

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN AGRICULTURA SUSTENTABLE



**SUSTENTABILIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE PAPA EN LA
REGIÓN LIMA**

Presentada por:

SERGIO EDUARDO CONTRERAS LIZA

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

Lima – Perú

2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

DOCTORADO EN AGRICULTURA SUSTENTABLE

**SUSTENTABILIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE PAPA EN LA REGIÓN
LIMA**

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE

Doctoris Philosophiae (Ph.D.)

Presentada por:

SERGIO EDUARDO CONTRERAS LIZA

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dra. Luz Gómez Pando
PRESIDENTE

Ph.D. Sady García Bendezú
PATROCINADOR

Ph.D. Enrique Fernández Northcote
CO-PATROCINADOR

Ph.D. Manuel Canto Sáenz
MIEMBRO

Ph.D. Hugo Soplín Villacorta
MIEMBRO

Ph.D. Fernando Volker Puertas Ramos
MIEMBRO EXTERNO

A mi esposa Patricia y a mi pequeña hija Fátima, por el enorme esfuerzo en apoyarme para culminar con éxito este proyecto.

A mis padres Miguel y Lita, que a pesar que ya no me acompañan estoy seguro que les hubiera gustado saber que aún sigo investigando temas relacionados a la Agricultura.

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer a las siguientes instituciones que contribuyeron con el diseño, elaboración y/o financiamiento de la tesis:

- Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Doctorado en Agricultura Sustentable
- Laboratorio de Suelos y Fertilizantes del Suelo de la UNALM
- Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología “Marino Tabusso” de la UNALM
- Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, a través del proyecto FOCAM (Fondo del Gas de Camisea y Regalías Mineras)

Asimismo, agradecer a las siguientes personas que aportaron ideas, enseñanzas, experiencias y entusiasmo:

- Dr. Sady García Bendezú, investigador y asesor de la tesis
- Dra. Doris Zúñiga Dávila, investigadora y promotora del uso de PGPRs
- Dr. Alberto Julca Otiniano, investigador y coordinador del Doctorado
- Dr. Hugo Soplín Villacorta, investigador y profesor del Doctorado
- Dr. Manuel Canto Sáenz, investigador y profesor del Doctorado
- Dra. Luz Gómez Pando, investigadora y profesora del Doctorado
- Dr. Enrique Fernández-Northcote, investigador y profesor del Doctorado

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-----------|
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA | 5 |
| 2.1. El cultivo de papa en el Perú | 5 |
| 2.1.2. Aspectos Socioeconómicos de la región | 6 |
| 2.1.3. Delimitación espacial | 8 |
| 2.1.4. Clima | 8 |
| 2.1.5. Suelos | 9 |
| 2.1.6. Área sembrada y productividad de papa en la región Lima | 10 |
| 2.2. Evaluación de la sustentabilidad de los sistemas de producción agrícola | 15 |
| 2.3. Evaluación de la sustentabilidad en el cultivo de papa | 18 |
| 2.4. Uso de inoculantes microbianos y agro ecosistemas sustentables | 22 |
| 2.5. Uso de inoculantes como estrategia para mejorar la productividad de la papa | 24 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS | 29 |
| 3.1. Materiales | 29 |
| 3.2. Métodos | 29 |
| 3.3. Metodología | 30 |
| 3.4. Población y muestra | 33 |
| 3.5. Procedimientos de análisis de datos | 34 |
| 3.6. Propuesta de mejora del sistema de producción de papa | 36 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 37 |
| 4.1. Aspectos económicos | 37 |
| 4.2. Aspectos tecnológicos | 39 |
| 4.3. Aspectos sociales | 40 |
| 4.4. Aspectos ambientales | 43 |
| 4.5. Evaluación de la sustentabilidad en las fincas productoras de papa | 47 |
| 4.5.1. Sustentabilidad socio cultural | 47 |
| 4.5.2. Sustentabilidad económica | 49 |
| 4.5.3. Sustentabilidad ambiental | 50 |

| | |
|--|-----------|
| 4.5.4. Índice general de sustentabilidad (ISG) de papa en la región Lima | 52 |
| 4.6. Análisis de los puntos críticos de la sustentabilidad | 52 |
| 4.7. Inoculantes microbianos y optimización del sistema de producción de papa | 54 |
| 4.8. Impacto del uso de inoculantes microbianos en el manejo agronómico de la papa | 59 |
| 4.8.1. Experimentos de campo | 59 |
| 4.8.2. Experimentos en invernadero | 60 |
| V. CONCLUSIONES | 62 |
| VI. RECOMENDACIONES | 66 |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 67 |
| VIII. ANEXOS | 80 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Análisis de caracterización de suelos en las provincias productoras de papa de la Región Lima, 2014. | 10 |
| Tabla 2. Superficie agrícola total (ha) y superficie sembrada con papa en las provincias de la Región Lima | 11 |
| Tabla 3. Superficie agrícola (ha) cultivada con papa en la región Lima | 11 |
| Tabla 4. Rendimiento medio (t ha ⁻¹) de papa en la región Lima entre los años 2007-2015 | 12 |
| Tabla 5. Rendimiento (t ha ⁻¹) de papa en las provincias de la región Lima entre los años 2007-2014 | 13 |
| Tabla 6. Ensayos agronómicos realizados para determinar el efecto de microorganismos en el comportamiento agronómico de cultivares de papa | 36 |
| Tabla 7. Rendimiento medio (t ha ⁻¹) en las fincas productoras de papa, Región Lima | 37 |
| Tabla 8. Costos de producción (PEN ha ⁻¹) en las provincias productoras de papa, Región Lima | 38 |
| Tabla 9. Precio de la papa en chacra (PEN kg ⁻¹) en las provincias productoras de papa, Región Lima | 38 |
| Tabla 10. Ingresos y Utilidad Neta por ha (PEN ha ⁻¹) en las provincias productoras de papa, Región Lima | 39 |

| | | |
|------------------|--|----|
| Tabla 11. | Nivel tecnológico del productor de papa, medido como número de factores técnicos utilizados que inciden en la productividad del cultivo, Región Lima | 39 |
| Tabla 12. | Fechas de siembra (semanas calendario) en las provincias productoras de papa, Región Lima | 40 |
| Tabla 13. | Frecuencia de productores con título de propiedad del predio en las provincias productoras de papa, Región Lima | 41 |
| Tabla 14. | Nivel de instrucción (escala 0-4) de los productores de papa, Región Lima | 41 |
| Tabla 15. | Acceso a servicios básicos (número de servicios) de los productores de papa, Región Lima | 42 |
| Tabla 16. | Número de organizaciones sociales a las que están afiliados los productores de papa, Región Lima | 42 |
| Tabla 17. | Grado de satisfacción (escala 0-4) de los productores de papa con la actividad agrícola que realiza, Región Lima | 42 |
| Tabla 18. | Tamaño promedio de finca (ha) de los productores de papa, Región Lima | 43 |
| Tabla 19. | Nivel de conciencia ecológica (escala 0-4) de los productores de papa, Región Lima | 44 |
| Tabla 20. | Nivel de percepción (escala 0-4) de los productores respecto a la calidad del suelo en el que cultivan papa, Región Lima | 44 |
| Tabla 21. | Número promedio de insumos agroquímicos utilizados por los productores de papa durante la campaña agrícola, Región Lima | 45 |
| Tabla 22. | Número de variedades durante la campaña agrícola utilizadas por los productores de papa, Región Lima | 45 |
| Tabla 23. | Grado de diversidad espacial (escala 0-4) en relación al sistema de producción en las fincas de papa, Región Lima | 46 |
| Tabla 24. | Materia orgánica aplicada al suelo ($t\ ha^{-1}$) durante la campaña de siembra de papa, Región Lima | 47 |
| Tabla 25. | Indicadores de sustentabilidad sociocultural ⁺ de las fincas productoras de papa, Región Lima | 48 |
| Tabla 26. | Indicadores de sustentabilidad económica ¹ de las fincas productoras de papa, Región Lima | 49 |

| | | |
|------------------|---|----|
| Tabla 27. | Indicadores de sustentabilidad ambiental de las fincas productoras de papa, Región Lima | 51 |
| Tabla 28. | Indicadores de sustentabilidad en el cultivo de papa, Región Lima | 52 |
| Tabla 29. | Grupos taxonómicos microbianos asociados a diversos atributos en cultivares de papa | 58 |
| Tabla 30. | Efecto de cepas bacterianas en el comportamiento agronómico de variedades de papa en campos de agricultores | 60 |
| Tabla 31. | Efecto cepas bacterianas y micorrizas en el comportamiento agronómico de variedades de papa bajo condiciones de invernadero | 61 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|-------------------|---|----|
| Figura 1. | División político-administrativa de la Región Lima | 7 |
| Figura 2. | Región Lima: Temperaturas máximas, mínimas y medias | 9 |
| Figura 3. | Rendimiento medio de papa (kg ha ⁻¹) en el periodo 2007-2015 de la región Lima | 11 |
| Figura 4. | Rendimiento medio (t ha ⁻¹) en el periodo 2007-2015 en las provincias productoras de papa de la región Lima | 12 |
| Figura 5. | Región Lima: Precio promedio mensual de papa en chacra, 2011-2015 (S/ por kg) | 13 |
| Figura 6. | Rendimiento medio (t ha ⁻¹) en las provincias productoras de papa, Región Lima | 37 |
| Figura 7. | Frecuencia de uso de variedades de papa a nivel de finca durante la campaña agrícola, Región Lima | 46 |
| Figura 8. | Indicadores de sustentabilidad sociocultural para las fincas productoras de papa en la Región Lima | 48 |
| Figura 9. | Indicadores de sustentabilidad económica para las fincas productoras de papa en la Región Lima | 50 |
| Figura 10. | Indicadores de sustentabilidad ambiental para las fincas productoras de papa en la Región Lima | 51 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | | |
|-------------------|---|----|
| Anexo 1. | Indicadores de sustentabilidad socio-cultural en fincas de papa de la Región Lima | 81 |
| Anexo 2. | Indicadores de sustentabilidad económica en fincas de papa en la Región Lima | 83 |
| Anexo 3. | Indicadores de sustentabilidad ambiental en fincas de papa en la Región Lima | 84 |
| Anexo 4. | Dimensiones de la sustentabilidad y valoración de los indicadores evaluados en las fincas productoras de papa (Lima, 2014) | 86 |
| Anexo 5. | Región Lima: Intención de siembra de papa para la campaña 2015-2016 | 87 |
| Anexo 6. | Región Lima: Análisis de caracterización de suelos en provincias productoras de papa, 2014 | 87 |
| Anexo 7. | Provincia Barranca: Análisis de caracterización de suelos en provincias productoras de papa, 2014 | 88 |
| Anexo 8. | Provincia Cañete: Análisis de caracterización de suelos en provincias productoras de papa, 2014 | 89 |
| Anexo 9. | Provincia de Huaral: Análisis de caracterización de suelos en provincias productoras de papa, 2014 | 90 |
| Anexo 10. | Tendencia de las temperaturas medias mensuales en el Perú, 2007-2015 | 91 |
| Anexo 11. | Pruebas no paramétricas de homogeneidad de Kruskall-Wallis en la región Lima: Acceso a Servicios Básicos | 92 |
| Anexo 12. | Pruebas no paramétricas de homogeneidad de Kruskall-Wallis en la región Lima: dimensión sociocultural del sistema de producción de papa | 93 |
| Anexo 13. | Pruebas no paramétricas de homogeneidad de Kruskall-Wallis en la región Lima: dimensión económica del sistema de producción de papa | 94 |
| Anexo 14. | Pruebas no paramétricas de homogeneidad de Kruskall-Wallis en la región Lima: dimensión ambiental del sistema de producción de papa | 95 |
| Anexo 14A. | Pruebas no paramétricas de homogeneidad de Kruskall-Wallis en la región Lima: dimensión ambiental del sistema de producción de papa | 96 |
| Anexo 15. | Encuesta para el productor de papa en Costa | 97 |

