

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TESIS**

**“SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL DE LA ACTIVIDAD  
OLIVÍCOLA EN EL AGROECOSISTEMA LA YARADA - LOS  
PALOS, TACNA, 2022”**

**PARA OPTAR:  
TÍTULO DE SEGUNDA ESPECIALIDAD EN INGENIERÍA  
AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR:**

**Ing. RAUL CARTAGENA CUTIPA**

**TACNA – PERÚ**

**2023**

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS**

**“SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL DE LA ACTIVIDAD  
OLIVÍCOLA EN EL AGROECOSISTEMA LA YARADA - LOS  
PALOS, TACNA, 2022”**

**Tesis sustentada y aprobada el 31 de marzo de 2023; estando el jurado calificador integrado por:**

**PRESIDENTE : Mtra. MILAGROS HERRERA REJAS**

**SECRETARIO : M Sc. MARISOL MENDOZA AQUINO**

**VOCAL : Dr. GERMAN MAMANI AGUILAR**

**ASESOR : Dr. RICAHRD SABINO LAZO RAMOS**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Raul Cartagena Cutipa, en calidad de egresado de la Segunda Especialidad en Ingeniería Ambiental de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 01326695 declaro bajo juramento que:

1. Soy autor de la tesis titulada: *Sustentabilidad ambiental de la actividad olivícola en el agroecosistema La Yarada - Los Palos, Tacna, 2022*, la misma que presento para optar el *Título de Segunda Especialidad en Ingeniería Ambiental*
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, habiéndose respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico o título profesional
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a *La Universidad* cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis/trabajo de investigación, así como por los derechos sobre la obra.

En consecuencia, me hago responsable, frente a *La Universidad* y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que la obra haya sido publicada anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 31 de marzo de 2023



Raul Cartagena Cutipa  
DNI: 01326695

## **DEDICATORIA**

Esta tesis está dedicada a todos aquellos que contribuyeron a hacer posible su realización, especialmente a aquellos a quienes involuntariamente descuidé en mi búsqueda de metas personales. Su apoyo y comprensión son invaluable, y les agradezco por su paciencia y amor incondicional. Sin ustedes, este logro no habría sido posible. Esta dedicatoria es un humilde reconocimiento a su importancia en mi vida. Gracias por estar siempre presentes.

Raul

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco de todo corazón a Ember y Paola por formar parte de este equipo dedicado a explorar el complejo sistema hidrosocial. Su compromiso y entusiasmo han sido fundamentales en el desarrollo de esta investigación. Juntos, hemos superado desafíos, compartido conocimientos y aprendido de manera colaborativa. Su valiosa contribución ha enriquecido esta tesis y ha dejado una huella duradera en mi vida académica. Estoy profundamente agradecido por su dedicación, apoyo incondicional y amistad durante este apasionante viaje. ¡Gracias, Ember y Paola!

Raul

## ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADOS.....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD .....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS .....	x
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT .....	xii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Descripción del problema.....	3
1.2. Formulación del problema.....	5
2.1.1. Problema general.....	5
2.1.2. Problemas específicos.....	5
1.3. Justificación e Importancia.....	5
1.4. Objetivos.....	6
4.1.1. Objetivo General.....	6
4.1.2. Objetivos Específicos.....	6
1.5. Hipótesis.....	6
5.1.1. Hipótesis General .....	6
5.1.2. Hipótesis específicas .....	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	7
2.1. Antecedentes de la investigación.....	7
2.2. Bases Teóricas .....	9
2.2.1. Agro ecosistemas: estabilidad y resiliencia .....	9
2.2.2. Equilibrio dinámico.....	11
2.2.3. Modelos e indicadores de sustentabilidad.....	11
2.2.4. Modelos de Presión-estado-respuesta.....	11
2.2.5. Flujo de recursos en el agroecosistema.....	11
2.2.6. Flujos de energía .....	13
2.2.7. Flujo de recursos hídricos .....	13
2.2.8. Tecnológicos.....	13
2.2.9. Equidad y distribución de riqueza .....	14
2.2.10. Estabilidad económica .....	14

2.2.11. Generación de empleo.....	14
2.2.12. Migraciones .....	14
2.2.13. Externalidades .....	15
2.2.14. Eco toxicidad .....	15
2.2.15. Salinización y pérdida de suelo.....	15
2.3. Definición de términos .....	15
2.3.1. Contaminación ambiental.....	15
2.3.2. Resiliencia .....	16
2.3.3. Plaguicida agrícola.....	16
2.3.4. Sustentabilidad .....	16
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO .....	17
3.1. Diseño de la investigación .....	17
3.2. Acciones y actividades.....	17
3.2.1. Diseño del cuestionario.....	17
3.2.2. Identificación de la variable y dimensiones .....	18
3.2.3. Proceso de validación .....	19
3.2.4. Recolección de información .....	19
3.2.4.1. Diagnóstico y selección de indicadores de sostenibilidad .....	19
3.2.4.2. Análisis de indicadores según dimensiones.....	20
3.3. Muestra de estudio .....	21
3.4. Operacionalización de variables .....	21
3.5. Procesamiento y análisis de datos .....	22
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	24
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN .....	34
CONCLUSIONES .....	43
RECOMENDACIONES .....	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	46
ANEXOS.....	54

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Diferencias entre un agroecosistema y ecosistema natural.....	10
Tabla 2. Características de la muestra de estudio .....	21
Tabla 3. Operacionalización de variables .....	22
Tabla 4. Características de los indicadores cualitativos .....	29
Tabla 5. Características de los indicadores cuantitativos.....	30
Tabla 6. Matriz de estructura de componentes principales mediante una rotación Varimax.....	32

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flujo para el proceso de analítico jerárquico .....	20
Figura 2. Matriz de proceso de analítico jerárquico de comparación de criterios .....	26
Figura 3. Selección y priorización de indicadores de sostenibilidad para el agroecosistema la Yarada – Los Palos.....	27
Figura 4. Priorización específica por dimensiones.....	28
Figura 5. Gráficos de componentes en espacio rotado.....	33

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Formato de cuestionario aplicado .....	55
Anexo 2. . Matriz de comparación (AHP) .....	59
Anexo 3. Expertos seleccionados según el indicador Razón de Consistencia (RC)....	60
Anexo 4. Formato para selección de indicadores más representativos.....	61
Anexo 5. Priorización de indicadores mediante expertos.....	64
Anexo 6. Varianza total explicada para agrupación de dimensiones.....	65
Anexo 7. Calculo de GEI por el uso de fertilizantes por los agricultores de aceituna en La Yarada – Los Palos según el método de nivel 1 del IPCC.....	66
Anexo 8. Matriz de consistencia.....	67

## RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la sustentabilidad ambiental de la actividad olivícola en el agroecosistema del distrito La Yarada - Los Palos, Tacna, se realizaron diversas etapas. En primer lugar, se seleccionaron, priorizaron y diagnosticaron los indicadores más relevantes para evaluar la sustentabilidad, clasificándolos en dimensiones ambientales, sociales y económicas. Para la priorización de los indicadores, se utilizó un Proceso Analítico Jerárquico (AHP) con la participación de 12 expertos. Además, se empleó un cuestionario con preguntas estructuradas, aplicado a una muestra no probabilística de 61 propietarios de unidades productivas, para analizar los indicadores. La investigación se complementó con información de fuentes primarias. Los indicadores priorizados que describen la sustentabilidad del agroecosistema son los siguientes: autonomía de suministros, adaptabilidad a los procesos de innovación y aprendizaje, empleo del recurso hídrico, estabilidad y resiliencia del sistema, así como la equidad en la organización social y la productividad. Sin embargo, estos indicadores fueron considerados como los menos valorados, con un índice de consistencia (ICG) de 0,04, una Razón de consistencia (CR) de 1,2 % y un error relativo medio (MRE) de 17,4 %. No obstante, al analizar la información, se encontró que los indicadores más consistentes son el empleo de recursos hídricos y su variable calidad de agua (C. V. = 0,14), seguido de la adaptabilidad a los procesos de innovación y aprendizaje y su variable capacidad de innovación (C.V. = 0,11). En cuanto a la estabilidad y resiliencia del ecosistema, se destaca la estabilidad económica (C.V. = 0,11), y en lo que respecta a la equidad en la organización social, se identificaron las potenciales externalidades por acidificación del suelo (C.V. = 0,15). Por otro lado, los indicadores menos valorados (C.V. > 0,30) son la biodiversidad animal, la acidificación del suelo y la dependencia de subsidios. Finalmente, los indicadores se agruparon por dimensiones, en el siguiente orden de importancia: dimensión ambiental, dimensión económica y dimensión social (Káiser Mayer Holkin; autovalores > 1). En conclusión, se puede afirmar que el agroecosistema es dependiente del recurso hídrico, configurándose como un sistema hidrosocial

**Palabras clave:** sustentabilidad; agroecosistema; actividad olivícola.

## ABSTRACT

In order to evaluate the environmental sustainability of olive farming in the agroecosystem of the La Yarada - Los Palos district in Tacna, a series of steps were undertaken. Firstly, the indicators that have the greatest influence on sustainability were selected, prioritized, and analyzed, categorizing them into environmental, social, and economic dimensions. The prioritization of indicators was conducted through a Hierarchical Analytical Process (AHP) involving 12 experts. Additionally, a structured questionnaire was used to collect data from a non-probabilistic sample of 61 owners of productive units. The research was complemented by gathering information from primary sources. The prioritized indicators that describe the sustainability of the agroecosystem include supply autonomy, adaptability to innovation and learning processes, water resource utilization, system stability and resilience, as well as social equity and productivity. However, these indicators were considered the least valued, with a consistency index (ICG) of 0.04, a Consistency Ratio (CR) of 1.2%, and a mean relative error (MRE) of 17.4%. Nevertheless, upon analyzing the information, it was found that the most consistent indicators are the utilization of water resources and its variable of water quality (C.V. = 0.14), followed by adaptability to innovation and learning processes and its variable of innovation capacity (C.V. = 0.11). Regarding ecosystem stability and resilience, economic stability (C.V. = 0.11) was highlighted, while potential externalities due to soil acidification (C.V. = 0.15) were identified as significant in terms of social equity. The indicators that were least valued (C.V. > 0.30) include animal biodiversity, soil acidification, and dependence on subsidies. Lastly, the indicators were grouped according to dimensions, with the environmental dimension, economic dimension, and social dimension being identified in order of importance (Kaiser Mayer Holkin; eigenvalues > 1). Consequently, it can be concluded that the agroecosystem is dependent on water resources and can be considered a hydro-social system.

**Key words:** sustainability; agroecosystem; olive activity.

## INTRODUCCIÓN

En el transcurso del tiempo, la humanidad ha enfrentado diversas crisis, como las alimentarias, económicas, sociales, energéticas y ambientales (Cartea, 2006; Sánchez, 2014; Reynosa, 2015). Estas últimas han sido provocadas por el desmedido consumismo y la sobreexplotación de recursos, así como la contaminación del agua, entre otros factores, lo cual ha desencadenado el cambio climático que amenaza a la humanidad. Según las proyecciones de crecimiento de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), se espera que para el año 2050 haya 9 000 millones de personas en nuestro planeta, y alrededor de 11 000 millones hacia finales de siglo. Estas cifras demandarán más recursos, como alimentos, lo que hace necesaria una intensificación de la producción agrícola. Estas acciones serán aún más acuciantes en los países en desarrollo, donde los ecosistemas son más frágiles. Según la FAO (2022), la intensificación de la producción agrícola debe basarse en sistemas agrícolas que proporcionen a los productores y a la sociedad en general una variedad de beneficios socioeconómicos, ambientales y relacionados con la productividad.

Los productores de olivo, en su afán por aumentar sus ingresos, han recurrido a la expansión de la frontera agrícola, lo cual conlleva un uso indiscriminado de agua y, en ocasiones, de plaguicidas y fertilizantes. De hecho, en Tacna, que actualmente cuenta con 30,000 hectáreas de olivos en la zona de La Yarada-Los Palos (de las cuales el 15% carece de riego tecnificado), se espera alcanzar el límite de terrenos disponibles para nuevas áreas de cultivo el próximo año debido a la escasez de recursos hídricos (Agroline, 2022). Se estima que para el año 2022 se alcanzarán las 35,000 hectáreas sembradas, lo que podría generar no solo problemas ambientales, sino también sociales.

El desarrollo de la agricultura debe ser compatible con la sustentabilidad ambiental y su rentabilidad económica. Por lo tanto, es importante definir niveles de sustentabilidad mediante la estimación de indicadores y la síntesis de estas dimensiones para comprender los niveles de sustentabilidad (Bolívar, 2004). Según Castelán et al. (2014), en el caso de la evaluación de agroecosistemas, es necesario transformar aspectos complejos en conceptos más claros que permitan detectar tendencias a nivel de sistema, a través de índices. La estabilidad y resiliencia contribuyen a la capacidad del agroecosistema para mantener un equilibrio dinámico y estable a lo largo del tiempo, así como para recuperarse de perturbaciones graves y mantener beneficios (Astier et al., 2008). Por lo tanto, se requiere un enfoque holístico y sistémico a nivel

multidisciplinario para abordar la sustentabilidad y su medición, dado que es un proceso sumamente complejo (Badii, 2004).

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es evaluar los indicadores de sustentabilidad ambiental de las unidades productivas de olivos en los sistemas agrícolas de La Yarada - Los Palos, con el fin de proponer sistemas de producción más sustentables.

La investigación se estructura en cinco capítulos que se desarrollaron con el propósito de responder a las preguntas de investigación mediante un proceso analítico, así como formular conclusiones y recomendaciones.

## CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Descripción del problema

El capital natural que el ser humano aprovecha de los ecosistemas tiende a ser cada vez más limitado debido a la creciente demanda de recursos. En este sentido, los agroecosistemas son modificados por el ser humano con el objetivo de aumentar la producción de alimentos, fibras y, más recientemente, la obtención de biocombustibles. Es sabido que en esta tarea, los agroecosistemas requieren fuentes externas de energía para incrementar la productividad, lo que puede llevar a la reducción de la diversidad. Las plantas y animales dominantes son seleccionados por intereses humanos y no por procesos de selección natural, y los controles internos y la autorregulación pueden verse afectados. Además, las relaciones naturales en los agroecosistemas dan paso a relaciones más amplias con actores sociales, especialmente con tipos de agricultores capitalizados, agricultores familiares y aquellos que se dedican de forma parcial.

Después de las crisis ambientales y la escasez de recursos que ha enfrentado la humanidad, ha surgido un interés creciente en la evaluación de los agroecosistemas a través de diferentes enfoques, principalmente con un enfoque económico. Sin embargo, desde la perspectiva de la sustentabilidad, existen miradas esquivas o preocupaciones menos sólidas, y las propuestas metodológicas para evaluar la sustentabilidad mediante indicadores aún están en desarrollo, siendo dispersas y poco sistémicas.

Es importante destacar que debido al uso desmedido y sin control de los recursos, la humanidad ha enfrentado diversas crisis, como las crisis alimentarias, económicas, sociales, energéticas y ambientales (Cartea, 2006; Reynosa, 2015). Estas crisis son causadas por el consumismo excesivo y la sobreexplotación de los recursos, incluida la contaminación del agua, lo que ha provocado el cambio climático que amenaza a la humanidad. Según las proyecciones de crecimiento de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), se espera que para el año 2050 haya 9 000 millones de personas en nuestro planeta y alrededor de 11 000 millones a fines de siglo. Esto generará una mayor demanda de recursos, como alimentos, lo que implica la necesidad de intensificar la producción agrícola. Estas acciones serán más pronunciadas en países en desarrollo, donde los ecosistemas son más frágiles. Según la FAO (2022), la intensificación de la producción agrícola se basará en sistemas que ofrezcan una variedad de beneficios socioeconómicos, ambientales y relacionados con la productividad tanto a los productores como a la sociedad en general.

La realidad local no parece estar alejada de las estadísticas y predicciones. Desde la llegada del olivo del viejo mundo, este producto de origen mediterráneo ha experimentado un desarrollo productivo significativo en la región de Tacna, adquiriendo una importancia económica creciente en los últimos años y dando lugar a una expansión no planificada de la frontera agrícola en el distrito de La Yarada Los Palos. Esto se debe principalmente a la necesidad de asegurar el suministro de recursos hídricos, lo cual constituye un problema crítico en la región de Tacna.

Con el fin de aumentar sus ingresos, los productores de olivo han recurrido a ampliar la frontera agrícola y han utilizado el agua de manera descontrolada, así como pesticidas y fertilizantes indiscriminadamente en algunas ocasiones. Actualmente, Tacna cuenta con 30,000 hectáreas de olivos en la zona, de las cuales el 15% no dispone de sistemas de riego tecnificados. Se estima que el próximo año se alcanzará el límite de tierras disponibles para nuevas áreas de cultivo debido al acceso limitado a los recursos hídricos (Agroline, 2022). Se espera que para el 2022 se alcance la cifra de 35,000 hectáreas sembradas, lo cual podría ocasionar no solo problemas ambientales, sino también sociales.

Es importante que el desarrollo de la agricultura sea compatible tanto con la rentabilidad económica como con la sustentabilidad ambiental. Por lo tanto, resulta crucial definir los niveles de sustentabilidad mediante la estimación de indicadores y la síntesis de estas dimensiones para evaluar los niveles de sustentabilidad (Bolívar, 2011). Según Castelán et al. (2014), en la evaluación de los agroecosistemas, es necesario transformar aspectos complejos en conceptos más claros que permitan detectar tendencias en el sistema, lo cual se logra a través de la creación de índices. La estabilidad y la resiliencia son elementos clave para que el agroecosistema pueda mantener un equilibrio dinámico y estable a lo largo del tiempo, así como la capacidad de recuperarse de perturbaciones graves y mantener beneficios (Astier et al., 2008). Por lo tanto, abordar la sustentabilidad y su medición requiere un enfoque holístico y sistémico a nivel multidisciplinario, ya que es un proceso sumamente complejo (Badii, 2004).

En consecuencia, el objetivo de la investigación es evaluar los indicadores de sustentabilidad ambiental de las unidades productivas de olivo en los sistemas agrícolas de La Yarada - Los Palos, con el propósito de proponer sistemas de producción más sustentables.

