



## INDICE DE SOSTENIBILIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE CAMOTE (*Ipomoea batatas* Lam.): ANÁLISIS MULTIVARIADO †

### [SUSTAINABILITY INDEX OF CAMOTE (*Ipomoea batatas* Lam.) PRODUCTION: MULTIVARIATIVE ANALYSIS]

Norma Carolina Valverde-Reyes<sup>1</sup> and Rember Pinedo-Taco<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Agraria La Molina. Avenida La Molina s/n. Escuela de posgrado, primer piso-La Molina. Apartado postal 12-056. Lima, Perú

<sup>2</sup>Universidad Nacional Agraria La Molina. Avenida La Molina s/n. Facultad de Agronomía, Departamento Académico de Fitotecnia, tercer piso-La Molina. Apartado postal 12-056. Lima, Perú

\*Corresponding author

#### SUMMARY

**Background.** The area under sweet potato cultivation on the Peruvian coast has grown in the last 10 years due to increased market demand; however, its level of sustainability is unknown due to crop intensification. **Objective.** To determine the level of sustainability of sweet potato production units (SPU), considering economic, environmental and social aspects, applying multivariate analysis techniques and methodological proposals. **Methodology.** Surveys with structured questions were applied to farmers responsible for managing their SPU. The values of the economic, environmental and social indicators were found according to a methodological proposal of multidimensional analysis. The data were adapted to an ordinal scale from 1 to 5, in which 1 was considered the least sustainable and 5 an ideal level of sustainability. **Implications.** The value of economic, environmental and social indicators determines the level of sustainability of agricultural production systems. **Conclusions.** The economic, social and environmental indicators contribute with a General Sustainability Index (GSI) of 2.93; value that places the SPU in a critical condition due to the fact that the value of the environmental indicators fails to exceed the minimum sustainability threshold established in the applied methodology.

Keywords: agricultural sustainability; agroecosystem; environmental indicator; *Ipomoea batatas*: monoculture.

#### RESUMEN

**Antecedentes.** La superficie cultivada de camote en la costa peruana ha crecido en los últimos 10 años debido al incremento de la demanda del mercado; en este contexto de intensificación del cultivo, se desconoce su nivel de sostenibilidad en los sistemas de producción predominantes. **Objetivo.** Determinar el nivel de sostenibilidad de las unidades de producción de camote (UPC), considerando aspectos económicos, ambientales y sociales, aplicando técnicas y propuestas metodológicas de análisis multivariado. **Metodología.** Se aplicaron encuestas con preguntas estructuradas a agricultores responsables del manejo de sus UPC. Los valores de los indicadores económicos, ambientales y sociales se hallaron en función a una propuesta metodológica de análisis multidimensional. Los datos se adecuaron a una escala ordinal de 1 a 5, en el cual 1, se consideró como el menos sostenible y 5 un nivel de sostenibilidad ideal. **Implicaciones.** El valor de los indicadores económicos, ambientales y sociales definen el valor de la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola. **Conclusiones.** Los indicadores económicos, sociales y ambientales contribuyen con un Índice de Sostenibilidad General (ISGen) de 2.93; valor que ubica a las UPC en una condición crítica debido a que el valor de los indicadores ambientales no logra superar el umbral mínimo de sostenibilidad establecida en la metodología aplicada.

Palabras clave: agroecosistema, indicador ambiental, *Ipomoea batatas*, monocultivo, sostenibilidad agrícola.

#### INTRODUCCIÓN

El camote se cultiva en más de 100 países y es considerado el quinto alimento más importante en los países en desarrollo debido a sus sobresalientes características agronómicas de tolerancia a insectos plaga, virus y enfermedades, buena capacidad competitiva con malezas,

tolerancia a estrés hídrico y presencia de sales en los suelos y por su bajo costo de producción. (Basurto *et al.*, 2016; Cantoral *et al.*, 2020; Cusumano y Zamudio 2013; Glato *et al.*, 2017; Rodríguez-Delfín *et al.*, 2014); en consecuencia, el cultivo es visto por los agricultores como una alternativa que puede contribuir a solucionar problemas de seguridad alimentaria tanto para la

† Submitted March 3, 2021 – Accepted January 17, 2022.



alimentación humana y del ganado como forraje (Basurto *et al.*, 2016; Vidal *et al.*, 2018; Huamán, 1992; Figueroa, 2015).

En el Perú, el cultivo de camote se realiza desde el nivel del mar en los valles de la costa hasta zonas de selva alta y valles interandinos ubicadas entre 500 a 2000 msnm. Por su rusticidad, el camote puede prosperar en suelos marginales con baja fertilidad química, física y biológica; sin embargo, para alcanzar un rendimiento promedio de 25 t/ha requiere un nivel de abonamiento de 130-80-120 kg de NPK (Fonseca *et al.* 2002; Villagómez 2015). En los últimos 30 años la superficie de cultivo se incrementó en 24%, los rendimientos en 37% y la producción en 61%; lo anterior indicado, pudo ser posible por la factibilidad técnica para la producción del cultivo durante todo el año, adaptabilidad climática y desarrollo y liberación de nuevas variedades de camote (Achata *et al.*, 1990; Koo, 2019).

