumos externos y esquema financiero; y los económicos fueron: ingresos netos, ingresos netos por subsistema y costo/beneficio, costos de los insumos externos, nivel de autofinanciamiento y acceso a créditos (Speelman et al., 2007).

Tabla 3. Fortalezas y debilidades por criterio de diagnóstico

Criterios de diagnóstico	Fortalezas / Debilidades (alto / bajo / insuficiente)
Retornos	Productividad Ingresos Beneficios estéticos y culturales
Eficiencia	Ganancias netas Rentabilidad de la mano de obra Costos de inversión
Diversidad	Tendencia al monocultivo o al policultivo Nivel acervo de especies nativas y adaptadas Acceso a banco local de semillas Diversidad productiva y en los mercados
Conservación	Calidad y propiedades de los suelos Calidad del agua Uso de agroquímicos Presencia de organismos benéficos o plagas
Distribución de costos y beneficios	Nivel de empleo familiar Relevo generacional Nivel de distribución de costos y beneficios Grado de migración
Participación	Nivel de participación en organizaciones locales Rotación de la mesa directiva Relevo generacional
Capacidad de cambio e innovación	Nivel de adopción y adaptación de las propuestas tecnológicas Nivel de capacitación e información
Autosuficiencia	Seguridad alimentaria Dependencia de insumos y agentes externos
Organización / control	Capacidad organizativa Nivel de gestión

En otro estudio del uso del marco MESMIS en 60 estudios de caso y 20 programas, durante 15 años, se demostró que sirve para evaluar la sostenibilidad en el contexto de pequeños agricultores. Los criterios utilizados fueron retornos, eficiencia, conservación, diversidad, distribución de costos y beneficios, participación, cambio e innovación, autosuficiencia, organización y control. Las fortalezas y debilidades respectivas fueron: Productividad, alta eficiencia, erosión del suelo, diversidad productiva, desigual distribución de costos y beneficios, capacidad de innovación, dependencia de insumos externos, capacidad de organización y capacidad de iniciativas. De la misma manera los respectivos indicadores fueron: Proporción costo beneficio, eficiencia energética, erosión y balances de nutrientes, especies y variedades cultivadas, por ciento de beneficiarios con subsidios a la agricultura, por ciento de agricultores que participan en las asambleas locales, acceso a innovaciones tecnológicas, por ciento de insumos externos, por ciento de reuniones con activa participación y número de iniciativas o proyectos implementados (Astier et al., 2012).

Sarandón et al. (2014), proponen una metodología para construcción y uso de indicadores de sustentabilidad (**Tabla 4**) y está basada en propuestas anteriores de varios autores, especialmente de Sarandón y Flores (2009) y cuyos pasos servirán para la obtención de indicadores que permitan evaluar los puntos críticos para el logro de la sustentabilidad de un agroecosistema.

Tabla 4. Pasos a seguir para la evaluación de la sustentabilidad

1. Establecer el marco conceptual: Consensuar una definición de Agricultura sustentable y requisitos para su logro
2. Definir los objetivos de la evaluación (¿Por qué? ¿Para qué? ¿Para quién?)
3. Definir el nivel de análisis: finca, país, región, etc. Establecer los límites del sistema y una escala temporal adecuada.
4. Realizar un relevamiento inicial de datos (mapas, censos, informes).
5. Definir las dimensiones a evaluar: ecológica, económica, social, cultural (coherente con la definición adoptada)
6. Definir las categorías de análisis (ejemplo: suelo) y los indicadores, derivados de los requisitos de sustentabilidad.
7. Estandarizar y ponderar los indicadores según la situación a analizar.
8. Evaluar la dificultad de su obtención, su confiabilidad y pertinencia. (¿son adecuados al objetivo perseguido?)
9. Preparar instrumentos adecuados para la recolección de los datos: encuestas, mediciones (equipo interdisciplinario).
10. Recoger los datos y calcular los indicadores.
11. Analizar los resultados: representación gráfica adecuada. Calcular índices. Gráficos.
12. Determinar los puntos críticos a la sustentabilidad.
13. Replantear los indicadores: evaluar su utilidad y proponer las modificaciones necesarias.

Un ejemplo para definir y caracterizar el sistema a evaluar fue lo encontrado por Abbona et al. (2006), quienes, al analizar la sustentabilidad de sistemas productivos de vid en la costa del Río de La Plata en Argentina, determinaron la importancia de la incorporación de sedimentos al campo como resultado del uso del agua de río para riego; así como las labores de limpieza, por parte de los agricultores, de los canales de riego para que la materia orgánica

del agua de río llegue a los campos de vid, eran fundamentales para el mantenimiento del nivel nutricional del sistema; información importante que fue utilizada para construir indicadores.

En la **Tabla 5**, se muestran que características deseables deben tener los indicadores y es propuesto por Sarandón et al. (2014).

Tabla 5. Características deseables que deben reunir los indicadores de sustentabilidad

Estar estrechamente relacionados con (o derivado de) algunos de los requisitos de la sustentabilidad.
Ser adecuados al objetivo perseguido.
Ser sensibles a un amplio rango de condiciones y a los cambios en el tiempo.
Presentar poca variabilidad natural durante el período de muestreo.
Tener habilidad predictiva.
Ser directos: a mayor valor más sustentables.
Ser expresados en unidades equivalentes. Mediante transformaciones apropiadas. Escalas cualitativas.
Ser de fácil recolección y uso y confiables.
No ser sesgados (ser independientes del observador o recolector)
Ser sencillos de interpretar y no ambiguos.
Brindar la posibilidad de determinar valores umbrales.
Ser robustos e integradores (brindar y sintetizar buena información).
De características universales pero adaptados a cada condición en particular.

En la **Tabla 6**, se muestra un ejemplo del desarrollo de un indicador (Sarandón et al., 2014).

Normalmente los indicadores para la sustentabilidad, se expresan en diferentes unidades y dependiendo de la dimensión, lo que dificulta la interpretación de los resultados por lo que se requiere sintetizar o estandarizar (permite integrar a varios de ellos en índices que hacen más robusta la información), por lo que se propone la construcción de escalas sencillas, por ejemplo de 0 a 4, siendo 0 la categoría menos sustentable y 4 la más sustentable; así cuanto mayor sea el valor de la estandarización mayor será la sustentabilidad y facilitaría la comparación entre sistemas productivos (Sarandón et al., 2014). Un ejemplo, que se muestra

en la **Tabla 7**, tomado de Sarandón et al. (2006), es un indicador con cinco valores, sobre la orientación de los surcos.

Tabla 6. Ejemplo del desarrollo de un indicador de sustentabilidad, para medir un aspecto de la dimensión ecológica

Definición de Agricultura sustentable: “un sistema será sustentable si es económicamente viable, ecológicamente adecuado y cultural y socialmente aceptable”.
Requisito de la Agricultura sustentable elegida: ser ecológicamente adecuado
Dimensión u objetivo: Ecológico.
¿Qué quiere decir? Que preserve los recursos naturales (intra y extraprediales)
Recurso (Categoría de análisis): Suelo
¿Qué aspecto del suelo debo preservar? Su calidad o atributos.
Atributos: físicos, químicos y biológicos.
Químicos: Mantenimiento de la “dotación” de nutrientes.
Balance de nutrientes (N,P,K). Diferencia entre lo extraído en la cosecha y lo suministrado.
Nutriente elegido: fósforo. Indicador: kg P ha ⁻¹ x año.

Tabla 7. Ejemplo de estandarización el indicador orientación de los surcos

Valor	Indicador
4	Curvas de nivel o terrazas
3	Surcos perpendiculares a la pendiente
2	Surcos orientados 60° con respecto a la pendiente
1	Surcos orientados 30° con respecto a la pendiente
0	Surcos paralelos a la pendiente

Según Sarandón et al. (2014), debido a que no todos los indicadores tienen el mismo valor o peso para la sustentabilidad, es necesario ponderarlos, es decir asignarles un peso o coeficiente, de acuerdo a la importancia del mismo en el funcionamiento del sistema; por lo que, al momento de promediar y determinar el valor del indicador, se multiplica el valor del indicador por el coeficiente de ponderación determinado. Por ejemplo, si se evalúa, en una finca, los indicadores A (diversidad espacial), B (diversidad vertical) y C (diversidad

temporal); para evaluar la sustentabilidad de la biodiversidad vegetal, y los valores obtenidos para cada uno, en una escala de 0 a 4, son: A: 2, B: 3 y C: 4; y se desea integrar los tres indicadores en un solo valor para medir la biodiversidad vegetal general. Si los tres son igualmente importantes, entonces se obtiene un promedio simple, es decir: $((2+3+4)/3) = 3$. Sin embargo, si el investigador considera que la diversidad espacial es tres veces más importante que la vertical y que la temporal, entonces el valor del indicador sería: $(2*3 + 3*1 + 4*1)/5 = 2.6$ donde, el valor en la escala del indicador se multiplica por el peso y el denominador es 5 (3+1+1, suma de los valores de los pesos de la ponderación). Los criterios útiles para la ponderación son: la reversibilidad (posibilidad o dificultad de volver a la situación inicial) y la dependencia (quien depende de quién).

La detección de los puntos críticos en el manejo del sistema que atentan o comprometen la sustentabilidad del sistema, es el objetivo fundamental de la metodología propuesta por Sarandón et al. (2014); lo que se muestra por la diferencia entre el valor ideal y el valor real obtenido. De la misma manera se puede disponer de información de las causas de los puntos críticos y en el futuro buscar la manera de manejar los puntos críticos hacia la sustentabilidad.

En la **Figura 10**, se muestra una forma de presentación de resultados del análisis de sustentabilidad, utilizando el modelo araña o ameba y propuesto por Sarandón et al. (2006), en donde los límites exteriores representan el valor ideal de sustentabilidad y el valor intermedio el valor umbral. La línea de color rojo, corresponde a la sustentabilidad de la finca 1, mientras que la línea de color verde a la finca 2. Entre paréntesis figura la dimensión de los indicadores: económicos (K), ecológicos (E) y socioculturales (SC).

Evia y Sarandón (2002), efectuaron comparación de alternativas basada en el método multicriterio adoptado Longo de Tomasini y Tomasini (1996), cuyos pasos previstos son: (1) definir los objetivos a ser evaluados y configurar así un sistema de objetivos; (2) derivar el criterio de medición o de evaluación para el cumplimiento de los objetivos (construcción de indicadores); (3) medir el cumplimiento de los objetivos para el caso en estudio y armar una matriz de datos; (4) transformar la expresión medida en una expresión de valor y armar una matriz de valores; (5) ponderar el valor y registrarlo en nueva matriz, que incluya los objetivos con las ponderaciones alcanzadas de acuerdo con el sistema de valores de utilidad parcial; armando así, una matriz de utilidad parcial; y (6) agregar el valor de utilidad parcial

al valor de utilidad total de los objetivos considerados como acciones y decisiones alternativas.

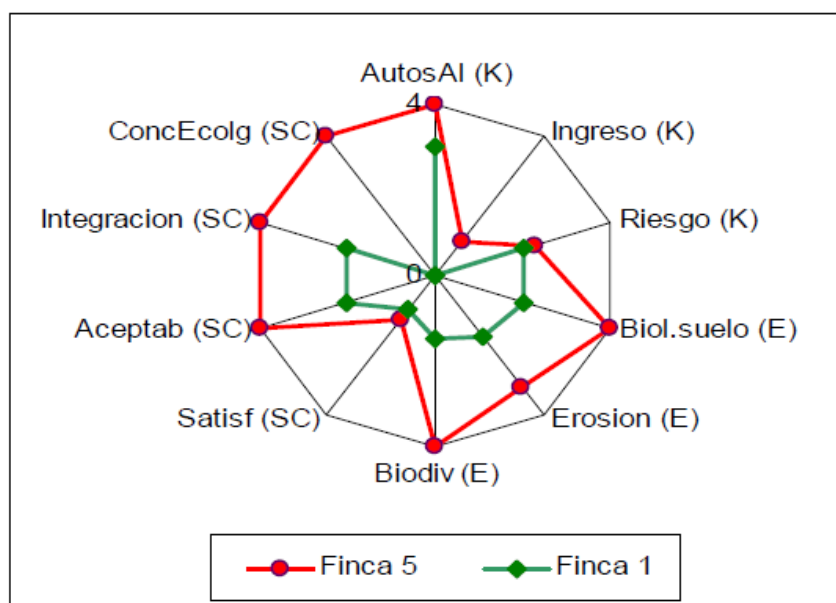


Figura 10. Representación gráfica en un diseño en tela de araña, para indicadores de sustentabilidad en dos fincas de Misiones, Argentina

Por otro lado, Ospina (2012), señala que el método de valoración multicriterio es una perspectiva para la evaluación y valoración, basada en criterios explícitos para evaluar varias alternativas, se utiliza cuando un grupo de personas debe tomar una decisión importante en la que concurren distintos y complejos aspectos, especialmente en las etapas de selección y evaluación de alternativas. El método se caracteriza por: (1) considerar gran cantidad de información, de relaciones y objetivos presentes en problemas específicos del mundo real; (2) trabajar con información mixta, cualitativa y cuantitativa, información difusa para involucrar todos los actores involucrados; (3) hacer evaluaciones desde diferentes puntos de vista, incorporando los conflictos entre los objetivos económicos, sociales y ambientales; (4) tomara las decisiones con base en criterios múltiples, se optimiza con base en un conjunto de objetivos en conflicto buscando el equilibrio; (5) no existe una solución óptima para todos los criterios, deben existir soluciones de compromiso; (6) se fundamenta en la comensurabilidad débil-comparabilidad fuerte; (7) utilizar métodos de agregación, no existe un método ideal aplicable universal. Así mismo, se consideran como términos del análisis multicriterio: (1) los atributos, que son los puntos de vista considerados relevantes para el análisis y/o resolución de un problema, sirven de base para tomar decisiones y

pueden ser medidos y evaluados, y pueden clasificarse en atributos de beneficio (preferencia o utilidad es creciente con el valor o puntaje del mismo), de costos (ofrecen una utilidad, monótona decreciente, cuánto mayor puntaje menor es la preferencia) y no monótonos (utilidad máxima es obtenida en un valor intermedio dentro del rango posible); los objetivos (mejora de los atributos, se puede interpretar en el sentido “más del atributo mejor” o bien “menos del atributo mejor”); las metas (nivel de aspiración que representa un equilibrio aceptable del logro para el atributo); las restricciones (condiciones que se deben cumplir a partir de la existencia de recursos limitados); y los criterios (permiten la evaluación de alternativas de acuerdo con un punto de vista). Aguilar et al. (2010), utilizaron la evaluación multicriterio (EMC) en una zona cañera y señalan que la evaluación multicriterio (EMC) se basa en la ponderación y compensación de variables, ya sean determinantes o factores de aptitud, y permite construir mapas sobre la evolución potencial para cada categoría en el uso del suelo o sistemas productivos (es necesario caracterizar ambientes con condiciones similares o zonas agroecológicas, que expresen el potencial productivo de la zona).

El modelo de evaluación multicriterio, resulta una herramienta interesante para evaluar objetivos y comparar alternativas de manejo, lo que permite agregar aspectos cualitativos en un análisis económico; sin embargo, los resultados dependen totalmente de los criterios utilizados como objetivos de sustentabilidad y, en especial, de los criterios o indicadores usados para medir el cumplimiento de los mismos. Lo más crítico del método es la selección y ponderación de los indicadores, dependiendo el éxito del modelo del criterio de elección y los criterios de evaluación de los objetivos sean claros. Por otro lado, en la ponderación de los indicadores, es necesario la participación de equipos multidisciplinarios de expertos y la participación de los actores afectados como los agricultores (Evia y Sarandón, 2002).

En una evaluación integrada de la sostenibilidad ambiental, económica y social del cultivo del maíz en Chiapas (México), se utilizaron indicadores económicos como: análisis económico, depreciación y valor de depreciación del suelo; indicadores ambientales como: rendimiento de grano del maíz, biomasa total y de partes útiles de frijol-nescafé, componentes agronómicos de maíz y frijol-nescafé, biomasa forestal, densidad relativa, índice de diversidad, similitud de especies, banco de semillas, calidad de suelos, erosión de suelos, cobertura de suelo, condiciones meteorológicas, plagas y enfermedades, acame del maíz, diversidad florística y grado de dependencia de insumos externos; e indicadores sociales como: tipo y estructura de las organizaciones locales, involucramiento de

productores en el diseño, implementación y monitoreo de los sistemas, derecho de la propiedad de la tierra y poder de decisión sobre aspectos críticos del sistema (Aguilar-Jiménez et al., 2011).

Trabajos de investigación como el de Firbank et al. (2018), reportan el uso de indicadores que cubrieron el desempeño financiero, niveles de producción de alimentos (estandarizados en términos del contenido de energía), características sociales del agricultor (edad, nivel de educación y grado de cooperación empresarial), horas trabajadas en la granja y provisión de acceso público, y calidad ambiental (impactos en la regulación del clima y la calidad del agua); y para índice de biodiversidad se validado basado en el uso y manejo de la tierra. Al analizar los datos por fincas y por área de la misma, hallaron relaciones positivas entre la producción, la rentabilidad y los niveles previstos de emisiones de nitrato y emisiones de gases de invernadero (GHG); en cambio para las variables sociales y la biodiversidad generalmente no estaba relacionadas con la producción. La producción de cereales se asoció con niveles relativamente bajos de y emisiones de gases de invernadero por unidad de producción de alimentos. Hubo fuertes diferencias en los perfiles de los indicadores entre los tipos de fincas. Estos resultados tienen valor para ayudar a entender la mejor manera de impulsar la intensificación sostenible, especialmente porque debe implicar reducir la huella de contaminación de la producción de alimentos.

También el caso de Emelyanova et al. (2015), quienes evaluaron el desarrollo sostenible en áreas rurales de la Federación de Rusia en un enfoque integrado. Describe los métodos y la validación llevada a cabo para las áreas rurales de la Federación de Rusia, región de Kaliningrado, basado en un enfoque integrado y el análisis de indicadores sociales, económicos y ambientales para calcular un índice de sostenibilidad compuesto. Se concluyó que bajo las condiciones en que la región está obligada a proporcionar seguridad alimentaria, la evaluación detallada de la sostenibilidad de las áreas agrícolas se vuelve extremadamente importante.

Por su parte, Van Oudenhoven et al. (2012) señalan que el manejo de la tierra es un factor importante que afecta la provisión de servicios ecosistémicos, aunque no están comprendidos totalmente las interacciones entre la gestión de la tierra, los procesos ecológicos y la provisión de servicios ecosistémicos. Los indicadores pueden ayudar a comprender mejor estas interacciones y proporcionar información para que los formuladores

de políticas prioricen las intervenciones de gestión de la tierra. Se desarrolla un marco para la selección sistemática de indicadores, para evaluar el vínculo entre la gestión de la tierra y la provisión de servicios ecosistémicos de una manera espacialmente explícita. El marco distingue entre las propiedades de los ecosistemas, las funciones de los ecosistemas y los servicios de los ecosistemas. En los Países Bajos se identificaron 12 indicadores de propiedad, 9 indicadores de función y 9 indicadores de servicio. Los indicadores se utilizaron para examinar el efecto de la gestión de la tierra en la provisión de alimentos, la regulación de la calidad del aire y las oportunidades de recreación. Se halló que la gestión de la tierra no solo afecta las propiedades de los ecosistemas, sino también las funciones y servicios de los ecosistemas directamente. Se utilizaron varios criterios para evaluar la utilidad de los indicadores seleccionados, incluida la escalabilidad, la sensibilidad al cambio en la gestión de la tierra, la claridad espacial y la portabilidad. Los resultados muestran que el marco propuesto puede usarse para determinar enlaces cuantitativos entre indicadores, de modo que los efectos del manejo de la tierra sobre la provisión de servicios ecosistémicos se puedan modelar de una manera espacialmente explícita.

Msemo et al. (2018), hallaron que, a mayor cercanía del agricultor de la ciudad, mayor capacitación en agricultura, ingresos adicionales a los obtenidos en la granja o finca y una granja o finca de mayor tamaño; adopta positivamente la agricultura sostenible; mientras que un joven agricultor no resulta motivada a adoptar la agricultura sostenible; y Arellanes y Lee (2003) descubrieron que los agricultores propietarios mostraban cuatro veces más probabilidades de adoptar prácticas sostenibles; Antle y Diagana (2003), encontraron que la falta de tenencia segura de la tierra era una barrera importante para la adopción de prácticas sostenibles desde la perspectiva del agricultor.

En otros estudios, Sharma et al. (2018) señalan que los cultivos de cobertura son las plantas que se cultivan para mejorar la fertilidad, prevenir la erosión y mejorar la disponibilidad de nutrientes y agua, y la calidad del suelo; además de aumentar y mantener la biodiversidad microbiana. La selección de cultivos de cobertura generalmente depende de los principales beneficios y otros factores como las condiciones climáticas, el momento de la siembra, si es fabácea o no, y el momento y el método de incorporarlo. Últimamente se están utilizando para mitigar el cambio climático, suprimir las malas hierbas y aumentar s nutrientes intercambiables como magnesio y potasio. Sin embargo, también pueden presentar limitaciones como o dificultades como la forma de incorporación al suelo, hospedante de

patógenos, regeneración o beneficios no inmediatos. A pesar de las pocas limitaciones, los cultivos de cobertura mejoran la salud general del suelo y proporcionan un entorno sostenible para los principales cultivos.

En Inglaterra, Firbank et al. (2103), hallaron que algunas granjas británicas aumentaron sus niveles de producción de alimentos y mejorado la calidad de su medio ambiente, logrando una intensificación sostenible; esto basado en gran parte por impulsores financieros, dado que los agricultores trataron de reducir los costos de los insumos, lo que reduce desechos y contaminación; y de la misma manera los flujos de ingresos de los planes de agricultura proporcionaron el incentivo para mejorar la granja para la biodiversidad. Hubo variaciones entre tipos de granjas. Esto demuestra cómo pueden evolucionar las políticas para apoyar la intensificación sostenible en situaciones apropiadas. También demuestra que con un enfoque simple se puede evaluar la intensificación sostenible, utilizando un pequeño número de variables derivadas de datos que las granjas ya poseen, es capaz de distinguir entre diferentes estrategias de cultivo, y así podría formar la base de un programa de monitoreo mucho más amplio de agricultura sostenible. Este enfoque excluye algunos indicadores posibles (por ejemplo, calidad del paisaje, riqueza de especies) y falta de sensibilidad a la innovación del agricultor. Finalmente se requiere conjuntos de indicadores que sean validados utilizando datos de campo, transparentes, interoperables, capaces de realizarse; y que brinden retroalimentación precisa a los agricultores, la cadena alimentaria, los responsables de las políticas y los consumidores de que los alimentos se producen de manera eficiente y sostenible.

En Italia, Fumagalli et al. (2102) hallaron que para mejorar la sostenibilidad de los sistemas agrícolas de la región de Lombardia (norte de Italia), se utilizó un enfoque de modelo de indicador mixto. Se trabajó en dos escenarios. En el primer escenario (FERT) es una mejora del esquema actual de manejo de fertilizantes, aplicado en los mismos cultivos y destinado a mantener los mismos rendimientos. El segundo escenario (ROT) se basa en cambios en las rotaciones de cultivos mediante la introducción de nuevos cultivos para reducir las pérdidas de N y mantener la rentabilidad económica. Los resultados de FERT indican que la aplicación de planes adecuados de gestión de N adaptados al objetivo de producción y la promoción de las mejores prácticas de gestión puede ayudar a reducir el excedente de N y, en consecuencia, a ahorrar energía fósil y a disminuir los costos de producción. En el escenario ROT, la introducción del cultivo de alfalfa reduce el excedente de N en maíz,

mientras que los sistemas intensivos de doble cultivo (dos cosechas cosechadas en 12 meses) aumentan el excedente de N y requieren mayores consumos de energía y costos de producción en comparación con cultivar solo en verano. Sin embargo, en sistemas rotacionales se esperan dinámicas de población de malas hierbas más favorables en comparación con el estado normal. Ambos escenarios alternativos no se implementaron en la práctica, pero son realistas y son consistentes con los resultados de los experimentos en los que se probaron opciones de administración similares a las introducidas en FERT y ROT.

Lo que los consumidores demandan de los agricultores es una redefinición continua de prácticas de producción sostenibles. Para cumplir este objetivo, se buscaron instrumentos para la gestión ambiental de las actividades agrícolas. Se propone y evalúa un "sistema de evaluación ponderada del impacto ambiental de las actividades rurales" (APOIA-NovoRural) para realizar una evaluación integrada de la sostenibilidad de las explotaciones de acuerdo con estándares ambientales cuantitativos y puntos de referencia socioeconómicos definidos; con sesenta y dos indicadores objetivos en cinco dimensiones de sostenibilidad: (i) ecología del paisaje, (ii) calidad ambiental (atmósfera, agua y suelo), (iii) valores socioculturales, (iv) valores económicos, y (v) gestión y administración. Los índices de impacto se expresan en tres niveles de integración: (i) indicadores específicos, que ofrecen una herramienta de diagnóstico y gestión para agricultores y administradores rurales, señalando los atributos particulares de las actividades rurales que pueden estar fallando en cumplir con los objetivos definidos de desempeño ambiental; (ii) dimensiones integradas de sustentabilidad, que muestren a los tomadores de decisiones las principales contribuciones de las actividades rurales al desarrollo sostenible local, facilitando la definición de acciones de control y medidas de promoción; y (iii) índice de sostenibilidad agregado, que puede considerarse un criterio para fines de certificación ecológica (Rodrigues et al., 2010).

La agricultura depende fundamentalmente de los recursos y servicios del ecosistema, pero su desarrollo se ha centrado solo en la producción, sin considerar el valor ecológico de los efectos negativos ni de la pérdida de los recursos que son base para la sustentabilidad y la información sobre la sustentabilidad de los diferentes estilos de agricultura es poca o casi nula. Hallaron que el estilo de agricultura horticultor auto sostenible muestra un mayor grado de sustentabilidad, debido al índice de sostenibilidad energético, comparado con los sistemas tradicionales campesinos y del horticultor intensivo; resultados que pueden servir para las

políticas públicas puedan reorientar sus estrategias de acción y fomentar la sustentabilidad en los distintos estilos de agricultura (Gonzales et al., 2017).

Los sistemas agrícolas son ecosistemas que presentan recursos básicos, pautas empresariales, medios familiares de sustento y limitaciones en general similares, a los cuales corresponderían estrategias de desarrollo e intervenciones parecidas. Para modificar estos ecosistemas el hombre utiliza los factores de producción, constituidos por: la fuerza de trabajo, la tierra, el capital. Pero el clima, los suelos, la tenencia de la tierra, la tecnología existente, evidentemente tienen su influencia en la forma como el hombre organiza la producción agrícola (Gavilán, 2006).

Hui-Ju (2018), señala la agricultura sostenible busca crear un sistema agrícola económicamente viable, de apoyo social y ambientalmente racional. Sin embargo, existe una investigación empírica limitada sobre la medición de la sostenibilidad agrícola, sus componentes y la distribución espacial. Con datos del Censo de Agricultura de 2012, un análisis factorial confirmatorio ayuda a identificar una estructura de tres factores de la agricultura sostenible en los condados de los Estados Unidos: el componente de sostenibilidad ambiental se refiere a las prácticas que reducen la degradación ambiental; la dimensión económica destaca la eficiencia de la producción agrícola; y el componente social identifica prácticas que tienden a promover la viabilidad económica y el apoyo social para las comunidades. Un análisis de grupo en los índices de puntaje de factores indica además que la tipología de la agricultura sostenible incluye: una mayoría de condados en las categorías de alto ambiente y baja economía y de intensidad moderada están generalizadas en este país; un grupo de bajo ambiente y alta economía se concentra en Northern Great Plains y en Iowa e Illinois; algunos condados en el sector extremadamente bajo y el grupo de economía extremadamente alta están ubicados a lo largo del valle del Bajo Mississippi y dispersos en todo el Medio Oeste, California y Florida; y un pequeño número de condados en el grupo social elevado se concentran principalmente en Nueva Inglaterra, a lo largo de la costa del Pacífico y alrededor de los Grandes Lagos del Norte.

En general, un marco agroecosistémico que se centra en la interacción entre el proceso social y el proceso ecológico del sistema agrícola proporciona información a nivel de los sistemas e interpreta explícitamente los atributos centrales de la agricultura sostenible, tanto en

definición como en medición. En la **Figura 11** se explica Interacción entre los componentes social y ecológico de un agroecosistema sostenible, según Gliessman (2014).

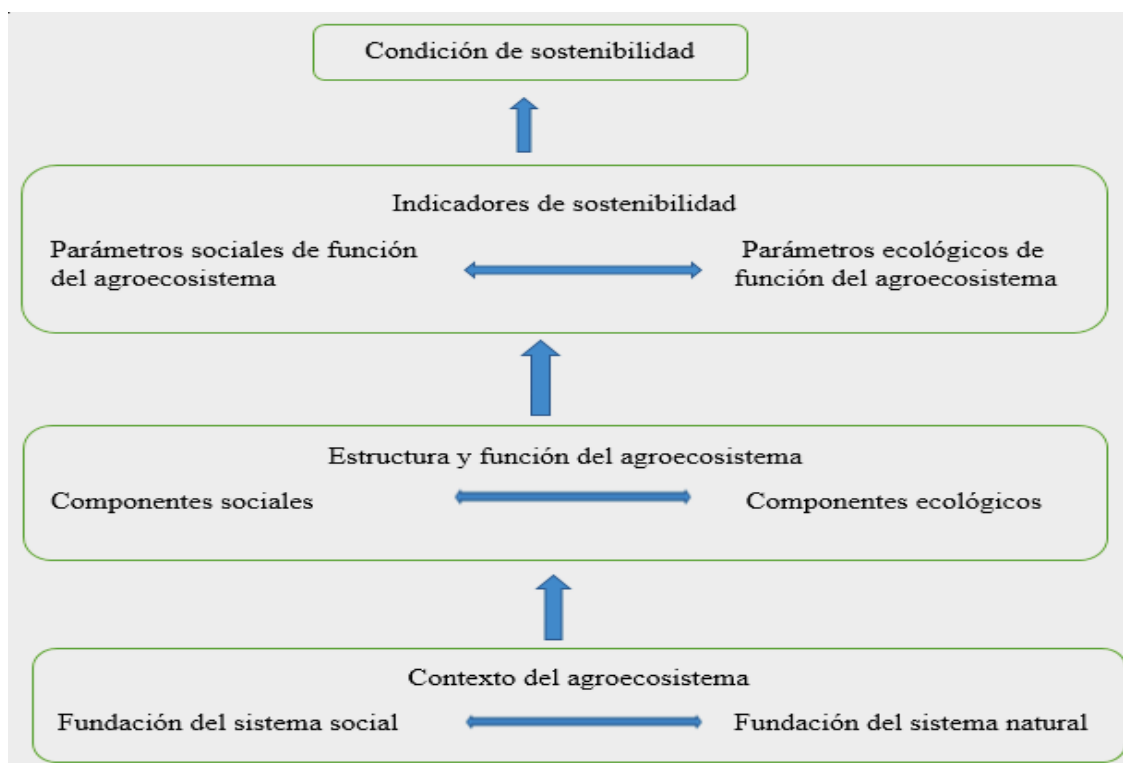


Figura 11. Interacción entre los componentes social y ecológico de un agroecosistema sostenible

En otros trabajos de investigación como el de Peñaloza et al. (2018), se reporta que la finca La María presenta como problemas de sostenibilidad: la distribución del bienestar social, y accesos a servicios, distribución de bienes económicos, medios de producción y mercado; rentabilidad y satisfacción de las necesidades básicas. Las alternativas de mejora factibles son: mejorar capacidad de producción del agroecosistema con aplicación de biofertilizantes, enmiendas agrícolas y residuos orgánicos al suelo; y para la resiliencia ecológica, mejoras con reforestación, introducción de pastos y la agroforestería; sin embargo no se hallaron alternativas viables para el bienestar social, y acceso a servicios, distribución de bienes económicos, medios de producción y mercado, rentabilidad y satisfacción de las necesidades básicas. Finalmente, la insostenibilidad tiene sus bases en la equidad social, productividad ecológica y económica y la estabilidad ecológica.

En el caso de limón, Santisteban (2016) evaluó la sustentabilidad de las fincas productoras de limón Sutil, y halló que para la sustentabilidad general solo el 24.04 por ciento de las fincas eran sustentables, y para la sustentabilidad de fincas tipo el 36.3 por ciento son sustentables; y que los puntos críticos determinados fueron: diversidad de cultivos, comercialización y la alta dependencia de insumos externos.

Avantunde et al. (2018) señalan que el papel del ganado herbívoro en el apoyo a la sostenibilidad de los sistemas agrícolas en los que se encuentran es complejo y, a veces, contradictorio. En el África Subsahariana (SSA), la integración de la ganadería en los sistemas agrícolas es importante para la agricultura sostenible, ya que el reciclaje de nutrientes para la producción de cultivos a través del retorno del estiércol es un elemento central de los sistemas mixtos dominantes de cultivos y ganadería. Las prácticas agrícolas sostenibles en África subsahariana se han centrado en prácticas de intensificación que apuntan a aumentar la relación producto / insumo mediante el uso creciente de insumos, la introducción de nuevos insumos o el uso de insumos existentes de una nueva manera. La intensificación de la producción ganadera puede producirse a través de una mayor disponibilidad mejorada de forraje, ganancias en la producción genética, un mejor uso de residuos de cultivos y un mejor reciclaje de nutrientes en el estiércol.

La ganadería entrega muchos 'productos' en sistemas de pequeños agricultores en SSA, incluyendo la mejora de la seguridad alimentaria y nutricional, mayor reciclaje de materia orgánica y nutrientes y las modificaciones asociadas a la fertilidad del suelo, agregando valor a los residuos de cultivos convirtiéndolos en alimentos ricos en nutrientes, generación de ingresos y tracción animal. Las narrativas sobre los "males" del ganado o las consecuencias ambientales negativas han sido en gran medida determinadas por las condiciones de producción en el hemisferio norte, pero la producción ganadera en África subsahariana es una historia diferente.

En África subsahariana, el ganado es un componente integral de los sistemas agrícolas mixtos y desempeñan un papel clave en el sustento de los medios de subsistencia de gran parte de la población rural. No obstante, las consecuencias ambientales de la producción pecuaria en el continente no pueden ignorarse. Para mejorar la sostenibilidad agrícola en el África subsahariana, el desafío es optimizar el papel del ganado en los sistemas agrícolas mediante la maximización de los "bienes" del ganado y la minimización de los "males". Esto

puede ser a través de una mejor integración del ganado en los sistemas agrícolas, sistemas eficientes de manejo de nutrientes y la provisión del apoyo político e institucional necesario.

2.3.4. Evaluaciones de sustentabilidad en el Perú

En la selva alta del Perú, Merma y Julca (2012) hallaron que en la evaluación de la sustentabilidad de fincas del Alto Urubamba (selva alta) con cultivos principales como café, cacao, plátano, cítricos, papayo y mango son consideradas sustentables, mientras que las fincas cultivadas con coca y con el té, no son consideradas sustentables; y se probó además que los indicadores de sustentabilidad tipo multicriterio utilizados son válidos y adaptables al medio, debido a que son simples, confiables y replicables. Collantes y Rodríguez (2015) hallaron interdependencia entre las dimensiones social, ambiental y económica y que la adaptación y uso de indicadores es adecuada para detectar puntos críticos en la sustentabilidad de agroecosistemas, determinar causas y proponer alternativas de solución, a mediano plazo; además los agroecosistemas de palto y mandarina en Cañete son socialmente sustentables, pero la dimensión económica requiere mejorar la calidad y diversificación de productos para la venta, aunque ninguna de las fincas es ambientalmente sustentable.

Márquez et al. (2016), reportan que solo el 4.92 por ciento de las fincas de producción de café en forma convencional son sustentables, frente a un 39.34 por ciento para las fincas del sistema productivo orgánico. En el sistema orgánico, para la dimensión ambiental los valores de los indicadores de conservación de la vida del suelo, manejo de la biodiversidad y riesgo de erosión, fueron superiores al convencional, al igual que los valores de los indicadores conocimiento ambiental y tecnológico, integración social y satisfacción de necesidades básicas en la dimensión social y fue sustentable. En la dimensión económica, para el sistema orgánico, los valores de los indicadores de rentabilidad y de ingresos netos mensuales, son superiores al sistema convencional.

En valle costero, Ayora et al. (2017) señalan que se identificó cultivos predominantes como caña de azúcar, maracuyá, maíz duro amarillo, ají paprika, palto y maíz morado; de los cuales resultaron sustentables todos los cultivos menos ají paprika, en base a atributos socioeconómicos y técnico-productivos, y al método “tipo multicriterio” y el “método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales” que utiliza criterios de calidad de suelo y salud del cultivo. Barreto (2017), señala que para evaluar la

sustentabilidad de las parcelas agropecuarias tradicionales de la provincia de Carhuaz, Ancash, Perú, se usó una adaptación del “Análisis Multicriterio” y la información se obtuvo a través de una encuesta y se halló que la sustentabilidad económica, social y ambiental es diferente para cada zona y en los tres casos y en general es insostenible.

Contreras (2018), analizó el grado de sustentabilidad social, económico y ambiental del sistema de producción de papa, mediante el “Análisis multicriterio”, a productores de papa de las provincias de Barranca, Huaral y Cañete en la región Lima y determinó que el sistema de producción de papa en la región Lima no es sustentable.

2.4. LA COCHINILLA DEL CARMÍN (*Dactylopius coccus* COSTA)

2.4.1. Características generales

Dactylopius es el único género de la familia *Dactylopiidae* (Hemiptera: Coccoidea) y todas las 11 especies son parásitos de la cactáceas (Spodek et al., 2014); siendo la especie domesticada *D. coccus*, la de mayor importancia comercial, por el alto contenido de pigmento, con más de 20 por ciento de ácido carmínico (Portillo y Viguera, 2017). Así mismo, Portillo y Viguera (2006) señalan que en México se conocen 30 especies de *Opuntia* hospedantes de la cochinilla del carmín y que se identificaron seis especies: *Dactylopius bassi*, *D. ceylonicus*, *D. coccus*, *D. confusus*, *D. opuntiae* and *D. tomentosus*, además que cuatro órdenes de insectos son reportadas como entomófagas de la familia *Dactylopiidae*. Por otra parte, Spodek et al. (2014) mencionan que *Dactylopius coccus* es un hemíptero que se hospeda en opuntias y es importante para la humanidad porque es fuente de ácido carmínico, usado como colorante y también con propiedades antioxidantes y antimicrobianas y posibles usos en inmunología, tratamiento de aguas residuales y en celdas solares. Así el uso de pigmentos naturales esta nuevamente permitiendo el crecimiento de la producción de cochinilla del carmín con un amplio rango de tecnologías en países tropicales y subtropicales del mundo.

Las hembras y los machos de *D. coccus*, además del estado de huevo pasan por dos estadios inmaduros (**Figura 12**), siendo el tiempo del ciclo total de 90 a 128 días, dependiendo de la temperatura y otros factores. El huevo eclosiona en 15 a 20 minutos y se produce la ninfa I, como migrante por uno a tres días, para fijarse en la paleta de la tuna por 20 a 23 días. La hembra madura se forma después de la ninfa II y su periodo de pre-oviposición dura de 30 a 68 días, mientras que el de post-oviposición dura de 10 a 20 días; colocando un promedio de

419 huevos. Los machos en la ninfa II forman un cocón o capullo, dentro del cual forman la prepupa y pupa, daño lugar a un ciclo total de 51 a 63 días y una vida de tres días (Marín y Cisneros 1977).

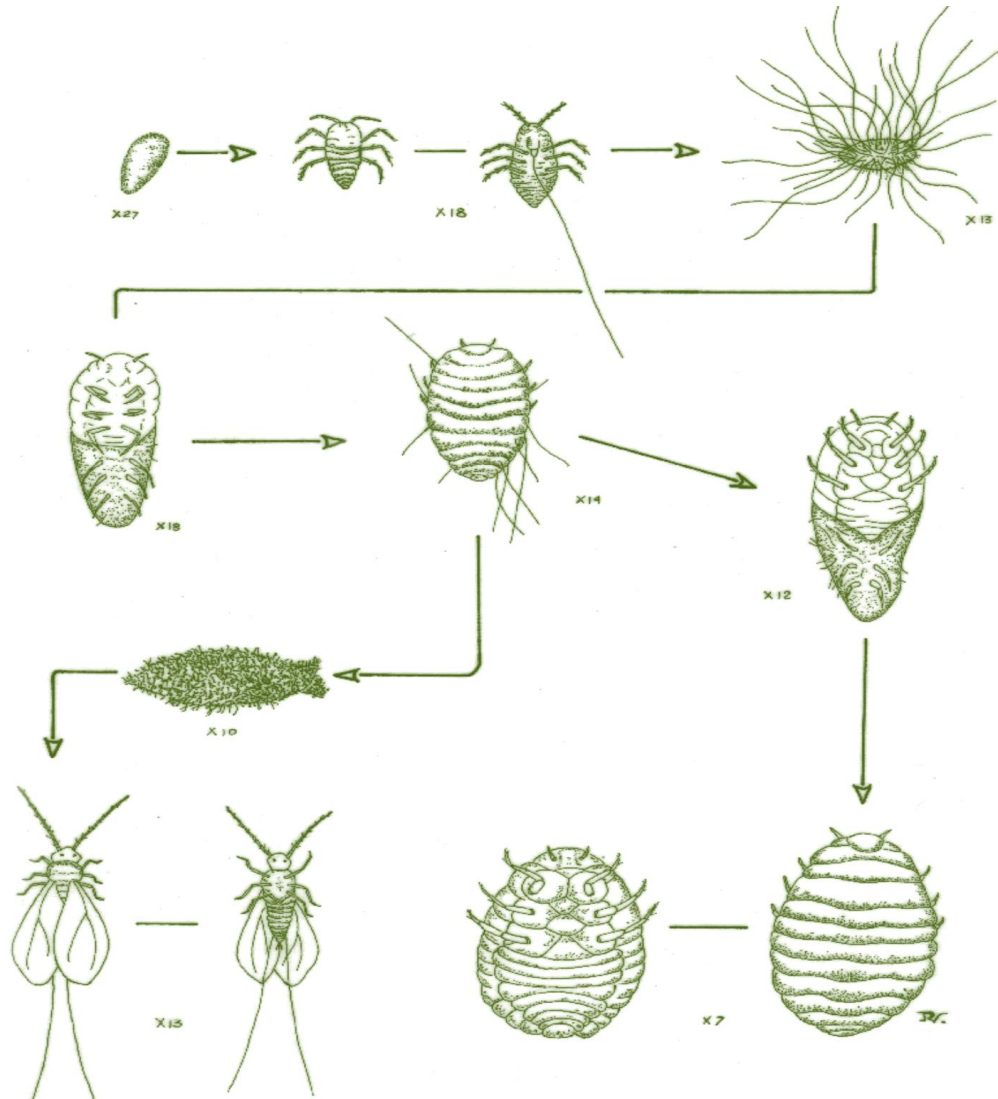


Figura 12. Ciclo biológico de *D. coccus* de huevo a adulto

Otros autores, como (Portillo y Viguera, 2017), señalan que los machos adultos son alados, muy móviles y más pequeños que las hembras, las que miden 6.24 mm, ápteras, ovaladas y estacionarias y cubiertas con un polvo ceroso. La ninfa I, móvil al inicio (24 horas) y sin cera, y cuando se fija a la planta inserta su aparato bucal y produciendo grandes filamentos de cera sobre su cuerpo, los que desaparecen en algunos días y dan lugar a un polvo ceroso en el cuerpo. La ninfa II, después de la primera muda, es de color rojo brillante y en pocas horas su cuerpo se cubre de cera. En las etapas ninfa I y ninfa II, no hay diferencia entre machos y hembras. La hembra pasa por otra muda sincronizada con la copula del macho,

aumenta su tamaño. Cada hembra produce 420 huevos, aunque el nivel de infertilidad de las hembras es de 10%. El macho de la cochinilla forma un capullo, del cual emerge con un aparato bucal no funcional y alas para movilizarse en busca de la hembra. Chávez-Moreno et al. (2009), señalan que todos los machos y hembras de *D. coccus*, en forma individual, están cubiertos por una secreción cerosa de aspecto algodonoso que los protege contra el ataque de predadores o del ambiente y se alimentan del jugo de las paletas de tuna.

Poco después de la eclosión (ninfa I) se inicia la producción de cera y el insecto queda cubierto de un polvo ceroso y después de algunos minutos hasta dos o tres días la ninfa se fija a la planta y empieza a alimentarse; en la segunda muda (ninfa II) el tamaño es casi el doble de la ninfa I y con un color rojo oscuro brillante y paulatinamente se diferencia el macho de la hembra. Los machos forman una especie de capullo, dentro del cual se producirá la segunda, tercera y cuarta muda. En la hembra el tamaño de su cuerpo puede cuadruplicarse de madura hasta oviplena (Rodrigo et al., 2010), siendo la fecundidad real por hembra de *D. coccus* y los individuos remanentes en el ovario fueron de 147.13 y 184.48 individuos, respectivamente; mientras que la fecundidad potencial calculada fue de 331.62 ovocitos u ovariolas por hembra (Ramírez-Cruz y Llanderal-Cázares, 2013).

Portillo y Viguera (2017), señalan que factores de origen abiótico afectan a la cochinilla del carmín como: la temperatura que altera la duración del ciclo biológico y deshidratación de ninfas; la lluvia que conlleva a la eliminación del 100 por ciento de cochinillas, sofocación, dificultad para la fijación y desarrollo; el viento que limita la fijación, aumenta la dispersión y arrastre de ninfas; la luz que influye en el movimiento de las ninfas y permite su crecimiento y desarrollo; el granizo, que provoca la caída de la cochinilla al suelo; y las heladas que pueden eliminar el 50 por ciento de la cochinilla.

Las altas temperaturas pueden causar la muerte de ninfas recién emergidas, especialmente; la radiación solar o luminosidad tiene relación estrecha con la temperatura y se recomienda regularla con sombreado, a mayor temperatura mayor sombra. La lluvia puede separar o desprender a los insectos de la paleta de tuna y el viento puede arrastrar al insecto evitando el establecimiento de las ninfas recién emergidas o desprender a las hembras en etapas finales e impedir la fecundación de los machos (Aldama-Aguilera et al., 2005); mientras que en invernadero Russo et al. (1999), hallaron que los factores climáticos tienen fuerte influencia en la biología de *D. coccus* y que las ninfas del primer instar son negativamente fototácticas,

lo que provoca que se establezcan en partes de las paletas o cladodios protegidos de la radiación solar directa, y que la temperatura y la humedad también afectan la duración y mortalidad de cada instar. Tello y Vargas (2015), hallaron que con fotoperiodo de 16 horas de luz artificial (luz visible de 450-700 nanómetros) la concentración de ácido carmínico llegó a 23.6 por ciento en un lapso de 94 días; con un fotoperiodo de 20 horas diarias de luz visible, no llegó a completar su ciclo. Las hembras maduras y ovipositoras se recogen o cosechan y son las que poseen el pigmento en mayor cantidad (Sáenz et al., 2006); el cuerpo seco de las hembras de *D. coccus* es rico en ácido carmínico (Mazzeo et al., 2016).

Los enemigos naturales de *Dactylopius coccus* encontrados en México fueron *Baccha* sp., *Laetilia coccidivora* Comstock, *Hyperaspis trifurcata* Shaeffer, *Sympherobius* sp., y *Dactylopius opuntiae* Cockerell como competidor (Aldama-Aguilera et al., 2005); mientras que Vigueras y Portillo (2014), reportan a *Laetilia coccidivora* Comstock (Lepidóptera: Pyralidae), *Eosalpingogaster cochenillivora* Guerin-Meneville (Díptera: Syrphidae), *Sympherobius amicus* Fitch (Neuróptera: Hemerobidae), *Hyperaspis trifurcata* Schaeffer (Coleóptera: Coccinellidae), *Chilocorus cacti* Lineo (Coleóptera: Coccinellidae), *Leucopis bellula* (Díptera: Syrphidae); y en Perú y Bolivia se reporta a *Allograpta* sp. (Díptera: Syrphidae) como depredador de *D. coccus* (Flores-Flores y Tekelenburg, 1995).

2.4.2. Producción de la cochinilla del carmín

La producción de la cochinilla del carmín o grana, es una explotación de tipo agrícola-biológico, pues el insecto es un parásito de la tuna. *D. coccus*, produce un colorante natural de color rojo intenso usado en reemplazo de los colorantes sintéticos; en la que se recogen las hembras maduras y ovipositoras, que son las que poseen el pigmento en mayor cantidad (19-22 por ciento de ácido carmínico) (Sáenz et al., 2006).

El ácido carmínico extraído de *D. coccus* es utilizado para dar colores rojos o naranjas a diversos alimentos, fármacos, cosméticos, dulces, goma de mascar, gelatinas, mermeladas, sopas, salsas, productos de la panificación, bebidas alcohólicas con bajo pH, barniz para el surimi o el Campari, en zumos de frutas, yogur, helados o confituras (Mamani y Mamani, 2015); preparación de tortas, salsas, rellenos de galletas, conservas, bebidas, productos del pan, coberturas de píldoras y tabletas, coloración de jarabes, pastas dentales, productos homeopáticos, barras de labios, cremas de base, sombras de ojos, polvos, cremas, perfumes, teñido de lana y seda, pinturas al agua y al óleo, o pintado de un fresco, indicador de pH,

determinación de tungsteno, molibdeno y boro, para colorear células, glicógeno, ácido mucopolisacárido, núcleo de la célula, y cromosomas de la planta (Méndez-Gallegos et al., 2003).

Según la Asociación de Exportadores (2017), el Perú produce el 90 por ciento de la cochinilla del mundo y la región Arequipa concentra el 70 por ciento de la producción nacional, siendo el 60 por ciento proveniente del Distrito de La Joya.

El cultivo de la tuna para cochinilla del carmín consume tres veces menos agua que la mayoría de cultivos tradicionales y requiere aproximadamente un jornal por día; siendo en La Provincia de Arequipa (distritos La Joya y Santa Rita de Siguan) donde se cultiva la tuna para cochinilla del carmín en terrenos agrícolas, obteniéndose mayores rendimientos y mayor contenido de ácido carmínico (Lozada, 2005). Por otro lado, para el cultivo de tuna y producción de cochinilla del carmín se sugiere aplicar 30 t ha⁻¹ de estiércol a la instalación y cada año adicionar 10 t ha⁻¹; mientras que el consumo de agua por campaña año de cinco a seis mil m³ (sistema de goteo) y requerimientos nutricionales, en kg ha⁻¹, de 400-500; 100-150; 100-150; 100-150; 25-50; 25-50 de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, azufre y calcio respectivamente (Díaz, 2005).

El cultivo de la tuna para la producción de cochinilla del carmín como colorante natural es una actividad desarrollada en Perú y México prehispánica; y se ha demostrado que este insecto ha sido domesticado en Sudamérica (Rodríguez y Niemeyer, 2000), aunque Van Dam et al. (2015) reporta que en base a datos de mtADN y modelos de nicho climático el origen es mexicano.

Loayza de Vinatea y Zegarra (2015), señalan que el distrito de La Joya, en Arequipa, concentra el 80 por ciento de la producción total de cochinilla del Perú y es un lugar adecuado para el cultivo de la tuna y posee un clima perfecto como habitat para la cochinilla y su reproducción.

Así, el proceso de producción en La Joya se inicia con la plantación de la tuna a densidades variables y aproximadamente 6 meses después de la instalación del campo se realiza la primera infestación artificial. En campos comerciales, ya instalados, se inicia después de la segunda cosecha o “poda”, con la limpieza del terreno de restos de cosecha y de malezas,

abonamiento, riego y otras actividades para la inducción al brotamiento y crecimiento de nuevas paletas de tuna; paletas sobre las que se debe realizar la infestación artificial de *D. coccus* y cuando estas alcancen edades entre 4 a 6 meses. En sí, el proceso de producción completo, incluye:

- Infestación artificial, generalmente, fijando infestadores de cartón (llamados “sobres”) sobre las paletas de tuna; infestadores, en cuyo interior se colocan, por lo general, 40 hembras maduras oviplenas oviposistantes de *D. coccus* (llamadas “madres”); así mismo, las plantas de tuna infestadas, con frecuencia se sombrean con malla raschell de color negro con 50 por ciento de paso de luz, durante un tiempo promedio de 40 a 45 días.
- Después de 40 a 45 días de la infestación se procede al recojo de la malla raschell y de los infestadores, en cuyo interior se encuentran hembras muertas y secas, las cuales son separadas para su posterior comercialización.
- Aproximadamente cuatro meses después de la infestación artificial, se procede a la primera cosecha o recojo de hembras oviplenas en oviposición, con la ayuda de una cuchara sopera, por lo que la actividad es llamada “cuchareo”. Por otra parte, es necesario señalar que esta cosecha se realiza cuando hay una población suficiente de ninfas establecidas en las paletas, producto de la oviposición de hembras oviplenas y que puedan desarrollarse para la siguiente cosecha. Así mismo y con la finalidad de asegurar la infestación se dejan de recoger algunas hembras oviplenas para que continúe la oviposición o se da el caso hembras que no se pueden recoger por falta de accesibilidad en las paletas de la tuna y que siguen ovipositando. Las hembras oviplenas oviposistantes obtenidas en la primera cosecha por lo común son utilizadas para nuevas infestaciones artificiales o también pueden ser venteadas para su limpieza, muerte, secado al sol, clasificación y comercialización.
- Cerca de los 90 días después de la primera cosecha o 210 días después de la infestación inicial, se procede a la segunda cosecha; en la cual, con la ayuda de un cuchillo se corta la paleta infestada y con una escobilla se barre la cochinilla establecida en la paleta de tuna hacia un depósito, actividad denominada “poda”. La cochinilla de la segunda

cosecha también es venteada al igual de la cochinilla de la primera cosecha, pero normalmente no se utiliza para nuevas infestaciones artificiales.

- En el venteado se separa la cochinilla del llamado “polvillo” (restos de cera del insecto en forma de polvo, ninfas de *D. coccus* y restos de la planta), llamados “polvillo de cuchareo”, para el caso de la primera cosecha, y “polvillo de poda”, para el caso de la segunda cosecha. La cantidad de ninfas es mayor en el polvillo de “cuchareo” o primera cosecha. En La Joya, muy pocos productores, utilizan “polvillo” para la infestación artificial de la cochinilla del carmín (la mayoría lo vende en fresco o después de secarlo), y los que lo hacen generalmente lo colocan a manera de fertilizante, en la base de la planta, para que las ninfas migrantes suban hasta las paletas de la tuna para su establecimiento.
- Otras formas de infestación, en muy baja frecuencia, es colocar paletas de tuna infestadas y con hembras oviplenas y ovipositantes sobre paletas sin infestar. También ocurre una forma de infestación natural, cuando en las paletas cortadas durante la poda y colocadas en el suelo, contienen ninfas y estas al completar su ciclo de desarrollo y convertidas en hembras oviplenas producen ninfas que realizan una infestación natural.

El proceso común de producción consiste en infestar artificialmente campos de tuna con paletas de 4 a 6 meses de edad, cuatro meses después se lleva a cabo el “cuchareo” o primera cosecha y aproximadamente tres meses después de realiza la segunda cosecha o “poda”. Se dan muy pocos casos en los que se realiza una sola cosecha o “poda”, después de la infestación artificial.

Se han desarrollado trabajos de investigación en el Distrito de la Joya sobre infestación artificial de la cochinilla del carmín. El “polvillo de cuchareo” contiene una gran cantidad de ninfas, como lo señala Cárdenas (2014), quien contó hasta 6000 ninfas por gramo de “polvillo de cuchareo”; mientras que Paredes (2014), contabilizó 1500 ninfas. En la Joya se efectuaron algunos trabajos de investigación sobre el uso del “polvillo de cuchareo”, cantidad de hembras oviplenas y uso de sombreado para la infestación artificial de la cochinilla del carmín. Así se halló que el número de hembras maduras oviplenas, más eficiente, por infestador fue de 20 y que el mejor nivel de sombreado resultó con malla

raschell de 50 por ciento de paso de luz por un tiempo de 40 días después de la infestación artificial (Chambi, 2012), semejante a lo reportado por Paredes (2014), quien señala que la malla raschell más adecuada es de 50 por ciento por un tiempo de 35 días; por otro lado Diodato et al. (2009) hallaron que la cantidad óptima a usar en los nidos de infestación fue de 15 cochinillas oviplenas. Con relación a la mejor cantidad de “polvillo de cuchareo” por infestador fue de 2 gramos con 12 000 ninfas g^{-1} , lo que produjo los mejores rendimientos (Cárdenas, 2014).

Campos-Figueroa y Llanderal-Cazares (2003), señalan que la producción de la grana cochinilla al aire libre es afectada por factores como la especie y variedad de nopal, el estado fisiológico y nutricional de la planta, la edad de las pencas y la presencia de plagas y enfermedades del nopal (afecta la calidad de la penca y la superficie para infestación), temperaturas extremas, lluvia, vientos, etc.

En cuanto a los rendimientos, Anculle et al. (2017) reportan un rendimiento de cochinilla seca para el Distrito de la Joya entre 612 y 477 $kg\ ha^{-1}$; mientras que Ayñayanque (2003) menciona que para la tuna ‘Morada’ en caso de la primera cosecha, un contenido de contenido de ácido carmínico de 16.9 por ciento. Cárdenas (2014), para la primera cosecha halló que el rendimiento en fresco para 2 g de polvillo (12 000 ninfas) por infestador y 40 hembras oviplenas (testigo) fue de 1893.3 y 960.0 $kg\ ha^{-1}$, respectivamente; mientras que el rendimiento de cochinilla del carmín seca y contenido de ácido carmínico, para 2 g de polvillo por infestador y para 40 hembras por infestador fue de 484.5 y 16.8 por ciento, y 300.7 $kg\ ha^{-1}$ y 16.4 por ciento, respectivamente. Chambi (2012) en tuna ‘Morada’ y para la primera cosecha halló que el rendimiento en seco (311.5 $kg\ ha^{-1}$) fue mayor con sombreado de malla rashell de 50 por ciento de paso de luz, una relación peso fresco-peso seco de 2.77, 18.4 por ciento de ácido carmínico y mayor rentabilidad. Anculle-Gómez y Anculle-Gómez (2017), en La Joya, Arequipa, para cosechas de noviembre y de diferentes procedencias y características de producción, hallaron que la relación peso fresco-peso seco, para la primera cosecha, varió de 2.39 a 3.2; mientras que para la poda fue de 1.75 a 2.69; mientras que el contenido de ácido carmínico osciló de 17.80 a 20.62 y de 19.37 a 21.78, para la primera y segunda cosecha, respectivamente. Así mismo reportan rendimientos de cochinilla del carmín fresca de 1068 a 1143 y 725 a 807 $kg\ ha^{-1}$, para la primera y segunda cosecha, respectivamente; y en seco de 398 a 402 y 231 a 246 $kg\ ha^{-1}$, para la primera y segunda cosecha, respectivamente.

Méndez-Gallegos et al. (2003) reportan que el contenido de ácido carmínico de la cochinilla del carmín varía de 10 a 25 por ciento, mientras que Coronado-Flores et al. (2015), en invernadero reportan contenidos de ácido carmínico de 21.58 por ciento con fertilización química-orgánica comparado con la urea con solo 16,74 por ciento y que la urea conlleva a menor contenido de oxalatos en la paleta y menor grosor de la cutícula, que favorece el establecimiento del insecto. Salinas (2004) reporta contenidos de ácido carmínico entre 22.9 y 15.2 por ciento; relación peso fresco-peso seca promedio fue de 3.7; mientras que Serrato et al. (2016) reportan que el contenido de ácido carmínico fue de 19.54 por ciento \pm 0.748 para la cochinilla seca y para los estados ninfa I fue de 9.08 por ciento \pm 0.611 y para ninfa II fue de 15.899 por ciento \pm 0.518. Marín (1993) en la costa peruana halló que en verano-otoño (enero a junio) sobrevivió más del 50 por ciento de ninfas neonatas y en primavera e invierno (julio a septiembre) solo de 10 a 15 por ciento, y que llegaron a adultos; y otros autores (Sáenz et al., 2006) entre 19-22 por ciento de ácido carmínico; mientras que Tovar et al. (2008) afirman que la concentración de nitrógeno y zinc favorecen el rendimiento del *D. coccus*.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El estudio para la caracterización y evaluación de la sustentabilidad de fincas productoras de tuna para la producción de cochinilla del carmín, se realizó en el Distrito de La Joya (**Figura 13**), Provincia y Región Arequipa, ubicado al Oeste de la ciudad de Arequipa (a 60 km, aproximadamente). La altitud varía de 1 169 y 1 665 metros sobre el nivel del mar (en promedio 1 286); la superficie total es de 670.22 km² y se ubica a 16° 43' 34" S y 71° 51' 40" W. La temperatura media anual es de 18.5 °C, la mínima media de 9.8°C y la máxima media de 26.5°C. La humedad relativa es de 29.5 y 20.1 por ciento, en el aire y suelo, respectivamente. Los vientos son alisios, de día soplan de sur a norte y de noche de norte a sur. La radiación solar media anual es de 508 W m⁻² con una máxima de 1060 W m⁻².