LISTA DE ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

| | | |
|----------------|---|---|
| AMF | : | Hongos micorrícicos arbusculares (por sus siglas en inglés) |
| CE | : | Conductividad eléctrica del suelo |
| CIC | : | Capacidad de intercambio catiónico en la solución suelo |
| CIP | : | Centro Internacional de la Papa |
| DRA | : | Dirección Regional Agraria de Lima |
| FAO | : | Food and Agriculture Organization |
| FBN | : | Fijación Biológica de Nitrógeno |
| IA | : | Indicador de Sustentabilidad Ambiental |
| IK | : | Indicador de Sustentabilidad Económico |
| IS | : | Indicador de Sustentabilidad Sociocultural |
| INEI | : | Instituto Nacional de Estadística e Informática |
| MINAGRI | : | Ministerio de Agricultura y Riego |
| OMS | : | Organización Mundial de la Salud |
| PEN | : | Nuevos soles |
| PGPR | : | Bacterias promotoras del crecimiento vegetal |
| SENAHMI | : | Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología del Perú. |

RESUMEN

La papa es un alimento originario del Perú que presenta una amplia diversidad genética y actualmente se desarrolla en pequeñas parcelas de cultivo en más de 300 mil hectáreas a nivel nacional generando empleo rural; por ello, es prioritario evaluar la sustentabilidad de los sistemas de producción en concordancia con prácticas agronómicas que sean amigables al medio ambiente. El objetivo de la investigación es proponer alternativas de gestión para optimizar el sistema de producción de papa bajo las condiciones de la costa central del Perú. Las técnicas de recolección de información fueron: recopilación de fuentes de informaciones primarias y secundarias, diagnóstico exploratorio, aplicación de cuestionario (encuestas), análisis estadístico de experimentos agronómicos y análisis de la información de las encuestas. Se evaluó el grado de sustentabilidad social, económico y ambiental del sistema de producción de papa, mediante el análisis multicriterio de Sarandon, utilizándose como instrumento de medición una encuesta a 127 productores de papa de las provincias de Barranca, Huaral y Cañete en la región Lima, evaluándose posteriormente el efecto de la inoculación microbiana sobre la producción de papa. Se determinó que el sistema de producción de papa en la región Lima no es sustentable, al hallarse un valor de 1.78 en la escala ponderada de indicadores utilizada y que es necesario implementar medidas que reduzcan la vulnerabilidad del cultivo en cuanto a la conservación de la vida del suelo y manejo de la agro biodiversidad. Mediante la estrategia de inoculación de tubérculos-semilla con cepas bacterianas y micorrizas se obtuvieron diferencias significativas con respecto al control sin inoculación, mejorando el rendimiento de tubérculos y la biomasa por hectárea en relación al control. Se concluye que la utilización de microorganismos promotores del crecimiento en la papa puede ayudar a reducir la vulnerabilidad del cultivo, incrementando el bajo nivel de sustentabilidad hallado en las fincas de producción de papa de la región Lima.

Palabras clave: indicadores de sustentabilidad, análisis multicriterio, bacterias promotoras del crecimiento vegetal, vulnerabilidad.

ABSTRACT

Potato is a native peruvian crop with a wide genetic diversity; it is currently developed in small farms in more than 300 thousand hectares nationwide, generating rural employment, being a priority to evaluate sustainability of the production system with agronomic practices friendly to the environment. The main objective is to propose management alternatives to optimize the potato production system in the central coast of Peru. The sources for collecting information were primary and secondary information sources, exploratory diagnosis, questionnaire (surveys), statistical analysis of agronomic experiments and analysis of survey information. Social, economic and environmental sustainability levels of potato farms were evaluated through Sarandon Multicriteria Analysis, using a survey for 127 potato producers in the provinces of Barranca, Huaral and Cañete in the Lima region. Later, the effect of bacterial inoculation on the sustainability of the potato production system was evaluated. The potato farms in the Lima region were not sustainable with a value of 1.78 on the weighted scale of indicators used and it is necessary to implement measures to reduce the vulnerability of the potato crop in terms of soil life conservation and agrobiodiversity management. By means of the inoculation of seed-tubers strategy with bacterial mycorrhiza strains, significant differences were obtained with respect to the control without inoculation, increasing tuber yield and biomass per hectare, compared to control. It is concluded that the use of growth promoting bacteria and mycorrhiza in potatoes can reduce the vulnerability of the crop, increasing the low level of sustainability found in potato production farms at the Lima region.

Keywords: sustainability indicators, multicriteria analysis, PGPR, vulnerability.

I. INTRODUCCIÓN

En la región Lima Provincias prevalece el sistema de parcelas agrícolas originadas como consecuencia de la desmembración de las ex Cooperativas Agrarias de Producción establecidas en la reforma agraria durante la década de 1970, siendo aún hoy el modelo económico predominante de organización campesina. Las parcelas o fincas son las unidades productivas básicas de la agricultura en la región Costa y son conducidas por agricultores que utilizan mayormente tecnología agrícola intensiva y hacen por lo general uso de capital financiero.

Un fenómeno resaltante en la región es la aparición hace dos décadas de la modalidad de arrendamiento de los terrenos de cultivo o parcelas agrícolas para la siembra de papa, pprika, maíz entre otros cultivos; muchos de estos nuevos arrendatarios proceden del sector comercial agropecuario de la Sierra y Lima.

El estudio de los sistemas de producción de la papa ayuda a mejorar la resiliencia, especialmente entre los pequenos agricultores, proporcionando acceso directo a alimentos nutritivos, aumentando los ingresos de los hogares y reduciendo su vulnerabilidad en relación a la volatilidad del precio de los productos agrícolas (He et al., 2012).

El desempeño de las fincas y la capacidad de gestión de los agricultores dependen de características del entorno y la tecnología empleada. Es necesario por lo tanto, conocer los elementos estructurales y funcionales de los sistemas parcelarios y evaluarlos para explicar su desempeño desde una perspectiva sistémica, lo que servirá para disenar modelos alternativos o de ajuste para optimizar dichos sistemas. El rea seleccionada para este estudio abarcó tres localidades productoras de papa en la región Lima: Barranca, Huaral y Canete; el agro ecosistema de Costa se caracteriza por presentar suelos aluviales franco arenosos con baja cantidad de materia orgánica y aptos para el cultivo de papa en temporada de invierno.

Por lo tanto, el propósito de la investigación fue responder a las siguientes interrogantes:

- ¿Cuáles son los factores que limitan la sustentabilidad del sistema de producción de papa en la región Lima?
- ¿Qué factores afectan la sustentabilidad social en la producción de papa?
- ¿Qué factores afectan la sustentabilidad económica en la producción de papa?
- ¿Qué factores afectan la sustentabilidad ambiental en la producción de papa?
- ¿De qué forma el uso de inoculantes constituye una alternativa de producción sustentable en el cultivo de papa?

El objetivo principal de la investigación fue evaluar la sustentabilidad del sistema de producción de papa y proponer alternativas tecnológicas para optimizar la producción de papa bajo las condiciones de la costa central del Perú. Para ello se realizó un estudio holístico empleando el enfoque de sistemas, que permita integrar el análisis entre el medio natural, los procesos productivos y el comportamiento histórico del productor de papa, evaluando particularmente el impacto que pueda tener el uso de inoculantes como alternativa de manejo agronómico.

Específicamente, los objetivos planteados fueron:

- Caracterizar las unidades de producción de papa en tres provincias de la Costa Central en la región Lima.
- Determinar la sustentabilidad ambiental, económica y social del sistema de producción de papa en la región Lima, de acuerdo a la metodología multicriterio de Sarandon (2002).
- Identificar los factores limitantes, así como algunas innovaciones con potencial para incrementar la sustentabilidad en los sistemas de producción de papa en la región Lima.
- Evaluar el uso de inoculantes como una alternativa sustentable para el manejo agronómico del cultivo de papa

Hipótesis General

- Los valores de los indicadores sociales, ambientales y económicos permiten medir adecuadamente el grado de sustentabilidad de la producción de papa en la región Lima.

Hipótesis Específicas

- El valor de los indicadores sociales determina el grado de sustentabilidad social de la producción de papa en la región Lima
- El valor de los indicadores económicos determina el grado de sustentabilidad económica de la producción de papa en la región Lima
- El valor de los indicadores ambientales determina el grado de sustentabilidad ambiental de la producción de papa en la región Lima
- La inoculación de microorganismos en el material de siembra mejora el comportamiento agronómico del cultivo de la papa en la región Lima

La investigación comprendió la descripción y diagnóstico del sistema de producción de papa en las zonas agroecológicas consideradas de la región Lima, la evaluación de las propiedades específicas que determinan su comportamiento dinámico, la determinación de limitantes y potencialidades, hasta el diseño de modelos complementarios o alternativos al sistema de producción de papa prevaleciente en la región Lima.

En la región Lima se cultivaron alrededor de 6 211 ha de papa durante la campaña agrícola 2014 con un rendimiento medio de 23.7 t ha⁻¹, según datos de la Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI, 2015). En este sistema de producción se utiliza tecnología agrícola intensiva como: insumos agrícolas (particularmente fertilizantes y agroquímicos), mecanización, riego, control fitosanitario y asistencia técnica además de otros factores socioeconómicos que es necesario ponderar, para evaluar si son usados en forma racional y de acuerdo a los estándares de sustentabilidad ambiental, económica y social. El objetivo en esta etapa de la investigación fue la caracterización de las unidades de producción de papa en tres provincias de la costa central en la región Lima, para describir sus atributos y establecer sus limitaciones.

La agricultura sustentable se refiere a un modo de producción agrícola que intenta proveer rendimientos sostenidos durante largo tiempo mediante el uso de tecnologías ecológicamente probadas. La agricultura no solo se orienta para obtener altos rendimientos de algún producto, sino más bien para optimizar el sistema entero. Las metodologías denominadas de “investigación de sistemas prediales o de finca” enfatizan la comprensión de los sistemas agrícolas tradicionales como punto de partida, evalúan los antecedentes de

la zona, realizan exámenes en el terreno que incluyen entrevistas a los agricultores respecto a las características del predio y analizan acerca del porqué los agricultores emplean métodos particulares de producción (Altieri, 1997).

El objetivo en esta parte de la investigación fue evaluar la sustentabilidad ambiental, económica y social del sistema de producción de papa en la región Lima a través de la determinación de indicadores según la metodología multicriterio, y analizar los factores limitantes en relación al sistema de producción de papa en la región Lima.