En los valles de Barranca y Cañete del departamento de Lima, se cultiva el 78% de la producción nacional de camote, presenta un consumo per cápita de 3.4 kg/persona/año (INEI, 2012). De las 20,000 hectáreas de tierras cultivables bajo riego en el valle de Cañete, anualmente se siembran entre 5000 a 7000 ha, principalmente por los pequeños agricultores (parceleros), que conforman el 75% del total de agricultores del valle irrigado por las afluentes del río Cañete; el 90% de la producción se destina a los grandes mercados de la ciudad de Lima (MINAGRI 2016). Los sistemas de producción son del modelo convencional de monocultivo, dependientes de fertilizantes sintéticos y alto uso de plaguicidas lo cual constituye un riesgo para la estabilidad del componente ambiental (Bolívar, 2011; Morales *et al.*, 2018). Los productores realizan hasta cinco operaciones de labranza, con 10 aplicaciones de plaguicidas y el rendimiento promedio es de 26.25 t/ha; Las emisiones promedio de CO<sub>2</sub> en fincas de camote en el valle de Cañete alcanzan 4442 kg CO<sub>2</sub>eq/ha, debido al uso de fertilizantes, plaguicidas, mecanización y transporte (Morales *et al.*, 2018).

Existen escasas propuestas agroecológicas para adoptar prácticas agrícolas alternativas con una mínima dependencia de agroquímicos; por ejemplo, no hay evidencias sobre producción orgánica o agroecológica de camote en la costa peruana (Achata, 2009). Otro aspecto a destacar es la prevalencia de uso de dos variedades mejoradas (Jonatan y Huambanchero), introducidas por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), los cuales han mejorado el rendimiento del camote; esto ha ocasionado mayor incidencia de plagas y el desplazamiento y/o desaparición de aproximadamente 50 variedades nativas, dificultando con ello procesos de sostenibilidad y la resiliencia de los agroecosistemas (Achata, 2009; Altieri y Toledo, 2011; Sarandón y Flores, 2014). Al respecto, Sarandón y Flores (2014) y FAO (2016) indican que las sostenibilidades de los sistemas de

producción se fundamentan en prácticas agrícolas ecosistémicas que incorporen a los conocimientos y prácticas locales innovaciones tecnológicas apropiadas para cada región.

Por otra parte, en un contexto en donde la demanda de alimentos es creciente, debido al incremento de la población, sobre todo, en las zonas urbanas de las grandes ciudades ubicadas en la costa peruana; la presión sobre los recursos principalmente suelos agrícolas es cada vez más enorme, por lo que no queda otra alternativa que adoptar modelos de intensificación sostenible de producción agrícola; por lo tanto, lo anterior indicado implica emplear los mismos suelos y sus recursos debido a que no existen posibilidades de ampliar la frontera agrícola o realizar periodos de descanso de los suelos (Cerfontaine *et al.*, 2014; FAO, 2011; FAO, 2016). Del Risco (1997) menciona que se están produciendo cambios importantes en los patrones de localización espacial de las actividades agrícolas en función del mercado exterior; asimismo, es creciente la necesidad de aumentar la competitividad de la agricultura; sin embargo, enfatiza que no existen enfoques claros sobre las acciones por seguir la sostenibilidad y equidad; o no se realizan estudios de sostenibilidad que pueden ser favorables para la planificación agraria en función a los indicadores económicos, ambientales y sociales en los sistemas de producción.

Actualmente existen una gran diversidad de técnicas y propuestas metodológicas para medir la sostenibilidad de la producción de cultivos transitorios y permanentes empleando indicadores económicos, ambientales y sociales (Pinedo *et al.*, 2021). Al respecto, la OECD (1993) plantea el modelo de presión-estado-respuesta (OECD 1993), el cual se basa en el establecimiento de variables que permiten medir hasta qué punto el sistema es afectado por las variables asociadas con la presión sobre el medio ambiente. Por otro lado, el marco metodológico para evaluar la sostenibilidad de diferentes sistemas agropecuarios y de manejo de recursos naturales a escala local (MESMIS), basados en indicadores de productividad, estabilidad, confiabilidad, resiliencia, adaptabilidad, equidad y autodependencia (Astier *et al.* 2008). Smyth y Dumanski (1995) plantean el "Marco internacional para la evaluación del manejo sustentable de la tierra" (FESLM, sus siglas en inglés), que incluye cinco criterios (productividad, seguridad, protección de recursos naturales, viabilidad económica y aceptabilidad social). Sarandón (2002) plantea una propuesta metodológica para medir los niveles de sostenibilidad a través de indicadores económicos, ambientales y sociales procesando datos de encuestas con preguntas estructuradas; estos resultados se muestran en una representación gráfica apropiada, identificando puntos críticos y proponer medidas o alternativas de solución para los problemas identificados (Barrantes *et al.*, 2018).

## METODOLOGÍA

### Localización

La investigación se realizó en el distrito de San Luis, provincia de Cañete, departamento de Lima, ubicada a 104 msnm, con una precipitación promedio anual de 26.6 mm. Según el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI, 2002), Cañete se caracteriza por pertenecer a un tipo climático muy seco y semi-cálido, por su escasa o nula precipitación pluvial, su temperatura promedio en verano es de 28 °C y en invierno oscila entre los 14 y 20 °C.