## **1.2. Formulación del problema**

### **2.1.1. Problema general**

¿Qué características tiene la sustentabilidad ambiental de la actividad olivícola en el agroecosistema La Yarada – Los Palos, Tacna?

### **2.1.2. Problemas específicos**

- a. ¿Cuáles son los indicadores relacionados con la actividad Olivícola que representan la sustentabilidad del agroecosistema La Yarada - Los Palos?
- b. ¿Qué indicadores ambientales tienen mayor predominancia sobre la sustentabilidad ambiental de la actividad olivícola en el agroecosistema La Yarada - Los Palos?
- c. ¿Qué características presentan las dimensiones ambiental, social y económica que representan la sustentabilidad ambiental de la actividad olivícola en el agroecosistema La Yarada - Los Palos?

## **1.3. Justificación e Importancia**

La importancia de esta investigación radica en analizar la sustentabilidad ambiental de la actividad olivícola en el agroecosistema de La Yarada - Los Palos, específicamente en la etapa de producción primaria, donde se generan impactos ambientales debido al uso indiscriminado de recursos, como el agua. Mediante la identificación de indicadores ambientales relevantes, se busca proponer mecanismos que promuevan una actividad más sustentable.

El cultivo del olivo es una de las principales actividades económicas del distrito, que involucra a una gran cantidad de trabajadores a lo largo de toda la cadena productiva y tiene una influencia significativa en el Producto Bruto Interno (PBI) regional. Sin embargo, los impactos ambientales de esta actividad en las unidades productivas no han sido evaluados ni cuantificados hasta el momento. Desde una perspectiva económica, la identificación de indicadores que generen impactos negativos en el sistema productivo permitiría ordenar y optimizar los recursos, minimizar las pérdidas y evitar daños al medio ambiente, garantizando así la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales renovables. Esto a su vez puede generar mayores ingresos económicos para la población productora.

Además, cabe mencionar que la mano de obra empleada en la actividad olivícola es en su mayoría no calificada y su incorporación suele ser informal. La medición de

indicadores puede ayudar a gestionar mejor esta mano de obra, y al controlar o reducir los impactos ambientales, se puede mejorar el entorno natural, beneficiando a los pobladores locales y logrando la sustentabilidad de la actividad desde una perspectiva social.

#### **1.4. Objetivos**

##### **4.1.1. Objetivo General**

Evaluar la sustentabilidad ambiental de la actividad olivícola en el agroecosistema La Yarada – Los Palos.

##### **4.1.2. Objetivos Específicos**

- a. Diagnosticar y seleccionar indicadores relacionados con la actividad Olivícola que representan la sustentabilidad del agroecosistema La Yarada - Los Palos
- b. Determinar que indicadores tienen mayor predominancia sobre la sustentabilidad de la actividad olivícola en el agroecosistema La Yarada - Los Palos
- c. Determinar qué características presentan las dimensiones ambiental, social y económica que representan la sustentabilidad ambiental de la actividad olivícola en el agroecosistema La Yarada - Los Palos

#### **1.5. Hipótesis**

##### **5.1.1. Hipótesis General**

La actividad olivícola en el agroecosistema La Yarada – Los Palos, presenta problemas de sustentabilidad.

##### **5.1.2. Hipótesis específicas**

- a. Los indicadores de sustentabilidad ambiental de mayor incidencia en la actividad olivícola, es el empleo de recursos y la estabilidad y resiliencia del agroecosistema
- b. La dimensión ambiental tiene mayor predominancia sobre la sustentabilidad ambiental de la actividad olivícola

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

Diversas investigaciones se han llevado a cabo para determinar indicadores ambientales en diferentes áreas, sin embargo, en lo que respecta a la producción del olivo, los estudios se han limitado principalmente a la huella ecológica como indicador. Aunque los indicadores ambientales pueden medirse de diferentes formas, en esta investigación se consideran los siguientes antecedentes que se aproximan en concepto y metodología:

El primer antecedente relevante es el estudio realizado por Hernández et al. (2004), quienes investigaron la huella ecológica del cultivo del olivo en España y su aplicabilidad como indicador de agricultura sostenible. El objetivo del estudio fue determinar la sostenibilidad ecológica del cultivo y el riesgo de desertificación. Aplicando el cálculo del indicador de huella ecológica (HE) al cultivo del olivo, se comparó con la biocapacidad del olivar en el campo español. Los resultados mostraron un déficit ecológico de 0,0269 Ha/pc y una biocapacidad de 0,08036 Ha/pc para cultivos en régimen de laboreo con suelo desnudo, mientras que en régimen de no laboreo con suelo desnudo se obtuvo un déficit ecológico de 0,03372 ha/pc y una biocapacidad de 0,08036 Ha/pc. Estos resultados indican que el cultivo del olivo es una actividad sostenible. Sin embargo, existen condiciones insostenibles cuando se rompen tierras marginales en laderas con fuertes pendientes sin construcción de terrazas, o cuando los agricultores aran el terreno en el sentido de máxima pendiente.

Por otro lado, Guzmán y Alonso (2006) llevaron a cabo un análisis de la sustentabilidad de la olivicultura ecológica en la provincia de Granada. Para ello, realizaron encuestas a los olivereros ecológicos de la provincia, entrevistando a un total de 100 personas. Los resultados mostraron, en una escala del 0 al 1, una mayor productividad del olivar ecológico por unidad de superficie (1) y por unidad de energía renovable (1), mientras que la agricultura convencional proporcionó un mayor número de jornales (1) y un costo de producción por hectárea similar. Desde el punto de vista varietal, se observó que la sustentabilidad depende más de la comarca donde se encuentra el olivar que de su estilo de manejo. La integración de estos indicadores demostró una mayor sustentabilidad en la producción ecológica.

Del mismo modo, Alderete (2011) llevó a cabo un estudio sobre la producción de olivos en el valle central de Catamarca, donde determinó y valoró económicamente

el impacto ambiental de las prácticas de producción en el recurso suelo. Utilizando el marco conceptual de cadena causal Fuerza Motriz, Presión, Estado, Impacto, Respuesta, se seleccionaron los indicadores correspondientes. Los indicadores de uso del suelo y su variación en el tiempo se generaron a partir de imágenes satelitales LANSAT TM de los años 1989 y 2006. Los indicadores de explotación productiva, estado del suelo sin y con cultivo y su variación en el tiempo, se determinaron mediante muestreos de suelo en parcelas con diferentes años de cultivo (2, 3, 5, 6 y 9) en un caso de estudio de 800 hectáreas, utilizando un monte natural como referencia. Se analizaron los parámetros fisicoquímicos del suelo. Las tendencias obtenidas se relacionaron con el contexto regional y se verificaron en dos sitios productivos, en parcelas con 6 y 9 años de cultivo. Los resultados se vincularon con la tecnología de producción utilizada por el sector, obtenida a través de encuestas, y con las características del agua de riego. Utilizando los índices físicos de evolución del recurso y las características del agua de riego, se modeló una situación proxy de evolución del recurso a nivel regional, a partir de la cual se realizó una valoración económica del impacto utilizando el método de Costos Evitados. Los resultados indican que hubo una intensificación del uso del suelo en la región del 23 % hasta 2006, lo cual fue responsable del impacto negativo en la calidad del agua de riego, produciendo sodificación del suelo. Este impacto, medido mediante el PSI (Porcentaje de Sodio Intercambiable), es función de la proporción de sodio en el agua de riego y del tiempo de cultivo. Se determinó un valor económico de \$29,382 por hectárea para mitigar los efectos y preservar los servicios ambientales, el cual representa el costo ambiental a evitar si el sector incorpora este factor en su ecuación de costos.

Por otra parte, Guzmán y Alonso (2006) evaluaron la sostenibilidad agraria desde una perspectiva agroecológica, considerando aspectos económicos, sociales y ambientales. Compararon la producción de aceite de oliva ecológico y convencional en la comarca de Los Pedroches (Córdoba, España), utilizando la metodología MESMIS. Se formularon 17 indicadores de sostenibilidad, y en 13 de ellos se obtuvieron valores superiores en el olivar ecológico. Esta evaluación demostró que las diferentes prácticas y tecnologías aplicadas en el cultivo ecológico y convencional del olivar hacen que el primero presente un nivel más alto de sostenibilidad global. Por lo tanto, el cultivo ecológico del olivar y la venta de aceite ecológico pueden ser un estímulo para aumentar los beneficios económicos de los olivicultores, al tiempo que se preservan los recursos naturales. Los resultados obtenidos permiten poner de manifiesto algunos aspectos relevantes a la hora de diseñar políticas de desarrollo rural relacionadas con este sector; especialmente en aquellas zonas con una importante presencia de este cultivo.

Mientras tanto, Bravo et al. (2020) llevaron a cabo un estudio para determinar los indicadores ambientales y el índice general de sostenibilidad ambiental de las unidades de producción de maíz amarillo duro en el valle de Pativilca. Para ello, aplicaron 73 encuestas con preguntas estructuradas en la dimensión ambiental. Para calcular el Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ) y el Impacto Ambiental (IE), obtuvieron los valores de EIQ para 12 pesticidas activos. Luego calcularon la proporción de uso en el campo para establecer el valor de impacto ambiental en el campo (EI), multiplicando el EIQ por la dosis, el porcentaje del ingrediente activo y el número de aplicaciones de cada pesticida. Para definir los niveles de sostenibilidad ambiental, utilizaron herramientas metodológicas de análisis multicriterio. Los datos se ordenaron en una escala de valor de 1 a 5, donde 1 representa el menor nivel de sostenibilidad y 5 el nivel ideal de sostenibilidad. Los resultados revelaron un IE de 101,11 ha<sup>-1</sup>, lo cual indica un alto impacto negativo en la población y el medio ambiente debido a prácticas inadecuadas en la gestión de agroquímicos, con graves repercusiones en la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. El índice de sustentabilidad ambiental obtenido, de 2,54, representa un nivel muy bajo en la escala establecida en el estudio de sustentabilidad, ya que se encuentra por debajo del umbral mínimo aceptable de sostenibilidad. Los indicadores que menos contribuyeron a la sustentabilidad de las unidades de producción de maíz amarillo en el valle de Pativilca fueron la gestión y conservación de suelos, la gestión de plagas y la gestión del agua, con valores de 2,39, 2,32 y 2,90 respectivamente. Estos índices se encuentran en un rango crítico dentro de la escala de sustentabilidad, lo que indica una baja contribución a la sostenibilidad ambiental del sistema de producción.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Agro ecosistemas: estabilidad y resiliencia**

La manipulación y alteración que lleva a cabo el ser humano en los ecosistemas con el fin de producir alimentos hace que los agroecosistemas sean muy diferentes a los sistemas naturales, aunque puedan compartir algunos procesos, estructuras y características. Según Gliessman (2002), existen diferencias clave entre un sistema natural y un agroecosistema, que se describen a continuación:

#### *a. Flujo de energía*

El flujo de energía de un agroecosistema es alterado significativamente por interferencia humana.

*b. Ciclo de nutrientes*

En la mayoría de los agroecosistemas, el reciclaje de nutrientes es mínimo, ya que gran parte de ellos abandona el sistema con la cosecha o se pierde debido a la lixiviación o erosión, principalmente por la falta de biomasa permanente.

*c. Autoregulación*

Las plantas y animales en los agroecosistemas rara vez se autorregulan debido a la reducción de los niveles tróficos, siendo controladas principalmente por los humanos. Esto resulta en una reducción de la diversidad biológica y aumenta el riesgo de proliferación catastrófica de plagas

*d. Estabilidad*

Los agroecosistemas son menos resistentes a las perturbaciones debido a su reducida diversidad en estructura y función. La prioridad dada a la cosecha casi exclusivamente domina cualquier intento de autoequilibrio.

En la tabla 1, se muestran las diferencias entre un agroecosistema y ecosistema natural.

**Tabla 1**

*Diferencias entre un agroecosistema y ecosistema natural*

<b>Procesos /actividades</b>	<b>Ecosistema natural</b>	<b>Agroecosistema</b>
Objetivo	Ninguno	Utilitario
Responsable	Nadie	Agricultor
Fuente de energía	Solar	Solar + Artificial
Productividad neta	Media	Alta
Interacciones tróficas	Compleja	Simple, linear
Diversidad de especies	Alta	Baja
Diversidad Genética	Alta	Baja
Ciclo de nutrimentos	Cerrado	Abierto
Estabilidad (Capacidad de recuperación o resiliencia)	Alta	Baja
Control humano	Independiente	Independiente
Heterogeneidad del hábitat	Compleja	Simple
Aprovechamiento de recursos	Alta	Baja
Continuidad espacio temporal	Alta	Baja
Sincronización entre plantas y microorganismos	Alta	Baja
Lixiviación de nutrientes	Baja	Alta
Erosión	Baja	Alta
Estabilidad	Alta	Baja

*Nota.* Adaptado de Gliessman (2002) y Sarandon (2002) Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible.

### **2.2.2. Equilibrio dinámico**

La estabilidad de un sistema no implica que esté en un estado estacionario; por el contrario, es dinámico y altamente fluctuante. Esto permite que el ecosistema se recupere después de una perturbación, como señala Connell (1978) citado por Bover-Felices y Suarez-Hernández (2020). Además, se indica que esta capacidad de recuperación promueve el establecimiento de un equilibrio ecológico dinámico que se basa en el uso sostenible de recursos, lo que permite que el ecosistema se mantenga a largo plazo o se adapte a los cambios del entorno.

### **2.2.3. Modelos e indicadores de sustentabilidad**

El término "sustentabilidad" se refiere a un conjunto de aspectos agroecológicos que deben cumplirse en cualquier terreno, independientemente de las diferencias en el manejo, nivel económico o ubicación en el paisaje. Algunos indicadores de sustentabilidad propuestos por Loaiza et al. (2014) incluyen el manejo del suelo y la cobertura, el manejo del agua, los aspectos socioeconómicos y político-institucionales, así como los indicadores de manejo y disposición de residuos sólidos.

### **2.2.4. Modelos de Presión-estado-respuesta**

El modelo de presión, estado e interacción es una forma de ver los eventos ambientales a través de cadenas causales, ya que existe una relación causal entre las actividades humanas y las características ambientales, según Barron (2011). Este modelo clasifica los indicadores ambientales en:

- a. Indicadores que reflejan la presión ejercida por las actividades humanas sobre el medioambiente (presión directa e indirecta)
- b. Indicadores que muestran el estado del medioambiente (condición que, evaluada en el tiempo)
- c. Indicadores que muestran la respuesta de la sociedad a las presiones actuales y cambios en el estado de cosas

### **2.2.5. Flujo de recursos en el agroecosistema**

Un ecosistema agrícola se caracteriza por ser sometido a modificaciones continuas en sus componentes bióticos y abióticos con el fin de producir alimentos, lo que afecta todos los procesos ecológicos, desde el comportamiento de los habitantes hasta la flora, fauna, dinámica y composición, y los flujos de energía (Echevarría, 2014).

Según Fernández (2015) los flujos de recursos se clasifican en recursos naturales, humanos, de capital y de producción:

- *Recursos naturales:*

Estos son los elementos que provienen del suelo, el agua, el clima y la vegetación natural, que los agricultores aprovechan en el proceso de producción agrícola. Los componentes más importantes de estos recursos naturales incluyen el área de la finca y su topografía, el grado de fragmentación de la propiedad, la ubicación en relación a los mercados, la profundidad y el estado químico del suelo, la disponibilidad de agua superficial y subterránea, la precipitación media, la evaporación, la temperatura, la radiación solar y la vegetación natural.

- *Recursos humanos:*

Incluyen a las personas que viven y trabajan en la finca, y que explotan los recursos de la misma en la producción agrícola, ya sea por incentivos económicos o tradicionales. Los factores que afectan a estos recursos son el número de personas en la finca (fuerza de trabajo y productividad), la capacidad para el trabajo (nutrición y salud), la inclinación hacia el trabajo (estatus económico y actitudes culturales) y la flexibilidad en el trabajo (variaciones estacionales y demanda laboral).

- *Recursos de capital:*

Estos incluyen bienes y servicios que pueden ser creados, comprados o proporcionados por personas asociadas a las fincas para facilitar la explotación de los recursos naturales y la producción agrícola. La financiación se puede dividir en cuatro categorías: recursos permanentes (modificaciones duraderas de la tierra y los recursos hídricos), recursos semipermanentes (que se deprecian y deben ser reemplazados, como establos, cercas, máquinas, equipos, etc.), recursos operativos consumibles (utilizados en las operaciones diarias de la finca, como fertilizantes, abonos y semillas) y recursos potenciales (no pertenecen al agricultor, pero pueden ser utilizados en el proceso productivo, como créditos).

- *Recursos de producción:*

Constituyen los productos agrícolas de la finca, como cultivos y ganado, que se convierten en capital cuando se venden o se convierten en residuos para

compostaje y se reinvierten en el sistema. Estos recursos pueden ser cultivos y ganado.

#### **2.2.6. Flujos de energía**

Según Bover-Felices y Suarez-Hernández (2020), en algunos sistemas, la biomasa que representa energía acumulada se mantiene en el sistema para contribuir al funcionamiento de importantes procesos internos. De esta forma, los residuos orgánicos devueltos al suelo pueden servir como fuente de energía para los microorganismos, que son esenciales para el reciclaje más eficiente de los nutrientes, y permiten reducir el uso de insumos agroquímicos. En relación a esto, Odum (1971) indica lo siguiente:

"La energía fluye a través del ecosistema natural como resultado de un complejo conjunto de interacciones tróficas, con ciertas cantidades disipadas en diferentes puntos y momentos de la cadena alimentaria. Finalmente, en este ecosistema, la mayor cantidad de energía se mueve por la ruta de los desechos" (p. 95).

#### **2.2.7. Flujo de recursos hídricos**

Las acciones realizadas en los ecosistemas en su conjunto contribuyen a cambios en la cantidad y calidad del agua en toda la cuenca a la que pertenecen. De esta manera, las acciones de los agricultores en las tierras altas de la cuenca pueden afectar los riesgos de inundación en las tierras bajas o incluso afectar el suministro de agua potable en centros urbanos (Pajuelo, 2010).

Los servicios de agua también pueden cerrar la brecha entre los actores rurales y urbanos para construir una visión más clara y equitativa del sistema.

Existe una asimetría en el uso del agua entre los sectores rural y urbano, lo que hace necesario vincular los servicios de agua con la producción de manera calificada, consensuada y políticamente madura.