Figura 13. Mapa político del distrito de La Joya (marcado con asterisco), en la provincia de Arequipa, región Arequipa (Perú).

El distrito de La Joya, es parte de la cuenca de los ríos Chili-Quilca y se encuentra en la zona de vida Desierto Sub Tropical; el clima es extremadamente árido y semicálido; los suelos agrícolas son de origen aluvial y están ubicados en la zona plana de la llanura aluvial, con un relieve topográfico de ondulado a plano, pendiente de 2 a 4 por ciento (dirección este-oeste), contenido de materia orgánica mínimo a medio, textura arena franca a franco arenoso, sin problemas de drenaje y salinidad, y permeabilidad moderada a rápida; precipitaciones muy escasas (promedio anual 1.8 mm); y finalmente el área cultivada es de 10 193 ha (67 y 35 por ciento con cultivos permanentes y transitorios, respectivamente), de las cuales 8 848 ha tienen riego (MINAGRI-ANA, 2008).

El clima de las zonas comprendidas entre los 0 y los 2 000 metros sobre el nivel del mar, al no tener temperaturas inferiores a 6°C ni mayores a 35°C, asemejan a un gran invernadero en condiciones naturales (Jiménez et al., 2002), afirmación que concuerda con lo reportado por el MINAGRI-ANA (2008) quienes señalan que, en esta zona, las condiciones climáticas uniformes durante el año y las fuentes de agua de un sistema de represas brindan ventajas comparativas naturales extraordinarias para la explotación de una gran variedad de cultivos, en las diferentes épocas del año.

El distrito de La Joya está conformado por las irrigaciones La Joya Antigua, El Triunfo, La Cano, San Isidro y San Camilo; agrupadas en dos juntas de usuarios: La Joya Antigua, que la integra la irrigación La Joya Antigua y El Triunfo; y La Joya Nueva, que la integran las irrigaciones La Cano, San Isidro y San Camilo. Las dos juntas de usuarios utilizan agua de riego del sistema de represas del río Chili.

El estudio para las evaluaciones de algunas mejoras tecnológicas para la infestación artificial de la tuna con la cochinilla del carmín, se llevó a cabo en la irrigación La Cano, en el lateral 6, lote 172 B, distrito de La Joya (Provincia y Región Arequipa), la cual está localizada entre las coordenadas 16° 54' 54" S y 71° 93' 56" W; y 1200 msnm.

3.2. MATERIALES

Para las evaluaciones de la caracterización y la sustentabilidad se utilizó cámaras fotográficas; información estadística, meteorológica y publicaciones; cartillas de evaluación; relación de productores de cochinilla del carmín; computadora; materiales de oficina y de impresión; y una unidad móvil. ★

En las evaluaciones de algunas mejoras tecnológicas para la infestación artificial de la tuna con la cochinilla del carmín se utilizaron hembras ovíparas en oviposición; “polvillo de cuchareo” (obtenido del venteo de hembras ovíparas en oviposición); malla raschell de color negro y con 50 por ciento de paso de luz; infestadores de cartón o “sobres”; cucharas soperas para el recojo de hembras ovíparas o primera cosecha; cuchillos para la “poda” o segunda cosecha; escobillas para el barrido de la cochinilla del carmín; tinas de plástico para venteo y muerte de las hembras ovíparas; y malla arpillera negra para el secado por exposición al sol y balanza para el pesado.

3.3. POBLACIÓN Y TAMAÑO DE MUESTRA

El distrito de La Joya se registraron 819 productores de cochinilla del carmín, de la que se tomó una muestra ($n = 252$) usando la fórmula propuesta por INCAGRO (2006). Los 252 agricultores encuestados se repartieron de la siguiente manera: 89 en La Joya Antigua, 20 en El Triunfo, 75 en La Cano y 68 en San Isidro, no se consideró a San Camilo porque solo se tenía registrado un productor e cochinilla del carmín. La muestra se tomó al azar y de acuerdo a la siguiente fórmula propuesta por INCAGRO (2006), con un nivel de confianza de 95 por ciento:

$$n = \frac{\frac{4PQ}{d^2}}{\frac{\frac{4PQ}{d^2} - 1}{N} + 1}$$

n: tamaño de muestra

N: tamaño de la población en estudio

P: proporción de la población que cumple una condición (0.5)

Q: (1-P) proporción de la población que no cumple la condición (0.5)

d: porcentaje de error 10 por ciento (0.10)

3.4. MÉTODOS

Los métodos empleados se describen por separado para la caracterización, sustentabilidad y la evaluación de mejoras tecnológicas.

3.4.1. Caracterización de fincas productoras de tuna (*Opuntia ficus indica*) para la producción de cochinilla del carmín (*Dactylopius coccus*) en La Joya, Arequipa, Perú

La información necesaria para la caracterización biofísica y de prácticas de manejo del cultivo de tuna para la producción de cochinilla del carmín se obtuvo mediante encuestas (**Anexo 1**) a los productores de cochinilla del carmín.

En las encuestas se solicitó información sobre el cultivo de la tuna como época de plantación, material de propagación, cultivares empleados, densidad de plantación, periodo de rotación, rendimiento, plagas, riego, abonamiento; y del proceso de infestación (cantidad de madres ovíparas por ha), protección (sombreado), cosecha (recojo de madres ovíparas), muerte, secado, clasificación y comercialización. La información obtenida permitió además analizar las semejanzas entre las zonas mediante un dendograma y determinar los tipos de parcelas presentes.

La elaboración de la encuesta se utilizó un formato empleado en estudios similares en otras zonas del país y adaptadas al cultivo de tuna y la producción de la cochinilla del carmín. La participación del productor fue frecuente durante todo el proceso de investigación, a través de consultas y reuniones con ellos.

3.4.2. Evaluación de la sustentabilidad de fincas productoras de *Opuntia ficus indica* para la producción de *Dactylopius coccus*, en La Joya, Arequipa, Perú

Para determinar la sustentabilidad de las parcelas productoras de cochinilla del carmín, se utilizó el marco de evaluación MESMIS (Astier y Gonzales, 2008; Masera et al., 2008; Speelman et al.; 2008; y Astier et al., 2012); y el método del análisis multicriterio (Sarandón et al., 2002; Sarandón et al., 2006; Sarandón y Flores, 2009; y Sarandón et al., 2014). En ambos casos se evaluó las dimensiones económica, sociocultural y ambiental.

La colecta de datos se hizo mediante encuestas (Anexo 2) a los productores de cochinilla del carmín, solicitando información para los indicadores de las cuatro zonas en estudio. La información obtenida se analizó en forma cuantitativa y cualitativa, y una representación gráfica de AMEBA, recomendada por el marco MESMIS y para el método del multicriterio. El análisis, finalmente condujo a la determinación del nivel de sustentabilidad y de los puntos críticos del sistema y al planteamiento de una propuesta de mejoras.

a. Construcción de indicadores

En el caso del marco del MESMIS, se basó en lo propuesto Astier y Gonzales (2008), Masera et al. (2008), Speelman et al. (2008) y Astier et al. (2012); quienes, además de las dimensiones de la sustentabilidad, consideran los atributos, criterios de diagnóstico, fortalezas y debilidades y los correspondientes indicadores que se utilizaron para el presente estudio; como se muestra en la **Tabla 8**.

Los indicadores para el método del análisis multicriterio se basaron en las propuestas Sarandón et al. (2002), Sarandón et al. (2006), Sarandón y Flores (2009) y Sarandón et al. (2014); y se consideran las dimensiones económica, sociocultural y ambiental (**Tabla 9**).

Para ambos métodos los indicadores también se construyeron en base a experiencias en el Perú y en otros países.

b. Estandarización

La estandarización para el marco MESMIS fue estableciendo una escala de 1 a 9, para cada indicador, con valores intermedios de 1, 3, 5, 7 y 9. Así, el valor de 1 corresponde al valor más bajo de sustentabilidad y el valor de 9 al valor más alto de sustentabilidad.

En el caso del método del análisis multicriterio, para cada indicador se estableció una escala de 0 a 4; siendo 0 el de menor grado de sustentabilidad y 4 el de mayor grado.

Por otro lado, para el análisis multicriterio, se determinó el peso o factor a multiplicar por el valor del indicador; peso o factor que se definió según la importancia del indicador. Así mismo, en esta determinación, también participaron los actores involucrados como los productores de cochinilla del carmín.

Tabla 8: Dimensión e indicadores utilizados para la evaluación de la sustentabilidad por el método del análisis multicriterio.

Dimensión	Indicadores
Económica	Ingresos netos por ha
	Otras fuentes de ingreso
	Comercialización
	Dependencia de insumos externos
	Nivel de autofinanciamiento
Sociocultural	Calidad de vivienda
	Robos en el año
	Aceptación del sistema productivo
	Asistencia a eventos de capacitación
	Generación de prácticas y conocimientos
	Familiares dependientes
	Capacidad de proporcionar empleo
	Grado de democratización familiar
	Participación en organizaciones
	Tenencia de la tierra
Ambiental	Rendimiento
	Calidad del agua de riego y del suelo
	Riesgo de erosión del suelo
	Eficiencia del uso del agua de riego
	Incorporación de terrenos a la agricultura
	Uso de agroquímicos
	Incorporación de materia orgánica
	Diversidad biológica utilizada
	Pérdidas por plagas
	Protección a la salud del trabajador

Tabla 9. Dimensión, atributos, criterios de diagnóstico, fortalezas y debilidades e indicadores económicos, socioculturales y ambientales utilizados para la evaluación de la sustentabilidad con el marco MESMIS

Dimensión	Atributo	Criterios de diagnóstico	Fortalezas y debilidades	Indicadores
Económica	Productividad	Eficiencia económica	Eficiencia económica media	Ingresos netos por hectárea
	Estabilidad Resiliencia Confiabilidad	Diversidad	Baja diversidad económica	Otras fuentes de ingreso
		Vulnerabilidad	Alta vulnerabilidad económica	Comercialización
	Autogestión	Autosuficiencia	Alta dependencia de insumos externos Autofinanciamiento medio	Dependencia de insumos externos Nivel de autofinanciamiento
Socio-cultural	Estabilidad Resiliencia Confiabilidad	Calidad de vida	Calidad de vida media	Calidad de vivienda
		Inseguridad ciudadana	Robos frecuentes alto	Robos en el año
		Aceptabilidad del sistema productivo	Alta aceptación del sistema productivo	Aceptación del sistema productivo
	Adaptabilidad	Fortalecimiento del aprendizaje	Baja capacitación	Asistencia a eventos de capacitación
		Capacidad de innovación	Capacidad de innovación media	Generación de prácticas y conocimientos
	Equidad	Distribución de beneficios	Alta distribución de beneficios	Familiares dependientes
		Empleo	Alta generación de empleo	Capacidad de proporcionar empleo
		Democratización	Participación familiar en la toma de decisiones media	Grado de democratización familiar
	Autogestión	Participación	Baja participación en organizaciones	Participación en organizaciones
		Control	Alto derecho de propiedad	Tenencia de la tierra
Ambiental	Productividad	Eficiencia productiva	Baja eficiencia productiva	Rendimiento
	Estabilidad Resiliencia Confiabilidad	Conservación de recursos	Calidad del suelo y del agua de riego media	Calidad del agua de riego y del suelo
			Baja erosión del suelo	Riesgo de erosión del suelo
			Eficiencia del uso del agua de riego medio	Eficiencia del uso del agua de riego
			Incorporación de terrenos a agricultura baja	Incorporación de terrenos a la agricultura
			Bajo nivel de agroquímicos aplicados	Uso de agroquímicos
			Incorporación de materia orgánica media	Incorporación de materia orgánica
		Diversidad	Baja diversidad biológica utilizada	Diversidad biológica utilizada
	Vulnerabilidad	Baja vulnerabilidad vegetal	Pérdidas por plagas	
		Vulnerabilidad a la salud del trabajador de campo alta	Protección a la salud del trabajador	

c. Descripción y ponderación de los indicadores para el método del análisis multicriterio

Para la dimensión económica:

A1.-Ingresos netos por ha año (en dólares americanos): se consultó a cada productor sobre los ingresos netos obtenidos en el momento de la encuesta, en soles, los que fueron transformados a US \$ dólares americanos a un tipo de cambio de 3.40 soles por dólar americano, promedio entre diciembre de 2015 y enero de 2016, momento en el que se llevó a cabo la encuesta. Los valores del indicador fueron, en US \$: menos de 1875 (0); de 1875 a 3750 (1); de 3750 a 5625 (2); de 5625 a 7500 (3); más de 7500 (4).

A2.-Otras fuentes de ingreso: que otras fuentes de ingreso tiene el productor además de los ingresos por cochinilla del carmín. Los valores fueron: una sola (cochinilla del carmín) (0); dos (1); tres (2); cuatro (3); y más de cuatro (4).

A3.-Dependencia de insumos externos: que proporción (por ciento) de los insumos utilizados en la producción de la cochinilla del carmín son externos a la parcela. Los valores fueron: del 76 al 100 (0); del 51 al 75 (1); del 26 al 50 (2); menos del 25 (3); no compra insumos externos (4).

A4.-Comercialización: se mide las condiciones de venta y a quien. Los valores fueron: cochinilla fresca, a intermediario minorista (0); cochinilla seca, sin clasificar, a intermediario minorista (1); cochinilla seca, clasificada, a intermediario minorista (2); cochinilla seca, clasificada, a intermediario mayorista (3); cochinilla seca, clasificada, a exportador (4).

A5.-Nivel de autofinanciamiento: mide que por ciento del capital empleado para la producción de la cochinilla del carmín es propio del agricultor. Los valores fueron: no usa sus recursos propios (0); de 1 a 25(1); de 26 a 50 (2); de 50 a 75 (3); más de 75 (4).

Para la dimensión sociocultural:

B1.-Calidad de vivienda: referido al material de construcción de su vivienda. Los valores fueron: construcción de adobe, calamina, estera, etc. (0); construcción de sillar, cemento, fierro, techo y acabados (1); construcción de sillar cemento, fierro, techo y acabados (2);

construcción de ladrillo cemento, fierro, techo y acabados (3); construcción de ladrillo cemento, fierro, techo con acabados (4).

B2.- Robos en el año: medido por el número de veces que ha sufrido robos de la cochinilla del carmín. Los valores fueron: más de una oportunidad (0); en una oportunidad (1); más de un intento de robo (2); intento de robo (3); no ha sido sujeto de robo (4).

B3.- Aceptación del sistema productivo: el grado de satisfacción del productor. Los valores fueron: decepcionado (0); parcialmente satisfecho (1); satisfecho (2); muy satisfecho (3); muy satisfecho y no cambiaría de actividad (4).

B4.- Asistencia a eventos de capacitación en un año: la frecuencia de asistencia. Los valores fueron: no asistió a ninguno (0); asistió de 1 a 2 eventos (1); asistió de 3 a 4 eventos (2); asistió de 4 a 5 eventos (3); asistió a más de 5 eventos (4).

B5.- Generación de prácticas y conocimientos: conocimiento de cuántas prácticas nuevas de cultivo y de manejo de la cochinilla, se han generado con la actividad. Los valores fueron: ninguna práctica (0); una práctica (1); dos prácticas (2); tres prácticas (3); más de tres prácticas (4).

B6.- Familiares dependientes: la cantidad de familiares que dependen de la actividad. Los valores fueron: un solo familiar (0); de 2 a 3 familiares (1); de 4 a 5 familiares (2); de 6 a 7 familiares (3); más de 7 familiares (4).

B7.- Capacidad de proporcionar empleo: cuantos empleos genera la actividad por ha y por año. Los valores fueron: no contrata jornales (0); de 1 a 60 jornales (1); de 61 a 120 (2); de 121 a 180 jornales (3); más de 180 jornales (4).

B8.- Grado de democratización familiar: mide si la toma de decisiones en la familia es individual o familiar. Los valores fueron: el jefe de familia toma mayoría de decisiones (0); menos de la mitad de la familia toma mayoría de decisiones (1); la mitad de la familia toma la mayoría de decisiones (2); más de la mitad de la familia toma la mayoría de decisiones (3); todos los integrantes la familia toma la mayoría de decisiones (4).

B9.- Participación en organizaciones: medido por el número de organizaciones en las que participa tanto para la producción y comercialización de la cochinilla (asociatividad), como de otras organizaciones, y con los siguientes subindicadores:

B91.-Organizaciones para producir y comercializar cochinilla. Los valores fueron: ninguna (0); de 1 a 2 (1); de 3 a 4 (2); de 5 a 6 (3); más de seis (4).

B92.-Organizaciones comunitarias a las que pertenece. Los valores fueron: ninguna (0); una (1); dos (2); tres (3); más de tres (4).

B10.- Tenencia de la tierra: si es propietario u otra forma de tenencia de la tierra. Los valores fueron: “Al partir” (los costos y utilidades se comparten en partes iguales entre el “partidario” y el dueño de la parcela) (0); arrendatario o en anticresis (1); posesionario (2); propietario por compra (3); propietario por herencia (4).

Para la dimensión ambiental

C1.- Rendimiento: medido en términos de cantidad de cochinilla seca por ha y el contenido de ácido carmínico, por los siguientes subindicadores:

C11.- Rendimiento de cochinilla seca (kg ha^{-1}). Los valores fueron: menos de 200(0); de 201 a 400(1); de 401 a 600(2); de 601 a 800(3); más de 800 (4).

C12.- Contenido de ácido carmínico (por ciento). Los valores fueron: menos de 18 (0); de 18.1 a 20.0 (1); de 20.1 a 22.0 (2); de 22.1 a 24.0 (3); más de 24.0 (4).

C2.- Calidad del aguade riego y del suelo: en base a análisis de laboratorio y medido por los siguientes subindicadores:

C21.- Conductividad eléctrica (agua de riego, dS m^{-1}). Los valores fueron: más de 2.25(0); de 0.76 a 2.25(1); de 0.41 a 0.75(2); de 0.11 a 0.40 (3); menos de 0,1(4).

C22.- Conductividad eléctrica (suelo, dS m^{-1}). Los valores fueron: más de 8.0 (0); de 4.1 a 8 (1); de 2.0 a 4.0(2); de 0.6 a 2.0(3); menos de 0.5(4).

C23.-Materia orgánica (suelo, por ciento). Los valores fueron: menos de 0.9(0); de 1.0 a 1.9 (1); de 2.0 a 2.5 (2); de 2.6 a 3.5 (3); más de 3.6 (4).

C24.-Potasio cambiante (ppm): Los valores fueron: menos de 61 y más de 175(0); de 62 a 90(1); de 91 a 115(2); de 116 a 130(3); de 131 a 175(4).

C25.-Fósforo cambiante (ppm): Los valores fueron: menor a 3.0 y más de 30 (0); de 3.1 a 7.0 y de 20.0 a 30.0 (1); de 7.1 a 11.0 (2); de 11.1 a 16.0 (3); de 16.1 a 20.0 (4).

C3.- Riesgo de erosión del suelo: medido en términos de riesgo de erosión hídrica y riesgo de erosión eólica, con los subindicadores:

C31.-Riesgo de erosión hídrica: medido por largo de surco (m). Los valores fueron: más de 125(0); de 101 y 125(1); de 76 a 100(2); de 51 a 75(3); menor a 50(4).

C32.-Riesgo de erosión eólica. Se mide cobertura del suelo (por ciento). Los valores fueron: menor a 15(0); de 16 a 35(1); de 36 a 55(2); de 56 a 75(3); de 76 a 95(4).

C4.- Eficiencia del uso del agua de riego: medido en base a si los canales de riego por gravedad están revestidos con cemento (por ciento) y del sistema de riego empleado. Los valores fueron: sin revestimiento (0); de 1 a 50 revestidos (1); de 51 a 75 revestidos (2); más del 75 revestido (3); riego por goteo (4).

C5.- Incorporación de terrenos a la agricultura: terrenos eriazos o de poco uso incorporados a la agricultura (ha) para producir cochinilla del carmín. Los valores fueron: menos de 1.0(0); de 1.1 a 2.0(1); de 2.1 a 3.0(2); de 3.1 a 4.0(3); más de 4.0 (4).

C6.- Uso de agroquímicos: medido por el uso de insecticidas, fungicidas, herbicidas y fertilizantes sintéticos y con los siguientes subindicadores:

C61.- Uso de insecticidas (kg de i.a. ha⁻¹ año⁻¹). Los valores fueron: más de 6 (0); de 4.1 a 6.0 (1); de 2.1 a 4.0(2); de 0.1 a 2.0(3); no utiliza (4).

C62.- Uso de fungicidas (kg de i.a. ha⁻¹ año⁻¹). Los valores fueron: más de 6 (0); de 4.1 a 6.0 (1); de 2.1 a 4.0 (2); menos de 2.0 kg (3); no utiliza (4).

C63.- Uso de herbicidas (kg de i.a. ha⁻¹ año⁻¹). Los valores fueron: más de 15(0); de 11 a 15.0(1); de 6.0 a 10.0 (2); de 0.1 a 5.0(3); no utiliza (4).

C64.-Uso de fertilizantes sintéticos (kg nutriente ha⁻¹ año⁻¹). Los valores fueron: más de 600(0); de 301 a 600(1); de 201 a 300(2); menor a 200(3); no utiliza (4).

C7.- Incorporación de materia orgánica al suelo y medida en t ha⁻¹ año⁻¹. Los valores fueron: menor a 20 (0); de 20.1 a 40 (1); de 40.1 a 60 (2); de 60.1 a 80 (3); más de 80 (4).

C8.- Diversidad biológica utilizada: mide el nivel de rotación de cultivos o especies vegetales empleadas en el sistema. Los valores fueron: solo tuna (0); tuna más otro cultivo (en primer año) (1); tuna más otro cultivo (primer y segundo año) (2); tuna más otro cultivo (primero, segundo y tercer año) (3); tuna más otro cultivo durante todas las campañas (4).

C9.- Pérdidas por plagas: referido a la reducción en la producción de cochinilla del carmín (por ciento), por efecto de las plagas en la tuna. Los valores fueron: mayor a 50(0); de 16 a 50(1); de 11 a 15(2); de 5 a 10(3); menos de 5(4).

C10.- Protección a la salud del trabajador: mide el grado de contaminación de los trabajadores durante la recolección de la cochinilla del carmín, en términos de protección. Los valores fueron: sin protección (0); tela o algodón para fosas nasales sin lentes (1); máscara protectora simple y lentes (2); máscara protectora contra polvo y lentes (3); ropa especial, máscara protectora contra polvo y lentes (4).

d. Cálculo de la sustentabilidad de acuerdo a los atributos del marco MESMIS

Se consideró siete atributos para el cálculo de la sustentabilidad y se utilizó además una escala de valores de los indicadores de 1 a 9. La fórmula empleada es la del intervalo de referencia:

$$D = ((V - V_{\text{mín}}) / (V_{\text{máx}} - V_{\text{mín}})) * 9$$

D: intervalo de referencia

V= valor del indicador

V_{mín} o crítico = valor que le asigna el investigador en base a la escala de indicadores del 1-9. En este caso se consideró un valor de 3.

V_{máx} = valor máximo del indicador puede ser 7 o 9, según la escala de indicadores propuesto por el investigador. En este caso se consideró un valor de 9.

Para la determinación de la sustentabilidad general (SG) según el marco MESMIS el valor del intervalo de referencia debe encontrarse entre 7 a 9, como máximo grado de sustentabilidad o excelente. En la **Tabla 10** se presenta los niveles de sustentabilidad de las fincas productoras de tuna para la producción de cochinilla del carmín en la Joya, Arequipa.

Tabla 10. Niveles de sustentabilidad, para el marco MESMIS, de las fincas productoras de tuna para la producción de cochinilla del carmín en La Joya, Arequipa

Categoría	Nivel de sustentabilidad	Rango
Excelente	Sustentable (S)	7 - 9
Bueno	Potencialmente sustentable (PS)	5 - 7
Moderado	moderadamente sustentable (MS)	3 - 5
Crítico	No sustentable (NS)	1 - 3

Adicionalmente y para fines de comparación de la sustentabilidad entre los atributos, entre las dimensiones, entre las irrigaciones y en todo el distrito de La Joya, se calcularon valores promedio de los valores de los indicadores correspondientes.

e. Cálculo de la sustentabilidad general (ISGen) para el método del multicriterio.

Para la sustentabilidad económica:

La rentabilidad o ingresos netos de la finca es la principal fuente de ingreso para la familia, por ello se le otorgó una valoración doble, con respecto al resto.

El valor del indicador económico (IK), se calculó con la siguiente fórmula:

$$IK = (2A1 + A2 + A3 + A4 + A5) / 6$$

Para la sustentabilidad sociocultural:

La inseguridad que se vive dentro del contexto de la producción de cochinilla y la participación del productor en organizaciones dedicadas a la producción y comercialización de la cochinilla del carmín del carmín o asociatividad, se consideran muy importantes. La tranquilidad del productor y mejores oportunidades del precio de venta, tienen un rol preponderante en la sostenibilidad del sistema, por lo cual se considera doble valor, para los respectivos indicadores.

El valor del indicador sociocultural (IS), se calculó con la siguiente fórmula:

$$IS = (B1 + 2B2 + B3 + B4 + B5 + B6 + 2B7 + B8 + (2B91 + B92) / 3 + B10) / 12$$

Para la sustentabilidad ambiental:

Finalmente, las limitadas formas de protección a la salud del trabajador, también debilita al sistema. Por estas razones en estos cuatro indicadores se consideró un valor doble.

El valor del indicador ambiental (IA), se calculó con la siguiente fórmula:

$$IA = [(2C11 + C12) / 3 + (C21 + C22 + C23 + C24 + C25) / 5 + (C31 + C32) / 2 + C4 + 2C5 + (C61 + C62 + C63 + C64) / 4 + C7 + 2C8 + C9 + 2C10] / 13$$

Para la sustentabilidad general:

Por último, con los datos de los indicadores económicos (IK), socioculturales (IS) y ambientales (IA) y se calculó el índice de sustentabilidad general (ISGen), valorando a las tres dimensiones por igual, de acuerdo al marco conceptual definido previamente.

El índice de sustentabilidad general (ISGen) se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{ISGen} = (\text{IK} + \text{IA} + \text{IS}) / 3$$

Se definió un valor umbral o mínimo que debería alcanzar el índice de sustentabilidad general (ISGen) para considerar una finca como sustentable: igual o mayor que el valor medio de la escala, es decir dos. Además, se consideró que ninguna de las tres dimensiones áreas deberá tener un valor menor a dos, para la sustentabilidad general; en este caso para cada una de las irrigaciones evaluadas y para todo el distrito de La Joya.

El análisis de sustentabilidad tanto para el marco MESMIS como para el método del multicriterio se efectuó con los resultados de dos fincas tipo de cada una de las cuatro irrigaciones estudiadas y en base a los resultados del dendograma (**Figura 33**).

3.4.3. Evaluación de algunas mejoras tecnológicas para la infestación artificial de *Opuntia ficus indica* con ninfas de *Dactylopius coccus*, en La Joya, Arequipa, Perú

Para las evaluaciones de algunas mejoras tecnológicas para la infestación artificial de la tuna con la cochinilla del carmín, se llevaron a cabo dos experimentos. El primero con la utilización de “polvillo de cuchareo” conteniendo ninfas de *D. coccus*, colocado dentro de infestadores; y el segundo, también utilizando “polvillo de cuchareo”, pero que fue espolvoreado o aplicado al voleo, sobre las paletas de tuna. En ambos experimentos se utilizó testigos comerciales como el uso de hembras oviplenas colocadas en infestadores fijados sobre las paletas de tuna y en un caso con sombreado con malla raschell y en el otro caso sin cobertura.

a. Infestación artificial de *Opuntia ficus indica* con ninfas de *Dactylopius coccus* Costa, colocadas en infestadores

- **Instalación del experimento**

El experimento se instaló el 4 de abril de 2017, en un campo comercial de tuna cv. ‘Morada’ de cinco años de edad y dos “pisos” de trabajo (una paleta enraizada y fijada al suelo, y la otra encima). La distancia entre surcos fue de 1.8 m y entre plantas de 0.30 m. Por unidad experimental se consideró tres surcos y diez plantas por surco. El riego fue por gravedad con una frecuencia de cada 5.5 días y un plan de abonamiento anual de 300-120-150 kg ha⁻¹ de N, P y K, respectivamente, fraccionado en 50 por ciento después de la segunda cosecha y 50 por ciento después de la primera cosecha; para lo cual se utilizó como fuentes: urea, fosfato

diamónico y cloruro de potasio. El control de malezas se realizó con el herbicida Herbosato (Glifosato) a dosis de 2.5 L por cilindro de 200 litros de agua aplicado después de la segunda cosecha (antes del brotamiento) y posteriormente después de la primera cosecha.

- **Diseño experimental**

El diseño estadístico empleado fue el de bloques completos al azar con tres tratamientos (**Tabla 11**) y tres repeticiones. Cada unidad experimental constó de 10 plantas de tuna con 10 paletas cada una en promedio y se evaluó la producción de cochinilla del carmín, en todas las plantas tanto para la primera como para la segunda cosecha. Se realizó análisis de varianza y prueba de significación de Duncan con $\alpha= 0,05$.

Tabla 11. Tratamientos para la infestación artificial de *O. ficus indica* con *D. coccus*, con ninfas y con hembras ovíparas en oviposición, en infestadores. La Cano, Arequipa, Perú, 2017

Clave	Tratamiento
T1	2 g de “polvillo de cuchareo” por infestador y sombreado con malla raschell de color negro y de 50 por ciento de paso de luz.
T2	40 hembras ovíparas por infestador, y sombreado con malla raschell de color negro y de 50 por ciento de paso de luz con sombreado (Testigo 1)
T3	40 hembras ovíparas por infestador, sin sombreado (Testigo 2)

- **Infestación artificial**

Las paletas de tuna infestadas tuvieron una edad de cuatro meses y medio de brotadas. Para el tratamiento T1 se introdujo 2 g de “polvillo de cuchareo” por infestador; en los tratamientos T2 (Testigo 1) y T3 (Testigo 2), se introdujeron 40 hembras ovíparas ovipositoras por infestador; en los tres casos los infestadores fueron colocados uno por cada paleta de tuna. Las plantas de tuna correspondientes a los tratamientos T1 y T2, inmediatamente después de la infestación, se cubrieron con malla raschell de color negro y de 50 por ciento de paso de luz, durante un tiempo de 40 días, para el sombreado y protección de las ninfas de *D. coccus*. La malla raschell y los infestadores se retiraron de los tres tratamientos, a los 40 días después de la infestación (DDI). Los infestadores se sacudieron para recuperar y pesar las hembras muertas y secas. También se recuperó el “polvillo de cuchareo” seco y se pesó.

- **Cosecha**

Se realizó dos cosechas o recojos: la primera o “cuchareo”, el 6 de agosto de 2017, a los 126 DDI (cuatro meses aproximadamente) y la segunda o “poda”, el 10 de diciembre de 2016, 95 días (tres meses aproximadamente) después del “cuchareo” o a los 221 DDI. La primera cosecha o “cuchareo” se realizó con la ayuda de una cuchara sopera para recoger las hembras ovíparas en oviposición en un depósito de plástico pequeño llamado “ranqueador”; estas hembras se ventearon repetidas veces para separar el “polvillo” y provocar su muerte, pesar y extenderlas en mallas arpilleras de color negro para su secado por exposición directa al sol; secado que duró 9 días. Las hembras ovíparas muertas y secas se recogieron y se pesaron. En la segunda cosecha o “poda” las hembras se recogieron en estado de madurez, pero antes de que inicien la oviposición; y para ello se procedió al corte de las paletas de tuna infestadas, desde su base y con la ayuda de un cuchillo, para luego con una escobilla barrer las hembras maduras y hembras secas remanentes de la primera cosecha, hacia un depósito, y realizar la misma operación que para la primera cosecha, aunque el tiempo de secado fue de solo cuatro días.

Se determinó los rendimientos en fresco y en seco, el porcentaje de infestación de la paleta en diez paletas por cada unidad experimental, la relación peso fresco con peso seco, el contenido de ácido carmínico (realizado en SERVILAB de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa) y el análisis económico.

b. Infestación artificial de *Opuntia ficus indica* con ninfas de *Dactylopius coccus* Costa, distribuidas al voleo

- **Instalación del experimento**

El experimento se instaló el 3 de abril de 2017, en un campo comercial de tuna cv. ‘Morada’ de cinco años de edad y dos “pisos” de trabajo (una paleta enraizada y fijada al suelo, y la otra encima); colocando los infestadores y el “polvillo de cuchareo” en las paletas correspondientes a los “pisos” 3 y 4.

La distancia entre surcos fue de 1.8 m y entre plantas de 0.30 m. Por unidad experimental se consideró tres surcos y diez plantas por surco. El riego fue por gravedad con una frecuencia de 5.5 días y un plan de abonamiento anual de 300-120-150 kg ha⁻¹ de N, P y K, respectivamente, fraccionado en 50 por ciento después de la segunda cosecha y 50 por ciento después de la primera cosecha, utilizando como fuentes urea, fosfato diamónico y cloruro de

potasio. Para el control de malezas se utilizó Herbosato (Glifosato) a dosis de 2.5 L por cilindro de 200 litros de agua aplicado después de la segunda cosecha y posteriormente después de la primera cosecha.

- **Diseño experimental**

Se empleó el diseño experimental de bloques completos al azar con tres tratamientos y tres repeticiones (**Tabla 12**). En cada unidad experimental se consideró 10 plantas con 10 paletas cada una en promedio y se evaluó la producción de todas las plantas tanto para la primera y para la segunda cosecha. Se efectuó análisis de varianza y prueba de significación de Duncan con $\alpha= 0,05$.

Tabla 12. Tratamientos para la infestación artificial de *O. ficus indica* con *D. coccus*, con “polvillo de cuchareo” aplicado al voleo, y con hembras ovíparas en oviposición, en infestadores. La Cano, Arequipa, Perú, 2017

Clave	Tratamiento
T1	250 kg ha ⁻¹ de "polvillo de cuchareo" aplicado al voleo y sombreado con malla raschell de color negro y 50 por ciento de paso de luz
T2	40 hembras ovíparas por infestador y sombreado con malla raschell de color negro y 50 por ciento de paso de luz (Testigo 1).
T3	40 hembras ovíparas por infestador, sin sombreado (Testigo 2)

- **Infestación artificial**

Se utilizaron plantas de tuna con paletas de cuatro meses y medio de edad. El tratamiento T1 consistió en distribuir 250 kg ha⁻¹ de “polvillo de cuchareo” al voleo o en forma de espolvoreo, sobre las paletas de tuna; el mismo que contenía aproximadamente 1 000 ninfas por gramo. En los tratamientos T2 (testigo 1) y T3 (testigo 2), se introdujeron, aproximadamente, 40 hembras ovíparas ovipositoras por infestador, lo mismos que fueron colocados uno por cada paleta de tuna. Las plantas de tuna correspondientes a los tratamientos T1 y T2, después de la infestación, se cubrieron con malla raschell de color negro y de 50 por ciento de paso de luz, durante un tiempo de 40 días, para el sombreado y protección de las ninfas de *D. coccus*. A los 40 días de la infestación se procedió a retirar la

malla raschell de cada tratamiento y a recoger los infestadores de los tratamientos T2 y T3. Los infestadores se sacudieron para recuperar y pesar las hembras muertas y secas.

- **Cosecha**

Se realizó dos cosechas o recojos: la primera o “cuchareo”, el 5 de agosto de 2017, a los 126 días (cuatro meses aproximadamente) después de la infestación (DDI) y la segunda o “poda”, el 9 de diciembre de 2017, 95 días (tres meses aproximadamente) después del “cuchareo” o a los 221 días después de la infestación inicial. La primera cosecha se realizó con la ayuda de una cuchara sopera para recoger las hembras ovíparas en oviposición en un depósito de plástico pequeño llamado “ranqueador”; estas hembras se ventearon repetidas veces para separar el “polvillo” y provocar su muerte, pesar y extenderlas en mallas arpilleras de color negro para su secado por exposición directa al sol; secado que duró 9 días. Las hembras ovíparas muertas y secas se recogieron y se pesaron. En la segunda cosecha o “poda” las hembras se recogieron en estado de madurez, pero antes de que inicien la oviposición; y para ello se procedió al corte de las paletas de tuna infestadas, desde su base y con la ayuda de un cuchillo, para luego con una escobilla barrer las hembras maduras y las hembras secas remanentes de la primera cosecha, hacia un depósito, y finalmente proceder de la misma manera que para la primera cosecha, con la diferencia que el tiempo de secado por exposición al sol fue de cuatro días.

Se determinó el rendimiento en fresco y en seco, porcentaje de infestación de la paleta en diez paletas por cada unidad experimental, relación peso fresco con peso seco, contenido de ácido carmínico (análisis realizado en el Laboratorio SERVILAB de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa) y análisis económico.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. CARACTERIZACIÓN DE FINCAS PRODUCTORAS DE *Opuntia ficus indica* PARA LA PRODUCCIÓN DE *Dactylopius coccus*, EN LA JOYA, AREQUIPA, PERÚ

4.1.1. Aspectos sociales

En la **Figura 14** se compara el lugar de residencia de los productores de cochinilla del carmín en las cuatro irrigaciones evaluadas. En el caso de La Joya Antigua, el 86 por ciento de los agricultores viven en sus respectivas parcelas o fincas, el 13 por ciento radica en el centro poblado más cercano y tan solo el 1 por ciento radica en la ciudad; en El Triunfo, el 88 por ciento de los agricultores en sus fincas y el 12 por ciento radica en el centro poblado más cercano; en San Isidro, el 91 por ciento viven en sus fincas y el 9 por ciento radica en el centro poblado más cercano; finalmente en La Cano, el 81 por ciento viven en sus parcelas, el 15 por ciento radica en el centro poblado más cercano y el 4 por ciento en la ciudad. En general, se observa que la mayoría de los productores (más del 81 por ciento) y para las cuatro irrigaciones, viven en sus respectivas fincas o parcelas; hasta un 15 por ciento viven en el centro poblado más cercano; y hasta un 4 por ciento viven en la ciudad de Arequipa; hecho que también se puede observar para los resultados de todo el distrito con 87 por ciento de agricultores que viven en la finca, 12 por ciento que vive en el centro poblado más cercano y 1 por ciento que vive en la ciudad. Estos resultados concuerdan cercanamente con lo reportado por el INEI (2013) para el distrito de La Joya en el que 55 por ciento de los productores en general viven en las unidades agropecuarias, que es menor en un 32 por ciento comparado con los productores de cochinilla del carmín, tal vez porque en este caso la actividad requiere de mayor presencia en la finca, comparado con otros cultivos o crianzas.

En el caso del responsable de la conducción de la finca (**Figura 15**); en la Joya Antigua el 89 por ciento es de género masculino y el 11 por ciento de género femenino; en El Triunfo, el 85 por ciento es de género masculino y el 15 por ciento de género femenino; en San Isidro, el 91 por ciento es de género masculino y el 9 por ciento de género femenino; y en La Cano, el 92 por ciento es de género masculino y el 8 por ciento de género femenino.

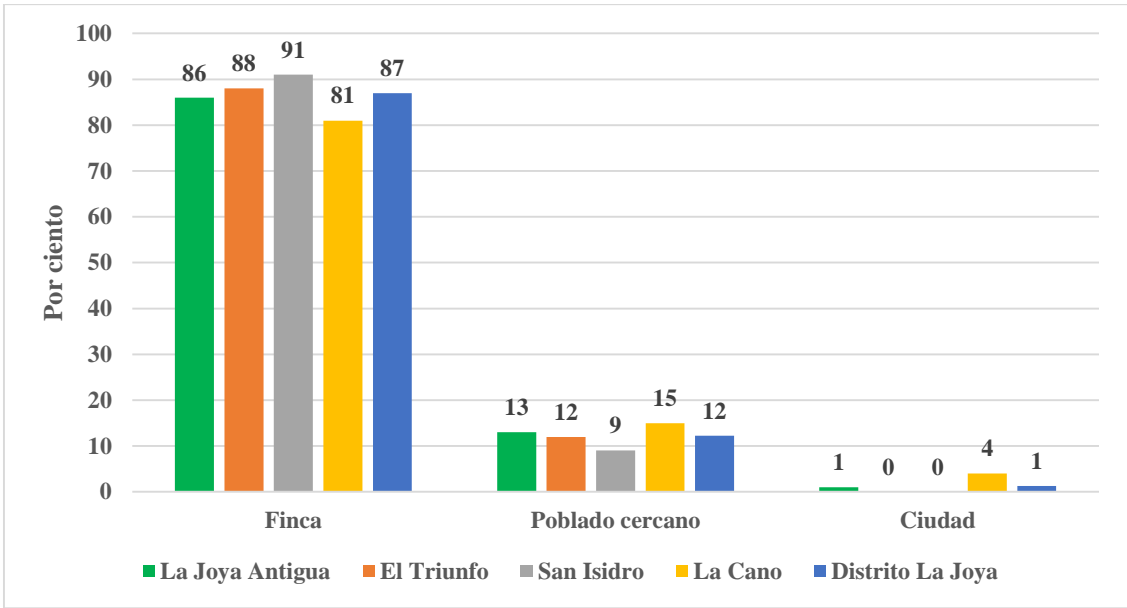


Figura 14. Proporción de agricultores, de acuerdo al lugar de residencia para la producción de la cochinilla del carmín, en las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.

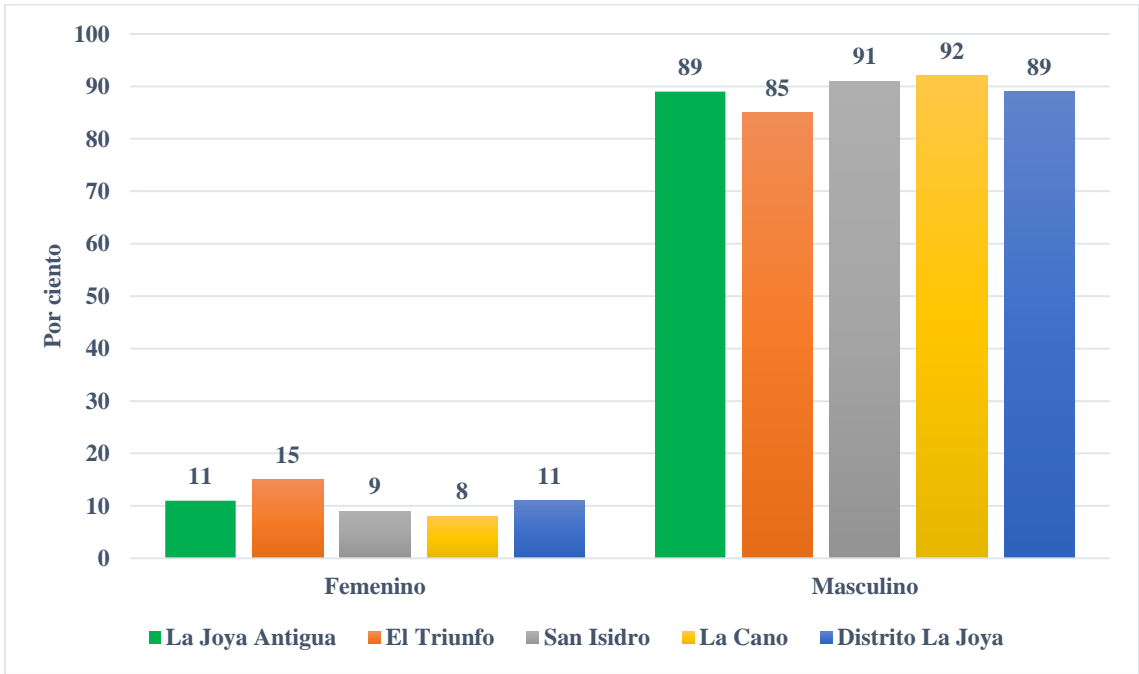


Figura 15. Proporción de agricultores, de acuerdo al género del responsable de la finca, para la producción de cochinilla del carmín, en las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.

En general se observa que en más del 85 por ciento de las fincas evaluadas el responsable es un varón y hasta en un 15 por ciento es una mujer. En El Triunfo es donde se observa una mayor proporción de mujeres responsables de la conducción de las fincas (15 por ciento) y en San Isidro es donde se observa una menor proporción (7 por ciento) de mujeres conductoras de parcelas. Para todo el distrito se observa que el 89 por ciento de conductores de las fincas son varones y el 11 por ciento mujeres. En este aspecto el INEI (2013) reporta que, en el distrito de La Joya, el 68 por ciento de los agricultores responsables de las fincas son de sexo masculino, también 21 por ciento menor que para el caso de la cochinilla del carmín, tal vez por el tipo de actividad.

En cuanto a la edad del responsable de la finca (**Figura 16**). Se observa que, en La Joya Antigua el 38 por ciento tiene entre 51 y 60 años; sin embargo, si se suma el porcentaje de agricultores entre 51 y 70 años, se tiene un total de 63 por ciento, lo que significa que la mayoría de agricultores es una población envejecida; mientras que los agricultores entre 31 y 50 años de edad son el 31 por ciento, solamente.

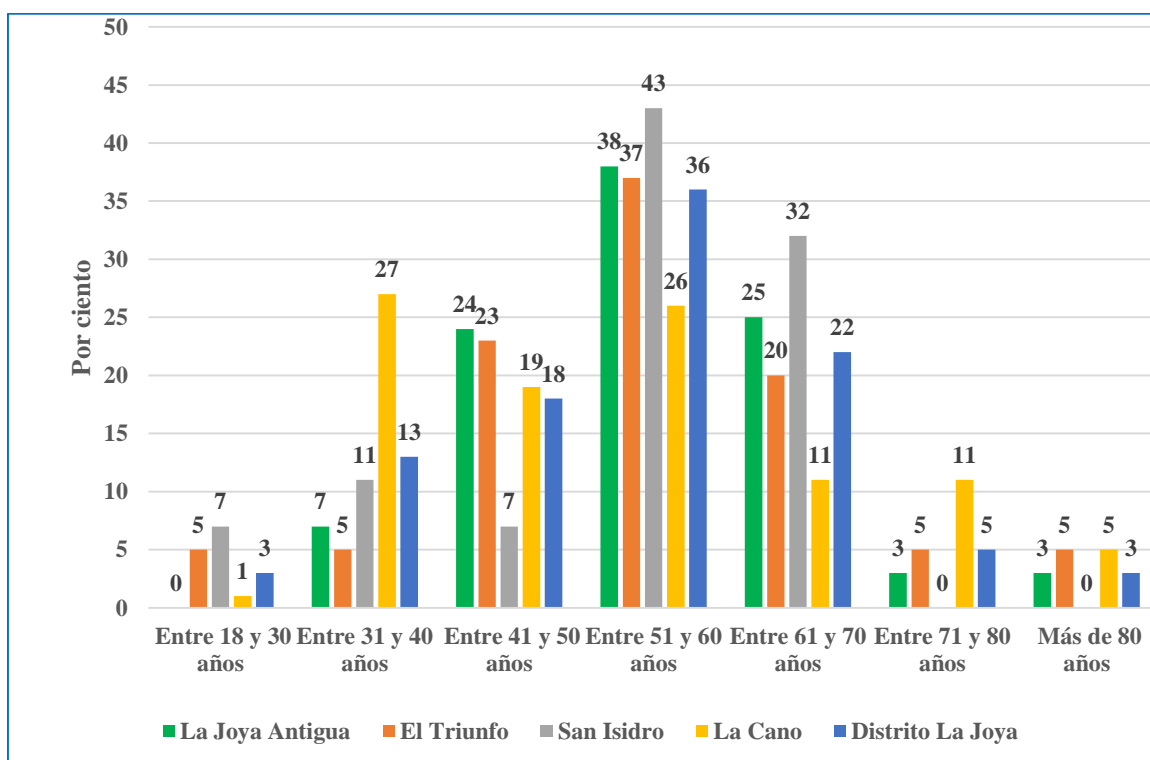


Figura 16. Proporción de agricultores, de acuerdo a la edad del responsable de la finca para la producción de cochinilla del carmín, en las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.

En El Triunfo, 37 por ciento tiene entre 51 y 60 años; sin embargo, si se suma el porcentaje de agricultores entre 51 y 70 años, se tiene un total de 55 por ciento, lo que significa que un poco más de la mitad de la población es envejecida; mientras que los agricultores entre 31 y 50 años de edad son el 30 por ciento, solamente. En San Isidro, el 43 por ciento tiene entre 51 y 60 años; sin embargo, si se suma el porcentaje de agricultores entre 51 y 70 años, se tiene un total de 75 por ciento, lo que significa que la mayoría de agricultores es una población envejecida; mientras que los agricultores entre 31 y 50 años de edad son el 16 por ciento, solamente.

En La Cano, el 26 por ciento tiene entre 51 y 60 años; sin embargo, si se suma el porcentaje de agricultores entre 51 y 70 años, se tiene un total de 53 por ciento, lo que significa que, un poco más de la mitad de la población esta envejecida y los entre 31 y 50 años de edad son el 46 por ciento y hay una población entre 18 y 30 años (1 por ciento).

San Isidro es la irrigación con mayor población de agricultores jóvenes pues el 7 por ciento tiene entre 18 y 30 años frente a un 0, 5 y 1 por ciento para La Joya Antigua, El Triunfo y La Cano, respectivamente. Por otro lado, La Cano, tiene el mayor porcentaje de agricultores entre 31 y 40 años de edad con 27 por ciento, frente a 7, 5 y 11 por ciento de La Joya Antigua, El Triunfo y San Isidro, respectivamente. En otro caso San Isidro, tiene la menor población entre 41 y 50 años, con solamente 7 por ciento; mientras que tiene las mayores proporciones entre 51 y 60 años con 43 por ciento y entre 61 y 70 años con 32 por ciento; pero no tiene agricultores mayores de 71 años de edad. En otro caso, La Cano tiene la mayor proporción de agricultores entre 71 y 80 años con 11 por ciento.

En todo el distrito el porcentaje de agricultores con edades entre 18 y 30, entre 31 y 40, entre 41 y 50, entre 51 y 60, entre 61 y 70, entre 71 y 80, y de más de 80 años es de 3, 13, 18, 36, 22, 5 y 3 por ciento, respectivamente. Se observa que más del 70 por ciento tiene menos de 60 años edad que le permite al productor dedicarse a la actividad productiva plenamente. Al respecto el INEI (2013), reporta que el 47 por ciento de los agricultores de La Joya, tienen entre 45 y 64 años de edad, que se acerca a lo hallado en este estudio.

En la **Figura 17** se muestra el grado de instrucción de los agricultores de las cuatro irrigaciones evaluadas. En La Joya Antigua, se observa que el 16 por ciento posee instrucción primaria, el 28 por ciento instrucciones secundarias y el 56 por ciento posee instrucción

superior, de los cuales el 20 por ciento es superior, el 33 por ciento de instrucción universitaria y un 3 por ciento con posgrado. En Triunfo, y se observa que el 20 por ciento posee instrucción primaria, el 40 por ciento instrucción secundaria y el 40 por ciento posee instrucción superior, de los cuales el 30 por ciento es de superior no universitaria y el 10 por ciento universitaria. En San Isidro, el 25 por ciento posee instrucción primaria, el 45 por ciento instrucciones secundarias y el 30 por ciento posee instrucción superior, de los cuales el 14 por ciento es de instrucción superior no universitaria y el 16 por ciento es de instrucción universitaria. En La Cano, el 20 por ciento posee instrucción primaria, el 30 por ciento instrucciones secundarias y el 50 por ciento formación superior, de los cuales el 16 por ciento es superior no universitaria, el 30 por ciento superior universitaria y 4 por ciento con posgrado.

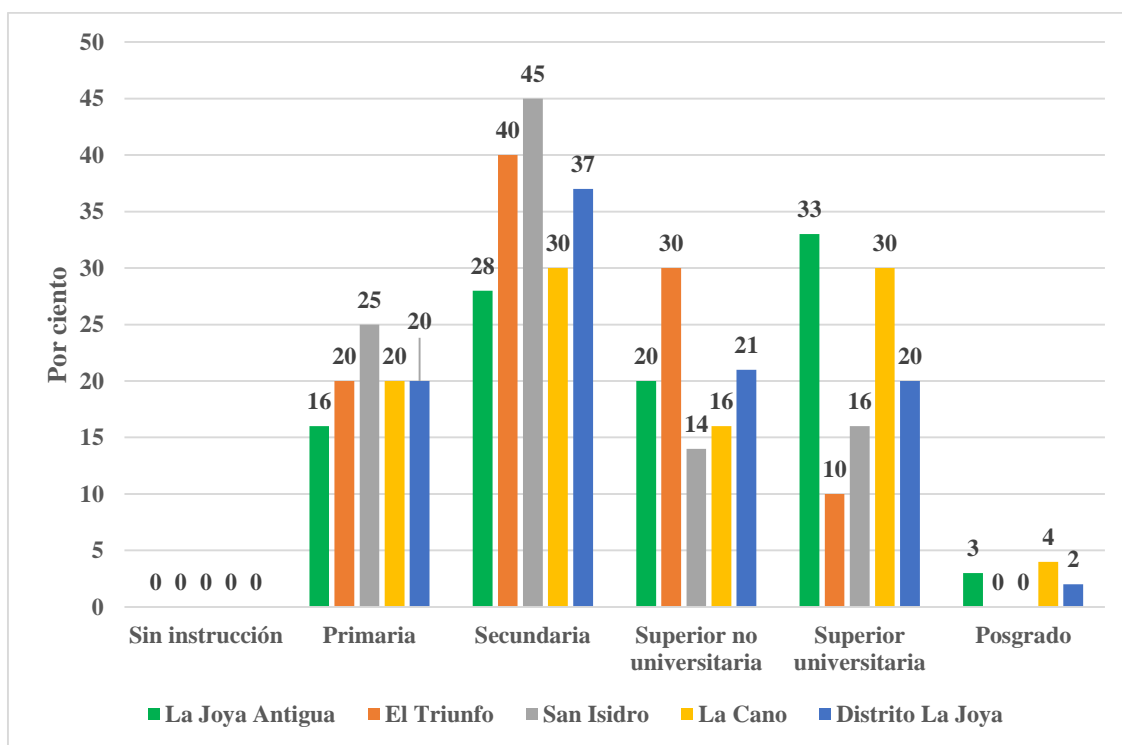


Figura 17. Proporción de agricultores, de acuerdo al grado de instrucción, para la producción de cochinilla del carmín, comparando las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.

Al comparar las cuatro irrigaciones se observa que en todas no se registra analfabetismo; en la instrucción primaria La Joya Antigua registra el menor porcentaje con 16 por ciento y con el mayor, San Isidro con 25 por ciento; para la instrucción secundaria los menores valores de 28 por ciento corresponden a la Joya Antigua y La Cano, y los mayores valores a El Triunfo (40 por ciento) y San Isidro (45 por ciento); con relación a la instrucción superior La Joya Antigua tiene el mayor valor (56 por ciento) seguido de La Cano (50 por ciento), El Triunfo (40 por ciento) y San Isidro (30 por ciento), cabe resaltar que solo en La Joya Antigua (3 por ciento) y en La Cano (4 por ciento) se registran agricultores con posgrado.

En todo el distrito los porcentajes hallados corresponden a 20, 37, 21, 20 y 2 por ciento, para los niveles de instrucción primaria, secundaria, superior no universitaria, universitaria y posgrado, respectivamente; hecho que indica que existe un capital humano con conocimientos y preparación académica que es muy útil en el desarrollo de la actividad, y sobre todo porque del 43 por ciento que cuenta con instrucción superior. Esta información es semejante a lo reportado por el ONEI (2013) para el grado de instrucción en La Joya con 48 por ciento con instrucción secundaria, 21 por ciento solo primaria y 28 por ciento con instrucción superior, lo cual es semejante para la instrucción primaria y secundaria, pero inferior a la instrucción superior encontrada en la investigación.

Con relación al tiempo dedicado a la producción de cochinilla del carmín (**Figura 18**); en la Joya Antigua 61 por ciento de los productores llevan produciendo cochinilla entre 5.1 y 15 años, siendo el 35 por ciento entre 5.1 y 10 años, el 26 por ciento entre 10.1 y 15 años, el 15 por ciento más de 15 años el 24 por ciento menos de cinco años. En El Triunfo, el 70 por ciento llevan produciendo cochinilla entre 5.1 y 15 años, el 35 por ciento entre 5.1 y 10 años, al igual que entre 10.1 y 15 años, el 25 por ciento menos de cinco años y un 5 por ciento más de 15 años. En San Isidro, el 57 por ciento llevan produciendo cochinilla entre 5.1 y 15 años, siendo el 39 por ciento entre 5.1 y 10 años, 18 por ciento entre 10.1 y 15 años, el 25 por ciento menos de cinco años y un 18 por ciento más de 15 años. En La Cano, el 66 por ciento llevan produciendo cochinilla entre 5.1 y 15 años, siendo el 39 por ciento entre 5.1 y 10 años, 28 por ciento entre 10.1 y 15 años, el 15 por ciento menos de cinco años y un 19 por ciento más de 15 años. La Cano lleva más tiempo cultivando tuna para la producción de cochinilla del carmín, puesto que el 47 por ciento de sus productores llevan más de 10 años en la actividad, seguido por La Joya Antigua con el 41 por ciento, El Triunfo con 40 por ciento y San Isidro con 36 por ciento.

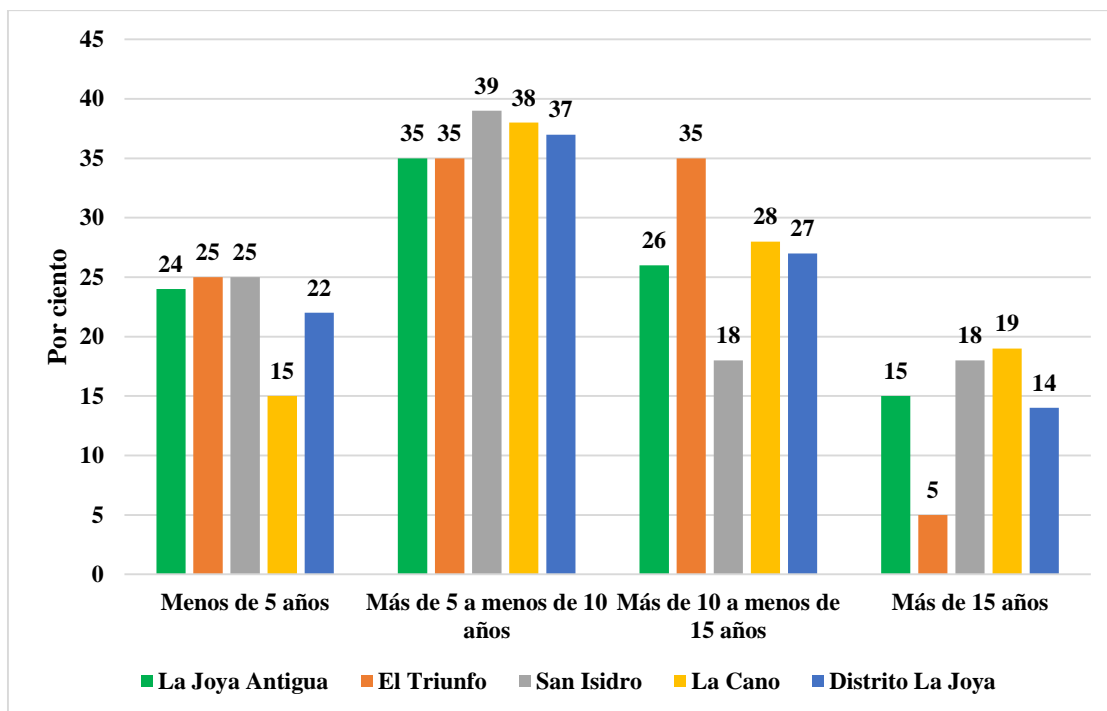


Figura 18. Proporción de agricultores, de acuerdo los años de dedicación a la producción de la cochinilla del carmín, en las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.