Para mejorar los índices de sustentabilidad, es necesario articular estrategias integrales que sean posibles de adoptar por los pequeños agricultores que producen cultivos alimenticios como la papa; una de ellas es la identificación de formas alternativas de manejo sustentable de los cultivos que estén al alcance del sector de agricultores de escasos recursos.

En esta parte de la investigación se busca demostrar la eficacia de rizobacterias y otros microorganismos que promuevan el crecimiento en la papa. Para ello se presentará información de ensayos agronómicos realizados en la región Lima, así como literatura científica publicada en los últimos años sobre el uso de microorganismos en la papa, como una estrategia para optimizar el sistema de producción. El objetivo específico fue evaluar el uso de inoculantes microbianos (rizobacterias y micorrizas), como una alternativa para la producción sustentable del cultivo de papa bajo condiciones de la Costa Central en la región Lima.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. EL CULTIVO DE PAPA EN EL PERÚ

Los primeros vestigios arqueológicos de la presencia de la papa en el Perú provienen del valle de Chilca, departamento de Lima, con una fecha cercana a 4 900 aC (Morales, 2007). El origen botánico de la papa cultivada (*Solanum tuberosum* L.) puede haber sido el resultado de hibridaciones sucesivas entre miembros diploides del complejo *S. brevicaulis*, acompañadas de procesos de duplicación cromosómica a las formas tetraploides actuales (Rodríguez, 2010). La papa tiene una diversidad genética mayor que la de otras especies cultivadas y la región central-sur del Perú ha sido reconocida como centro de diversidad genética (de Haan et al., 2010) por lo que se puede utilizar esta biodiversidad para mejorar su manejo en condiciones de campo. En Sudamérica, los recursos genéticos incluyen parientes silvestres, grupos de cultivares nativos (variedades autóctonas) e híbridos entre especies cultivadas y silvestres (FAO, 2009). En consecuencia, se considera que las especies tuberíferas de *Solanum* congregan un gran pool genético que ha dado origen a una amplia variedad de papas cultivadas y silvestres (Spooner y Salas, 2006).

Más del 80 por ciento del área dedicada a la papa en el Perú corresponde a la pequeña agricultura, con superficie menor a las 20 hectáreas (ha); actualmente es cultivada en más de 300 mil ha a nivel nacional (Eguren, 2012); el rendimiento promedio en el Perú alcanzó a 14.6 t ha⁻¹ (MINAGRI, 2015).

La papa es una de las especies cultivadas más vulnerables a enfermedades virales, bacterianas y fungosas bajo condiciones del Perú, por lo que se requieren costosas aplicaciones de pesticidas durante su cultivo para el control químico, práctica agronómica que afecta seriamente al ecosistema (Beketov et al., 2013; FAO, 2008a). Se conoce que el cultivo es muy sensible a una serie de estreses ambientales bióticos y abióticos; estos problemas, aunados al hecho que la especie se propaga comercialmente por medios vegetativos, hacen que la sanidad del cultivo, sea un problema considerable para la producción de material de siembra de calidad y para la producción comercial (CIP, 2014).

El 83.44 por ciento de la población total de la Región Lima Provincias es albergada en cuatro provincias con región geográfica en costa y costa-sierra: Cañete, Huaura, Huaral y Barranca, con 24.50 por ciento, 23.29 por ciento, 20.04 por ciento y 15.61 por ciento del total de habitantes, respectivamente. La actividad económica predominante es la agropecuaria y en ésta, se pueden distinguir dos áreas: la primera constituida por el eje costero con un relativo desarrollo agrícola y agroindustrial y la segunda es el área andina caracterizada por sus bajos niveles de producción y productividad. Las oportunidades y potencialidades que tiene la región Lima en temas de agricultura, pesca, turismo y minería se pueden convertir en fortalezas que incrementarían la productividad de la región; para ello, se tendrá que invertir en investigación, proyectos de ingeniería tecnológica y productiva (Centeno et al., 2017).

En las décadas de 1960-2000, la producción de papa en el Perú se incrementó de 1.3 a 3 millones de toneladas (ton) anuales; este volumen de producción ha convertido al país en el mayor productor de papa en América Latina (Maldonado et al., 2008). La importancia que tiene la producción de papa en nuestro país es considerable y por esta razón es necesario explorar los niveles de sustentabilidad ambiental, económica y social del sistema de producción, caracterizando el sistema de producción predial y proponiendo alternativas agroecológicas que permitan mejorar el nivel de vida de los productores.

La papa provee alrededor del 25 por ciento del producto bruto interno (PBI) agropecuario; asimismo, 600 mil familias dependen de su cultivo, empleando 30 millones de jornales (Ministerio de Agricultura, 2012). Las regiones de Lima e Ica producen alrededor de 30 por ciento de todos los envíos de papa anuales a Lima. Gracias a las variadas condiciones ecológicas que hay en el Perú, se cosecha papa fresca durante todo el año y en el caso de la Costa, toda la producción es de papa blanca mejorada (Shimizu y Scott, 2016). A excepción de la importación anual de unas 23 000 ton de papa pre-frita y congelada, casi la totalidad de la papa para consumo humano en el Perú es de producción nacional (Scott y Ocampo, 2013).

2.1.2. Aspectos socioeconómicos de la región

De acuerdo al INEI (2015) la población de la región Lima-provincias fue de 923 682 habitantes con una densidad poblacional de 28.75 habitantes por km² y una extensión de 32 435 km², que representa el 2.5 por ciento del territorio nacional. Se divide en nueve

provincias: Barranca, Cajatambo, Canta, Cañete, Huaral, Huarochirí, Huaura, Oyón y Yauyos (**Figura 1**) y se encuentra situada entre las coordenadas geográficas 10°16'18'' y 13°19'18'' de latitud Sur y 75°30'42'' y 77°53'03'' de longitud Oeste, abarcando zonas del litoral e interandinas con altitudes que oscilan entre 0 y 6 127 m.s.n.m.



Figura 1. División político-administrativa de la Región Lima

Fuente: Gobierno Regional de Lima. <http://www.regionlima.gob.pe>

El producto bruto interno real (Millones de Soles Base 1994) de la región Lima en el año 2015 fue de 6 316.70 millones de nuevos soles con una tasa de crecimiento anual que la ubica en el segundo lugar como región de mayor crecimiento a nivel nacional (Centeno et al., 2017). Sin embargo, existe carencia de infraestructura vial adecuada y pavimentada, falta de medios de comunicación, bajo nivel educativo, poco acceso al crédito y saneamiento básico (INEI, 2015).

2.1.3. Delimitación espacial

La región Lima cuenta con nueve provincias que abarcan todo el departamento de Lima, exceptuando a Lima Metropolitana; la investigación de campo se desarrolló en tres provincias productoras de papa que están localizadas en la Costa Central: Barranca, Huaral y Cañete. Su ubicación geográfica es la siguiente:

Ubicación política

- País : Perú
- Departamento : Lima
- Provincias : Barranca, Huaral, Cañete
- Región : Costa

Ubicación geográfica:

La provincia de Barranca, se ubica aproximadamente a 190 km al noreste de la ciudad de Lima; geográficamente se localiza entre las coordenadas:

184 011 E, 8 790 524 N
240 765 E, 8 857 995 N

La provincia de Huaral se ubica aproximadamente a 80 km al norte de la ciudad de Lima; geográficamente se localiza entre las coordenadas:

254 775 E, 8 709 921 N
340 993 E, 8 782 074 N

La provincia de Cañete se ubica aproximadamente a 140 km al sur de la ciudad de Lima; geográficamente se localiza entre las coordenadas:

349 819 E, 8 553 996 N
365 039 E, 8 526 742 N

2.1.4. Clima

En la zona de estudio, el clima es desértico árido y cálido (Kottek et al., 2006) con una temperatura media anual de 20 °C, presentando pequeñas oscilaciones de temperatura (**Figura 2**). La temperatura mensual máxima es de 29.7 °C, correspondiente al mes de marzo y la temperatura mensual mínima es de 13.1 °C, en el mes de julio (**Anexo 9**). La humedad relativa media en los meses de verano es de 72 por ciento; presenta ligeras lloviznas (del orden de 7 mm al año) que se producen en los meses de invierno y alto

porcentaje de humedad relativa (hasta 100 por ciento en invierno). Asimismo, la evaporación total mensual está comprendida en el rango 222 mm y 71 mm, alcanzando su valor más alto en el período de verano.

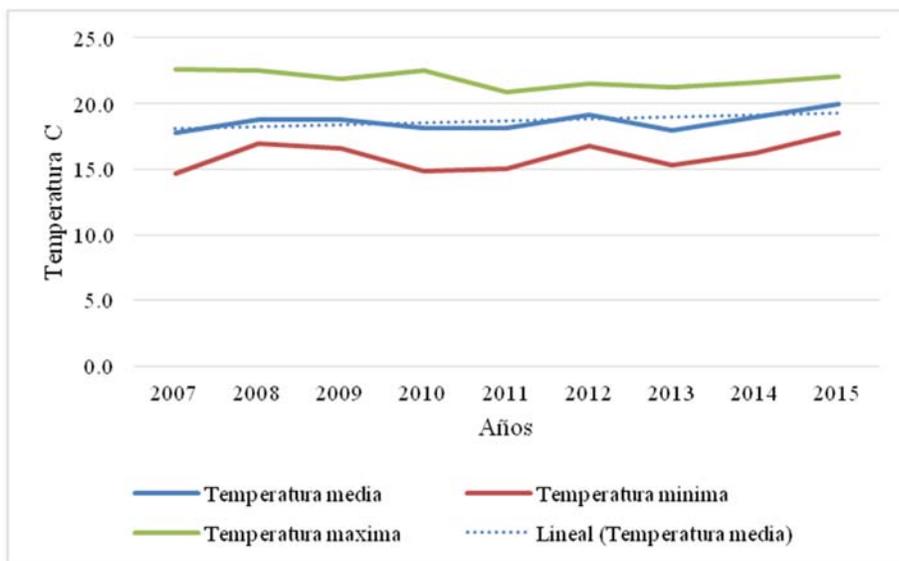


Figura 2. Región Lima: Temperaturas máximas, mínimas y medias

Fuente: Elaboración propia basada en registros de SENAHMI.

<http://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>

2.1.5. Suelos

Se obtuvo la información de los análisis de caracterización de suelos del Laboratorio de Suelos y Fertilizantes de la UNALM. Los criterios para seleccionar dicha información fueron: la ubicación del predio (localidad y distrito), el año de la toma de la muestra (2014) y que correspondan a suelos sin problemas de sales ($CE < 4 \text{ mS m}^{-1}$), ya que el cultivo de papa no prospera bien en suelos salinos.

Los suelos de la Costa Central se caracterizan por ser de textura franco arenosos, presentar una ligera alcalinidad y contenidos bajos de materia orgánica, resultado de su extrema aridez. En la **Tabla 1** se pueden apreciar las principales características físico-químicas de diversos suelos en las áreas productoras de papa de la región Lima. Existe heterogeneidad en cuanto a las características físico-químicas de los suelos en los que se cultiva papa en la región, destacándose que son suelos de textura franco arenosa, ligeramente alcalinos ($\text{pH}=7.68$) y con un bajo contenido de materia orgánica (<0.80 por ciento); cabe resaltar

también que los contenidos de macro elementos como fósforo (10 ppm) y potasio (173 ppm), son intermedios.