#### **2.2.8. Tecnológicos**

En el ecosistema, el cambio tecnológico representa un cambio evolutivo a largo plazo, o alternatively, el abandono abrupto y forzado, o la degradación o colapso del sistema. En un ecosistema agrícola más dinámico, los agricultores están continuamente innovando y adaptando tecnologías para aprovechar oportunidades y resolver problemas actuales (Brookfield et al., 2002).

### **2.2.9. Equidad y distribución de riqueza**

El desafío del desarrollo equitativo es aumentar las oportunidades económicas; sin embargo, en la actualidad, el suministro de bienes y servicios sigue siendo negativo y escaso en algunos casos. Por lo tanto, la equidad y la distribución de la riqueza deben considerar las limitaciones ambientales.

Asimismo, la justicia social estará en peligro si sigue aumentando la brecha entre aquellos que tienen acceso a los bienes y servicios ecológicos y aquellos que no (Pavan, 2008).

### **2.2.10. Estabilidad económica**

El ecosistema proporciona a los habitantes una infinidad de riquezas en forma de bienes y servicios, denominados servicios ecosistémicos. También proporciona sumideros para los residuos. Por lo tanto, la estabilidad económica de todas las sociedades está intrínsecamente relacionada con los servicios de los ecosistemas y depende directamente de ellos. Sin embargo, en los últimos 50 años, los servicios proporcionados han disminuido radicalmente debido a la sobreexplotación. Actualmente, la forma de organización de la economía no le da suficiente importancia a la dependencia de la naturaleza. No existen economías sin entornos naturales, pero sí hay entornos naturales sin economía (Pavan, 2008).

### **2.2.11. Generación de empleo**

El crecimiento de la población y el aumento de la riqueza están relacionados con el uso insostenible de los recursos del ecosistema desde hace muchos años. Estas acciones, a su vez, generan empleo. Por lo tanto, existe una asociación directa entre la generación de empleo y el flujo de recursos (Pavan, 2008). La existencia o el deterioro del empleo también puede dar lugar al fenómeno migratorio. En los agroecosistemas, pueden generarse crisis de empleo debido a la caída de precios de los productos o recursos que se producen en ellos.

### **2.2.12. Migraciones**

Según Ruiz (2018), históricamente, los seres humanos se han caracterizado por su faceta nómada y los cambios en el medio ambiente no son una novedad. Las migraciones están compuestas principalmente por pobladores rurales pobres que aprovechan los ciclos productivos del ecosistema o su capacidad para brindar servicios. En este caso, pueden producirse procesos de desplazamiento de poblaciones hacia los frentes de colonización, lo que incrementa la frontera agrícola y somete al

agroecosistema a una gran vulnerabilidad social y ambiental a medida que se agotan las tierras y los recursos como el agua (Cordero, 2006).

### **2.2.13. Externalidades**

Como se sabe, existe un flujo de recursos en el ecosistema y, a su vez, se requieren insumos y el empleo de energía. Los individuos toman decisiones de consumo, producción e inversión que pueden afectar a terceros que no participan directamente en esas transacciones. En ese sentido, Vásquez (2014) define la externalidad como el *"efecto negativo o positivo de la producción o consumo de algunos agentes sobre la producción o consumo de otros, por los cuales no se realiza ningún pago o cobro"*.

### **2.2.14. Eco toxicidad**

Conocer la ecotoxicidad es fundamental para identificar ciertos compuestos que causan daño al medio ambiente y que pueden ser evitados. Los mayores contaminantes de origen antropogénico en los ambientes naturales son los plaguicidas que se aplican frecuentemente en la actividad agrícola (Valderrama et al., 2012). En el caso de medios terrestres, pueden presentarse en plantas y organismos no objetivo del suelo, mientras que en medios acuáticos afectan principalmente a algas y plantas acuáticas, invertebrados acuáticos y peces (UNIKA, 2020).

### **2.2.15. Salinización y pérdida de suelo**

La salinización es el proceso de acumulación de sales en el perfil del suelo. Por un lado, la salinización de tierras secas no irrigadas se produce debido al reemplazo de la vegetación nativa perenne de raíces profundas por cultivos anuales de raíces poco profundas. Por otro lado, la salinización por irrigación ocurre como consecuencia del riego excesivo y la falta de drenaje adecuado. Este proceso puede acelerarse debido a la baja calidad del agua de riego, baja conductividad hidráulica y condiciones de alta evaporación. En las zonas áridas y semiáridas, al irrigar se altera el régimen de humedad del suelo y el agua no utilizada por los cultivos se escurre sub-superficialmente (Abraham, 2002; Amezketa, 2006; Zhou, 2013).

## **2.3. Definición de términos**

### **2.3.1. Contaminación ambiental**

Cualquier cambio realizado en un ecosistema es un ejemplo del impacto que tiene en los ecosistemas del páramo. Los páramos son uno de los ecosistemas más frágiles, su pequeña extensión los hace muy vulnerables, y la principal causa de su degradación es

la introducción de la ganadería, la agricultura y el aumento de las actividades mineras, además del cambio climático global (Segura y Cubides, 2017).

### **2.3.2. Resiliencia**

La resiliencia es la capacidad que tiene un cuerpo para adaptarse, vista desde la perspectiva de la física, destacando su capacidad de resistir, ser fuerte y no deformarse (Salgado A, 2005).

### **2.3.3. Plaguicida agrícola**

El término plaguicida se refiere a cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar organismos perjudiciales. Se utilizan en sistemas de cultivo (Attia, 2006).

### **2.3.4. Sustentabilidad**

La sustentabilidad, en su sentido amplio, implica la producción de bienes y servicios que satisfacen las necesidades humanas y garantizan una mejor calidad de vida para la población en general, utilizando tecnologías limpias en una relación no destructiva con la naturaleza, con la participación de los ciudadanos en las decisiones del proceso de desarrollo, mejorando las condiciones ambientales y haciendo uso de los recursos naturales dentro de los límites de regeneración y crecimiento de la naturaleza (Zarta, 2018).

## **CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1. Diseño de la investigación**

La tesis es de tipo descriptiva y transversal, ya que es un proceso sistemático de recopilación de información en el que no se manipulan variables y se observa el fenómeno midiendo a través de las variables. Además, es un estudio transversal, ya que se llevó a cabo en un período de tiempo limitado. En este sentido, Hernández et al. (2010) señalan que los diseños de investigación transversal tienen como objetivo recopilar datos en un solo momento. Su finalidad es describir las variables para analizar su incidencia e interrelación en un tiempo determinado. Por lo tanto, son estudios netamente descriptivos y, cuando se establecen hipótesis, estas también son descriptivas.

### **3.2. Acciones y actividades**

Dado que la tesis es de tipo descriptiva, implica que la medición de las variables identificadas se realice mediante instrumentos. Por lo tanto, el instrumento principal utilizado fue un cuestionario para recopilar información de los productores, mientras que para obtener información estadística se recurrió a bases de datos disponibles en instituciones relacionadas con la actividad. En el caso de la información que no era posible obtener mediante los procedimientos anteriores, se recopiló a través de muestreo directo utilizando una ficha de muestreo u observación.

Las actividades de su ejecución se describen en las siguientes acciones:

#### **3.2.1. Diseño del cuestionario**

El cuestionario es un instrumento utilizado para recopilar información, diseñado para cuantificar y universalizar la información, y estandarizar el procedimiento de la encuesta. Su finalidad es lograr la comparabilidad de la información (Arribas, 2004). En este sentido, el cuestionario se diseñó de acuerdo con las variables identificadas, especificando las preguntas según las dimensiones y sus escalas de medición, con el objetivo de realizar un escalado acumulativo según las dimensiones que permita obtener puntuaciones globales para el análisis descriptivo y estadístico. El cuestionario consta de 44 preguntas con respuestas abiertas y cerradas (Ver anexo 1).

### 3.2.2. Identificación de la variable y dimensiones

Con las variables y dimensiones identificadas según el planteamiento del problema, se determinó si la medición era de actitud, conducta o conocimiento, asegurando que el sentido de la pregunta fuera positivo y sin sesgos. La definición de las escalas fue importante, ya que su estructura se relacionaba con la forma de aplicación y administración, en este caso, se aplicó de forma presencial.

#### a. *Composición de los ítems*

El cuestionario se ajustó en función de los ítems relacionados con las variables, y se realizaron preguntas con respuestas cerradas y abiertas.

#### b. *Ítems y contenido*

De acuerdo con los indicadores planteados, se consideraron los ítems previstos en la operacionalización de las variables, distribuyéndolos de manera proporcional y representativa por cada dimensión y variables definidas previamente en la tesis. En cuanto al contenido, el cuestionario se clasificó como multidimensional, con al menos tres dimensiones.

#### c. *Definición y ordenación*

Los ítems fueron mutuamente excluyentes, y se realizó un análisis exhaustivo para ello. La ordenación de los ítems estuvo estrechamente relacionada con el flujo de las preguntas, el lenguaje utilizado y el tipo de escala adoptada. Los criterios para la redacción de las preguntas fueron brevedad y facilidad de comprensión, evitando palabras que induzcan sesgos, formulando preguntas en forma afirmativa y evitando interrogaciones con respuestas obvias o que requieran cálculos.

#### d. *Codificación de las respuestas*

En el primer apartado de datos sociodemográficos, se utilizaron escalas nominales y dicotómicas para medir las respuestas. En la medición de los ítems relacionados con las variables, se emplearon escalas nominales, las cuales son útiles en mediciones de este tipo y pueden adaptarse según el tipo de investigación que se esté llevando a cabo (Torres y Padilla, 2013).

### **3.2.3. Proceso de validación**

Para el proceso de validación, una vez diseñado el esquema del cuestionario definitivo, se llevó a cabo una prueba piloto y se analizaron las propiedades métricas de la medición. El cuestionario se aplicó al 10 % de la muestra con el fin de identificar las preguntas más adecuadas, corregir los enunciados, categorizar las preguntas, verificar la lógica del ordenamiento interno y estimar la duración del cuestionario definitivo. Además, se utilizó el análisis multivariado específico para probar las escalas de medida. También se realizó un análisis de concordancia interna de los contenidos de las preguntas y su forma de aplicación, estandarizando así los procesos de recolección de información y su posterior análisis.

### **3.2.4. Recolección de información**

La recolección de información consistió en la aplicación del cuestionario de forma presencial, tomando como unidad de análisis las unidades productivas de olivo del distrito La Yarada - Los Palos. Después de la recolección de información, se procedió a la codificación en una base de datos con el objetivo de generar datos accesibles para realizar análisis estadísticos.

#### **3.2.4.1. Diagnóstico y selección de indicadores de sostenibilidad**

La evaluación se llevó a cabo utilizando indicadores elaborados en función de la productividad, la estabilidad, la resiliencia, la equidad, la autonomía y la adaptabilidad (consultar tabla 3), y se compararon con las unidades productivas de cada sector para analizar la sostenibilidad del agroecosistema en el área de estudio. Se aplicó metodológicamente el análisis multivariado de Sarandón (2002), que busca que los indicadores sean factibles de obtener e interpretar, y que proporcionen la información necesaria para detectar tendencias en el área de estudio, como la agrupación bajo un orden específico.

La selección de indicadores se realizó mediante la metodología del Proceso de Análisis Jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés), que es una técnica de decisión multicriterio propuesta por T.L. Saaty. Esta metodología combina aspectos tangibles e intangibles para obtener las prioridades asociadas con las alternativas del problema. Se divide en cuatro etapas (Casabán, 2020):

##### *a. Modelización*

En esta etapa se estableció la jerarquía y se determinaron los puntos más importantes que pueden afectar al proceso al tomar decisiones.

*b. Valoración*

Se construyeron matrices con las preferencias de los expertos, comparándolos de dos a dos.

*c. Priorización y síntesis*

Se formaron las diferentes prioridades en función de las puntuaciones de los expertos, considerando la prioridad local y global.

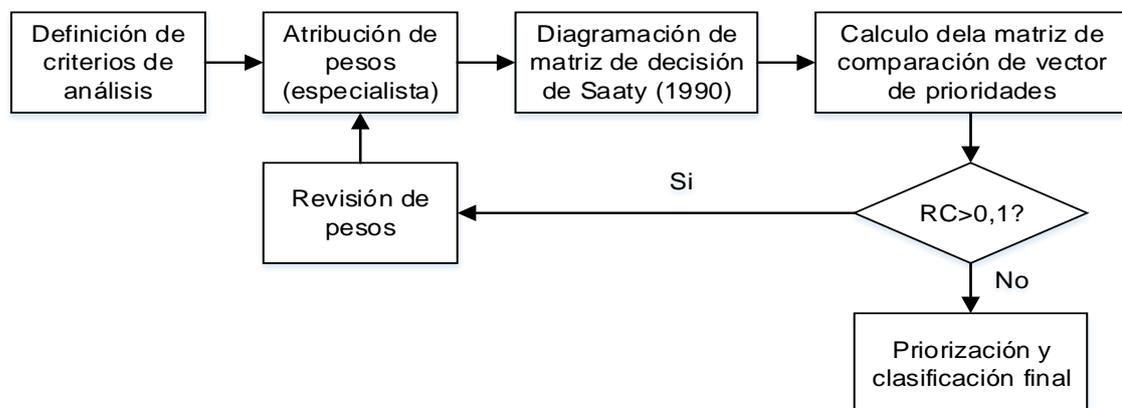
*d. Análisis de sensibilidad*

Luego de obtener los resultados del modelo, se realizó un análisis de sensibilidad para asegurar que los resultados son adecuados.

Las variables involucradas se representan y cuantifican en una jerarquía de criterios ponderados por preferencia que es ampliamente utilizada en el modelamiento de problemas a la hora de tomar decisiones (Moreira de Sousa, 2022), El procedimiento seguido se muestra en la figura 1, como se indica a continuación.

**Figura 1**

*Flujo para el proceso de analítico jerárquico*



*Nota.* RC= razón de consistencia. Fuente; Moreira de Sousa A., Rovere, Lèbre La Emilio and Schneider Márcio Roberto (2022). Proceso analítico jerárquico para priorizar la evaluación de riesgos ecológicos en áreas contaminadas por petróleo y derivados.

### 3.2.4.2. Análisis de indicadores según dimensiones

Para conocer el comportamiento de los indicadores cualitativos se calcularon las estadísticas descriptivas.

Por otro lado, para agrupar los indicadores en las dimensiones especificadas, se realizó un análisis factorial exploratorio para identificar variables latentes (dimensiones) o factores comunes que explican las respuestas a los ítems de los indicadores seleccionados. Se utilizó la rotación Varimax para establecer las relaciones entre los factores comunes y agruparlos en función de las cargas de cada indicador.

### 3.3. Muestra de estudio

El tipo de muestra utilizado fue no probabilístico, a través de un muestreo por cuotas, con el objetivo de lograr una muestra representativa que refleje a la población. Se seleccionaron unidades productivas que fueran representativas en función de sus características o cualidades más relevantes y por conveniencia (Otzen y Manterola, 2017). En primer lugar, se identificó el área de estudio por zonas, luego se evaluó la proporción de cada zona en relación al total y, finalmente, se determinó el tamaño de la muestra por zona, según se muestra en la tabla 2.

**Tabla 2**

*Características de la muestra de estudio*

N°	Zona	Cuota	Porcentaje (%)
1	Asentamiento 5 y 6	20	32,8
2	Asentamiento 4	9	14,8
3	28 de agosto	5	8,2
4	Cooperativa 60	7	11,5
5	La esperanza	3	4,9
6	Los olivos	6	9,8
7	Las palmeras	3	4,9
8	Los palos	4	6,6
9	Zona Z	4	6,6
Total		61	100,0

### 3.4. Operacionalización de variables

La noción de sostenibilidad es un concepto complejo, ya que implica evaluar sistemas complejos como los agroecosistemas, en los cuales interactúan cuestiones económicas, sociales y ambientales de manera sinérgica y a veces antagónica. En el caso del cultivo del olivar, es necesario analizarlo considerando la preservación del recurso natural más escaso como punto de partida, seguido de la generación de ingresos, la participación

de la población y otros aspectos relevantes. Por lo tanto, las variables se definen de acuerdo a lo indicado en la tabla 3.

**Tabla 3**

*Operacionalización de variables*

<b>Variables de estudio</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escalas de medida</b>
Empleo de recurso hídrico	- Sistema de riego	- Riego gravedad - Riego tecnificado - Riego por gravedad y tecnificado	Nominal
	- Calidad de agua	- Mineralización media - Mineralización alta - Mineralización muy alta	Nominal
Productividad	- Volumen de producción	- Rendimiento	- t aceituna/ha
	- Beneficio económico	- Beneficio	- S/-ha
Estabilidad y resiliencia del agroecosistema	- Balance de materia orgánica	- Nivel de fertilización química - Nivel de fertilización orgánica	- kg/ha - kg/ha
	- Biodiversidad vegetal	- Abundancia de especies	- Nominal
	- Biodiversidad animal	- Presencia de insectos auxiliares	- Nominal
	- Generación de empleo	- Trabajadores demandados por campaña	- Escalar - S/kg aceituna
Equidad en organización social	- Distribución de riqueza	- Porcentaje adicional al precio de venta percibido por productores (justiprecio)	- Porcentaje
	- Uso de energía	- Uso de energía fósil más frecuente (diésel/gasolina/otros)	- Nominal
	- Externalidades generadas	- Nivel de emisiones de CO <sub>2</sub> - Potencia de salinización	- kgCO <sub>2</sub> eq/ha/año - Nominal
Autonomía de suministro los flujos necesarios para la producción	- Físico-económica	- Dependencia de insumos externos	- Nominal
	- Dependencia de subsidios	- Dependencia de subsidios	- Nominal
Adaptabilidad a Procesos de innovación y aprendizaje	- Capacidad de innovación	- Capacitaciones recibidas	- Nominal
	- Adopción de tecnologías	- Tecnologías ecoeficientes	- Nominal

### 3.5. Procesamiento y análisis de datos

El análisis de la información se llevó a cabo mediante la sistematización de los datos y en función de las variables. Una condición básica para realizar análisis estadísticos es que los datos sean revisados y normalizados. Por lo tanto, es necesario que los datos analizados sigan una distribución normal en el caso de las variables paramétricas, mientras que para las variables no paramétricas no es necesario. En consecuencia, se

realizó un análisis exploratorio, el cual permitió preparar los datos para su posterior análisis sin errores. Posteriormente, se llevaron a cabo las interpretaciones basadas en los estadísticos y los supuestos teóricos esperados, realizando inferencias. Para el análisis estadístico, se utilizó el software IBM SPSS Statistics V. 25, N-Logit 5.0 y EViews 10.0.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

El desarrollo sostenible destaca la interrelación existente entre las dimensiones económica, social y medioambiental. En esta sinergia, es importante comprender las relaciones funcionales identificables que articulan la forma de desarrollo específica. En ese sentido, la selección de indicadores como medidas importantes para definir el estado de la situación permite establecer metas medibles y evaluar los avances logrados en los programas implementados.