### Construcción de indicadores

Los indicadores se definieron de acuerdo con la metodología y el marco conceptual propuesto por Sarandón (2002), siguiendo los lineamientos de Smyth y Dumansky (1995) y Astier *et al.* (2008) y adecuando al modelo empleado por Pinedo *et al.* (2020). Se eligieron 10 indicadores y 21 subindicadores de tal manera que fueran fáciles de obtener e interpretar, sobre todo, de bajo costo (Tabla 1); además, que estos brindaran la información necesaria, permitiendo detectar tendencias de producción y comercialización del camote, uso de recursos, dependencia de insumos externos y otros componentes que influyen en la sostenibilidad de los sistemas de producción en el ámbito de estudio (Sarandón, 2002; Sarandón y Flores, 2014). Los datos fueron obtenidos mediante encuestas cuyos contenidos involucraban preguntas estructuradas aplicadas a 50 productores por muestreo aleatorio simple, donde cada miembro de la población tenía la misma probabilidad de ser seleccionado (Barrantes *et al.*, 2018).

### Estandarización y ponderación de los indicadores

La comparación de las unidades de producción (parcelas) facilitaron el análisis de las múltiples dimensiones de la sostenibilidad, involucró la estandarización de los datos, mediante su transformación a una escala de 1 a 5; siendo 5 el mayor valor de sostenibilidad y 1 el más bajo. Esto permitió la integración de varios indicadores de distinta naturaleza (Barrantes *et al.*, 2018; Pinedo *et al.*, 2018, Pinedo *et al.*, 2020; Márquez y Julca, 2018). Para establecer los rangos de valoración de sostenibilidad, adaptando la propuesta plateada por Pinedo *et al.* (2018) se consideraron los valores como sostenibilidad muy crítica (0 a 1.99), crítica (2 a 2.99), débil (3 a 3.99), media (4 a 4.99), y alta (igual a 5).

La consistencia interna de las escalas utilizadas en cada variable/indicador y el nivel de similitud de estas, se corroboró mediante el Análisis de Correspondencia Múltiple (ACM) con la técnica de escalamiento óptimo (Benítez *et al.* 2016). Este procedimiento ayudó a describir en pocas dimensiones asociaciones entre variables ordinales, así como las similitudes y diferencias entre los casos (Pinedo *et al.*, 2018); siempre y cuando, el valor

estimado del Alfa de Cronbach sea mayor a 0.7, porque valores menores reflejan una débil relación entre las variables analizadas (Gonzales y Pazmiño 2015).

**Tabla 1. Criterios y valor de los indicadores para evaluar la sostenibilidad económica, ambiental y sociocultural de las unidades de producción de camote en san Luis Cañete.**

Dimensión	Indicador	Sub indicador
Económico	A: Rentabilidad	A1.- Superficie cultivada (ha)
		A2.- Rendimiento (kg/ha)
	B.- Ingreso económico INM	B1.- Ingreso por campaña (PEN)
		C: Riesgo económico
	C1.- Riesgo climático	
C2.- Número de canales de comercialización		
Ambiental	A: Conservación del suelo	C3.- Dependencia de insumos
		C4.- Situación de tenencia de tierras
		C5.- Calidad de tierras
		A1.- Rotación de cultivos
	A2.- Incorporación de materia orgánica	
B: Gestión de plagas	A3.- Cobertura de suelo	
	A4.-Preparacion de terreno	
C: Gestión de la agrobiodiversidad	B1- Frecuencia de aplicación plaguicidas	
	B2- Método de control de plagas	
Social	A: Acceso a servicios básicos	C1.- Sistema de producción
		A1- Vivienda.
	B: Grado de aceptabilidad de los sistemas de producción	A2- Acceso a la educación
		A3- Servicios básicos
C: Nivel de integración social	A4.-Servicios de salud	
	B1- Nivel de satisfacción con la actividad	
D: Acceso a capacitación y asistencia técnica	C1- Participación en organizaciones sociales	
	C2.- Fuente de mano de obra	
	D1- Nivel de asistencia técnica y capacitación	

La determinación del Indicador Económico (IE), fue conformado con los sub indicadores de rendimiento (A2), Riesgo climático (C2) y *tenencia de tierras* (C4), son importantes para la rentabilidad del cultivo de camote por lo que para la ponderación del indicador económico (IE), se otorgó el doble de peso, como se muestra en la siguiente relación matemática:

$$IE = \frac{((A1 + 2A2 + A3) / 4 + B1 / 1 + (C1 + C2 + 2C3 + C4 + C5) / 7))}{3}$$

Para el caso del Indicador Ambiental (IA) en el indicador *conservación del suelo* (A) se consideró otorgar el doble de peso a los sub indicadores *rotación de cultivos* (A1), *incorporación de materia orgánica* (A3), *preparación de terreno* (A4) y en el indicador *gestión de plagas* (B) *frecuencia de aplicación de plaguicidas* (B1), debido a su importancia en la ponderación del indicador ambiental (IA), como se observa en la siguiente relación matemática:

$$IA = \frac{(A1 + A2 + 2A3 + 2A4) / 7 + B1 + (C1 + C2 / 2) + 2D1)}{4}$$

En la dimensión social se consideró asignar en el indicador *acceso a servicios básicos* (A1) el doble de peso los sub indicadores de *acceso a la educación* (A2), *servicios básicos* (A3) *calidad de servicios de salud* (A4); y en el subindicador *nivel de asistencia técnica y capacitación* (D1), de acuerdo a la siguiente relación matemática:

$$IA = \frac{((2A1 + 2A2 + A3 + 2A4) / 7 + (2B1 + B2) / 3 + D1))}{3}$$

El Índice de sostenibilidad general (ISG), se determinó valorando a las tres dimensiones por igual, de acuerdo el marco conceptual definido previamente, mediante una simple relación matemática:  $ISGen = (IE + IA + IS) / 3$ ; dónde: ISGen = Índice de sostenibilidad general; IE = Indicador de sostenibilidad económica; IA = Indicador de sostenibilidad ambiental; IS = Indicador de sostenibilidad socio cultural. El valor umbral o mínimo que debería alcanzar el Índice de Sostenibilidad General (ISGen) para considerar un sistema productivo como sostenible fue igual a 3 o mayor que 3 (valor medio de la escala). Por lo tanto, se consideró que en ningún caso el valor de IE, IA e IS debe tener un valor menor a 3.