Tabla 1. Análisis de caracterización de suelos en las provincias productoras de papa en la región Lima, 2014.

| Variable | Unidad | Provincia | | |
|-------------------------|-------------|-----------------|------------------|------------------|
| | | Barranca | Cañete | Huaral |
| n | # fincas | 18 | 14 | 22 |
| CE | $dS m^{-1}$ | 0.91 ± 0.72 | 1.85 ± 1.40 | 1.18 ± 1.47 |
| Textura | | Franco Ar. | Franco Ar. | Franco Ar. |
| pH | | 7.65 ± 0.64 | 7.67 ± 0.36 | 7.72 ± 0.46 |
| CaCO₃ | % | 0.96 ± 1.27 | 1.11 ± 1.65 | 1.66 ± 1.89 |
| M.O | % | 0.83 ± 0.41 | 0.85 ± 0.51 | 0.75 ± 0.45 |
| P | ppm | 4.66 ± 3.83 | 8.99 ± 5.27 | 9.34 ± 7.69 |
| K | ppm | 104 ± 67 | 200 ± 71 | 196 ± 110 |
| CIC | meq | 7.71 ± 3.81 | 11.27 ± 4.23 | 8.41 ± 4.5 |
| PSI | % | 9.58 ± 7.59 | 3.16 ± 0.87 | 3.58 ± 2.05 |
| N | % | 0.08 ± 0.02 | - | - |
| Fe | ppm | 26.5 | 34.1 | 32.73 ± 7.10 |

Fuente: Elaboración propia. Laboratorio de Suelos, Aguas y Fertilizantes (UNALM).

2.1.6. Área sembrada y productividad de papa en la región Lima

En relación a la superficie dedicada al cultivo de papa, la **Tabla 2** nos muestra que las áreas sembradas se han reducido ligeramente comparando los años 2008 y 2014 en Cañete, mientras que en Barranca y Huaral se han incrementado. La superficie cultivada total en la región Lima se ha incrementado ligeramente comparando el mismo período (**Tabla 3**).

Ello podría sugerir que el cultivo de papa en la Costa Central no mostró ser demasiado atractivo para los productores en ese período, debido entre otros aspectos a que los costos de producción se incrementaron considerablemente, pero no los precios en chacra de la papa en el período 2011-2013. Sin embargo, en el año 2014 el precio promedio de papa en chacra subió a 0.70 PEN kg⁻¹ (**Figura 3**) y en el 2015, ya superaba los 0.80 PEN kg⁻¹ y este hecho parece haber estimulado la siembra del cultivo en los últimos años. En comparación al resto de cultivos no industriales, la papa representó en la región Lima el 14 por ciento de las intenciones de siembra durante la campaña 2014-2015 en la región, precedidos por el maíz amarillo duro (38 por ciento) que ocupó el primer lugar (INEI, 2015).

Tabla 2. Superficie agrícola total (ha) y superficie sembrada con papa en las provincias de la región Lima: 2008-2014

| Año | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Total Región | 88 730 | 92 428 | 99 358 | 95 131 | 97 429 | 93 633 | 93 655 |
| Barranca | 15 565 | 16 248 | 19 294 | 17 365 | 18 965 | 17 618 | 19 285 |
| Huaral | 20 955 | 18 925 | 20 241 | 20 575 | 22 587 | 25 306 | 27 131 |
| Cañete | 23 261 | 28 179 | 30 496 | 29 759 | 28 789 | 23 332 | 22 976 |

Fuente: Elaboración propia basada en INEI (2015).

Tabla 3. Superficie agrícola (ha) cultivada con papa en la región Lima

| Año | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Total | 7 870 | 9 337 | 9 519 | 8 525 | 7 711 | 6 145 | 5 359 | 6 266 |
| Barranca | 2 105 | 2 494 | 3 145 | 2 683 | 2 845 | 2 078 | 2 336 | 1 940 |
| Huaral | 2 711 | 3 790 | 3 206 | 2 953 | 2 226 | 1 732 | 1 070 | 1 526 |
| Cañete | 882 | 787 | 767 | 797 | 763 | 509 | 553 | 952 |

Fuente: Elaboración propia basada en INEI (2015) y MINAGRI (2015).

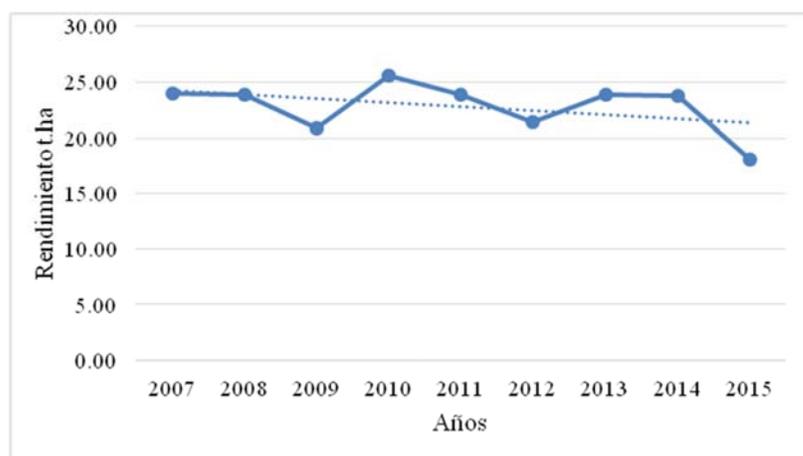


Figura 3. Rendimiento medio de papa (kg ha⁻¹) en el periodo 2007-2015 en la región Lima.

Fuente: Elaboración propia (INEI, 2015)

De otro lado, la papa es un cultivo sensible a los estreses ambientales (FAO, 2008b; Midmore, 1988) y algunos autores indican que las variables climáticas como las temperaturas máximas tienen efectos negativos en el rendimiento de los cultivos de papa

(Tonconi, 2015). De acuerdo a la Dirección Regional de Agricultura-DRA Lima (2017), la menor producción del tubérculo en el período 2007-2015 puede haber sido causada por las temperaturas altas del suelo, como consecuencia de un ligero incremento de las temperaturas atmosféricas de los últimos años.

Sin embargo, al analizar la tendencia del rendimiento por ha en las tres principales provincias productoras de papa de la región Lima (**Tabla 4**), no se advierte una tendencia marcada a la reducción del rendimiento, aunque si se aprecia cierta variabilidad anual en la productividad de papa en el periodo 2007-2014 (**Figura 4**).

Tabla 4. Rendimiento medio ($t\ ha^{-1}$) de papa en la región Lima entre los años 2007-2015.

| Año | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Rendimiento | 23.95 | 23.81 | 20.82 | 25.54 | 23.90 | 21.36 | 23.92 | 23.74 | 18.12 |

Elaboración propia basada en INEI (2015)

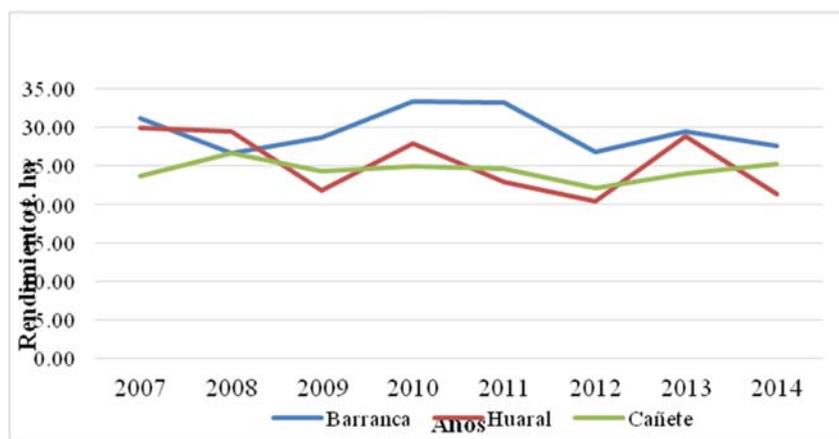


Figura 4. Rendimiento medio ($t\ ha^{-1}$) en el periodo 2007-2015 en las provincias productoras de papa de la región Lima.

Fuente: Elaboración propia (INEI, 2015)

Esta información obtenida de las fuentes oficiales del rendimiento de papa que alcanzó una media de $26.02\ t\ ha^{-1}$, coincide cercanamente con la obtenida de las encuestas realizadas en la presente investigación, ya que el valor medio obtenido a través de encuestas en la región Lima fue de $27.40\ t\ ha^{-1}$, como se verá en el acápite siguiente.

En la **Tabla 5** se puede observar el rendimiento de papa en la provincia de la región Lima durante el periodo 2007-201, mientras que en la **Figura 5** podemos observar el precio promedio de la papa en chacra en el periodo 2011-2015.

Tabla 5. Rendimiento (t ha⁻¹) de papa en las provincias de la región Lima entre los años 2007-2014.

| Año | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | Media |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| Barranca | 31.14 | 26.65 | 28.68 | 33.29 | 33.22 | 26.87 | 29.42 | 27.55 | 28.28 |
| Huaral | 29.97 | 29.46 | 21.77 | 27.87 | 22.96 | 20.40 | 28.84 | 21.37 | 25.33 |
| Cañete | 23.72 | 26.69 | 24.39 | 24.89 | 24.57 | 22.09 | 24.02 | 25.26 | 24.45 |
| Media | 28.28 | 27.60 | 24.94 | 28.68 | 26.92 | 23.12 | 27.43 | 24.73 | 26.02 |

Fuente: Elaboración propia (INEI, 2015)

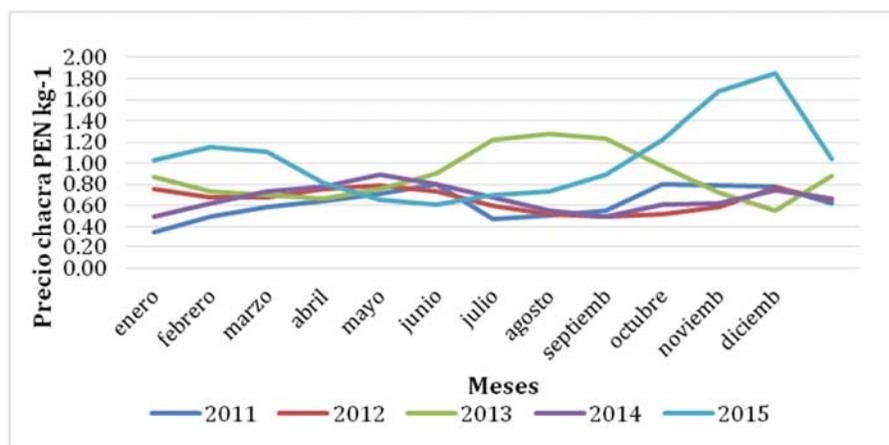


Figura 5. Región Lima: Precio promedio mensual de papa en chacra, 2011-2015 (S/ por kg).

Fuente: Elaboración propia (INEI, 2015).