El análisis de la sustentabilidad y sus indicadores ambientales presentados son herramientas que sirven para orientar la toma de decisiones, establecer prioridades y directrices en programas ambientales para el agroecosistema. Estos indicadores proporcionan información cuantitativa y cualitativa sobre los aspectos considerados como sustanciales, lo que permite identificar perspectivas, problemas y oportunidades, así como analizar e interpretar los conflictos existentes o potenciales y sus consecuencias.

Bajo este enfoque, se presentan los indicadores ambientales analizados en los siguientes apartados.

### **4.1. Diagnóstico y selección de indicadores de sostenibilidad**

De acuerdo con los objetivos de la investigación y las variables identificadas, la evaluación se llevó a cabo utilizando indicadores elaborados en función de la productividad, estabilidad, resiliencia, equidad, autonomía y adaptabilidad en el agroecosistema. Además, se realizó una comparación con las unidades productivas de cada sector para determinar los niveles de sostenibilidad del agroecosistema en el ámbito de estudio.

#### **4.1.1 Selección de indicadores**

La selección de indicadores se realizó utilizando el Proceso Analítico Jerárquico (AHP), como plantea Moreira de Sousa (2022), con el objetivo de medir la consistencia del decisor al emitir sus juicios y establecer prioridades en función de las opiniones de expertos.

Las magnitudes relativas de cada criterio se definieron mediante comparaciones pareadas de forma sistematizada. En esta etapa, se analizaron varias alternativas basándose en la experiencia del analista.

Los criterios de evaluación se tomaron de la propuesta de Alonso y Guzmán (2006), y se eligieron seis criterios con diferentes niveles para realizar un diagnóstico cualitativo y cuantitativo.

Posteriormente, se sometió a juicio de expertos mediante una matriz de decisión (ver Anexo 2). A continuación, se calculó la matriz de comparación del vector de prioridades, y se analizó la razón de consistencia ( $RC < 0,1$ ) generada para cada experto. Se acepta la priorización del experto que cumpla con esta condición. Finalmente, se priorizaron y clasificaron los indicadores de aquellos expertos que superaron el criterio.

Se contó con la participación de un total de 12 expertos (ver Anexo 3) que obtuvieron una razón de consistencia (CR) menor o igual a 10. Se eliminaron inicialmente 26 participantes que no superaron el criterio de consistencia. Los expertos seleccionados priorizaron los siguientes indicadores:

- a. Empleo del recurso hídrico
- b. Productividad asociada al agroecosistema
- c. Adaptabilidad a procesos de innovación y aprendizaje
- d. Estabilidad y resiliencia del agroecosistema
- e. Autonomía de suministros (Flujos necesarios para la producción)
- f. Equidad en la organización social

La matriz general de comparaciones según la técnica AHP se muestra en la figura 2 que muestra una matriz jerárquica de indicadores con respecto a diferentes dimensiones evaluadas en un agroecosistema. Cada celda en la matriz representa la relación comparativa entre dos indicadores en términos de importancia o influencia.

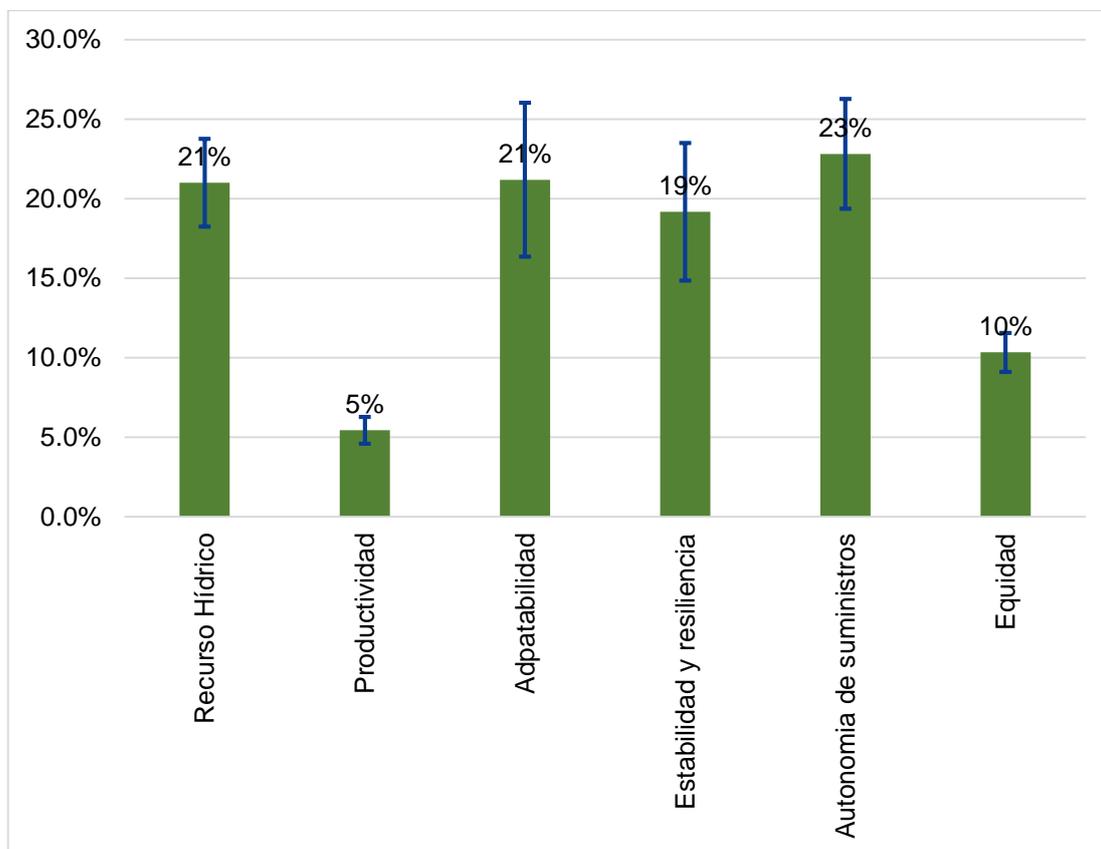
Los números en las celdas representan la relación comparativa entre los indicadores correspondientes. Por ejemplo, el número "1" en la celda "Recurso Hídrico" y "Recurso Hídrico" indica que el indicador de Recurso Hídrico tiene una relación perfecta consigo mismo. El vector propio normalizado y los porcentajes asociados representan los pesos relativos de cada indicador en función de su importancia dentro del sistema evaluado.

El MRE (Error Relativo Medio) y el Ratio de Consistencia (CR) son medidas que indican la consistencia de la matriz jerárquica. Un MRE bajo y un CR cercano a cero indican una mayor consistencia en las comparaciones realizadas.

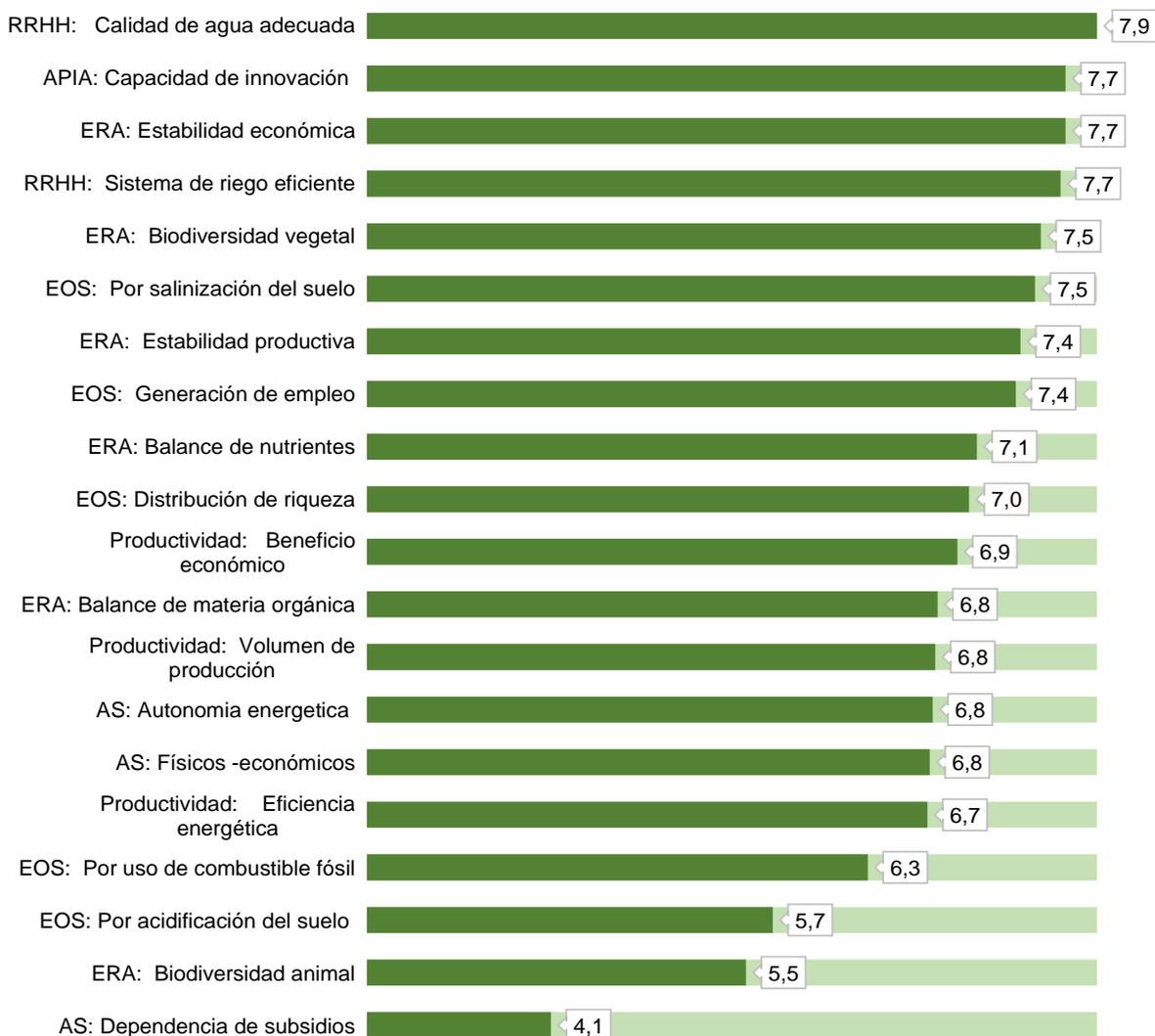


**Figura 3**

*Selección y priorización de indicadores de sostenibilidad para el agroecosistema la Yarada – Los Palos*



Luego de la selección, los expertos priorizaron los indicadores más representativos según el formato mostrado en el anexo 4. Siendo específicos por cada dimensión, su representación se puede apreciar en la figura 4. La media geométrica de las dimensiones, según las variables consideradas por los expertos, ubica en la dimensión "Uso de Recurso Hídrico" y su variable "Calidad de agua" (C.V. = 0,14) en la dimensión "Estabilidad y resiliencia del agroecosistema", donde destaca la estabilidad económica (C.V. = 0,11) y la biodiversidad vegetal (C.V. = 0,19). Algo similar se observa en la dimensión "Adaptabilidad a procesos de innovación y aprendizaje" (C.V. = 0,11), y en "Equidad en la Organización Social" donde destacan las potenciales externalidades por acidificación del suelo (C.V. = 0,15). Los indicadores menos valorados (C.V. > 0,30) son la biodiversidad animal, acidificación del suelo y dependencia de subsidios, como se puede observar en el anexo 5.

**Figura 4***Priorización específica por dimensiones*

*Nota.* RRHH= recursos hídricos, ERA = estabilidad y resiliencia del agroecosistema, APIA = Adaptabilidad a procesos de innovación y aprendizaje, AS = autonomía de suministros, EOS = equidad en la organización social.

#### **4.2. Indicadores ambientales según las dimensiones de mayor predominancia sobre la sustentabilidad ambiental**

Para conocer el comportamiento de los indicadores cualitativos, se analizaron las estadísticas descriptivas que se presentan en forma de frecuencias. En la tabla 4 se muestran las estadísticas de los indicadores medidos de forma cualitativa, los cuales pueden interpretarse en términos de frecuencia. Algunos indicadores destacados son: el sistema de riego empleado en mayor porcentaje, que es el riego tecnificado; la calidad del agua de los predios muestreados, que en su mayoría presenta mineralización alta; la escasez de especies vegetales, que no se observan en gran cantidad; y la presencia

de insectos, que parece ser poco abundante. En cuanto a la dependencia de insumos, se encontró que la mitad de las unidades productivas dependen de insumos externos. Finalmente, más de la mitad de los productores recibieron capacitación anualmente.

**Tabla 4**

*Características de los indicadores cualitativos*

<b>Indicador</b>	<b>Parámetros de medición</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Sistema de Riego ( Tipo de riego)	Gravedad	12,0	19,70
	Tecnificado	19,7	72,13
	Ambos Sistemas	5,0	8,20
	Total	61	100,0
Calidad de agua	Mineralización media	0,0	0,00
	Mineralización alta	38	33,3
	Mineralización muy alta	23	36,7
	Total	61	100,0
Abundancia de especies vegetales	Nada abundante	27	44,3
	Poca abundante	33	54,1
	Abundante	1	1,60
	Muy abundante	0	0,00
	Total	60*	100,0
Presencia de insectos auxiliares	Nada abundante	26,0	44,1
	poca abundante	32,0	54,2
	Abundante	1,0	1,70
	Muy abundante	0,0	0,00
	Total	59*	100,0
Uso de energía fósil más frecuente	Diésel	22	40,7
	Gasolina	28	51,9
	Diésel y Gasolina	2	3,70
	Otro combustible fósil	2	3,70
	Total	54*	100,0
Externalidades generadas por potencial de salinización	Bajo	0,0	0,00
	Medio	43	70,5
	Alto	18	29,5
	Total	61	100,0
Dependencia de insumos externos	Si	60	100,0
	No	0,0	0,00
	Total	61	100,0
Dependencia de subsídios de algún tipo	Si	48	81,4
	No	11	18,6
	Total	59*	100
Tecnologías adoptadas	Sí adoptó	49	89,10
	No adoptó	6	10,9
	Total	55*	100
Aplicación y generación de conocimientos (Capacitaciones)	Recibió capacitación	39	63,9
	No recibió capacitación	22	36,10
	Total	61	100,0

Nota. (\*) Datos perdidos por el sistema

En la tabla 5 se aprecian las estadísticas de los indicadores que se miden de forma cuantitativa. Lo más destacado es que el volumen medio de producción es de 8,1803 toneladas por hectárea, el beneficio económico obtenido es de S/ 4 603,39 por hectárea. En cuanto a la demanda de empleo, se caracteriza por aproximadamente 26 trabajadores demandados por campaña. Entre los indicadores más importantes, se encuentra el porcentaje del precio adicional percibido por los productores como un justiprecio sobre el precio real de venta, el cual se sitúa en un 50,85 %.

**Tabla 5**

*Características de los indicadores cuantitativos*

<b>Indicador</b>	<b>N</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación típica</b>
Volumen de producción (t aceituna/ha)	61	0,00	20,00	8,1803	4,36715
Beneficio económico (S/-ha)	61	0,00	20376	4603,3	4850,679
Nivel de fertilización orgánica (t/ha)	57	0,00	78,00	18,789	18,87718
Nivel de fertilización química (Kg/ha)	55	25	1560	358,25	230,124
Generación de empleo (trabajadores /campaña)	56	1	130	25,66	20,045
Precio adicional considerado como precio justo) (%)	61	0	90	50,85	23,009
Nivel de emisiones de CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> eq/ha/año)	61	0	4108	737,44	791,672

#### **4.2.2. Agrupación de indicadores en dimensiones ambientales, sociales y económicas**

Para realizar la agrupación de los indicadores según las dimensiones indicadas, se llevó a cabo un análisis multivariable de componentes principales. Este análisis permitió determinar el conjunto de variables latentes (dimensiones) o factores comunes que explican las respuestas a los ítems seleccionados. Se utilizó la rotación Varimax para encontrar la relación entre los factores comunes y posteriormente agruparlos según las cargas de cada indicador. Esta técnica no requiere suposiciones de normalidad multivariable.

En la tabla 6 se puede observar la agrupación rotada en tres dimensiones. Al analizar las cargas factoriales mediante la suma de cuadrados de los pesos de las columnas (autovalores), que indican la cantidad total de varianza explicada por ese factor para las variables del grupo, se determina la agrupación de las dimensiones. Las

nuevas variables (dimensiones) no presentan correlación entre sí, es decir, no hay repetición o redundancia en la información.

Según el Anexo 6, inicialmente se agruparon los indicadores en seis grupos, donde todos los componentes tenían autovalores mayores que 1 y en conjunto explicaban aproximadamente el 75 % de la varianza de los 14 indicadores originales. A partir de esta primera extracción, se agruparon en tres dimensiones.

Por lo tanto, la primera dimensión agrupada se podría etiquetar como la dimensión ambiental, que se compone de los siguientes indicadores:

- Externalidades generadas por potencial de salinización
- Calidad de agua
- Nivel de fertilización química
- Nivel de emisiones CO<sub>2</sub>eq

El segundo componente se etiqueta como la *dimensión económica* y está relacionado con:

- Beneficio económico
- Porcentaje adicional al precio percibido por productores
- Dependencia de subsidios de algún tipo
- Abundancia de especies

Finalmente, el tercer componente se puede etiquetar como la dimensión social y presenta pesos altos y positivos en algunos indicadores y valores negativos en otros, lo que indica un entorno que no asigna una mayor importancia a esos indicadores. Los indicadores de esta dimensión son:

- Sistema de riego
- Aplicación y generación de conocimientos
- Presencia de insectos auxiliares
- Tecnologías adoptadas
- Volumen de producción

Los indicadores se han agrupado de acuerdo con su similitud en cuanto a su influencia en las dimensiones identificadas. Cada indicador tiene un valor asociado que indica su relevancia dentro de la dimensión correspondiente. Los valores positivos y negativos indican la dirección de la influencia, es decir, si el indicador contribuye positiva o negativamente a la dimensión.