En La Joya, los años de producción de cochinilla del carmín es de menos de cinco (22 por ciento), 5.1 y 10 (37 por ciento), 10.1 y 15 (27 por ciento) y más de 15(14 por ciento).

En relación a la propiedad de la vivienda de los productores de cochinilla del carmín, se observa en la **Figura 19**, en La Joya Antigua el 90 por ciento de productores tiene casa propia y 10 por ciento alquilada; al igual que en El Triunfo; en cambio en San Isidro el 100 de productores tiene casa propia y en La Cano el 86 por ciento tiene casa propia y el 14 por ciento casa alquilada. Se observa que la mayoría de los productores tiene casa propia, lo que está ligado a que la mayoría a la vez viven en la finca, y tal vez los que alquilan vivienda sean también los que a su vez alquilan parcelas para el cultivo de tuna y producción de cochinilla del carmín.

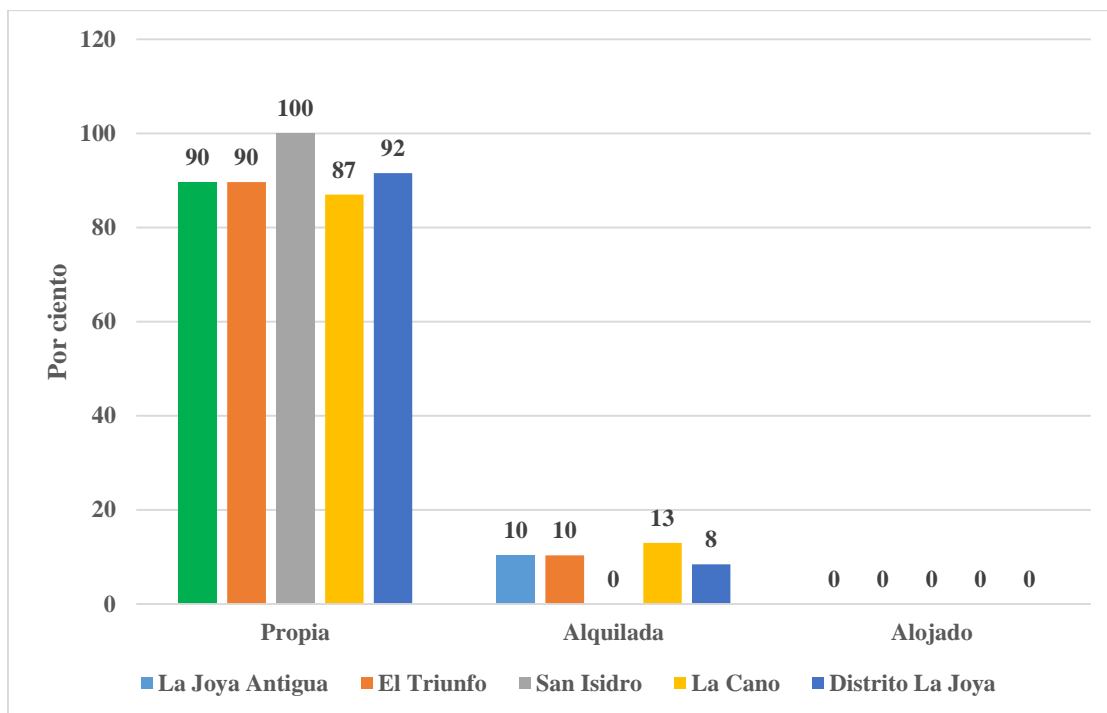


Figura 19. Proporción de agricultores, de acuerdo a la condición de la vivienda, para la producción de cochinilla del carmín, en las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.

En todo el distrito el 92 por ciento tiene casa propia y el 8 por ciento vive en casa alquilada. En relación a la carga familiar de los agricultores productores de cochinilla del carmín, el 44 por ciento de 2 a 3 familiares dependientes y el 30 por ciento de 4 a 5 familiares; lo que se asemeja a lo reportado por el INEI (2013) para La Joya con 49 por ciento con 2 a 3 integrantes por familia y el 21 por ciento con 4 a 5 integrantes.

Con relación a los servicios básicos se halló que el 1 por ciento no disponían de agua potable, el 37 por ciento lo tenía de tubería y el 62 por ciento compraba agua potable de tanque cisterna; mientras que el 86 por ciento no disponía de un sistema de desagüe y el 14 por ciento sí; en la disponibilidad de luz eléctrica, el 99 por ciento disponía de luz eléctrica y el 1 por ciento no; el 99 por ciento disponía de teléfono, de los cuales el 35 por ciento disponía de teléfono fijo y el 64 por ciento tenía teléfono celular y solo el 1 por ciento no disponía de teléfono; el 61 por ciento no disponía de internet, el 4 por ciento tenía internet alámbrica y el 35 por ciento disponía de inalámbrica; para la televisión, el 60 por ciento disponía de televisión normal y el 40 por ciento televisión por cable; para la atención a la salud, el 65

por ciento hacia uso de los hospitales nacionales, el 4 por ciento tenía un seguro contratado y el 31 por ciento con atención particular; y finalmente para el acceso a sus fincas el 95 por ciento no cuenta con vías asfaltadas, aunque las vías principales de acceso a las cuatro irrigaciones son asfaltadas.

Al evaluar si los productores de cochinilla del carmín solo tenían esta actividad como única fuente de ingresos o tenían además otras actividades (**Figura 20**), se halló que, en La Joya Antigua, el 22 por ciento de los productores se dedica exclusivamente a la producción de cochinilla del carmín, sin realizar otra actividad; mientras que el 78 por ciento tiene otras actividades como la producción de alimentos o ganadería. En El Triunfo, el 15 por ciento de los productores se dedica exclusivamente a la producción de cochinilla del carmín, sin realizar otra actividad; mientras que el 85 por ciento tiene otras actividades como la producción de alimentos o ganadería. En San Isidro, el 15 por ciento de los productores se dedica exclusivamente a la producción de cochinilla del carmín, sin realizar otra actividad; mientras que el 85 por ciento tiene otras actividades como la producción de alimentos o ganadería. En La Cano, el 37 por ciento se dedica solo a la producción de cochinilla del carmín, sin realizar otra actividad; mientras que el 63 por ciento tiene actividades como la producción de alimentos o ganadería.

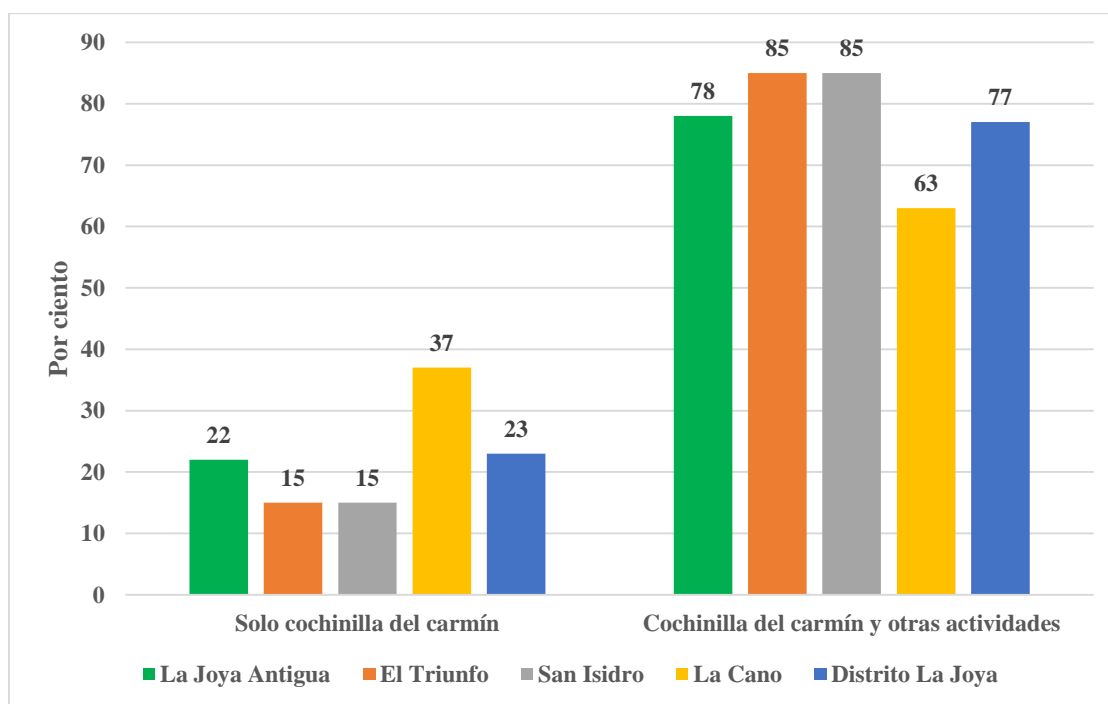


Figura 20: Proporción de agricultores, de acuerdo a las actividades realizadas, en las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.

Al comparar las cuatro irrigaciones se observa que en La Joya Antigua (22 por ciento) y en La Cano (37 por ciento) hay mas productores que se dedican exclusivamente a la produccion de cohinilla del carmin frente a El Triunfo con 15 por ciento y 15 por ciento en San Isidro. En todo el distrito, el 23 por ciento se dedica exclusivamente a la produccion de cochinilla del carmin y el 77 por ciento, ademas a otras actividades entre las cuales estan la producción de otros cultivos (43 por ciento), ganadería lechera (24 por ciento), trabajador agrícola (6 por ciento), como profesional (3 por ciento) y como comerciante (1 por ciento).

Al analizar la asociatividad (**Figura 21**) se observa que, en La Joya Antigua, el 99 por ciento no pertenece a ninguna asociación ligada a la producción o comercialización de la cochinilla del carmín; mientras que en El Triunfo y en San Isidro el 100 por ciento de productores no lo hacen. En La Cano, el 87 por ciento no pertenece a una asociación y el 13 por ciento pertenece a alguna asociación.

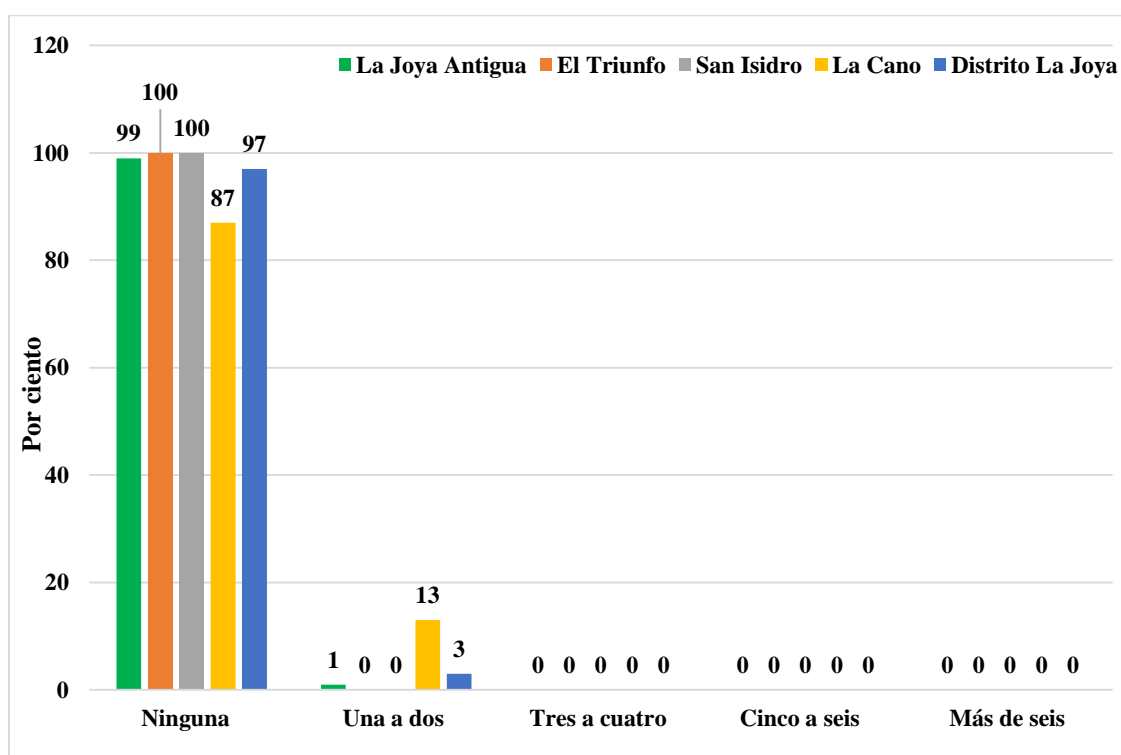


Figura 21. Proporción de agricultores, de acuerdo al número de asociaciones a las que pertenece, para producir y comercializar cochinilla del carmín, comparando las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.

En La Cano es donde se muestra mayor grado de asociatividad, se reconoce una asociación para la producción y comercialización de la cochinilla del carmín, lo que no ocurre en las otras irrigaciones, aunque en La Joya Antigua aparece una población asociada. En El Triunfo ni en San Isidro aparece asociación alguna, para producir y comercializar cocinilla del carmín. En el distrito de La Joya, el 97 por ciento de agricultores no se encuentra asociado para la producción y comercialización de la cochinilla del carmín.

4.1.2. Aspectos productivos

En la **Figura 22**, se muestran los resultados del área instalada con tuna para la producción de cochinilla. Se observa que en La Joya Antigua el 77 por ciento tiene menos de tres ha, y si a ello se agrega el área entre 3.1 y 6 ha, se tendría que el 87 por ciento de los agricultores de La Joya Antigua, tiene menos de 6 ha instaladas con tuna.

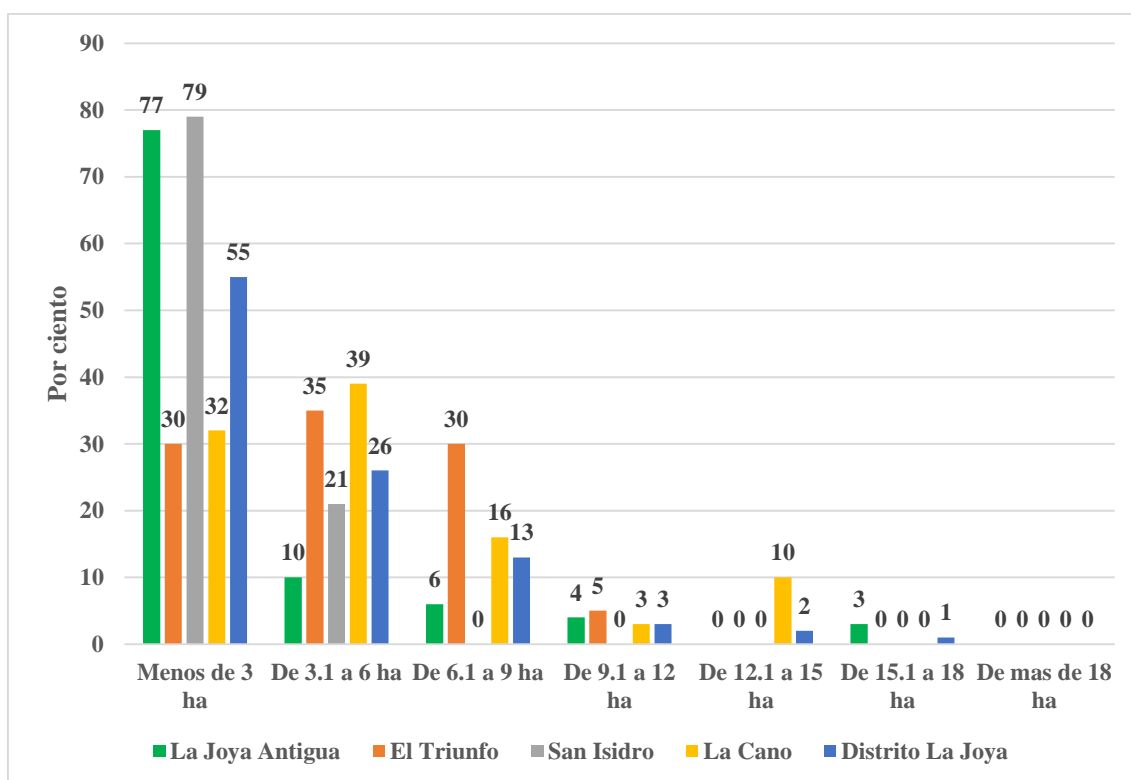


Figura 22. Proporción de agricultores, de acuerdo al área instalada de tuna para la producción de cochinilla del carmín, comparando las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.

En El Triunfo el 30 por ciento tiene menos de tres ha, y si a ello se agrega el área entre 3.1 y 6 ha, se tendría que el 65 por ciento de los agricultores de El Triunfo, tiene menos de 6 ha instaladas con tuna, un 30 por ciento entre 6.1 y 9 ha y un 5 por ciento entre 9.1 y 12 ha. En San Isidro, el 79 por ciento tiene menos de tres ha, y si a ello se agrega el área entre 3.1 y 6 ha, se tendría que el 100 por ciento de los agricultores de San Isidro, tiene menos de 6 ha instaladas con tuna. En La Cano, el 32 por ciento tiene menos de tres ha, y si se agrega el área entre 3.1 y 6 ha, se tendría que el 71 por ciento de los agricultores de La Cano tiene menos de 6 ha instaladas con tuna; 16 por ciento entre 6.1 y 9 ha; 3 por ciento entre 9.1 y 12 ha; y 10 por ciento de 12.1 a 15 ha.

Al comparar las superficies dedicadas a la producción de cochinilla en las cuatro irrigaciones se observa que La Joya Antigua (77 por ciento) y San Isidro (79 por ciento) tienen menor área (menos de 3 ha) por parcela dedicada a la producción de cochinilla del carmín, mientras que El Triunfo (30 por ciento) y La Cano (32 por ciento), son pocos los productores que trabajan en menos de 3 ha la cochinilla del carmín. En cambio, El Triunfo (35 por ciento) y La Cano (39 por ciento) tiene un alto porcentaje de agricultores que trabajan entre 3.1 y 6 ha de tuna para cochinilla del carmín; así mismo, las irrigaciones con mayor superficie dedicada a la producción de cochinilla, por productor, son El Triunfo con 30 por ciento de sus productores con áreas entre 6.1 y 9 ha, comparado con 6 por ciento de La Joya Antigua y 16 por ciento en La Cano. En La Cano se dan casos de agricultores (10 por ciento) que trabajan entre 12.1 y 15 ha de tuna para cochinilla del carmín y en La Joya Antigua un 3 por ciento con una superficie entre 15.1 y 18 ha.

En toda La Joya se tiene un 55 por ciento de productores con menos de 3 ha dedicadas a la producción de cochinilla del carmín, 26 por ciento con 3.1 a 6 ha, lo que hace que un 81 por ciento de los agricultores de La Joya tengan menos de 6 ha destinadas a la producción de cochinilla del carmín. Por otro lado 13 por ciento tiene menos de 6.1 a 9 ha, 3 por ciento con 9.1 a 12 ha, 2 por ciento con 12.1 a 15 ha y 1 por ciento con 15.1 a 18 ha. No se registraron productores con más de 18 ha para la producción de cochinilla del carmín. Esto se explica en parte por el diseño inicial de las irrigaciones que fueron planificadas con tamaños de parcela de 5, 7 o 10 ha, generalmente; por otro lado, el MINAGRI – ANA (2008) señalan que hay predominio de la mediana propiedad y que el 77 por ciento de los productores tiene en propiedad entre 1 a 10 ha. El área pequeña que posee el agricultor de La Joya explica porque las áreas destinadas al cultivo de tuna para cochinilla sean también pequeñas. De

igual manera las Juntas de Usuarios de La Joya Nueva y La Joya Antigua registran un área promedio de cerca de 6 ha por productor de cochinilla del carmín, lo cual es consistente a lo encontrado en este estudio.

Sobre los cultivares de tuna utilizados para la producción de cochinilla del carmín los productores señalaron que eran mezclas de cultivares ‘Amarilla’, ‘Morada’ y ‘Blanca’; y que dentro de los campos la ‘Morada’ representa casi el 95 por ciento de la población, el 5 por ciento de ‘Amarilla’ y menos de 1 por ciento de ‘Blanca’.

Al analizar las formas de infestación artificial de la cochinilla del carmín en la tuna (Figura 23), se observa que, en La Joya Antigua, el 93 por ciento utiliza hembras oviplenas de la primera cosecha en ovoposición, colocadas en infestadores y colgadas en las paletas de la tuna, tan solo el 7 por ciento utiliza “polvillo de cuchareo” conteniendo ninfas de *D. coccus*, como fuente de infestación artificial y distribuidas al voleo sobre las paletas de tuna. En El Triunfo y en San Isidro, el 100 por ciento de productores utiliza hembras oviplenas de la primera cosecha en ovoposición, colocadas en infestadores y colgadas en las paletas de la tuna. En La Cano, el 94 por ciento utiliza hembras oviplenas de la primera cosecha en ovoposición, colocadas en infestadores, el 3 por ciento utiliza hembras oviplenas en ovoposición de la segunda cosecha como material de infestación, y tan solo el 3 por ciento utiliza “polvillo de cuchareo” conteniendo ninfas de *D. coccus*, como fuente de infestación artificial y distribuidas al voleo sobre las paletas de tuna.

Como se observa en la **Figura 23**, en las cuatro irrigaciones la forma común de infestación artificial es utilizando hembras oviplenas en ovoposición de la primera cosecha, colocadas en infestadores y colgadas en las paletas de la tuna con más de 94 por ciento de agricultores y en El Triunfo y en San Isidro, la totalidad de productores. El uso de hembras oviplenas de la segunda cosecha solo se dio en La Cano y con una proporción muy baja (1 por ciento); así mismo, el uso de “polvillo de cuchareo”, distribuido al voleo, solo se da en La Joya Antigua (7 por ciento) y en La Cano (3 por ciento).

Se evaluó el uso de malla raschell de color negro con 50 por ciento de paso de luz (**Figura 24**), colocada sobre las paletas de tuna infestadas artificialmente con hembras oviplenas en ovoposición, de la primera cosecha, como sombra para proteger a las ninfas de *D. coccus* por un periodo aproximado de 40 días.

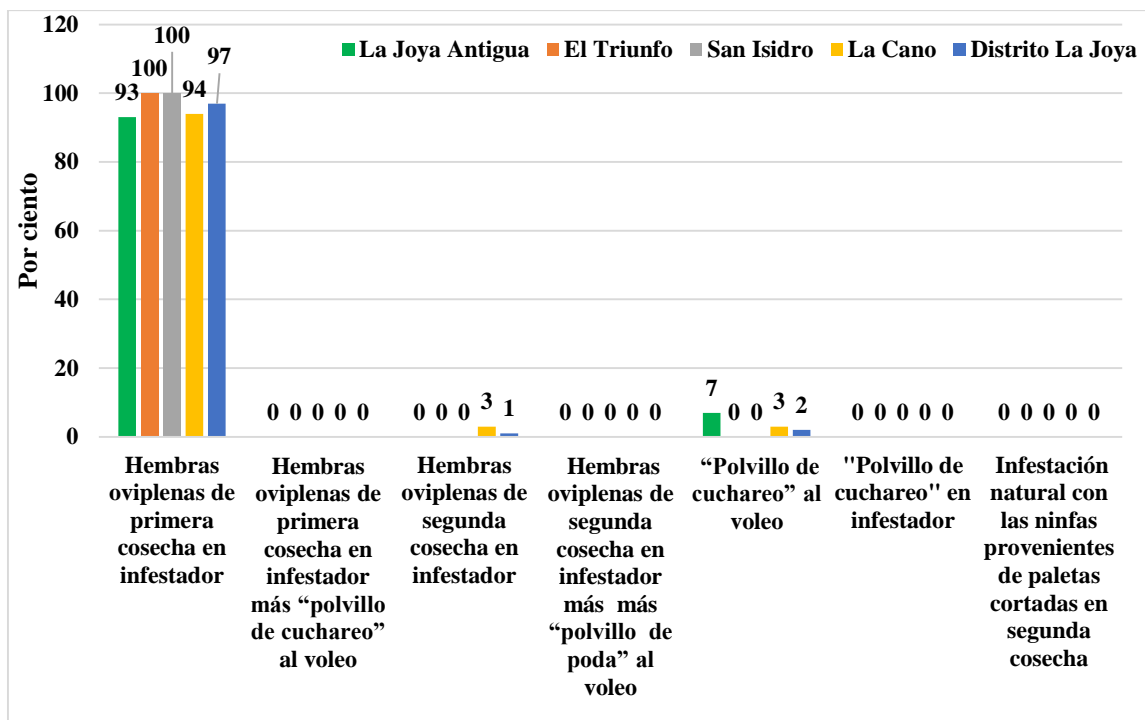


Figura 23. Proporción de agricultores, de acuerdo a las formas de infestación de la cochinilla del carmín, en las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.

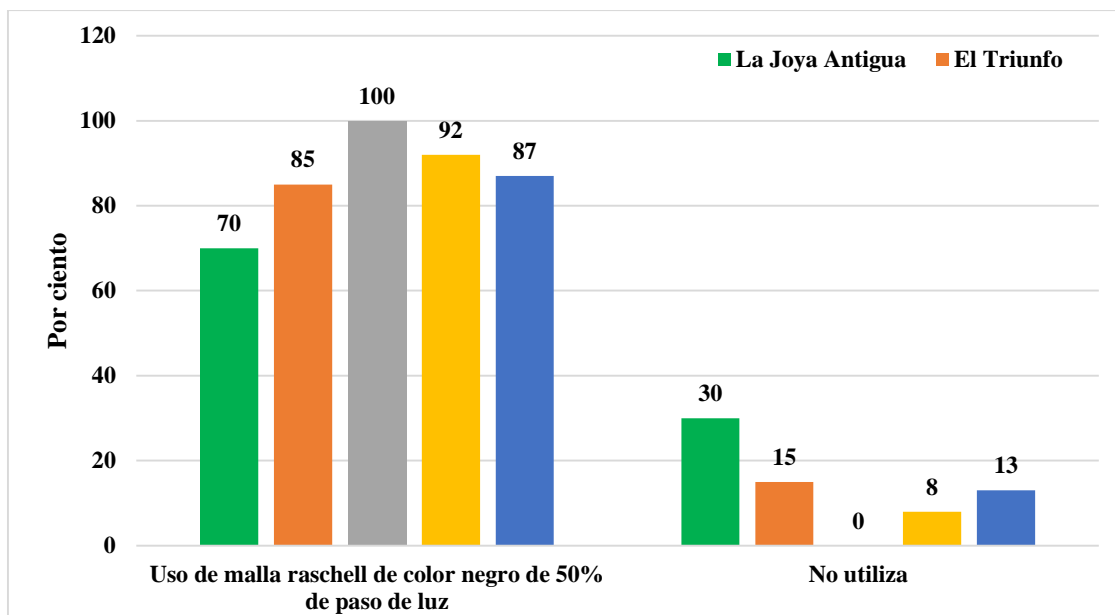


Figura 24. Proporción de agricultores que utilizan malla raschell después de la infestación artificial de la cochinilla del carmín en la tuna, comparando las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.

En La Joya Antigua se halló que el 70 por ciento de los la utiliza y un 30 por ciento no la utiliza; mientras que, en El Triunfo, el 85 por ciento si usa y el 15 por ciento no la utiliza. En San Isidro, el 100 por ciento de los

productores la utiliza; mientras que en La Cano el 92 por ciento de los productores la usa y un 8 por ciento no la utiliza.

Al comparar las irrigaciones en La Joya Antigua es donde menos se utiliza la malla raschell (70 por ciento de agricultores) comparado con San Isidro que es donde más se utiliza (100 por ciento), luego La Cano con 92 por ciento y finalmente El Triunfo con 85 por ciento. En La Joya, el 87 por ciento usa malla raschell y un 13 por ciento no lo hace.

En otro aspecto del proceso de producción se halló que más 99 por ciento de los productores realizaban infestación artificial, primera cosecha y segunda cosecha o poda y menos del 1 por ciento solo infestaban artificialmente y luego cosechaban; en relación al número promedio de hembras oviplenas por infestador, el 8 por ciento utilizaba menos de 10 hembras, el 19 por ciento entre 11 y 20, el 37 por ciento entre 21 y 30, el más del 35 por ciento utilizaba más de 30, y menos del 1 por ciento, no utilizaba; lo que resultaba en kilogramos de hembras oviplenas por ha con un 2 por ciento que utilizaba menos de 100 kg, el 9 por ciento utilizaba de 101 a 200 kg, el 55 por ciento utilizaba 201 a 300 kg, más del el 33 por ciento utilizaba 300 kg, y menos del 1 por ciento no utilizaba.

En relación al tiempo que se mantenían los infestadores sobre las paletas de tuna, después de la infestación artificial, se halló que el 12 por ciento retiraban a los 30 días, el 76 por ciento entre 31 y 45 días, más del 11 por ciento en más de 45 días, y menos del 1 por ciento no utilizaba; y respecto a la edad de la paleta de la tuna para la infestación artificial, el 40 por ciento lo hacía en paletas de 4 meses de edad, el 58 por ciento en paletas de 4.1 a 5.5 meses y el 2 por ciento en paletas de más de 5.5 meses de edad.

En lo que respecta a la cantidad de mano de obra empleada, para las dos actividades más importantes como la primera cosecha o “cuchareo” y para la segunda cosecha o “poda”, se halló que el 54 por ciento empleaba menos de 50 jornales por ha el 43 por ciento entre 51 y 100 jornales, y el 3 por ciento más de 100 jornales; mientras que para la segunda cosecha o “poda” el 35 por ciento empleaba menos de 50 jornales por ha el 62 por ciento entre 51 y 100 jornales, y el 3 por ciento más de 100 jornales.

Para el secado de la cochinilla del carmín se halló que más del 99 por ciento de los productores secaban la cochinilla por exposición directa al sol y menos del 1 por ciento en casa de vidrio; y para la limpieza de la cochinilla del carmín, el 70 por ciento tenía su propia clasificadora, el 22 por ciento alquilaba y el 8 por ciento no clasificaba.

En relación a la comercialización de la cochinilla del carmín (**Figura 25**), se observa que, en La Joya Antigua, el 58 por ciento de los agricultores vende la cochinilla seca y clasificada a comerciantes minoristas, el 22 por ciento la vende seca y sin clasificar, también a minorista; mientras que un 18 por ciento la vende seca y clasificada a intermediario mayorista y 2 por ciento directamente a exportadores.

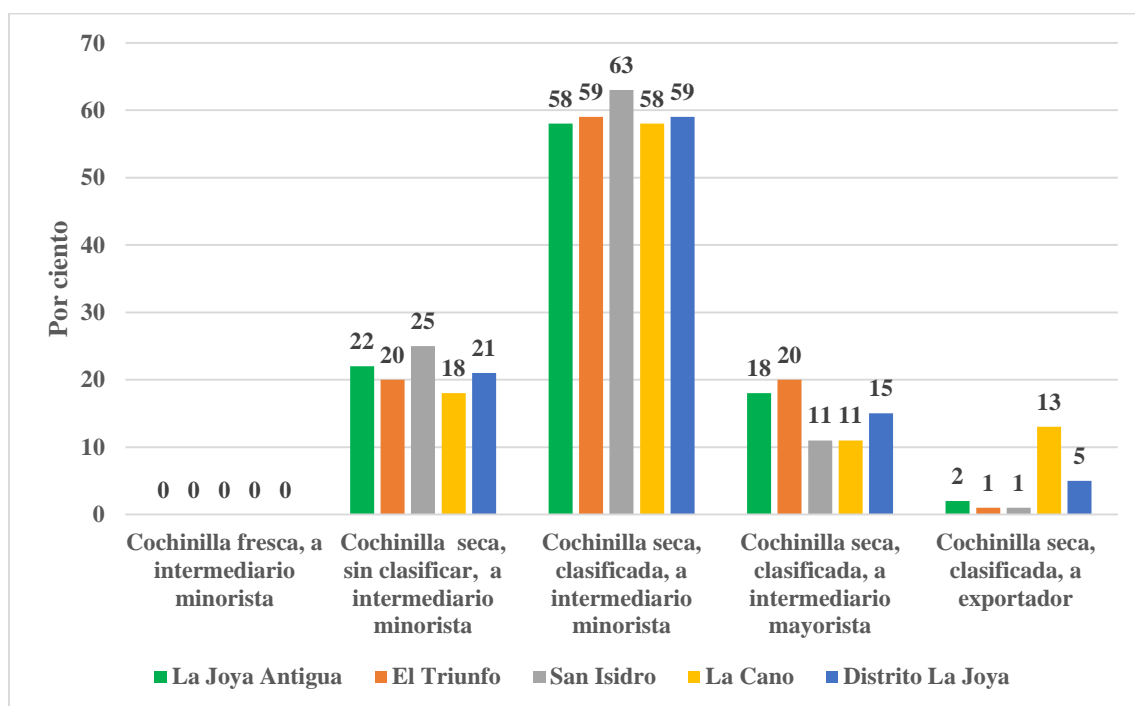


Figura 25: Proporción de agricultores, de acuerdo a las formas de comercialización de la cochinilla del carmín, en las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.

En El Triunfo, el 59 por ciento de los agricultores vende la cochinilla seca y clasificada a comerciantes minoristas, el 20 por ciento la vende seca y sin clasificar, también a minorista; mientras que un 20 por ciento la vende seca y clasificada a intermediario mayorista y 1 por ciento directamente a exportadores.

En San Isidro, el 63 por ciento de los agricultores vende la cochinilla seca y clasificada a comerciantes minoristas, el 25 por ciento la vende seca y sin clasificar, 11 por ciento a intermediario mayorista y 1 por ciento directamente a exportadores. En La Cano, el 58 por ciento de los agricultores vende la cochinilla seca y clasificada a comerciantes minoristas, el 18 por ciento la vende seca y sin clasificar, también a minorista; mientras que un 11 por ciento la vende seca y clasificada a intermediario mayorista y 13 por ciento de los encuestados vende la cochinilla directamente a exportadores, especialmente algunos productores de altos volúmenes de producción, e integrantes de una asociación de productores.

Al comparar las irrigaciones en estudio, se observa mucha semejanza en la comercialización. En el caso de la venta de cochinilla fresca, no se realiza en ningún caso; mientras que la cochinilla seca sin clasificar entre el 18 por ciento (La Cano) y 25 por ciento (San Isidro) de agricultores venden de esta manera y a minoristas. La mayor parte de productores vende la cochinilla del carmín como y clasificada a minoristas, así en la Joya Antigua lo hace el 58 por ciento, en El Triunfo el 59 por ciento, en San Isidro el 63 por ciento y en La Cano el 58 por ciento, siendo la mayor proporción correspondiente a San Isidro. Se nota también una menor proporción de venta de cochinilla seca y clasificada a intermediario mayorista, así en La Joya Antigua y en El Triunfo, el 20 por ciento de productores comercializan de esa manera y en San Isidro solo lo hace el 11 por ciento, al igual que La Cano; finalmente solo en La Cano se dio el caso de venta de cochinilla directamente a exportadores.

En todo el distrito de La Joya el 21 por ciento vende como seca sin clasificar a minoristas, el 59 por ciento lo hace como seca y clasificada a minorista, el 15 por ciento como seca y clasificada a intermediario mayorista y tan solo un 5 por ciento a exportadores.

En lo referente al rendimiento de cochinilla seca, en las fincas, por ha año (sumado la primera y segunda cosecha), en la **Figura 26**, se observa que, para La Joya Antigua, el 47 por ciento de los productores obtenían rendimientos de 401 a 600, un 25 por ciento entre 601 a 800 y un 20 por ciento más de 800 kg. En el Triunfo, el 50 por ciento de los productores obtenían rendimientos de 401 a 600 kg, un 25 por ciento entre 601 a 800, un 15 por ciento más de 800 kg y un 10 por ciento entre 201 a 400 kilogramos. En San Isidro, el 42 por ciento de los productores obtenían rendimientos de 401 a 600 kg, un 33 por ciento entre 601 a 800 y un 25 por ciento entre 201 a 400 kilogramos. En La Cano, el 40 por ciento de los productores

obtenían rendimientos de 401 a 600 kg, un 26 por ciento entre 601 a 800, un 16 por ciento más de 800 kg y un 10 por ciento entre 201 a 400 kilogramos.

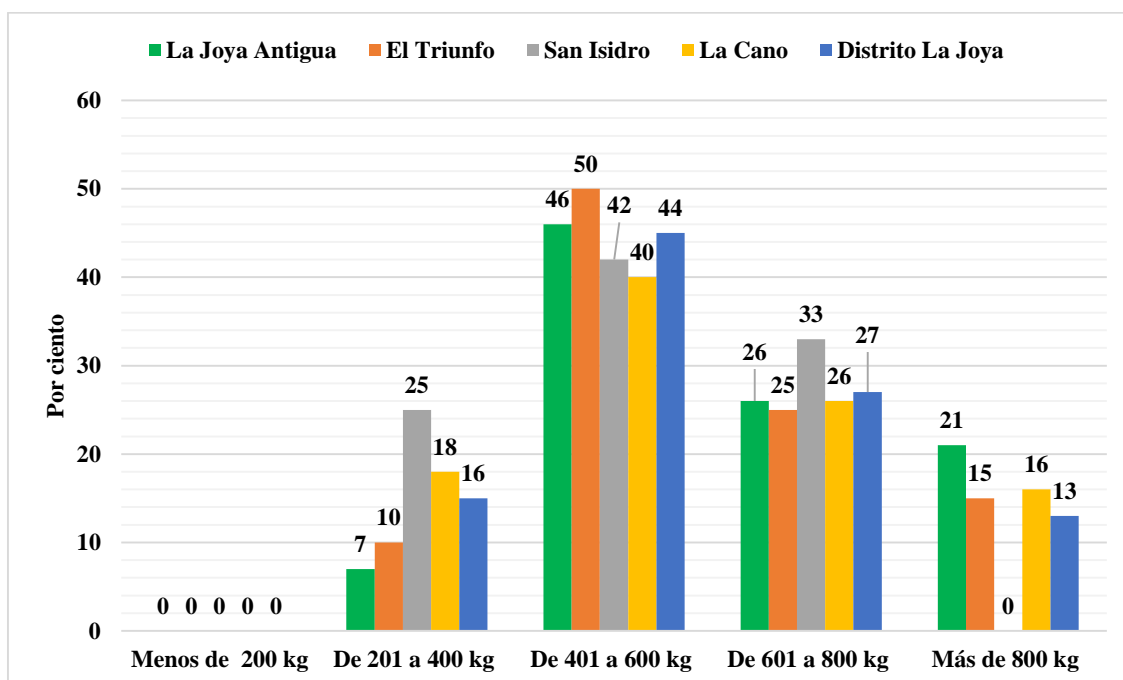


Figura 26. Proporción de fincas, de acuerdo al rendimiento de cochinilla del carmín seca (kg ha⁻¹ año⁻¹), en las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.

Entre 40 y 50 por ciento, con un promedio de 45 por ciento (para todo el distrito de La Joya) de productores refieren que sus rendimientos de cochinilla seca por ha año oscilan entre 401 y 600 kg; mientras que si se suma el número de productores cuyos rendimientos oscilan entre 401 y 800 kg sería de 72 por ciento para La Joya Antigua, 75 por ciento para El Triunfo, 75 por ciento para San Isidro y 66 por ciento para La Cano; también se da el caso se altos rendimientos como los registrados para La Joya Antigua en el que 1 21 por ciento de productores señalan tener rendimientos superiores a 800 kg, frente a 15 por ciento en El Triunfo, o por ciento en San Isidro y 16 por ciento en La Cano. Agricultores con rendimientos bajos, entre 201 y 400 kg se da en un 7 por ciento en La Joya Antigua, 10 por ciento en El Triunfo, 25 por ciento en San Isidro y 18 por ciento en La Cano, lo que muestra que San Isidro es el lugar con una cuarta parte de agricultores con bajos rendimientos.

En todo el distrito, el 16 por ciento de los productores obtiene entre 201 y 400 kg, el 44 por ciento entre 401 y 600 kg, el 27 por ciento entre 601 y 800 kg y el 13 por ciento más de 800 kg. Estos rendimientos se asemejan a los reportados por el Gobierno Regional de Arequipa (2018) para las cosechas del año 2012, 2013 y 2014 con promedios de 688, 633 y 314 kg ha⁻¹ de cochinilla seca, respectivamente; sin embargo, para la campaña 2013-2014 bajó a 314 kg ha⁻¹, explicado por la disminución de los precios de venta.

En la **Figura 27**, se presentan los resultados de la proporción de agricultores de las cuatro irrigaciones, de acuerdo a los ingresos netos obtenidos por la venta de la cochinilla del carmín, obtenidos por ha y por año; teniendo en cuenta que al momento de la encuesta el valor promedio de venta fue de US \$ 40.00 dólares americanos por kilogramo de cochinilla seca clasificada, y a intermediario minorista, a quienes venden la mayoría de productores. En la Joya Antigua, se halló que más del 83 por ciento de los productores tiene ingresos netos superiores a los 7 500 dólares americanos, por ha y por año, un 8 por ciento entre 5 625 y 7 500 dólares americanos, mientras que, en El Triunfo, el 45 por ciento de los productores tiene ingresos netos superiores a los 7 500 dólares americanos, un 36 por ciento entre 5 625 y 7 500 dólares y un 10 por ciento entre 3 750 y 5 625 dólares. En San Isidro, el 42 por ciento de los productores tiene ingresos netos superiores a los 7 500 dólares americanos, un 23 por ciento entre 5 625 y 7 500 dólares, un 15 por ciento entre 3 750 y 5 625 dólares, un 15 por ciento entre 1 875 y 3 750, y un 5 por ciento con ingresos menores a 1 875 dólares americanos. En La Cano, el 60 por ciento de los productores tiene ingresos netos superiores a los 7 500 dólares americanos, un 32 por ciento entre 5 625 y 7 500 dólares, un 7 por ciento entre 3 750 y 5 625 dólares. En La Cano, en la actualidad la principal actividad económica es la producción de cochinilla del carmín.

En la comparación entre irrigaciones se observa que en San Isidro es donde los agricultores muestran tener menos ingresos, puesto que solo un 42 por ciento de sus agricultores manifiesta tener ingresos superiores a 7 500 dólares americanos frente a un 83 por ciento de La Joya Antigua, 45 por ciento de El Triunfo y 60 por ciento de La Cano. Así mismo, en los ingresos entre 3 750 y 5 625 dólares americanos San Isidro, muestra el mayor valor con 15 por ciento de los productores frente a 6 por ciento de La Joya Antigua, un 10 por ciento de El Triunfo y 7 por ciento de La Cano; de igual manera para el ingreso entre 1875 y 3750 dólares americanos, San Isidro vuelve a mostrar el mayor valor con 15 por ciento de agricultores con esos ingresos, frente a tan solo 3 por ciento de La Joya Antigua, 9 por ciento de El Triunfo y 1 por ciento de La Cano. Finalmente en La Joya Antigua y

en La Cano es donde se nota mayores ingresos en los productores como consecuencia de la producción de la cochinilla del carmin.

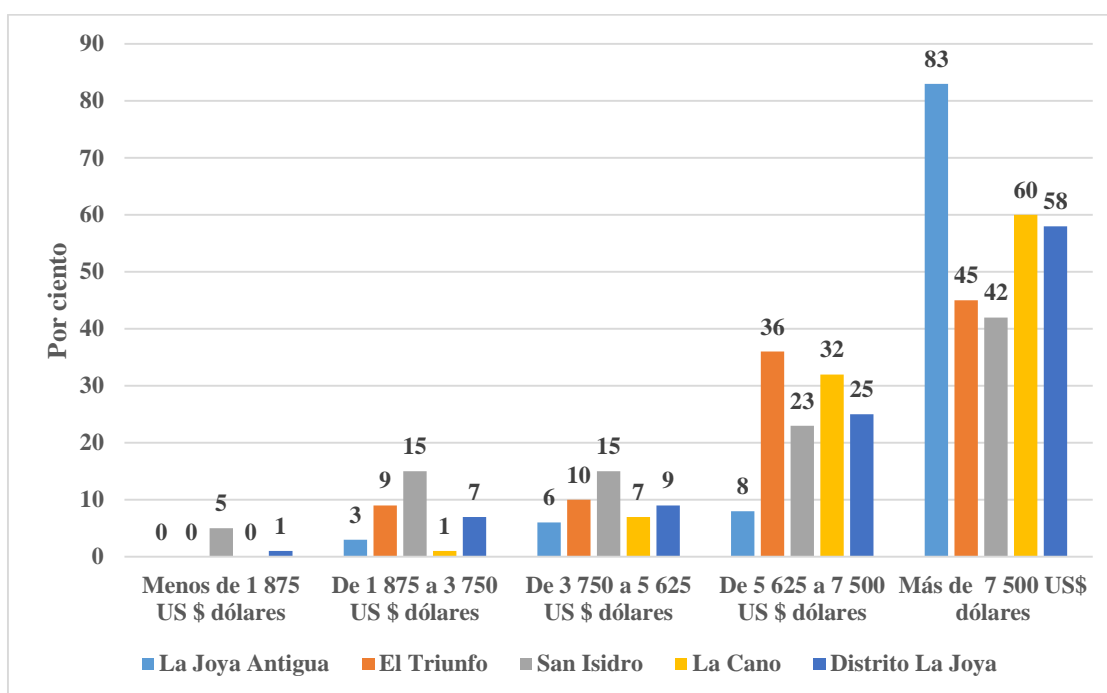


Figura 27. Proporción de agricultores, de acuerdo a los ingresos netos (US\$), por ha-año, obtenidos por los productores de cochinilla del carmín, en las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.

En todo el distrito de La Joya el 58 por ciento de los productores, tiene ingresos superiores a 7 500 dólares americanos, el 25 por ciento entre 5 625 y 7 500 dólares, un 9 por ciento entre 3 750 y 5 625 dólares, un 7 por ciento entre 1 875 y 3 750, y un 1 por ciento con ingresos menores a 1 875 dólares americanos.

4.1.3. Aspectos ambientales

En la **Figura 28**, se muestra los resultados sobre el tiempo transcurrido para efectuar una rotación del cultivo de tuna, destinada a la producción de cochinilla del camarín, con otros cultivos. Se observa que, en La Joya Antigua, el 86 por ciento de productores señalan que lo hacen entre 6 a 10 años y un 14 por ciento en menos de cinco años; generalmente la rotación es con otros cultivos como papa, ajo, cebolla o maíz para forraje; y muy pocos agricultores no hacen rotación sino más bien vuelven a instalar tuna. En El Triunfo, el 80 por ciento de productores señalan que lo hacen entre 6 a 10 años, un 15 por ciento e menos de cinco años

y un 5 por ciento de 11 a 15 años; siendo en esta zona, la rotación con otros cultivos más difícil por la poca disponibilidad de agua, el alto contenido de sales en el agua de riego y en el suelo, por lo que es frecuente que no se realice rotación y el siguiente cultivo sea tuna nuevamente; en el momento del estudio se estuvieron efectuando rotaciones con quinua, puesto que este cultivo es tolerante a sales. En San Isidro, el 100 por ciento de productores señalan que lo hacen entre 6 a 10 años, con cultivos como papa, maíz forrajero y cebolla, principalmente, aunque algunos agricultores vuelven a instalar tuna para cochinilla del carmín. En La Cano, el 59 por ciento de productores señalan que lo hacen entre 6 a 10 años, un 27 por ciento en menos de cinco años, un 11 por ciento de 11 a 15 años, y un 3 por ciento en más de 16 años; siendo frecuente la instalación de tuna, para cochinilla nuevamente.

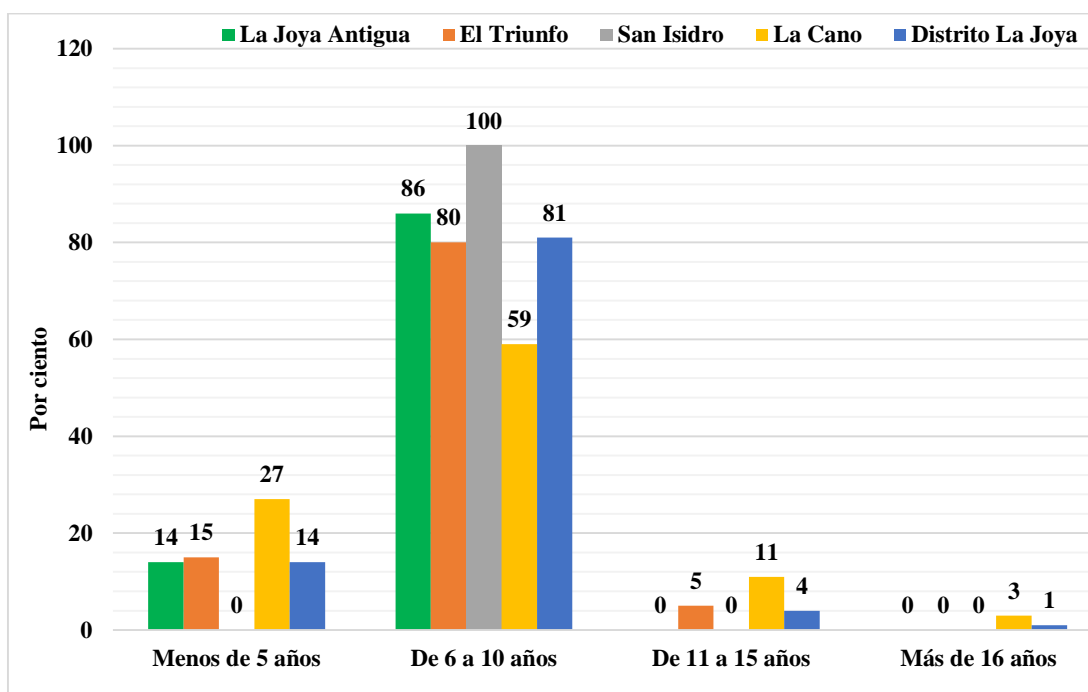


Figura 28. Proporción de fincas, de acuerdo al tiempo transcurrido para practicar la rotación del cultivo de la tuna para la producción de cochinilla del carmín, en las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.

En el distrito de La Joya, el 14 por ciento hace rotación de tuna con otros cultivos en menos de cinco años de instalada la tuna, 81 por ciento entre 6 a 10 años, el 4 por ciento entre 11 a 15 años y el 1 por ciento en más de 16 años. Por otro lado, el 53 por ciento de productores de tuna para cochinilla del carmín, instalan además otros cultivos como ajo, cebolla, papa, maíz chala, alfalfa, vid y palto, y el 82 por ciento, solo instala tuna sin otro cultivo asociado

y el 15 por ciento puede instalar otro cultivo entre las columnas de tuna y generalmente este es maíz. La producción de cochinilla del carmín no permite la rotación de cultivos en forma inmediata como ocurre con los cultivos anuales, puesto que es un cultivo perenne y después de 5 a 10 años, en promedio, se hace rotación con cultivos como, ajo, papa, maíz chala o alfalfa. El Gobierno Regional de Arequipa (2018) señala para La Joya cultivos como zanahoria, vid, tara, quinua, poro, papa, paprika, palto, paca, tuna para cochinilla, manzano, higuera, granado, maíz chala, chí, cebolla, alfalfa, alcachofa y ajo.

En la **Figura 29** se muestra la fuente de agua utilizada en las cuatro irrigaciones, considerándose agua “dulce” del sistema de represas del río Chili, agua de filtraciones que aflora a la superficie (agua salada) y agua extraída del subsuelo (agua salada). En La Joya Antigua, el sistema de riego es por gravedad y el 90 por ciento de agricultores riega con agua “dulce” del sistema de represas del río Chili y un 10 por ciento con agua “salada” de subsuelo que aflora a la superficie, como consecuencia del riego por gravedad utilizado en La Joya Antigua.

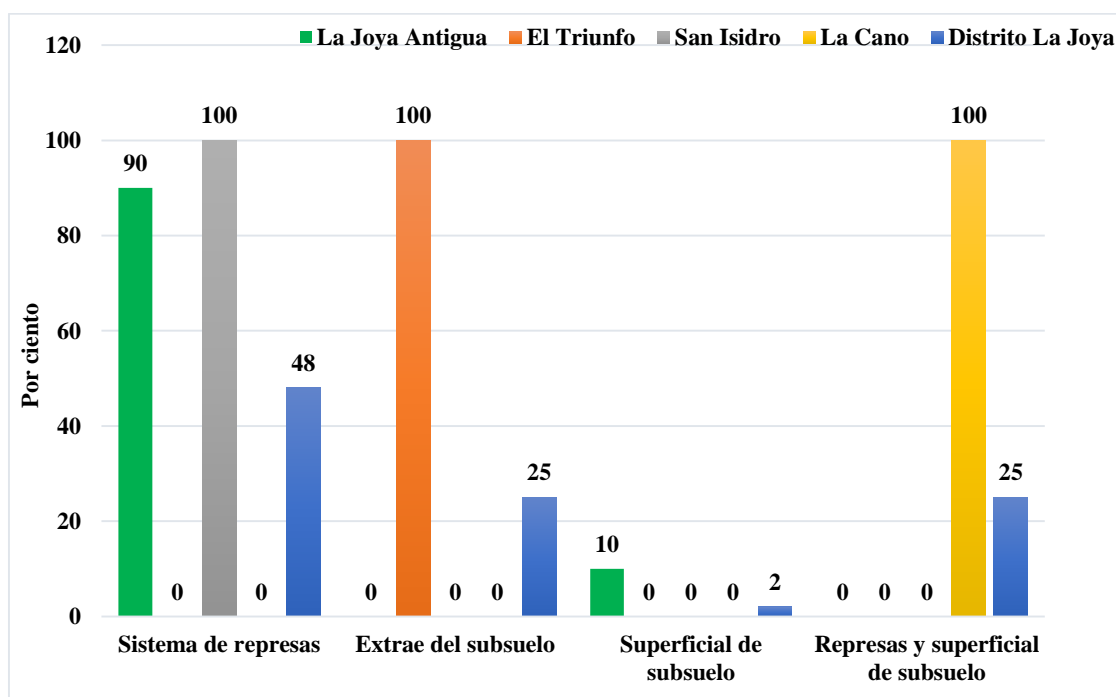


Figura 29. Proporción de fincas, de acuerdo a la procedencia del agua de riego, para la producción de cochinilla del carmín, en las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.

En El Triunfo, el riego es por goteo y el 100 por ciento de los productores utiliza solamente agua “salada” de subsuelo (como consecuencia del riego por gravedad en La Joya Antigua), extraída por un sistema de bombeo a tajo abierto. En San Isidro, el riego es por gravedad y el 100 por ciento de los productores utilizan agua “dulce”, proveniente del sistema de represas de río Chili. En La Cano, el riego es por gravedad y el 100 por ciento de los productores utiliza agua que resulta de la mezcla de agua “dulce” del sistema de represas y agua de subsuelo superficial (agua salada), resultante del riego por gravedad en La Joya Antigua. Por otro lado, se halló que la frecuencia de riego era variable, así el 6 por ciento regaba cada 3.5 días, el 11 por ciento cada 4.5 días, el 5 por ciento cada 5.5 días, el 23 por ciento cada 7 días, el 30 por ciento cada 9 días, el 20 por ciento cada 11 días y el 5 por ciento más de 11 días.

Cabe señalar, que la administración del agua de riego está a cargo de dos Juntas de Usuarios: La Joya Antigua, que administra el agua de riego de la Irrigación La Joya Antigua y El triunfo; y La Joya Nueva que administra el agua de riego de La Cano, San Isidro y San Camilo, las cinco irrigaciones que comprende el distrito de La Joya.

En la **Figura 30**, se muestra la proporción de agricultores, de acuerdo al uso que le dan a la paleta de la tuna después del corte efectuado en la segunda cosecha o “poda” para el recojo de la cochinilla. El agricultor puede dejar la paleta entera, o picada o trozada en el campo o retirarla; también se sabe del uso como forraje o incorporada al suelo después del picado o trozado. En la figura 30, se muestra que en La Joya Antigua y en El Triunfo, el 100 por ciento de los productores dejan la paleta en el campo ya sean trozadas o no, y no le dan otro uso adicional como el compostaje, forraje, o trozadas e incorporadas al suelo. En San Isidro, el 84 por ciento de los productores dejan la paleta en el campo ya sean trozadas o no, y no le dan otro uso adicional como el compostaje, forraje, o trozadas; algunos logran incorporarlas al suelo (16 por ciento), y como quiera que en San Isidro aún se desarrolla ganadería, en algún momento se puede utilizar la paleta de tuna como forraje, sin embargo, no es frecuente. En La Cano, el 97 por ciento de los productores dejan la paleta en el campo ya sean trozadas o no; el 3 por ciento incorpora la paleta de tuna al campo; y no le dan otro uso adicional como el compostaje o forraje; y es frecuente que algunos productores retiren las paletas del campo para ser utilizadas como material de propagación de otros campos.

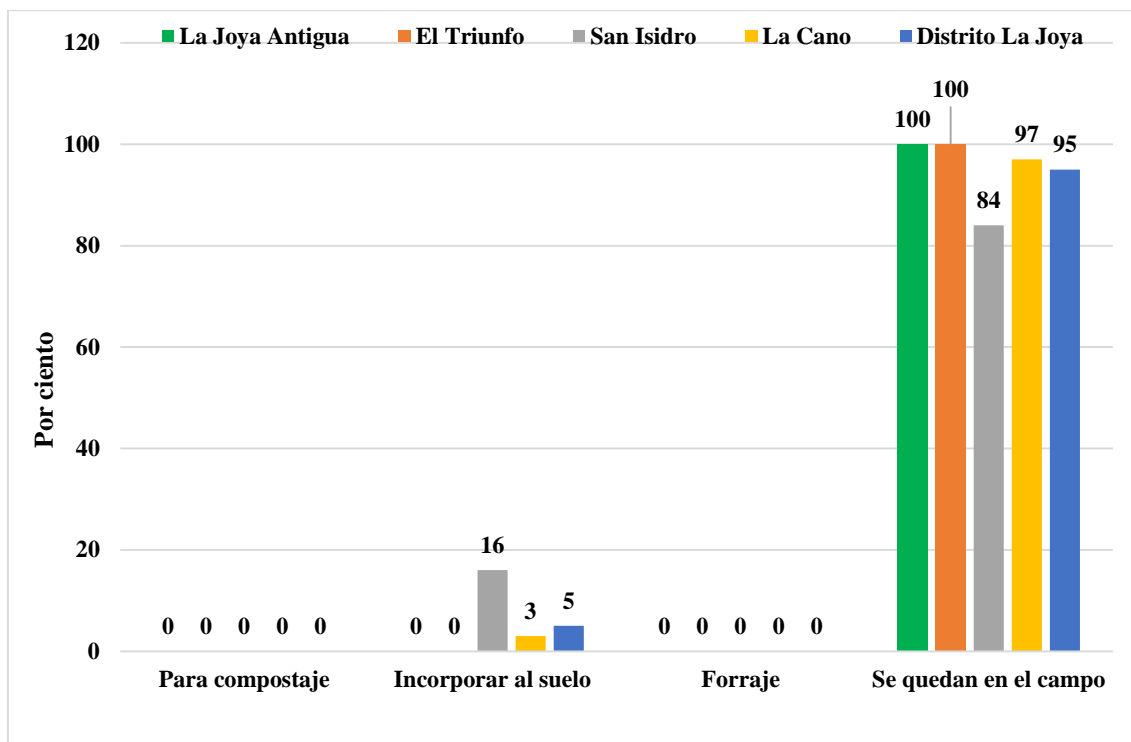


Figura 30. Proporción de agricultores, de acuerdo al uso de la paleta de tuna cortada durante la segunda cosecha o “poda”, en la producción de la cochinilla del carmín, en las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.

En la **Figura 31**, se muestra la proporción de agricultores que utilizan agroquímicos en el proceso de producción de la cochinilla del carmín. Se observa que, en La Joya Antigua, que en general el 49 por ciento de los productores hacen uso de agroquímicos, mientras que el 51 por ciento no lo hacen. En El Triunfo, el 55 por ciento utiliza agroquímicos y el 45 por ciento no lo hace. En San Isidro, el 67 por ciento hace uso de agroquímicos y el 33 por ciento no lo hacen. En La Cano, el 52 por ciento hace uso de agroquímicos y el 48 por ciento no lo hacen.