El procesamiento de datos y análisis estadístico se realizó con Excel y el software estadístico SPSSv22. La consistencia interna de los datos ordinales fue validada mediante la técnica de Correspondencia Múltiple (ACM). Se consideró que los datos presentaban consistencia siempre y cuando el valor del alfa de Combrash sea mayor a 0.70, conforme al procedimiento descrito por Gonzales y Pazmiño (2015).

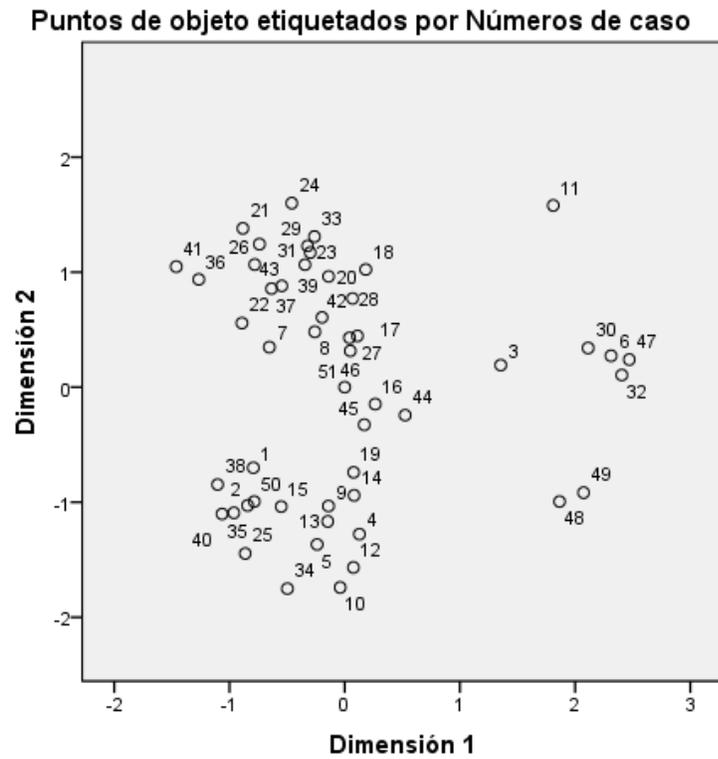
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Validación de consistencia interna de los datos

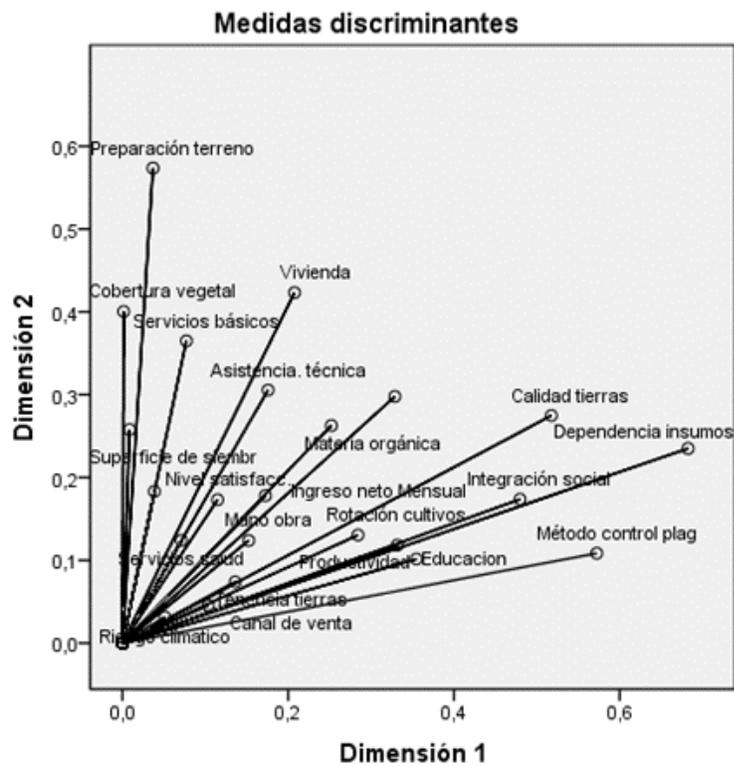
El ACM, mediante la técnica de escalamiento óptimo muestra una consistencia interna aceptable para las 24 variables analizadas; los valores 0.843 y 0.835 alfa de Cronbach en las dos dimensiones analizadas, le confieren buena confiabilidad y pertinencia de los indicadores y la escala utilizada (Figura 1A y 1B). Al respecto, Gonzales y Pazmiño (2015) y Pinedo *et al.* (2018), indican que si el valor de Alfa de Crombach es mayor a 0.70 los procedimientos de análisis de datos son aceptables; por consiguiente, los niveles de asociación, relaciones de dependencia y semejanza de las unidades de producción analizadas son congruentes. En la Figura 1, las variables sociales se agrupan en la dimensión 2, mientras que en la dimensión 1 es más representativa para analizar la productividad y rentabilidad de los cultivos.