Es importante tener en cuenta que la interpretación completa del cuadro requeriría una comprensión más profunda del contexto y los objetivos de la investigación para comprender plenamente las implicaciones de cada indicador y su relación con la sustentabilidad del agroecosistema en cuestión

**Tabla 6**

*Matriz de estructura de componentes principales mediante una rotación Varimax*

Indicadores	Dimensiones agrupadas según autovalores		
	1	2	3
Externalidades generadas por potencial de salinización	0,760		
Calidad de agua	0,760		
Nivel de fertilización química	0,725		
Nivel de emisiones CO <sub>2</sub> equivalente	0,630		
Nivel de fertilización orgánica	-0,370		
Uso de energía fósil más frecuente	0,278		
Beneficio económico		0,772	
Porcentaje adicional al precio percibido por productores		0,725	
Depende de subsidios de algún tipo		-0,504	
Abundancia de especies		-0,369	
Demanda de empleo		-0,179	
Sistema de Riego			0,682
Aplicación y generación de conocimientos			0,670
Presencia de insectos auxiliares			-0,615
Tecnologías adoptadas			-0,580
Volumen de producción (Tn aceituna/ha)			0,576

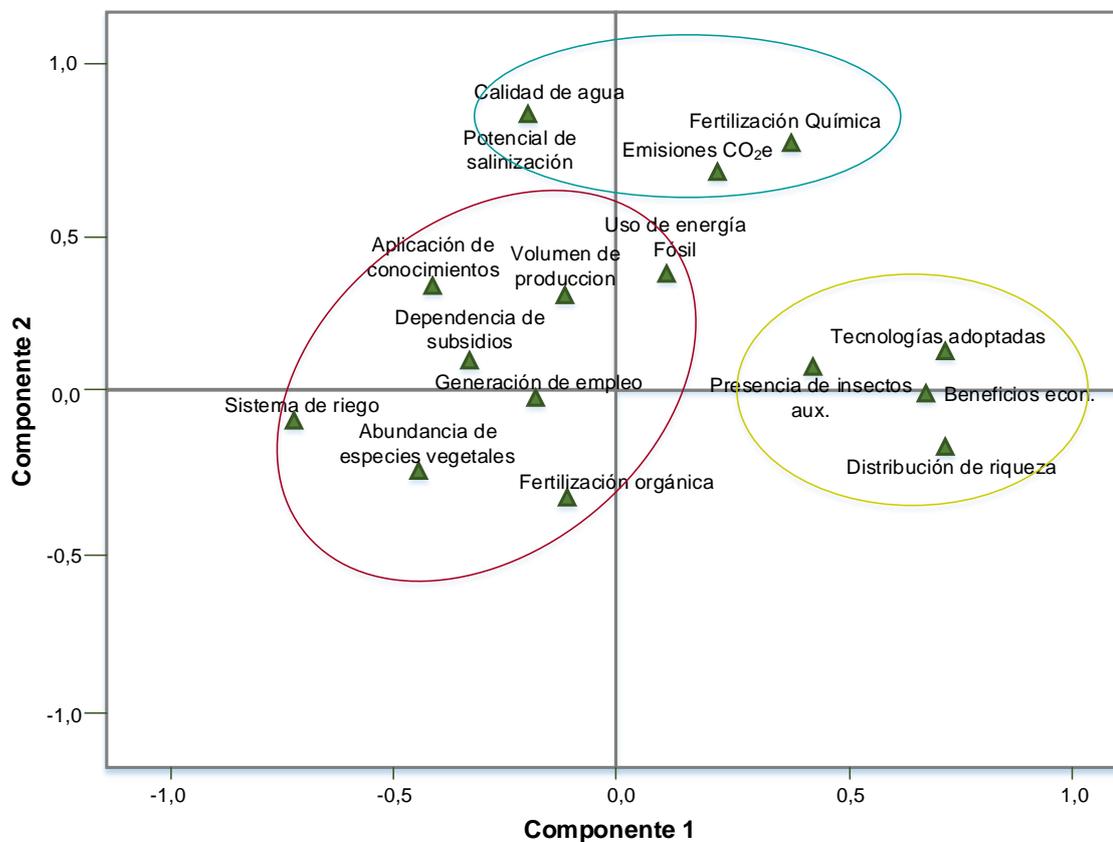
*Nota.* Método de extracción: Análisis de componentes principales.

Método de rotación: Normalización Varimax con Káiser Mayer Holkin (Autovalores > 1).

Según se aprecia en la matriz de componentes (Figura 5), las tres dimensiones agrupadas se pueden visualizar a través de dos componentes principales, que representan las nuevas dimensiones formadas.

Figura 5

Gráficos de componentes en espacio rotado



Nota. Círculo rojo = dimensión económica, círculo amarillo = dimensión social y círculo verde dimensión ambiental

## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

### ***Diagnóstico y selección de indicadores que inciden sobre la sostenibilidad ambiental***

La selección de indicadores a través del proceso de análisis jerárquico, utilizando la validación de expertos para evaluar las dimensiones propuestas por Alonso y Guzmán (2006), requiere una evaluación previa para determinar su idoneidad en la representación del agroecosistema. Según el vector de prioridad establecido mediante comparaciones sucesivas entre pares de criterios, se encontró que la autonomía de suministros es el indicador de mayor importancia, con un peso aproximado del 22,82 %. Le sigue en orden de importancia la adaptabilidad a procesos de innovación y aprendizaje, con un 21,20 %, el empleo de recurso hídrico con un 21,00 % y la estabilidad y resiliencia del agroecosistema con un 19,19 %. Por otro lado, los indicadores menos importantes fueron la equidad en la organización social (10,35 %) y la productividad (5,44 %).

Al analizar los ratios de consistencia, se observa que el índice de consistencia (ICG) es cercano a cero (0,04), lo cual indica una consistencia casi completa. Además, la razón de consistencia (CR) no supera el valor de 1,24 para una matriz de 6 componentes, según Saaty (1990), lo que implica que la matriz es consistente. En este caso, el valor encontrado fue de 1,2 %, lo cual también se considera aceptable. El error relativo medio (MRE) resultó ser del 17,4 %, lo cual también es un valor aceptable.

En consecuencia, en el agroecosistema de La Yarada - Los Palos, se debe priorizar la autonomía de suministros, lo cual implica que el sistema sea autónomo en la provisión de sus suministros. Este indicador refleja la dependencia del exterior en términos energéticos, suministro de fertilizantes, mano de obra, y otros materiales y servicios utilizados en el proceso de producción. Estudios previos en ecosistemas olivícolas han determinado que la autonomía es uno de los indicadores menos desarrollados y, por lo tanto, más prioritarios (Guzmán y Alonso, 2004).

Otro indicador importante es la adaptabilidad a procesos de innovación y aprendizaje, el cual representa el desarrollo del agroecosistema. Priorizar este indicador implicaría que el sistema se adapte a las condiciones actuales, enfocándose en la capacidad de innovación y adopción de tecnologías ecoeficientes, así como en la capacidad de ajustarse a las condiciones del entorno a través de procesos de innovación y aprendizaje (Urquiza y Cárdenas, 2015).

El recurso hídrico también se destaca como un indicador de importancia similar al anterior. La escasez de agua ha sido ampliamente discutida en la zona, y se reconoce la necesidad de revisar la extracción insostenible del acuífero. Por tanto, este indicador es fundamental para la sostenibilidad del agroecosistema. Además, el recurso hídrico está influenciado por condiciones sociales, ya que la amenaza de agotamiento es producto de la relación de la población (sociedad) y el recurso (medioambiente) (Douglas, 1996). Como indica Urquiza y Cárdenas (2015), es posible hablar de riesgos socialmente construidos en relación al recurso hídrico.

Por otro lado, la estabilidad y resiliencia del ecosistema es priorizada en cuarto lugar como un indicador válido para describir la sostenibilidad del agroecosistema. La resiliencia se evalúa como la capacidad de respuesta que tiene el sistema a daños adversos. Según Lloret et al. (2011), la resiliencia ecológica presenta dos componentes reconocibles: la resistencia y la recuperación. El primero otorga al ecosistema la capacidad de soportar el impacto de un disturbio exógeno, mientras que el segundo consiste en el restablecimiento de los atributos afectados después de un disturbio (Hogson et al., 2015). En el caso del sistema evaluado, las perturbaciones más frecuentes y acumulativas son la salinización, la erosión y la acumulación de sustancias tóxicas en el suelo. Además, se busca mejorar la estabilidad del sistema al reducir la dependencia de insumos externos.

### ***Priorización específica y análisis por dimensiones***

Luego de priorizar las variables de estudio, según el proceso analítico jerárquico, los expertos valoraron en una escala numérica cada variable según las dimensiones establecidas para cada uno, tal como se aprecia en la figura 4. La escala de importancia contenía valores naturales de 1 al 9; siendo el primero nada importante y el segundo muy importante (véase anexo 4).

### ***Los recursos hídricos***

La calidad del agua es considerada por los expertos como el indicador más importante, con una puntuación de 7,9 sobre 9. Al analizar este indicador como una variable cualitativa (ver tabla 4), se observa que el 63,3 % de las áreas muestreadas presentan una calidad de agua catalogada como alta en mineralización, mientras que el 36,7 % restante muestra aguas con una clasificación de mineralización muy alta. Esto se debe a que el agua extraída en las áreas de muestreo supera los valores normales que oscilan entre 0,0044 y 0,648 dS/cm, según Eyankware et al. (2016). Por lo tanto, estas aguas se consideran salobres y saladas.

En estudios previos realizados por Pino et al. (2019), se informó que en las áreas de estudio se encontraban aguas salobres en los asentamientos 5 y 6, Zona Z, Los Palos, La Yarada Baja, Los Olivos, Rancho Grande, donde se identificaron aguas de alta y muy alta mineralización, con valores que oscilan entre 0,84 y 3,30 dS/cm en zonas cercanas a la costa, como La Yarada Antigua o Baja, Las Palmeras, La Esperanza, Rancho Grande, Los Palos y el balneario Santa Rosa. Actualmente, los pozos ubicados en áreas cercanas a la costa se encuentran sobreexplotados, lo que ha provocado la intrusión marina en los pozos. De hecho, entre los años 2002 y 2013, la extracción de agua de los pozos aumentó de 63 Hm<sup>3</sup> a 116 Hm<sup>3</sup>, según la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2014).

Además, según la municipalidad de La Yarada Los Palos, la explotación del acuífero fue de 167,75 Hm<sup>3</sup> en el año 2016, y en el año 2020 se autorizó una explotación adicional del 0,12 % para satisfacer la demanda de la población, lo que representa aproximadamente 202,891 m<sup>3</sup>/año. En el año 2022, la ANA informó que la extracción de los pozos legales es de 61,344 Hm<sup>3</sup>, sin mostrar una variación significativa desde 2013. Es importante destacar que desde 2006 está vigente el Decreto Supremo N° 065-2006-AG, que establece una veda para prohibir cualquier infraestructura destinada a la explotación del recurso hídrico. La institución ha estado cerrando pozos ilegales en los últimos años. El problema no radica en los pozos legales, que según la ANA son 87, sino en los pozos ilegales, que se estima superan los 1000 (Bedoya, 2020). Esta problemática complica aún más la situación, ya que multiplica en más de 10 veces la cantidad de extracción de agua reportada oficialmente.

Por otro lado, el sistema de riego se identifica como el cuarto lugar de importancia. Según las características actuales, cerca del 20 % de las unidades productivas aún utilizan el riego por gravedad, mientras que el 8 % utiliza sistemas mixtos. Esta situación parece haber mejorado en comparación con años anteriores. En un estudio realizado en 2011 por Parihuana sobre el déficit hídrico en La Yarada, se determinó que aproximadamente el 63 % de los agricultores utilizaban el riego por gravedad, y solo el 23 % contaban con sistemas de riego tecnificado. Esta realidad parece haber mejorado en términos de eficiencia, ya que el sistema de riego por gravedad suele tener una eficiencia de entre el 30 % y el 50 % (Parihuana, 2011), mientras que el riego tecnificado tiene una eficiencia del 90 %, lo que permite ahorrar agua.

### ***Productividad***

La variable productividad se divide en dos dimensiones. El beneficio económico se clasifica en la undécima posición en términos de importancia. Según la evaluación realizada, tiene una media de 4603,39 S/ha, con una desviación superior a la media, como se puede observar en la tabla 5. La variabilidad en los datos se debe a que los campos de cultivo varían ampliamente en cuanto a extensión y niveles de productividad. Esto se debe a factores como el tiempo de cultivo, el mantenimiento, la tecnología aplicada, entre otros, que influyen en la productividad y, por ende, en el beneficio económico por hectárea. El beneficio económico se calcula únicamente en la etapa productiva, teniendo en cuenta los precios de venta por kilogramo en chacra y excluyendo beneficios adicionales en procesos y transformaciones posteriores. Algunas instituciones, como la Dirección Regional de Agricultura Tacna (DRAT, 2020) y el INEI (2018), han realizado análisis similares en términos de costos y beneficios, pero difieren de los resultados encontrados en este estudio. La DRAT reporta un beneficio de 865 S/ha, mientras que el INEI supera ese valor en términos de costos. Es importante tener en cuenta que los valores pueden diferir debido a las razones mencionadas anteriormente, así como a la heterogeneidad de la muestra.

En cuanto al volumen de producción, que se prioriza en el décimo tercer lugar, tiene una media de 8,1803 t/ha. En general, los valores son similares a los informados por la DRAT (2020), que indican que el rendimiento oscila alrededor de los 8000 kg/ha, mientras que otras instituciones (PROOLIVO, 2021) indican aproximadamente 6000 kg/ha.

### ***Estabilidad y resiliencia del agroecosistema***

La variable "Balance de materia orgánica" se midió en términos de fertilización orgánica, que indica la cantidad en kilogramos de guano o estiércol empleados por hectárea como una forma de compensar el balance de nutrientes. En general, se utiliza una cantidad promedio de 18,79 kg/ha por año. Este abono puede estar compuesto por estiércol de camélidos, ovinos, vacunos y, en menor medida, gallinaza o guano de isla. Su finalidad es mantener los rendimientos productivos. Este tipo de fertilizante se complementa con la fertilización química, para la cual se obtuvo una media de 358,25 kg/ha de fertilizantes de este tipo. Entre los fertilizantes utilizados por las unidades productivas se encuentran diversos productos y marcas que contienen nitrógeno, como Fosfato diamónico, Nitrato de amonio, Nitrato de Calcio, 20-20-20, NPKS (s) olivo plus, YaraMilla Olivo, entre otros. Estos valores son significativamente inferiores a los reportados por la DRAT (2020), que indica un valor aproximado de 870 kg/ha de fertilizantes, incluyendo Urea, superfosfato

de calcio y sulfato de potasio. En cuanto al estiércol, la DRAT indica una cantidad de 5 t/ha. En un estudio realizado por Alonso y Guzmán (2006) en olivares ecológicos, se encontró que la mayoría de las fincas ecológicas de olivar utilizaban estiércol en comparación con los olivares convencionales, donde se preferían los fertilizantes químicos como los complejos tipo triple y urea.

Otras variables analizadas fueron la biodiversidad vegetal y la biodiversidad animal, que se evaluaron en términos de la abundancia de especies vegetales y la presencia de insectos auxiliares. En ambos casos, se midieron en una escala que va desde "nada abundante" hasta "muy abundante". Los resultados mostraron que el 54 % de las especies vegetales fueron clasificadas como "poco abundantes" y el 44 % como "nada abundantes". En ambos casos, esto se debe al hecho de que el agroecosistema se desarrolla en áreas inicialmente desérticas, donde las especies vegetales, principalmente representadas por el olivo, son la especie dominante y representan el 80 % de la diversidad vegetal de la zona. En cuanto a la presencia de insectos auxiliares, que deberían ser beneficiosos para el sistema, su presencia está limitada y está relacionada con la diversidad vegetal. Esto indica que la cobertura vegetal proporciona refugio y alimento para el desarrollo de insectos. Es evidente que, en ambos casos, la disponibilidad del recurso hídrico tiene una relación directa.

Respecto a la presencia de insectos auxiliares, desde aproximadamente el año 2009, el agroecosistema ha enfrentado la invasión de la plaga de la mosca blanca del fresno. Esta plaga ha afectado alrededor de 6,000 hectáreas de olivos, causando daños significativos en la producción durante los años 2011 y 2012. Sin embargo, se tomaron medidas para combatir esta plaga, incluyendo técnicas de lavado y control biológico utilizando el depredador natural *Coccinella septempunctata*. Aunque se ha logrado controlar en cierta medida, todavía persiste en la zona. El monitoreo continuo y las acciones de control son necesarios para minimizar su impacto en el agroecosistema y proteger la producción de olivos.

### ***Equidad en organización social***

Aquellas situaciones que suponen un aumento en la desigualdad en la organización social se consideran generadoras de mayor insostenibilidad del sistema, ya que pueden generar brechas entre aquellos que tienen acceso a bienes y servicios ecológicos y aquellos que no los tienen (Pavan, 2008; Alonso y Guzmán, 2006). En este sentido, se realizó una medición en términos de generación de empleo, que cuantifica la cantidad de trabajadores demandados por campaña anual. Se encontró una media de 26

trabajadores contratados, independientemente de las labores realizadas (riego, poda, labores culturales, lavado, cosecha, etc.) y la duración de sus contratos.

En segundo lugar, se midió la distribución de riqueza expresada como el porcentaje adicional al precio de venta que los productores perciben. En este sentido, los dueños de las unidades productivas consideran que un precio justo de venta podría incluir un adicional del 50 % sobre el precio de venta. Este aspecto es importante porque permite analizar los márgenes de ganancia que se obtienen en la cadena productiva, siendo en algunos casos más beneficiosos para el intermediario en detrimento del productor. Tal como reporta Huanacuni (2015), los intermediarios pueden obtener márgenes brutos mayores al 28 %. Esta situación va en contra de una distribución óptima de la riqueza.