De acuerdo al Banco Mundial (2008) hay que fortalecer la capacidad de los pequeños agricultores y de sus organizaciones, las agroindustrias privadas y el estado. Se requieren instituciones que ayuden a la agricultura a ponerse al servicio del desarrollo y tecnologías para utilizar los recursos naturales en forma *sostenible*.

Un sistema de producción es un conjunto de componentes que interactúan en forma armónica dentro de límites definidos, generando productos finales proporcionales a los elementos o insumos exógenos que participan en el proceso. Del mismo modo, la unidad de producción familiar puede ser definida como un sistema integrado por la familia y sus

recursos productivos cuyo objetivo es el de garantizar la supervivencia y reproducción de sus miembros (Quijandría, 1994). En el enfoque de sistemas los objetivos centrales del diagnóstico y la caracterización son el conocimiento e identificación de los sistemas de producción prevalecientes y la identificación de los principales factores limitantes de la producción agropecuaria; esta identificación y caracterización es de orden social, económico y biológico. Adicionalmente, esta etapa busca determinar las llamadas "*áreas homogéneas de producción*" o "*dominios de recomendación*", mediante el análisis de las características ecológicas, sociales y económicas de las regiones en donde se ubican los proyectos sobre sistemas de producción y a los factores exógenos que afectan los sistemas productivos (Quijandría et al., 1990).

El Análisis de Sustentabilidad de los Sistemas Agrarios y Alimentarios (SAFA) propuesto por la FAO (2013) indica que los sistemas alimentarios están caracterizados por cuatro dimensiones de la sostenibilidad: buena gobernanza, integridad del medio ambiente, resiliencia económica y bienestar social. Para cada una de estas cuatro dimensiones de sostenibilidad, SAFA define los elementos esenciales de la sostenibilidad basados en documentos de referencia y convenciones. Se definieron 21 temas y 58 subtemas mediante consultas de expertos y los indicadores de desempeño para cada subtema, facilitando la medición del avance hacia la sostenibilidad agraria.

De acuerdo a Bacon et al. (2012) los sistemas agrícolas están integrados a procesos socio-ecológicos amplios que deben ser considerados en la discusión de la agricultura sustentable. Así como los perfiles climáticos influyen en la viabilidad futura de los cultivos, las instituciones, es decir los acuerdos de gobernanza, las normas rurales de las familias y las comunidades, las asociaciones locales, los mercados y los ministerios agrícolas, crean las condiciones que fomentan los sistemas alimentarios sostenibles. Los autores proponen un enfoque con un amplio conjunto de criterios, como salud humana, trabajo, participación democrática, resiliencia, diversidad biológica y cultural, equidad y ética, para evaluar los resultados sociales e institucionales que podrían apoyar los sistemas agrícolas diversificados.

En la investigación agraria bajo el enfoque de sistemas, se encuentran hasta cuatro grandes dimensiones que reclaman un enfoque interdisciplinario y que es necesario explicitar y abordar (Plaza, 1989):

- La dimensión agro-ecológica;
- La dimensión técnico productiva;
- La dimensión socio-económica; y
- La dimensión cultural y política, que usualmente no se toma en cuenta pero que es central para el análisis de sistemas.

2.2. EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

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

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

La evaluación de sustentabilidad es un proceso cíclico que tiene como objetivo central el fortalecimiento tanto de los sistemas de manejo como de la metodología utilizada (Masera et al., 1999). Además es una actividad participativa que requiere el concurso de los actores involucrados (agricultores, técnicos, representantes de la comunidad). Para Barrezueta et al. (2016), la participación de los agricultores es fundamental en el planteamiento de indicadores fáciles de obtener y medir, siendo aprobados estos elementos por un panel de expertos cuyo aporte es validado con el coeficiente Alpha de Cronbach, a través de la determinación de la muestra para el trabajo en campo.

Desde la década de 1990 se han desarrollado numerosos indicadores agroambientales y métodos basados en indicadores para evaluar los efectos de los sistemas agrícolas en el medio ambiente tales como la contaminación del agua por nitratos y plaguicidas y las

emisiones de gases de efecto invernadero originadas por la fertilización nitrogenada (Bockstaller et al., 2009).

Esta abundancia de indicadores ambientales y de métodos de evaluación basados en indicadores, plantea un cuestionamiento sobre la calidad de los mismos y la relevancia de los resultados obtenidos.

Li (1994) clasifica los indicadores de sostenibilidad en tres: indicadores de recursos (naturales y sociales), indicadores de estructura (económica y ecológica) e indicadores de beneficios (ecológicos, económicos y sociales). Para Masera et al. (1999), el concepto de sustentabilidad se define a partir de cinco atributos generales de los agroecosistemas o sistemas de manejo: (a) productividad; (b) estabilidad, confiabilidad y resiliencia; (c) adaptabilidad; (d) equidad; (e) autodependencia (autogestión).

Sin embargo, no existe un conjunto de indicadores universales que puedan ser utilizados para cualquier situación. Las diferencias existentes en la escala de trabajo (finca, región, etc.), el tipo de fincas, los objetivos deseados, la actividad productiva, las características de los agricultores, hacen imposible su generalización (Sarandon y Flores, 2014).

Por esta razón, se han sugerido marcos conceptuales para el desarrollo o construcción de indicadores. En el ámbito agronómico, Masera et al. (1999) proponen a MESMIS (Metodología para la Evaluación de la Sustentabilidad Mediante el uso de Indicadores) basándose en criterios integrados del manejo de la finca.

Sarandon y Flores (2014) proponen pautas metodológicas para la evaluación de la sustentabilidad de los agroecosistemas y para determinar si el proceso de la transición de sistemas convencionales hacia sistemas diversificados y sustentables, está sentado en principios y procesos agroecológicos; de esta manera, los autores describen y analizan una metodología para la construcción y uso de indicadores de sustentabilidad. Un indicador es una variable, seleccionada y cuantificada que nos permite ver una tendencia que de otra forma, no es fácilmente detectable (Sarandon, 2002).

De acuerdo a De Olde et al. (2016), los agricultores experimentan limitadas posibilidades de mejorar los índices de la sostenibilidad debido a la complejidad de los sistemas de los

que forman parte. Esto pone de relieve la necesidad del apoyo gubernamental y privado para utilizar e implementar los conocimientos desarrollados en la evaluación de la sostenibilidad. Los resultados de los autores resaltan la importancia de la especificidad del contexto a evaluar, la facilidad para su uso, la complejidad de las herramientas de evaluación de la sustentabilidad, el uso adecuado del lenguaje y la coincidencia entre los juicios de valor de los desarrolladores de las herramientas y de los agricultores.

Utilizando la metodología multicriterio en el valle de Chillón (Lima), Andrade (2017) manifiesta que en brócoli, el aspecto más crítico de la sustentabilidad fue la dimensión ambiental con el indicador conservación de la vida del suelo porque los agricultores no usan cobertura vegetal e incorporan poca materia orgánica al suelo y que la dimensión económica resultó ser más sustentable a pesar de la alta dependencia de insumos externos. En el aspecto social, los indicadores más sustentables fueron calidad de vivienda, acceso a salud y servicios básicos.

La propuesta desarrollada por Sarandón y Flores (2014) consiste en una serie de pasos que conducen como producto final, a la obtención de un conjunto de indicadores adecuados para evaluar los puntos críticos a la sustentabilidad de los agro- ecosistemas:

1. Establecer el marco conceptual: consensuar una definición de Agricultura Sustentable y requisitos para su logro.
2. Definir los objetivos de la evaluación.
3. Establecer los límites del sistema y una escala temporal adecuada.
4. Realizar un relevamiento inicial de datos (mapas, censos, informes).
5. Definir las dimensiones a evaluar: ecológica, económica, socio-cultural.
6. Definir las categorías de análisis y sus indicadores, derivados de los requisitos de sustentabilidad.
7. Estandarizar y ponderar los indicadores según la situación a analizar. Un criterio útil para ponderar es el de la reversibilidad, es decir la posibilidad o dificultad de volver a la situación inicial; cuanto más difícil, más importante y por lo tanto se le asigna una ponderación mayor; estas ponderaciones son luego sometidas a consulta por un grupo de expertos del sector agrario.
8. Evaluación de la dificultad de su obtención, su confiabilidad y pertinencia.
9. Preparación de instrumentos adecuados para la recolección de los datos: encuestas, mediciones.

10. Toma de datos y cálculo de los indicadores.
11. Análisis de los resultados: representación gráfica adecuada. Uso de gráficos tipo ameba o radial.
12. Determinación de los puntos críticos de la sustentabilidad.

Bojacá et al. (2012) proponen una metodología alternativa al establecimiento de indicadores que se han utilizado ampliamente para cuantificar la sostenibilidad de los sistemas agrícolas, aplicando el método de datos exploratorios multivariados y de análisis de componentes principales (ACP), para establecer gradientes de eficiencia técnica mediante gráficos biplots en diferentes sistemas de producción del valle del Mantaro (Perú), incluyendo al de la papa.

2.3. EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD EN EL CULTIVO DE PAPA

En el Perú, Espinola et al. (2017), aplicando el marco metodológico para la evaluación de los sistemas de gestión de recursos naturales e incorporando indicadores de sostenibilidad (MESMIS) midieron indicadores de rendimiento diferentes para las tres dimensiones consideradas de sostenibilidad y se determinó que la comunidad agrícola de Huapra (Ancash) se basa en una economía autosuficiente-campesina, debido principalmente al bajo nivel educativo de los habitantes. Por otro lado, también se halló un alto nivel de diversificación productiva.

Entre el 2005 y 2011, Grados et al. (2015), monitorearon un total de 42 parcelas de papa en el valle del Mantaro (Perú) mediante la evaluación del ciclo de vida y la metodología de análisis de datos (DEA) para estimar los impactos ambientales y las eficiencias técnicas relativas, hallando un total de 64.3 por ciento de sistemas ineficientes en el cultivo de papa; los principales factores que afectaron la sustentabilidad de la papa fueron: sistemas de fertilización inadecuados, inversión y asignación de mano de obra ineficiente, bajos volúmenes de producción e impactos ambientales relevantes.

En Ecuador, con el propósito de generar alternativas para la producción de papa en zonas de altura a través de Investigación Participativa (IP), se conformaron Comités de Investigación Agrícola Local (CIAL) en las comunidades Belén y Cotojuan de la provincia de Chimborazo. Se identificaron como principales limitantes en el cultivo de papa al tizón

tardío, los bajos rendimientos, pérdida de calidad para fritura de la variedad INIAP-Fripapa y el deficiente acceso al mercado (Yumisaca, 2016).

En Colombia, los ecosistemas de páramo en el departamento del Cauca se han intervenido con sistemas de producción de tipo extensivo empleando tecnologías inadecuadas para garantizar sus funciones ecológicas y socioculturales en el caso del cultivo de papa, cuyos impactos ambientales ponen en riesgo el abastecimiento de agua y otros servicios ambientales en la región (Martínez, 2013).