### Análisis de la dimensión económica

Los indicadores *superficie cultivada*, *tenencia de tierras* y *riesgo climático* son los de mayor aporte a la sostenibilidad económica de los sistemas de producción de camote y se encuentra en el rango de sostenibilidad alta (4 a 4.9) de la escala establecida (Figura 2). Los valores de los indicadores *calidad de tierra* y *rendimiento* se ubican en la escala de sostenibilidad débil por encontrarse en el rango de 3 a 3.9. En el estudio se encontraron productores que manejan parcelas o predios para la producción de camote desde 3 ha hasta 21 ha. En un estudio realizado por Valverde *et al.* (2020), los productores del valle de Cañete, los pequeños productores siembran en promedio 3,56 ha, con un rendimiento promedio de 20 548 kg/ha, lo que les genera un ingreso neto mensual de 2078 PEN. Al respecto Morales *et al.* (2018), afirman que el valle de Cañete presenta condiciones climáticas favorables durante todo el año, lo que favorece las prácticas de cultivo intensivos, entre ellos el camote con un rendimiento promedio de 25 t/ha. Los indicadores de menor contribución están representados por el *Ingreso Neto mensual* y *dependencia de insumos*, ambos ubicados en el rango de sostenibilidad crítica (2 a 2.9) y finalmente el indicador de *canales de venta o de comercialización* se encuentra en el rango de muy crítica (1 a 1.9), por depender mayoritariamente de un solo canal de comercialización (venden su producción a comerciantes locales o acopiadores locales), eslabón inevitable, pero que repercute en el nivel de los ingresos económicos familiares.

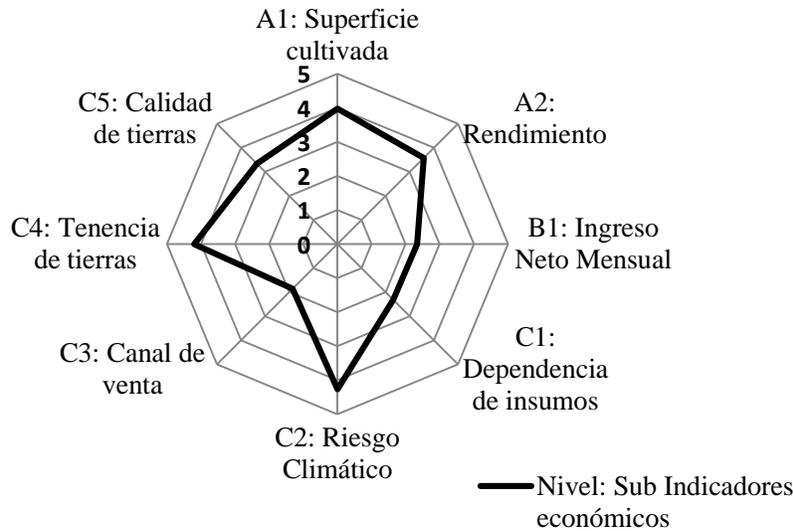


A



B

**Figura 1.** 1A = Nube de puntos de casos analizados en agroecosistemas del distrito de San Luís Cañete. 1B = Medidas discriminantes de los sub indicadores de sostenibilidad del cultivo de camote en el distrito de San Luís Cañete.