Antigua es la irrigación donde menos se utiliza agroquímicos, con el 49 por ciento de productores y en donde más se utiliza en San Isidro con el 67 por ciento de agricultores; mientras que en El Triunfo y en La Cano, las proporciones son semejantes, con 55 por ciento y 52 por ciento, respectivamente.

En todo el distrito el 56 por ciento de agricultores hace uso de agroquímicos frente al 44 por ciento que no lo usa. Así mismo se halló que el 49 por ciento de los productores utilizaban

insecticidas y el 51 por ciento no lo hacía; el 90 por ciento no hacía uso de fungicidas frente a un 10 por ciento que si lo hacía; el 41 por ciento hacían uso de reguladores de crecimiento y el 59 por ciento no lo hacían; el 79 por ciento hacían uso de fertilizantes sintéticos y el 21 por ciento no lo hacía; y el 100 por ciento hacia uso de herbicidas.

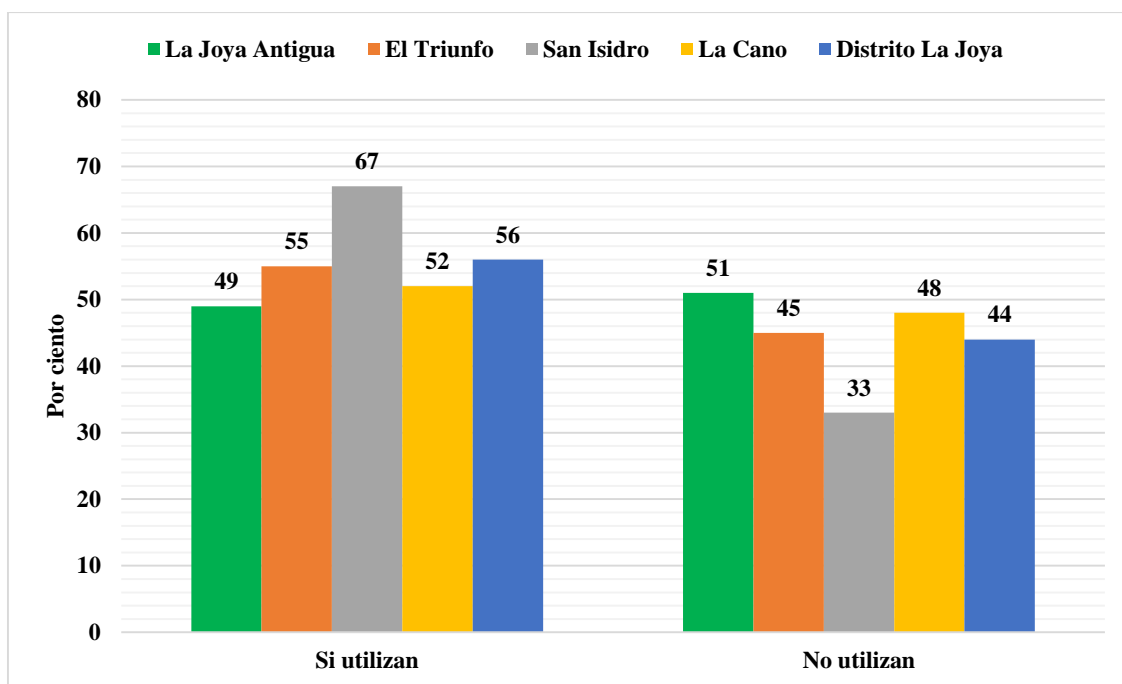


Figura 31. Proporción de agricultores, de acuerdo al uso de agroquímicos en la producción de cochinilla del carmín, en las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.

Al comparar el uso de agroquímicos en la producción de la cochinilla del carmín, La Joya En la **Figura 32**, se muestra la proporción de agricultores que toman medidas cuando utilizan plaguicidas. Se observa que, en La Joya Antigua, el 36 por ciento de aplicadores no utilizan medidas de protección, frente a un 64 por ciento que si lo hace. En El Triunfo, el 35 por ciento de aplicadores no utilizan medidas de protección, comparado con un 65 por ciento que si lo hace. En San Isidro, un 57 por ciento de aplicadores no utilizan medidas de protección y un 43 por ciento que si lo hace. En La Cano, un 56 por ciento de aplicadores no utilizan medidas de protección, frente a un 44 por ciento que si lo hace.

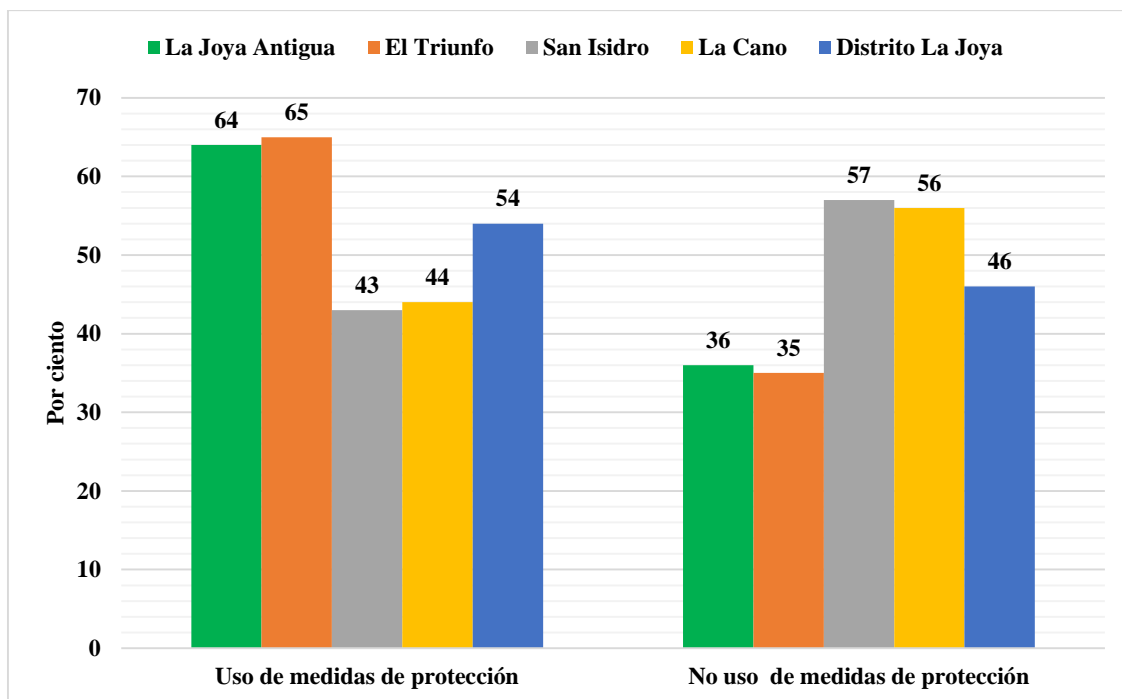


Figura 32. Proporción de agricultores, de acuerdo al uso de medidas de protección durante la aplicación de plaguicidas, para la producción de cochinilla del carmín, en las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de la Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú, 2016.

Al efectuar las comparaciones se observa que las irrigaciones con menor proporción de productores que se protegen durante la aplicación de plaguicidas son La Joya Antigua y El Triunfo, 36 y 35 por ciento de productores respectivamente; lo que se traduce a la vez en que son las irrigaciones con mayor uso de medidas de protección con el 64 y 65 por ciento de productores, respectivamente. Sucede lo contrario con San Isidro y La Cano, en donde se usa menos las medidas de protección, así un 57 y 56 por ciento de productores no las usan, respectivamente. En el distrito de La Joya, un 54 por ciento usa medidas de protección generalmente usando pañuelos protectores de las vías respiratorias, los cuales no protegen totalmente contra polvos o gases, otros hacen uso de botas de jebe, pero muy poco de ropa especializada; y un 46 por ciento no lo hace. Se halló también que el 99 por ciento de los productores tenían conocimiento sobre el cuidado al ambiente.

4.1.4. Análisis de conglomerado

El análisis de conglomerado por el Método de Ward y con una distancia Euclidiana Cuadrada de 600 (**Figura 33**), agrupa las fincas en seis grupos o tipos de fincas, como se puede observar en tabla 13. En la **Tabla 13** se observa que se tipifican seis tipos de fincas

productoras de tuna para la producción de cochinilla del carmín. Del total de fincas el 16, 11, 21, 21, 8 y 23 por ciento corresponden a los tipos I, II, II, IV, V y VI, respectivamente; las mismas que en promedio tienen instaladas entre 2.1 ha (Tipo IV) y 16 ha (Tipo V) de tuna para la producción de cochinilla del carmín. Por otro lado, el rendimiento de cochinilla seca fue en promedio de 563, 611, 612, 477, 589 y 574 kg ha⁻¹ año⁻¹, respectivamente; el ingreso neto por ha⁻¹ año⁻¹ fue de 7250, 6910, 7703, 5121, 7813 y 7418 US \$ dólares americanos, para los tipos I, II, III, IV, V y VI, respectivamente. El tipo de finca más frecuente es el tipo VI, que se ubica en la Irrigación La Cano, con 23 por ciento del total de fincas 4.6 ha instaladas con tuna, de un total de 8; el rendimiento promedio año de cochinilla seca es de 574 kg ha⁻¹, un ingreso neto promedio por ha de US\$ 7418 dólares americanos. San Isidro y La Joya Antigua junto a El Triunfo, correspondientes a los tipos III y IV son los segundos tipos más frecuentes con el 21 por ciento de las fincas cada uno.

Tabla 13. Características más importantes de “fincas tipo” instaladas con tuna para la producción de cochinilla del carmín en el distrito de La Joya. La Joya, Arequipa, Perú, 2016.

Características	TIPO DE FINCA					
	I	II	III	IV	V	VI
Cantidad que representa (por ciento)	16	11	21	21	8	23
Área promedio con tuna para cochinilla (ha)	4.4	2.6	2.8	2.1	16	4.6
Área promedio total de la parcela (ha)	10.9	6.2	4.6	5.2	20	8
Rendimiento de cochinilla seca (kg ha ⁻¹)	563	611	612	477	589	574
Ingreso neto por ha y por año (US \$)	7250	6910	7703	5121	7813	7418
Irrigación	La Joya Antigua	La Joya Antigua San Isidro	La Joya Antigua El Triunfo	San Isidro	La Cano	La Cano
Ubicación geográfica de la Irrigación	16° 26' 11.4" S 71° 51' 06.2" N	16° 26' 11.4" S 71° 51' 06.2" N 16° 34' 05.8" S 71° 55' 24.8" N	16° 26' 11.4" S 71° 51' 06.2" N 16° 30' 29.5" S 71° 51' 38.9" N	16° 34' 05.8" S 71° 55' 24.8" N	16° 33' 07.1" S 71° 55' 10.8" N	16° 33' 07.1" S 71° 55' 10.8" N

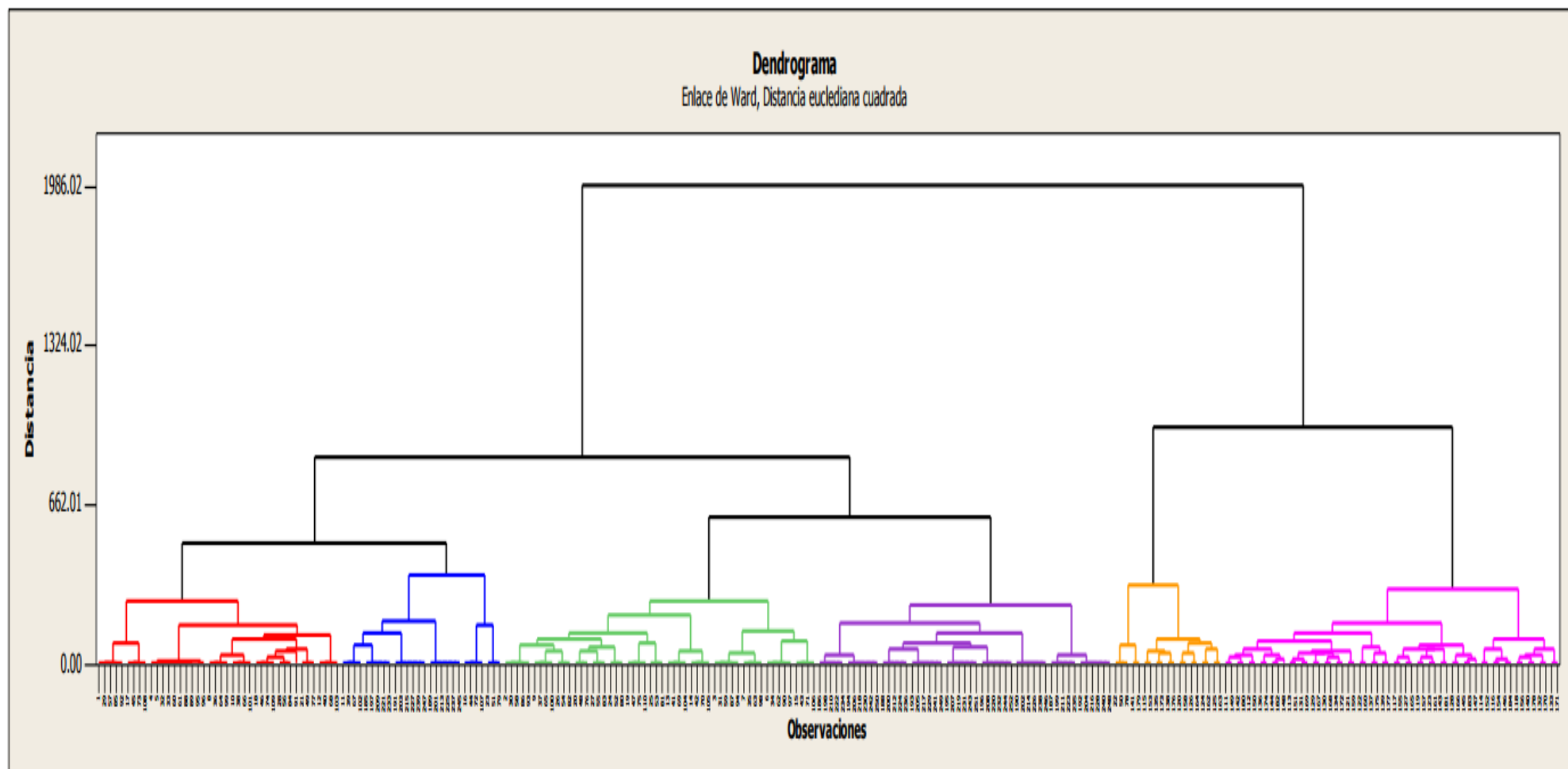


Figura 33: Agrupamiento de fincas productoras de tuna para la producción de cochinilla del carmín en el distrito de La Joya con el método de Ward y una distancia Euclidiana Cuadrada menor a 600. La Joya, Arequipa, Perú, 2016

La caracterización y la tipificación de las fincas productoras de cochinilla del carmín en el distrito de La Joya se basa en el entendido que el adecuado conocimiento del contexto del pequeño productor es base para la investigación y transferencia de tecnología, y deben generarse de acuerdo a ese contexto (Escobar y Berdegue, 1990) y como el productor organiza su propiedad, el espacio, la producción agrícola, los factores de producción y tecnológicos, asociando aspectos económicos, tecnológicos y ecosistémicos (Vélez y Gastó, 2002). El estudio de las fincas busca explicar fenómenos biológicos, sociales y económicos, inclusive al productor (León-Velarde y Barrera, 2003) y que se estableció la situación actual de los recursos físicos y humanos como la población, educación, salud, organización (UICN, 2009) para visualizar el futuro y proponer alternativas de solución apropiadas en busca de una mayor sustentabilidad (Fernández et al., 2008). Así mismo se describió los componentes que integran la finca para realizar un ordenamiento de la misma bajo criterios de sustentabilidad y también como lo señala Montagnini (2001), se describe y analiza los aspectos socioeconómicos (infraestructura, mano de obra, precios), uso de la tierra, problemas y necesidades de los agricultores.

En el distrito de La Joya se determinaron características para establecer fortalezas y debilidades y definir prioridades para investigaciones futuras o una intervención técnica o buscar una comprensión más amplia del sistema agrario, y concuerdan lo hallado por autores como Morales (2003), Ortuño y Coronel de Renolfi (2005), Escobal (2006), Zúñiga et al. (2004) y Ayora et al. (2017); o lo señalado por Obando (1996) sobre los pequeños agricultores de Arequipa se halló que sus índices de productividad son altos pero que el trabajo es más individual que asociado o lo hallado por Merma y Julca (2012) en el Alto Urubamba (zona de selva alta) donde la economía de los agricultores es crítica y de baja rentabilidad; por Tuesta et al. (2014), en San Martín (Perú) en fincas cacaoteras con una gran proporción de fincas pertenecen a una organización.

También lo hallado por Collantes (2015) en fincas de palto y mandarina, en Cañete, Perú, donde el 81 por ciento de los productores destina su producto para la exportación con predominancia del monocultivo; en la provincia de La Convención en Cusco- Perú, Márquez et al. (2016), señala se llevan a cabo sistemas agroforestales y se practica el “ayni” o trabajo solidario recíproco. Ayora et al. (2017) en la cuenca media y baja del río Supe, Lima, reporta sustentabilidad en caña de azúcar, maracuyá, maíz duro amarillo, palto y maíz morado, hecho no ocurrió para la cochinilla del carmín. Muchos de los resultados concuerdan con

Valdivia (2006) en La Joya en la que los productores de cochinilla del carmín también cultivan papa, cebolla, alfalfa y maíz forrajero; varían por la tenencia de la tierra, el tamaño de la parcela, organización de la producción y comercialización y ha provocado alteraciones como en el mercado de trabajo, donde se observa equidad de género y el valor de los jornales hombre y mujer son iguales, lo que no se observa para otras actividades agrícolas en el mismo distrito o en distritos cercanos como Vítor o Santa Rita de Sigvas.

De acuerdo a la tipificación del Banco Mundial (2008) para los países en vías de desarrollo, las estrategias de vida de los productores de cochinilla del carmín en el distrito de la Joya, estarían inmersos en el tipo a, es decir, agricultores que obtienen la mayor parte de sus ingresos, involucrándose activamente en los mercados agrícolas, como pequeños agricultores orientados al mercado.

4.2. EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE FINCAS PRODUCTORAS DE *Opuntia ficus indica* PARA LA PRODUCCIÓN DE *Dactylopius coccus*, EN LA JOYA, AREQUIPA, PERÚ

4.2.1. Sustentabilidad según el MESMIS

El análisis se efectuó considerando las tres dimensiones sociocultural, económica y ambiental, con sus respectivos atributos considerados e indicadores, para las tres localidades evaluadas como son las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), La Cano (LC) y San Isidro (SI).

a. Dimensión económica

Para el atributo de productividad (**Tabla 14**), que considera como criterio de diagnóstico a la eficiencia económica y como indicador a los ingresos netos, se observa que, en La Joya Antigua es de 8.03, 6.45 para El Triunfo, 4.37 para San Isidro, 7.43 para La Cano y un valor medio de 6.57 para las cuatro Irrigaciones o todo el distrito de La Joya. Así, de acuerdo a los niveles establecidos en la tabla 10 la Joya Antigua y La Cano estarían en el nivel de sustentable, categoría excelente; El Triunfo en el nivel de potencialmente sustentable, categoría bueno y San Isidro como moderadamente sustentable, categoría moderado. Todo el distrito de La Joya como potencialmente sustentable, categoría bueno. Es necesario indicar que el único indicador en este atributo es los ingresos netos por ha año.

Tabla 14. Valores de los intervalos de referencia para la sustentabilidad económica de fincas productoras de cochinilla del carmín, para los atributos, criterios de diagnóstico e indicadores, en las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), La Cano (LC), San Isidro (SI) y todo el distrito La Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú 2016.

Atributo	Criterios de diagnóstico	Indicadores	Umbral crítico	Máximo valor del Indicador	Intervalo de referencia								
					LJA		ET		SI		LC		DLJ
					Indic.	- X	Indic.	- X	Indic.	- X	Indic.	- X	- X
Productividad	Eficiencia económica	Ingresos netos por ha año	3	9	8.03	8.03	6.45	6.45	4.37	4.37	7.43	7.43	6.57
Estabilidad Resiliencia	Diversidad	Otras fuentes de ingreso	3	9	1.47	2.97	1.13	2.07	0.48	1.46	1.5	2.51	2.25
Confiabilidad	Vulnerabilidad	Comercialización	3	9	4.47		3.00		2.43		3.51		
Autogestión	Autosuficiencia	Dependencia de insumos externos para la producción	3	9	0.83	3.49	1.20	3.75	0.27	3.45	2.93	4.13	3.71
		Nivel de autofinanciamiento	3	9	6.14		6.30		6.62		5.33		

En el caso del atributo de estabilidad, resiliencia y confiabilidad (Tabla 14), en los que se considera como criterios de diagnóstico a la diversidad y como indicador a otras fuentes de ingreso; y a la vulnerabilidad con el indicador de comercialización, se encontró que en La Joya Antigua corresponde un valor de 2.97, 2.06 para El Triunfo, 1.46 para San Isidro, 2.51 para La Cano y 2.25 para todo el distrito de La Joya. Así de acuerdo a los niveles establecidos en la tabla 10 las cuatro irrigaciones están en el nivel de no sustentables, al igual que todo el Distrito de la Joya; y en la categoría de crítico. Debe considerarse además que al analizar los valores de los indicadores tanto el correspondiente a otras fuentes de ingreso y como la comercialización muestran valores muy bajos de sustentabilidad. Solo en La Cano y para la comercialización se tiene un nivel potencialmente sustentable, en la categoría de bueno.

Respecto al atributo de autogestión (Tabla 14), que considera como criterio de diagnóstico la autosuficiencia y como indicadores la dependencia de insumos externos y el nivel de autofinanciamiento, se halló que el intervalo de referencia es de 3.49 para La Joya Antigua, 3.75 para El Triunfo, 3.45 para San Isidro, 4.13 para La Cano y un valor medio de 3.71 para las cuatro Irrigaciones o todo el distrito de La Joya. Así de acuerdo a los niveles establecidos en la tabla 10, las cuatro irrigaciones estarían dentro del nivel moderadamente sustentable y de la misma manera todo el Distrito de la Joya; todos en la categoría de moderado. Cabe

resaltar que, en el caso de los indicadores dependencia de insumos externos es el que está en el nivel de no sustentable en los cuatro lugares, a diferencia del nivel de autofinanciamiento, en el que en los cuatro lugares está como potencialmente sustentables y categoría de bueno. En la figura 34 se muestra el comportamiento de los atributos analizados en la tabla 14, para cada irrigación, en la dimensión económica.

Para el atributo de productividad (**Figura 34**), la Joya Antigua está dentro del nivel de excelente y sustentables, al igual que La Cano, más no así El Triunfo que estaría como potencialmente sustentable y San Isidro como moderadamente sustentable.

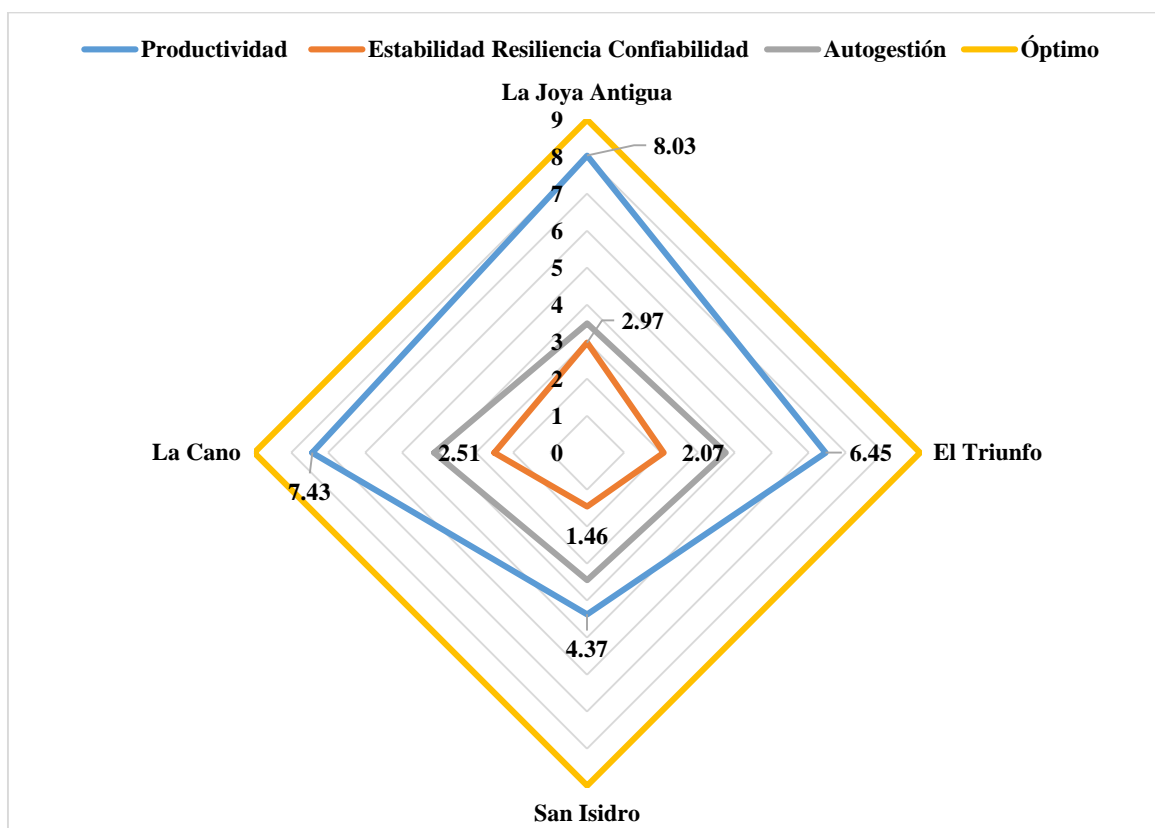


Figura 34. Valores del intervalo de referencia para los atributos de productividad, estabilidad, resiliencia, confiabilidad y autogestión, de la dimensión económica, para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), La Cano (LC) y San Isidro (SI). La Joya, Arequipa, Perú 2016.

Para los atributos de estabilidad, resiliencia y confiabilidad (Figura 34), la Joya Antigua, La Cano y San Isidro, menos estables, resilientes y confiables que El Triunfo, considerando que las otras fuentes de ingreso y la comercialización de la cochinilla del carmín es muy

deficiente. Todas las irrigaciones estarían dentro del nivel crítico. Para el atributo de autogestión (Figura 34), la Joya Antigua está dentro del nivel moderadamente sustentables al igual que las otras irrigaciones. Así mismo al comparar el nivel de sustentabilidad de los atributos se nota claramente que el atributo de productividad está dentro del nivel de sustentable, seguido por el atributo de autogestión y el de nivel más bajo es el de estabilidad, resiliencia y confiabilidad.

Finalmente, en la Figura 34 se muestra que los atributos más críticos, para la dimensión económica, son los correspondientes a resiliencia, estabilidad y confiabilidad en los que se encuentran indicadores criterios de diagnóstico como diversidad con el indicador otras fuentes de ingreso y en el criterio vulnerabilidad al indicador comercialización. El otro atributo crítico es el de autogestión con el criterio de autosuficiencia y los indicadores dependencia de insumos externos para la producción y el nivel de autofinanciamiento.

b. Dimensión sociocultural

Lo intervalos de referencia para la dimensión sociocultural, correspondiente a los atributos de estabilidad, resiliencia, confiabilidad, adaptabilidad, equidad y autogestión, para las cuatro irrigaciones estudiadas, se muestran en la **Tabla 15**.

Los atributos de estabilidad, resiliencia y confiabilidad (Tabla 15), tienen como criterios de diagnóstico la calidad de vida, la inseguridad ciudadana y aceptabilidad del sistema productivo, a través de indicadores como la calidad de la vivienda, robos en el año y aceptación del sistema productivo, respectivamente. Para estos atributos, se halló que, los intervalos de referencia fueron de 3.43 para La Joya Antigua, 3.00 para El Triunfo, 4.59 para San Isidro, 3.86 para La Cano y un valor medio de 3.72 para las cuatro irrigaciones o todo el distrito de La Joya. De acuerdo, a los niveles establecidos en la tabla 10, las cuatro irrigaciones y el distrito de La Joya estarían dentro del nivel moderadamente sustentable y en la categoría moderado. En este atributo el indicador más crítico es el referido a robos ocurridos en las fincas para la producción de cochinilla del carmín en el año, en los que tanto en La Joya Antigua como La Cano y El Triunfo el nivel de sustentabilidad es de no sustentable en la categoría de crítico y el único lugar donde los robos son menos frecuentes y el indicador muestra sustentabilidad moderada es en San Isidro; de la misma manera ocurre para la aceptación del sistema productivo en la que en las cuatro irrigaciones es no sustentable. Para el caso de la calidad de vivienda La Joya Antigua, San Isidro y El Triunfo

están en el nivel de potencialmente sustentables y La Cano sería el único que muestra sustentabilidad.

Tabla 15. Valores de los intervalos de referencia para la sustentabilidad sociocultural de fincas productoras de cochinilla del carmín, para los atributos, criterios de diagnóstico e indicadores, para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), La Cano (LC), San Isidro (SI) y todo el distrito La Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú 2016.

Atributo	Criterios de diagnóstico	Indicadores	Umbral crítico	Máximo valor del Indicador	Intervalo de referencia											
					LJA		ET		SI		LC		DLJ			
					Indic.	- X	Indic.	- X	Indic.	- X	Indic.	- X	- X			
Estabilidad Resiliencia Confiabilidad	Calidad de vida	Calidad de vivienda	3	9	6.39	3.43	5.25	3.00	6.75	4.59	7.31	3.86	3.72			
	Inseguridad ciudadana	Robos en el año	3	9	0.95									0.90	4.23	2.42
	Aceptabilidad del sistema productivo	Aceptación del sistema productivo	3	9	2.94									2.85	2.78	1.86
Adaptabilidad	Fortalecimiento del aprendizaje	Asistencia a eventos de capacitación	3	9	0.12	3.52	1.35	4.23	0.93	4.24	2.42	5.12	4.28			
	Capacidad de innovación	Generación de prácticas y conocimientos	3	9	6.92									7.20	7.55	7.82
Equidad	Distribución de beneficios	Familiares dependientes	3	9	1.89	5.87	2.10	5.33	0.98	4.55	1.38	4.58	5.08			
	Empleo	Capacidad de proporcionar empleo	3	9	6.14									6.30	4.65	6.12
	Democratización	Grado de democratización familiar	3	9	8.73									7.58	8.03	6.24
Autogestión	Participación	Participación en organizaciones	3	9	0.32	2.74	0.30	2.33	0.24	3.66	1.20	2.67	2.85			
	Control	Tenencia de la tierra	3	9	5.16									4.35	7.07	4.14

En el atributo de adaptabilidad (Tabla 15), con los criterios de diagnóstico como el fortalecimiento del aprendizaje a través del indicador asistencia a eventos de capacitación, y la capacidad de innovación a través del indicador generación de prácticas y de conocimientos; se halló intervalos de referencia de 3.52 para La Joya Antigua, 4.23 para El Triunfo, 4.24 para San Isidro y 5.12 para La Cano y un valor medio de 4.28 para las cuatro Irrigaciones o todo el distrito de La Joya. Así de acuerdo a los niveles establecidos en la tabla

10 las cuatro irrigaciones estarían dentro del nivel de moderadamente sustentable y de la misma manera todo el distrito de la Joya; con excepción de La Cano que si estaría dentro de potencialmente sustentable. En el análisis de los indicadores se observa que en la asistencia a eventos de capacitación el nivel de sustentabilidad es de no sustentable, comparado con el indicador generación de prácticas y de conocimientos, en el cual todas las irrigaciones están en el nivel de sustentables, con excepción de La Joya Antigua que está en el nivel potencialmente sustentable.

Para el atributo de atributo de equidad (Tabla 15), en el que se consideran como criterios de diagnóstico a la distribución de beneficios, el empleo y la democratización a través de indicadores como familiares dependientes, capacidad de proporcionar empleo y grado de democratización familiar, respectivamente. En este atributo se halló que los intervalos de referencia fueron de 5.87 para La Joya Antigua, 5.33 para El Triunfo, 4.55 para San Isidro, 4.58 para La Cano y un valor medio de 5.08 para las cuatro Irrigaciones o todo el distrito de La Joya.

De acuerdo, a los niveles establecidos en la tabla 10, la Joya Antigua, El Triunfo y todo el distrito de La Joya estarían en el nivel de potencialmente sustentable, a diferencia de La Cano y San Isidro que estarían en el nivel de moderadamente sustentables. Al analizar los indicadores se observa que en el grado de democratización familiar el nivel es sustentable en La Joya Antigua, El Triunfo y San Isidro, mas no así en La Cano; en cambio en el indicador familiares dependientes, los cuatro lugares están en el nivel no sustentable. En el indicador, capacidad de proporcionar empleo solo San Isidro está en el nivel moderadamente sustentable y La Joya Antigua, La Cano y El Triunfo como potencialmente sustentables.

En el caso del atributo de autogestión (Tabla 15), se tiene como criterio de diagnóstico la participación y control, a través de los indicadores de participación en organizaciones y la tenencia de la tierra, respectivamente. Se halló que los intervalos de referencia fueron de 2.74 para La Joya Antigua, 2.33 para El Triunfo, 3.66 para San Isidro, 2.67 para La Cano y un valor medio de 2.85 para las cuatro Irrigaciones o todo el distrito de La Joya. Así de acuerdo a los niveles establecidos en la Tabla 10, solo San Isidro estaría dentro del nivel modernamente sustentable y La Joya Antigua, El Triunfo, La Cano y todo el distrito de La Joya en el nivel de no sustentable.

El análisis de los indicadores muestra que, para participación en organizaciones las cuatro irrigaciones estarían dentro del nivel no sustentable; en cambio para el indicador tenencia de la tierra, San Isidro estaría en el nivel de sustentable, La Joya Antigua como potencialmente sustentable, y La Cano y el Triunfo como moderadamente sustentables.

En la **Figura 35** se muestra el comportamiento de los atributos analizados en la tabla 15, para cada irrigación, en la dimensión sociocultural.

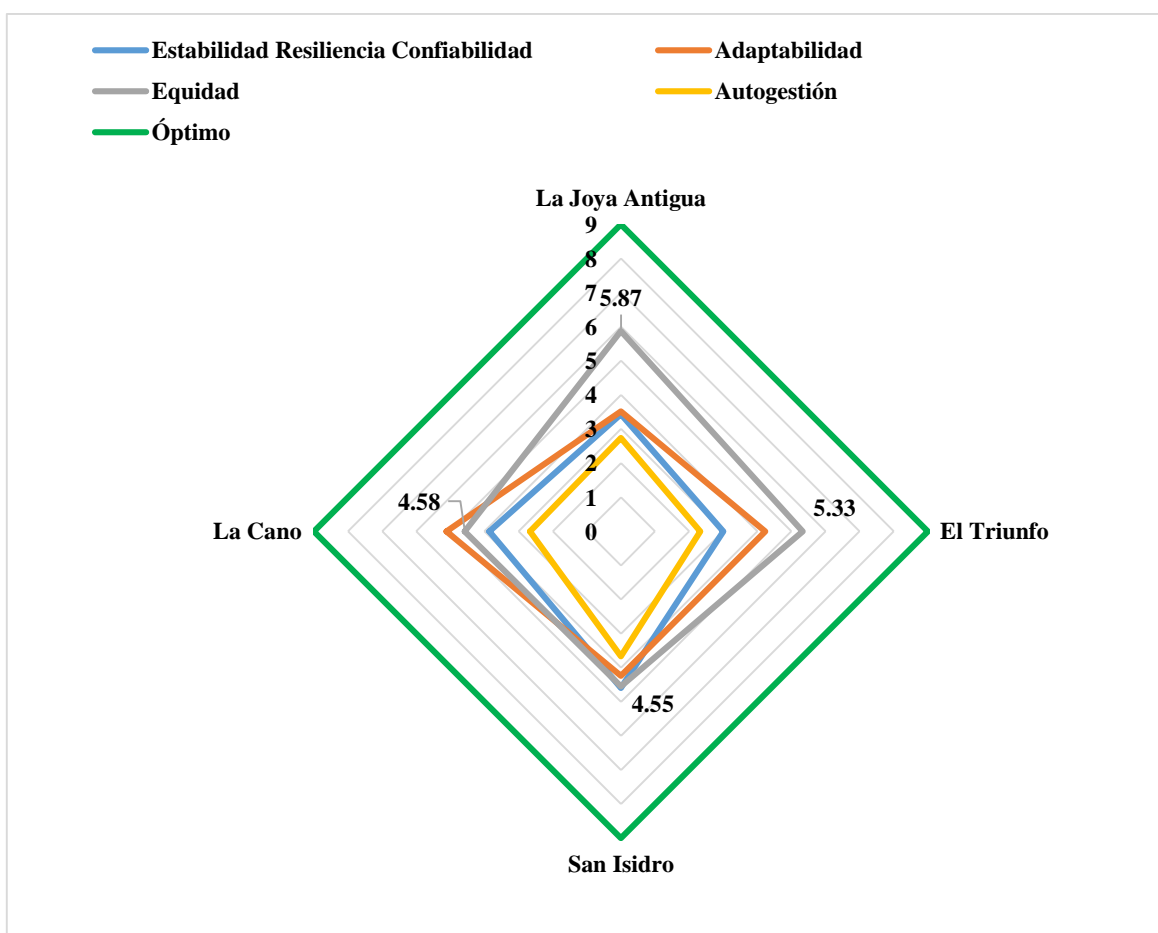


Figura 35. Valores del intervalo de referencia para los atributos de estabilidad, resiliencia, confiabilidad, adaptabilidad, equidad y autogestión, de la dimensión sociocultural, para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), La Cano (LC) y San Isidro (SI). La Joya, Arequipa, Perú 2016.

En la referida Figura 35; para los atributos de estabilidad, resiliencia, confiabilidad y adaptabilidad, las irrigaciones de la Joya Antigua, La Cano, San Isidro y El Triunfo estarán dentro de la categoría de moderadamente sustentables; para el atributo de equidad y la Joya

Antigua y El Triunfo, estarían dentro del nivel potencialmente sustentables, a diferencia de La Cano y San Isidro, que estarán dentro de la categoría de moderadamente sustentables. En el atributo de autogestión sólo San Isidro estaría dentro de la categoría de moderadamente sustentable, y las otras irrigaciones como no sustentables. El atributo más lejano a la sustentabilidad es el de la autogestión, mientras los más cercanos son la resiliencia, estabilidad y confiabilidad, junto a la adaptabilidad.

El atributo más crítico observado en la Figura 35, para la dimensión sociocultural, es el de la autogestión, seguido de la resiliencia, confiabilidad y estabilidad; luego la adaptabilidad y el más cercano a la sustentabilidad es el de equidad.

c. Dimensión ambiental

En la **Tabla 16**, se presentan los intervalos de referencia para la dimensión ambiental, correspondiente a los atributos de productividad, estabilidad, resiliencia y confiabilidad, para las cuatro irrigaciones estudiadas.

En el atributo de productividad (Tabla 16), que considera la eficiencia productiva como criterio de diagnóstico y su respectivo indicador el rendimiento; se halló que los intervalos de referencia fueron de 4.23 para La Joya Antigua, 4.13 para El Triunfo, 2.99 para San Isidro y 3.81 para La Cano y un valor medio de 3.81 para las cuatro Irrigaciones o todo el distrito de La Joya. Así de acuerdo a los niveles establecidos en la tabla 10, la Joya Antigua, El Triunfo y La Cano, así como todo el distrito de La Joya, estarían en el nivel de moderadamente sustentable; y San Isidro como no sustentable.

En el atributo de estabilidad, resiliencia y confiabilidad (Tabla 16) se consideran criterios de diagnóstico como: (a) conservación de recursos, con indicadores como calidad del agua y del suelo, riesgo de erosión del suelo, eficiencia del uso del agua de riego, incorporación de terrenos a la agricultura, uso de agroquímicos e incorporación de materia orgánica; (b) diversidad con el indicador diversidad biológica utilizada; y (c) vulnerabilidad con los indicadores de pérdidas por plagas y protección a la salud del trabajador. Se halló que los intervalos de referencia fueron de 2.65 para La Joya Antigua, 4.83 para El Triunfo, 3.03 para San Isidro y 3.78 para La Cano, un valor medio de 3.5 para las cuatro Irrigaciones o todo el distrito de La Joya. Así, para el atributo de productividad, La Joya Antigua, El Triunfo, La Cano y todo el distrito de La Joya estarían en la condición de moderadamente sustentables

y San Isidro como no sustentable; mientras que, para el atributo de resiliencia, estabilidad y confiabilidad, y de acuerdo a los niveles establecidos en la tabla 10, El Triunfo, San Isidro, La Cano y todo el distrito estarían como moderadamente sustentables, y La Joya Antigua como no sustentable.

Tabla 16. Valores de los intervalos de referencia para la sustentabilidad ambiental de fincas productoras de cochinilla del carmín, para los atributos, criterios de diagnóstico e indicadores, para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), La Cano (LC), San Isidro (SI) y todo el distrito La Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú 2016.

Atributo	Criterios de diagnóstico	Indicadores	Umbral crítico	Máximo valor del Indicador	Intervalo de referencia									
					LJA		ET		SI		LC		DLJ	
					Indic.	- X	Indic.	- X	Indic.	- X	Indic.	- X	- X	
Productividad	Eficiencia productiva	Rendimiento	3	9	4.23	4.23	4.13	4.13	2.99	2.99	3.87	3.87	3.81	
Estabilidad Resiliencia Confiabilidad	Conservación de recursos	Calidad del agua de riego y del suelo	3	9	2.40	2.65	4.83	3.03	3.78	3.57	1.80	2.10	1.80	
		Riesgo de erosión del suelo	3	9	4.98						5.03		5.25	4.37
		Eficiencia del uso del agua de riego	3	9	1.19						9.00		4.98	2.42
		Incorporación de terrenos a la agricultura	3	9	0.6						9.00		0.15	6.56
		Uso de agroquímicos	3	9	6.62						6.57		5.93	6.36
		Incorporación de materia orgánica	3	9	2.43						4.95		1.82	3.87
	Diversidad	Diversidad biológica utilizada	3	9	1.01						0.60	0.44	0.48	
	Vulnerabilidad	Pérdidas por plagas	3	9	2.99						5.10	6.53	6.24	
Protección a la salud del trabajador		3	9	1.61	1.41	0.71	1.89							

El análisis de los indicadores (Tabla 16) muestra que en el atributo de productividad y para el atributo de rendimiento, tanto La Joya Antigua, El Triunfo, La Cano y todo el distrito de La Joya están en el nivel de moderadamente sustentables, y San Isidro como no sustentable. Para el atributo de resiliencia, confiabilidad y estabilidad, y para el indicador calidad del suelo y del agua de riego, en ninguna de las irrigaciones sería sustentable; en el riesgo de

erosión del suelo, La Joya Antigua y La Cano, moderadamente sustentables y El Triunfo y San Isidro como potencialmente sustentables; en la eficiencia de riego, solo El Triunfo sería sustentable y La Joya Antigua y La Cano, no sustentables y San Isidro, moderadamente sustentable; en la incorporación de terrenos a la agricultura, El Triunfo sería sustentable y La Cano, potencialmente sustentables y las otras irrigaciones no sustentables; en el uso de agroquímicos las cuatro irrigaciones estarían en la consideración de potencialmente sustentables; en la incorporación de materia orgánica, La Joya Antigua y San Isidro estarían como no sustentables y El Triunfo y La Cano, como moderadamente sustentables; en la diversidad biológica utilizada, las cuatro irrigaciones están como no sustentables; al igual que para la protección a la salud del trabajador; finalmente en cuanto a las pérdidas por plagas La Joya Antigua se muestra como no sustentable y La Cano, El Triunfo y San Isidro como potencialmente sustentables. En la **Figura 36** se muestra el comportamiento de los atributos analizados en la tabla 16, para cada irrigación, en la dimensión ambiental.

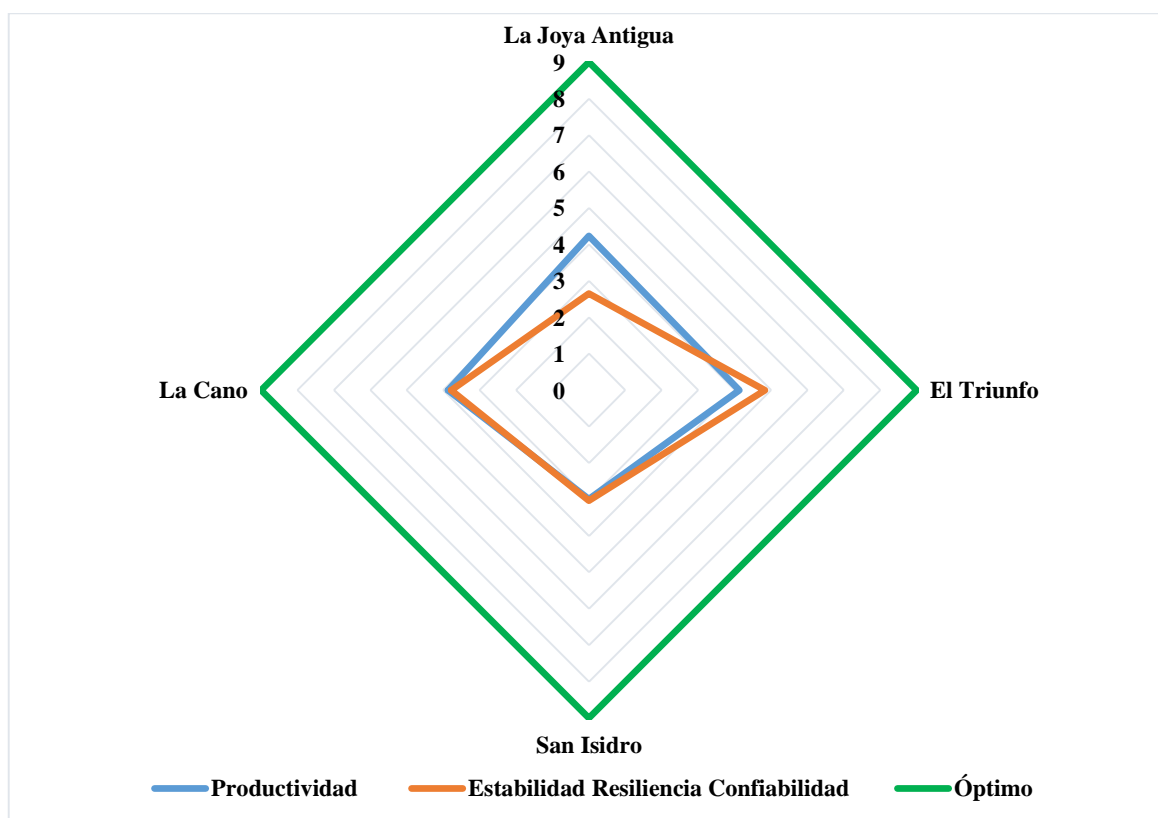


Figura 36. Valores del intervalo de referencia para los atributos de productividad, estabilidad, resiliencia, confiabilidad y autogestión, de la dimensión ambiental, para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), La Cano (LC) y San Isidro (SI). La Joya, Arequipa, Perú 2016.

En la referida Figura 36; para el atributo productividad las irrigaciones de la Joya Antigua, La Cano, San Isidro y El Triunfo estarán dentro de la categoría de moderadamente sustentables; mientras que, para los atributos de estabilidad, resiliencia y confiabilidad en la Joya Antigua, estaría como no sustentable y El Triunfo, La Cano y San Isidro como moderadamente sustentables. El Atributo de productividad está más cercano a la sustentabilidad.

d. Sustentabilidad general

Lo intervalos de referencia para la dimensión sociocultural, económica y ambiental para las cuatro irrigaciones estudiadas, se muestran en la **Tabla 17**.

Tabla 17. Valores de los intervalos de referencia para la sustentabilidad general de fincas productoras de cochinilla del carmín, para la dimensión y sus atributos, para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), La Cano (LC), San Isidro (SI) y el distrito de La Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú 2016.

Dimensión	Umbral crítico	Máximo valor del Indicador	Promedio				
			LJA	ET	SI	LC	DLJ
Económica	3	9	4.83 MS	4.09 MS	4.69 MS	3.09 MS	4.18 MS
Sociocultural	3	9	3.89 MS	3.72 MS	4.06 MS	4.26 MS	3.98 MS
Ambiental	3	9	3.44 MS	4.48 MS	3.83 MS	3.01 MS	3.69 MS
Promedio	3	9	4.05 MS	4.10 MS	4.19 MS	3.45 MS	3.95 MS

Al comparar el grado de sustentabilidad entre las cuatro irrigaciones evaluadas (Tabla 17), se observa que el intervalo de referencia para la dimensión económica en las irrigaciones La Joya Antigua, El Triunfo, San Isidro y La Cano son 4.83, 4.09, 4.69 y 3.09, respectivamente, y se encuentran entre los valores 3 y 5, que según la tabla 10, corresponden a moderadamente sustentable en la categoría de moderado.

En el caso de la dimensión sociocultural en las irrigaciones La Joya Antigua, El Triunfo, San Isidro y La Cano los intervalos son 3.89, 3.72, 4.06 y 4.26, respectivamente, y se encuentran entre los valores 3 y 5, que según la Tabla 10, corresponden a moderadamente sustentable en la categoría de moderado. En el caso de la dimensión ambiental en las irrigaciones La Joya Antigua, El Triunfo, San Isidro y La Cano los intervalos son 3.44, 4.48, 3.83 y 3.01,

respectivamente, y se encuentran entre los valores 3 y 5, que según la tabla 10, corresponden a moderadamente sustentable en la categoría de moderado.

En la misma Tabla 17, se observa que, al comparar la sustentabilidad general de las cuatro irrigaciones, en base al promedio de las tres dimensiones, no hay diferencias entre ellas, puesto que los intervalos para La Joya Antigua, El Triunfo, San Isidro y La Cano corresponden a valores de 4.05, 4.10, 4.19 y 3.45, respectivamente; los mismos que en función a la tabla 10 se sitúan en el nivel de moderadamente sustentables.

Finalmente, en la misma Tabla 17, se observa que los intervalos para las dimensiones económica, sociocultural y ambiental, para todo el distrito de La Joya (promedio de las cuatro irrigaciones) es de 4.18, 3.98 y 3.69, respectivamente; lo que, de acuerdo a lo establecido en la tabla 10 correspondería a un nivel de sustentabilidad de moderadamente sustentable, en la categoría moderado. De la misma manera el intervalo de referencia para las tres dimensiones y para las cuatro irrigaciones estudiadas o lo correspondiente al distrito de La Joya, es de 3.95, valor que se ubica dentro del nivel moderadamente sustentable categoría de moderado.

En la **Figura 37** se muestra la comparación del nivel de sustentabilidad de las tres dimensiones en las cuatro irrigaciones estudiadas. Se observa la similitud del nivel de sustentabilidad, aunque en La Cano, la dimensión sociocultural está más cercana a la sustentabilidad que otras dimensiones y otras irrigaciones; y en El Triunfo para la dimensión ambiental. Así mismo, se observa que en promedio las tres dimensiones están bastante alejadas del nivel óptimo de sustentabilidad.

En la **Figura 38** se muestra la comparación del nivel de sustentabilidad de las cuatro irrigaciones estudiadas. Se observa que, La Cano y El Triunfo están más cercanas a la sustentabilidad que La Joya Antigua y San Isidro. En general el nivel de sustentabilidad de las tres dimensiones está bastante alejado del nivel óptimo deseado.

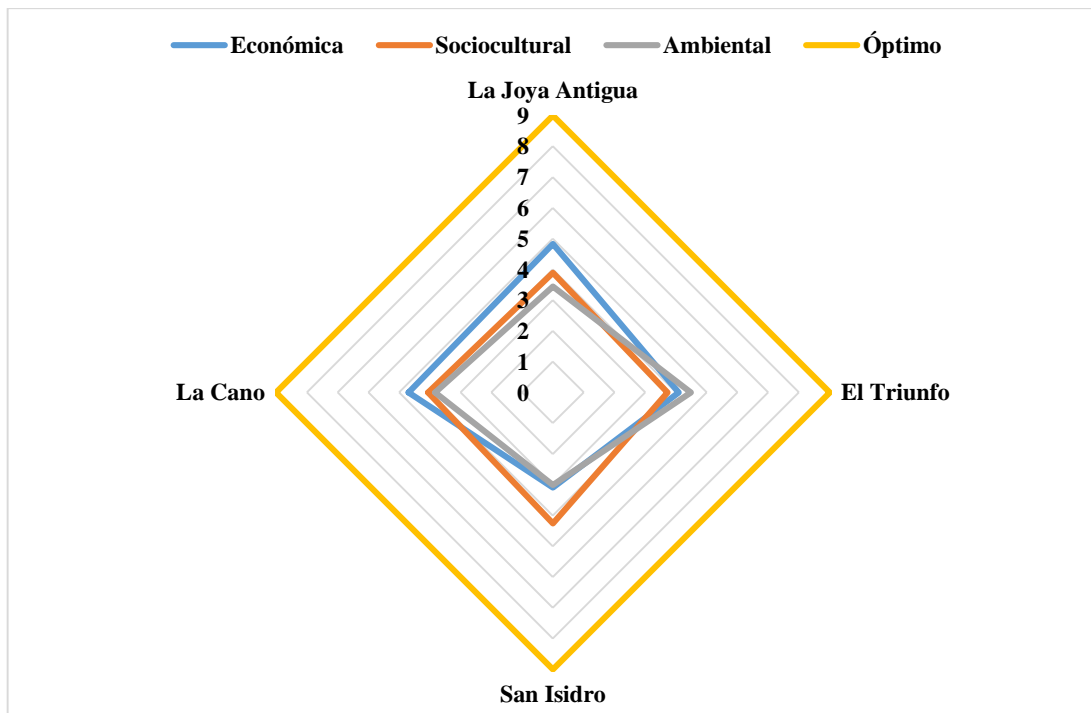


Figura 37. Valores del intervalo de referencia para las dimensiones económica, sociocultural y ambiental, para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), La Cano (LC) y San Isidro (SI). La Joya, Arequipa, Perú 2016.

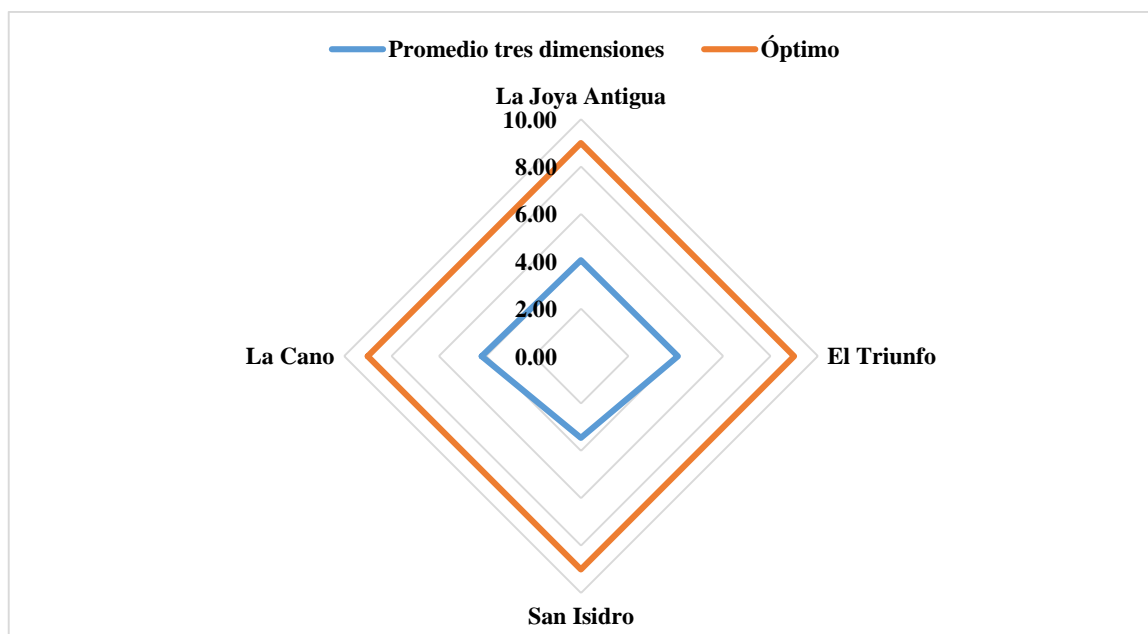


Figura 38. Valores del intervalo de referencia para las tres dimensiones, para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), La Cano (LC) y San Isidro (SI). La Joya, Arequipa, Perú 2016.

En la **Figura 39** se muestra la comparación del nivel de sustentabilidad de las tres dimensiones en todo el distrito de La Joya, y se observa que, dimensión económica está más cercana a la sustentabilidad, seguido de la dimensión sociocultural y en tercer lugar la dimensión ambiental; aunque las tres están dentro del nivel moderadamente sustentable, como también se puede observar en la **Tabla 17**. De la misma manera se observa que hay bastante lejanía de los niveles de sustentabilidad de las tres dimensiones en todo el distrito, comparado con el nivel óptimo de sustentabilidad deseado.

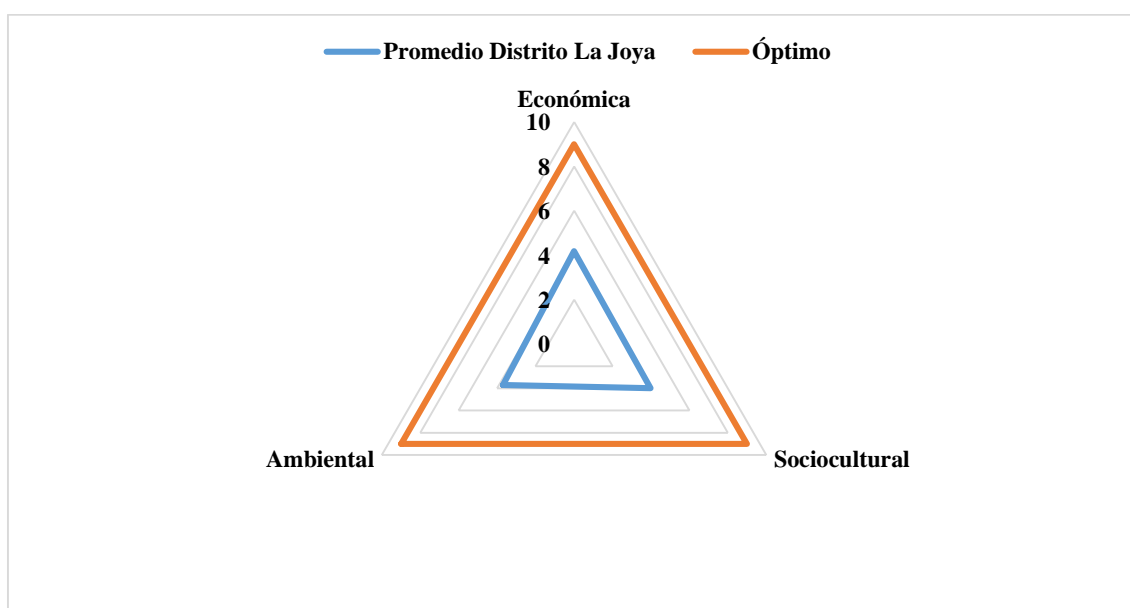


Figura 39. Valores del intervalo de referencia para las dimensiones económica, sociocultural y ambiental, de todo el distrito de La Joya. La Joya, Arequipa, Perú 2016.