Resulta interesante analizar también el uso de energía, expresado como el empleo de energía fósil, siendo el diésel, la gasolina y otros los más frecuentes. Aproximadamente el 52 % de las unidades productivas utilizan equipos y maquinarias que emplean gasolina, mientras que el 41 % utiliza diésel o petróleo, siendo estos últimos los más importantes. En cuanto al uso de motores diésel, existe una parte informal que no está cuantificada formalmente, pero se sabe que en la operación de los pozos declarados ilegales se utilizan motores diésel. De hecho, según el ANA (2021), actualmente operan alrededor de 1 000 pozos sin licencia, funcionando alrededor de 15 horas diarias, lo que representa un foco de contaminación de CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, etc.

Otra externalidad analizada se refiere a la generación de emisiones de CO<sub>2</sub> causadas por el uso de fertilizantes, en términos de CO<sub>2</sub> equivalente. Es bien sabido que la mayoría de estos compuestos contienen nitrógeno (N) en su composición, en base al cual se calculan como gases de efecto invernadero (GEI), siguiendo el método de nivel 1 del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). El nivel promedio de emisiones por unidad productiva se sitúa en 737,672 kgCO<sub>2</sub>eq/ha/año. Para reducir el balance de CO<sub>2</sub> en este tipo de actividades, se pueden tomar medidas como reducir la energía utilizada o utilizar energía biológica (Guzmán, 2005).

En relación a las emisiones de CO<sub>2</sub> en el ámbito agrícola, se estima que la agricultura es responsable de emitir más de 903 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente al año a nivel mundial. En particular, el 5 % y el 2 % de estas emisiones se atribuyen al uso de fertilizantes sintéticos y estiércol aplicado al suelo, respectivamente. De acuerdo con De la Puerta (2021), se ha determinado que la emisión de CO<sub>2</sub> equivalente por cada kilogramo de aceituna es de 2,21 kg CO<sub>2</sub> eq/kg. Además, según

Visconti (2017), se estima que el potencial de emisión de CO<sub>2</sub> es de 7,4 t/ha para el olivar en zonas semiáridas de España.

Similar a las externalidades generadas por las emisiones de CO<sub>2</sub>eq, el potencial de salinización es una de las amenazas que afecta al ecosistema. A diferencia del agua de lluvia, el agua de riego proveniente de los pozos contiene sales disueltas en mayor o menor medida. Por lo tanto, cuanto más salina es el agua, más rápido ocurre el proceso de acumulación de sales (Gómez Calero, 2010). Los valores encontrados indican que el potencial de salinización es medio a alto. Esto se evidencia en los indicadores de calidad del agua, donde se encontró que las zonas de estudio presentan una mineralización alta o muy alta, superando el valor considerado normal de 0,648 dS/cm según Eyankware et al. (2016). Este aspecto también ha sido estudiado por el Proyecto Especial Tacna (PET) en 2014, el cual indicaba un avance de hasta 5,4 km de intrusión marina desde la orilla del mar. Este hecho influye directamente en la salinización del suelo, lo que también afecta la sostenibilidad social del agroecosistema

### ***Autonomía de suministro***

La variable de autonomía de suministro se refiere a los flujos necesarios para la producción, y el sistema reduce su autonomía cuando aumenta su dependencia de recursos externos. Una de las dimensiones analizadas es la dependencia de insumos externos, que cuantifica los materiales y servicios utilizados en el proceso de producción. En este sentido, se determinó que existe una dependencia del 100 % tanto de servicios (equipos, maquinarias, etc.) como de insumos (fertilizantes y otros). Por lo tanto, el sistema carece de suficiente autonomía en estos términos. Esta realidad se explica debido a que el sistema es concebido como artificial, ya que ha sido creado por el ser humano. De esta manera, su autonomía y desarrollo dependen de factores externos. Al respecto, existen posturas que sostienen que las propiedades de un sistema no dependen solo de sus componentes, sino de las interrelaciones existentes entre ellos (Sarandon, 2002), lo cual le confiere características particulares, como su productividad. Estudios similares realizados por Alonso y Guzmán (2006) encontraron indicadores diferentes de autonomía (80,1%) al evaluar la sostenibilidad de un olivar con manejo convencional. Esto podría explicar por qué el sistema de La Yarada - Los Palos no es autónomo debido a sus características de formación y la necesidad de establecer interrelaciones para obtener flujos externos.

En cuanto a la dependencia de subsidios, se encontró que el 81,4 % de las unidades productivas dependen de algún tipo de subsidio. Este indicador también permite determinar el grado de autonomía de los agroecosistemas. Es conocido que desde 1991 se aprobó el Decreto Supremo 134-91-PCM, que autoriza el subsidio de

energía eléctrica para los agricultores de La Yarada - Los Palos que poseen propiedades de menos de 15 hectáreas. Bajo este decreto, los agricultores solo pagan el 45 % de la tarifa, mientras que el 55 % restante es cubierto por el gobierno regional. Otros tipos de subsidios que reciben las unidades productivas incluyen servicios subvencionados en diferentes porcentajes, como lavado, capacitación y asistencia técnica proporcionada por entidades del gobierno central y la municipalidad.

### ***Adaptabilidad a Procesos de innovación y aprendizaje***

La adaptabilidad a los procesos de innovación y aprendizaje en este contexto se refiere a la capacidad de ser flexibles y ajustarse a nuevos equilibrios, especialmente en respuesta a cambios ambientales significativos (Masera et al., 2000). Para evaluar esta adaptabilidad, se analizó si las unidades productivas recibieron capacitación y si aplicaron tecnologías ecoeficientes que redujeran la degradación ambiental del agroecosistema, como lo respalda Bassa (2012). En este sentido, se encontró que aproximadamente el 64 % de las unidades productivas recibieron capacitación en los últimos cinco años, mientras que el 89 % adoptaron tecnologías eficientes. Sin embargo, en términos prácticos, aún hay margen para mejorar las prácticas más ecoeficientes, como el uso del agua y el empleo de maquinaria que consume energía fósil, aspectos que limitan la sostenibilidad ambiental. Los agroecosistemas complejos, como el evaluado, requieren la aplicación de nuevas técnicas y tecnologías que minimicen los impactos negativos en los recursos naturales, satisfaciendo las necesidades actuales sin comprometer las capacidades de las generaciones futuras (Alonso y Guzmán, 2006).

### **Selección de indicadores más significativos para el Agroecosistema La Yarada – Los Palos**

La selección de los indicadores más significativos para el Agroecosistema La Yarada - Los Palos se realizó teniendo en cuenta las dimensiones planteadas. En la dimensión ambiental, se seleccionaron indicadores como las externalidades generadas por el potencial de salinización, calidad del agua, nivel de fertilización química y nivel de emisiones de CO<sub>2</sub>eq. Estos indicadores son similares a los propuestos por Luna y Ortega (2018) para fincas agrícolas, donde se considera el manejo racional del agua, uso adecuado de fertilizantes y conservación de suelos agrícolas. También se encuentran coincidencias con las propuestas de Febrer et al. (2019), quienes plantean indicadores relacionados con la conservación del sistema, evaluación de recursos hídricos y perturbación del ecosistema, entre otros.

En la dimensión económica, se seleccionaron indicadores como el beneficio económico, porcentaje adicional al precio percibido por los productores, dependencia de subsidios y abundancia de especies vegetales. Estos indicadores son similares a los propuestos por Febrer et al., quienes consideran la productividad bruta, ingreso bruto y relación de entrada y salida. Luna y Ortega, por su parte, proponen indicadores relacionados con los ingresos por venta de productos, aumento de ingresos y dependencia de créditos y otros recursos. Sin embargo, destaca el indicador de abundancia de especies vegetales, que se incluye debido a que en sistemas con baja diversidad, las perturbaciones pueden ocasionar pérdidas en los recursos, lo que se traduce en pérdidas económicas, como indican Alonzo y Guzmán (2006).

Finalmente, los indicadores de la dimensión social (Sistema de Riego, Aplicación y generación de conocimientos, Presencia de insectos auxiliares, Tecnologías adoptadas, Volumen de producción) son, de igual modo, similares a los propuestos por Febrer et al., los cuales se relacionan con la generación de conocimiento, el acceso a servicios, los resultados de las operaciones y la explotación. Sin embargo, resulta interesante la inclusión del sistema de riego como indicador de la dimensión social. Según indica Rivera (2018), la dimensión técnica y social están entrelazadas y, en el caso del distrito de La Yarada Los Palos, el uso del agua tiene una connotación social que cae en la informalidad extendida por todo el distrito. Se sabe que formalmente están registrados 87 pozos, mientras que según el ANA existen más de 1000 pozos informales. Por lo tanto, la materialidad del sistema de riego y la organización social responden a la lógica de la distribución del agua. En consecuencia, esta realidad permite postular que la sustentabilidad del agroecosistema está altamente relacionada con la extracción del recurso hídrico, calificado por Rivera como un espacio hidrosocial que entrelaza las dimensiones de la sustentabilidad.

## CONCLUSIONES

La investigación se ha desarrollado con el objetivo de explorar la sustentabilidad del agroecosistema La Yarada – Los Palos y comprender desde el punto de vista de los indicadores de sustentabilidad, agrupados en la dimensión social, ambiental y económica, y a la luz de los resultados se puede afirmar que el agroecosistema es dependiente del recurso hídrico que, genera externalidades que amenazan su sustentabilidad, se configura como un sistema complejo dependiente de recurso hídrico desde el enfoque social, ambiental y económico.

A continuación se presentan las principales conclusiones que permite formular un diagnóstico de la sustentabilidad del agroecosistema la Yarada - Los Palos.

Los indicadores priorizados que describen la sustentabilidad del agroecosistema, La Yarada – Los Palos, realizados mediante un proceso Analítico Jerárquico (AHP), según orden de importancia, fueron autonomía de suministros, Adaptabilidad a los procesos de innovación y aprendizaje, empleo del recurso hídrico, estabilidad y resiliencia del sistema, además de la equidad en la organización social y productividad. Estos fueron los menos valorados con un índice de consistencia (ICG) de 0,04, Razón de consistencia (CR) de 1,2 % y un error relativo medio (MRE) de 17,4 %.

Al momento de analizar los indicadores por atributos, se determinó que los más consistentes son aquellos relacionados con el empleo de recursos hídricos y su variable de calidad de agua (C. V. = 0,14), seguidos por la adaptabilidad a los procesos de innovación y aprendizaje y su variable de capacidad de innovación (C. V. = 0,11). En cuanto a la estabilidad y resiliencia del ecosistema, se destaca la estabilidad económica (C. V. = 0,11), y en la equidad en la organización social, las potenciales externalidades por salinización del suelo (C. V. = 0,15). Los indicadores menos valorados (C. V. > 0,30) son la biodiversidad animal, la acidificación del suelo y la dependencia de subsidios.

Mediante un análisis multivariante (rotación Varimax con Káiser Mayer Holkin y autovalores > 1), se determinó que los indicadores para la dimensión ambiental son las externalidades generadas por el potencial de salinización, la calidad de agua, el nivel de fertilización química y el nivel de emisiones de CO<sub>2</sub>eq. En la dimensión económica, se incluyen indicadores como el beneficio económico, el porcentaje adicional al precio percibido por los productores, la dependencia de subsidios de algún tipo y la abundancia

de especies. Finalmente, en la dimensión social se destacan el sistema de riego, la aplicación y generación de conocimientos, la presencia de insectos auxiliares, las tecnologías adoptadas y el volumen de producción.

## RECOMENDACIONES

Dadas las limitaciones de la investigación, se recomienda ampliar el número de indicadores en cada dimensión con el fin de representar de manera más precisa la sustentabilidad del agroecosistema. En general, se recomienda trabajar con indicadores que proporcionen información cuantitativa.

Con respecto a los indicadores desarrollados, se sugiere analizar y clasificar las externalidades generadas, comparando aquellas que son positivas y negativas, con el objetivo de determinar si el agroecosistema es ambientalmente sustentable desde esta perspectiva.

Para lograr una mayor sustentabilidad del agroecosistema, se recomienda formalizar la extracción y explotación del recurso hídrico, verificar el cumplimiento de los subsidios de electricidad según lo establecido en la normativa, promover la adopción de sistemas de riego más eficientes y, sobre todo, fortalecer la gobernanza. Estas acciones son responsabilidad de las autoridades e instituciones pertinentes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abraham, E. M. 2002. *Lucha contra la desertificación en las tierras secas de Argentina. El caso de Mendoza*. En: Fernández Cirelli, A.; Abraham, E. M. editors. El agua en Iberoamérica. De la escasez a la desertificación. Cooperación Iberoamericana CYTED Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el desarrollo, Buenos Aires. 27-44. [https://www.produccion-animal.com.ar/agua\\_cono\\_sur\\_de\\_america/32-lucha\\_contra\\_desertificacion\\_mendoza.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/agua_cono_sur_de_america/32-lucha_contra_desertificacion_mendoza.pdf)
- Agroline (2022). A punto de acabarse las áreas para producir aceitunas en Tacna: se acelera cambio de variedad. <https://cutt.ly/vINcWNs>
- Alderete Salas, S. I. (2011). Producción de olivos en el valle central de Catamarca: determinación y valoración económica del impacto sobre el recurso suelo, por efecto de las prácticas de producción (Doctoral dissertation, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba). <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/6075#>
- Alonso, A. M., & Guzmán, G. I. (2006). Evaluación comparada de la sostenibilidad agraria en el olivar ecológico y convencional. *Agroecología*, 1, 63-74. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/21>
- Amezketta, E. 2006. An integrated methodology for assessing soil salinization, a pre-condition for land desertification. *J. Arid Environ.* 67(4): 594-606. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0140196306000966>
- ANA (2020). Resolución Jefatural N° 129-2020-ANA. Autoriza las disposiciones para la satisfacción de demandas poblacionales en el acuífero del valle del río Caplina. <https://acortar.link/8CbIV0>
- Arribas, M. (2004). Diseño y validación de cuestionarios. *Matronas profesión*, 5(17), 23-29. [http://www.rincondepaco.com.mx/rincon/Inicio/Seminario/Documentos/Art\\_met/Diseno\\_validacion\\_cuestionarios.pdf](http://www.rincondepaco.com.mx/rincon/Inicio/Seminario/Documentos/Art_met/Diseno_validacion_cuestionarios.pdf)
- Astier, M.; Masera, O.; Galván, Miyoshi, Y. 2008. Evaluación de la sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional. Valencia, España. 200 p.

<https://docplayer.es/14885206-Evaluacion-de-sustentabilidad-un-enfoque-dinamico-y-multidimensional.html>

- Attia M. (2006) "Risk assessment of occupational exposure to pesticides", en Igor Linkov y Abou Bakr Ramadan (eds.), Comparative Risk Assessment and Environmental Decision Making, NATO Science Series, IV. Earth and Environmental Sciences – Vol. 38, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. pp. 349-362.
- Badii, M.H. 2004. Desarrollo sustentable: fundamentos, perspectivas y limitaciones. *Innovaciones de Negocios*, 1(2): 199-227. <https://revistainnovaciones.uanl.mx/index.php/revin/article/view/15>
- Barron, J. (2011). Scientific review of the UNCCD provisionally accepted set of impact indicators to measure the implementation of strategic objectives 1, 2 and 3. White Paper – Version 1: Office of Arid Lands Studies, University of Arizona. 145p. <https://digitallibrary.un.org/record/703007?ln=es>
- Bassa Echaurren, M. (2012). Selección de indicadores de sustentabilidad de los sistemas de manejo ecológicos y convencionales de cultivos herbáceos de secano de la comarca del Berguedà (Cataluña) (Master's thesis, Universidad Internacional de Andalucía). <http://dspace.unia.es/handle/10334/1818>
- Bedoya R. D. (2020, febrero 2) La Yarada Los Palos, el distrito creado tras el fallo de La Haya que aún no tiene agua ni desagüe. *El Comercio*. <https://elcomercio.pe/peru/tacna/la-yarada-los-palos-el-distrito-creado-tras-el-fallo-de-la-haya-que-aun-no-tiene-agua-ni-desague-fallo-de-la-haya-diferendo-maritimo-tacna-noticia/?ref=ecr>
- Bolívar, H. 2011. Metodologías e indicadores de evaluación de sistemas agrícolas hacia el desarrollo sostenible. *CICAG*, 8 (1): 1-18. <https://www.redalyc.org/pdf/2746/274619739001.pdf>
- Bover-Felices, K., & Suárez-Hernández, J. (2020). Contribución del enfoque de la agroecología en el funcionamiento y estructura de los agroecosistemas integrados. *Pastos y Forrajes*, 43(2), 102-111. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942020000200102](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942020000200102)
- Bravo Martínez, F. C., Zorogastúa Cruz, P., & Pinedo Taco, R. (2020). Índice de sustentabilidad ambiental de unidades de producción de maíz amarillo en

- sistemas agrícolas del valle de Pativilca, Lima, Perú. *Idesia (Arica)*, 38(4), 117-125. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292020000400117>
- Brookfield, H., H. Parson y M. Brookfield. 2003. *Agrodiversity: Learning from Farmers Across the World*. Tokyo: United Nations University Press.
- Casabán P. P. (2020). Aplicación de la técnica de proceso analítico jerárquico (AHP) de análisis de decisión multicriterio a la selección de carteras de proyectos de una empresa del sector de las energías renovables. Universidad Politécnica de Valencia. <http://hdl.handle.net/10251/147699>
- Cartea. P. Á. M. (2006). Crisis ambiental y globalización: Una lectura para educadores ambientales en un mundo insostenible. *Trayectorias*, 8(20-21), 110-123
- Castelán, R.; Tamariz, T.; Ruiz, J.; Linares, G. 2014. Evaluación de la sustentabilidad de la actividad agrícola de tres localidades campesinas en Pahuatlán, Puebla. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 1(3): 219-23.
- Cordero, A. (2006). Migraciones y medio ambiente, ¿una relación plausible?: el caso de la cuenca del río San Juan. *Revista Centroamericana de Ciencias Sociales (RCCS)*, 3(1), 123-150.  
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2658249.pdf>
- De la Puerta Migueles, M. D. L. (2021). Cuantificación y mitigación de la huella de carbono en la agroindustria. Aplicación a la producción de aceite de oliva. <https://idus.us.es/handle/11441/126675>
- Dirección Regional de Agricultura Tacna (2020). Costos estimados de producción de cultivo de olivo – Tacna. [https://www.agritacna.gob.pe/gestores/estadistica/of\\_ol\\_estadidet\\_e/archivos/9473439761\\_1731177845.pdf](https://www.agritacna.gob.pe/gestores/estadistica/of_ol_estadidet_e/archivos/9473439761_1731177845.pdf)
- Echeverría, C., Bolados, G., Rodríguez, J., Aguayo, M., & Premoli, A. (2014). Ecología de paisajes forestales. *Ecología forestal. Bases para el manejo sustentable y conservación de los bosques nativos de Chile*. Santiago de Chile: Ediciones UACH, 583-604.
- Eyankware, M., Obasi, P., & Akakuru, O. (2016). Use of hydrochemical approach in evaluation of water quality around the vicinity of Mkpuma Ekwaoku Mining District, Ebonyi State, SE. Nigeria for Irrigation Purpose. *Indian Journal of Science*, 23(88), 881-895