Caycho et al. (2009) mostraron en un estudio regional llevado a cabo en Ecuador, Perú y Bolivia que existen 58 tecnologías tradicionales e innovadoras para los diferentes pasos en la producción de papa (tratamiento de semilla, preparación del suelo, manejo del cultivo, sanidad vegetal, almacenamiento y procesamiento) que pueden contribuir significativamente a desarrollar Sistemas Agrícolas Sostenibles Articulados al Mercado, reduciendo el uso de agro-químicos y economizando la producción de cultivos en zonas alto-andinas.

Rodríguez et al. (2015) demostraron la falta de sostenibilidad de la producción de papa en la región pampeana de Argentina y sus posibles efectos sobre el sistema hidrológico. Varias estrategias y recomendaciones surgieron de este estudio para reducir la huella hídrica del cultivo y lograr la sostenibilidad de la producción de papa, mencionando la mejora en las eficiencias de irrigación y fertilización, el asesoramiento técnico para los agricultores y la regulación legal y tributaria sobre el uso de las aguas subterráneas.

En un estudio que se realizó en el sureste de Sicilia (Italia), Sgroi et al. (2014), subrayan la modesta rentabilidad de la papa, que se debería principalmente a la falta de estrategias empresariales encaminadas a mejorar la producción. Esta situación condujo a deficiencias en términos de viabilidad económica de las actividades consideradas, que según la teoría, resulta en un empobrecimiento definitivo del territorio.

De acuerdo a Larkin y Halloran (2014) todas las rotaciones del cultivo de papa en Maine (USA) manejadas con abonos verdes resultaron en una baja incidencia de enfermedades (en 15–26 por ciento) y mayores rendimientos (de 6–13 por ciento) que otras prácticas de manejo. En general, la combinación de cultivo de mostaza manejada como abono verde fue

la más efectiva, reduciendo la costra negra en un 54 por ciento y aumentando el rendimiento en un 25 por ciento en relación a un cultivo de cobertura de soya. El uso de mostaza o colza como cultivo para incorporación al suelo, suministró la mejor ganancia económica incrementando los ingresos netos por más de \$ 860 por ha, en relación a la rotación convencional con cebada, pero la mezcla de mostaza cultivada como abono verde o como cultivo cosechado no incorporado, también aumentó substancialmente el ingreso neto de 600 a 780 USD ha⁻¹.

Con base en los criterios de sostenibilidad, Widayati et al. (2017), hallaron una condición de poco sostenible para la producción de papa en Dieng (Indonesia), indicando que la producción de papa en la zona estaba en una etapa de no sostenibilidad relacionada a aspectos económicos, medioambientales y sociales. Por su parte, Abdullah et al. (2016), utilizando la técnica de ordenación en la localidad de South Sulawesi (Indonesia), mostraron que el índice de sostenibilidad del cultivo de papa oscilaba entre 39,6 y 62,8 en una escala nominal de 100, siendo el valor de la dimensión social el que tuvo una categoría menos sostenible en los sistemas de cultivo de la papa.

Van der Zaag (2010) considera que la producción de papa ambientalmente sostenible requiere una menor dependencia de plaguicidas; los consumidores están ejerciendo cada vez más presión sobre la protección del medio ambiente y los agricultores están respondiendo con un uso reducido y más eficiente de los pesticidas por medio de productos químicos más respetuosos con el medio ambiente, equipos superiores de aplicación, capacitación y un aumento de la comunicación. Las mejoras significativas incluyen la evaluación semanal de los campos para determinar los umbrales económicos antes de la fumigación y la dependencia de los boletines semanales, que informan del estado de las plagas y enfermedades. También el uso de los neonicotinoides como un tratamiento de tubérculos-semilla, redujo en gran medida la necesidad de aplicar insecticidas, especialmente para el control del gorgojo de la papa en Ontario (Canadá).

Mäder et al. (2002), en un estudio realizado durante más de 20 años de los sistemas de cultivo biodinámico, orgánico y convencional, hallaron que los rendimientos de los cultivos de papa y cereales fueron 20 por ciento menores, aunque el aporte de fertilizantes y energía se redujo en un 34 a 53 por ciento y el de plaguicidas en un 97 por ciento, con una mayor fertilidad del suelo y de gestión de la biodiversidad, concluyendo que las

parcelas agroecológicas pueden hacer que estos sistemas sean menos dependientes de insumos externos. Por otro lado, la resiliencia de los agro ecosistemas de la papa puede aumentarse mediante estrategias de promoción de enemigos naturales en el campo y control biológico con inoculantes para recuperar especies perdidas a través del uso intensivo de plaguicidas (Kroschel et al., 2012).

Aunque los productores de papa consideran que el componente ambiental es importante para mantener los cultivos y generar valor agregado al producto, la incorporación de un proceso de gestión ambiental que mantenga la productividad no es una posibilidad en el mediano plazo por la falta de alternativas reales de aplicación que mantengan o incrementen los rendimientos (Martínez, 2013).

Lutaladio et al. (2009) consideran 11 indicadores de sustentabilidad en el cultivo de papa: biodiversidad y variedades, producción y calidad de las semillas, sistemas de semillas, salud del suelo y gestión de la fertilidad, gestión de nutrientes, conservación del suelo, manejo de plagas, gestión del agua, gestión pos cosecha, valor añadido y mercados, salud, seguridad y bienestar de los agricultores.

De acuerdo a DeFauw et al. (2012) algunos de los mayores desafíos a superar para mejorar la sostenibilidad de los sistemas de producción de papa, impulsados por diversas economías de escala, son: heterogeneidad en recursos del suelo, disponibilidad de insumos para control de nutrientes y plagas, problemas de resistencia a las plagas, restricciones relacionadas con el clima, cambios demográficos y cambios en la disponibilidad de tierras cultivables.

Se han evaluado diversas herramientas e identificado oportunidades de mejora para siete indicadores de sustentabilidad en la papa: rendimiento, riesgo de erosión, exceso de uso de nitrógeno, agotamiento de reservas de agua, uso de plaguicidas, huella de carbono e impacto en la biodiversidad, con resultados que pueden utilizarse para orientar los esfuerzos de la mejora del cultivo de papa y de la eficiencia en el uso de recursos limitados (Haverkort et al., 2013).

Aguirre y Alarcón (2017) analizando el sistema de producción de papa en Ecuador, consideran que la dimensión agroecológica de la producción de papa tiene que ver con las

características del sistema de producción, es decir si es de una agricultura sostenible o no sostenible. En tal caso se toma en cuenta el consumo de plaguicidas, el uso de fertilizantes, el uso de semillas y variedades que permitan mantener la biodiversidad. Tomando en cuenta el uso del agua con base en la huella hídrica que genera la producción del cultivo, los autores refieren que la producción de 1 kg de papa consume de 290 L de agua mediante la agricultura tradicional y 210 L con la agricultura de conservación, lo cual significa un ahorro del 28 por ciento.

2.4. USO DE INOCULANTES MICROBIANOS Y AGRO ECOSISTEMAS SUSTENTABLES

Las prácticas agrícolas sostenibles son respuestas a los problemas multifacéticos que se han originado por el uso prolongado e indiscriminado de productos químicos para mejorar las producciones de los cultivos durante muchas décadas; por esta razón, la búsqueda de opciones eco amigables para reemplazar los fertilizantes químicos y pesticidas se ha acentuado (Prashar et al., 2014).

De acuerdo a Sessitsch y Mitter (2015), en muchas partes del mundo donde la agricultura de bajos ingresos es una situación común y el mejoramiento del germoplasma o las prácticas agrícolas están poco disponibles, hacer un mejor uso de las funciones de los microbiomas de las plantas apoyará especialmente la producción agrícola en estas condiciones y fomentará la bioeconomía en los países subdesarrollados que utilicen inoculantes microbianos y establezcan colecciones de cepas para los ambientes locales.

El funcionamiento del ecosistema se rige en gran parte por la dinámica microbiana del suelo; muchos ecosistemas mundiales se encuentran en varios estados de vulnerabilidad, evidenciados por la erosión, la baja productividad y la mala calidad del agua originada por la actividad agrícola intensiva y el uso continuo de los recursos de la tierra. Se sabe que los microorganismos del suelo agrícola ejercen profundas influencias en el estado de fertilidad del suelo, en particular en lo que respecta a la disponibilidad de nutrientes, así como en la supresión de las enfermedades de las plantas (Kennedy y Smith, 1995).

Hay evidencia de que la biodiversidad del suelo confiere estabilidad al estrés y a la perturbación (Brussaard et al., 2007), pero el mecanismo todavía no se entiende completamente; parece depender del tipo de estrés y perturbación o de la combinación de

ambos. Alternativamente, la estructura de la comunidad biótica del suelo puede desempeñar un papel en la resiliencia del agro ecosistema; sin embargo, las posibles explicaciones a ello requieren una mayor investigación.

En años recientes el interés por el uso de rizo bacterias que promueven el crecimiento de las plantas (PGPR), se ha incrementado. Los efectos benéficos de dichos microorganismos, involucran la capacidad para actuar como fitoreguladores o biofertilizantes, incrementando el rendimiento de muchos cultivos importantes (Egamberdieva, 2012). Por esta razón, la investigación sobre los PGPR ha ido en aumento y se han llevado a cabo diversos experimentos, tanto *in vitro* como *in vivo*, en diferentes cultivos (Naqqash et al., 2016).

Pineda et al. (2017), afirman que dado que los insectos pueden afectar severamente la productividad en los ecosistemas, la resistencia a las plagas agrícolas mediante el microbioma relacionado a las plantas, debe considerarse un servicio clave a ser incluido como estrategia en el manejo de la finca. Los autores consideran que muchos de los servicios eco sistémicos del micro bioma del suelo suelen no ser muy eficaces en los sistemas de producción convencionales que usan pesticidas y fertilizantes químicos y sólo se tornan evidentes cuando las plantas están expuestas a condiciones de estrés abiótico.

Muchas cepas bacterianas con actividad PGPR han sido reportadas como pertenecientes a los géneros *Azoarcus*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Enterobacter*, *Gluconacetobacter*, *Pseudomonas* y *Serratia*,; entre ellas, las especies *Pseudomonas* sp. y *Bacillus* sp., son las más extensamente estudiadas (Maheshwari, 2011). La diversidad de microorganismos asociados con las raíces de las plantas es enorme, del orden de decenas de miles de especies. Esta compleja comunidad microbiana asociada a la rizósfera es considerada como el *segundo genoma* de la planta y es crucial para la salud y nutrición de los cultivos (Berendsen et al., 2012).

De acuerdo a Finkel et al. (2017), el estudio de los microbiomas de las plantas se ha nutrido tanto de estudios ecológicos holísticos como de descubrimientos mecanicistas; ambas escuelas de pensamiento están dando una visión cada vez más cercana de los procesos ecológicos que rigen las interacciones entre las plantas y los microorganismos, así como de sus mecanismos moleculares.