Análisis de la sustentabilidad económica con el marco MESMIS

El análisis de la sustentabilidad económica para el marco MESMIS, y para todo el distrito de La Joya, resulta que solo se da para el atributo de productividad tanto para las cuatro irrigaciones como para todo el distrito de La Joya, probablemente debido a que como señala Masera et al. (2000), es la capacidad del agroecosistema de proporcionar un nivel requerido de bienes y servicios, a través de los rendimientos, ganancias, etc.; haciendo un uso eficiente y sinérgico de los recursos naturales y económicos; y en este caso los altos ingresos netos obtenidos por ha y por año de la cochinilla del carmín, permiten que la actividad continúe y tienda a perdurar en el tiempo. En esta caso la sustentabilidad económica cumple con lo señalado por Van Cauwenbergh et al. (2007) sobre la función económica del agroecosistema de proveer prosperidad a la comunidad agrícola y frecuentemente es una pre condición del

pilar social, o lo reportado por Geerken et al. (2008), en el que un sistema productivo es económicamente sustentable cuando la producción genera un margen de utilidad para invertir en mejoras en el futuro, y los precios son aceptables para satisfacer las necesidades de los consumidores sin pérdidas ni subsidios permanentes.

En cambio para la estabilidad (equilibrio dinámico estable del sistema o mantener los beneficios del sistema en un nivel no decreciente en el tiempo, en condiciones normales), la resiliencia (retorno del sistema al estado de equilibrio o mantener el potencial productivo, después de graves perturbaciones) y la confiabilidad (el sistema es capaz de mantener su productividad o beneficios en niveles cerca del equilibrio, ante perturbaciones normales en el sistema); medidos a través de otras fuentes de ingreso y la forma de comercialización no muestran que las fincas productoras de cochinilla del carmín sean eficientes en estos atributos, y en especial para el indicador de otras fuentes de ingreso, lo que lleva a la no sustentabilidad.

Los productores de cochinilla del carmín no tienen otras opciones de ingresos debido a la inestabilidad de precios de otros cultivos y que están fundamentalmente dedicados a la agricultura. Finalmente para el atributo de la autogestión en la que el sistema es autoindependiente con capacidad de regular sus interacciones con el exterior, manteniendo su identidad y sus valores, y medido como la dependencia de insumos externos para la producción y el nivel de autofinanciamiento, muestra sustentabilidad moderada para todo el distrito y para las cuatro irrigaciones; aunque en el indicador de dependencia de insumos externos para la producción no muestra sustentabilidad, debido a que la mayoría de los insumos como mano de obra, materia orgánica, plaguicidas, etc., provienen de fuentes externas.

Las fincas instaladas con tuna para la producción de cochinilla del carmín no cumplen con algunos objetivos económicos señalados por Velten et al. (2015) como viabilidad económica, en donde la agricultura sostenible debe ser productiva, competitiva y rentable, lo que si se cumpliría en este caso; desarrollo; sustento; provisión de productos (materiales e inmateriales) como alimentos, fibras, combustibles, medicamentos, servicios, etc.; y economía próspera.

Análisis de la sustentabilidad sociocultural con el marco MESMIS

El análisis de la sustentabilidad sociocultural para el marco MESMIS, y para todo el distrito de La Joya, resulta que solo se da como moderadamente sustentable para los atributos estabilidad, resiliencia y confiabilidad, además de la adaptabilidad y la equidad, pero no para la autogestión. En la estabilidad, resiliencia y confiabilidad la sustentabilidad se da fundamentalmente por la calidad de vivienda, y por ende una mejor calidad de vida, en la que en todos los distritos esta como potencialmente sustentable y en La Cano como sustentable, pero los altos niveles de inseguridad ciudadana por los robos frecuentes y la baja aceptación del sistema, en ambos casos como no sustentables, demuestran que son aspectos que se deben considerar en un plan de mejora de estos atributos en el sistema.

En la adaptabilidad o flexibilidad, referida por Masera et al. (2000) como la capacidad del sistema de encontrar nuevos niveles de equilibrio, continuar siendo productivo o seguir brindando beneficios ante cambios a largo plazo en el entorno económico y biofísico, y medida a través de la asistencia a eventos de capacitación y de la generación de prácticas y conocimientos, muestra que no cumplen con esta condición, especialmente la asistencia a eventos de capacitación, en la que en ninguna de las irrigaciones estudiadas muestra sustentabilidad; probablemente debido a las pocas oportunidades de capacitación sobre el tema de la cochinilla del carmín o a la elevada edad en promedio de los productores. En cambio, para la generación de conocimientos y prácticas de cultivo el nivel de sustentabilidad es alto y en la mayoría de los casos sustentable, debido probablemente a una característica propia de los agricultores de estar continuamente buscando nuevas opciones de manejo del cultivo y de la cochinilla del carmín, y lo que permite cumplir con la condición establecida por Masera et al. (2000).

En cuanto a la equidad, donde el sistema debe distribuir equitativamente los costos y los beneficios entre los grupos afectados o beneficiados y asegurar el acceso económico y la aceptación cultural, y medida con los indicadores familiares dependientes (no sustentable), capacidad de proporcionar empleo (potencialmente sustentable) y el grado de democratización familiar (potencialmente sustentable en La Cano y sustentable en las otras irrigaciones). En el caso de los familiares dependientes y como se señaló anteriormente probablemente la edad avanzada de los agricultores no permite una carga familiar grande y para la capacidad de proporcionar empleo y el grado de democratización familiar si se cumple con lo señalado por Masera et al. (2000). Finalmente, para la autogestión o

autoindependencia, entendido como la capacidad del sistema de regular sus interacciones con el exterior, manteniendo su identidad y sus valores, no se da esta característica y se muestra como no sustentable para todo el distrito de La Joya y para las cuatro irrigaciones estudiadas; en las cuales se utilizó los indicadores participación en organizaciones y tenencia de la tierra, aunque en este último caso si se dan casos de sustentabilidad en San Isidro.

Lo hallado en el distrito de La Joya respecto a la función social del agroecosistema, se cumple en algunos aspectos pero no en todos, considerando lo señalado por Van Cauwenbergh et al. (2007) de generar condiciones óptimas como buen estado físico (condiciones para laborar y salud) y psicológico como educación, igualdad de género, acceso a infraestructura; actividades de integración y participación en la sociedad (social y profesionalmente), e independencia alimentaria o lo mencionado por Geerken et al. (2008) en el sentido de que un sistema productivo es socialmente sustentable cuando la producción se da bajo condiciones decentes de labor, en términos de horas de trabajo, higiene, remuneración, etc.; y los niveles de precios son aceptables para satisfacer las necesidades fundamentales de los consumidores.

Las fincas instaladas con tuna para la producción de cochinilla del carmín no cumplen con algunos objetivos sociales señalados por Velten et al. (2015), como la responsabilidad social, en la que se beneficie a la sociedad en general; socialmente aceptable; preservación cultural; equidad, justicia, rectitud; satisfacción de las necesidades humanas; buenas condiciones laborales; salud humana; alimento; calidad de vida; y comunidades fuertes.

Análisis de la sustentabilidad ambiental con el marco MESMIS

El análisis de la sustentabilidad ambiental para el marco MESMIS, y para todo el distrito de La Joya, resulta que solo se da como moderadamente sustentable para los atributos productividad y estabilidad, resiliencia y confiabilidad. En el caso de la productividad, como eficiencia productiva y medida como el rendimiento de la cochinilla del carmín por ha y por año, la sustentabilidad moderada se da por los altos rendimientos obtenidos, fundamentalmente por el cultivo intensivo de la tuna y el uso de terrenos anteriormente destinados a otros cultivos y se cumple la característica de la capacidad del agroecosistema de proporcionar un nivel requerido de bienes y servicios, a través de los rendimientos, ganancias, etc.; haciendo un uso eficiente y sinérgico de los recursos naturales y económicos. En este caso la única excepción la constituye San Isidro.

En el caso de las características de la estabilidad (equilibrio dinámico estable del sistema o mantener los beneficios del sistema en un nivel no decreciente en el tiempo, en condiciones normales), resiliencia (retorno del sistema al estado de equilibrio o mantener el potencial productivo, después de graves perturbaciones) y confiabilidad (el sistema es capaz de mantener su productividad o beneficios en niveles cerca del equilibrio, ante perturbaciones normales en el sistema), que tiene como condición) que tiene la condición de moderadamente sustentable, significa un nivel medio de cumplimiento de los requisitos establecidos para estos atributos. Los indicadores usados como calidad del agua de riego y del suelo, no muestran sustentabilidad probablemente porque el agua utilizada en algunos casos proviene en su totalidad del subsuelo y en otros casos mezclas con agua dulce; al igual que los suelos que son terrenos eriazos incorporados a la agricultura con pocos años en algunos y en otros con más años, pero son pobres en materia orgánica y en otros casos con alto contenido de sales.

En el riesgo de erosión del suelo si se muestra una sustentabilidad moderada en algunos casos y potencialmente sustentable en otros, probablemente por el manejo adecuado del agua de riego y el manejo de coberturas para evitar la erosión hídrica y eólica, respectivamente. En la eficiencia del uso del agua de riego, el riego por goteo en El Triunfo le da sustentabilidad, pero no ocurre así en los otros lugares en el que se riega por gravedad; sucede algo semejante con la incorporación de terrenos a la agricultura con El Triunfo y La Cano, donde se muestra sustentabilidad, pero no en las otras irrigaciones, por la no disponibilidad de terrenos erizos. También, se halló sustentabilidad potencial en el uso de agroquímicos por la poca presión de plagas en el cultivo de la tuna. Finalmente, lo más crítico en estos atributos es el poco uso de diversidad de especies por ser un monocultivo y el poco interés en el uso de medidas de protección a la salud del productor y del trabajador, durante las diferentes labores en el proceso de producción de la cochinilla del carmín.

Las fincas instaladas con tuna para la producción de cochinilla del carmín no cumplen con algunos objetivos ambientales señalados por Velten et al. (2015), como mantener los procesos biológicos que sustentan los ecosistemas y generar servicios y beneficios para los ecosistemas; conservación de recursos naturales; capacidad productiva o mantener la capacidad de producción de los sistemas agrícolas; ambiental o ecológicamente amigable para el bienestar animal; mejora o protección de los componentes físicos del espacio en el que viven las personas, los animales y las plantas; y armonía con la naturaleza.

El bajo nivel de sustentabilidad de las fincas productoras de cochinilla del carmín en el distrito de La Joya puede deberse a la baja adopción de prácticas agrícolas sostenibles; adopción que puede ser positivamente afectada por el sistema de cultivo, la educación universitaria y estar asociados en un programa de compra de su producto; mientras que la falta de un conocimiento adecuado sobre la agricultura sostenible y la falta de familiaridad con la tecnología fueron significativamente negativos para una menor adopción de prácticas agrícolas sostenibles; como lo señala Mishra et al. (2018).

4.2.2. Sustentabilidad según el análisis multicriterio

a. Sustentabilidad económica

En la En la **Figura 39** se muestra la comparación del nivel de sustentabilidad de las tres dimensiones en todo el distrito de La Joya, y se observa que, dimensión económica está más cercana a la sustentabilidad, seguido de la dimensión sociocultural y en tercer lugar la dimensión ambiental; aunque las tres están dentro del nivel moderadamente sustentable, como también se puede observar en la Tabla 17. De la misma manera se observa que hay bastante lejanía de los niveles de sustentabilidad de las tres dimensiones en todo el distrito, comparado con el nivel óptimo de sustentabilidad deseado.

Asimismo, se muestra los valores de los indicadores de la dimensión económica para las cuatro irrigaciones estudiadas. Se puede observar que para la dimensión económica el índice de sustentabilidad para La Joya Antigua, El Triunfo, San Isidro y La Cano es de 2.33, 2.20, 2.03 y 2.32, respectivamente; por lo que de acuerdo al punto 5.4.2. E de los materiales y métodos, en donde se considera sustentable cuando el valor es igual o mayor que dos. La Joya Antigua, El Triunfo, La Cano y San Isidro, tienen un valor mayor que dos, lo que indica que están dentro del límite de la sustentabilidad. Por otro lado, también se halló que en el La Joya Antigua el 52 por ciento de las fincas evaluadas estaban dentro del rango de sustentabilidad, al igual que en El Triunfo con 55 por ciento, San Isidro con 57 por ciento y La Cano con 55 por ciento.

Por otro lado para el grado de sustentabilidad de los indicadores (**Tabla 18**), se halló que, para los ingresos netos por ha, en las La Joya Antigua, El Triunfo, La Cano y San Isidro, el valor es mayor que dos, por lo que se consideran sustentables; considerando además que en San Isidro el 50 por ciento de los productores tiene ingresos mayores a 5 625 dólares americanos, en La Cano 90 por ciento, La Joya Antigua 89 por ciento y El Triunfo 80 por

ciento y en todo el distrito el 77 por ciento, y que en todos los casos están por encima del valor de sustentabilidad. En cambio, para los indicadores de otras fuentes de ingresos los valores en La Joya Antigua, El Triunfo, La Cano y San Isidro son inferiores a dos, por lo se considera no sustentable y además en San Isidro el 8 por ciento de los productores depende exclusivamente de la cochinilla del carmín, el 67 por ciento de un ingreso adicional; en La Cano 16 por ciento, solo cochinilla y el 74 por ciento otro ingreso; en La Joya Antigua 26 por ciento solo cochinilla y 53 por ciento otro ingreso; en El Triunfo 28 por ciento y 51 por ciento de otro ingreso; y en todo el distrito el 20 por ciento depende de solo la cochinilla y el 61 por ciento tiene además otro ingreso.

Tabla 18. Sustentabilidad económica, de las fincas productoras de tuna para cochinilla del carmín, para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), La Cano (LC) y San Isidro (SI). La Joya, Arequipa, Perú 2016.

Indicador	LJA	ET	SI	LC
Ingresos netos por ha por año	3.67	3.15	2.46	3.47
Otras fuentes de ingresos	0.89	0.90	1.16	1.00
Comercialización	0.74	0.90	1.09	0.97
Dependencia de insumos externos para la producción	1.99	2.00	1.81	2.18
Nivel de autofinanciamiento	3.04	3.10	3.21	2.84
IK >2 (por ciento)	52	55	57	55
IK <2 (por ciento)	48	45	43	45
IK	2.33	2.20	2.03	2.32

En el caso de la comercialización (Tabla 18), en La Joya Antigua, El Triunfo, La Cano y San Isidro, los valores son inferiores a dos, por lo que se consideran no sustentables; considerando lo hallado en San Isidro que el 92 por ciento de los productores vende la cochinilla seca a intermediarios minoristas ya sea sin clasificar (25 por ciento) y clasificada (67 por ciento), y tan solo 8 por ciento a mayoristas; en La Cano 76 por ciento vende a intermediarios minoristas ya sea sin clasificar (18 por ciento) y clasificada (58 por ciento), y 11 por ciento a mayoristas; en La Joya Antigua 81 por ciento vende la cochinilla seca a intermediarios minoristas ya sea sin clasificar (23 por ciento) y clasificada (58 por ciento), y 20 por ciento a mayoristas; en El Triunfo vende el 80 por ciento a intermediarios minoristas ya sea sin clasificar (20 por ciento) y clasificada (60 por ciento), y 20 por ciento

a mayoristas; mientras que en todo el distrito 21 por ciento vende como seca sin clasificar a minoristas, el 59 por ciento lo hace como seca y clasificada a minorista, el 15 por ciento como seca y clasificada a intermediario mayorista y tan solo un 5 por ciento a exportadores.

En el caso de la dependencia de insumos externos para la producción (Tabla 18), solo El Triunfo alcanza el valor de dos, por lo que se considera sustentable, mas no así para La Joya Antigua, La Cano y San Isidro; considerando además lo encontrado en San Isidro, donde el 82 por ciento de los productores adquiere entre 51 y 100 por ciento de insumos externos, de los cuales 8 por ciento es de 76 a 100 por ciento de insumos, y 75 por ciento de 51 a 75 por ciento de los insumos; en La Cano el 80 por ciento de los productores adquiere entre 51 y 100 por ciento de insumos externos, de los cuales 16 por ciento es de 76 a 100 por ciento de insumos, y 74 por ciento de 51 a 75 por ciento de los insumos; en La Joya Antigua 100 por ciento de los productores adquiere entre 51 y 100 por ciento de insumos externos, de los cuales 25 por ciento es de 76 a 100 por ciento de insumos, y 75 por ciento de 51 a 75 por ciento de los insumos; en El Triunfo el 90 por ciento de los productores adquiere entre 51 y 100 por ciento de insumos externos, de los cuales 10 por ciento es de 76 a 100 por ciento de insumos, y 90 por ciento de 51 a 75 por ciento de los insumos; en todo el distrito el 93 por ciento de los productores adquiere entre 51 y 100 por ciento de insumos externos, de los cuales 15 por ciento es de 76 a 100 por ciento de insumos, y 78 por ciento de 51 a 75 por ciento de los insumos.

En el nivel de autofinanciamiento (Tabla 18), La Joya Antigua, El Triunfo, La Cano y San Isidro alcanzan un valor mayor a dos y se consideran sustentables; considerando además lo hallado en San Isidro, donde el 58 por ciento de los productores tiene un nivel de autofinanciamiento mayor al 50 por ciento del requerimiento económico, en La Cano 58 por ciento, en La Joya Antigua 65 por ciento y El Triunfo 65 por ciento y La Joya 63 por ciento.

En la **Figura 40**, se presentan los resultados para la sustentabilidad económica, de acuerdo a los indicadores, de las fincas productoras de tuna para cochinilla del carmín, para las irrigaciones La Joya Antigua, El Triunfo, La Cano y San Isidro. Se observa que, para La Joya Antigua, El Triunfo, La Cano y San Isidro el indicador referido a ingresos netos por ha está muy cerca al máximo valor de sustentabilidad, siendo San Isidro el menos cercano. Por el contrario, los indicadores menos cercanos al valor máximo de sustentabilidad son otras fuentes de ingresos y comercialización Otro indicador cercano al mayor grado de

sustentabilidad es el nivel de autofinanciamiento. Se puede observar, además, que los indicadores más críticos del sistema son comercialización, debido a que la mayoría de los productores venden la cochinilla del carmín a intermediarios y muy pocos directamente a exportadores y otras fuentes de ingreso, puesto que en muchos casos solo tienen como ingreso principal la venta de cochinilla del carmín; mientras que, en el caso de la dependencia de insumos externos para la producción, especialmente por la necesidad de mano de obra y de materia orgánica, a pesar de estar muy cercano a la sustentabilidad, sin embargo, se considera también como crítico al no alcanzar la sustentabilidad.

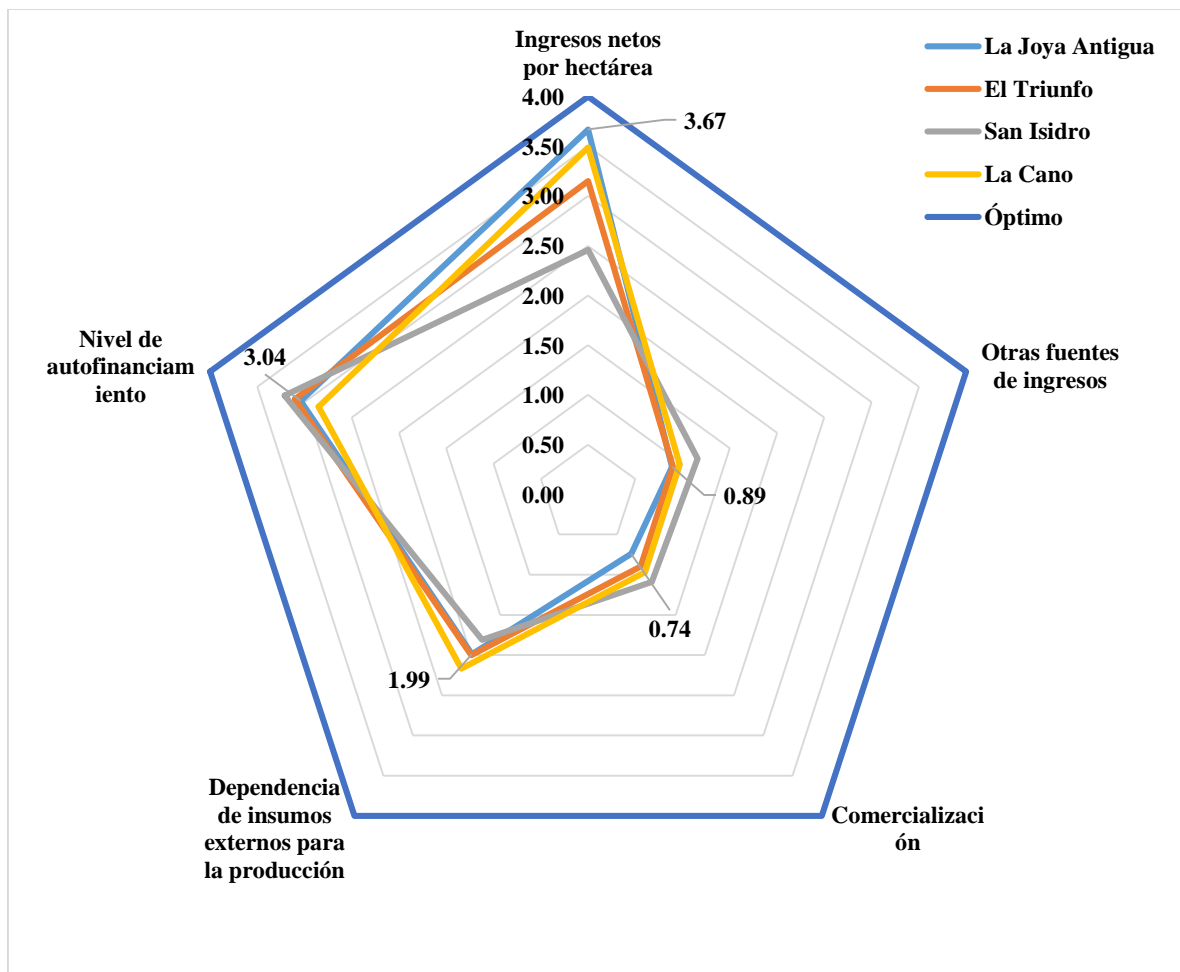


Figura 40. Sustentabilidad económica, de acuerdo a los indicadores, de las fincas productoras de tuna para cochinilla del carmín, para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), La Cano (LC) y San Isidro (SI). La Joya, Arequipa, Perú 2016.

b. Sustentabilidad sociocultural

En la **Tabla 19**, se muestra los valores de los indicadores de la dimensión sociocultural para La Joya Antigua, El Triunfo, La Cano y San Isidro. Se puede observar que para la dimensión sociocultural el índice de sustentabilidad para La Joya Antigua, El Triunfo, San Isidro y La Cano es de 2.00, 1.90, 2.28 y 2.05, respectivamente; por lo que de acuerdo al punto 5.4.2. E de los materiales y métodos, en donde se considera sustentable cuando el valor es igual o mayor que dos. La Irrigación El Triunfo tiene un valor menor a dos por lo que no es considerado sustentable, lo que si ocurre con las tres irrigaciones restantes como La Joya Antigua, San Isidro y La Cano. Por otro lado, también se halló que en el La Joya Antigua el 54 por ciento de las fincas evaluadas estaban dentro del rango de sustentabilidad, al igual que en El Triunfo con 58 por ciento, San Isidro con 64 por ciento y La Cano con 55 por ciento.

Tabla 19. Sustentabilidad sociocultural, de las fincas productoras de tuna para cochinilla del carmín, para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), La Cano (LC) y San Isidro (SI). La Joya, Arequipa, Perú 2016.

Indicador	LJA	ET	SI	LC
Calidad de vivienda	3.15	2.75	3.25	3.45
Robos en el año	0.31	0.30	2.41	0.82
Aceptación del sistema productivo	1.98	1.95	1.93	1.63
Asistencia a eventos de capacitación	0.54	0.10	0.31	0.82
Generación de prácticas y conocimientos	3.30	3.40	3.51	3.61
Familiares dependientes	1.63	1.70	1.32	1.47
Capacidad de proporcionar empleo	3.04	3.10	2.59	3.05
Grado de democratización familiar	3.91	3.55	3.68	3.11
Participación en organizaciones	0.10	0.10	0.05	0.41
Tenencia de la tierra	2.72	2.45	3.35	2.42
IS >2 (por ciento)	54	58	64	55
IS < 2 (por ciento)	46	42	36	45
IS	2.00	1.90	2.28	2.05

Con relación al grado de sustentabilidad de los indicadores (Tabla 19), se halló que, para la calidad de vivienda, en La Joya Antigua, El Triunfo, La Cano y San Isidro el valor es mayor que dos, por lo que se consideran sustentables; y además se halló que en San Isidro, el 84 por ciento de los productores tiene su vivienda construida de ladrillo con acabados (42 por ciento) y sin acabados (42 por ciento) y un 17 por ciento de piedra sillar; en La Cano el 84 por ciento de los productores tiene su vivienda construida de ladrillo con acabados (42 por ciento) y sin acabados (42 por ciento) y un 17 por ciento de piedra sillar; en La Joya Antigua el 85 por ciento de los productores tiene su vivienda construida de ladrillo con acabados (74 por ciento) y sin acabados (11 por ciento) y un 16 por ciento de piedra sillar; en El Triunfo el 93 por ciento de los productores tiene su vivienda construida de ladrillo con acabados (28 por ciento) y sin acabados (65 por ciento) y un 4 por ciento de piedra sillar; en todo el distrito el 86 por ciento de los productores tiene su vivienda construida de ladrillo con acabados (44 por ciento) y sin acabados (42 por ciento) y un 11 por ciento de piedra sillar y solo un 3 por ciento posee una vivienda construida con adobe, calamina o esteras de carrizo.

En la generación de prácticas y cocimientos (Tabla 19) en La Joya Antigua, El Triunfo, La Cano y San Isidro el valor es mayor que dos, por lo que se consideran sustentables, considerando, además lo encontrado en San Isidro, donde el 100 por ciento de los productores considera que se generaron tres (50 por ciento) o más de tres prácticas de cultivo (50 por ciento) de la cochinilla del carmín; en La Cano el 100 por ciento de los productores considera que se generaron tres (39 por ciento) o más de tres prácticas de cultivo (61 por ciento) de la cochinilla del carmín; en La Joya Antigua el 100 por ciento de los productores considera que se generaron tres (73 por ciento) o más de tres prácticas de cultivo (27 por ciento) de la cochinilla del carmín; en El Triunfo el 100 por ciento de los productores considera que se generaron tres (60 por ciento) o más de tres prácticas de cultivo (40 por ciento) de la cochinilla del carmín; en todo el distrito el 100 por ciento de los productores considera que se generaron tres (55 por ciento) o más de tres prácticas de cultivo (45 por ciento) de la cochinilla del carmín.

En la capacidad de proporcionar empleo (Tabla 19) en La Joya Antigua, El Triunfo, La Cano y San Isidro el valor es mayor que dos, por lo que se consideran sustentables; considerando también lo hallado en San Isidro, donde el 89 por ciento de los productores considera que se generaron de 61 a 120 jornales por ha año (28 por ciento) y entre 121 y 180 jornales (61 por ciento) y un 11 por ciento más de 180 jornales en la producción de la cochinilla del

carmín; en La Cano, el 71 por ciento de los productores considera que se generaron de 61 a 120 jornales por ha año (17 por ciento) y entre 121 y 180 (54 por ciento) y un 29 por ciento más de 180 jornales; en La Joya Antigua el 83 por ciento de los productores considera que se generaron de 61 a 120 jornales por ha año (14 por ciento) y entre 121 y 180 (69 por ciento) y un 18 por ciento más de 180 jornales; en El Triunfo el 75 por ciento de los productores considera que se generaron de 61 a 120 jornales por ha año (15 por ciento) y entre 121 y 180 (60 por ciento) y un 25 por ciento más de 180 jornales; en todo el distrito el 79 por ciento de los productores considera que se generaron de 61 a 120 jornales por ha año (8 por ciento) y entre 121 y 180 (61 por ciento) y un 21 por ciento más de 180 jornales para la producción de la cochinilla del carmín.

En el grado de democratización familiar (Tabla 19) en La Joya Antigua, El Triunfo, La Cano y San Isidro el valor es mayor que dos, por lo que se consideran sustentables. Además se halló que en San Isidro el 67 por ciento de los productores señalan que las decisiones familiares se toman en conjunto de la familia y un 33 por ciento considera por lo menos la mitad de la familia; en La Cano, el 76 por ciento considera a toda la familia y un 7 por ciento la mitad de la familia; en La Joya Antigua el 98 por ciento de los productores considera que las decisiones familiares se toman en conjunto de la familia; en El Triunfo el 86 por ciento de los productores considera que las decisiones familiares se toman en conjunto de la familia; en todo el distrito el 81 por ciento de los productores considera que las decisiones familiares se toman en conjunto de la familia y un 12 por ciento considera por lo menos la mitad de la familia.

Para la tenencia de la tierra (Tabla 19), en La Joya Antigua, El Triunfo, La Cano y San Isidro el valor es mayor que dos, por lo que se consideran sustentables. Por otro lado, en San Isidro se halló que el 84 por ciento de los productores encuestados son propietarios y un 17 por ciento arrendatarios; en La Cano el 66 por ciento son propietarios y el 26 por ciento arrendatarios; en La Joya Antigua el 67 por ciento son propietarios y un 34 por ciento son arrendatarios; en El Triunfo el 55 por ciento son propietarios y el 35 por ciento arrendatarios. En todo el distrito el 70 por ciento son propietarios y el 28 por ciento arrendatarios.

En el indicador robos en el año (Tabla 19), solo en San Isidro se halló sustentabilidad; en La Joya Antigua, El Triunfo, La Cano, los valores son inferiores a dos, por lo que se consideran no sustentables. Por otra parte en San Isidro, se halló que el 50 por ciento de los productores

no ha sido sujeto de robo de cochinilla del carmín en ningún momento, el 42 por ciento en una oportunidad y el 8 por ciento en más de una oportunidad; en La Cano el 13 por ciento de los productores no ha sido sujeto de robo de cochinilla del carmín en ningún momento, el 5 por ciento sufrió más de un intento; el 20 por ciento le robaron en una oportunidad y el 62 por ciento en más de una oportunidad; en La Joya Antigua al 6 por ciento le robaron en una oportunidad y el 94 por ciento en más de una oportunidad; en El Triunfo 5 por ciento de los productores no ha sido sujeto de robo de cochinilla del carmín en ningún momento, el 10 por ciento en una oportunidad y el 85 por ciento en más de una oportunidad; en todo el distrito 17 por ciento de los productores no ha sido sujeto de robo de cochinilla del carmín en ningún momento, el 1 por ciento con más de un intento de robo, el 20 por ciento en una oportunidad y el 62 por ciento en más de una oportunidad.

En la aceptación del sistema productivo (Tabla 19), en La Joya Antigua, El Triunfo, La Cano y San Isidro, los valores son inferiores a dos, por lo que se consideran no sustentables. En el mismo caso, en San Isidro se encontró que el 67 por ciento de los productores está satisfecho con la actividad de producir cochinilla del carmín y el 17 por ciento muy satisfecho; en La Cano el 59 por ciento de los productores está satisfecho, el 5 por ciento muy satisfecho y el 33 por ciento parcialmente satisfecho, probablemente por la frecuencia de robos y asaltos; en La Joya Antigua el 46 por ciento de los productores está satisfecho, el 4 por ciento por ciento muy satisfecho y el 29 por ciento parcialmente satisfecho, probablemente por la misma razón que en La Cano; en El Triunfo 45 por ciento de los productores está satisfecho, el 5 por ciento muy satisfecho y el 30 por ciento parcialmente satisfecho; en todo el distrito el 54 por ciento de los productores está satisfecho con la actividad de producir cochinilla del carmín, 8 por ciento muy satisfecho, 8 por ciento muy satisfecho y no cambiaría de actividad, y un 25 por ciento parcialmente satisfecho.

Para la asistencia a eventos de capacitación en el año (Tabla 19), en La Joya Antigua, El Triunfo, La Cano y San Isidro, los valores son inferiores a dos, por lo que se consideran no sustentables; además se halló que en San Isidro el 75 por ciento de agricultores no asistió a ningún evento; en La Cano el 59 por ciento no asistió al evento alguno; en la Joya el 65 por ciento tampoco asistió; en El Triunfo el 75 por ciento tampoco asistió. En todo el distrito el 69 por ciento no asistió a ningún evento de capacitación, un 15 por ciento asistió a 1 o 2 eventos y un 12 por ciento a 3 o 4 eventos.

Para los familiares dependientes (Tabla 19) en La Joya Antigua, El Triunfo, La Cano y San Isidro, los valores son inferiores a dos, por lo se consideran no sustentables; hallándose además que en San Isidro el 67 por ciento de agricultores tiene una carga familiar entre un solo familiar (17 por ciento) y 50 por ciento para 2 a 3 familiares, y 17 por ciento con 4 a 5 familiares; en La Cano el 52 por ciento de agricultores tiene una carga familiar entre un solo familiar (12 por ciento) y 40 por ciento con 2 a 3 familiares, y 35 por ciento con 4 a 5 familiares; en la Joya el 50 por ciento de agricultores tiene una carga familiar entre un solo familiar (4 por ciento) y 2 a 3 familiares (46 por ciento), 36 por ciento con 4 a 5 familiares; en El Triunfo el 45 por ciento de agricultores tiene una carga familiar entre un solo familiar (5 por ciento) y 40 por ciento con 2 a 3 familiares, y 40 por ciento con 4 a 5 familiares. En todo el distrito el 53 por ciento de agricultores tiene una carga familiar entre un solo familiar (9 por ciento) y 44 por ciento con 2 a 3 familiares y 32 por ciento con 4 a 5 familiares.

En la participación en organizaciones (Tabla 19), en La Joya Antigua, El Triunfo, La Cano y San Isidro, los valores son inferiores a dos, por lo se consideran no sustentables; y además se halló que en San Isidro el nivel de participación en organizaciones ligadas a la producción y comercialización de cochinilla es que el 78 por ciento de productores no pertenecen a ninguna organización; en La Cano el 88 por ciento tampoco lo hace, sin embargo, es el único lugar donde un 22 por ciento pertenece a una organización; en La Joya Antigua el 98 por ciento y en El Triunfo el 100 por ciento; por lo que en todo el distrito de La Joya el 91 por ciento no está asociado. En el otro caso de organizaciones comunitarias el 78 por ciento de los productores no pertenecen a ninguna y el 18 por ciento si pertenecen a una o dos.

En la **Figura 41**, se presentan los resultados para la sustentabilidad sociocultural, de acuerdo a los indicadores, de las fincas productoras de tuna para cochinilla del carmín, para las irrigaciones La Joya Antigua, El Triunfo, La Cano y San Isidro. Se observa que, para La Joya Antigua, El Triunfo, La Cano y San Isidro, los indicadores referidos a la generación de prácticas y conocimientos, grado de democratización familiar y calidad de vivienda, muestran los valores más cercanos al máximo valor de sustentabilidad; los valores más o menos cercanos al máximo grado de sustentabilidad son la aceptación del sistema productivo, tenencia de la tierra y capacidad de proporcionar empleo; mientras que los más alejados de la sustentabilidad son el de robos en el año (con excepción de San Isidro), asistencia a eventos de capacitación, familiares dependientes y participación en organizaciones; hecho que también se puede observar en el cuadro 19. Así se puede

visualizar que en general los indicadores más críticos del sistema corresponden a robos en el año, asistencia a eventos de capacitación, familiares dependientes y participación en organizaciones.

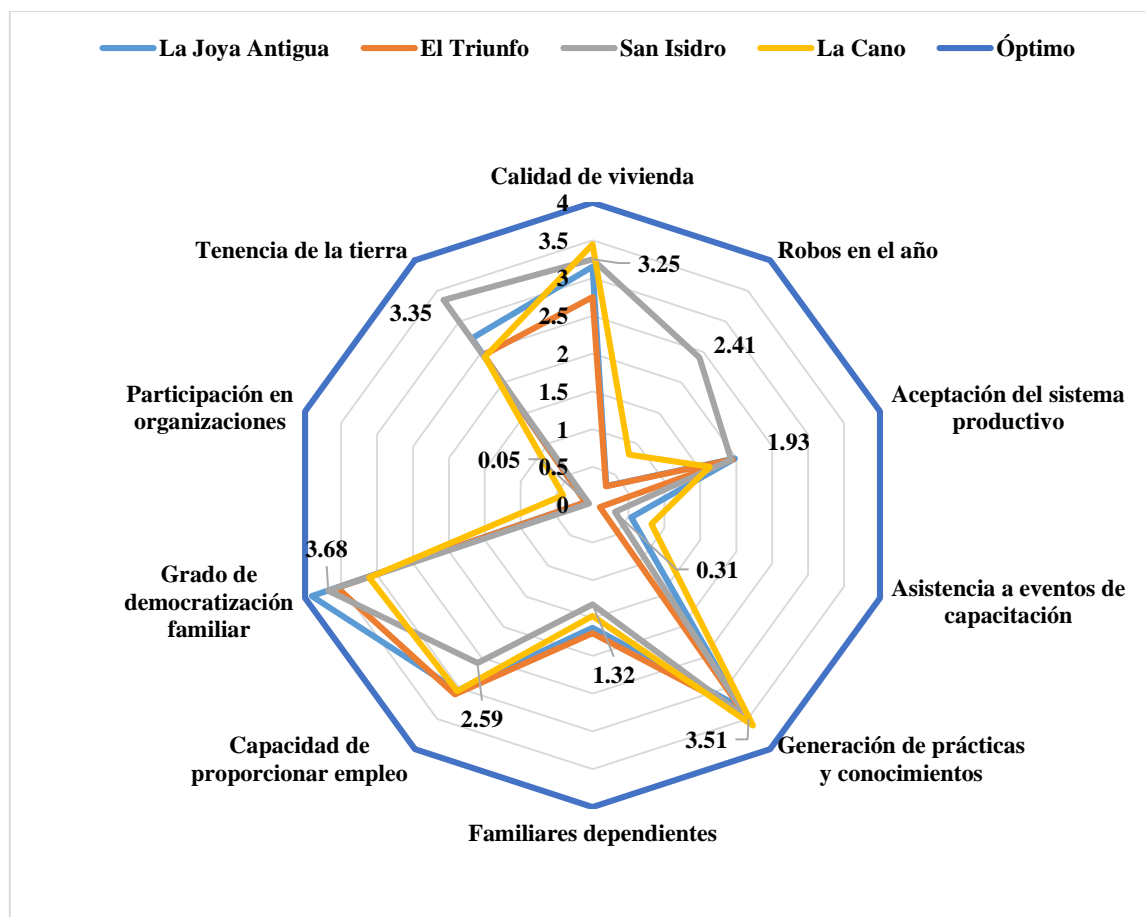


Figura 41. Sustentabilidad sociocultural, de acuerdo a los indicadores, de las fincas productoras de tuna para cochinilla del carmín, para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), La Cano (LC) y San Isidro (SI). La Joya, Arequipa, Perú 2016.

c. Sustentabilidad ambiental

En la **Tabla 20**, se muestra los valores de los indicadores de la dimensión ambiental para La Joya Antigua, El Triunfo, La Cano y San Isidro. Se puede observar que para la dimensión ambiental el índice de sustentabilidad para La Joya Antigua, El Triunfo, San Isidro y La Cano es de 1.38, 2.29, 1.59 y 1.87, respectivamente; por lo que de acuerdo al punto 5.4.2. E de los materiales y métodos, en donde se considera sustentable cuando el valor es igual o mayor que dos. Solo El Triunfo alcanza un valor de dos, por lo se puede considera sustentable, hecho que no ocurre con La Joya Antigua, La Cano y San Isidro, irrigaciones

en las cuales las fincas productoras de tuna para la producción de cochinilla no son consideradas sustentables. Por otro lado, también se halló que en el La Joya Antigua el 49 por ciento de las fincas evaluadas estaban dentro del rango de sustentabilidad, al igual que en El Triunfo con 66 por ciento, San Isidro con 57 por ciento y La Cano con 62 por ciento.

Tabla 20. Sustentabilidad ambiental, de las fincas productoras de tuna para cochinilla del carmín, para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), La Cano (LC) y San Isidro (SI). La Joya, Arequipa, Perú 2016.

Indicador	LJA	ET	SI	LC
Rendimiento	2.48	2.40	2.00	2.32
Calidad del agua de riego y del suelo	1.80	1.60	1.70	1.60
Riesgo de erosión del suelo	2.67	2.68	2.75	2.46
Uso eficiente del agua de riego	0.39	4.00	2.66	1.82
Incorporación de terrenos a la agricultura	0.20	4.00	0.04	3.18
Uso de agroquímicos	3.21	3.19	2.98	3.13
Incorporación de materia orgánica	1.81	2.65	1.60	2.29
Diversidad biológica utilizada	0.34	0.20	0.15	0.16
Pérdidas por plagas	2.46	2.70	3.18	3.08
Protección a la salud del trabajador	1.03	1.05	1.24	1.13
IA >2 (por ciento)	49	66	57	62
IA < 2 (por ciento)	51	34	43	38
IA	1.38	2.29	1.59	1.97

Así mismo el grado de sustentabilidad de los indicadores (Tabla 20), se halló que, para el rendimiento en La Joya Antigua, El Triunfo, La Cano y San Isidro, el valor es mayor que dos, por lo que se consideran sustentables; teniendo en cuenta además de lo hallado en San Isidro en el 65 por ciento de los productores tiene rendimientos entre 401 y 800 kg de cochinilla seca por ha y por año, de los cuales el 42 por ciento corresponde de 400 a 600 kg, mientras que el 33 por ciento de 601 a 800 kg, y un porcentaje menor de 25 por ciento de 201 a 400 kg; en La Cano el 75 por ciento de los productores tiene rendimientos entre 401 y 800 kg de cochinilla seca por ha y por año, de los cuales el 39 por ciento corresponde de 400 a 600 kg, mientras que el 26 por ciento a 601 a 800 kg, y un porcentaje menor de 16 por ciento más de 800 kg; en La Joya Antigua, el 73 por ciento de los productores tiene rendimientos entre 401 y 800 kg de cochinilla seca por ha y por año, de los cuales el 48 por

ciento corresponde a de 400 a 600 kg, mientras que el 25 por ciento de 601 a 800 kg, y un porcentaje menor de 15 por ciento más de 800 kg; en El Triunfo, el 75 por ciento de los productores tiene rendimientos entre 401 y 800 kg de cochinilla seca por ha y por año, de los cuales el 45 por ciento corresponde a de 400 a 600 kg, mientras que el 27 por ciento de 601 a 800 kg, y un porcentaje menor de 15 por ciento más de 800 kg; en todo el distrito, el 16 por ciento de los productores obtiene entre 201 y 400 kg, el 44 por ciento entre 401 y 600 kg, el 27 por ciento entre 601 y 800 kg y el 13 por ciento más de 800 kg. Con relación al ácido carmínico, el mayor porcentaje de productores manifiestan contenidos de 20.1 a 22.0 por ciento como 75 por ciento, 71 por ciento, 74 por ciento, 75 por ciento y 74 por ciento para las irrigaciones San Isidro, La Cano, La Joya Antigua, El Triunfo y todo el distrito de La Joya, respectivamente. El 17 por ciento de los productores en el distrito reportan contenidos entre 22.1 y 24.0 por ciento y un 7 por ciento con contenidos entre 18.1 y 22.0 por ciento de ácido carmínico.

En el caso de los indicadores de calidad del agua de riego y del suelo, en La Joya Antigua, El Triunfo, La Cano y San Isidro, los valores son inferiores a dos, por lo que se consideran no sustentables. Así mismo se halló que los suelos no son muy buena calidad, pues sus contenidos de materia orgánica con inferiores a 2 por ciento, y en los casos de La Cano y El Triunfo tiene niveles de sales altos. La textura arenosa es otro factor limitante en todo el distrito, aunque los niveles de potasio y calcio son altos.

En el riesgo de erosión del suelo (Tabla 20) en La Joya Antigua, El Triunfo, La Cano y San Isidro, el valor es mayor que dos, por lo que se consideran sustentables. Además, se halló que para la erosión hídrica, en El Triunfo, en donde el riego empleado es por goteo y en las otras irrigaciones en muchos casos los canales de riego son canalizados con cemento y la longitud de los surcos en los casos de riego por gravedad de 50 m en promedio. Esto también permite un uso eficiente el agua de riego.

En el caso de la erosión por agua de riego, medido por la longitud del surco de riego, se halló que en San Isidro el 100 por ciento de los productores riegan por gravedad y en surcos con una longitud entre 51 y 75 m lineales; en La Cano, el riego es también por gravedad, el 5 por ciento de los productores riegan con surcos de menos de 50 m lineales, el 34 por ciento en surcos de 51 a 75 m, el 46 por ciento en surcos de 76 a 100 m, mostrando mayor riesgo de erosión que en San Isidro; en La Joya Antigua, con riego por gravedad, el 54 por ciento

de los productores riegan en surcos con una longitud entre 51 y 75 m lineales, el 31 por ciento en surcos entre 76 y 100m y un 5 por ciento en surcos de menos de 50m lineales; en El Triunfo, el 100 de productores riegan por goteo, por lo que los riesgos son mínimos; finalmente en todo el distrito de La Joya, el 61 por ciento de los productores riegan en surcos con una longitud entre 50.1 y 75 m lineales y un 27 por ciento en surcos de 76 a 100 m, características que hacen sustentable al riesgo de erosión hídrica del suelo. En la erosión eólica, medido por la cobertura del suelo, se halló que en San Isidro el 75 por ciento de encuestados revelan que el suelo de sus campos tiene una cobertura de 56 a 75 por ciento del campo, cobertura dada por la planta de tuna y las paletas de tuna resultantes de la segunda cosecha o poda. Estas paletas se quedan en el campo en la mayoría de las veces, como se reporta en la caracterización del cultivo; en La Cano se halló un mayor porcentaje de agricultores (83 por ciento) con una cobertura de 56 a 75 por ciento de sus campos; en La Joya Antigua, la cobertura es mayor, ya que el 94 por ciento de los encuestados revelan que el suelo de sus campos tiene una cobertura de 56 a 75 por ciento del campo; en El Triunfo, el 95 por ciento de los productores revela una cobertura de 56 a 75 por ciento del campo; y el todo el distrito de La Joya, el 86 por ciento de los encuestados revelan que el suelo de sus campos tiene una cobertura de 56 a 75 por ciento del campo.

En el caso del uso eficiente del agua del agua de riego (Tabla 20) solo El Triunfo alcanza el valor de cuatro, por lo que se considera sustentable, mas no así para La Joya Antigua (con un valor del indicador muy bajo menor que uno), La Cano y San Isidro; además se halló que en San Isidro el 83 por ciento de encuestados indica que más del 75 por ciento de sus canales de riego están revestidos con cemento; mientras que en La Cano el 37 por ciento indica que más del 75 por ciento de sus canales son revestidos y otro 19 por ciento indica que el revestimiento esta dado solo en el 51 a 75 por ciento de sus canales, y un 35 por ciento señala que solo del 1 al 50 por ciento de sus canales están revestidos; en La Joya Antigua, riego por gravedad, solo el 4 por ciento indica que más del 75 por ciento de sus canales son revestidos y otro 10 por ciento indica que el revestimiento esta dado solo en el 51 a 75 por ciento de sus canales, un 10 por ciento señala que solo del 1 al 50 por ciento de sus canales están revestido y el 76 por ciento indica que sus canales de riego son de tierra; en El Triunfo el riego es por goteo. Así en todo el distrito se halló sustentabilidad principalmente por el revestimiento de canales de San Isidro y La Cano y el riego por goteo de El Triunfo, mas no en la Joya Antigua, que es insustentable.

En el caso de la incorporación de terrenos a la agricultura (Tabla 20), solo El Triunfo alcanza el valor de cuatro, por lo que se considera sustentable, mas no así para La Joya Antigua (con un valor del indicador muy bajo menor que uno), La Cano y San Isidro. También se halló que en La Cano cerca del 50 por ciento de los terrenos instalados con tuna fueron incorporados a la agricultura y en el caso de El Triunfo un 80 por ciento. Tanto en San Isidro como en La Joya Antigua, entre el 100 por ciento y el 93 por ciento de encuestados señalan haber incorporado a la agricultura menos de 1 ha, respectivamente. En la Cano el 100 por ciento de entrevistados señalan haber incorporado entre 3.1 y más de 4 ha a la agricultura, mientras que, en El Triunfo, que solo se tenía cultivado un 10 a 20 por ciento de la superficie, así el 100 por ciento de los entrevistados manifiestan incorporación a la agricultura de más de 4 ha.

Para el uso de agroquímicos (Tabla 20) en La Joya Antigua, El Triunfo, La Cano y San Isidro, el valor es mayor que dos, por lo que se consideran sustentables y también considerando lo hallado en el caso de los insecticidas el 50 por ciento de los productores de San Isidro no los utiliza y el otro 50 por ciento utiliza cantidades entre 0.1 y 4 kg de i.a. por ha y por año, sumando los diferentes insecticidas, lo cual es una cantidad muy baja comparada con otros cultivos anuales o perenes. En el caso de La Cano, el 42 por ciento de los productores no utilizan insecticidas y el 58 por ciento restante usa entre 0.1 y 4 kg de i.a. por ha y por año, sumando los diferentes insecticidas. En La Joya Antigua el 68 por ciento de agricultores no usan insecticidas, y a l igual que La Cano el 32 por ciento usa entre 0.1 y 4 kg de i.a. por ha y por año, sumando los diferentes insecticidas.

En El Triunfo, el 80 por ciento no usa insecticidas y en todo el distrito el 61 por ciento no usan insecticidas y el 39 por ciento restante utilizan entre 0.1 y 4 kg de i.a. por ha y por año, sumando los diferentes insecticidas. Como se explicó la tuna no es atacada por una gran cantidad de insectos plaga y los más comunes son las queresas, trips y gusanos perforadores de paletas, así como babosas. En el caso de los fungicidas más del 96 por ciento de los productores no utilizan fungicidas, debido a la casi total ausencia de enfermedades. Solo se reporta el caso de bacteriosis, causando pudriciones de la paleta, por lo cual se utilizan productos a base de cobre o el caso de nematodos del género *Meloidogyne*. En el caso de los herbicidas, sucede lo contrario comparado con insecticidas y fungicidas, puesto que solo La Joya Antigua y El Triunfo, los productores indican que no usan herbicidas son 8 por ciento en La Joya Antigua y 10 por ciento en El Triunfo. El herbicida más utilizado es a base de

glifosato, muy poco a base linuron y de atrazina. En San Isidro 92 por ciento de los productores usan entre 0.1 y 10 kg de i.a. por ha y por año; mientras que en La Cano el 94 por ciento usan igual cantidad que San Isidro; en La Joya Antigua es del orden del 86 por ciento y en El Triunfo el 90 por ciento. En todo el distrito el 91 por ciento utilizan entre 0.1 y 10 kg de i.a. por ha y por año, de los cuales el 70 por ciento usa de 0.1 a 5.0 kg y el 21 por ciento de 5.1 a 10 kg de i.a. por ha y por año; cantidades que son bajas. En el caso de los fertilizantes sintéticos, principalmente a base de nitrógeno y como fuente principal la urea y en menor frecuencia el uso de fosfato diamónico como fuente de fósforo y de nitrógeno, el uso de potasio es muy limitado y se da frecuentemente en los campos regados vía goteo.

El porcentaje de agricultores que no utilizan fertilizantes en San Isidro, La Cano, La Joya Antigua, El Triunfo y todo el distrito son 19,39, 25, 0 y 20 por ciento, respectivamente. El mayor porcentaje de uso de fertilizantes se encuentra entre 200 y 600 kg de fertilizantes por ha y por año en San Isidro, La Cano, La Joya Antigua, El Triunfo y todo el distrito es de 65, 60, 75, 90 y 73 por ciento, respectivamente. Solo el 16 por ciento y el 10 por ciento de productores usan más de 600 kg de nutrientes por ha y por año. Las cantidades de nutrientes son relativamente bajas, considerando que en muchos casos se hace uso de estiércol de pollo como fuente también de nutrientes.

Para las pérdidas por plagas (Tabla 20), en La Joya Antigua, El Triunfo, La Cano y San Isidro, el valor es mayor que dos, por lo que se consideran sustentables; se halló también que en San Isidro el 90 por ciento de los productores señalan que las pérdidas por plagas en la producción de la cochinilla del carmín son menos del 10 por ciento y de ello el 83 por ciento indican que es entre 5 y 10 por ciento, y el 17 por ciento en menos de 5 por ciento. En La Cano el 77 por ciento de los productores señalan que las pérdidas por plagas en la producción de la cochinilla del carmín son menos del 10 por ciento y de ello el 45 por ciento indican que es entre 5 y 10 por ciento, y el 32 por ciento en menos de 5 por ciento, sin embargo, hay un 24 por ciento que refiere pérdidas de 11 a 15 por ciento. En La Joya Antigua, el 60 por ciento de los productores señalan que las pérdidas por plagas en la producción de la cochinilla del carmín son menos del 10 por ciento y de ello el 40 por ciento indican que es entre 5 y 10 por ciento, y el 20 por ciento en menos de 5 por ciento, y un 30 por ciento pérdidas de 16 a 50 por ciento, especialmente debida a malezas, que afectan el crecimiento de la planta y provocan caída de la cochinilla por fricción o rozamiento, generado por el viento. En El Triunfo el 70 por ciento de los productores señalan que las pérdidas por plagas en la

producción de la cochinilla del carmín son menos del 10 por ciento y de ello el 50 por ciento indican que es entre 5 y 10 por ciento, y el 20 por ciento en menos de 5 por ciento, y un 20 por ciento pérdidas de 16 a 50 por ciento. En todo el distrito también las pérdidas son muy bajas así el 77 por ciento de los productores señalan que las pérdidas por plagas en la producción de la cochinilla del carmín son menos del 10 por ciento y de ello el 55 por ciento indican que es entre 5 y 10 por ciento, y el 22 por ciento en menos de 5 por ciento, y un 12 por ciento pérdidas de 16 a 50 por ciento.

Para la incorporación de materia orgánica, principalmente estiércol de pollo, conocido como gallinaza (Tabla 20), solo El Triunfo y La Cano, muestran un valor mayor que dos, siendo por tanto considerados sustentables y siendo lo contrario en La Joya Antigua y San Isidro alcanzan un valor menor a dos y se consideran no sustentables. Así mismo, se halló que en San Isidro el 67 por ciento de productores utilizan entre menos de 20 y 40 t de estiércol de pollo, por ha, de los cuales el 42 por ciento usa entre 20.1 y 40 t y el 25 por ciento menos de 20 t; en La Cano, 71 por ciento utiliza entre 20.1 y 60 t de estiércol de pollo por ha, en La Joya Antigua hay un 17 por ciento de agricultores que no utiliza materia orgánica y el 72 por ciento utiliza entre menos de 20 y 40 t por ha, de los cuales el 345 por ciento usa menos de 20 t y el 38 por ciento de 20.1 a 40 t, así en la Joya Antigua se usa mucho menos estiércol de pollo que en las otras irrigaciones, debido fundamentalmente a la mayor fertilidad de los suelos, puesto que esta irrigación tiene más de 80 años con cultivos.

En El Triunfo, el 75 por ciento de los productores usa entre 20.1 y 60 t por ha, y un 20 por ciento más de 60 t; esto fundamentalmente por la baja fertilidad de los suelos y su reciente incorporación a la agricultura. En el distrito el 73 por ciento de productores usa más de 20 t de estiércol de pollo por ha por año.

En la diversidad biológica utilizada (Tabla 20) y en La Joya Antigua, El Triunfo, La Cano y San Isidro, los valores son inferiores a dos, por lo que se consideran no sustentables. También se halló que, en San Isidro, La Cano, La Joya Antigua, El Triunfo y en todo el distrito de La Joya se evidencia proporciones de agricultores con 83, 92, 71, 80 y 81 por ciento, respectivamente, que señalan que solo cultivan tuna para la producción de cochinilla del carmín. En el primer año de instalación de la tuna algunos productores (17 por ciento en San Isidro, 3 por ciento en La Cano, 26 por ciento en La Joya Antigua, 20 por ciento en el Triunfo y 16 por ciento en todo el distrito) instalan cultivos anuales como maíz, frijol. Si bien, el uso

de la biodiversidad esta solo relacionada a las especies utilizadas, sin embargo, en los ampos de tuna se observa el uso de mezclas de cultivares como la tuna morada, blanca y amarilla; siendo el cultivar blanca la más susceptible al parasitismo de la cochinilla del carmín.

Para la protección a la salud del trabajador (Tabla 20) en La Joya Antigua, El Triunfo, La Cano y San Isidro, los valores son inferiores a dos, por lo que se consideran no sustentables. Se halló también que el mayor porcentaje de agricultores (San Isidro 75 por ciento, La Cano 76 por ciento, La Joya Antigua 96 por ciento, El Triunfo 95 por ciento y todo el distrito 86 por ciento) manifiesta que el trabajador usa frecuentemente tela o algodón para protegerse las fosas nasales y tampoco usa lentes, además del uso normal para la protección de la radiación solar. Solo en San Isidro (25 por ciento) y La Cano (18 por ciento) señalan del uso además de mascara protectora y lentes. En este aspecto, todo este material de protección es iniciativa y costo del trabajador. En ningún caso se hace uso de ropa especial con mascara para y lentes protectores del polvo de la cochinilla del carmín y que lo protejan de las pequeñas espinas propias de la tuna.

En la **Figura 42**, se presentan los resultados para la sustentabilidad ambiental, de acuerdo a los indicadores, de las fincas productoras de tuna para cochinilla del carmín, para las irrigaciones La Joya Antigua, El Triunfo, La Cano y San Isidro. Se observa que, hay marcadas diferencias para las cuatro irrigaciones. Así, La Joya Antigua, El Triunfo, La Cano y San Isidro, para el uso de agroquímicos muestran valores cercanos al mayor grado de sustentabilidad, al igual que para el caso de riesgo de erosión del suelo y pérdidas por plagas.

El Triunfo destaca por su alto grado de sustentabilidad para el uso eficiente del agua de riego y para la incorporación de terrenos a la agricultura, siendo La Cano cercano, al valor para este último indicador; mientras que en La Joya Antigua y en San Isidro los valores más bien son de grado de sustentabilidad media. Para el uso eficiente del agua de riego, el valor más bajo de sustentabilidad corresponde a La Joya Antigua, pero si un valor medio para la incorporación de materia orgánica.

En todos los casos la diversidad biológica utilizada tiene un grado muy bajo de sustentabilidad, al igual que la protección a la salud del trabajador. La calidad del suelo y del agua en La Cano, también es muy baja y de la misma manera en El Triunfo. Finalmente se puede observar que los indicadores más críticos del sistema y en las cuatro irrigaciones

son la diversidad biológica utilizada, la protección a la salud del trabajador; mientras que en caso de la incorporación de terrenos a la agricultura sería un indicador crítico solo para La Joya Antigua y San Isidro; luego siguen aquellos cercanos a la sustentabilidad como como calidad del suelo y del agua de riego

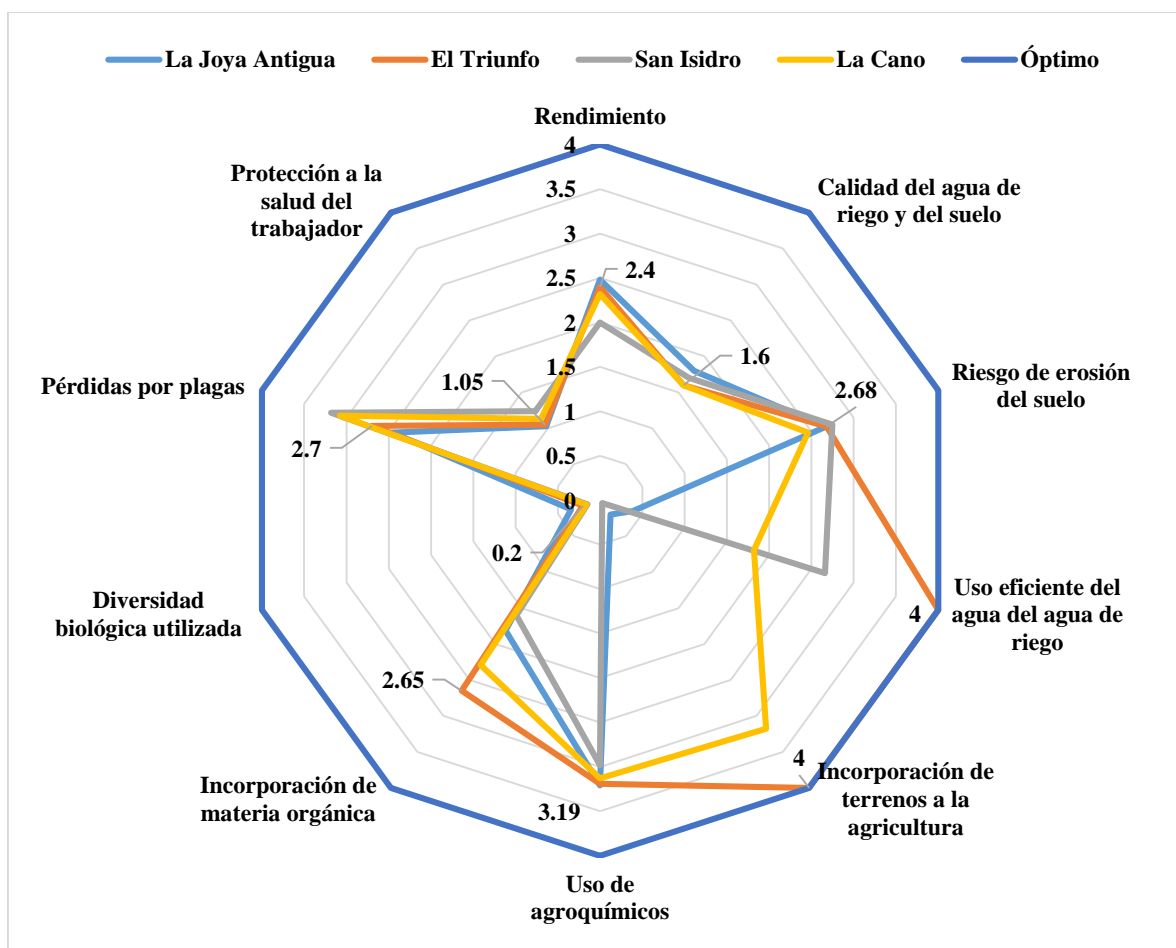


Figura 42. Sustentabilidad ambiental, de acuerdo a los indicadores, de las fincas productoras de tuna para cochinilla del carmín, para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), La Cano (LC) y San Isidro (SI). La Joya, Arequipa, Perú 2016.

d. Sustentabilidad general

En la tabla 21 se muestra el grado de sustentabilidad de acuerdo a las dimensiones y para los diferentes indicadores en las cuatro irrigaciones del distrito de la Joya, estudiadas.