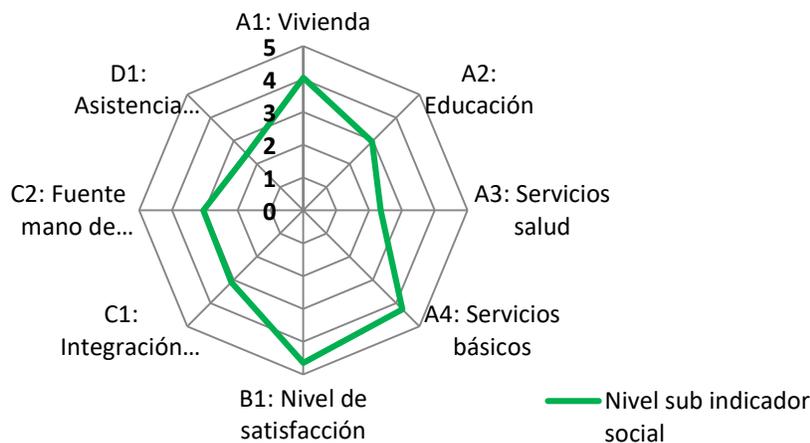


**Figura 2.** Diagrama de representación de nivel de sostenibilidad de sub indicadores económicos.

**Dimensión social**

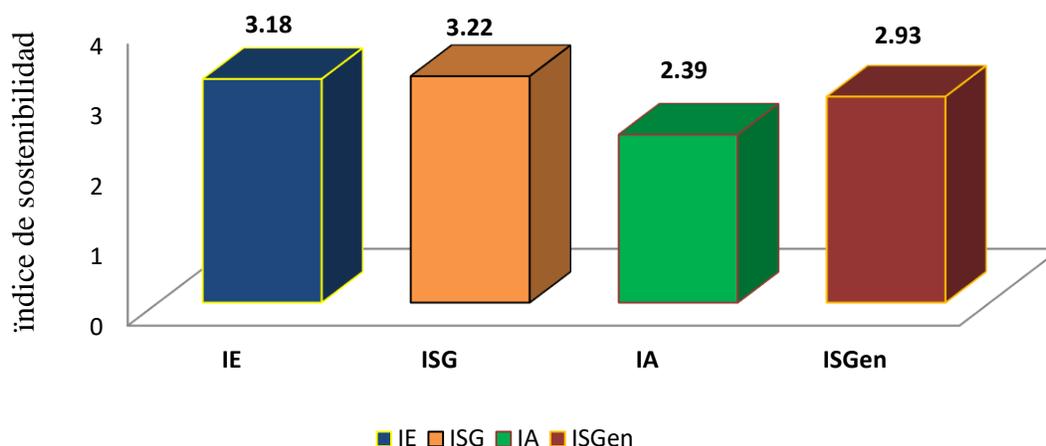
Los indicadores de mejor aproximación al nivel de sostenibilidad ideal resultaron la calidad de vivienda, nivel de satisfacción del productor y la disponibilidad y calidad de servicios básicos. Los indicadores con un nivel de sostenibilidad débil son las fuentes de mano de obra, nivel de integración social y nivel de educación que apenas sobrepasan el umbral mínimo (UM). El 68% de los productores contratan mano de obra para sus actividades agrícolas de la producción de camote, mientras que el 20% de la fuerza de trabajo corresponde a familiares y contratados (Valverde *et al.*, 2020). En cambio, los puntos críticos son los servicios de salud donde un 30% de los productores perciben que el nivel de atención en postas médicas es regular por la infraestructura y equipamiento

inadecuados. Con respecto al nivel de asistencia técnica (ATE), el 54% de los productores muestran disconformidad tanto con los métodos y calidad de los servicios requeridos para el manejo técnico de las UPC (Figura 3). Al respecto, la FAO (2016), menciona que la constancia, la innovación, las buenas prácticas de producción y el fortalecimiento de las capacidades técnicas productivas a los agricultores familiares, son los pilares que aseguran la sostenibilidad de los proyectos (FAO, 2016). Por su parte Fonatanire *et al.* (2014), señalan que el desarrollo sostenible se centra en las personas con el objetivo mejorar la calidad de la vida humana y se basa en la conservación y el respeto a la capacidad de la naturaleza para proveer recursos y servicios vitales para la comunidad.



**Figura 3.** Niveles de sostenibilidad de subindicadores sociales.





**Figura 5.** Indicadores de sostenibilidad económica, social y ambiental e índice de sostenibilidad general de las unidades de producción de camote en agroecosistemas del distrito de San Luís Cañete.

metodológica de Sarandón (2002), ninguno de los valores de los IE, IA e IS deben ser menores al UMS. Al tener el IA un valor menor al UMS los sistemas analizados no califican como sostenibles, aun cuando en el IE los productores obtienen ingresos económicos que les permite mejorar su calidad de vida y en la dimensión social el IS muestran aspectos favorables como la infraestructura de servicios educativos, salud y otros servicios; no califican como sostenibles porque en el tema ambiental existen puntos críticos como el excesivo laboreo de suelos, producción en sistemas de monocultivo, alta dependencia de agroquímicos entre las más importantes.

La rentabilidad es un factor importante que contribuye a la sostenibilidad económica y por consiguiente al bienestar de las familias. La rentabilidad del cultivo de camote en el valle de Cañete alcanza una relación beneficio-costos (B/C) de 1.6, es decir por cada PEN invertido los agricultores obtienen 0.60 PEN de utilidad. Por lo indicado, en lo económico es atractivo para los agricultores y pueden capitalizarse y mejorar su condición social en pocos años; sin embargo, el componente ambiental por el manejo inadecuado de los componentes bióticos y abióticos de los agroecosistemas que involucran el cultivo de camote muestran una escasa contribución a su sostenibilidad. En un estudio realizado por Flores y Sarandón (2014) analizaron la sostenibilidad de sistemas de producción orgánico y convencional y concluyen que el sistema orgánico cumple con los objetivos de sustentabilidad de manera más eficiente que los convencionales; sin embargo, aclaran, que son imposibles de cuantificar mediante un análisis de costo-beneficio. Acorde con la FAO (2016), para mejorar la calidad de la vida de los productores dentro de la capacidad de carga de los agroecosistemas significa maximizar simultáneamente los objetivos del sistema biológico (agrobiodiversidad,

manejo de recursos suelo, agua), los objetivos del sistema económico (satisfacción de las necesidades básicas, mejora de la equidad, aumento de bienes y servicios útiles) y los objetivos del sistema social (diversidad cultural, sostenibilidad institucional, justicia social, participación) (FAO, 2016). Lo ideal es promover un equilibrio en las tres dimensiones del desarrollo sostenible: económico, ambiental y social; sin dejar de lado el soporte institucional (Flores y Sarandón, 2004; Altieri y Nichols, 2002; Pinedo *et al.*, 2018).

El uso de fertilizantes y plaguicidas es una práctica obligatoria para los productores de camote en el valle de Cañete. Como indica Morales *et al.* (2018), los agricultores realizan hasta 10 aplicaciones de plaguicidas; asimismo, según Valverde *et al.* (2020), la fertilización es preponderantemente química. Se debe tener en cuenta que el desarrollo sostenible busca tener un menor impacto ambiental, reduciendo al mínimo el uso de fertilizantes y plaguicidas, generando menos emisiones de gases de efecto invernadero (Fontanaire *et al.*, 2014). El uso inadecuado de los agroquímicos y las tecnologías aplicadas en los sistemas agropecuarios pueden ocasionar un acelerado deterioro de los suelos agrícolas y contaminación ambiental (Muñoz-Espinoza *et al.*, 2016). Las granjas integrales articulan diversos subsistemas, los que trabajando en conjunto permiten la sustentabilidad de la producción agropecuaria con prácticas más amigables con el medio ambiente, resguardando la soberanía alimentaria de la población y mejorando la calidad de vida de los productores (Flores y Sarandón, 2004).