Busby et al. (2017) identificaron cinco temas prioritarios para la investigación en el estudio del microbioma de las plantas y su efecto en la sustentabilidad agrícola: (1) desarrollo de sistemas modelo microbioma-hospedero para las plantas cultivadas y silvestres, con colecciones de cultivos microbianos asociados y genomas de referencia, (2) definición de los microbiomas principales y metagenomas en estos sistemas modelo, (3) elucidar las reglas del ensamblaje sintético en los microbiomas funcionalmente programables, (4) determinar los mecanismos funcionales de los microorganismos en las interacciones planta-microbioma, y (5) caracterizar y refinar la interacción genotipo de la planta-medioambiente-microbioma. El logro de estos objetivos podría acelerar nuestra capacidad para diseñar e implementar un gestión efectiva de los microbiomas agrícolas y desarrollar estrategias de gestión, que generará a su vez, dividendos tanto en los consumidores como en los productores para el suministro mundial de alimentos

Se ha demostrado que existen cepas bacterianas capaces de fijar N en especies no leguminosas. Dent y Cocking (2017) mostraron que *Gluconacetobacter diazotrophicus* (Gd), una bacteria no fijadora de nitrógeno, no nodulante, aislada del jugo intercelular de caña la de azúcar e inoculada bajo condiciones específicas para colonizar intracelularmente las raíces y brotes de cereales (trigo, maíz y arroz) así como en cultivos tan diversos como papa, té, oleaginosas y tomate, mejoraron significativamente los rendimientos, tanto en presencia o ausencia de fertilizantes nitrogenados sintéticos posiblemente por una combinación de fijación simbiótica de nitrógeno, aumento de la tasa de fotosíntesis y actividad de factores adicionales de crecimiento de las plantas.

2.5. USO DE INOCULANTES COMO ESTRATEGIA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA PAPA

El Perú es centro de origen de la papa y sus parientes silvestres, por lo que es conveniente desarrollar nuevas tecnologías de manejo agronómico con menor impacto sobre el ecosistema; de otro lado, el uso de plaguicidas químicos en la papa está aumentando en los países en desarrollo, conforme los agricultores intensifican la producción (FAO, 2008a). Asimismo las virtudes de la papa, en particular su gran valor nutritivo y su capacidad de incrementar los ingresos del agricultor, no han sido objeto de la atención que merecen de parte de los gobiernos (FAO, 2008b), por ello es necesario invertir en nuevas tecnologías con potencial para reducir los riesgos del cultivo.

Numerosos y recientes estudios sobre la rizósfera, micorrizósfera y endorrizósfera de la papa, revelan la presencia de una comunidad microbiana diversa y densa. Esta comunidad microbiana constituye una rica fuente de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal y de agentes para el biocontrol. Sus efectos benéficos estarían relacionados a la actividad de sideróforos microbianos, antibióticos, biosíntesis de tensioactivos y fitohormonas, competencia por nutrientes, mico-parasitismo, resistencia sistémica inducida, fago-terapia, *quórum sensing* y construcción de líneas transgénicas. Teniendo en cuenta el papel crucial de la papa en la alimentación y la diversidad de mecanismos que intervienen en la promoción de su crecimiento y protección, este cultivo constituye una especie modelo para el desarrollo de nuevas estrategias de biocontrol (Diallo et al., 2011).

Conn et al. (1997) desarrollaron un método rápido para la preparación de suspensiones bacterianas promotoras de crecimiento de *Pseudomonas* sp. cepa PsJN inoculadas en explantes *in vitro*, tomados de plántulas comunes de 6 semanas de papa cv. Kennebec que permitió la selección de 93 por ciento de aislamientos que retenían la actividad promotora del crecimiento. Bacterias de otros géneros también fueron seleccionados en este bioensayo, sin embargo ninguna de estas bacterias aumentaron el crecimiento de las plántulas de papa y varias inhibieron el crecimiento de las raíces y de los tallos.

Calvo et al. (2008), observaron un efecto de la variedad de papa sobre las poblaciones de los microorganismos en la rizósfera, lo que confirmaría la influencia de los exudados de la planta sobre las poblaciones de microorganismos del suelo. Oswald et al. (2010) demostraron en ensayos con *Bacillus* sp. bajo condiciones controladas, la existencia de mecanismos posiblemente hormonales, que causarían un mayor crecimiento de las plantas de papa, tuberización temprana, rápido desarrollo del área foliar y probablemente, una mayor tasa de fotosíntesis.

Calvo et al. (2010) realizaron una prospección de rizo bacterias extraídas de la rizósfera de papas nativas que crecen en su hábitat natural en los Andes y los resultados sugirieron que son una fuente rica de antagonistas para hongos fitopatógenos, principalmente del género *Bacillus* sp., con un potencial para ser utilizados en el futuro como inoculantes para mejorar el comportamiento agronómico de la papa.

De acuerdo a Arcos y Zúñiga (2015), las cepas de *Bacillus subtilis* y *B. amyloliquefaciens* nativas de la región altiplánica del Perú y Bolivia, inoculadas a plántulas de dos variedades de papa (Ccompis y Andina), presentaron la capacidad de inhibir la infección por *Rhizoctonia solani* en la papa, posiblemente a través de algún mecanismo de acción antagónica o por resistencia inducida.

Velivelli et al. (2015), demostraron que cinco cepas aisladas de la rizósfera en la región andina (Bolivia, Perú, Ecuador), *Pseudomonas palleroniana* R43631, *Bacillus* sp. R47065, R47131, *Paenibacillus* sp. B3a R49541 y *Bacillus simplex* M3-4, R49538, incrementaron significativamente el rendimiento de tubérculos de papa en condiciones de campo.

De acuerdo a Naqqash et al. (2016), la cepa *Azospirillum* sp. TN10 produjo el incremento más alto en peso fresco y seco de la papa en relación a las plantas control, además de un aumento en el contenido de N en tallos y raíces. Todas las cepas evaluadas en la investigación fueron capaces de colonizar y mantener sus densidades de población en la rizósfera de la papa hasta por 60 días, pero *Azospirillum* sp. y *Rhizobium* sp., mostraron la mayor supervivencia relativa.

Turnbull et al. (2014), demostraron que es posible establecer una microbiota funcional y entregarla a un entorno agrícola. Se estableció una comunidad bacteriana fijadora de nitrógeno (N) en plantas de papa en condiciones de cultivo de tejidos y las plantas fueron trasplantadas a condiciones de campo. Las plantas inoculadas con ocho comunidades fijadoras de nitrógeno distintas, mostraron un incremento promedio de cinco veces en la biomasa seca cuando se compararon con las plantas control y sus perfiles microbianos permanecieron aún a los 30 días después del trasplante. Estos resultados mostraron que la rizósfera de la papa posee una comunidad biótica persistente y que la primera comunidad bacteriana que se establece en la raíz permanece asociada a ella, incluso aun cuando las plantas se siembren en suelos con una microbiota muy diferente.

Por otro lado, Davies et al. (2005), sostienen que los hongos micorrízicos arbusculares (AMF) son fundamentales en los sistemas de producción de la papa ya que pueden hacer que las plantas sean más eficientes en la utilización del agua del suelo y la disponibilidad de nutrientes, es decir sirven como biofertilizantes e incrementan la resistencia a la sequía y productividad. Los autores demostraron que la utilización de la formonnetina (isoflavona)

de los AMF nativos mejora la productividad de los cultivos de papa de manera rentable. En un sistema de producción sustentable, los AMF junto a biofertilizantes que incluyen en su composición bacterias fijadoras de N, pueden ser una alternativa confiable de reemplazo parcial de fertilizantes químicos en el cultivo de papa (Castillo et al., 2016).

Duffy y Cassells (2000) inocularon microplantas de papa con tres cepas micorrízicas comerciales y los resultados confirmaron hallazgos previos de que los AMF pueden aumentar o disminuir el rendimiento de tubérculos, dependiendo del aislado micorrízico y del genotipo del huésped. En esta investigación, los análisis de las imágenes foliares tuvieron efectos predictivos en la evaluación del potencial de los tratamientos micorrízicos, en la determinación del rendimiento de los tubérculos y en la distribución del tamaño del tubérculo de papa. El estudio de Doude et al. (2007), demostró que los inóculos de AMF producidos en compost y vermiculita, pueden aumentar el rendimiento de los tubérculos de papa bajo condiciones de campo.

Las bacterias solubilizadoras de los fosfatos y mineralización de los fitatos denominadas colectivamente como fosfobacterias, proporcionan un enfoque sostenible para manejar la deficiencia de fósforo (P) en suelos agrícolas, al suministrar fosfatos a las plantas. El estudio de Hanif et al. (2015) indica que la cepa KPS-11 de *B. subtilis* puede ser un candidato potencial para el desarrollo de inóculos en papa, para suelos deficientes en P.

Oswald et al. (2010) proponen que el uso de los microorganismos del suelo podría reducir la aplicación de fertilizantes en el cultivo de la papa y controlar parcialmente las enfermedades transmitidas por el suelo que afectan la producción y calidad de los tubérculos; finalmente ayudarían a sostener la salud ambiental y la productividad del suelo y reducir los costos de producción del cultivo. Los resultados de Kohashikawa (2010) sugieren que las cepas diazotrofas aisladas de la rizósfera de papa en los Andes del Perú tienen un enorme potencial como biofertilizantes, debido a sus características de PGPR.

De acuerdo a Luyo (2015), la inoculación de los tubérculos de papa cv. Unica con la cepa bacteriana *Azotobacter* sp. AZO16M2, presentó diferencias significativas con respecto al control en cuanto a peso total de la biomasa, rendimiento de tubérculos por hectárea, peso comercial de tubérculos y menor daño por mosca minadora, indicando que la aplicación de

inoculantes con dicha cepa mejoró el comportamiento agronómico del cv. única de papa bajo condiciones del valle de Cañete.

Como resultado de la inoculación con cepas bacterianas en los cultivares de papa Canchán, Perricholi y Unica, Custodio (2016) halló diferencias significativas para vigor vegetativo, porcentaje de inflorescencias y peso del follaje por planta así como el peso de la biomasa total por ha, con un efecto estimulante en el desarrollo de estas variedades comerciales. Destacaron *Azotobacter* sp. AZO16M2 para promover el aumento del peso del follaje, biomasa total y floración en el cv. Perricholi, y *Bacillus amyloliquefaciens* Bac15MB para regular el grado de senescencia del follaje, específicamente en el cv. Canchan, siendo el efecto específico de la inoculación con las cepas, dependiente de los cultivares de papa.

Rico (2009) evaluó la capacidad promotora del crecimiento de las plantas de papa con cepas de *Azotobacter* sp. y actinomicetos aislados de campos de papa en zonas altoandinas del Perú y encontró que el 42.3 por ciento de las cepas inhibían el crecimiento de *Fusarium solani* y el 17 por ciento de *Rhizoctonia solani*; también encontró que el 56.5 por ciento de las cepas de *Azotobacter* produjeron ácido indolacético (auxina) y el 46.7 por ciento produjeron halos de solubilización de fosfatos; la mayoría de los aislamientos de *Azotobacter* fueron reconocidos como *A. chroococcum* y *A. vinelandii*.