Se observa (**Tabla 21**) que para la dimensión económica el índice de sustentabilidad para todo el distrito es de 2.22, para la dimensión sociocultural de 2.06 y 1.81 para la dimensión ambiental; por lo que de acuerdo al punto 5.4.2. E, de los materiales y métodos, en donde se

considera sustentable cuando el valor es igual o mayor que dos; la sustentabilidad en el distrito de La Joya se da solo en las dimensiones económica y sociocultural, pero no en la ambiental. Por otro lado, también se halló que en la dimensión económica el 55 por ciento de las fincas evaluadas estaban dentro del rango de sustentabilidad, al igual que en la sociocultural con 58 por ciento, y la ambiental con 59 por ciento.

Tabla 21. Sustentabilidad de las fincas productoras de tuna para cochinilla del carmín en el distrito de La Joya. La Joya, Arequipa, Perú, 2016.

Dimensión económica (Distrito La Joya)		Dimensión sociocultural (Distrito La Joya)		Dimensión ambiental (Distrito La Joya)	
Indicador	Valor	Indicador	Valor	Indicador	Valor
Ingresos netos por ha	3.19	Calidad de vivienda	3.15	Rendimiento	2.30
Otras fuentes de ingresos	0.99	Robos en el año	0.96	Calidad del agua de riego y del suelo	1.68
Comercialización	0.93	Aceptación del sistema productivo	1.87	Riesgo de erosión del suelo	2.64
Dependencia de insumos externos para la producción	2.00	Asistencia a eventos de capacitación	0.44	Uso eficiente del agua del agua de riego	2.22
Nivel de autofinanciamiento	3.05	Generación de prácticas y conocimientos	3.45	Incorporación de terrenos a la agricultura	1.86
		Familiares dependientes	1.53	Uso de agroquímicos	3.13
		Capacidad de proporcionar empleo	2.95	Incorporación de materia orgánica	2.09
		Grado de democratización familiar	3.57	Diversidad biológica utilizada	0.21
		Participación en organizaciones	0.17	Pérdidas por plagas	2.86
		Tenencia de la tierra	2.74	Protección a la salud del trabajador	1.11
IK >2 (por ciento)	55	IS >2 (por ciento)	58	IA >2 (por ciento)	59
IK <2 (por ciento)	45	IS < 2 (por ciento)	42	IA < 2 (por ciento)	41
IK	2.22	IS	2.06	IA	1.81

Así mismo el grado de sustentabilidad de los indicadores, para la dimensión económica (Tabla 21) se halló que en los ingresos netos por ha y el nivel de autofinanciamiento, es mayor que dos, por lo que consideran sustentables; pero, para los indicadores otras fuentes de ingresos y comercialización, son inferiores a dos, por lo se consideran no sustentables.

En el caso de la dimensión sociocultural (Tabla 21), los indicadores como calidad de vivienda, generación de prácticas y conocimientos, capacidad de proporcionar empleo, tenencia de la tierra y grado de democratización familiar alcanzan el valor mayor a dos, por lo que se considera sustentable; mas no así para, robos en el año, asistencia a eventos de capacitación y participación en organizaciones, cuyos valores están incluso por debajo de uno, y en los familiares dependientes y aceptación del sistema productivo, que tampoco alcanzan el valor mínimo de dos y no serían sustentables, aunque cercanos a la misma.

En el caso de la dimensión ambiental (Tabla 21), los indicadores rendimiento, riesgo de erosión del suelo, uso eficiente del agua de riego, incorporación de materia orgánica, uso de agroquímicos y pérdidas por plagas alcanzan el valor mayor a dos, por lo que se considera sustentable; mas no así para, los indicadores calidad del agua de riego y del suelo, incorporación de terrenos a la agricultura, diversidad biológica utilizada (con un valor muy bajo menor que uno) y protección a la salud del trabajador (con un valor bajo, ligeramente superior a uno), que no alcanzan el valor mínimo de dos, y serían no sustentables; teniendo en consideración lo establecido para la sustentabilidad con un valor de dos o superior.

En la **Figura 43** se muestra el comportamiento de la sustentabilidad para la dimensión económica en todo el distrito de La Joya. Se evidencia el grado de sustentabilidad de los indicadores y en los ingresos netos por ha año y nivel de autofinanciamiento, en los que se aprecia un mayor grado de sustentabilidad, cercano al máximo grado; en cambio, para otras fuentes de ingreso y comercialización, están ligados a la no sustentabilidad; mientras que, para la dependencia de insumos externos para la producción, si bien es sustentable, pero en un nivel medio. En la dimensión económica y para todo el distrito de la Joya, y comparando con el nivel óptimo de sustentabilidad, los indicadores críticos corresponden a otras fuentes de ingreso y a la comercialización, con valores muy bajos y menores que uno, indicando el nivel tan bajo de sustentabilidad; lo que significa en que en los planes de mejora se tiene que considerar necesariamente estos indicadores.

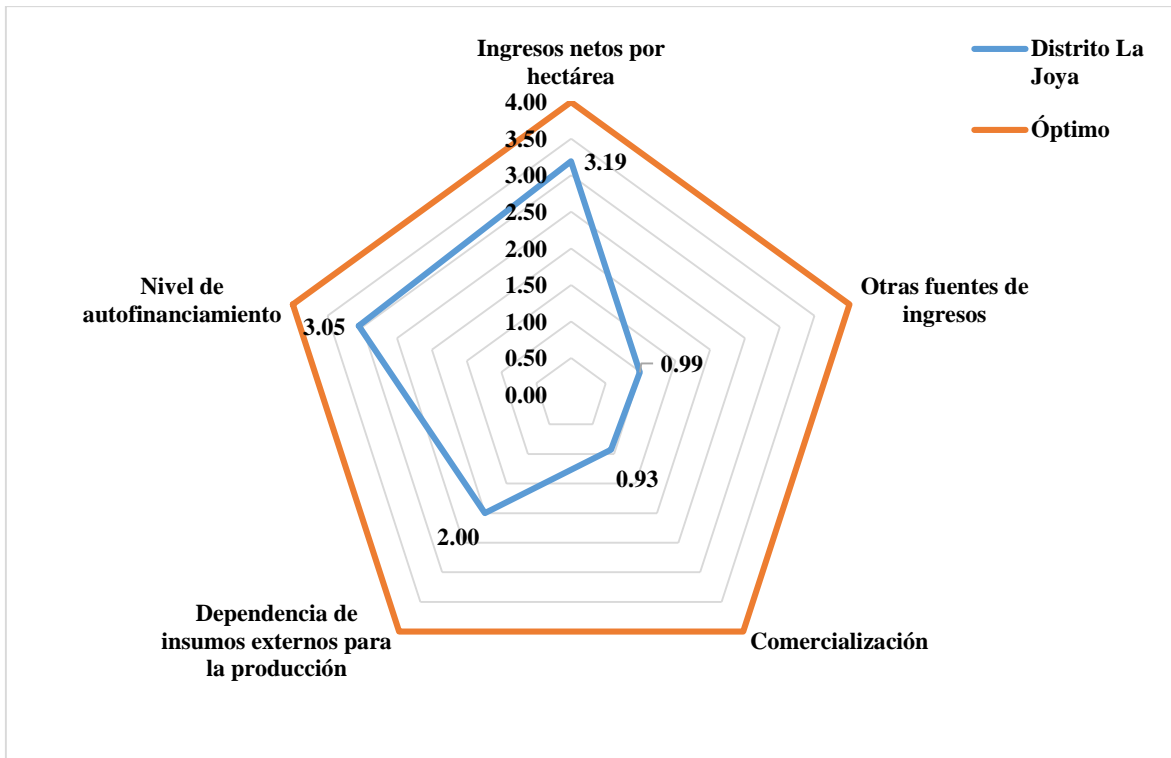


Figura 43. Valores de los indicadores de sustentabilidad económica para el distrito de la Joya. La Joya, Arequipa, Perú, 2016.

En la **Figura 44** se muestra la sustentabilidad para la dimensión sociocultural en el distrito de La Joya. Se evidencia que, en el caso de la calidad de vivienda, generación de prácticas y conocimientos, y grado de democratización familiar alcanzan el valor cercano a 4, que es el máximo grado de sustentabilidad; en el caso de capacidad de proporcionar empleo y tenencia de la tierra, el valor es superior a dos y son sustentables. No ocurre lo mismo con robos en el año, aceptación del sistema productivo, asistencia a eventos de capacitación, familiares dependientes y participación en organizaciones, considerados no sustentables, aunque los casos más críticos corresponden a robos en el año, asistencia a eventos de capacitación y participación en organizaciones. Así, como también se observa que los indicadores más críticos y cuyos valores son menores a uno son los robos en el año, asistencia a eventos de capacitación y participación en organizaciones y en un plan de mejora requerirían una especial atención pues resultan aspectos muy importantes en la sostenibilidad del sistema y en la actividad productiva agropecuaria. En cambio otros indicadores críticos, pero cercanos a la sustentabilidad como aceptación del sistema productivo y familiares dependientes, si bien requieren atención pero no como el caso de los indicadores anteriormente mencionados.

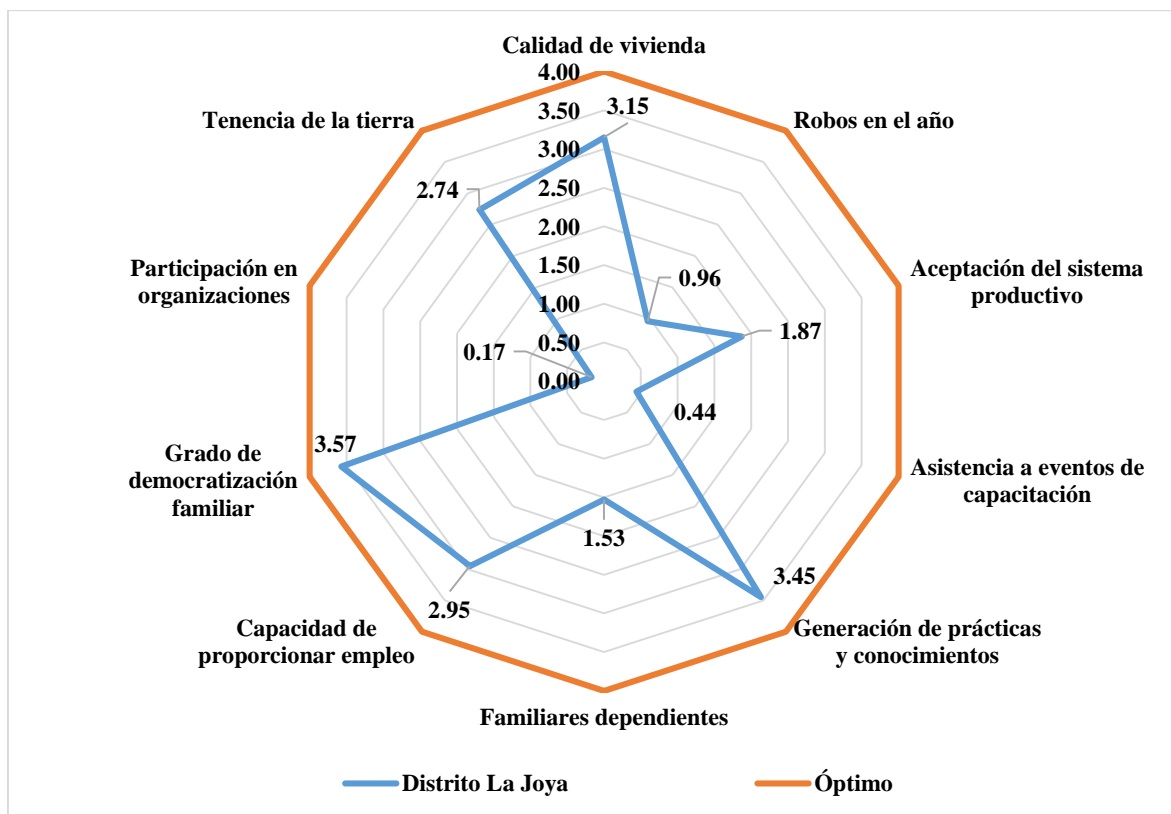


Figura 44. Valores de los indicadores de sustentabilidad sociocultural para el distrito de la Joya. La Joya, Arequipa, Perú, 2016.

En la **Figura 45** se muestra la sustentabilidad para la dimensión ambiental en todo el distrito de La Joya. Se evidencia que, en el caso de uso de agroquímicos y pérdidas por plagas, muestran valores cercanos a tres, que a la vez son los más cercanos al valor 4 de máxima sustentabilidad; mientras que para rendimiento, riesgo de erosión del suelo, uso eficiente del agua de riego e incorporación de materia orgánica, que si bien alcanzan un valor superior a dos, estarían como sustentables, pero ligeramente por encima del nivel limite; pero no ocurre así para, los indicadores calidad del agua de riego y del suelo, incorporación de terrenos a la agricultura, diversidad biológica utilizada y protección a la salud del trabajador, que no son considerados sustentables; siendo en este caso los más críticos la diversidad biológica utilizada y la protección a la salud del trabajador. Así, se visualiza como indicadores más críticos (con valores menores a uno) la diversidad biológica utilizada y la protección a la salud del trabajador, lo cuales en un programa de mejora se les deberá prestar especial atención; en cambio indicadores calidad del agua de riego y del suelo, incorporación de terrenos a la agricultura, cercanos a la sustentabilidad requieren menor atención.

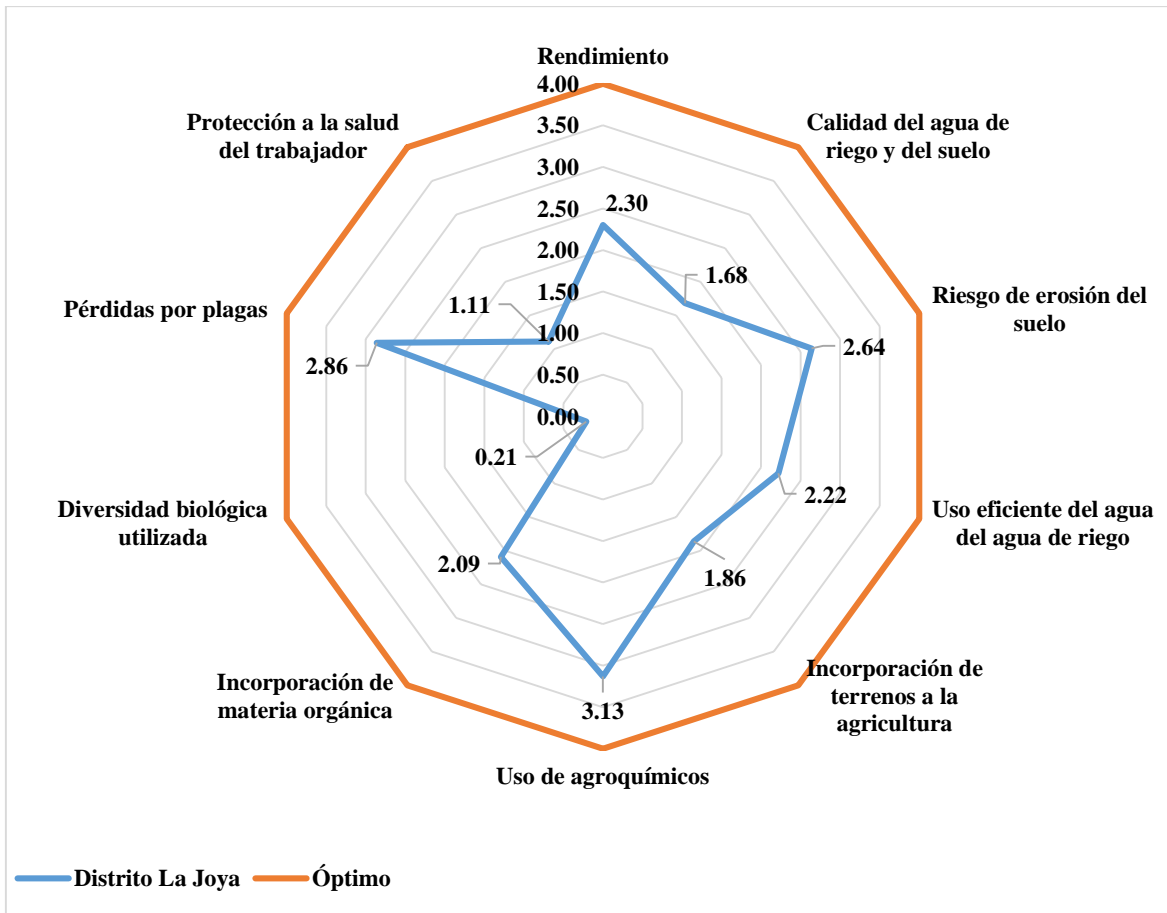


Figura 45. Valores de los indicadores de sustentabilidad ambiental para el distrito de la Joya. La Joya, Arequipa, Perú, 2016.

En la **Tabla 22**, se muestra la sustentabilidad general y se compara el índice de sustentabilidad general de cada irrigación. Es necesario señalar que se ha considerado que para la determinación de sustentabilidad general se considera sustentable, primero, cuando el valor es superior a dos y que este valor, además, debe ser también mayor simultáneamente en las tres dimensiones. De esta manera, la sustentabilidad general para La Joya Antigua sería no sustentable, debido a que en primer lugar el índice general es menor a dos y en segundo lugar no hay sustentabilidad en la dimensión ambiental y sola se da en la dimensión económica y en la dimensión sociocultural. En El Triunfo sería sustentable, debido a que el índice general es mayor a dos, sin embargo, no hay sustentabilidad en la dimensión sociocultural y solo se da en la dimensión económica y en la dimensión ambiental; así, al no cumplir el requisito de sustentabilidad en las tres dimensiones, no se considera sustentable a las fincas de tuna para cochinilla del carmín en El Triunfo. En San Isidro, no sería sustentable, debido a que el índice general es menor a dos y además solo hay sustentabilidad en la dimensión sociocultural y en la dimensión económica, pero no en la dimensión

ambiental. En La Cano sería sustentable, ya que el índice general es mayor a dos, sin embargo, no hay sustentabilidad en la dimensión ambiental y solo se da en la dimensión económica y en la dimensión sociocultural; así, al no cumplir el requisito de sustentabilidad en las tres dimensiones, no se considera sustentable a las fincas de tuna para cochinilla del carmín en La Cano.

Tabla 22. Sustentabilidad de las fincas productoras de tuna para cochinilla del carmín en El Distrito de La Joya. La Joya, Arequipa, Perú, 2016.

Irrigación	Sustentabilidad			
	IK	IS	IA	ISGen
La Joya Antigua	2.33	2.00	1.38	1.90
El Triunfo	2.20	1.90	2.29	2.13
San Isidro	2.03	2.28	1.59	1.97
La Cano	2.32	2.05	1.97	2.11
Índice del Distrito	2.22	2.06	1.81	2.03

El índice de sustentabilidad general del distrito es 2.03 (Tabla 22), por lo que, las fincas productoras de cochinilla del carmín del distrito de la Joya, deberían considerarse como sustentables; sin embargo, no cumple el requisito de sustentabilidad en las tres dimensiones, puesto que solo hay sustentabilidad en las dimensiones económica y sociocultural pero no en la dimensión ambiental. Así, las fincas productoras de tuna para la cochinilla del carmín en el distrito de La Joya no son sustentables.

En la **Figura 46**, se compara la sustentabilidad de las dimensiones económica, sociocultural y ambiental para las cuatro irrigaciones estudiadas y se observa que hay mucha similitud entre los niveles de sustentabilidad, aunque en la sustentabilidad ambiental el nivel de La Joya Antigua y San Isidro son menores a los de La Cano y El Triunfo; y es la más crítica.

En la figura 47, se compara la sustentabilidad de las dimensiones en las cuatro irrigaciones estudiadas. Se observa que no hay sustentabilidad para La Joya Antigua y San Isidro, pero si para La Cano y El Triunfo. Así, en un plan de mejora de la sustentabilidad del distrito se tendrían que considerar como prioridad estas dos irrigaciones.

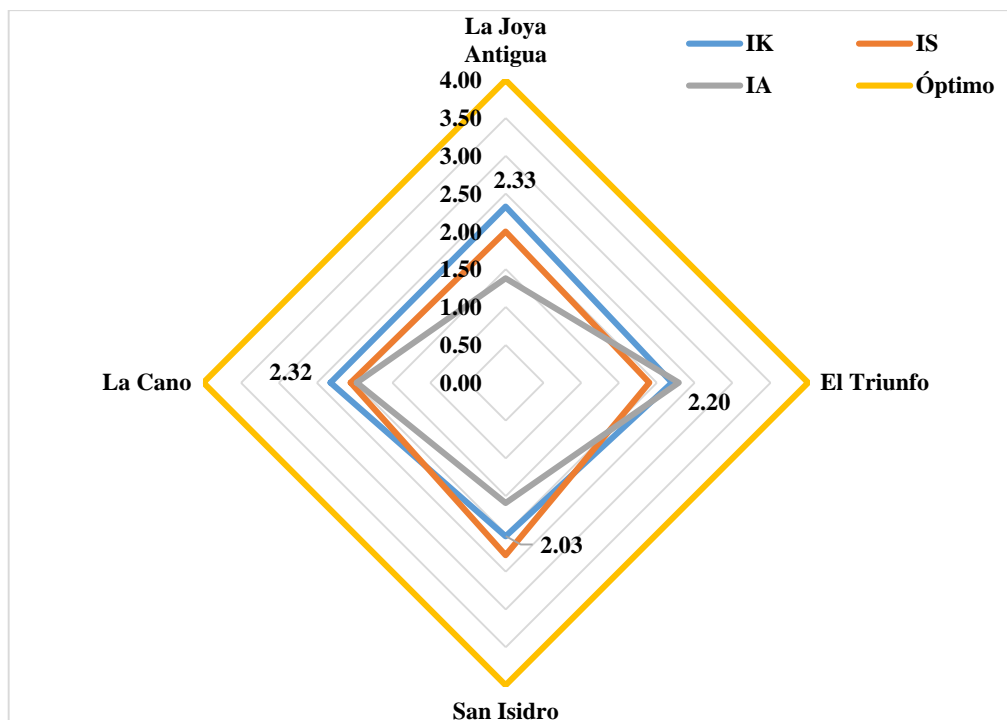


Figura 46. Sustentabilidad de las fincas productoras de tuna para cochinilla del carmín, según dimensión y para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), La Cano (LC) y San Isidro (SI). La Joya, Arequipa, Perú 2016.

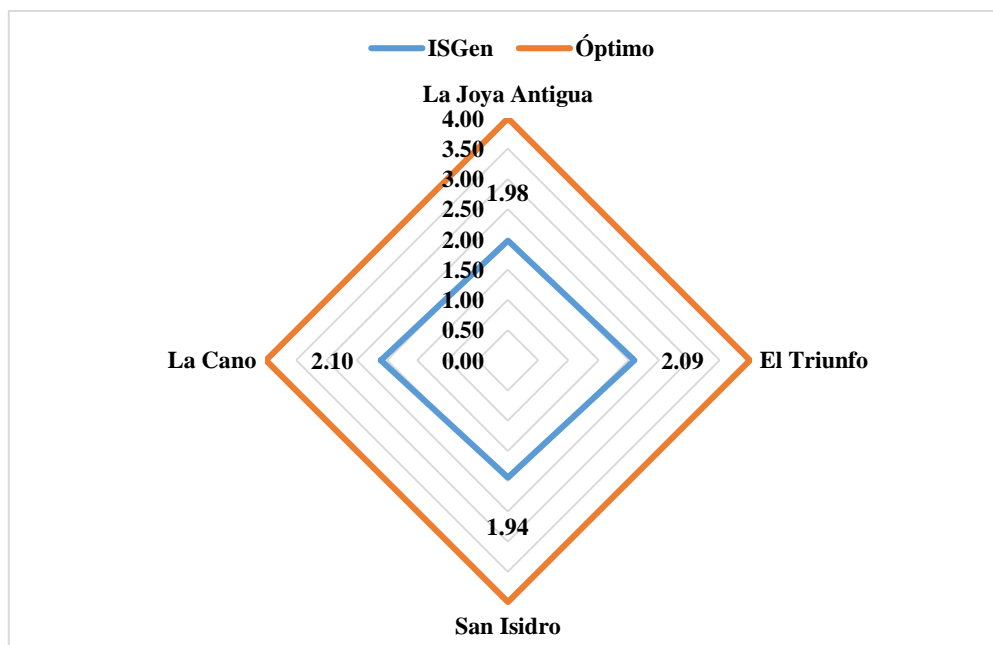


Figura 47. Índice de sustentabilidad general de las fincas productoras de tuna para cochinilla del carmín, según dimensión y para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), La Cano (LC) y San Isidro (SI). La Joya, Arequipa, Perú 2016.

En la **Figura 48**, se compara la sustentabilidad general de las dimensiones económica, sociocultural, ambiental y para todo el distrito de La Joya. Se observa que hay un nivel de sustentabilidad mayor para la dimensión económica, seguida de la dimensión sociocultural y la no sustentabilidad de la dimensión ambiental. Esto significa que en La Joya se tendría que dar énfasis a la dimensión ambiental, en un plan de mejora; y también a las otras dimensiones, ya que los valores son bajos con relación al valor óptimo de sustentabilidad.

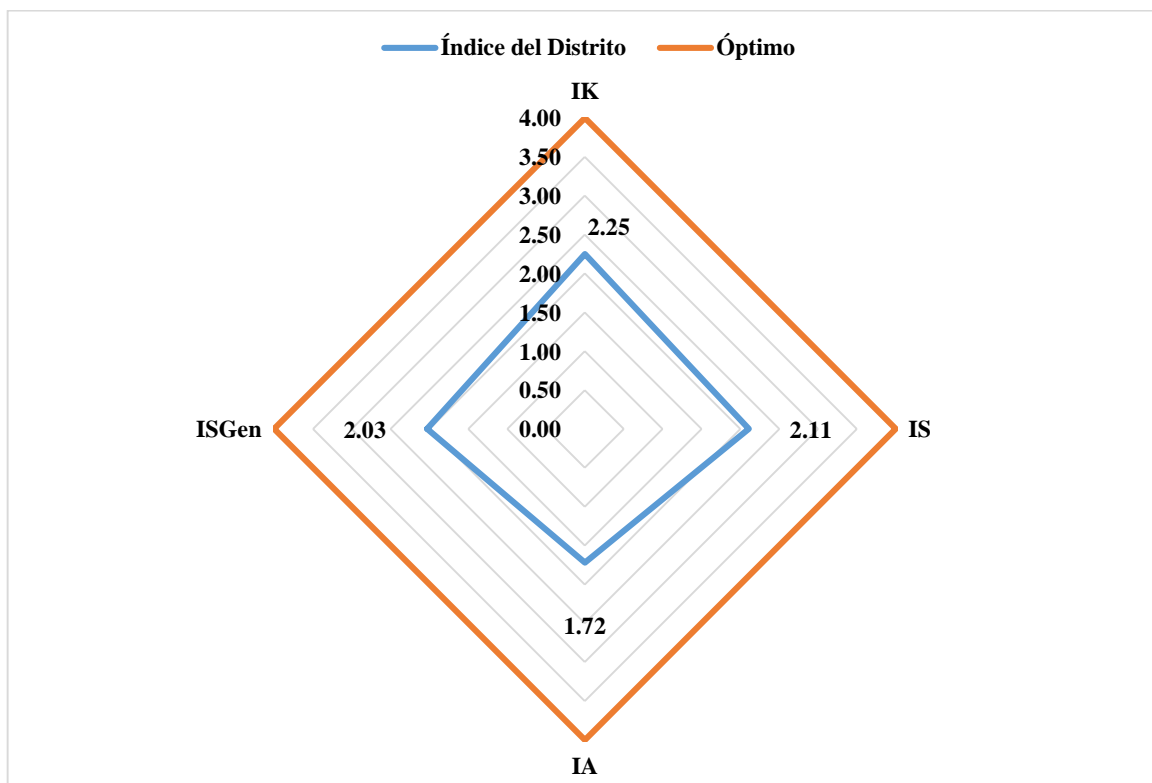


Figura 48. Índice de sustentabilidad general por dimensión para todo el distrito de La Joya. La Joya, Arequipa, Perú, 2016.

El análisis de la sustentabilidad para el método del multicriterio se realiza para las tres dimensiones y comparando las cuatro irrigaciones estudiadas y finalmente para todo el distrito de La Joya.

Análisis multicriterio de la sustentabilidad económica

En el análisis de la sustentabilidad económica que se discute a continuación muestra los diferentes aspectos que explican su comportamiento en el distrito de La Joya.

En el caso de los ingresos netos por ha año, se explica la sustentabilidad en parte por las altas producciones obtenidas y el precio de venta de US\$ 40.00 dólares al momento del estudio. El alto precio por kilogramo de cochinilla seca induce también a mayores inversiones en el proceso de producción y mayor producción. Estos ingresos han permitido cambios en la actividad de los productores con el mejoramiento de sus viviendas, adquisición de nuevas fincas, vehículos nuevos y cambios en su calidad de vida. En esta caso la sustentabilidad económica cumple con lo señalado por Van Cauwenbergh et al. (2007) sobre la función económica del agroecosistema de proveer prosperidad a la comunidad agrícola y frecuentemente es una pre condición del pilar social, o lo reportado por Geerken et al. (2008), en el que un sistema productivo es económicamente sustentable cuando la producción genera un margen de utilidad para invertir en mejoras en el futuro, y los precios son aceptables para satisfacer las necesidades de los consumidores sin pérdidas ni subsidios permanentes.

Para el autofinanciamiento se explica también la sustentabilidad y el hecho que son autosuficientes, por los altos ingresos obtenidos por la venta de la cochinilla del carmín y no recurren a fuentes de financiamiento por los ahorros que ellos tienen.

En el caso de otras fuentes de ingresos, la no sustentabilidad se explica porque un gran porcentaje de los productores tiene como su principal fuente de ingreso está basado en la producción de cochinilla del carmín y muy pocas otras opciones de otras fuentes de ingreso. Esto es debido fundamentalmente a que la cochinilla del carmín por los precios más estables que los otros cultivos han conllevado a que el productor oriente sus ingresos a esta actividad y comparado con la inestabilidad en los precios de otros productos como papa, cebolla ajo o precios bajos de la leche fresca, ha motivado incluso el reemplazo de estas actividades por la producción de cochinilla del carmín, al extremo que de las cerca de 9 000 ha bajo riego del distrito de La Joya, cerca de 5 000 están destinadas a la producción de cochinilla del carmín.

En el caso de la comercialización, la no sustentabilidad se explica porque la mayoría vende sus productos a minoristas acopiadores, y que fundamentalmente los productores no están organizados para la comercialización. Además, que la venta directa a minoristas les permite tener dinero en efectivo y de inmediato pues la venta es contra entrega; dinero que es utilizado fundamentalmente para el pago de mano de obra y para la adquisición de otros insumos como materia orgánica o agroquímicos. También esta actividad de venta a

minoristas se estimula por la cercanía de los compradores tanto en el centro poblado de La Cano, como en el centro poblado llamado Cruce de La Joya, que resulta un punto céntrico para el acopio de cochinilla del carmín de todo el distrito inclusive de otros distros como Vítor y Santa Rita de Sigüas.

En el caso de la dependencia de insumos externos, está relacionado a la contratación de personal para las labores agrícolas, compra de insumos como fertilizantes, plaguicidas y materia orgánica. La sustentabilidad del distrito se explica porque la producción de cochinilla del carmín requiere una gran cantidad de mano de obra durante todo el año y las irrigaciones donde se cultiva la tuna son suelos pobres con la excepción de La Joya Antigua, en la que tiene suelos más formados por los cerca de 80 años de irrigación, lo que no sucede con San Isidro, La Cano y El Triunfo, donde la incorporación de materia orgánica es fundamental. Otro hecho es que en estas irrigaciones la tuna se cultiva bajo un sistema intensivo con infestación artificial y requiere más insumos que en los sistemas en que la cochinilla se recoge de campos infestados naturalmente o sistemas de cultivo silvestres o semisilvestres. De otra parte, el alto requerimiento de mano de obra no permite que la mano de obra familiar sea suficiente, además de la poca dependencia de familiares en el sistema. Finalmente, y a pesar del requerimiento de insumos externos la tuna como planta CAM no es muy exigente en nutrientes y es menos atacada por plagas que otros cultivos.

Las fincas instaladas con tuna para la producción de cochinilla del carmín no cumplen con algunos objetivos económicos señalados por Velten et al. (2015) como viabilidad económica, en donde la agricultura sostenible debe ser productiva, competitiva y rentable, lo que si se cumpliría en este caso; desarrollo; sustento; provisión de productos (materiales e inmateriales) como alimentos, fibras, combustibles, medicamentos, servicios, etc.; y economía próspera.

Análisis multicriterio de la sustentabilidad sociocultural

El análisis de la sustentabilidad sociocultural que se discute a continuación, muestra los diferentes aspectos que explican su comportamiento en el distrito de La Joya.

En el caso de la calidad de la vivienda, se explica la sustentabilidad, en parte porque la mayoría tiene sus viviendas propias y de material noble con acabados, todo ello debido en parte a la producción de la cochinilla del carmín, especialmente se evidencia en La Cano y

El Triunfo, donde además del ingreso por la cochinilla se incrementó la superficie cultivada por la incorporación de nuevas tierras a la agricultura.

En la generación de prácticas y conocimiento, la sustentabilidad se debe a que el propio agricultor continuamente realiza pruebas y muchas de las técnicas de producción de la cochinilla del carmín han sido generadas por sus propias experiencias; lo que da lugar al uso cada vez de prácticas nuevas y nuevos conocimientos. Por ejemplo, el uso de la malla raschell para el sombreado fue generado por los propios agricultores, de igual manera el uso de gallinaza como fuente de nitrógeno, además de las diferentes densidades de plantación, el uso del tipo de paleta para la plantación, el uso de sacos para la infestación artificial, en lugar de tinas de plástico. También el uso de material reciclado como bidones de plástico de cuatro o cinco litros de capacidad partidas por la mitad para el recojo de hembras oviplenas en la primera cosecha. La muerte de las hembras oviplenas con el movimiento manual o repetidos golpes durante el venteado.

En la capacidad de proporcionar empleo, como se comentó anteriormente, la sustentabilidad se explica porque la producción de cochinilla del carmín requiere de grandes cantidades de mano de obra durante todo el proceso de producción, que dura aproximadamente un año. Algunos investigadores como Lozada (2005) señalan que en la producción de la cochinilla del carmín se requiere el equivalente a un jornal por día por ha por año, lo que significa algo de 365 jornales ha año. En la producción de la cochinilla del carmín se da un caso de igualdad y equidad de género, debido a que el valor del jornal agrícola es igual para hombre o mujer, hecho que es resaltado también por Valdivia (2006), hecho que no se da para otros cultivos ni para otras actividades en ninguna de las cuatro irrigaciones ni para todo el distrito de La Joya. Normalmente el jornal del varón es mayor que el de la mujer.

En el grado de democratización familiar, la sustentabilidad se explica porque las decisiones no las toma directamente el jefe de familia o conductor de la finca sino más bien lo hace consultando con su esposa o con su familia.

En la tenencia de la tierra, la sustentabilidad se explica porque la mayoría son propietarios de las fincas o las adquirieron por herencia, información que también parece en los resultados del INEI (2013). Esta forma de tenencia de la tierra asegura la permanencia de los productores al ser mayoritariamente propietarios.

En el caso de robos en el año, la no sustentabilidad del distrito de La Joya, se explica porque los robos son frecuentes y comunes y no solo ocurren en el campo con el recojo de cochinilla fresca o el vaciado de los infestadores recién colocados en las paletas de tuna con hembras ovíparas sino también en los secaderos o en los almacenes. Esta inseguridad ciudadana ha generado que la mayoría de agricultores paguen servicios de guardianía en sus campos de cultivo y en otros casos la adquisición de armas de fuego como alternativa disuasiva y de defensa personal. Se han dado casos, además, de asaltos y muerte de productores como consecuencia del robo. El pago de guardianía aumenta los costos de producción. La inseguridad genera intranquilidad en los productores.

En la aceptación del sistema productivo, la crisis general de la agricultura conlleva a que el productor no muestre satisfacción con la actividad en general y considera que la producción de la cochinilla del carmín no es sostenible en el tiempo. Se puede explicar no solo porque la agricultura en general no tiene la importancia económica que anteriormente sino también que la presencia del estado a través de sus instancias educativas, de investigación o promoción no tienen una actividad presencial directa y permanente. El otro aspecto que señala el productor es la inseguridad que se vive en la producción de la cochinilla del carmín. La asistencia a capacitaciones por parte del productor es otra limitante o indicador no sustentable, por lo general debido a pocas capacitaciones sobre la producción de cochinilla y pocos eventos de capacitación en general. La falta de organizaciones en las que participa el productor puede ayudar a una menor capacitación, la edad de los conductores de las parcelas y la poca presencia de las organizaciones del estado que promuevan la capacitación.

La distribución de los beneficios es otro limitante, debido a lo reducido de las familias, por lo general la dependencia de familiares es bajo y no sustentable, debido a que la edad de la mayor parte de los productores es de alrededor de 50 años y tiene muy poca carga familiar. Un problema muy importante sigue siendo la participación en organizaciones de productores de cochinilla del carmín, que es muy limitada y no sustentable. En la investigación solo se encontró la existencia de una asociación en la Irrigación La Cano, con el fin de producir y comercializar la cochinilla del carmín. Si bien todos los productores son integrantes de las comisiones de regantes por ley, así como de las juntas de usuarios de La Joya Antigua y de La Joya Nueva, sin embargo, la participación de estas comisiones y juntas de usuarios no se da con la frecuencia requerida. De la misma manera y a pesar de que el distrito de La Joya, está considerado como distrito rural; sin embargo, el municipio no tiene

un programa de desarrollo rural y que pueda apoyar la actividad de los productores de la cochinilla del carmín.

Lo hallado en el distrito de La Joya respecto a la función social del agroecosistema, se cumple en algunos aspectos como la equidad de género en el valor del jornal, pero no en todo lo señalado por Van Cauwenbergh et al. (2007) como generar condiciones óptimas como buen estado físico (condiciones para laborar y salud) y psicológico como educación, igualdad de género, acceso a infraestructura; actividades de integración y participación en la sociedad (social y profesionalmente), e independencia alimentaria o lo mencionado por Geerken et al. (2008) en el sentido de que un sistema productivo es socialmente sustentable cuando la producción se da bajo condiciones decentes de labor, en términos de horas de trabajo, higiene, remuneración, etc.; y los niveles de precios son aceptables para satisfacer las necesidades fundamentales de los consumidores.

Las fincas instaladas con tuna para la producción de cochinilla del carmín no cumplen con algunos objetivos sociales señalados por Velten et al. (2015), como la responsabilidad social, en la que se beneficie a la sociedad en general; socialmente aceptable; preservación cultural; equidad, justicia, rectitud; satisfacción de las necesidades humanas; buenas condiciones laborales; salud humana; alimento; calidad de vida; y comunidades fuertes.

Análisis multicriterio de la sustentabilidad ambiental

En el análisis de la sustentabilidad ambiental que se discute a continuación muestra los diferentes aspectos que explican su comportamiento en el distrito de La Joya.

El rendimiento es alto y sustentable debido a que fundamentalmente son altos, no solo por la inversión en el proceso de producción sino también porque en la mayoría de caso como La Joya Antigua, La Cano y San Isidro los campos utilizados son aquellos que anteriormente estaban destinados a la producción de alfalfa, maíz, cebolla, ajo, papa, paprika, etc., y que hoy están instalados con tuna. De esta manera la tuna aprovecha crece en campos de cultivo ya trabajados y además la forma de cultivo intensiva con riego, manejo de malezas, de plagas y aplicación de nutrientes permite un buen crecimiento de la tuna y por ende una mejor condición para la producción de la cochinilla del carmín. De la misma manera el contenido de ácido carmínico, está en la condición de sustentable, debido al buen manejo agronómico del cultivo que provee la cantidad de nutrientes en cantidad y calidad para que las hembras

oviplenas de la cochinilla del carmín puedan sintetizar el ácido carmínico en cantidades requeridas por el mercado.

En el riesgo de erosión del suelo, la sustentabilidad se explica en las cuatro irrigaciones, debido a que los suelos están casi permanentemente cubiertos con el cultivo (cultivo perenne) y con las paletas de tuna provenientes de la segunda cosecha y que generalmente se mantiene en campo, siendo muy pocos los agricultores que retiran las paletas del campo; lo que limita la erosión eólica. En el caso de la erosión hídrica, en El Triunfo el riego empleado es por goteo y en las otras irrigaciones en muchos casos los canales de riego son revestidos con cemento como en La Cano y San Isidro, pero no en La Joya Antigua, y la longitud de los surcos en los casos de riego por gravedad de 50 m en promedio, además de que la dirección de los surcos es en curvas a nivel.

El uso eficiente del agua también se evaluó en términos del grado de revestimiento de los canales de riego que eviten pérdidas de agua por infiltración; así la sustentabilidad en el distrito se explica porque El Triunfo tiene sistema de riego por goteo y en La Cano San Isidro hay un gran porcentaje de canales revestidos con cemento, a diferencia de La Joya Antigua, que no los tiene.

El revestimiento de los canales con cemento reduce las pérdidas por infiltración y permite una mejor conducción y distribución. Por otro lado, las longitudes de los surcos de riego en la mayoría son de 50 m de longitud y que permite un mejor uso del agua de riego, al haber menos oportunidad de infiltración. En el caso de la tuna y como cultivo CAM, que no requiere mucha agua, las frecuencias de riego son menores que en otros cultivos, así como sus necesidades hídricas, además que la distancia entre surcos en promedio es de 1.50 a 1.80 m y significa menos surcos que regar por campo. En La Cano se tiene como norma que el agua empleada para regar una ha de alfalfa alcanza para regar tres ha con tuna.

En el uso de agroquímicos, si bien una gran cantidad de productores utilizan fertilizantes sintéticos, insecticidas, fungicidas, herbicidas y reguladores de crecimiento, sin embargo, la sustentabilidad se explica porque los kilogramos de plaguicidas por ha año son bajos o no se utilizan, debido a que la tuna no es afectada por muchas plagas, siendo el uso más frecuente los herbicidas al ser un cultivo perenne. La tuna no es atacada por una gran cantidad de insectos plaga y los más comunes son las queresas, trips y gusanos perforadores de paletas,

así como babosas. En el caso de los fungicidas más del 96 por ciento de los productores no utilizan fungicidas, debido a la casi total ausencia de enfermedades. Solo se reporta el caso de bacteriosis, causando pudriciones de la paleta, por lo cual se utilizan productos a base de cobre o el caso de nematodos del género *Meloidogyne*. En el caso de los herbicidas, sucede lo contrario comparado con insecticidas y fungicidas, puesto que solo La Joya Antigua y El Triunfo, los productores indican que no usan herbicidas son 8 por ciento en La Joya Antigua y 10 por ciento en El Triunfo.

El herbicida más utilizado es a base de glifosato, muy poco a base linuron y de atrazina. En el caso de los fertilizantes sintéticos, principalmente a base de nitrógeno y como fuente principal la urea y en menor frecuencia el uso de fosfato diamónico como fuente de fósforo y de nitrógeno, el uso de potasio es muy limitado y se da frecuentemente en los campos regados vis goteo. Las cantidades de nutrientes son relativamente bajas, considerando que en muchos casos se hace uso de estiércol de pollo como fuente también de nutrientes. En general el uso de agroquímicos en el cultivo de la tuna para la producción de cochinilla del carmín es bajo, ya sea por la rusticidad del cultivo y por las mismas condiciones de cultivo.

En la incorporación de materia orgánica, la sustentabilidad se explica por el uso común de estiércol de pollo, llamado gallinaza, fresco como fuente materia orgánica en la producción de cochinilla del carmín, así cada año se incorporan en la mayoría de campos, cerca de 20 a 40 t ha⁻¹ por año, y se aplica aproximadamente a los 30 días después de la segunda cosecha o poda. Se incorpora muy poco estiércol de vacuno. El estiércol de pollo, es incorporado en zanjas previamente abiertas y luego de incorporar el estiércol se cubren con tierra, tiene una reacción rápida en fomentar el crecimiento rápido de las paletas de tuna. Sin embargo, uno de los problemas del estiércol de pollo es el alto costo por camionada de 15 t, llegando a US\$ 1000 o más.

Además del costo, el tiempo de acción del estiércol de pollo es corto, ya que hay información que la descomposición ocurre en los primeros 30 días y en el campo se observa que a partir de los 90 días las plantas muestran amarillamiento, dependiendo del tipo de suelo y de la cantidad de gallinaza empleada por ha. La ausencia de ganado bovino para proveer estiércol vacuno como fuente de materia orgánica en las plantaciones de tuna no ayuda en la sostenibilidad, como lo señalado por Avantunde et al. (2018), sobre la importancia de la integración del ganado herbívoro en el apoyo a la sostenibilidad de los sistemas agrícolas,

ya que el reciclaje de nutrientes para la producción de cultivos a través del retorno del estiércol es un elemento central de los sistemas mixtos dominantes de cultivos y ganadería. Las pérdidas por plagas son muy bajas y la sustentabilidad se explica por la poca presencia de plagas y a las pocas y efectivas medidas de control utilizadas, además de que la tuna es un cultivo rustico y tolera muy bien plagas y malezas. Los agricultores señalan que la principal causa de las pérdidas señaladas, se dan cuando el campo se encuentra muy enmalezado, ejerciendo las malezas competencia con la tuna y que en los momentos de viento el follaje de las malezas raspa la tuna y provoca la caída de cochinilla del carmín al suelo.

En la calidad del agua de riego y del suelo, resultó no sustentable debido fundamentalmente a las fuentes de agua solo La Joya Antigua y San Isidro utilizan totalmente agua dulce del sistema de represas, y algunos productores de La Joya Antigua y El Triunfo y La Cano utilizan aguas saladas de filtraciones; lo cual limita la calidad del agua de riego. Así mismo los suelos no son muy buena calidad, pues sus contenidos de materia orgánica con inferiores a 2 por ciento, y en los casos de La Cano y El Triunfo tiene niveles de sales altos. La textura arenosa es otro factor limitante en todo el distrito, aunque los niveles de potasio y calcio son altos.

En la incorporación de terrenos a la agricultura, la no sustentabilidad en el distrito se debe a que en La Joya Antigua y en San Isidro, la incorporación de terrenos eriazos a la agricultura fue muy baja en comparación lo ocurrido en El Triunfo y La Cano; lugares en los cuales se han incorporado muchos terrenos eriazos para la producción de tuna para cochinilla del carmín, debido a que la escasez de agua no permitía el riego de toda la superficie disponible; en cambio la tuna al ser menos exigente en agua por ha permitió incorporar muchos de estos terrenos a la agricultura; lo que no ocurrió con La Joya y San Isidro, lugares en los cuales no se disponía de muchos terrenos erizos. Otra explicación para el caso de la tuna y como se explicó anteriormente es una planta CAM y requiere menos agua.

Con respecto a la diversidad biológica utilizada, la explicación fundamental de la no sustentabilidad es que es el cultivo de la tuna para la producción de la cochinilla del carmín, es un monocultivo. En muy pocos casos se han registrado asociaciones de tuna para cochinilla del carmín con otros cultivos como frijol o maíz, con resultados no muy favorables y solo durante la primera campaña, debido a las dificultades de ingreso y operación dentro

de los campos de tuna. También se ha observado asociaciones de tuna con palto en el primer, hasta segundo año de crecimiento del palto. Sin embargo, a pesar de ello el uso de la tuna para la producción de cochinilla del carmín es un ejemplo de uso de la biodiversidad en forma extensiva y considerando que la tuna es un cultivo CAM con excelentes características de desarrollo en zonas desérticas como La Joya. También debe considerarse el hecho de que, si bien no hay diversidad de especies vegetales utilizadas, dentro de los campos de tuna para la producción de cochinilla del carmín se encuentra variabilidad de cultivares instalados como mezcla de tunas con frutos de color blanco, amarillo y morado; y que además los cultivares de fruto blanco son más susceptibles al parasitismo de la cochinilla del carmín.

La protección a la salud del trabajador es un punto crítico y resultado no sustentable debido a que no solo afecta al agricultor, sino también al trabajador. No está establecido ninguna medida protectora durante las actividades de la producción de la cochinilla del carmín ni para el agricultor ni para el trabajador. En el trabajo de la cochinilla del carmín el trabajador utiliza algunos medios de protección por parte del trabajador y cuyos materiales y costo es por parte del mismo, pero no son suficientes y no hay participación del productor. En ningún caso se hace uso de ropa especial con máscara para y lentes protectores del polvo de la cochinilla del carmín y que lo protejan de las pequeñas espinas propias de la tuna.

Con relación a la sustentabilidad de fincas productoras de cochinilla del carmín para el análisis multicriterio no resultaron sustentables y en otros estudios se reportan situaciones semejantes como el caso de Merma y Julca (2012) en fincas del Alto Urubamba (selva alta) con cultivos principales como café, cacao, plátano, cítricos, papayo y mango son consideradas sustentables, mientras que las fincas cultivadas con coca y con el té, no son consideradas sustentables; por otro lado Collantes y Rodríguez (2015) hallaron que los agroecosistemas de palto y mandarina en Cañete son socialmente sustentables, pero la dimensión económica requiere mejorar la calidad y diversificación de productos para la venta, aunque ninguna de las fincas es ambientalmente sustentable. Así mismo Márquez (2015) reporta que solo el 4.92 por ciento de las fincas de producción de café en forma convencional son sustentables, frente a un 39.34 por ciento para las fincas del sistema productivo orgánico. En valle costero, Ayora (2017) identificó cultivos predominantes como caña de azúcar, maracuyá, maíz duro amarillo, palto y maíz morado sustentables. En otro caso Barreto (2017) usando una adaptación del “Análisis Multicriterio” halló que la sustentabilidad económica, social y ambiental es diferente para cada zona y en los tres casos

y en general es insostenible. Finalmente, Contreras (2018), analizó parcelas productoras de papa mediante el análisis multicriterio de Sarandon, en las provincias de Barranca, Huaral y Cañete en la región Lima y determinó que en la región Lima no es sustentable.

Lo hallado para la función ambiental del agroecosistema en el distrito de La Joya no concuerda totalmente con lo manifestado por Van Cauwenbergh et al. (2007) que es el de proveer el manejo y conservación de los recursos naturales, y sus pilares como aire, agua, suelo, energía y biodiversidad o lo señalado Geerken et al. (2008), en el sentido que un sistema productivo es ambientalmente sustentable cuando las fuentes de producción no son agotables y no causan emisiones que contribuyan a superar la capacidad de la tierra para soportarlos.

La no sustentabilidad ambiental de las fincas productoras de cochinilla del carmín en el distrito de La Joya puede deberse a la baja adopción de prácticas agrícolas sostenibles; adopción que puede ser positivamente afectada por el sistema de cultivo, la educación universitaria y estar asociados en un programa de compra de su producto; mientras que la falta de un conocimiento adecuado sobre la agricultura sostenible y la falta de familiaridad con la tecnología fueron significativamente negativos para una menor adopción de prácticas agrícolas sostenibles; como lo señala Mishra et al. (2018).

Las fincas instaladas con tuna para la producción de cochinilla del carmín no cumplen con algunos objetivos ambientales señalados por Velten et al. (2015), como mantener los procesos biológicos que sustentan los ecosistemas y generar servicios y beneficios para los ecosistemas; conservación de recursos naturales; capacidad productiva o mantener la capacidad de producción de los sistemas agrícolas; ambiental o ecológicamente amigable para el bienestar animal; mejora o protección de los componentes físicos del espacio en el que viven las personas, los animales y las plantas; y armonía con la naturaleza.

4.2.3. Comparación entre la sustentabilidad del marco MESMIS y la sustentabilidad del análisis multicriterio.

Al revisar las tablas 17 y 22 se puede observar los resultados de la sustentabilidad para el marco MESMIS y para el análisis multicriterio.

Para la dimensión económica, el índice de sustentabilidad general para La Joya Antigua según el análisis multicriterio es de 2.33 y resulta sustentable, en cambio para el marco MESMIS el intervalo de referencia para la misma dimensión con un valor de 4.83, que resulta también moderadamente sustentable en una categoría de moderada; lo que se concluye que, en ambos sistemas de evaluación, el resultado es sustentable. En el caso de El Triunfo el índice de sustentabilidad para el análisis multicriterio es de 2.20, resultando sustentable; mientras que para el caso del marco MESMIS, el intervalo de referencia es de 4.03, también llegando al nivel de moderadamente sustentable; mostrando sustentabilidad para El Triunfo en ambos sistemas de evaluación. En La Cano, el índice de sustentabilidad según el análisis multicriterio es de 2.32 y resulta sustentable; mientras que para el marco MESMIS el intervalo de referencia es de 3.09, resultando también moderadamente sustentable y en la categoría moderada; por lo que en esta irrigación la sustentabilidad se da para ambos sistemas de evaluación. En San Isidro, el índice de sustentabilidad para el análisis multicriterio es de 2.03 y resulta sustentable; mientras que para el marco MESMIS, el valor de referencia es de 4.69, por lo que se considera sustentabilidad moderada; resultando en esta irrigación sustentable en los dos sistemas de evaluación.

Para la dimensión sociocultural, el índice de sustentabilidad general para La Joya Antigua según el análisis multicriterio es de 2.0 y resulta sustentable, en cambio para el marco MESMIS el intervalo de referencia para la misma dimensión con un valor de 3.89, que resulta también moderadamente sustentable en una categoría de moderada; lo que se concluye que, en ambos sistemas de evaluación, el resultado es sustentable. En el caso de El Triunfo el índice de sustentabilidad para el análisis multicriterio es de 1.90, resultando no sustentable; mientras que para el caso del marco MESMIS, el intervalo de referencia es de 4.03, también llegando al nivel de moderadamente sustentable; mostrando sustentabilidad para El Triunfo solo en el marco MESMIS. En La Cano, el índice de sustentabilidad según el análisis multicriterio es de 2.05 y resulta sustentable; mientras que para el marco MESMIS el intervalo de referencia es de 4.26, resultando también moderadamente sustentable y en la categoría moderada; por lo que en esta irrigación la sustentabilidad se da para ambos sistemas de evaluación. En San Isidro, el índice de sustentabilidad para el análisis multicriterio es de 2.28 y resulta sustentable; mientras que para el marco MESMIS, el valor de referencia es de 4.26, por lo que se considera sustentabilidad moderada; resultando en esta irrigación sustentable en los dos sistemas de evaluación.

Para la dimensión ambiental, el índice de sustentabilidad general para La Joya Antigua según el análisis multicriterio es de 1.38 y resulta no sustentable, en cambio para el marco MESMIS el intervalo de referencia para la misma dimensión con un valor de 3.44, que resulta también moderadamente sustentable en una categoría de moderada; lo que se concluye que, la sustentabilidad solo se da en el marco MESMIS. En el caso de El Triunfo el índice de sustentabilidad para el análisis multicriterio es de 2.29, resultando sustentable; mientras que para el caso del marco MESMIS, el intervalo de referencia es de 4.48, también llegando al nivel de moderadamente sustentable; mostrando sustentabilidad para El Triunfo en los dos sistemas de evaluación. En La Cano, el índice de sustentabilidad según el análisis multicriterio es de 1.97 y resulta no sustentable; mientras que para el marco MESMIS el intervalo de referencia es de 3.01, resultando también moderadamente sustentable y en la categoría moderada; por lo que en esta irrigación la sustentabilidad solo se da en el marco MESMIS. En San Isidro, el índice de sustentabilidad para el análisis multicriterio es de 1.59 y resulta no sustentable; mientras que para el marco MESMIS, el valor de referencia es de 3.83, por lo que se considera sustentabilidad moderada; resultando en esta irrigación sustentable solo en el marco MESMIS.

Por otro lado, cuando se compara la sustentabilidad de cada irrigación se observa que para el análisis multicriterio solo se halló sustentabilidad para El Triunfo y La Cano, pero no para La Joya Antigua y San Isidro; mientras que en marco MESMIS se halló sustentabilidad moderada en las cuatro irrigaciones evaluadas.

Al comparar la sustentabilidad por dimensiones, en el método del multicriterio se observa solo sustentabilidad económica y sociocultural pero no ambiental; mientras que, en el MESMIS, se halló sustentabilidad moderada en las tres dimensiones.

En el caso de la sustentabilidad general del distrito, si bien el valor para el método del multicriterio es de 2.03, porque debería considerarse sustentable, sin embargo, no se cumple el requisito que además debe haber sustentabilidad en las tres dimensiones, simultáneamente, hecho que no se da por el multicriterio. En el caso del marco MESMIS el valor del promedio es mayor que tres por lo que estaría dentro de la categoría de moderadamente sustentable.

Así, el marco MESMIS no se podría utilizar como sistema de evaluación de manera similar que el método del multicriterio y estaría más diseñado para evaluar sistemas naturales como lo señalan diversos autores y el método del análisis multicriterio se adecuaría más a sistemas agropecuarios productivos intensivos. Otro hecho es como se muestra en las tablas 23, 24, 25 y 26, que la identificación de indicadores críticos no es igual para los dos sistemas de evaluación. Por otro lado, una diferencia saltante también es que en el análisis multicriterio se multiplica por un factor o se pondera el valor de algunos indicadores, de acuerdo a la importancia del mismo, lo que no se hace con el marco MESMIS, y esto es lo que marcaría las diferencias para la determinación de la sustentabilidad. Tal vez si se incluye en el marco MESMIS la ponderación o multiplicación por un factor o se pondera el valor de algunos indicadores, de acuerdo a la importancia del mismo; se tendría una estimación de la sustentabilidad semejante al análisis multicriterio y además la determinación del nivel de sustentabilidad de los atributos, además de las dimensiones. Aunque, Silva-Santamaría y Ramírez-Hernández (2017) usaron el marco MESMIS para evaluar fincas con alta biodiversidad, uso de técnicas agroecológicas, clima tropical húmedo, precipitaciones mayores a 1500 mm anuales, temperatura media anual de 23.9 °C, humedad relativa del 80 por ciento y hallaron un alto nivel de sostenibilidad.