Los resultados obtenidos analizan una situación temporal que puede variar en las siguientes estaciones de siembras; por consiguiente, es necesario realizar prospecciones frecuentes para determinar la tendencia de los indicadores

en las dimensiones económicas, sociales y ambientales y ser considerados en la planificación del desarrollo agrícola local. El uso de los indicadores no es únicamente útil para la valoración de situaciones o toma de decisiones; pueden desempeñar también una función activa en el mejoramiento de los procesos de formulación de políticas públicas y la planificación en el diseño de proyectos con enfoque ecosistémico y aplicar la sostenibilidad como principio común, que debe regir en los procesos productivos (Astier *et al.*, 2008; Bolívar, 2011, FAO, 2011; Masaquiza *et al.*, 2017)

### CONCLUSIONES

El Índice de Sostenibilidad General (ISGen) para las 50 unidades de producción de camote analizadas presentan una condición crítica de acuerdo a la escala empleada, aun cuando el indicador Económico (IE) y el Indicador Social (IS) superan el umbral mínimo de sostenibilidad con 3.18 y 3.22 respectivamente, cuyos valores los ubican en un nivel de sostenibilidad débil. El Indicador Ambiental (IA) es el componente de menor contribución para la sostenibilidad de producción de camote con 2.39 por debajo del umbral mínimo establecido en el estudio; por lo tanto, de acuerdo a la propuesta metodológica multidimensional utilizada las unidades productoras de camote se encuentran en desequilibrio por los modelos de producción predominantes basados en monocultivo con alta dependencia de insumos externos que pueden deteriorar los recursos del agroecosistema en estudio.

### Acknowledgement

The authors are grateful to anonymous peer reviewers who contributed their comments and suggestions to change and improve the structure and content of the final manuscript.

**Funding.** Research costs were funded by the authors.

**Interest conflict.** The authors declare not having no conflict of interest in the execution of the present research work.

**Compliance with ethical standards.** The authors declare The authors declare that does not apply ethical standards due to the type of experiment carried out

**Data availability.** The data is available with the author for correspondence ([rpinedo@lamolina.edu.pe](mailto:rpinedo@lamolina.edu.pe)).

**Author contribution statement (CRediT).** **R. Pinedo-Taco** - Investigation, Writing – original draft. **N. Valverde-Reyes**- Methodology, writing – original draft.

### REFERENCIAS

Achata, A., Fano, H., Goyas, H., Chiang, O. and Andrade, M., 1990. *El camote (Batata) en el sistema*

*alimentario del Perú. El caso del Valle de Cañete*. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. 63 p.

Altieri, M. and Toledo, V.M., 2011. The agroecological revolution of Latin America: rescuing nature, securing food sovereignty and empowering peasants. *The Journal of Peasant Studies*, 38 (3), pp. 587- 612.

Altieri, M. y A., Nicholls, C. I. 2002. Un método agroecológico para la evaluación de cafetales. CATIE, Turrialba (Costa Rica). 64:17-24.

Astier, M, Masera, O. and Galvan-Miyoshi, Y., 2008. *Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional*. Ed. Mundiprensa. México. 200 p.

Barrantes, C., Siura, S., Castillo, E., Huarcaya, M. and Rado, J., 2018. *Manual para el Análisis de la Sostenibilidad de Sistemas de Producción de la Agricultura Familiar (SPAF)*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Lima, Perú. 48 p.

Basurto, F, Martinez, D., Rodriguez, T., Evangelista, V., Mendoza, M., Castro, D., Gonzales, J. and Vailon, V., 2016. Conocimiento actual del cultivo de camote (*Ipomoea batatas* Lam.) en México. *Agroproductividad*, pp. 30-34.

Benítez, G., Alvarado, G., Ortíz, G., Sangabriel, W., and Lara A., 2016. Evaluación rápida de la sostenibilidad en la región de la laguna de Cuyutlán, Colima, México. *Interciencia*, 41, pp. 588-595.

Bolívar, H.,2011. Metodologías e indicadores de evaluación de sistemas agrícolas hacia el desarrollo sostenible, *CICAG*, 8. pp. 1-18.

Cantoral, E., Chavez, A. and Flores, A., 2020. Nueva variedad de camote (*Ipomoea batatas* Lam.) con mejores características agronómicas y comerciales. *Scientia Agropecuaria*, 11(1), pp. 39-48.

<https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.01.05>

Cerfontaine, C., Panhuysen, S. and Wunderlich, C., 2014. *Sostenibilidad agrícola. kit de herramientas de planificación*. California, USA. 41 p.

Cusumano, C. and Zamudio, N., 2013. *Manual técnico para el cultivo de batata (camote o boniato) en la provincia de Tucumán, Argentina*. 1a. ed. - Famaillá: Ediciones INTA. 48 p.