- FAO (2022) Sistemas de explotación agrícola. <https://cutt.ly/9lBeAPk>
- Febrer, C., Dieguez, F., & Gazzano, I. (2021). Evaluación multicriterio de la sustentabilidad de trece sistemas ganaderos familiares extensivos de cría y ciclo completo de Uruguay. *Agrociencia Uruguay*, 25(1). [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S2730-50662021000101309&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S2730-50662021000101309&script=sci_arttext&tlng=en)
- Fernández, JF (2015, 17 de noviembre). Recursos de un agroecosistema. *iAgua*. <https://www.iaqua.es/blogs/iriego/recursos-agroecosistema>
- Ferreira Hernández, A. (2020.). Indicadores de sustentabilidad en sistemas ganaderos familiares vinculados a la cooperativa agraria Quebrada de los Cuervos. Tesis de grado. Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Veterinaria. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/28978>
- Garson D. (2014). *Regresión logística: Binaria y multinomial*. Asociación estadística Reynosa Navarro, E. (2015). *Crisis ambiental global. Causas, consecuencias y soluciones prácticas*. GRIN Verlag GmbH.
- Gliessman, S. R. (2002). *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Catie.
- Gómez Calero, J. A. (2010). Sostenibilidad de la producción de olivar en Andalucía. [https://digital.csic.es/bitstream/10261/24985/1/Sost\\_Producci%C3%B3n\\_Olivar\\_Andalucia3.pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/24985/1/Sost_Producci%C3%B3n_Olivar_Andalucia3.pdf)
- Guzmán, G. I., & Alonso, A. M. (2006). Análisis de la sustentabilidad de la olivicultura ecológica en la provincia de Granada. In VI Congreso SEAE. II Congreso Iberoamericano de Agroecología (pp. 1819-1834).
- Guzmán J. R. (2005). Una estimación del balance energético y de emisiones de carbono del cultivo del olivo en España. <https://acortar.link/wffrYo>
- Guzmán, G. I., & Alonso, A. M. (2004, September). Análisis de la sustentabilidad de la olivicultura ecológica en la provincia de Granada. In VI Congreso SEAE. II Congreso Iberoamericano de Agroecología (pp. 1819-1834). <https://www.academia.edu/download/6676451/105.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, Pilar. (2010). *Metodología de la investigación* (5ª ed.). México: McGraw-Hill.

- Hernández F. L., López, F. A., Conesa, C. C., Alonso, E. H., & Álvarez, Y. A. (2004). La huella ecológica del cultivo del olivo en España y su aplicabilidad como indicador de agricultura sostenible. *Papeles de geografía*, (39), 141-155. <https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/2906/1/07-HUELLA.pdf>
- Hodgson, D., McDonald, J. L., & Hosken, D. J. (2015). What do you mean, “resilient”? *Trends in Ecology and Evolution*, 30(9), 503-506. doi: 10.1016/j.tree.2015.06.010. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169534715001627>
- Hanacuni A. W. (2015). Análisis de la producción de la aceituna en la zona de Los Palos y su proceso de comercialización, Región Tacna – periodo 2015. Tesis UNJBG. <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/2728>
- INEI (2018) costos de producción para actividad agricultura, ganadería, caz y silvicultura en base a la encuesta nacional agraria (ENA-2018). Grozo B. J. (ed.). <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/investigaciones/costos-de-produccion-v7.pdf>
- Lloret, F., Keeling, E. G., & Sala, A. (2011). Components of tree resilience: effects of successive low-growth episodes in old ponderosa pine forests. *Oikos*, 120(12), 1909-1920. doi: 10.1111/j.1600-0706.2011.19372.x. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1600-0706.2011.19372.x>
- Loaiza Cerón, W., Carvajal Escobar, Y., & Ávila Diaz, Á. (2014). Evaluación agroecológica de los sistemas productivos agrícolas en la microcuenca cetella. *Colombia Forestal*. 17(2), 161-179. <http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2014.2.a03>.
- López Bermúdez, F., Alonso Sarria, F., Conesa García, C., Hernández Laguna, E., & Alvarez Rogel, Y. (2004). La huella ecológica del cultivo del olivo en España y su aplicabilidad como indicador de agricultura sostenible. *Papeles de Geografía*, (39), 141–155. <https://revistas.um.es/geografia/article/view/44821>
- Lozada, J. (2014). Investigación aplicada: Definición, propiedad intelectual e industria. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 3(1), 47-50. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>
- Luna Quintero, J. C., & Ortega Marcón, Y. E. (2018). Indicadores de sostenibilidad en la gestión de proyectos. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/25180>

- Masera, O., Astier M., Lopez-Ridaura S. (2000). Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS. México D.F. Mundi Prensa.
- Moreira de Sousa A., Rovere, Lèbre La Emilio y Schneider Márcio Roberto (2022) Processo analítico hierárquico para priorizar a avaliação de riscos ecológicos em áreas contaminadas por petróleo e derivados. Engenharia Sanitaria e Ambiental [online]. 2022, v. 27, n. 5. pp. 939-946. <https://doi.org/10.1590/S1413-415220210250>.
- Nieto, N. (2018). Tipos de Investigación. Universidad Santo Domingo de Guzmán. <http://repositorio.usdg.edu.pe/handle/USDG/34>
- Odum, EP y Barrett, GW (1971). Fundamentos de ecología (Vol. 3, pág. 5). Filadelfia: Saunders.
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. International journal of morphology, 35(1), 227-232. [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-95022017000100037&script=sci\\_arttext&lng=pt](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-95022017000100037&script=sci_arttext&lng=pt)
- Paruelo, J. M. (2010). Valoración de servicios ecosistémicos y planificación del uso del territorio ¿Es necesario hablar de dinero?. Valoración de Servicios Ecosistémicos, 120.
- Pavan Sukhdev (2008). La economía de los ecosistemas y la biodiversidad. [https://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/economics/pdf/teeb\\_report\\_es.pdf](https://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/economics/pdf/teeb_report_es.pdf)
- Pino, E., Ramos, L., Avalos, O., Tacora, P., Chávarri, E., Angulo, O., ... & Mejía, J. (2019). Factores que inciden en el agotamiento y la contaminación por intrusión marina en el acuífero costero de La Yarada, Tacna, Perú. Tecnología y ciencias del agua, 10(5), 177-213. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-24222019000500177](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222019000500177)
- PROOLIVO (2021, Diciembre 21) Producción de olivo. Portal Proolivo. <https://www.proolivo.com/>
- Reynosa Navarro, E. (2015). Crisis ambiental global. Causas, consecuencias y soluciones prácticas. GRIN Verlag GmbH.

- Rivera Segura, L. E. (2018). La agencia de los pozos subterráneos y la geografía histórica del distrito La Yarada - Los Palos, Tacna. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/12327>
- Ruiz, A. G. (2018). Del Ecocidio y los procesos migratorios a la opacidad de la victimización ecológica. *Revista electrónica de Ciencia penal y Criminología*, (20), 12. [https://www.academia.edu/download/57774571/Del\\_Ecocidio\\_y\\_los\\_procesos\\_migratorios\\_a\\_la\\_opacidad\\_de\\_la\\_victimizacion\\_ecologica.pdf](https://www.academia.edu/download/57774571/Del_Ecocidio_y_los_procesos_migratorios_a_la_opacidad_de_la_victimizacion_ecologica.pdf)
- Saaty, T.; Vargas, L. (1990). *Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process* Springer Science, 2012. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-I](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I)
- Salgado Lévano, Ana Cecilia, 2005. Métodos e instrumentos para medir la resiliencia: una alternativa peruana. *Liberabit* [online]. 2005, vol.11, n.11, pp. 41-48. ISSN 2233-7666.
- Sarandón SJ, Flores C (2014) *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables*. Primera Edición. Universidad Nacional de La Plata. Argentina. 466p. <https://doi.org/10.35537/10915/37280>
- Sarandón, S. J. (2002). *El agroecosistema: un sistema natural modificado*. Agroecología: El camino para una agricultura sustentable. Ediciones Científicas Americanas, La Plata, Argentina. <https://www.academia.edu/download/33308441/Cap4-Agroecosistemas-Sarandon.pdf>
- Segura Penagos, A., & Cubides Cárdenas, J. (2017). El principio de participación ambiental y su aplicabilidad en la quebrada “la velásquez” del municipio de Puerto Boyacá. *Revista Academia & Derecho*, 8 (14), 249-288. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6713609>
- Torres Valverde, E. P., & Padilla Rivadeneira, G. S. (2013). *Medición de la intención de compra con base en un modelo de regresión logística de productos de consumo masivo* (Bachelor's thesis). <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/5772>
- UNIKA (2020). *Estudios de ecotoxicidad y su importancia para la seguridad medioambiental*. <https://www.unikagm.com/estudios-de-ecotoxicidad-y-su-importancia-para-la-seguridad-medioambiental/>

- Urquiza Gómez, A., & Cadenas, H. (2015). Sistemas socio-ecológicos: elementos teóricos y conceptuales para la discusión en torno a vulnerabilidad hídrica. *L'Ordinaire des Amériques*, (218). <https://doi.org/10.4000/orda.1774>
- Valderrama, J. F. N., Baena, J. A. P., & Pérez, F. J. M. (2012). Persistencia de plaguicidas en el ambiente y su ecotoxicidad: Una revisión de los procesos de degradación natural. *Gestión y ambiente*, 15(3), 27-38. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/36278>
- Vázquez Manzanares, V. M. (2014). Externalidades y medioambiente. *Revista Iberoamericana de Organización de Empresas y Marketing*, 1, 1-15. [https://www.researchgate.net/profile/Victor-Vazquez-6/publication/308524624\\_Externalidades\\_y\\_medioambiente/links/57e647008ae9227da9a0b18/Externalidades-y-medioambiente.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Victor-Vazquez-6/publication/308524624_Externalidades_y_medioambiente/links/57e647008ae9227da9a0b18/Externalidades-y-medioambiente.pdf)
- Visconti F. R., & de Paz, J. M. (2017). Estimación de la capacidad potencial de secuestro y emisión de CO<sub>2</sub> de los suelos agrícolas de la Comunidad Valenciana. *Ecosistemas*, 26(1), 91-100. <http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/1302>
- Zarta Ávila, P. (2018). La sustentabilidad o sostenibilidad: un concepto poderoso para la humanidad. *Tabula Rasa*, (28), 409-423. <https://doi.org/10.25058/20112742.n28.18>
- Zhou, D.; Lin, Z.; Liu, L.; Zimmermann, D. 2013. Assessing secondary soil salinization risk based on the PSR sustainability framework. *J. Environ. Manage.* 128(15): 642-654. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479713004283>

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Formato de cuestionario aplicado

### Indicadores de sostenibilidad del agroecosistema La Yarada - Los Palos

#### ASPECTOS GENERALES

1. ¿Cuál es su razón social? \*

Marca solo un óvalo.

- Persona Natural  
 Sociedad Anónima (S.A.)  
 Sociedad Anónima cerrada (S.A.C.)  
 Sociedad Comercial de Responsabilidad Limitada (S.R.L.)  
 Empresario Individual de Responsabilidad Limitada (E.I.R.L.)  
 Sociedad Anónima Abierta (S.A.A.)  
 Ninguno  
 Otro: \_\_\_\_\_

2. ¿Forma parte de alguna organización que le ayude a mejorar su competitividad y sus capacidades técnicas? Marque uno o varios.

Selecciona todos los que correspondan.

- CEAPO  
 ProOliveo  
 Asociación de agricultores  
 NINGUNO  
 Otro: \_\_\_\_\_

3. Marque solo si ha recibido algún tipo de asistencia o apoyo de alguna de las siguientes instituciones

Selecciona todos los que correspondan.

	Manejo del cultivo	Procesamiento de aceituna	Asesoría empresarial	Alquiler de maquinaria	Cofinanciamientos
PromPerú	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Agroideas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
INIA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Universidades	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Empresas de Agroquímicos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SENASA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Municipalidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gobierno Regional	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DIGESA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
INNOVATE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Respecto a la respuesta anterior ¿En que año recibió la asistencia?

Selecciona todos los que correspondan.

	2022	2021	2020	2019	2018	2017	Hace más de 5 años
PromPerú	<input type="checkbox"/>						
Agroideas	<input type="checkbox"/>						
INIA	<input type="checkbox"/>						
Universidades	<input type="checkbox"/>						
Empresas de Agroquímicos	<input type="checkbox"/>						
SENASA	<input type="checkbox"/>						
Municipalidad	<input type="checkbox"/>						
Gobierno Regional	<input type="checkbox"/>						
DIGESA	<input type="checkbox"/>						
INNOVATE	<input type="checkbox"/>						

5. ¿Ha recibido financiamiento los últimos 5 años?

Marca solo un óvalo.

- Sí  
 No

6. Respecto a la respuesta anterior ¿De qué institución recibió el financiamiento?

Selecciona todos los que correspondan.

- Cajas municipales de ahorro y crédito - CMAC  
 Cajas rurales de ahorro y crédito - CRAC  
 Agrobanco  
 Otro Banco  
 Prestamos no bancarizados  
 No recibió de ninguna entidad

#### CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD PRODUCTIVA

7. ¿Es agricultor de aceituna de mesa?

Marca solo un óvalo.

- Si  
 No

#### 1ª SECCIÓN: AGRICULTOR

8. ¿Cuántos años se dedica a la actividad olivícola?

9. ¿Dónde se ubica su predio?

Marca solo un óvalo.

- Asentamiento 5 y 6  
 Asentamiento 4  
 28 de Agosto  
 Cooperativa 60  
 La Esperanza  
 Los Olivos  
 Las Palmeras  
 Juan Velasco Alvarado  
 Los Palos  
 Otro: \_\_\_\_\_

10. ¿Qué servicios técnicos son los que demanda? Marque uno o varios.

Selecciona todos los que correspondan.

- Asesoría en manejo del cultivo  
 Asesoría en procesamiento de aceituna  
 Asesoría empresarial  
 Servicios de alquiler de maquinaria  
 Otro: \_\_\_\_\_

11. ¿Qué variedades de olivo tiene en producción? ¿Cuántas hectáreas tiene? Marque uno o varios.

Marca solo un óvalo por fila.

	hasta 2 ha	mas de 2 y hasta 5 ha	mas de 5 y hasta 10 ha	mas de 10 ha y hasta 20 ha	mas de 20 ha
Sevillana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ascolana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manzanilla	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Empeltre	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pendolino	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Otro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

12. ¿Qué variedades de olivo tiene en crecimiento sin producción? ¿Cuántas hectáreas tiene? Marque uno o varios.

Marca solo un óvalo por fila.

	hasta 2 ha	mas de 2 y hasta 5 ha	mas de 5 y hasta 10 ha	mas de 10 ha y hasta 20 ha	mas de 20 ha
Sevillana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ascolana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manzanilla	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Empeltre	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pendolino	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Otro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

13. ¿Cuántas toneladas cosecha aproximadamente por hectárea (tn/ha)?

\_\_\_\_\_

14. ¿Qué porcentaje del total de aceituna cosechada es aceituna verde? Y ¿Qué porcentaje del total de aceituna cosechada es aceituna negra?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

15. ¿Qué cantidad aproximadamente se destina a descartar por tonelada producida?

Marca solo un óvalo.

- 10 %  
 20 %  
 30 %  
 40 %  
 más de 40 %

16. ¿Cuántas plantas tiene por hectárea?

\_\_\_\_\_

#### 1ª SECCIÓN: INDICADORES AMBIENTALES

##### CONSUMO DE AGUA

17. ¿Qué tipo de riego utiliza? Marque uno o varios.

Selecciona todos los que correspondan.

- Gravedad  
 Tecnificado  
 Otro: \_\_\_\_\_

18. ¿Cuál es el código del pozo que le provee agua?

\_\_\_\_\_

19. COMBUSTIBLE PARA RIEGO

De ser su caso, ¿Cuántos galones de combustible utiliza para el riego al mes?

Marca solo un óvalo.

- Medio galón  
 1 galón  
 2 galones  
 3 galones  
 4 galones  
 5 galones  
 Otro: \_\_\_\_\_

20. COMBUSTIBLE PARA LAVADO

¿Qué tipo de maquinaria utiliza para el lavado de plantas?

Selecciona todos los que correspondan.

- Motor estacionario  
 Tractor y tanque  
 Otro: \_\_\_\_\_

21. COMBUSTIBLE PARA LAVADO

De ser su caso, ¿Cuántos galones de combustible utiliza para cada lavado de las árboles?

Marca solo un óvalo.

- Medio galón  
 1 galón  
 2 galones  
 3 galones  
 4 galones  
 5 galones  
 Otro: \_\_\_\_\_

22. CANTIDAD DE LAVADOS

¿Cuántos lavados realiza al año?

Marca solo un óvalo.

- 1  
 2  
 3  
 4  
 5

23. FUMIGADO

¿Qué tipo de máquina utiliza para la fumigación de plantas?

Selecciona todos los que correspondan.

- Motor estacionario  
 Tractor y tanque  
 Mochila  
 Otro: \_\_\_\_\_



35. ¿Cuánto le paga al personal por la cosecha?