4.2.4. Determinación de los puntos críticos

En la **Tabla 23** se muestra los indicadores identificados como puntos críticos en el marco MESMIS. Así, para la dimensión económica se halló como puntos críticos a los indicadores otras fuentes de ingreso, comercialización (solo en San Isidro) y dependencia de insumos externos para la producción. Para la dimensión sociocultural se halló como puntos críticos a los indicadores de asistencia a eventos de capacitación, robos en el año (menos San Isidro), aceptación del sistema productivo, asistencia a eventos de capacitación, participación en organizaciones y familiares dependientes. En la dimensión ambiental los puntos críticos hallados, para las cuatro irrigaciones, corresponden a indicadores como la calidad del agua de riego y del suelo, la diversidad biológica utilizada y la protección a la salud del trabajador; y como eficiencia en el uso del agua de riego a La Joya Antigua y La Cano; incorporación de terrenos a la agricultura a La Joya Antigua y San Isidro, al igual que la incorporación de materia orgánica; y para el rendimiento, solo en San Isidro.

Tabla 23. Puntos críticos para el marco MESMIS, de acuerdo a las dimensiones e indicadores, para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI) y La Cano (LC). La Joya, Arequipa, Perú 2016.

Dimensión económica				Dimensión sociocultural				Dimensión ambiental			
LJA	ET	SI	LC	LJA	ET	SI	LC	LJA	ET	SI	LC
										Rendimiento	
Otras fuentes de ingreso				Robos en el año				Robos en el año		Calidad del agua de riego y del suelo	
		Comercialización		Aceptación del sistema productivo				Eficiencia del uso del agua de riego		Eficiencia del uso del agua de riego	
Dependencia de insumos externos para la producción				Asistencia a eventos de capacitación				Incorporación de terrenos a la agricultura		Incorporación de terrenos a la agricultura	
				Familiares dependientes				Incorporación de materia orgánica		Incorporación de materia orgánica	
				Participación en organizaciones				Diversidad biológica utilizada			
								Pérdidas por plagas			
								Protección a la salud del trabajador			

En la **Tabla 24** se muestra los puntos críticos referidos a los atributos del sistema y se observa que para la dimensión económica los atributos de estabilidad, resiliencia y confiabilidad son críticos; el atributo de autogestión, para la dimensión sociocultural, que incluye a todas las irrigaciones y todo el distrito de la Joya, pero no San Isidro; y para la dimensión ambiental los atributos de estabilidad, resiliencia y confiabilidad, pero solo en La Joya Antigua y de productividad solo en San Isidro, y tampoco todo el distrito de La Joya.

Tabla 24. Puntos críticos para el MESMIS, de acuerdo a las dimensiones y atributos, para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI), La Cano (LC) y todo el distrito de La Joya (DLJ). La Joya, Arequipa, Perú 2016.

Dimensión económica					Dimensión sociocultural					Dimensión ambiental				
LJA	ET	SI	LC	DLJ	LJA	ET	SI	LC	DLJ	LJA	ET	SI	LC	DLJ
Estabilidad Resiliencia Confiabilidad					Autogestión					Productividad				
										Estabilidad Resiliencia Confiabilidad				

En la **Tabla 25** se muestra los indicadores identificados como puntos críticos en el método del multicriterio. Para la dimensión económica se halló como puntos críticos a los indicadores otras fuentes de ingreso y comercialización para las cuatro irrigaciones, mientras que, para La Joya Antigua y San Isidro, la dependencia de insumos externos para la

producción. En la dimensión sociocultural se determinó a asistencia a eventos de capacitación, robos en el año (menos San Isidro), aceptación del sistema productivo, asistencia a eventos de capacitación, participación en organizaciones y familiares dependientes. En la dimensión ambiental fueron la calidad del agua de riego y del suelo, la diversidad biológica utilizada y la protección a la salud del trabajador; y como eficiencia en el uso del agua de riego solo en La Joya Antigua y La Cano, pero no en El Triunfo y La Cano; incorporación de terrenos a la agricultura a La Joya Antigua y San Isidro, pero no en El Triunfo y en La Cano; al igual que la incorporación de materia orgánica, en donde es crítico en La Joya Antigua y San Isidro, pero no en El Triunfo ni en La Cano.

Tabla 25. Puntos críticos (indicadores) para el análisis multicriterio, para las irrigaciones La Joya Antigua (LJA), El Triunfo (ET), San Isidro (SI) y La Cano (LC). La Joya, Arequipa, Perú 2016.

Dimensión económica				Dimensión sociocultural				Dimensión ambiental			
LJA	ET	SI	LC	LJA	ET	SI	LC	LJA	ET	SI	LC
Otras fuentes de ingresos				Robos en el año			Robos en el año	Calidad del agua de riego y del suelo			
Comercialización				Aceptación del sistema productivo				Uso eficiente del agua de riego			Uso eficiente del agua de riego
Dependencia de insumos externos para la producción		Dependencia de insumos externos para la producción		Asistencia a eventos de capacitación				Incorporación de terrenos a la agricultura		Incorporación de terrenos a la agricultura	
				Familiares dependientes				Incorporación de materia orgánica		Incorporación de materia orgánica	
				Participación en organizaciones				Diversidad biológica utilizada			
								Protección a la salud del trabajador			

En la **Tabla 26** se muestra los puntos críticos referidos a las dimensiones para las cuatro irrigaciones. Para la dimensión económica otras fuentes de ingresos y comercialización; para la dimensión sociocultural los indicadores robos en el año, aceptación del sistema productivo, asistencia a eventos de capacitación, familiares dependientes y participación en organizaciones; y para la dimensión ambiental la calidad del agua de riego y del suelo, la incorporación de terrenos a la agricultura, la diversidad biológica utilizada y la protección a la salud del trabajador.

Tabla 26. Puntos críticos (indicadores) para el método del multicriterio, para las tres dimensiones en el distrito de La Joya. La Joya, Arequipa, Perú 2016.

Dimensión económica	Dimensión sociocultural	Dimensión ambiental
Otras fuentes de ingresos	Robos en el año	Calidad del agua de riego y del suelo
Comercialización	Aceptación del sistema productivo	Incorporación de terrenos a la agricultura
	Asistencia a eventos de capacitación	Diversidad biológica utilizada
	Familiares dependientes	Protección a la salud del trabajador
	Participación en organizaciones	

4.2.5. Propuesta de mejora de los puntos críticos

Para los atributos críticos del marco MESMIS

Para el marco MESMIS y como se observa en la Tabla 24 los atributos críticos corresponden a la estabilidad, resiliencia y confiabilidad. Al respecto de estos atributos, Masera et al. (2000), señala que la estabilidad es el equilibrio dinámico estable del sistema o mantener los beneficios del sistema en un nivel no decreciente en el tiempo, en condiciones normales; la resiliencia es el retorno del sistema al estado de equilibrio o mantener el potencial productivo, después de graves perturbaciones; y la confiabilidad, cuando el sistema es capaz de mantener su productividad o beneficios en niveles cerca del equilibrio, ante perturbaciones normales en el sistema.

En el caso de la dimensión económica los indicadores que se tendrían que mejorar en el criterio de diversidad buscando otras fuentes de ingreso ya sea con la misma tuna buscando otras alternativas de uso, que las hay, y reducir la vulnerabilidad a través de mejores canales de comercialización; en ambos casos que permitan una mejor estabilidad, resiliencia y confiabilidad. En la dimensión ambiental para el criterio de conservación de recursos se tendría que mejorar fundamentalmente la calidad del suelo y del agua de riego, especialmente el primero en cuanto a estructura y retentividad del suelo; mientras que, en el criterio de diversidad, y al ser el cultivo de la tuna para la producción de cochinilla del carmín un monocultivo, se hace muy difícil aumentar la diversidad de especies cultivadas eficientemente. En el criterio de la vulnerabilidad en el indicador de protección a la salud del trabajador, si se pueden mejorar muchos aspectos como vestimentas apropiadas de protección contra polvos y espinas de la cochinilla del carmín y de la tuna, respectivamente. Finalmente, para el atributo de la autogestión en la que el sistema es autoindependiente con capacidad de regular sus interacciones con el exterior, manteniendo su identidad y sus

valores, y medido como criterio de participación el indicador de participación en organizaciones y para el criterio de control el indicador tenencia de la tierra. El aspecto a mejorar sería la participación en organizaciones que tiene que ver con mejorar las opciones de intervenir no solamente en las organizaciones de usuarios del agua de riego, sino también en organizaciones de productores cochinilla del carmín, mediante el apoyo del Municipio, Gobierno Regional, comisiones de regantes y de usuarios del agua de riego.

Para los puntos críticos del método multicriterio

En el caso de otras fuentes de ingresos, en la mayoría de los casos los productores dependen de los ingresos de la cochinilla del carmín de otra fuente adicional y a través de la capacitación se puede buscar nuevas fuentes de ingreso o el desarrollo de actividades complementarias a la producción de la tuna como la industrialización de las paletas, el compostaje, o la producción de fruta o la introducción de cultivares de tuna forrajera o para la producción de nopalitos o paletas tiernas para la alimentación humana. También está la alternativa de producción de biol o gas como biocombustible. Es necesaria la participación de las entidades relacionadas como la comisión y junta de usuarios, Municipio, INIA, Gobierno Regional, Universidades.

En la comercialización, el aspecto más importante es la falta de organización para la comercialización, ya que la mayor parte de los agricultores produce volúmenes pequeños repartidos en diferentes momentos del año, además de la necesidad inmediata de efectivo; por lo que se hace necesario un sistema de organización cooperativo o empresarial que pueda apoyar al productor en las labores de comercialización, de tal manera que el productor pueda entregar su producto, recibir su pago y que la comercialización este a cargo de su organización. En este indicador es necesaria también la participación del Municipio, la comisión y junta de usuarios, y el Gobierno Regional, principalmente.

En la calidad del agua de riego y del suelo, como se indicó anteriormente son suelos de irrigación siendo las más jóvenes La Cano y El Triunfo por la reciente incorporación de terrenos a la agricultura (con la plantación de tuna para cochinilla desde hace 15 años aproximadamente), suelos arenosos, con sales y el agua que también es de fuentes subterráneas con altos contenidos de sales; que, si bien la tuna los puede soportar, sin embargo, es mucho mejor agua dulce. En este aspecto sería muy difícil mejorar la calidad del agua de riego, sobre todo en los lugares en los que se hace uso de aguas de filtraciones

presentes en la superficie o en el subsuelo. En cuanto a la calidad del suelo, los aspectos relacionados a las sales pueden mejorar con el uso de agua dulce y lavado, y la incorporación de materia orgánica. La textura no se podrá mejorar fácilmente, pero si la estructura y la retentividad de agua con la incorporación de materia organiza. Como se señaló anteriormente, es común la incorporación de estiércol de pollo o “gallinaza” si bien favorece el crecimiento de la tuna no favorece mucho la mejora del suelo por su alto contenido de harina de pescado y harina de maíz, que se degradan rápidamente; mientras que la cascarilla de arroz tiene un proceso muy largo de mineralización y la mejora del suelo es lenta. Una opción de bajo costo y que se encuentra en forma disponible inmediata y en los campos, es el uso de paletas de tuna secas, las que se pueden incorporar a los campos de cultivo ya sea compostadas con estiércol vacuno o de pollo, o solas. El uso del estiércol de vacuno, aunque cada vez más escaso, es otra excelente opción de mejora de la calidad del suelo. Es necesaria la participación de las entidades relacionadas como la comisión y junta de usuarios, Municipio, INIA, Gobierno Regional, Universidades.

En la incorporación de terrenos a la agricultura, si bien resultó efectivo y sustentable en El Triunfo y La Cano, porque el agua no era suficiente para el cultivo de especies con más requerimiento de agua como papa, ajo, cebolla, etc.; y con la incorporación de la tuna a la cedula de cultivo, con menores requerimientos de agua, tolerante a sales y rusticidad, resultó que en La Cano y en El Triunfo se incorporen terrenos eriazos a la agricultura. Sin embargo, por ejemplo, en La Cano, ya todos los terrenos eriazos fueron incorporados a la agricultura e inclusive se está introduciendo el cultivo de la vid y del granado Solo en El Triunfo habría oportunidades de incorporación de terrenos a la agricultura, aunque se están dando otras opciones como las plantaciones de granado. este aspecto es muy difícil de mejorar debido a la disponibilidad de agua en las irrigaciones estudiadas. La incorporación ya se dio, principalmente en La Cano y en El Triunfo y no habría mayor opción de incorporar nuevas tierras, por la disponibilidad de agua, como se señaló, y menos aún en La Joya Antigua y San Isidro.

En la diversidad biológica utilizada, si bien el cultivo de la tuna para la producción de cochinilla del carmín resulta en un monocultivo por tiempos de 10 años aproximadamente y las opciones de cultivos asociados son muy limitados, aunque se observan algunos campos de tuna con palto, pero en forma temporal, puesto que con el tiempo se elimina el cultivo de tuna y prevalece el palto, por las prácticas de manejo del palto y de la tuna y la exigencia de

buenas prácticas agrícolas para el palto de exportación. Sin embargo, el uso de la tuna como cultivo domesticado por los antiguos peruanos y como uso de un cultivo subutilizado resulta importante, además de las opciones de esta especie de desarrollar en condiciones desérticas y ser una planta CAM. Además de que la tuna puede tener otros usos como se explicó anteriormente en la alimentación humana y animal, y en la industria. La tuna como cultivo en el distrito de la Joya juega un rol importante y no solamente ha conllevado a cambios socioculturales, económicos y ambientales en el distrito, sino también como expectativa futura pues se tiene información de ser tolerante a la sequía en áreas semiáridas (Potgieter, 2007) y contribuye a la sostenibilidad del agroecosistema (Bautista-Cruz et al., 2018) y se la encuentra cultivada desde el nivel del mar hasta los 5100 msnm destinada a la producción de cochinilla del carmín, fruta y néctar, desarrollo en suelos pobres y también con propiedades biofuncionales, medicinales nutraceuticas y cosméticas (Ochoa y Barbera, 2017) además de ser especial para el equilibrio ecológico, generación y estabilidad del suelo y primordial para evitar la desertificación (Quintana, 2006) y en la remediación de aguas residuales y de metales pesados (Nharingo y Moyo, 2016).

Por otro lado, su metabolismo ácido crasuláceo (CAM), le permite un buen desarrollo en condiciones áridas y semiáridas con baja demanda hídrica y además de una gran producción de biomasa seca (Nobel e Israel, 1994), con una extraordinaria capacidad para almacenar agua y son consideradas plantas del futuro (Nobel, 2010). Así mismo, como cultivo puede responder favorablemente a la fertilización moderada de nitrógeno y fósforo, principalmente; en la que se observa una mayor formación de cladodios y frutos (Azócar, 2000). Es necesaria la participación de las entidades relacionadas como la comisión y junta de usuarios, Municipio, INIA, Gobierno Regional, Universidades.

En la protección a la salud del trabajador, si bien es preocupación primaria solo del trabajador, sin embargo, la responsabilidad del empleador es necesario que se cumpla y así la protección sería mejor y evitar riesgos a la salud del trabajador como se tiene conocimiento de alergias cutáneas en trabajadores de minorista intermediarios expuestos permanentemente a los vapores o polvillo de la cochinilla durante las labores de limpieza; o posibles riesgos de alergias respiratorias. Es necesaria la participación de las entidades relacionadas como la comisión y junta de usuarios, Municipio, Ministerio de Salud y Gobierno Regional.

En los robos en el año, en realidad no solo en el año, sino mucho antes desde el año 2000, aproximadamente, cuando se inició el cultivo masivo de la tuna para la producción de cochinilla del carmín. Los robos no solo ocurren en los campos de cultivo sino también en los secaderos de cochinilla y en los depósitos o almacenes. El recojo nocturno de la cochinilla en el campo o los asaltos a las residencias son las formas más comunes. También se han dado casos de asaltos comerciantes minoristas en sus centros de comercialización. Es común que muchos agricultores opten por la tenencia de armas o la contratación de guardianes para el cuidado del campo o para el cuidado de los secaderos, lo que incrementan los costos de producción y la intranquilidad del productor.

En el caso del secado de la cochinilla, realizado normalmente por exposición directa al sol durante periodos de 4 a 12 días, dependiendo de la época del año, Anculle-Gómez y Anculle-Gómez (2017) probaron un prototipo de secador con gas licuado de petróleo que permitió el secado de la cochinilla en 12 horas con mejoras en el contenido de ácido carmínico y una mejor relación peso fresco peso seco, al evitar los daños por exposición al sol de la cochinilla. El robo de hembras oviplenas recién colocadas en infestadores se puede minimizar con el uso de ninfas resultantes del venteo de la hembras oviplenas de la primera cosecha y colocadas en infestadores o distribuidas al voleo es un alternativa que se está investigando como los trabajos hechos por Cárdenas (2014) y por Paredes (2014) y los hallados en la presente tesis con la evaluación de algunas mejoras tecnológicas para la infestación artificial de *Opuntia ficus indica* con ninfas de *Dactylopius coccus*. Por otro lado, la intervención de las del Municipio, comisiones de regantes y de usuarios, Gobierno Regional y Ministerio del Interior, son necesarias.

En la aceptación del sistema productivo, el problema principal está ligado al tema general de la agricultura en la que el productor no está organizado y la ayuda para su organización no es la más adecuada y oportuna, tal vez porque no se tiene el claro el contexto actual de la agricultura. Otro aspecto es la migración de la población rural hacia la ciudad, en la que puede encontrar mejores servicios y mejore oportunidades; además de la reducida importancia económica de la agricultura en el Perú y en el Mundo. Por otro lado, la variación constante de los precios como el caso mismo de la cochinilla del carmín que en el año 2011 el precio de venta de cochinilla en chacra llegó hasta 120 dólares americanos el kilogramo y dos años después en el 2013 el precio en chacra llegó a costar ocho dólares el kilogramo de cochinilla seca. Es el mismo caso de otros cultivos alimenticios o la misma ganadería lechera

tanto en La Joya Antigua como en La Cano y San Isidro muchos ganaderos dejaron de serlo para dedicarse a la producción de cochinilla del carmín. Es necesario la organización de los productores y el trabajo con el INIA, MINAGRI, Gobierno Regional o Universidades.

En la asistencia a eventos de capacitación, como uno de los puntos importantes y no es que al agricultor no le interese capacitarse sino más bien sería de la falta de eventos de capacitación ligados a su actividad productiva y la realización de investigación en problemas propios de la actividad. Las investigaciones ligadas a la producción de cochinilla del carmín son muy escasas y como tesis no son más de 15 y algunas no muy relacionadas directamente a los problemas productivos o de comercialización. Es necesaria la intervención del Municipio, juntas de usuarios, Gobierno Regional y Ministerio del Interior.

En el número de familiares dependientes, sería muy difícil de mejorarlo debido a que las familias son cada vez más pequeñas en número por la tendencia a tener menos hijos y por otro lado el envejecimiento de la población rural (INEI, 2013) conlleva a que en las fincas los responsables sean personas mayores de 50 o 60 años y que no tienen mayor responsabilidad familiar; incluso la capacitación y la organización en personas mayores puede resultar más difícil.

La participación en organizaciones, como se describe en otras partes del documento, resulta ser uno de los aspectos más relevantes y se considera necesaria la participación del estado para determinar las verdaderas causas del bajo nivel de organización de los productores y poder superarlo. Los intentos del estado de organización basado en proyectos productivos no parecen tener los resultados esperados como el caso de AGROIDEAS o PROCOMPITE, en los cuales se tiene conocimiento que después de logra las plantaciones de vid, por ejemplo, la organización deja de funcionar o muchos productores independizarse.

Finalmente, al evaluar los indicadores utilizados se considera que en algunos se podría eliminar como la incorporación de terrenos a la agricultura y en otros aumentar el peso o factor como el caso de comercialización, asistencia a eventos de capacitación, generación de prácticas y conocimientos e incorporación de materia orgánica al suelo.

En otro caso aumentar indicadores como disponibilidad de agua de riego, energía solar, lluvia, variaciones de la temperatura, estructura de costos de producción, reutilización de residuos de cosecha, eficiencia del uso del agua de riego en términos de materia seca por litro de agua, competencia con la producción de alimentos, diversidad genética, nuevas alternativas del cultivo de la tuna y equidad de género.

4.2.6. Comentarios finales

En el estudio realizado se muestra la no sustentabilidad de las fincas productoras de cochinilla del carmín en el distrito de La Joya, Arequipa. El trabajo de los agricultores productores de cochinilla del carmín es arduo y duro en la búsqueda de mejoras en la producción, en su calidad de vida y el cuidado del ambiente; como se puede observar en las constantes innovaciones realizadas. Sin embargo, el esfuerzo que realizan no recibe el apoyo necesario de parte de los académicos y otras entidades ligadas al sector agrario, en el sentido de que la información y el conocimiento de la sustentabilidad agraria no está al alcance de ellos; considerando que los actores reales de la sustentabilidad o quienes realmente tienen que llevar adelante una agricultura sustentable son ellos y no los funcionarios públicos o los académicos. Razones por las cuales la sociedad o ciudad y otras organizaciones deberían preocuparse de capacitar y ayudar al agricultor al logro del sueño de la sustentabilidad, que no solo beneficiaría a los agricultores sino también a la ciudad, pero en mayor magnitud. Lo señalado es corroborado por Williams et al. (2018) quien refiere que no está claro qué es exactamente la "agricultura sostenible" o quién hará entrega de este importante bien público para la humanidad, y que hay desafíos significativos y oportunidades de colaboración para desarrollar enfoques sistémicos de gobernanza de la "agricultura sostenible" a nivel local, nacional e internacional.

4.3. EVALUACIÓN DE ALGUNAS MEJORAS TECNOLÓGICAS PARA LA INFESTACIÓN ARTIFICIAL DE *Opuntia ficus indica* CON NINFAS DE *Dactylopius coccus*, EN LA JOYA, AREQUIPA, PERÚ

4.3.1. Infestación artificial de *Opuntia ficus indica* con ninfas de *Dactylopius coccus* Costa, colocadas en infestadores

a. Rendimiento en fresco

En la **Tabla 27** se presentan los resultados del rendimiento en fresco para las dos cosechas y el acumulado de ambos. Se observa que el tratamiento 40 hembras oviplenas por infestador y sombreado (Testigo 1) tiene los más altos rendimientos para la primera, segunda y el

acumulado con 580.08, 1 231.57 y 1 814.95 kg ha⁻¹, respectivamente; seguido de 40 hembras ovíparas por infestador, sin sombreado (Testigo 2) con 464.25, 1 101.01 y 1 565.26 kg ha⁻¹, respectivamente; y finalmente 2 g de "polvillo de cuchareo" por infestador y sombreado, con 557.87, 1 006.39 y 564.27 kg ha⁻¹, respectivamente. Se observa también que no hay diferencias significativas para el ANVA y para la prueba de Duncan, a pesar que los rendimientos en el testigo 1, son superiores.

Tabla 27. Peso fresco (kg ha⁻¹) para la primera y segunda cosecha de cochinilla del carmín, infestada artificialmente con "polvillo de cuchareo" y hembras ovíparas en oviposición, en infestadores. La Cano, Arequipa, Perú, 2017.

Tratamientos	Peso fresco (kg ha ⁻¹)		
	Primera cosecha	Segunda cosecha	Total
40 hembras ovíparas por infestador y sombreado (Testigo 1).	580.08 a	1231.57 a	1814.95 a.
2 g de "polvillo de cuchareo" por infestador y sombreado.	557.87 a	1006.39 a	1564.27 a
40 hembras ovíparas por infestador, sin sombreado (Testigo 2)	464.25	1101.01 a	1565.26 a

b. Rendimiento en seco

En la **Tabla 28** se presentan los resultados del rendimiento en seco para las dos cosechas y el acumulado de ambos. Se observa que el tratamiento 40 hembras ovíparas por infestador y sombreado (Testigo 1) tiene los más altos rendimientos para la primera, segunda y el acumulado con 166.37, 454.10 y 620.47 kg ha⁻¹, respectivamente; seguido de 40 hembras ovíparas por infestador, sin sombreado (Testigo 2) con 142.10, 423.63 y 565.73 kg ha⁻¹, respectivamente; y finalmente 2 g de "polvillo de cuchareo" por infestador y sombreado, con 153.57, 377.63 y 531.20 kg ha⁻¹ respectivamente. Se observa también que no hay diferencias significativas para el ANVA y para la prueba de Duncan, a pesar que los rendimientos en el testigo 1, son superiores.

Los resultados encontrados, si bien no muestran diferencias estadísticas, están dentro de los rangos de producción reportados por Chambi (2012), Cárdenas (2014), Paredes (2014), Anculle et al. (2017), y Anculle-Gómez y Anculle-Gómez (2017), para las condiciones del distrito de La Joya. De la misma manera la falta de diferencia indica que las ninfas presentes en el "polvillo de cuchareo" tienen la capacidad de infestar las paletas de tuna de manera

semejante o con el mismo potencial de producción que las ninfas provenientes de hembras oviplenas ovipositantes.

Tabla 28. Peso seco (kg ha^{-1}) de la primera y segunda cosecha de la cochinilla del carmín infestada artificialmente con “polvillo de cuchareo” y hembras oviplenas en oviposición, en infestadores. La Cano, Arequipa, Perú, 2017.

Tratamientos	Peso seco (kg ha^{-1})		
	Primera cosecha	Segunda cosecha	Total
40 hembras oviplenas por infestador y sombreado (Testigo 1).	166.37 a	454.10 a	620.47 a
2 g de “polvillo de cuchareo” por infestador y sombreado	153.57 a	377.63 a	531.20 a
40 hembras oviplenas por infestador, sin sombreado (Testigo 2)	142.10 a	423.63 a	565.73 a

Aparentemente los restos de la cochinilla madre y de las plantas presentes en el “polvillo de cuchareo” tiene poca interferencia con el movimiento y salida de las ninfas de los infestadores, las cuales pueden llegar a las paletas de la tuna y establecerse.

c. Relación peso fresco peso seco

En la **Tabla 29** se presentan los resultados para la relación peso fresco – peso seco de la cochinilla del carmín. Se observa que, para la primera cosecha, el tratamiento 2 g de “polvillo de cuchareo” por infestador y sombreado tuvo la mayor relación con 3.65, seguido de 40 hembras oviplenas por sobre infestador y sombreado con 3.47 y finalmente 40 hembras oviplenas por infestador, sin sombreado con 3.27. Para la segunda cosecha, el tratamiento 2 g de “polvillo de cuchareo” por infestador y sombreado tuvo la mayor relación con 2.72, seguido de 40 hembras oviplenas por infestador y sombreado con 2.67 y finalmente 40 hembras oviplenas por infestador, sin sombreado con 2.60. Tanto para el ANVA como para la prueba de Duncan no se hallaron diferencias estadísticas significativas.

En lo referente a la relación peso fresco-peso seco de la cochinilla del carmín, los valores encontrados también están dentro de los rangos reportados por Anculle-Gómez y Anculle-Gómez (2017), Chambi (2012), Paredes (2014), Cárdenas (2014), e inferiores a los hallados por Salinas (2007), en trabajos de investigación realizados en La Cano y otros lugares de la región Arequipa.

Tabla 29. Relación peso fresco-peso de la primera y segunda cosecha de la cochinilla del carmín infestada artificialmente con “polvillo de cuchareo” y hembras ovíparas en oviposición, en infestadores. La Cano, Arequipa, Perú, 2017.

Tratamientos	Relación peso fresco/peso seco	
	Primera cosecha	Segunda cosecha
2 g de “polvillo de cuchareo” por infestador y sombreado	3.65 a	2.72 a
40 hembras ovíparas por infestador y sombreado (Testigo 1)	3.47 a	2.67 a
40 hembras ovíparas por infestador, sin sombreado (Testigo 2)	3.27 a	2.60 a

d. Porcentaje de infestación

En la **Tabla 30**, se muestra el porcentaje de infestación de la cochinilla del carmín tanto para la primera como para la segunda cosecha. Se observa que, en la primera cosecha, el tratamiento 40 hembras ovíparas por infestador y sombreado tuvo el mayor porcentaje con 68.00 por ciento, seguido de 40 hembras ovíparas por infestador, sin sombreado con 63.30 por ciento, y finalmente 2 g de “polvillo de cuchareo” por infestador y sombreado con 58.33 por ciento, pero sin diferencias estadísticas para el análisis de varianza ni para la prueba de Duncan. Para la segunda cosecha, el tratamiento 40 hembras ovíparas por infestador y sombreado tuvo el mayor porcentaje con 72.33 por ciento, seguido de 40 hembras ovíparas por infestador, sin sombreado con 69.67 por ciento, y finalmente 2 g de “polvillo de cuchareo” por infestador y sombreado con 67.33 por ciento; sin embargo, en este caso si se muestran diferencias significativas para la prueba de Duncan.

Tabla 30. Porcentaje de infestación de la cochinilla del carmín, para la primera y segunda cosecha, infestada artificialmente con “polvillo de cuchareo” y hembras ovíparas en oviposición, en infestadores y sombreado. La Joya, Arequipa, Perú, 2016. La Cano, Arequipa, Perú, 2017.

Tratamiento	Infestación (por ciento)	
	Primera cosecha	Segunda cosecha
40 hembras ovíparas por infestador y sombreado (Testigo 1).	68.00 a	72.33 a
40 hembras ovíparas por infestador, sin sombreado (Testigo 2)	63.33 a	69.67 b
2 g de “polvillo de cuchareo” por infestador y sombreado	58.33 a	67.33 c

En el porcentaje de infestación de la paleta solo se observan diferencias significativas para la segunda cosecha, pero no para la primera; sin embargo, los valores son semejantes a los hallados por Chambi (2012), Paredes (2014) y Cárdenas (2014).

e. Contenido de ácido carmínico

En la **Tabla 31** se muestran los resultados para el contenido de ácido carmínico de cochinilla del carmín para la primera y segunda cosecha. Se observa que, para la primera cosecha, los valores son muy semejantes, y así en el tratamiento con 40 hembras oviplenas por sobre infestador sin sombreado tuvo un mayor contenido (18.32 por ciento), seguido de 40 hembras oviplenas por sobre infestador con sombreado con 18.22 por ciento y finalmente 2 g de "polvillo de cuchareo" por se infestador con sombreado con 18.17 por ciento. En la segunda cosecha, el tratamiento con 40 hembras oviplenas por infestador sin sombreado tuvo un mayor contenido (20.49 por ciento), seguido de 40 hembras oviplenas por sobre infestador con sombreado con 20.27 por ciento y finalmente 2 g de "polvillo de cuchareo" por infestador y sombreado con 20.22 por ciento.

Tabla 31. Contenido de ácido carmínico (Por ciento) de la primera y segunda cosecha de la cochinilla del carmín infestada artificialmente con “polvillo de cuchareo” y hembras oviplenas en oviposición, en infestadores. La Cano, Arequipa, Perú, 2017.

Tratamientos	Ácido carmínico (Por ciento)	
	Primera cosecha	Segunda cosecha
2 g de “polvillo de cuchareo” por infestador y sombreado	18.17	20.22
40 hembras oviplenas por infestador y sombreado (Testigo 1)	18.22	20.27
40 hembras oviplenas por infestador, sin sombreado (Testigo 2)	18.32	20.49

Las diferencias favorables observadas en el contenido de ácido carmínico del tratamiento de 40 hembras oviplenas ovipositantes sin sombra pueden deberse a que las paletas de estas plantas no disminuyen su fotosíntesis como si ocurre con los otros tratamientos con sombreado con malla raschell de 50 por ciento de paso de luz. Por otro lado, estos contenidos son semejantes a los reportados por Méndez-Gallegos et al. (2003), Sáenz et al. (2006), Chambi (2012), Paredes (2014), Cárdenas (2014), Coronado-Flores et al. (2015), Serrato et al. (2016), Anculle-Gómez y Anculle -Gómez (2017), superiores en un caso a los hallados

por Salinas (2004) y por Ayñayanque (2003), e inferiores a los encontrados por Tello y Vargas (2015).

En general no se hallaron marcadas diferencias entre el contenido de ácido carmínico de la cochinilla producida utilizando “polvillo de cuchareo” como fuente de infestación en reemplazo de las hembras oviplenas ovipositantes, lo que muestra una gran posibilidad de utilización de este insumo, que con frecuencia se comercializa en fresco o seco, no teniendo otro uso.

f. Análisis económico

El análisis económico realizado corresponde solamente a los gastos e ingresos, en US \$ dólares americanos, por ha, referidos a la infestación (madres oviplenas, “polvillo de cuchareo” y sombreado), no se considera mano de obra y otros gastos debido a que son los mismos para los tres tratamientos. El tipo de cambio considerado corresponde al actual con 3.32 soles por dólar americano.

En la tabla 32 se muestra que los gastos de infestación por ha son mayores en el tratamiento con 40 hembras oviplenas por infestador y sombreado con 4182.05 US \$ dólares americanos, seguido de 40 hembras oviplenas por infestador y sin sombreado con 3 459.16 US \$ dólares americanos y finalmente 2 g de “polvillo de cuchareo” por infestador y sombreado con 2447.10 US \$ dólares americanos. Se considera el uso de 270 kg ha⁻¹ de hembras oviplenas ovipositantes a un costo de 6.93 US \$ dólares americanos por kilogramo y 150 kg ha⁻¹ de “polvillo de cuchareo” a un costo de 1.51 US \$ dólares americanos por kilogramo; al igual que el costo del sombreado con malla raschell e infestadores por de 722.89 y 540.00 US \$ dólares americanos por ha, respectivamente y el costo de mano de obra para llenado y colocado de infestadores; recojo y sacudido de infestadores; y guardianía por 632.45, 325.26 y 90.35 US \$ dólares americanos, respectivamente. La guardianía por cinco días aproximadamente debido a los robos frecuentes de sobres con hembras oviplenas, después de la infestación.

En la misma **Tabla 32** se hace la comparación de los ingresos generados por la venta de la cochinilla seca obtenida de la recuperación de las hembras colocadas en los infestadores y de la obtenida en las dos cosechas; así como también del polvillo seco, recuperado de los infestadores. Los precios de venta corresponden a precios del mercado y son mayores para

la cochinilla de hembras recuperadas de los infestadores con US \$ 22.00 por kilogramo de cochinilla seca; seguido de la cochinilla de segunda cosecha con US \$ 21.5 dólares americanos por kilogramo; luego la cochinilla seca de la primera cosecha con US \$ 21.00 dólares americanos por kilogramo. El precio de venta del polvillo seco recuperado de los infestadores fue de US\$ 3.02 dólares americanos por kilogramo. Así los ingresos netos obtenidos fueron de US \$ 10382.50, 10055.24 y 9686. 66 dólares americanos para los tratamientos 40 hembras ovíparas por infestador y sombreado, 40 hembras ovíparas por infestador sin sombreado y 2 g de “polvillo de cuchareo” por infestador y sombreado, respectivamente.

Al hacer la comparación de los ingresos netos se observa que el tratamiento con 40 hembras ovíparas por infestador y sombreado tiene US \$695.84 dólares americanos de ingreso neto mayor que el tratamiento con 2 g de “polvillo de cuchareo” por infestador y sombreado y de US \$327.26 dólares americanos mayor que el tratamiento de 40 hembras ovíparas por infestador sin sombreado. De la misma manera el tratamiento con 2 g de “polvillo de cuchareo” por infestador y sombreado tiene US \$ 368.58 dólares americanos más de ingreso con respecto al tratamiento de 40 hembras ovíparas por infestador sin sombreado.

El análisis económico final muestra que al comparar las utilidades generadas por la producción de cochinilla del carmín utilizando 40 hembras ovíparas en sobre infestador y sombreado, es mayor que los otros tratamientos. Los ingresos son mayores en US \$695.84 dólares americanos con respecto al tratamiento de 2 g de “polvillo de cuchareo” por sobre infestador, cantidad que no es muy grande considerando que está referido a un año de cultivo y por ha. La oportunidad de uso del “polvillo de cuchareo” como fuente de infestación se basa también en que el uso de 40 hembras ovíparas por sobre infestador es motivo frecuente de hurto, hecho que no ocurre con los infestadores con “polvillo de cuchareo”. Otro aspecto que tampoco se considera en el peso de hembras ovíparas que se pierde después de la infestación y al momento del recojo de los sobres y del sacudido de los mismos. La relación hembras ovíparas colocadas en los sobre como peso fresco con el peso de las hembras ovíparas secas recuperadas de los sobres es de 5:1. Tal vez lo más importante es la tranquilidad que puede lograr el productor al no sufrir hurtos, cuando utiliza “polvillo de cuchareo” para la infestación artificial de la cochinilla del carmín. Así mismo la técnica de infestación artificial se puede mejorar realizando otros trabajos de investigación, a fin de mejorar los rendimientos.

Tabla 32. Análisis económico para la infestación artificial de la cochinilla del carmín con “polvillo de cuchareo” y hembras oviplenas en oviposición, en infestadores. La Cano, Arequipa, Perú, 2017.

Tratamientos	Gastos										Ingresos								Diferencia con ingreso neto de testigo 1 US \$		
	"Polvillo de cuchareo"		Hembras oviplenas		Llenar y colocar infestadores (35 jornales ha-1 por US \$ 18.07)	Recojo y sacudido de infestadores (18 jornales ha-1 por US \$ 18.07)	Alquiler malla raschell para sombreado (US \$ ha-1)	Alquiler infestadores (1 000 kg ha-1 por US \$ 0.54)	Guardiania infestadores con hembras oviplenas (5 jornales por ha por US \$ 18.07)	Total gastos US \$ ha-1	Polvillo de cuchareo recuperado de infestadores		Hembras secas recuperadas del infestador		Cochinilla seca (primera cosecha)		Cochinilla seca (segunda cosecha)			Ingreso total US \$	Ingreso neto US \$
	kg ha-1	Valor (US \$ 1.51 kg-1)	kg ha-1	Valor (US \$ 6.93 kg-1)							kg ha-1	Valor (US \$ 3.02 kg-1)	kg ha-1	Valor (US \$ 22.00 kg-1)	kg ha-1	Valor (US \$ 20.00 kg-1)	kg ha-1	Valor (US \$ 21.50 kg-1)			
40 hembras oviplenas por infestador y sombreado (Testigo 1).	0.00	0.00	270.00	1871.10	632.45	325.26	722.89	540.00	90.35	4182.05	0.00	0.00	67.00	1474.00	166.37	3327.40	454.10	9763.15	14564.55	10382.50	
2 g de "polvillo de cuchareo" por infestador y sombreado.	150.00	226.50	0.00	0.00	632.45	325.26	722.89	540.00	0.00	2447.10	50.00	151	0.00	0.00	153.57	3071.40	410,97	8835.86	11907.26	9686.66	-695.84
40 hembras oviplenas por infestador, sin sombreado (Testigo 2)	0.00	0.00	270,00	1871.10	632.45	325.26	0.00	540.00	90.35	3459.16	0.00	0.00	67.00	1474.00	142.10	2842.00	423.63	9108.05	13424.05	10055.24	-327.26

4.3.2. Infestación artificial de *Opuntia ficus indica* con ninfas de *Dactylopius coccus* Costa, distribuidas al voleo

a. Rendimiento en fresco

En la **Tabla 33** se presentan los resultados del rendimiento en fresco para las dos cosechas y el acumulado de ambos. Se observa que el tratamiento 40 hembras oviplenas por infestador y sombreado (Testigo 1) tiene los más altos rendimientos para la primera, segunda y el acumulado con 520.21, 1227.87 y 1748.08 kg ha⁻¹, respectivamente; seguido de 250 kg ha⁻¹ de "polvillo de cuchareo" por infestador y sombreado, con 501.50, 1055.97 y 1557.48 kg ha⁻¹, respectivamente; y finalmente 40 hembras oviplenas por infestador, sin sombreado (Testigo 2) con 501.50, 1055.97 y 1557.48 kg ha⁻¹, respectivamente. Se observa también que no hay diferencias significativas para el ANVA y para la prueba de Duncan, a pesar que los rendimientos en el testigo 1, son superiores.

Tabla 33. Peso fresco (kg ha⁻¹) para la primera y segunda cosecha de la cochinilla del carmín infestada artificialmente con "polvillo de cuchareo" aplicado al voleo y con hembras oviplenas ovipositantes en infestadores. La Cano, Arequipa, Perú, 2017.

Tratamientos	Peso fresco (kg ha ⁻¹)		
	Primera cosecha	Segunda cosecha	Total
40 hembras oviplenas por infestador y sombreado (Testigo 1).	520.21 a	1227.87 a	1748.08 a
40 hembras oviplenas por infestador, sin sombreado (Testigo 2).	501.50 a	1055.97 a	1557.48 a
250 kg ha ⁻¹ de "polvillo de cuchareo" aplicado al voleo y sombreado	472.44 a	1097.06 a	1569.50 a

b. Rendimiento en seco

En la **Tabla 34** se presentan los resultados del rendimiento en seco para las dos cosechas y el acumulado de ambos. Se observa que el tratamiento 40 hembras oviplenas por infestador y sombreado (Testigo 1) tiene los más altos rendimientos para la primera, segunda y el acumulado con 154.83, 409.10 y 563.93 kg ha⁻¹, respectivamente; seguido de 40 hembras oviplenas por infestador, sin sombreado (Testigo 2) con 152.37, 455.27 y 607.63 kg ha⁻¹, respectivamente; y finalmente 250 kg ha⁻¹ de "polvillo de cuchareo" por infestador y sombreado, con 145.60, 409.30 y 554.90 kg ha⁻¹, respectivamente. Se observa también que no hay diferencias significativas para el ANVA y para la prueba de Duncan, a pesar que los

rendimientos en el testigo 1, con 40 hembras ovíparas por infestador y sombreado, son superiores al de 250 kg ha⁻¹ de "polvillo de cuchareo" con sombra y al de 40 hembras ovíparas por infestador y sin sombreado.

Tabla 34. Peso seco (kg ha⁻¹) para la primera y segunda cosecha de la cochinilla del carmín infestada artificialmente con "polvillo de cuchareo" aplicado al voleo y con hembras ovíparas ovipositoras en infestadores. La Cano, Arequipa, Perú, 2017.

Tratamientos	Peso seco (kg ha ⁻¹)		
	Primera cosecha	Segunda cosecha	Total
40 hembras ovíparas por infestador, sin sombreado (Testigo 2).	154.83 a	409.10 a	563.93 a
40 hembras ovíparas por infestador y sombreado (Testigo 1).	152.37 a	455.27 a	607.63 a
250 kg ha ⁻¹ de "polvillo de cuchareo" aplicado al voleo y sombreado	145.60 a	409.30 a	554.90 a

Los rendimientos encontrados tanto para fresco como para seco, están dentro de los rangos de producción reportados por Chambi (2012), Cárdenas (2014) y Anculle-Gómez y Anculle-Gómez (2017), para las condiciones del distrito de La Joya; sin embargo los rendimientos en fresco y en seco, obtenidos en la primera cosecha (472.44 y 145.60 kg ha⁻¹, en fresco y seco, respectivamente), estos son inferiores a los reportados por Paredes (2014), quien utilizando 500 kg ha⁻¹ de "polvillo de cuchareo" aplicado al voleo, encontró rendimientos en fresco y seco de 612.6 y 185.2 kg ha⁻¹, respectivamente.

Estos resultados indican que para los rendimientos en fresco y en seco la aplicación de polvillo al voleo ofrece una oportunidad para la infestación artificial. Las ninfas en el polvillo al quedar retenidas en las ramificaciones de las plateas pueden moverse en ellas y establecerse, y de igual manera las ninfas que cayeron al suelo pueden subir y establecerse en la tuna. La malla raschell utilizada para el sombreado es de mucha ayuda al establecimiento de las ninfas, especialmente para el uso del "polvillo de cuchareo" al voleo, puesto que en los casos del uso de infestadores, las ninfas se establecen normalmente debajo del cartón, buscando protección de la radiación solar; debido a que al reducir en un 50 por ciento el paso de radiación y evitar la muerte de la ninfa I, se favorece su establecimiento al ser las ninfas del primer instar negativamente fototácticas, como señala Russo et al. (1999). Por otro lado,

la malla raschell provoca sombra y reducción de la temperatura y la luminosidad, evitando también la muerte de ninfas y un mejor establecimiento, como hace referencia Aldama-Aguilera et al. (2005), sobre los efectos de las temperaturas altas y la luminosidad sobre las ninfas recién emergidas de *D.coccus*.

c. Relación peso fresco-peso seco

En la **Tabla 35** se muestra que los valores para la primera cosecha son muy similares para los tres tratamientos (entre 3.24 y 3.48), aunque para el caso del uso de 250 kg ha⁻¹ de "polvillo de cuchareo" aplicado al voleo y sombreado, el valor es ligeramente mayor; lo que significa que por cada 3.48 kilogramos de cochinilla fresca se obtiene un kilogramo de cochinilla seca; sin embargo, no hay diferencias significativas. Algo semejante ocurre con la segunda cosecha (Tabla 35) en la que los valores son menores, comparados con los de la primera cosecha, debido fundamentalmente a que, en la segunda cosecha, además de las hembras oviplenas, hay una proporción de hembras secas o semisecas, que no pudieron recogerse o fueron dejadas a propósito para favorecer la segunda infestación. El mejor valor de la relación peso fresco-peso seco para la segunda cosecha fue el tratamiento con 40 hembras oviplenas por infestador y sin sombreado. Esta similitud del uso de "polvillo de cuchareo" para la infestación artificial de *D.coccus*, también apoya la posibilidad de su uso en forma comercial.

Tabla 35. Relación peso fresco-peso seco para la primera y segunda cosecha de la cochinilla del carmín infestada artificialmente con "polvillo de cuchareo" aplicado al voleo y con hembras oviplenas ovipositantes en infestadores. La Cano, Arequipa, Perú, 2017.

Tratamientos	Relación peso fresco/peso seco	
	Primera cosecha	Segunda cosecha
250 kg ha ⁻¹ de "polvillo de cuchareo" aplicado al voleo y sombreado	3.48 a	2.70 a
40 hembras oviplenas por infestador y sombreado (Testigo 1).	3.42 a	2.70 a
40 hembras oviplenas por infestador, sin sombreado (Testigo 2).	3.24 a	2.58 a

d. Porcentaje de infestación

En la **Tabla 36**, se muestra el porcentaje de infestación de la cochinilla del carmín tanto para la primera como para la segunda cosecha. Se observa que, en la primera cosecha, el tratamiento 40 hembras oviplenas por infestador y sombreado tuvo el mayor porcentaje con 64.00 por ciento, seguido de 40 hembras oviplenas por infestador, sin sombreado con 60.00 por ciento, y finalmente 250 kg ha⁻¹ de "polvillo de cuchareo" por infestador y sombreado con 51.33 por ciento, pero sin diferencias estadísticas para el análisis de varianza ni para la prueba de Duncan. Para la segunda cosecha, el tratamiento 40 hembras oviplenas por infestador y sombreado tuvo el mayor porcentaje con 70.67 por ciento, seguido de 40 hembras oviplenas por infestador, sin sombreado con 61.67 por ciento, y finalmente 250 kg ha⁻¹ de "polvillo de cuchareo" por infestador y sombreado con 61.33 por ciento; sin embargo, tampoco muestran diferencias significativas para la prueba de Duncan. En este caso los valores encontrados, no muestran diferencias significativas y también están dentro de los rangos reportados por Chambi (2012), Paredes (2014) y Cárdenas (2014).

Tabla 36. Porcentaje de infestación de la cochinilla del carmín, para la primera y segunda cosecha, infestada artificialmente con "polvillo de cuchareo", aplicado al voleo y hembras oviplenas en oviposición, en infestadores y sombreado. La Cano, Arequipa, Perú, 2017.

Tratamiento	Infestación (Por ciento)	
	Primera cosecha	Segunda cosecha
40 hembras oviplenas por infestador y sombreado (Testigo 1).	64.00 a	70.67 a
40 hembras oviplenas por infestador, sin sombreado (Testigo 2).	60.00 a	61.67 a
250 kg ha ⁻¹ de "polvillo de cuchareo" aplicado al voleo y sombreado	51.33 a	61.33 a

e. Contenido de ácido carmínico

En la **Tabla 37** se observan los contenidos de ácido carmínico de la cochinilla del carmín para la primera y segunda cosecha de los tres tratamientos. En la primera cosecha los valores son menores, debido fundamentalmente a que se analizó hembras oviplenas llenas de huevos, siendo los huevos los que tiene bajo contenido de ácido carmínico como lo señala y se muestran muy semejantes, sin embargo, el tratamiento con 40 hembras oviplenas por sobre infestador sin sombreado tuvo un mayor contenido (19.22 por ciento), seguido de 250

kg ha⁻¹ de "polvillo de cuchareo" aplicado al voleo y sombreado con 19.07 por ciento y finalmente 40 hembras ovíparas por infestador con sombreado con 19.00 por ciento.

En la tabla 37 se presentan los contenidos de ácido carmínico de la cochinilla del carmín para la segunda cosecha de los tres tratamientos y se muestran muy semejantes, sin embargo, el tratamiento con 40 hembras ovíparas por sobre infestador sin sombreado tuvo un mayor contenido (20.45 por ciento), seguido de 40 hembras ovíparas por sobre infestador con sombreado con 20.17 por ciento y finalmente de 250 kg ha⁻¹ de "polvillo de cuchareo" aplicado al voleo y sombreado con 20.12 por ciento.

Tabla 37. Contenido de ácido carmínico (%) para la primera y segunda cosecha de la cochinilla del carmín infestada artificialmente con “polvillo de cuchareo” aplicado al voleo y con hembras ovíparas ovipositoras en infestadores. La Cano, Arequipa, Perú, 2017.

Tratamientos	Ácido carmínico (Por ciento)	
	Primera cosecha	Segunda cosecha
40 hembras ovíparas por infestador, sin sombreado (Testigo 2)	19.22	20.45
250 kg ha ⁻¹ de "polvillo de cuchareo" aplicado al voleo y sombreado	19.07	20.12
40 hembras ovíparas por infestador y sombreado (Testigo 1).	19.00	20.17

Las diferencias favorables observadas en el contenido de ácido carmínico del tratamiento de 40 hembras ovíparas ovipositoras sin sombra, pueden deberse a que las paletas de estas plantas no disminuyen su fotosíntesis como si ocurre con los otros tratamientos con sombreado con malla raschell de 50 por ciento de paso de luz y proveerían más nutrientes a la cochinilla. Por otro lado, estos contenidos son semejantes a los reportados por Méndez-Gallegos et al. (2003), Sáenz et al. (2006), Chambi (2012), Paredes (2014), Cárdenas (2014), Coronado-Flores et al. (2015), Serrato et al. (2016), Anculle-Gómez y Anculle-Gómez (2017), superiores en un caso a los hallados por Salinas (2004) y por Ayñayanque (2003), e inferiores a los encontrados por Tello y Vargas (2015).

El hecho de no encontrar marcadas diferencias entre el contenido de ácido carmínico de la cochinilla producida utilizando “polvillo de cuchareo” como fuente de infestación en

reemplazo de las hembras oviplenas ovipositantes, muestra una gran posibilidad de utilización de este insumo.

f. Análisis económico

El análisis económico (**Tabla 38**) realizado, en dólares americanos y 3.32 soles por US \$, corresponde solamente a los gastos de infestación y cosecha, referidos a: costo de hembras oviplenas y de “polvillo de cuchareo”; alquiler de infestadores; alquiler de malla raschell; mano de obra para el llenado, colocado, recojo y sacudido de infestadores; mano de obra para la distribución o voleo del “polvillo de cuchareo”; y mano de obra para labores de guardianía cuando se utilizan infestadores. Los demás gastos como mano de obra para riego, control de malezas, fertilización y aplicación de materia orgánica y otros; fertilizantes, materia orgánica, plaguicidas y alquiler del terreno, no se consideran debido a que son los mismos para los tres tratamientos. En los ingresos se considera los referentes a las ventas de la cochinilla seca recuperadas de los infestadores, de la primera y segunda cosecha. Finalmente se hace una comparación de los ingresos netos en comparación con el testigo de 40 hembras oviplenas por infestador y sombreado con malla raschell.

Los gastos de infestación por ha (Tabla 38) son mayores en el tratamiento con 40 hembras oviplenas por infestador y sombreado con 4 182.05 US \$, seguido de 40 hembras oviplenas por infestador sin sombreado con 3 459.16 US \$ y finalmente 250 kg ha⁻¹ de "polvillo de cuchareo" aplicado al voleo y sombreado con 1 208.81 US \$. Se considera el uso de 270 kg ha⁻¹ de hembras oviplenas ovipositantes a un costo de 6.93 US \$ por kilogramo y un valor de 1 871.10 US \$, y 250 kg ha⁻¹ de “polvillo de cuchareo” a un costo de 1.51 US \$ por kilogramo y un valor de 377.50 US \$. Además, se considera un costo por jornal de US \$ 18.07. Así, el costo de 35 jornales ha⁻¹, para el llenado y colocado de los infestadores en la tuna fue de 632.45 US \$; el de 18 jornales ha⁻¹, para el recogido y sacudido de los infestadores fue de 325.26 US \$; y el de cinco jornales ha⁻¹, durante cinco días de guardianía, fue de 90.35 US \$; el de seis jornales ha⁻¹, para el volear el "polvillo de cuchareo" fue de 108.42 US \$; el alquiler de malla raschell para sombreado de una ha fue de 722.89 US \$; y el alquiler de 1000 kg ha⁻¹ de infestadores fue de 540 US \$.

Tabla 38. Análisis económico para la infestación artificial de la cochinilla del carmín con “polvillo de cuchareo” aplicado al voleo y hembras oviplenas en oviposición colocadas en infestadores. aplicado al voleo y hembras oviplenas, en “sobres infestadores” y sombreado. La Cano, Arequipa, Perú, 2017.

Tratamientos	Gastos										Ingresos						Diferencia con ingreso neto de testigo 1 US \$			
	"Polvillo de cuchareo"		Hembras oviplenas		Llenar y colocar infestadores (35 jornales ha ⁻¹ por US \$ 18.07)	Recojo y sacudido de infestadores (18 jornales ha ⁻¹ por US \$ 18.07)	Volear "polvillo de cuchareo" (6 jornales ha ⁻¹ por US \$ 18.07)	Alquiler malla raschell para sombreado (US \$ ha ⁻¹)	Alquiler infestadores (1 000 kg ha ⁻¹ por US \$ 0.54)	Guardiania infestadores con hembras oviplenas (5 jornales por ha por US \$ 18.07)	Total gastos US \$ ha ⁻¹	Hembras secas recuperadas del infestador		Cochinilla seca (primera cosecha)		Cochinilla seca (segunda cosecha)		Ingreso total US \$	Ingreso neto US \$	
	kg ha ⁻¹	Valor (US \$ 1.51 kg ⁻¹)	kg ha ⁻¹	Valor (US \$ 6.93 kg ⁻¹)								kg ha ⁻¹	Valor (US \$ 22.00 kg ⁻¹)	kg ha ⁻¹	Valor (US \$ 20.00 kg ⁻¹)	kg ha ⁻¹				Valor (US \$ 21.50 kg ⁻¹)
40 hembras oviplenas por infestador y sombreado (Testigo 1).	0.00	0.00	270.00	1871.10	632.45	325.26	0.00	722.89	540.00	90.35	4182.05	67.00	1474.00	152.37	3047.40	455.27	9788.31	14309.71	10127.66	
250 kg ha ⁻¹ de "polvillo" de cuchareo" aplicado al voleo y sombreado.	250.00	377.50	0.00	0.00	0.00	0.00	108.42	722.89	0.00	0.00	1208.81	0.00	0.00	135.60	2712.00	409.30	8799.95	11511.95	10303.14	175.49
40 hembras oviplenas por infestador, sin sombreado (Testigo 2)	0.00	0.00	270.00	1871.10	632.45	325.26	0.00	722.89	540.00	90.35	3459.16	67.00	1474.00	154.83	3096.60	409.10	8795.65	13366.25	9907.09	-220.56

En la misma Tabla 38 se hace la comparación de los ingresos generados por la venta de la cochinilla seca de la primera y segunda cosecha, de las hembras oviplenas secas recuperadas de los infestadores, según corresponda. Los precios de venta corresponden a precios actuales del mercado y son mayores para la cochinilla recuperadas de infestadores con 22.00 US \$, luego la de la segunda cosecha con 21.50 US \$ y finalmente la cochinilla seca de la primera cosecha con 21.00 US \$, en todo los por kilogramo. Se puede observar que los ingresos netos generados por la venta de la cochinilla son mayores para 250 kg ha⁻¹ de "polvillo de cuchareo" aplicado al voleo y sombreado con 10303.14 US \$, seguido de 40 hembras oviplenas por infestador y sombreado con 10127.26 US \$, y finalmente 40 hembras oviplenas por infestador y sombreado con 9907.09 US \$. Al hacer la comparación de los ingresos netos se observa que el tratamiento con 250 kg ha⁻¹ de "polvillo de cuchareo" aplicado al voleo y sombreado tiene un ingreso neto superior de 175.49 US \$ comparado con el tratamiento con 40 hembras oviplenas por infestador y sombreado y de 396.05 US \$ con respecto al tratamiento de 40 hembras oviplenas por infestador y sin sombreado.

El análisis económico refleja que al comparar las utilidades generadas por la producción de cochinilla del carmín utilizando 250 kg ha⁻¹ de "polvillo de cuchareo" aplicado al voleo es mayor que los otros tratamientos. La oportunidad de uso del "polvillo de cuchareo" como fuente de infestación se basa también en que el uso de 40 hembras oviplenas por sobre infestador es motivo frecuente de hurto, hecho que no ocurre con el polvillo aplicado al voleo. Otro aspecto que tampoco se considera en el peso de hembras oviplenas que se pierde después de la infestación y al momento del recojo de los sobres y del sacudido de los mismos. La relación hembras oviplenas colocadas en los sobre como peso fresco con el peso de las hembras oviplenas secas recuperadas de los sobres es de 5:1. Otro aspecto muy importante es la tranquilidad que puede lograr el productor al no sufrir hurtos, cuando utiliza polvillo de cuchareo para la infestación artificial de la cochinilla del carmín.

Esta propuesta de cambio en la forma de infestación de la cochinilla del carmín, ya sea usando polvillo de cuchareo en infestadores o al voleo representa una oportunidad en la mejora de la sustentabilidad del sistema, sobre todo cuando se identifica como punto crítico dentro de la sustentabilidad sociocultural los robos ocurridos en la cochinilla del carmín y una de cuyas formas comunes es el recojo de la cochinilla del carmín de los infestadores, recién colocados sobre las paletas de la tuna. Dentro de este contexto, la menor oportunidad de robo con el uso de "polvillo de cuchareo", representa una mayor tranquilidad en la vida

el productor y no estaría obligado a la contratación de servicios de guardianía, que también pondría en riesgo a la apersona que realiza la guardiana, pues los robos con frecuencia se hacen a mano armada.

V. CONCLUSIONES

- Existe una alta diversidad en las fincas instaladas con tuna para la producción de cochinilla del carmín en el Distrito de La Joya.
- La producción de la cochinilla del carmín es una actividad muy importante, y los rendimientos y los ingresos, si bien no son bajos, pero podrían mejorarse; al igual que otros aspectos.
- La cercanía a la ciudad de Arequipa, permite que se disponga de la mayoría de servicios básicos, por lo que solo al sistema de agua potable y desagüe, y asfaltado de las vías secundarias, son deficientes.
- Según el “Marco MESMIS” la sustentabilidad de las fincas instaladas con tuna para la producción de cochinilla del carmín en el distrito de La Joya, es moderada.
- Según el “Análisis multicriterio”, las fincas con tuna para la producción de cochinilla del carmín en el distrito de La Joya, no son sustentables.
- Para el análisis de sustentabilidad de agroecosistemas como el de tuna para la producción de cochinilla del carmín en el distrito de la Joya, resulto más apropiado el análisis multicriterio que el marco MESMIS.
- Los puntos críticos más importantes para los atributos según el marco MESMIS fueron: estabilidad, resiliencia y confiabilidad para la dimensión económica y ambiental; y autogestión para la dimensión sociocultural.
- Los puntos críticos más importantes para el análisis multicriterio son: otras fuentes de ingresos y comercialización, en la dimensión económica; aceptación del sistema productivo, robos en el año, asistencia a eventos de capacitación, participación en

organizaciones y familiares dependientes, en la dimensión sociocultural; y diversidad biológica utilizada, protección a la salud del trabajador, calidad del agua de riego y del suelo e incorporación de terrenos a la agricultura, en la dimensión ambiental.