- Del Risco, F. 1997. El desarrollo agrícola sostenible: una dosis de realismo y clorofila para el futuro, *COMUNICA*, 2(5), pp. 32-35.
- FAO., 2016. *Agricultura sostenible Una herramienta para fortalecer la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe*. Food an Agricultural Organization. 50 p.
- FAO., 2011. *Ahorrar para crecer. Guía para los responsables de las políticas de intensificación sostenible de la producción agrícola en pequeña escala* (ISPA). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma, Italia. 102 p.
- Figueroa, S., 2015. *Evaluación de dos sistemas de producción de semilla pre básica de camote (Ipomoea batatas L.)* Tesis para optar el Título de: ingeniero agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima Perú. 84 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/2084>.
- Flores, C. and Sarandón, S., 2004. Limitations of neoclassical economics for evaluating sustainability of agricultural systems: Comparing organic and conventional systems, *Journal of Sustainable Agriculture*, 24 (2), pp. 77-91.
- Fonseca, C., Zuger, R., Walker, T. and Molina, J., 2002. *Estudio de impacto de la adopción de las nuevas variedades de camote liberadas por el INIA, en la costa central, Perú. Caso del valle de Cañete*. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. 24 p.
- González, JA. and Pazmiño, M., 2015. Cálculo e interpretación del Alfa de Cronbach para el caso de validación de la consistencia interna de un cuestionario, con dos posibles escalas tipo Likert, *Revista Publicando*, 2, pp. 62-77.
- Glato, K., Aidam, A., Ardo, N., Bassirou, D., Couderc, M., Zekraoui, L., Scarcelli, N., Barnaud, A. and Vigouroux, Y., 2017. Structure of sweet potato (*Ipomoea batatas*) diversity in West Africa covaries with a climatic gradient. *PLoS ONE* 12(5), e0177697.
- Huamán, Z., 1992. *Botánica sistemática y morfología de la planta de batata o camote*. Boletín de Información Técnica 25, Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 22 p.
- INDECI (Instituto Nacional de Defensa Civil), 2002. *Mapa de peligros, plan de usos del suelo y propuesta de medidas de mitigación de los efectos producidos por los desastres naturales de las ciudades de la provincia de Cañete*. Lima, Perú.
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática), 2012. *Perú: consumo per cápita de los principales alimentos 2008-2009*. Lima, Perú, 85 p.
- Koo, W., 2019. *Camote Perú exportación 2019 marzo*. AgrodataPerú. Disponible en: <https://www.agrodataperu.com/2019/04/camote-peru-exportacion-2019-marzo.html>.
- Masaquiza, D.A., Mouso, JP., Curbelo, L.M., Figueredo, R. and Cervantes, M., 2017. Intensificación de los sistemas agropecuarios y su relación con la productividad y eficiencia. Resultados con su aplicación, *Revista Producción Animal*, 29 (2), pp. 57 - 64.
- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), 2016. *Estadísticas de Intensión de Siembras- ENI- Dirección General de Seguimiento y Evacuación de Políticas – Ministerio De Agricultura y Riego*. Lima, Perú.
- Morales R.A., Zorogastúa, P., de Mendiburu, F. and Quiroz, R., 2018. Producción mecanizada de maíz, camote y yuca en la costa desértica peruana: estimación de la huella de carbono y propuestas de mitigación. *Ecología Aplicada*, 17(1), pp. 13-21.
- Muñoz-Espinoza, M., Artieda, J., Espinoza, S., Curay, S., Pérez, M., Núñez, O., Mera, R., Zurita, H., Velástegui, G., Pomboza, P., Carrasco, A. and Barros, M., 2016. Granjas sostenibles: integración de sistemas agropecuarios. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 19, pp. 93-99. <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/2221>
- Pinedo-Taco, R., Borjas-Ventura R, Alvarado-Huamán L., Castro-Cepero V. and Julca-Otiniano A.M., 2021. Sustentabilidad de los sistemas de producción agrícola: una revisión sistemática de las metodologías empleadas para su evaluación. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 24, #01. <http://doi.org/10.56369/tsaes.3292>
- Pinedo, R., Gómez, L. and Julca, A., 2018. Sostenibilidad de sistemas de producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 5(15), pp. 399-409.
- Pinedo, R., Gómez, L. and Julca, A., 2020. Sostenibilidad ambiental de la producción de quinua

- (*Chenopodium quinoa* Willd.) en los valles interandinos del Perú, *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21 (3), e1309.
- Rodríguez-Delfín, A., Posadas, A. and Quiroz, R., 2014. Rendimiento y absorción de algunos nutrimentos en plantas de camote cultivadas con estrés hídrico y salino, *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 20(1), pp. 19-28.
- Sarandón, S. J., 2020. *Biodiversidad, agroecología y agricultura sustentable*. 1a ed. - La Plata. Universidad Nacional de La Plata; EDULP. 429 p.
- Sarandón SJ. and Flores C., 2014. *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables*. 1a Ed. Universidad Nacional de La Plata. Argentina. 466 p.
- Sarandón, S., 2002. La Agricultura como actividad transformadora del ambiente. El impacto de la agricultura intensiva de la revolución verde. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sostenibilidad de los agroecosistemas. En *Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable* (Sarandón SJ, ed.). *Ediciones Científicas Americanas*, 20, pp. 393-414.
- Smyth, A. and Dumansky, J., 1995. A framework for evaluating sustainable land management, *Canadian Journal of Soil Science*, 75, pp. 401-406.
- Valverde, N., Blas, R. and Pinedo, R., 2020. Caracterización de unidades de producción de camote (*Ipomoea batatas*) en San Luis, Cañete, IDESIA, (38)3, pp. 5-13.
- Villagómez, M., 2015. *El cultivo de camote*. Departamento de Fitotecnia. Programa de Raíces y Tuberosas. UNALM. 45 p.