Marca solo un óvalo.

- S/9.00 por jaba  
 S/10.00 por jaba  
 S/11.00 por jaba  
 S/12.00 por jaba  
 S/13.00 por jaba

36. De ser su caso, ¿Cuánto personal requiere para el riego?

Marca solo un óvalo.

- 1 personas  
 2 personas  
 3 personas  
 4 personas  
 No requiere  
 Otro: \_\_\_\_\_

37. ¿Cuánto es el pago por jornal? Marque una o varias.

Selecciona todos los que correspondan.

- 50 soles  
 60 soles  
 70 soles  
 80 soles  
 90 soles  
 100 soles  
 Otro: \_\_\_\_\_

38. ¿Procesa la aceituna de mesa?

Marca solo un óvalo.

- Sí  
 No

39. ¿Cuáles son sus principales clientes de la aceituna sin procesar? Marque uno o varios.

Selecciona todos los que correspondan.

- Acopiadores  
 Empresas procesadoras  
 Otro: \_\_\_\_\_

40. ¿En qué forma comercializa la aceituna sin procesar?

Marca solo un óvalo.

- En árbol / mata parada  
 Al barrer  
 El jaba / cosechado  
 Otro: \_\_\_\_\_

41. ¿Cuál es el precio (S/) de venta de la aceituna negra sin procesar por kilogramo?

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

42. ¿Cuál sería el porcentaje adicional al precio de venta de la aceituna, que se considere como un precio justo?

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

43. Cuan abundante son las especies animales como los insectos

Marca solo un óvalo.

- Nada abundante  
 Poco abundante  
 Muya abundante

44. Cuan abundante son las especies vegetales como plantas y arbustos diferentes al olivo

Marca solo un óvalo.

- Nada abundante  
 Poco abundante  
 Muya abundante

## Anexo 2. Matriz de comparación (AHP)

### Muestra de expertos con Razón de Consistencia (CR) < 10%

	A	B	C	D	E	F	VECTOR PROPIO
A	1	1/4	4	1/4	3	1/3	0,1048
B	4	1	3	1/3	3	1/2	0,1765
C	1/4	1/3	1	1/3	2	1/9	0,0553
D	4	3	3	1	3	1	0,2844
E	1/3	1/3	1/2	1/3	1	1/9	0,0455
F	3	2	9	1	9	1	0,3336
<b>CR</b>	9,21%	< 10%					1,0000

	A	B	C	D	E	F	VECTOR PROPIO
A	1	1/2	1	1/9	2	1/2	0,0728
B	2	1	8	1/2	6	1	0,2465
C	1	1/8	1	1/5	7	1/2	0,0848
D	9	2	5	1	9	1	0,3628
E	1/2	1/6	1/7	1/9	1	1/8	0,0278
F	2	1	2	1	8	1	0,2053
<b>CR</b>	9,62%	< 10%					1,0000

### Muestra de expertos con Razón de Consistencia (CR) > 10%

	A	B	C	D	E	F	VECTOR PROPIO
A	1	1/6	1/8	1/7	5	1/6	0,0732
B	6	1	7	7	7	6	0,3864
C	8	1/7	1	1/5	1/5	1/5	0,0702
D	7	1/7	5	1	6	1/6	0,1640
E	1/5	1/7	5	1/6	1	5	0,1280
F	6	1/6	5	6	1/5	1	0,1782
<b>CR</b>	86,09%	< 10%					1,0000

	A	B	C	D	E	F	VECTOR PROPIO
A	1	1/3	1/3	5	2	2	0,1494
B	3	1	4	3	8	9	0,4023
C	3	1/4	1	5	8	8	0,2708
D	1/5	1/3	1/5	1	5	8	0,1090
E	1/2	1/8	1/8	1/5	1	1	0,0353
F	1/2	1/9	1/8	1/8	1	1	0,0333
<b>CR</b>	17,84%	< 10%					1,0000

**Anexo 3. Expertos seleccionados según el indicador Razón de Consistencia (RC)**

<b>N° experto</b>	<b>Profesión /área</b>	<b>CR (&lt; 10%)</b>
1	Hidrólogo	9,21
2	Biólogo	9,62
3	Agrónomo	6,00
4	Alimentos	10,0
5	Biólogo	8,00
6	Economista	9,00
7	Agrícola	10,00
8	Ingeniero ambiental	9,60
9	Olivicultor	10,00
10	Olivicultor	10,00
11	Alimentos	10,00
12	Olivicultor	9,90

#### Anexo 4. Formato para selección de indicadores más representativos

La investigación tiene como finalidad recoger información acerca de la importancia de ciertos factores sobre otros a la hora de priorizar indicadores ambientales más representativos que determinen la sustentabilidad al agroecosistema La Yarada – Los Palos.

En el formato siguiente tendrá que elegir entre dos criterios y mostrar el grado de importancia que tiene este sobre el otro criterio comparado. Seguidamente, puntuará el grado de importancia que tiene un ítem dentro de un grupo.

La escala de importancia tiene el siguiente orden 1, 3, 5, 9, siendo el 1 igual de importante entre los criterios y 9 una importancia superior frente al otro.

#### Criterios de comparación

<p><b>Empleo de recurso hídrico</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema de Riego</li> <li>- Calidad de agua</li> </ul> <p><b>Adaptabilidad a Procesos de innovación y aprendizaje</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacidad de innovación</li> </ul> <p><b>Estabilidad y resiliencia del agroecosistema</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estabilidad productiva</li> <li>- Balance de materia orgánica</li> <li>- Balance de nutrientes</li> <li>- Estabilidad económica</li> <li>- Biodiversidad vegetal</li> <li>- Biodiversidad animal</li> </ul>	<p><b>Equidad en organización social</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Generación de empleo</li> <li>- Distribución de riqueza</li> <li>- Externalidades por uso de combustible fósil</li> <li>- Externalidades por salinización del suelo</li> <li>- Externalidades por acidificación del suelo</li> </ul> <p><b>Productividad</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Volumen de producción</li> <li>- Beneficio económico</li> <li>- Eficiencia energética</li> </ul>
<p><b>Criterio de Valoración</b></p> <p>1= El criterio A es igual de importante que el criterio B  3= El criterio A es un poco importante que el criterio B  5 = El criterio A es más importante que el criterio B  7 = El criterio A es mucho más importante que el criterio B  9 = El criterio A es absolutamente más importante que el criterio B</p>	

#### Comparación 1

¿Cuál piensa que es más importante? (marque con X)

Empleo de recurso hídrico (RH)					
Productividad (P)					
¿En qué grado?	1	3	5	7	9

#### Comparación 2

¿Cuál piensa que es más importante? (marque con X)

Empleo de recurso hídrico (RH)					
Adaptabilidad a Procesos de innovación y aprendizaje (APIA)					
¿En qué grado?	1	3	5	7	9

**Comparación 3****¿Cuál piensa que es más importante? (marque con X)**

Empleo de recurso hídrico (RH)						
Estabilidad y resiliencia del agroecosistema (ERA)						
¿En qué grado?	1	3	5	7	9	

**Comparación 4****¿Cuál piensa que es más importante? (marque con X)**

Empleo de recurso hídrico (RH)						
Autonomía de suministro (flujos necesarios para la producción) (ASFP)						
¿En qué grado?	1	3	5	7	9	

**Comparación 5****¿Cuál piensa que es más importante? (marque con X)**

Productividad (p)						
Adaptabilidad a Procesos de innovación y aprendizaje (APIA)						
¿En qué grado?	1	3	5	7	9	

**Comparación 6****¿Cuál piensa que es más importante? (marque con X)**

Productividad (P)						
Estabilidad y resiliencia del agroecosistema (ERA)						
¿En qué grado?	1	3	5	7	9	

**Comparación 7****¿Cuál piensa que es más importante? (marque con X)**

Productividad (P)						
Autonomía de suministro (flujos necesarios para la producción) (ASFP)						
¿En qué grado?	1	3	5	7	9	

**Comparación 8****¿Cuál piensa que es más importante? (marque con X)**

Adaptabilidad a Procesos de innovación y aprendizaje (APIA)						
Autonomía de suministro (flujos necesarios para la producción) (ASFP)						
¿En qué grado?	1	3	5	7	9	

**Comparación 9**

¿Cuál piensa que es más importante? (marque con X)

Adaptabilidad a Procesos de innovación y aprendizaje (APIA)					
Estabilidad y resiliencia del agroecosistema (ERA)					
¿En qué grado?	1	3	5	7	9

**Comparación 10**

¿Cuál piensa que es más importante? (marque con X)

Estabilidad y resiliencia del agroecosistema (ERA)					
Autonomía de suministro (flujos necesarios para la producción) (ASFP)					
¿En qué grado?	1	3	5	7	9

A continuación, valore del 1 al 9 cuán importante es cada ítem, siendo 9 muy importante y 1 nada importante

	Ítem	Puntuación
Empleo de recurso hídrico	Sistema de riego eficiente	
	Calidad de agua adecuada	
Productividad	Ítem	Puntuación
	Volumen de producción	
	Beneficio económico	
Estabilidad y resiliencia del agroecosistema	Ítem	Puntuación
	Balance de materia orgánica	
	Biodiversidad vegetal	
	Biodiversidad animal	
Equidad en organización social	Ítem	Puntuación
	Generación de empleo	
	Distribución de riqueza	
	Externalidades por potencial de salinización	
Autonomía de suministro los flujos necesarios para la producción	Ítem	Puntuación
	Físico-económica	
	Dependencia de subsidios	
Adaptabilidad a Procesos de innovación y aprendizaje	Ítem	Puntuación
	Capacidad de innovación	
	Adopción de tecnologías	

## Anexo 5. Priorización de indicadores mediante expertos

Prioridad	Indicador	Experto												Min	Max	Media	C. V.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
1	RRHH: Calidad de agua adecuada	6	8	7	9	7	7	9	9	9	9	9	7	6	9	7,92	0,14
2	ERA: Estabilidad económica	7	9	8	7	6	8	8	8	8	8	7	9	6	9	7,70	0,11
3	APIA: Capacidad de innovación	7	8	7	8	6	9	8	8	8	9	7	8	6	9	7,70	0,11
4	RRHH: Sistema de riego eficiente	7	9	6	7	6	7	8	8	8	9	9	9	6	9	7,67	0,14
5	ERA: Biodiversidad vegetal	8	9	7	8	9	6	9	9	9	7	5	6	5	9	7,53	0,19
6	EOS: Por salinización del suelo	7	8	7	5	8	9	8	8	8	9	8	6	5	9	7,49	0,15
7	ERA: Estabilidad productiva	7	8	6	5	9	9	7	7	7	9	7	9	5	9	7,38	0,17
8	EOS: Generación de empleo	6	9	7	7	9	8	7	7	7	8	8	6	6	9	7,35	0,13
9	ERA: Balance de nutrientes	6	8	7	5	8	8	7	7	7	8	6	9	5	9	7,082	0,15
10	EOS: Distribución de riqueza	6	9	8	5	9	9	6	6	6	8	8	6	5	9	7,02	0,20
11	Productividad: Beneficio económico	7	8	6	5	5	9	7	7	7	9	6	9	5	9	6,94	0,20
12	ERA: Balance de materia orgánica	6	7	7	5	8	9	6	6	6	8	6	9	5	9	6,80	0,19
13	Productividad: Volumen de producción	6	8	8	6	6	5	7	7	7	9	5	9	5	9	6,78	0,20
14	AS: Autonomía energética	6	7	8	6	9	8	5	5	5	8	8	8	5	9	6,77	0,21
15	AS: Físicos - económicos	6	8	7	4	8	9	7	7	7	9	6	5	4	9	6,75	0,22
16	Productividad: Eficiencia energética	5	8	8	5	6	7	7	7	7	9	6	7	5	9	6,73	0,17
17	EOS: Por uso de combustible fósil	6	7	7	6	7	6	6	6	6	7	6	6	6	7	6,31	0,07
18	EOS: Por acidificación del suelo	5	7	7	5	6	8	5	5	5	9	8	2	2	9	5,65	0,33
19	ERA: Biodiversidad animal	6	9	8	7	9	8	6	3	3	6	2	5	2	9	5,46	0,43
20	AS: Dependencia de subsidios	7	5	7	5	8	6	6	1	1	9	1	7	1	9	4,09	0,68

### Anexo 6. Varianza total explicada para agrupación de dimensiones

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	2,758	17,239	17,239	2,758	17,239	17,239	2,338	14,610	14,610
2	2,448	15,301	32,541	2,448	15,301	32,541	2,068	12,924	27,534
3	1,736	10,852	43,392	1,736	10,852	43,392	1,895	11,846	39,379
4	1,549	9,684	53,077	1,549	9,684	53,077	1,706	10,662	50,042
5	1,466	9,163	62,240	1,466	9,163	62,240	1,534	9,590	59,631
6	1,279	7,994	70,234	1,279	7,994	70,234	1,471	9,192	68,823
7	1,045	6,533	76,767	1,045	6,533	76,767	1,271	7,943	76,767
8	,851	5,320	82,086						
9	,678	4,237	86,323						
10	,614	3,837	90,160						
11	,499	3,122	93,282						
12	,396	2,474	95,756						
13	,338	2,115	97,871						
14	,260	1,623	99,494						
15	,081	,506	100,000						
16	-1,110E-016	-6,939E-016	100,000						
Método de extracción: Análisis de Componentes principales.									

**Anexo 7. Calculo de GEI por el uso de fertilizantes por los agricultores de aceituna en La Yarada – Los Palos según el método de nivel 1 del IPCC.**

$$\text{Emisiones}_{FE} = N \times FE_1 \times \frac{44}{28} \times PCG_1$$

Emisiones<sub>FE</sub>: Emisiones directas de N<sub>2</sub>O procedentes de la adición de fertilizantes nitrogenados y estiércol aplicado a suelos gestionados, en kg de CO<sub>2</sub> equivalente al año (kgCO<sub>2</sub>eq/año).

N: Total del nitrógeno contenido en el fertilizante o estiércol (kg).

FE<sub>1</sub>: Factor de emisión para emisiones directas de N<sub>2</sub>O por aportes de N en suelos gestionados (kg N<sub>2</sub>O–N / kg N).

$\frac{44}{28}$ : Conversión de las emisiones de N<sub>2</sub>O–N en emisiones de N<sub>2</sub>O.

PCG: Potencial de calentamiento global del N<sub>2</sub>O.

$$\text{Emisiones}_U = U \times FE_2 \times \frac{44}{12} \times PCG_2$$

Emisiones<sub>U</sub>: Emisiones de CO<sub>2</sub> por aplicación de urea al año, (kgCO<sub>2</sub>/año).

U: Cantidad de urea aplicada para en la fertilización al año (kg).

FE<sub>2</sub>: Factor de emisión, contenido de carbono de la urea sobre la base de su peso atómico (20 %).

$\frac{44}{12}$ : Conversión de las emisiones de CO<sub>2</sub>–C en emisiones de CO<sub>2</sub>.

PCG: Potencial de calentamiento global del CO<sub>2</sub>.

**Datos para cálculo**

Datos (N <sub>2</sub> O-N)		Fuente
FE <sub>1</sub>	<b>0,01</b>	IPCC (2006)
<b>44/28</b>	<b>1,57</b>	IPCC (2006)
PCG <sub>1</sub>	<b>265</b>	AR5 (2014)
Datos (CO <sub>2</sub> -Urea)		Fuente
FE <sub>2</sub>	<b>0,2</b>	IPCC (2006)
<b>44/12</b>	<b>3,67</b>	IPCC (2006)
PCG <sub>2</sub>	<b>1</b>	AR5 (2014)

### Anexo 8. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema general</b></p> <p>¿Qué características tiene la sustentabilidad ambiental de la actividad olivícola en el agroecosistema La Yarada – Los Palos, Tacna?</p>	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Evaluar las características de la sustentabilidad ambiental de la actividad olivícola en el agroecosistema La Yarada – Los Palos.</p>	<p><b>Hipótesis general</b></p> <p>La actividad olivícola en el agroecosistema La Yarada – Los Palos, presenta problemas de sustentabilidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Empleo de recurso hídrico</li> <li>- Productividad</li> <li>- Estabilidad y resiliencia del agroecosistema</li> <li>- Equidad en organización social</li> </ul>	<p><b>Tipo de investigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Investigación aplicada</li> </ul> <p><b>Nivel de investigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Descriptivo</li> </ul> <p><b>Diseño de investigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- No experimental</li> </ul>
<p><b>Problemas específicos</b></p> <p>a. ¿Cuáles son los indicadores relacionados con la actividad Olivícola que representan la sustentabilidad del agroecosistema La Yarada - Los Palos?</p> <p>b. ¿Qué indicadores ambientales tienen mayor predominancia sobre la sustentabilidad ambiental de la actividad olivícola en el agroecosistema La Yarada - Los Palos?</p> <p>c. ¿Qué características presentan las dimensiones ambiental, social y económica que representan la sustentabilidad ambiental de la actividad olivícola en</p>	<p><b>Objetivos específicos</b></p> <p>a. Diagnosticar y seleccionar indicadores relacionados con la actividad Olivícola que representan la sustentabilidad del agroecosistema La Yarada - Los Palos</p> <p>b. Determinar que indicadores tienen mayor predominancia sobre la sustentabilidad de la actividad olivícola en el agroecosistema La Yarada - Los Palos</p> <p>c. Determinar qué características presentan las dimensiones</p>	<p><b>Hipótesis específicas</b></p> <p>a. Los indicadores de sustentabilidad ambiental de mayor incidencia en la actividad olivícola, es el empleo de recursos y la estabilidad y resiliencia del agroecosistema</p> <p>b. La dimensión ambiental tiene mayor predominancia sobre la sustentabilidad ambiental de la actividad olivícola</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Autonomía de suministro los flujos necesarios para la producción</li> <li>- Adaptabilidad a Procesos de innovación y aprendizaje</li> </ul>	<p><b>Metodología</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Procesos Analítico Jerárquico (AHP)</li> <li>- Análisis factorial</li> <li>- Análisis documental</li> <li>- Aplicación de instrumentos: Cuestionarios.</li> </ul>

el agroecosistema La Yarada - Los Palos?	ambiental, social y económica que representan la sustentabilidad ambiental de la actividad olivícola en el agroecosistema La Yarada - Los Palos			
--	---	--	--	--