- Se ha demostrado la factibilidad de uso de “polvillo de cuchareo” como fuente de ninfas de *D. coccus*, para la infestación artificial de paletas de tuna con la cochinilla del carmín, utilizando infestadores y en aplicación al voleo o espolvoreo, y sombreado con malla raschell de color negro de 50 por ciento de paso de luz.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar otros estudios complementarios que permitan la sustentabilidad de las fincas productoras de cochinilla del carmín en las irrigaciones del distrito de La Joya.
- Continuar con las investigaciones que permitan mejorar los rendimientos de la cochinilla del carmín y con otras formas de infestación artificial como el uso del “polvillo de cuchareo”, como fuentes de ninfas, ya sea colocado en infestadores o aplicado en espolvoreo sobre las paletas de la tuna.
- Desarrollar planes para promover la asociatividad de los productores en las irrigaciones La Joya Antigua, La Cano, El Triunfo y San Isidro, con el objetivo de mejorar la producción y comercialización de la cochinilla del carmín.
- Las comisiones de regantes, las asociaciones de productores de cochinilla del carmín, el Gobierno Regional y el Municipio de La Joya, pueden usar esta información para elaborar planes de mejora y lograr la sustentabilidad de las fincas productoras de cochinilla del carmín.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abbona, E; Sarandón, S; Marasas, M. 2006. Aplicación del enfoque sistémico para la comparación de dos agroecosistemas (viñedos) en Berisso, Argentina. *Revista Brasileira de Agroecología*, 1(1):1433-1436.

Acosta-Alba, I; Van der Werf, H. 2011. The use of reference values in indicator-based methods for the environmental assesment of agricultural. *Sustainability*, 3:424-442.

Aguilar, N; Galindo, G; Fortanelli, J; Contreras, C. 2010. Evaluación multicriterio y aptitud agroclimática del cultivo de caña de azúcar en la región de Huasteca (México). *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 11(2): 144-154.

Aguilar-Jiménez, C; Tolón-Becerra, A; Lastra-Bravo, X. 2011. Evaluación integrada de la sostenibilidad ambiental, económica y social del cultivo del maíz. *Rev.FCA UNCUYO*, 43(1): 155-174.

Aldama-Aguilera, C; Llanderal-Cázares, C; Soto-Hernández, M; Castillo-Marquéz, LE. 2005. Producción de grana-cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en plantas de nopal a la intemperie y en microtúneles. *Agrociencia*, 39: 161-171.

Altieri, M. 1997. *Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable*. Chile. Publicado por el Consorcio Latino Americano sobre Agroecología y Desarrollo.

Álvarez, C; Riveiro, J; Marey, M. 2008. Typology, classification and characterization of farms for agricultural production planning. *Spanish Journal of Agricultural Research* 6(1): 125-136.

Anculle-Gómez, SE; Anculle-Gómez, ML. 2017. Estudio de factibilidad para la implementación de una planta de secado de la cochinilla del carmín (*Dactylopius coccus*

Costa), con secadores a gas licuado de petróleo, en el distrito de La Joya, Arequipa. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Industrial. Programa Profesional de Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería y Computación. Universidad Católica San Pablo. Arequipa-Perú.

Anculle, A; Castro, V; Julca, A. 2017. Caracterización de fincas productoras de tuna (*Opuntia ficus indica*) para la producción de cochinilla del carmín (*Dactylopius coccus*) en La Joya (Arequipa, Perú). *Aporte Santiaguino*, 10 (2): 245-258.

Antequera, J; González, E. 2005. ¿Medir la sostenibilidad?: una aproximación al tema de los indicadores de sostenibilidad. *Cátedra UNESCO en Tecnología, Desarrollo Sostenible, Desequilibrios y Cambio Global.*, N°. 7. (Ejemplar dedicado a: Sostenibilidad), 133-160.

Antle, J.M; Diagana, B. 2003. Creating incentives for the adoption of sustainable agricultural practices in developing countries: the role of soil carbon sequestration. *American Journal of Agricultural Economics*, 85(5):1178-1184.

Arellanes, P; Lee, DR. 2003. The determinants of adoption of sustainable agriculture technologies: evidence from the hillsides of Honduras. In *Proceedings of the 25th International Conference of Agricultural Economists (IAAE)* 16:1-22.

Arias-Jiménez, E. 2013. Importancia de la tuna. *Cactusnet Newsletter*, 13:9–12.

Arnés, E. 2011. Desarrollo de la metodología de evaluación de sostenibilidad de los campesinos de montaña en San José de Cusmapa (Nicaragua). Tesis (Master) en Tecnología Agroambiental para una Agricultura Sostenible. E.T.S.I. Agrónomos (UPM). Nicaragua.

Asociación de exportadores. 2017. Fortalecimiento de la cadena de cochinilla. Asociación de exportadores (ADEX). Arequipa-Perú.

Astier, M; García-Barrios, L; Galván-Miyoshi, Y; González-Esquivel, CE; Masera, OR. 2012. Assessing the sustainability of small farmer natural resource management systems. A critical analysis of the MESMIS program (1995-2010). *Ecology and Society*, 17(3): 25.

Astier, M; González, C. 2008. Formulación de indicadores socioambientales para evaluaciones de sustentabilidad de sistemas de manejo complejos. Pp: 73 – 94. En: Astier, M; Maser, OR; Galván-Miyoshi, Y. (Eds.). Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional. SEAE / CIGA / ECOSUR / CIEco / UNAM / GIRA / Mundiprensa / Fundación Instituto de Agricultura Ecológica y Sustentable. Valencia, España.

Avantunde, AA; Duncan, AJ; van Wijk, MT; Thorne, P. 2018. Review: Role of herbivores in sustainable agriculture in Sub-Saharan Africa. *Animal*, 12:1-11.

Ayñayanque, G. 2003. Tres niveles de nitrógeno y tres cultivares de tuna (*Opuntia ficus-indica* Mill.) en el rendimiento de la cochinilla del carmín (*Dactylopius coccus* Costa) en zonas áridas. Tesis Ing. Agrónomo. Escuela Profesional y Académica de Agronomía. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa, Perú.

Ayora, L; Ramírez, J; Javier, L. 2017. Tipificación y modelado gráfico de fincas agrícolas en la cuenca hidrográfica media y baja del río Supe (provincia de Barranca). *Aporte Santiaguino*, 10 (2): 283-294

Azócar, P. 2001. Opuntia as feed for ruminants in Chile. in: Mondragon, C. and Gonzalez, S. (eds.). Cactus (*Opuntia* sp.) as forage: FAO Plant Production and protection Paper, 169:73-90.

Banco Mundial. 2008. Informe sobre el desarrollo mundial 2008: Agricultura para el desarrollo. Bogotá, Colombia. Coedición del Banco Mundial, Mundi-Prensa y Mayol Ediciones, S.A.

Barreto, JF. 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.

Bautista-Cruz, A; Leyva-Pablo, T; de León-González, F; Zornoza, R; Martínez-Gallegos, V; Fuentes-Ponce, M; Rodríguez-Sánchez, L. 2018. Cultivation of *Opuntia ficus-indica* under different soil management practices: A possible sustainable agricultural system to promote soil carbon sequestration and increase soil microbial biomass and activity. *Land Degradation Development*, 29:38–46.

Bolívar, H. 2011. Metodologías e indicadores de evaluación de sistemas agrícolas hacia el desarrollo sostenible. CIGAG: Centro de Investigación de Ciencias Administrativas y Gerenciales Vol. 8 N° 1: 1-18

Campos-Figueroa, M; y Llanderal-Cázares, C. 2003. Producción de grana cochinilla *Dactylopius coccus* (Homoptera: Dactylopiidae) en invernadero. *Agrociencia*, 37(2): 149-155.

Cárdenas, NP. 2014. Producción de *Dactylopius coccus* Costa infestadas con tres poblaciones de ninfas y en dos intensidades de luz solar en zona árida. Tesis Ing. Agrónomo. Escuela de Agronomía. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa-Perú.

Chambi, DS. 2012. Tres niveles de infestación con tres densidades de malla “rashell” para sombreado en la producción de *Dactylopius coccus* Costa en *Opuntia ficus indica* cv. ‘Morada’. Tesis Ing. Agrónomo. Escuela de Agronomía. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa-Perú.

Chávez-Moreno, CK; Tecante, A; Casas, A. 2009. The *Opuntia* (Cactaceae) and *Dactylopius* (Hemiptera:Dactylopiidae) in Mexico: a historical perspective of use, interaction and distribution. *Biodiversity and Conservation* 18:3337–3355.

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; Rodríguez, A. 2015. Sustentabilidad de agroecosistemas de palto (*Persea americana* Mill.) y mandarina (*Citrus* spp.) en Cañete, Lima – Perú. Tecnología y desarrollo, 13 (1): 27-34.

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.

Coronado-Flores, V; Tornero-Campante, MA; Núñez-Tovar, R; Jaramillo-Villanueva, JL; Méndez-Gallegos, SJ. 2015. Productividad de cochinilla *Dactylopius coccus* (Hemiptera: Dactylopiidae) en cladodios de *Opuntia ficus-indica* (cactácea) con diferentes tratamientos de fertilización. Acta Zoológica Mexicana (n.s.), 31(2): 183-189.

Díaz, I. 2005. Cultivo de tuna para la producción de cochinilla. AGROINCA PPX. Grupo Inca. Diapositivas. XIV Congreso Peruano de Horticultura. Arequipa-Perú.

Diodato, L; Fuster, A; de Galindez, MJ. 2009. Infestaciones inducidas de grana-cochinilla *Dactylopius coccus* Costa (Homoptera, Dactylopiidae), en la provincia de Santiago del Estero, Argentina. Quebracho - Revista de Ciencias Forestales, vol. 17, núm. 1-2: 52-57.

Dréo, J. 2007. Components of sustainable development. SOURCE: Johann Dréo. Consultado: 12 de mayo de 2015. Disponible: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sustainable_development.svg.

Eke MN; Egonu, OA. 2018. Importance of renewable energy resources for sustainable agriculture. Proceedings of the 3rd NIAE-SE Regional Conference, Univ. of Nig., Nsukka 27th-30th august, 134-150.

Emelyanova, LL; Kropinova, EG; Voloshenko, KJ. 2015. The integrated approach to sustainable development of rural areas: the case for the agricultural sector in the Kaliningrad region of the Russian Federation. Int. J. Agricultural Resources, Governance and Ecology, 11(2):158 – 177.

Escarria, JM. 2012. Caracterización para la sustentabilidad agrícola y la seguridad alimentaria de los suelos en el corregimiento de Cauca jurisdicción del municipio de Cartago, departamento del valle del Cauca. Tesis para optar el Título de Magister en Medio Ambiente y Desarrollo. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo. Universidad Nacional de Colombia.

Escobal, J. 2006. Cómo elevar la eficiencia y rentabilidad de la pequeña agricultura comercial. Pp: 59 – 106. En: Trivelli, C; Escobal, J; Revesz, B. (eds.). Pequeña agricultura comercial: dinámica y retos en el Perú, CIES, CIPCA, GRADE e IEP.

Escobal, J; Armas, C. 2015. El uso de encuestas y censos agropecuarios para desarrollar una tipología de la pequeña y mediana agricultura familiar en el Perú. Pp: 15-69. En: Escobal, J; Fort, R; Zegarra, E. (eds.). Agricultura Peruana: nuevas miradas desde el Censo Agropecuario. Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE). Lima-Perú.

Escobar, G; Berdegue, J. 1990. Conceptos y metodología para la tipificación de sistemas de finca: la experiencia de RIMISP. Pp: 13-44. En: G. Escobar, G; Berdegue, J. (eds.). Tipificación de sistemas de producción agrícola. Red Internacional de Metodología de Investigación de Sistemas de Producción (RIMISP). Santiago-Chile.

Evia, G; Sarandón, SJ. 2002. Aplicación del método multicriterio para valorar la sustentabilidad de diferentes alternativas productivas en los humedales de la Laguna Merín, Uruguay. Pp: 441-447. En: Sarandón SJ. (Ed.). Agroecología: El camino hacia una agricultura sustentable. Ediciones Científicas Americanas, La Plata. Argentina.

Farrelly, M. 2016. Agroecología y los objetivos de desarrollo sostenible. LEISA Revista de Agroecología Edición Especial 2016.

Fernández, E; Brooks, M; Cordon, E. 2008. Estudio biofísico de la finca académica Snaki - URACCAN, en la comunidad de Moss, municipio de Waspam Río Coco, RAAN21. Ciencia e Interculturalidad, 2:44-66.

Firbank, LG; Elliott, J; Drake, B; Cao, Y; Gooday, R. 2013. Evidence of sustainable intensification among British farms. Agriculture, Ecosystems and Environment ,173: 58–65

Firbank, LG; Elliott, J; Field, RH; Lynch, JM; Peach, WJ; Ramsden, S; Turner, C. 2018. Assessing the performance of commercial farms in England and Wales: lessons for supporting the sustainable intensification of agriculture. Food and Energy Security.

Flores-Flores, V; Tekelenburg, V. 1995. Dacty (*Dactylopius coccus* Costa) dye production. In: Agro-ecology, Cultivation and Uses of Cactus Pear. FAO Plant Production and Protection Paper 132. Rome, Italy. 167-185.

Fumagalli, M; Acutis, M; Mazzetto, F; Vidotto, F; Sali, G; Bechini, L. 2012. A methodology for designing and evaluating alternative cropping systems: application on dairy and arable farms. Ecological Indicators 23:189–201.

García, A; Perea, J; Acero, R; Angón, E; Toro, P; Rodríguez, V; Gómez-Castro, AG. 2010. Structural characterization of extensive farms in andalusian Dehesas. Arch. Zootec. 59 (228): 577-588.

Gavilán, J. 2006. Sistemas de producción agrícola y transferencia de tecnologías. Consultado: 2 de noviembre de 2018. Disponible: <http://bananasite.galeon.com/transferencia.html>

Geerken, TH; Scholliers, P; Vooght, DE; Spirinckx, C; Timmermans, V; Van Holderbeke, M; Vercalsteren, A. 2008. Sustainability developments of product systems, 1800-2000. Scientific support plan for a sustainable development policy (SPSD II). The Belgian Science Policy. Bruselas-Bélgica.

Gliessman, S R. 2014. Agroecology: The ecology of sustainable food systems.3rd ed. Boca Raton, FL, CRC Press.

Gobierno Regional de Arequipa (GRA). 2018. Estadística agrícola. Gerencia Regional de Agricultura. Consultado: 10 de junio de 2018. Disponible: <http://www.agroarequipa.gob.pe/campa%C3%B1a-agr%C3%ADcola-2014-2015>

González, P; García, P; Gastó, J; De Kartzow, A; Obando-Ulloa, JM. 2017. Evaluation of sustainability and the impact of the agriculture styles of the chilean coastal dry lands. *Acta Agronómica*, 66 (1):109-114.

Gutkowski, N. 2018. Governing through timescape: Israeli sustainable agriculture policy and the Palestinian-Arab citizens. *Environment and Society in the Middle East and North Africa*, 50(3): 471 -492.

Hui-Ju, K. 2018. Identifying Sustainability —The Measurement and Typology of Sustainable Agriculture in the United States. *EURAMERICA*, 48(2):195-222.

Iguíñiz, J. 2005. Cambio tecnológico en la agricultura peruana en las décadas recientes: enfoques., resultados y elementos. Ponencia SEPIA XI Perú: el problema agrario en debate. Trujillo-Perú.

INCAGRO. 2006. Proyecto de investigación y extensión agrícola-PIEA. Estudios de línea de base y de salida de subproyectos cofinanciados. INCAGRO (Innovación y Competitividad para el Agro Peruano)-Ministerio de Agricultura.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). 2013. Resultados definitivos IV Censo Nacional Agropecuario 2012.

Jiménez, PC; Villasante, JE; Talavera, BC; Villegas, LN. 2002. Ecosistemas de Arequipa. Oferta Ambiental y Desarrollo Sostenible. *Revista Zonas Áridas*, 7(1): 118-132.

Kiesling, R; Metzger, D. 2017. Origin and taxonomy of *Opuntia ficus-indica*. Pp: 13-20. In: Inglese, P.; Mondragon, C.; Nefzaoui, A.; Sáenz, C. (Eds). Cultivation and uses of cactus pear. Advance draft prepared for the IX International Congress on Cactus Pear and Cochineal. CAM crops for a hotter and drier world. Coquimbo, Chile, 26-30 March 2017. The Food and Agriculture Organization of the United Nations and the International Center for Agricultural Research in the Dry Areas. Rome, Italy.

León-Velarde, C; Barrera, V. 2003. Métodos bio-matemáticos para el análisis de sistemas agropecuarios en el Ecuador. INIAP - Estación Experimental Santa Catalina. Quito, Ecuador.

Loayza de Vinatea, GA; Zegarra, LL. 2015. Estudio de la producción y exportación de cochinilla y su impacto económico en el distrito de la joya periodo 2010-2014. Tesis Ingeniero Comercial, Especialidad en Negocios Internacionales. Programa Profesional de Ingeniería Comercial. Facultad de Ciencias Económico Administrativas. Universidad Católica de Santa María. Arequipa, Perú.

Longo de Tomasini, L; Tomasini, H. 1996. Uso de un modelo multicriterio para valorar el mejor manejo económico y ecológico de la tierra agrícola. Revista Argentina de Economía Agraria. Págs.3-11.

Lozada, C. 2005. Agroindustria y agroexportación: situación y oportunidades para Arequipa. Oportunidades de la agroindustria: cochinilla. Informe preparado para el Programa de Competitividad i Desarrollo de Arequipa (CID-AQP). Arequipa - Perú.

Luis, BS. 2016. Identificación molecular de bacterias cultivadas y no cultivadas asociadas a la rizósfera de *Opuntia Ficus-indica* (L.) Mill. (Cactaceae) en ecosistemas áridos. Tesis de Maestro en Ciencias con mención en: Biotecnología molecular Escuela de posgrado. Universidad Nacional de Tumbes. Tumbes, Perú.

Mamani, GY; Mamani, IE. 2015. Evaluación comparativa de los métodos Thorpe y Francés para la obtención de carmín a partir de la cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en el Distrito de La Joya. Tesis Ing. Químico. Escuela Profesional de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería de Procesos. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.

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.

Marín, R. 1993. Sobrevivencia de *Dactylopius coccus*, según épocas de infestación artificial en la costa peruana. *Revista Peruana de Entomología* 34:77-80.

Marín, LR; Cisneros, F. 1977. Biología y morfología de la cochinilla del carmín, *Dactylopius coccus*, Costa (Homoptera: dactylopiidae). *Rev.Per.Ent.* 20(1):115-120.

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; López-Ridaura, S. 2000. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS. Ed. Mundiprensa–GIRA–UNAM. ME.

Masera, O; Astier, M; Lopez-Ridaura, S; Galván-Miyoshi, Y; Ortiz-Ávila, T; García-Barrios, L E; García-Barrios, R; González, C; Speelman, E. 2008. El proyecto de evaluación de sustentabilidad MESMIS. Pp: 13 – 24. En: Astier, M; Masera, OR; Galván-Miyoshi, Y. (Eds.). *Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional*. SEAE / CIGA / ECOSUR / CIEco / UNAM / GIRA / Mundiprensa / Fundación Instituto de Agricultura Ecológica y Sustentable. Valencia, España.

Mazzeo, G; Russo, A; Suma, P; Longo, S. 2016. The history of *Dactylopius coccus* (Costa) (Hemiptera: Dactylopiidae) in the Mediterranean basin: The Sicilian episode. *Entomologica*, Bari, 47: 55

Méndez-Gallegos, SJ; Panzavolta, T; Tiberi, R. 2003. Carmine cochineal *Dactylopius coccus* Costa (Rhynchota: Dactylopiidae): Significance, production and use. *Advances in Horticultural Science* 17(3): 165-171.

Merma, I; Julca, A. 2012. Caracterización y evaluación de la sustentabilidad de fincas en Alto Urubamba, Cusco, Perú. *Ecología Aplicada*, 11(1): 1 -11.

MINAGRI-ANA. 2008. Diagnóstico de problemas y conflictos en la gestión del agua en la cuenca Chili-Quilca. Ministerio de Agricultura. Autoridad Nacional del Agua (ANA). Proyecto de Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos (PMGRH). Lima-Perú.

Ministerio de Agricultura. 2009. Cultivo de tuna (*Opuntia ficus indica*). Gerencia Agraria de La Libertad. Trujillo-Perú.

Mishra, B; Gyawali, BR; Paudel, KP; Poudal, NC; Simon, MF; Dasgupta, S; Antonious, G. 2018. Adoption of Sustainable Agriculture Practices among Farmers in Kentucky, USA. *Environmental Management* 62 (1): 1-13.

Montagnini, F. 2001. Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos. 3ra. Edición. Organización para Estudios Tropicales. San José- Costa Rica. 622 p.

Morales, J G. 2003. Tipología socioeconómica de las actividades agrícolas: una herramienta de síntesis para el ordenamiento ecológico. SEMARNAT. México. pp 33-44

Moreno, HA; Pedraza, GX; Solarte, AJ. 2006. Construcción y uso de indicadores de sustentabilidad para la planeación participativa de predios. Consulta: 2 noviembre de 2018. Disponible: https://www.ecoportal.net/temas-especiales/desarrollo-sustentable/construccion_y_uso_de_indicadores_de_sust-_para_la_planeacion_participativa_de_predios/

Msemo, E; Sayi, S; Kazuzuru, B. 2018. Barriers to Adoption of Sustainable Agriculture Practices Among Farmers in Tanzania, Case Study of Mbarali District. *World Wide Journal of Multidisciplinary Research and Development* 4(6): 170 – 174.

Nharingo, T; Moyo, M. 2016. Application of *Opuntia ficus-indica* in bioremediation of wastewaters. A critical review. *Journal of Environmental Management* 166(15): 55-72

Nobel, PS. 2010. Desert wisdom/agaves and cacti: CO₂, Water, Climate Change. Universe Inc, New York.

Nobel, P; Israel, A. 1994. Cladode development, environmental responses of CO₂ uptake, and productivity for *Opuntia ficus-indica* under elevated CO₂. *J. Exp. Bot.* 45:295-303.

Obando, M. 1996. Modelo de conducción agrario en el Valle de Arequipa. Documento de Trabajo N° 77. N°77 Serie Talleres N°5. Instituto de Estudios Peruanos. Lima, Perú. 35 p.

Ochoa, MJ; Barbera, G. 2017. History and economic and agro-ecological importance. Pp: 1-12. In: Inglese, P; Mondragon, C; Nefzaoui, A; Sáenz, C. (Eds). Cultivation and uses of cactus pear. Advance draft prepared for the IX International Congress on Cactus Pear and Cochineal. CAM crops for a hotter and drier world. Coquimbo, Chile, 26-30 March 2017. The Food and Agriculture Organization of the United Nations and the International Center for Agricultural Research in the Dry Areas. Rome, Italy.

ONU (Organización de las Naciones Unidas-US). 1992. Agenda 21. Earth Summit: United Nations Program of action from Rio. Naciones Unidas. NY-US.

ONU (Organización de las Naciones Unidas-US). 1996. Indicators of sustainable development framework and methodologies. Publication No. E.96. II. A.16. NY-US.

ONU (Organización de las Naciones Unidas-US). 2002. Informe de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible. New York-US.

ONU (Organización de las Naciones Unidas-US). 2007. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies. New York-US.

Ortuño, SF; 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.

Osorio, G. 2008. Agricultura sustentable. Una alternativa de alto rendimiento. Ciencia UANL, 9(1): 77-81.

Ospina, MJ. 2012. Aplicación del modelo multicriterio metodologías AHP Y GP para la valoración económica de los activos ambientales. Trabajo de investigación para optar al título de Magister en Administración. Facultad de Administración. Universidad Nacional de Colombia. Manizales, Colombia.

Paredes, CA. 2014. Producción de *Dactylopius coccus* Costa con dos fuentes ninfales, tres niveles de infestación y tres tiempos de sombreado en zonas áridas. Tesis Ing. Agrónomo. Escuela de Agronomía. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa-Perú.

Peñaloza, E; Rico, R; Contreras, R; Castellanos, L. 2018. Caracterización del agroecosistema de la finca La María, Vereda Chichira del municipio de Pamplona, departamento Norte de Santander, República de Colombia. Revista digital de Semilleros de Investigación REDSI.

Potgieter, JP. 2007. The influence of environmental factors on spineless cactus pear (*Opuntia* spp.) fruit yield in Limpopo Province, South Africa. Thesis for the degree of Magister Scientiae Agriculturae (Agrometeorology/Horticulture). Faculty of Natural and Agricultural Sciences. University of the Free State Bloemfontein.

Portillo, MI; Viguera, AL. 2006. A review on the cochineal species in Mexico, hosts and natural enemies. Acta Horticulturae, 728: 249-256.

Portillo, MI; Viguera, AL. 2017. Cochineal breeding. Pp: 105-114. In: Inglese, P.; Mondragon, C.; Nefzaoui, A.; Sáenz, C. Eds. Cultivation and uses of cactus pear. Advance draft prepared for the IX International Congress on Cactus Pear and Cochineal. CAM crops for a hotter and drier world. Coquimbo, Chile, 26-30 March 2017. The Food and Agriculture Organization of the United Nations and the International Center for Agricultural Research in the Dry Areas. Rome, Italy.

Quintana, F. 2006. Nopal, ¡peladito y en la boca!. Revista CONVERSUS N° 53:58

Quiroga, R. 2001. Indicadores de sostenibilidad ambiental y desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas. División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos. Naciones Unidas. CEPAL - SERIE Manuales N° 16

Ramírez-Cruz, A; Llanderal-Cázares, C. 2013. Fecundidad potencial de *Dactylopius coccus* (Hemiptera: Dactylopiidae) bajo condiciones de invernadero. Revista Colombiana de Entomología 39 (1): 170-173.

Rodrigo, E; Catalá-Oltra, M; Granero, M. 2010. Estudio comparativo de la morfología y biología de *Dactylopius coccus* y *D.opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae), dos especies presentes en la comunidad valenciana. Boletín de Sanidad Vegetal Plagas 36: 23-35.

Rodrigues, GS; Rodrigues, IA; Buschinelli, CCD; de Barros, I. 2010. Integrated farm sustainability assessment for the environmental management of rural activities. *Environmental Impact Assessment Review* 30, 229–239.

Rodríguez, LC; Niemeyer, HM. 2000. Cochineal production: a reviving precolumbian industry. *Athena Review* 2(4): 76-78.

Russo, A; Mazzeo, G; Suma, P; Longo, S. 1999. Bionomics of *Dactylopius coccus* costa (Hemiptera: Coccoidea) in a greenhouse in Sicily. *Entomologica, Bari*, 33: 333-338.

Sáenz, C; Berger, H; Corrales, J; García, V; Higuera, I; Madrugón, C; Rodríguez-Félix, A; Sepúlveda, E; Varnero, MT. 2006. Utilización agroindustrial del nopal. Servicio de Tecnologías de Ingeniería Agrícola y Alimentaria (AGST) con la colaboración de la Red Internacional de Cooperación Técnica del Nopal (FAO-CACTUSNET) Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO, 162. Roma. IT.

Salinas, AR. 2004. Aplicación de nutrientes en el cultivo de tuna (*Opuntia ficus-indica* M.) para producción de cochinilla (*Dactylopius coccus* C.). Tesis Ing. Agrónomo. Escuela de Agronomía. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa-Perú.

Santistevan, MS. 2016. La sustentabilidad del cultivo del limón (*Citrus aurantifolia* (Christm) s.) en la provincia Santa Elena, Ecuador. 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.

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.

Santistevan, M; Julca, A; Helfgott, S. 2015. Caracterización de las fincas productoras del cultivo limón en las localidades de Manglar Alto y Colonche, (Santa Elena, Ecuador). *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 3(1): 133-142.

Sarandón SJ. 2002. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. Pp: 393-414. En: Sarandón S.J. (Ed.). Agroecología: El camino hacia una agricultura sustentable. Ediciones Científicas Americanas, La Plata. Argentina.

Sarandón, SJ; Flores, CC. 2009. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. Agroecología 4: 19-28.

Sarandón SJ; Zuluaga, MS; Cieza, R; Gómez, C; Janjetic, L; Negrete, E. 2006. Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. Revista Agroecología 1: 19-28.

Sarandón, SJ; Flores, CC. 2014. La insustentabilidad del modelo de agricultura actual. Pp: 13 – 41. En: Sarandón S.J.; Flores C.C. (Eds.). Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables. Editorial Universidad La Plata. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad La Plata, Buenos aires Argentina.

Sarandón, SJ; Flores, CC; Gargoloff, A; Blandi, ML. 2014. Análisis y evaluación de agroecosistemas: construcción y aplicación de indicadores. Pp: 375 - 410. En: Sarandón S.J.; Flores C.C. (Eds.). Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables. Editorial Universidad La Plata. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad La Plata, Buenos aires Argentina.

Saravia, S; Cimpoies, D; Ronzon, T. 2013. Typology and Indicators to Characterize Agricultural Holdings for Improved Policy Formulation. Overview of typologies of agricultural holdings in different geographical areas and focus. GCP/GLO/462/IFA Methodologies and pilot studies for a World Agriculture Watch (WAW).

Scalisi, A; Morandi, B; Inglese, P; Lo Bianco, R. 2015. Cladode growth dynamics in *Opuntia ficus-indica* under drought. Environmental and Experimental Botany, 122:158-167.

Serrato, JJ; Arroyo, G; Rojas, R. 2016. Producción y control de calidad del insecto grana cochinilla. Verano de la Investigación Científica, 2(1):1444-1449.

Sharma, P; Singh, A; Kahlon, CS; Brar, AS; Grover, KK; Dia, M; Steiner, RL. 2018. The role of cover crops towards sustainable soil health and agriculture—A review paper. *American Journal of Plant Sciences* 9: 1935-1951.

SIICEX (Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior). 2018a. Reportes de productos de bicomercio. Exportaciones del producto cochinilla según sus principales presentaciones en US\$ 2013 - 2018. Consultado: 25 de noviembre de 2018. Disponible: <http://www.siicex.gob.pe/siicex/apb/ReporteProducto.aspx?psector=1025&preporte=prodpres&pvalor=1545730>

SIICEX (Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior). 2018b. Reportes de productos de bicomercio. Exportaciones del producto cochinilla según sus principales presentaciones en kg 2013 - 2018. Consultado: 25 de noviembre de 2018. Disponible: <http://www.siicex.gob.pe/siicex/apb/ReporteProducto.aspx?psector=1025&preporte=prodpresvolu&pvalor=1545730>

Silva-Santamaría, L.; Ramírez-Hernández, O. 2017. Evaluación de agroecosistemas mediante indicadores de sostenibilidad en San José de las Lajas, Provincia de Mayabeque, Cuba. *Luna Azul* 44: 120-152

Speelman, EN; Astier, M; Galván-Miyoshi, Y. 2008. Sistematización y análisis de las experiencias de evaluación con el marco MESMIS: lecciones para el futuro. Pp: 25- 38. En: Astier, M; Masera, OR; Galván-Miyoshi, Y. (eds). *Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multifuncional*. 1era. Edic. SEAE/CIGA/ECOSUR/CIEco/UNAM//GIRA/Mundiprensa/Fundación Instituto de Agricultura Ecológica y Sustentable. Valencia, España.

Speelman, EN; López-Ridaura, S; Colomer, NA; Astier, M; Masera, OR. 2007. Ten years of sustainability evaluation using the MESMIS framework: Lessons learned from its application in 28 Latin American case studies. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology* 14: 345-361.

Spodek, M; Ben Dov, Y; Protasov, A; Carvalho, CJ; Mendel, Z. 2014. First record of *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera:Coccoidea: Dactylopiidae) from Israel. *Phytoparasitica*, 43: 377–379.

Tello, V; Vargas, J. 2015. Efecto de la luz artificial a diferentes fotoperiodos sobre dos variables productivas de la grana cochinilla, *Dactylopius coccus* Costa (Hemiptera: Dactylopiidae) para su cultivo bajo condiciones controladas. *IDESIA (Chile)* 33(3): 23-30.

Tovar, A; Pando-Moreno, M; Garza, C. 2005. Evaluation of three varieties of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller as hosts of the cochineal insect *Dactylopius coccus* Costa (Homoptera: Dactylopiidae) in a semiarid area of northeastern Mexico. *Economic Botany*, 59(1): 3–7.

Tuesta, O; Julca, A; Borjas, R; Rodríguez, P; 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.

UICN. 2009. Guía para la elaboración de planes de manejo de microcuencas. Proyecto Tacaná. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza –UICN. Guatemala.

United Nations, Department of Economics and Social Affairs. 2015. Millennium Development Goals: 2015 Progress Chart. New York: United Nations.

Valdivia, G. 2006. Haz de cuenta que yo era hombre y que mantenía a mi mujer: globalización, género y trabajo asalariado en una zona de agroexportación. En: Ruiz, P.M.; Rosales, JL. (EDs). *Género y metas del milenio*. Lima. PNUD, UNIFEM, UNFPA. Consultado: 12 enero 2019. Disponible: https://www.academia.edu/2186559/Haz_de_cuenta_que_yo_era_hombre_y_manten%3%ADa_a_mi_mujer_Globalizaci%C3%B3n_g%C3%A9nero_y_trabajo_asalariado_en_una_zona_de_agroexportaci%C3%B3n

Van Cauwenbergh, N; Biala, K; Biolders, C; Brouckaert, V; Francois, L; Garcia Ciudad, V; Hermy, M; Mathijs, E; Muys, B; Reijnders, L; Sauvenir, X; Valckx, J; Vanclooster, M; Van Der Veken, B; Wauters, E; Peeters, A. 2007. SAFE – a hierarchical framework for assessing the sustainability of agricultural systems. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 120: 229-242.

Van Dam, A; Portillo, L; Jeri, A; May, B. 2015. Range wide phylogeography of *Dactylopius coccus* (Hemiptera: Dactylopiidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 108: 299–310.

Van Oudenhoven, APE; Petz, K; Alkemade, R; Hein, L; de Groot, RS. 2012. Framework for systematic indicator selection to assess effects of land management on ecosystem services. *Ecological Indicators* 21, 110–122.

Vélez, L; Gastó, J. 2002. Metodología y determinación de los estilos rurales en escala predial. Pp. 171-195. En: Gastó, J; Rodrigo, P; Aránguiz, I. *Ordenación Territorial, Desarrollo de Predios y Comunas Rurales*. LOM Ediciones. Santiago, Chile.

Velten, S; Leventon, J; Jager, N; Newig, J. 2015. What Is Sustainable Agriculture? A Systematic Review. *Sustainability*, 7: 7833-7865.

Vigueras, AL; Portillo, L. 2014. *Control de cochinilla Silvestre y Cría de Grana Cochinilla*. Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del Estado de Jalisco. 66 pp.

Williams, J; Alter, T; Shrivastaba, P. 2018. Systemic governance of sustainable agriculture: Implementing sustainable development goals and climate-friendly farming. *Outlook on Agriculture*.

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

Zúñiga, C; Somarriba, E; Sánchez, V. 2004. Tipologías cafetaleras de la Reserva Natural Mirafior-Moropotente, Estelí, Nicaragua. *CATIE-Costa Rica. Revista Agroforestería en las Américas* N° 41-42: 105-111.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Cuestionario de preguntas para la caracterización de fincas de tuna para la producción de cochinilla del carmín en el Distrito de La Joya, Arequipa, Perú.

Universidad Nacional Agraria La Molina
Escuela de Posgrado
Programa de Doctorado en Agricultura Sustentable

Encuesta anónima para la caracterización de fincas productoras de cochinilla carmín en el distrito de La Joya, Arequipa.

I. LUGAR DONDE VIVE
1. Irrigación en la que vive: La Joya Antigua (0)...El triunfo (1)...La Cano (2)... San Isidro (3)
2. En la finca o chacra (0)..... Centro poblado cercano (1)..... Ciudad (2).....
II. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS DEL PRODUCTOR
3. Género del responsable de la finca a) Masculino (0)...b)Femenino (1).....
4. Edad del responsable de la finca (años): a)18-30(0)...b)31-40(1)...c)41-50 (2)...d)51-60(3)...e)60-70(4)...f)71-80(5)...g)Más de 80'....
5. Años dedicados a la cochinilla del carmín: (a)Menos de 5 (0)... b)5.1 a 10(1).....c)10.1 a 15(2).....d) Más de 15(3).....
6. Grado de instrucción: Sin instrucción (0)..... Primaria(1)..... Secundaria(2)..... Superior no universitaria(3)... Superior universitaria(4)..... Posgrado(5).....
7. Su vivienda es: Propia (0)..... Alquilada (1)..... Alojado (2).....
8. Disponibilidad de agua potable: Sin agua potable (0).... Agua potable de tubería (0)....Agua potable de cisterna (1)...
9. Disponibilidad de energía eléctrica: Si (0)..... No(1)....
10. Disponibilidad de desagüe: Si (0)..... No (1)...
11 Disponibilidad de teléfono Sin teléfono (0)..... Teléfono fijo (1)... Teléfono celular (2)
12. Disponibilidad de internet: Sin internet (0)..... Internet alámbrica (1)... Internet inalámbrica (2).....

13. Disponibilidad de televisión: Televisión normal (0)..... Televisión por cable (1)....
14. Atención de la salud: Hospital nacional (0).....Seguro contratado(1)..... Particular (2).....
15. Actividad productiva a la que se dedica principalmente: Cochinilla del carmín solamente (0).....Cochinilla del carmín y una actividad económica adicional (1).....
16. Pertenencia a alguna organización: Si (0).....No(1).....
III. ASPECTOS PRODUCTIVOS DE LA FINCA
17. Área de la finca en ha: Menos de 5(0).....5.1 a 10(1).....10.1 a 15(2).....15.1 a 20 (3).....Más de 20(4).....
18. área instalada con tuna para cochinilla del carmín: Menos de 3(0)....3.1 a 6 (1)....6.1 a 9 (2).....9.1 a 12(3)....12.1-15(4).....15.1 a 18 (5).....Más de 18(6).....
19. Infestación de la cochinilla del carmín: Hembras oviplenas de primera cosecha en infestador (0)..... Hembras oviplenas de primera cosecha en infestador más “polvillo de cuchareo” al voleo (1).... Hembras oviplenas de segunda cosecha en infestador (2)..... Hembras oviplenas de segunda cosecha en infestador más “polvillo de poda” al voleo (3)..... “Polvillo de cuchareo” al voleo (4)... "Polvillo de cuchareo" en infestador (5)..... Infestación natural con ninfas provenientes de paletas cortadas en segunda cosecha (6).....
20. Uso de malla raschell después de la infestación artificial: Si (0).....No(1).....
21. Proceso de producción: Infestación, cuchareo y poda (0).....Infestación y poda (1).....
22. Número de hembras oviplenas o “madres” por sobre: Menos de 10(0).....De 11 a 20 (1).....de 21 a 30 (2).....Más de 30(3).....No usa (4).....
23. Kilogramos de hembras oviplenas o “madres” por ha: Menos de 100 (0).....De 101 a 200 (1)....De 201 a 300 (2).....Más de 300(3).....No usa (4).....
24. Días para el recojo de sobres infestadores: 30 días (0).....31 a 45 días(1).....Más de 45 (2).....No usa (3).....
25. Edad de la paleta de la tuna para la infestación artificial: 4 meses(0).....De 4.1 a 5.5. meses(1)...Más de 5.5. meses
26. Número de jornales por ha para el la primera cosecha o “cuchareo”: Menos de 50(0).....De 51 a 100(1).....Más de 100.....
27. Número de jornales por ha para la segunda cosecha o “poda”: Menos de 50(0).....De 51 a 100(1).....Más de 100.....

28. Secado de la cochinilla: Secado por exposición directa al sol (0)... En casa de vidrio (1)....Secador automático (2)...
29. Limpieza y clasificación de la cochinilla seca: Clasificadora propia (0)... Clasificadora alquilada (1).....No clasifica (2)....
4. ASPECTOS AMBIENTALES
30. Tiempo para la renovación y rotación de la plantación de tuna: Menos de 5 años (0).....De 6 a 10 años(1).....De 11 a 15 años(2).....Más de 16 años(3).....
31. Fuente agua de riego: Sistema de represas (0).....Extrae subsuelo(1).....Superficial de subsuelo (2).....Sistema de represas y superficial de subsuelo (3).....
32. Frecuencia de riego en días: Cada 3.5 (0).....Cada 7(1).....Cada 4.5 (2).....Cada 9 (3).....Cada 5.5.(4).....Cada 11 (5).....Más de 11 (6).....
33. Destino de las paletas de tuna, después de la poda Para compostaje (0).....Incorporar al suelo (1).....Forraje (2).....Se quedan en el campo (3).....
34. Uso de fertilizantes sintéticos: Si(0).....No(1)
35. Uso de herbicidas: Si(0).....No(1)
36. Uso de insecticidas: Si(0).....No (1)
37. Uso de fungicidas: Si(0).....No(1)
38: Uso de reguladores de crecimiento: Si(0).....No(1)
39. Protección para la aplicación de plaguicidas: Si(0)....No (1).....
40. Conocimiento del cuidado del ambiente: Si(0).....No(1).....

Anexo 2: Cuestionario de preguntas para el análisis de sustentabilidad de fincas de tuna para la producción de cochinilla del carmín en el Distrito de La Joya, Arequipa, Perú.

**Universidad Nacional Agraria La Molina
Escuela de Posgrado
Programa de Doctorado en Agricultura Sustentable**

Encuesta anónima para la evaluación de la sustentabilidad de fincas productoras de cochinilla del carmín.

1. DIMENSIÓN ECONÓMICA	Indicador	Valor
A1. Ingresos netos por ha-año	Menos de 1 875 dólares americanos	0
	De 1 875 a 3 750 dólares americanos	1
	De 3 750 a 5 625 dólares americanos	2
	De 5 625 a 7500 dólares americanos	3
	Más de 7 500 dólares americanos	4
A2. Otras fuentes de ingresos	Una sola fuente (cochinilla del carmín)	0
	Dos fuentes de ingresos	1
	Tres fuentes de ingresos	2
	Cuatro fuentes de ingresos	3
	más de cuatro fuentes de ingresos	4
A3. Dependencia de insumos externos para la producción	Del 76 al 100 por ciento	0
	Del 51 al 75 por ciento	1
	Del 26 al 50 por ciento	2
	Menos del 25 por ciento	3
	No compra insumos externos	4
A4. Comercialización	Cochinilla fresca, a intermediario minorista	0
	Cochinilla seca, sin clasificar, a intermediario minorista	1
	Cochinilla seca, clasificada, a intermediario minorista	2
	Cochinilla seca, clasificada, a intermediario mayorista	3
	Cochinilla seca, clasificada, a exportador	4
A5. Nivel de autofinanciamiento	El 100 por ciento de recurso económico de préstamos	0
	De 1 a 25 por ciento de recursos económicos propios	1
	De 26 a 50 por ciento de recursos económicos propios	2
	De 50 a 75 por ciento de recursos económicos propios	3
	Más de 75 por ciento de recursos económicos propios	4

2. DIMENSIÓN SOCIO-CULTURAL	Indicador	Valor
2.1. Calidad de vivienda	Construcción de adobe, calamina, estera, etc.	0
	Construcción de sillar, cemento, fierro, techo, sin acabados	1
	Construcción de sillar cemento, fierro, techo, con acabados	2
	Construcción de ladrillo cemento, fierro, techo, sin acabados	3
	Construcción de ladrillo cemento, fierro, techo con acabados	4
2.2. Robos en el año	Más de una oportunidad	0
	En una oportunidad	1
	Más de un intento de robo	2
	Intento de robo	3
	Nunca ha sido sujeto de robo	4
2.3. Aceptación del sistema productivo	Decepcionado	0
	Parcialmente satisfecho	1
	Satisfecho	2
	Muy satisfecho	3
	Muy satisfecho y no cambiaría de actividad	4
2.4. Asistencia a eventos de capacitación por año	No asistió a ninguno	0
	Asistió de 1 a 2 eventos	1
	Asistió de 3 a 4 eventos	2
	Asistió de 4 a 5 eventos	3
	Asistió a más de 5 eventos	4
2.5. Generación de prácticas y conocimientos	Ninguna práctica	0
	Una práctica	1
	Dos prácticas	2
	Tres prácticas	3
	Más de tres prácticas	4
2.6. Familiares dependientes	Un solo familiar	0
	De 2 a 3 familiares	1
	De 4 a 5 familiares	2
	De 6 a 7 familiares	3
	Más de 7 familiares	4
2.7. Capacidad de proporcionar empleo	Todas las labores las realiza solo o con su familia	0
	Requiere de 1 a 60 jornales por ha año	1
	Requiere de 61 a 120 jornales por ha año	2

	Requiere de 121 a 180 jornales por ha año	3
	Requiere más de 180 jornales por ha año	4
2.8. Grado de democratización familiar	El jefe de familia toma mayoría de decisiones	0
	Menos de la mitad de la familia toma mayoría de decisiones	1
	La mitad de la familia toma la mayoría de decisiones	2
	Más de la mitad de la familia toma la mayoría de decisiones	3
	Todos los integrantes la familia toma la mayoría de decisiones, en igualdad	4
2.9. Participación en organizaciones		
2.9.1. Organizaciones para producir y comercializar cochinilla	Ninguna	0
	Una a dos	1
	Tres a cuatro	2
	Cinco a seis	3
	Más de seis	4
2.9.2. Organizaciones comunitarias a las que pertenece	Ninguna	0
	Una	1
	Dos	2
	Tres	3
	Más de tres	4
2.10. Tenencia de la tierra	“Al partir”	0
	Arrendatario o en anticresis	1
	Posesionario	2
	Propietario por compra	3
	Propietario por herencia	4
3. DIMENSIÓN AMBIENTAL	Indicador	Valor
3.1. Rendimiento		
3.1.1. Rendimiento en kg ha ⁻¹ por ha año, de cochinilla seca	Menos de 200 kg ha ⁻¹ año ⁻¹ de cochinilla seca	0
	De 201 a 400 kg ha ⁻¹ año ⁻¹ de cochinilla seca	1
	De 401 a 600 kg ha ⁻¹ año ⁻¹ de cochinilla seca	2
	De 601 a 800 kg ha ⁻¹ año ⁻¹ de cochinilla seca	3
	Más de 800 kg ha ⁻¹ año ⁻¹ de cochinilla seca	4
3.1.2. Contenido de ácido carmínico	Menos de 18 por ciento	0
	De 18.1 a 20.0 por ciento	1
	De 20.1 a 22.0 por ciento	2
	De 22.1 a 24.0 por ciento	3

	Más de 24.0 por ciento	4
3.2. Calidad del agua de riego y del suelo		
3.2.1. Conductividad eléctrica del agua de riego	CE más de 2.0 dS m ⁻¹	0
	CE de 0.9 a 2.0 dS m ⁻¹	1
	CE de 0.5 a 0.8 dS m ⁻¹	2
	CE de 0.2 a 0.4 dS m ⁻¹	3
	CE menos de 0.1 dS m ⁻¹	4
3.2.2. Conductividad eléctrica del suelo	CE 4.1 a 6.0 dS m ⁻¹	0
	CE de 2.26 a 4.0 dS m ⁻¹	1
	CE de 0.76 a 2.25 dS m ⁻¹	2
	CE de 0.26 a 0.75 dS m ⁻¹	3
	menos de 0.25 dS m ⁻¹	4
3.2.3. Contenido materia orgánica	menos de 0.9 por ciento	0
	De 1.0 a 1.9 por ciento	1
	De 2.0 a 2.5 por ciento	2
	De 2.6 a 3.5 por ciento	3
	Más de 3.6 por ciento	4
3.2.4. Potasio cambiante (ppm)	Menos de 61 y más de 175	0
	De 62 a 90	1
	De 91 a 115	2
	De 116 a 130	3
	De 131 a 175	4
3.2.5. Fósforo cambiante (ppm)	Menos de 3 y más de 30	0
	De 3.1 a 7.0 y de 20.0 a 30.0	1
	De 7.1 a 11.0	2
	De 11.1 a 16.0	3
	De 16.1 a 20.0	4
3.3. Riesgo de erosión del suelo		
3.3.1. Riesgo de erosión por agua de riego	Longitud del surco más de 125 m lineales	0
	Longitud del surco entre 101 y 125 m lineales	1
	Longitud del surco entre 76 a 100 m lineales	2
	Longitud del surco entre 51 a 75 m lineales	3
	Longitud del surco de menos de 50 m lineales	4
3.3.2. Riesgo de erosión por el aire	Menos del 15 por ciento de suelo cubierto	0
	Del 16 al 35 por ciento de suelo cubierto	1
	Del 36 al 55 por ciento de suelo cubierto	2
	Del 56 al 75 por ciento de suelo cubierto	3
	Del 76 al 95 por ciento de cubierto	4
3.4. Uso eficiente del agua de riego	Todos los canales de riego de tierra	0

	De 1 a 50 por ciento de canales revestidos con cemento	1
	De 51 a 75 por ciento de canales revestidos con cemento	2
	Más del 75 por ciento de canales revestidos con cemento	3
	Sistema de riego por goteo	4
3.5. Incorporación de terrenos a la agricultura	Menos de 1.0 ha	0
	De 1.1 a 2.0 ha	1
	De 2.1 a 3.0 ha	2
	De 3.1 a 4.0 ha	3
	Más de 4.1 ha	4
3.6. Uso de agroquímicos		
3.6.1. Uso de insecticidas	Más de 6 kg de i.a. ha ⁻¹ año ⁻¹	0
	De 4.1 a 6.0 kg de i.a. ha ⁻¹ año ⁻¹	1
	De 2.1 a 4.0 kg de i.a. ha ⁻¹ año ⁻¹	2
	De 0.1 2.0 kg de i.a. ha ⁻¹ año ⁻¹	3
	No usa insecticidas	4
3.6.2. Uso de fungicidas	Más de 6 kg de i.a. ha ⁻¹ año ⁻¹	0
	De 4.1 a 6.0 kg de i.a. ha ⁻¹ año ⁻¹	1
	De 2,1 a 4.0 kg de i.a. ha ⁻¹ año ⁻¹	2
	Menos de 2,0 kg de i.a. ha ⁻¹ año ⁻¹	3
	No usa fungicidas	4
3.6.3. Uso de herbicidas	Más de 15 kg de i.a. ha ⁻¹ año ⁻¹	0
	De 11 a 15.0 kg de i.a. ha ⁻¹ año ⁻¹	1
	De 6.0 a 10.0 kg de i.a. ha ⁻¹ año ⁻¹	2
	De 0.1 a 5.0 kg de i.a. ha ⁻¹ año ⁻¹	3
	No usa herbicidas	4
3.6.4. Uso de fertilizantes sintéticos	Más de 600 kg de nutrientes ha ⁻¹ año ⁻¹	0
	De 301 a 600 kg de nutrientes ha ⁻¹ año ⁻¹	1
	De 201 a 300 kg de nutrientes ha ⁻¹ año ⁻¹	2
	Menos de 200 kg de nutrientes ha ⁻¹ año ⁻¹	3
	No usa fertilizantes sintéticos	4
3.7. Incorporación de materia orgánica	No aplica materia orgánica	0
	Menos de 20 t ha ⁻¹ año ⁻¹	1
	De 20.1 a 40 t ha ⁻¹ año ⁻¹	2
	De 40.1 a 60 t ha ⁻¹ año ⁻¹	3
	más de 60 t ha ⁻¹ año ⁻¹	4
3.8. Diversidad biológica utilizada	Monocultivo (solo tuna)	0
	Tuna más otro cultivo, solo en el primer año	1

	Tuna más otro cultivo, en primer y segundo año	2
	Tuna más otro cultivo, también en el tercer año	3
	Tuna más otro cultivo durante todas las campañas	4
3.9. Pérdidas por plagas	Mayores a 50 por ciento de la producción	0
	De 16 a 50 por ciento de la producción	1
	De 11 a 15 por ciento de la producción	2
	De 5 a 10 por ciento de la producción	3
	Menos del 5 por ciento de la producción	4
3.10. Protección salud trabajador	Ninguna protección	0
	Tela o algodón para fosas nasales sin lentes	1
	Máscara protectora simple y lentes	2
	Máscara protectora contra polvo y lentes	3
	Ropa especial, máscara protectora contra polvo y lentes	4

Anexo 3: Análisis de varianza para el rendimiento de cochinilla del carmín en fresco (kg ha⁻¹) para la primera cosecha e infestación artificial con ninfas distribuidas al voleo.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig
Bloque	2	1712.64	856.32	0.11	6.94	N.S
Tratamiento	2	3476.14	1738.07	0.22	6.94	N.S
Error	4	31306.19	7826.54			
Total	8	36494.97				
CV	17.76					

Anexo 4: Análisis de varianza para el rendimiento de cochinilla del carmín en fresco (kg ha⁻¹) para la segunda cosecha y para infestación artificial con ninfas distribuidas al voleo.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig
Bloque	2	100104.84	50052.42	1.46	6.94	N.S
Tratamiento	2	48347.23	24173.61	0.70	6.94	N.S
Error	4	137051.83	34262.95			
Total	8	285503.91				
CV	16.42					

Anexo 5: Análisis de varianza para el rendimiento de cochinilla del carmín en fresco (kg ha⁻¹) para la suma de la primera cosecha y la segunda cosecha y para infestación artificial con ninfas distribuidas al voleo.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig
Bloque	2	127794.87	63897.43	1.33	6.94	N.S
Tratamiento	2	68361.43	34180.71	0.71	6.94	N.S
Error	4	190973.04	47743.26			
Total	8	387129.35				
CV	13.44					

Anexo 6: Análisis de varianza para el rendimiento de cochinilla seca (kg ha⁻¹) para la primera cosecha e infestación artificial con ninfas distribuidas al voleo.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig
Bloque	2	134.28	67.14	0.08	6.94	N.S
Tratamiento	2	657.13	328.56	0.43	6.94	N.S
Error	4	3070.51	767.63			
Total	8	3861.92				
CV	18.77					

Anexo 7: Análisis de varianza del rendimiento de cochinilla del carmín seca (kg ha⁻¹) para la segunda cosecha e infestación artificial con ninfas distribuidas al voleo.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig
Bloque	2	11768.86	5884.43	0.92	6.94	N.S
Tratamiento	2	4435.40	2217.70	0.34	6.94	N.S
Error	4	25508.16	6377.04			
Total	8	41712.43				
CV	18.84					

Anexo 8: Análisis de varianza para el rendimiento de cochinilla del carmín en seco (kg ha⁻¹) para la suma de la primera cosecha y la segunda cosecha y para infestación artificial con ninfas distribuidas al voleo.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig
Bloque	2	14417.13	7208.56	0.93	6.94	N.S
Tratamiento	2	6542.49	3271.24	0.42	6.94	N.S
Error	4	30913.53	7728.38			
Total	8	51873.16				
CV	15.38					

Anexo 9: Análisis de varianza para la relación peso fresco/peso seco de la cochinilla del carmín para la primera cosecha e infestación artificial con ninfas distribuidas al voleo.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig
Bloque	2	0.002	0.001	0.177	6.94	N.S
Tratamiento	2	0.092	0.046	7.373	6.94	*
Error	4	0.024	0.006			
Total	8	0.119				
CV	2.33					

Anexo 10: Análisis de varianza para la relación peso fresco/peso seco de la cochinilla del carmín de la segunda cosecha y para infestación artificial con ninfas al voleo.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig
Bloque	2	0.015	0.007	1	6.94	N.S
Tratamiento	2	0.027	0.013	1.75	6.94	N.S
Error	4	0.031	0.007			
Total	8	0.074				
CV	3.314					

Anexo 11: Análisis de varianza para el porcentaje de infestación de la cochinilla del carmín en fresco, para la primera cosecha y para infestación artificial con ninfas distribuidas al voleo.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig
Bloque	2	1.34	0.67	0.03	6.94	N.S
Tratamiento	2	86.18	43.09	1.61	6.94	N.S
Error	4	106.74	26.69			
Total	8	194.27				
CV	10.35					

Anexo 12: Análisis de varianza para el porcentaje de infestación de la cochinilla del carmín en fresco, para la segunda cosecha y para infestación artificial con ninfas distribuidas al voleo.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig
Bloque	2	37.33	18.67	2.53	6.94	N.S
Tratamiento	2	60.87	30.43	4.13	6.94	N.S
Error	4	29.46	7.37			
Total	8	127.66				
CV	5.07					

Anexo 13: Análisis de varianza para el rendimiento de cochinilla del carmín en fresco (kg ha⁻¹) para la primera cosecha e infestación artificial con ninfas en infestadores.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig
Bloque	2	19987.35	9993.67	1.56	6.94	N.S
Tratamiento	2	22675.50	11337.75	1.77	6.94	N.S
Error	4	25639.65	6409.91			
Total	8	68302.50				
CV	14.99					

Anexo 14: Análisis de varianza para el rendimiento de cochinilla del carmín en fresco (kg ha⁻¹) para la segunda cosecha y para infestación artificial con ninfas colocadas en infestadores.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig
Bloque	2	2246.92	1123.46	0.08	6.94	N.S
Tratamiento	2	76704.41	38352.20	2.67	6.94	N.S
Error	4	57504.58	14376.14			
Total	8	136455.91				
CV	10.77					

Anexo 15: Análisis de varianza para el rendimiento de cochinilla del carmín en fresco (kg ha⁻¹) para la suma de la primera cosecha y la segunda cosecha y para infestación artificial con ninfas en infestadores.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig
Bloque	2	15508.10	7754.05	0.43	6.94	N.S
Tratamiento	2	125184.88	62592.44	3.43	6.94	N.S
Error	4	72924.61	18231.15			
Total	8	213617.60				
CV	8.19					

Anexo 16: Análisis de varianza para el rendimiento de cochinilla del carmín en seco (kg ha⁻¹), primera cosecha y para infestación artificial con ninfas colocadas en infestadores.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig
Bloque	2	825.44	412.72	0.71	6.94	N.S
Tratamiento	2	884.20	442.10	0.76	6.94	N.S
Error	4	2318.13	579.53			
Total	8	4027.77				
CV	15.63					

Anexo 17: Análisis de varianza para el rendimiento de cochinilla del carmín en seco (kg ha⁻¹) para la segunda cosecha y para infestación artificial con ninfas colocadas en infestadores.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig
Bloque	2	1779.02	889.51	0.46	6.94	N.S
Tratamiento	2	8891.37	4445.68	2.31	6.94	N.S
Error	4	7689.48	1922.37			
Total	8	18359.86				
CV	10.48					

Anexo 18: Análisis de varianza para el rendimiento de cochinilla del carmín en seco (kg ha⁻¹) para la suma de la primera cosecha y la segunda cosecha y para infestación artificial con ninfas colocadas en infestadores.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig
Bloque	2	852.74	426.37	0.17	6.94	N.S
Tratamiento	2	12156.83	6078.41	2.44	6.94	N.S
Error	4	9981.73	2495.43			
Total	8	22991.3				
CV	8.73					

Anexo 19: Análisis de varianza para la relación peso fresco/peso seco de la cochinilla del carmín para la primera cosecha y para infestación artificial con ninfas colocadas en infestadores.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig
Bloque	2	0.12	0.06	1.89	6.94	N.S
Tratamiento	2	0.22	0.11	3.45	6.94	N.S
Error	4	0.13	0.03			
Total	8	0.47				
CV	5.16					

Anexo 20: Análisis de varianza para la relación peso fresco/peso seco de la cochinilla del carmín, segunda cosecha e infestación artificial con ninfas colocadas en infestadores.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig
Bloque	2	0.09	0.04	15.7	6.94	*
Tratamiento	2	0.02	0.01	3.7	6.94	N.S
Error	4	0.01	0.002			
Total	8	0.12				
CV	1.98					

Anexo 21: Análisis de varianza para el porcentaje de infestación de la cochinilla del carmín en fresco, para la primera cosecha y para infestación artificial con ninfas colocadas en infestadores.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig
Bloque	2	3.26	1.63	0.22	6.94	N.S
Tratamiento	2	49.77	24.89	3.29	6.94	N.S
Error	4	30.25	7.56			
Total	8	83.29				
CV	5.22					

Anexo 22: Análisis de varianza para el porcentaje de infestación de la cochinilla del carmín en fresco, para la segunda cosecha y para infestación artificial con ninfas colocadas en infestadores.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig
Bloque	2	21.19	10.59	58.44	6.94	*
Tratamiento	2	14.77	7.38	40.73	6.94	*
Error	4	0.73	0.18			
Total	8	36.68				
CV	0.75					