Camacho y La Torre (2015) hallaron que la cepa del grupo de actinomicetos A1-19/08 obtuvo el mejor efecto promotor del crecimiento en la papa cv. Serranita en todos los sustratos evaluados y la cepa P1-20 del género *Pseudomonas* promovió mejor el efecto de crecimiento de la papa en el sustrato con mayor contenido de materia orgánica. Cisneros (2016), halló que el actinomiceto rizosférico aislado como la cepa AND13, con alto rendimiento en las pruebas como PGPR en papa, fue ubicado filogenéticamente dentro de la especie *Streptomyces sampsonii*. Si se integra adecuadamente en los programas de gestión de sanidad en las plantas, el uso de las PGPR puede prolongar la vida útil tanto de los genes de resistencia a los estreses de los cultivos, como de los productos sanitarios actualmente utilizados para el control de éstos. Pero las aplicaciones bajo condiciones de campo se ven obstaculizadas a menudo por falta de eficacia y fiabilidad; los agricultores esperan eficacias comparables a las de los productos químicos protectores de cultivos, pero con frecuencia ello no ocurre (Van Loon, 2007).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

a) Materiales, Equipos y otros Recursos utilizados:

- Cámara fotográfica
- Computador Personal
- Aplicaciones Google: Maps, Scholar, Drive.
- Mapas cartográficos
- GPS

b) Material Bibliográfico:

- Estadísticas de FAO, Banco Mundial, Centro Internacional de la Papa, SENAHMI, INEI, y MINAGRI.
- Cuestionario de encuestas
- Cartilla de evaluación de encuestas
- Datos meteorológicos del SENAHMI
- Datos de Análisis de Caracterización de Suelos del LASPAF-UNALM.
- Datos de ensayos agronómicos, artículos científicos y tesis sobre inoculantes microbianos en papa.

3.2. MÉTODOS

Los pasos implementados en la investigación para la caracterización del sistema de producción de papa en la región Lima fueron los siguientes:

- a) Diagnóstico. De acuerdo a la variabilidad ambiental y socio-económica de la región se observaron las diferencias en los sistemas de producción de papa en las provincias de la región Lima y se identificaron los ámbitos geográficos o localidades que constituyen las unidades en estudio, que incluyó a las provincias de Barranca, Huaral y Cañete.

- b) Descripción del medio ambiente.- Consistió en la recolección de información general sobre el sistema de producción de papa en la Costa Central, a partir de datos proporcionados por la data de las fuentes oficiales estadísticas, respecto a población, localización, superficie agrícola, rendimientos históricos, información climática y de caracterización de suelos, así como de aspectos económicos sobre la producción de papa.
- c) Identificación de las unidades de análisis.- De acuerdo a la información secundaria se determinó el marco de muestreo que comprende las unidades básicas en las que se generó la información primaria y que por tanto fue objeto de observación y medición.
- d) Caracterización de los sistemas prediales.- Consistió en la descripción analítica de las unidades de producción de papa existentes en la región Lima. Se aplicaron técnicas de recolección de datos mediante búsqueda bibliográfica, con el fin de obtener la información en las tres provincias con mayor superficie cultivada con papa de la costa central.

3.3. METODOLOGÍA

La metodología para determinar los indicadores de sustentabilidad se basó en la propuesta por Sarandon (1998, 2002); consistió en una serie de pasos que conducen como producto final, a la obtención de indicadores adecuados para evaluar los puntos críticos en la sustentabilidad del agro ecosistema. Se intentó que la misma sea sencilla y que permita de manera rápida y efectiva, evaluar aquellos aspectos que comprometen el logro de la sustentabilidad del sistema de producción de papa.

Medición de las unidades de producción. Consistió en la evaluación de las propiedades y atributos de las unidades de producción predominantes a través de indicadores previamente seleccionados de acuerdo a los objetivos del estudio. Los criterios utilizados fueron los siguientes:

- a) Indicadores socio-culturales: satisfacción de necesidades del productor, calidad de vida, grado de integración social y nivel de conciencia y conocimiento ecológicos.
- b) Indicadores económicos: autosuficiencia alimentaria, ingreso neto mensual por grupo, riesgo económico.
- c) Indicadores ambientales: conservación de la vida del suelo, riesgo de erosión, manejo de la agrobiodiversidad.

Escalas de medición. La propuesta desarrollada empleó escalas de 0 a 4, siendo 0 la categoría menos sustentable y 4, la más sustentable. Independientemente de las unidades en que se obtuvieron originalmente, los valores de cada indicador se expresaron en algún valor de esta escala. En esta escala cuantitativa se consideró el valor umbral de 2 como un nivel aceptable de sustentabilidad, según Sarandon y Flores (2014).

Ponderación de los indicadores. Para estimar las ponderaciones a los indicadores de sustentabilidad, se consultó a diversos especialistas del sector agrario y dichos valores fueron utilizados para fines de la investigación.

Las dimensiones en las que se basó el análisis de la sustentabilidad de las fincas productoras de papa en la región Lima, fueron:

a) Dimensión sociocultural. En este caso se utilizaron indicadores socio-culturales (**IS**), adaptados de la metodología citada, considerando que los aspectos que fortalecen las relaciones entre los miembros de una comunidad, son favorables a la sustentabilidad. Los indicadores evaluaron la satisfacción del productor, su calidad de vida, el grado de integración social y el nivel de conciencia y conocimiento ecológicos.

Ponderaciones **IS** (Sustentabilidad Sociocultural):

$$IS = 0.25 [(A_1), (A_2), (A_3), (A_4)] + 0.25 [(B_1)] + 0.25 [(C_1)] + 0.25 (D_1)$$

Dónde:

A=Satisfacción de necesidades básicas, con los siguientes sub-indicadores:

A1: Vivienda.

A2: Acceso a la educación

A3: Acceso a salud y cobertura sanitaria

A4: Servicios básicos

B=Aceptabilidad del sistema de producción.

C=Grado de integración social.

D=Conocimiento y conciencia ecológica.

b) Dimensión económica. En este caso se utilizó indicadores económicos (**IK**), adaptados de la metodología citada, con el supuesto de que los aspectos que fortalecen las relaciones económicas en la finca, son favorables a la sustentabilidad. Los indicadores evaluados fueron los siguientes:

- A**, Autosuficiencia alimentaria
- B**, Ingreso neto mensual por grupo
- C**, Riesgo económico,

Ponderaciones **IK** (Sustentabilidad económica):

$$IK = [0.15 (A_1) + 0.10 (A_2)] + [0.10(B_1) + 0.10(B_2)] + [0.10 (C_1) + 0.10(C_2) + 0.10 (C_3) + 0.20(C_4)]$$

Dónde:

A, Autosuficiencia alimentaria, con los siguientes sub-indicadores:

- (A1) Diversificación de la producción
- (A2) Superficie para autoconsumo (huerta familiar)

B, Ingreso neto mensual por grupo, con los siguientes sub-indicadores:

- (B1) Ingreso neto mensual por familia
- (B2) Nivel tecnológico del productor

C, Riesgo económico, con los siguientes sub-indicadores:

- (C1) Diversificación para la venta
- (C2) Número de canales de comercialización
- (C3) Dependencia de insumos externos
- (C4) Variabilidad en fechas de siembra de papa

c) Dimensión ambiental: Se consideró en este caso que los sistemas de producción agrícola sustentables proveen rendimientos sostenidos durante largo tiempo mediante el uso de tecnologías ecológicamente probadas. Los indicadores evaluados fueron los siguientes (**Anexo 4**):

A, Conservación de la vida del suelo: Se consideró en este caso que el suelo provee materias primas, garantiza el secuestro y almacenamiento de carbono, facilita la reserva de agua, el ciclo de nutrientes y la reserva de la biodiversidad (FAO, 2013). Se consideraron dos sub-indicadores:

- (A1) Rotación de cultivos
- (A2) Diversificación de cultivos.

B, Riesgo de erosión. El predio es considerado sustentable si logra minimizar o evitar la pérdida de suelo debido a la erosión (Sarandon y Flores, 2014); se consideraron tres sub-indicadores:

(B₁) Cobertura vegetal. La cobertura vegetal y las cortinas rompevientos (cercos vivos) en el predio proveen al suelo de una protección contra los agentes climáticos y el riesgo de erosión; se evaluó el grado de cobertura con cercos vivos en el predio.

(B₂) Tipo de suelo. Se evaluó en la escala 0-4 la percepción del agricultor con respecto al tipo de suelo en el que siembra papa.

(B₃) Materia orgánica aplicada al suelo. La materia orgánica aplicada provee una protección al suelo contra pérdida debido a mal manejo del riego, mejorando su estructura; se evaluó la cantidad de materia orgánica aplicada por hectárea.

C, Manejo de la agro biodiversidad: Se tomó en cuenta en este caso que la agro biodiversidad incluye los componentes de la diversidad biológica relacionados con la producción de bienes en los sistemas agrícolas (Jarvis *et al.*, 2011). Se consideraron los siguientes sub-indicadores:

(C₁) Biodiversidad temporal. La secuencia de cultivos en el predio, aumenta la diversidad en el tiempo y se evaluó este criterio tomado en consideración la rotación de papa en el predio en una escala 0-4.

(C₂) Biodiversidad espacial. Fue evaluada la diversidad de cultivos (especies) presentes en la finca, además de papa.

(C₃) Biodiversidad en variedades de papa. Este componente se tomó en cuenta en la medida que puede reducir el riesgo del cultivo al promover la diversidad intra-específica.

(C₄) Incidencia de estreses bióticos. Se evaluó el grado de incidencia de plagas y enfermedades, ya que hace más vulnerable el cultivo, incrementando el riesgo ambiental.

Ponderaciones IA (Sustentabilidad Ambiental)

$$\mathbf{IA} = [0.15 (A_1) + 0.15 (A_2)] + [0.05 (B_1) + 0.10 (B_2) + 0.15 (B_3)] + [0.10 (C_1) + 0.10 (C_2) + 0.10 (C_3) + 0.10 (C_4)]$$

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población objetivo comprendió a agricultores productores de papa de las provincias de Barranca, Huaral y Cañete en la región Lima. Se efectuó un muestreo aleatorio considerando a las localidades productoras dentro de este ámbito. El tamaño de muestra se calculó aplicando la fórmula de Scheaffer et al. (1987), como se explica a continuación:

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q}{e^2}$$
$$n = 127$$

$Z = 1.96$ (probabilidad para una confianza del 95 % en la distribución de 2 colas de Z)

$p = q = 0.5$ (para variables dicotómicas con varianza igual a $p \cdot q$)

e = error de muestreo estimado, considerado para la investigación en 8.7 por ciento.

Las proporciones para el muestreo se realizaron tomando en cuenta el valor referencial de superficie sembrada en Lima de un total de 6 266 ha, con intención de siembra de papa, para la campaña 2015-2016 (**Anexo 4**).

Se utilizó la encuesta a los productores de papa mediante un cuestionario de preguntas dirigidas a obtener información válida de las variables e indicadores de sustentabilidad. La encuesta consistió de un cuestionario de 70 preguntas referidas a cada una de las dimensiones de sustentabilidad a evaluar. En el **Anexo 8** se presenta el formato de encuesta que se desarrolló con los agricultores.

Para la encuesta se entrevistó a un total de 127 productores de papa. En la provincia de Barranca se entrevistó a 67 agricultores de los distritos de Barranca, Pativilca y Supe; en Huaral a 44 agricultores de los distritos de Huaral, Aucallama y Chancay; en Cañete a 16 agricultores de los distritos de Nuevo Imperial, Cerro Azul, San Vicente y San Luis.

3.5. PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS DE DATOS

Se utilizó el análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis (R-Core Team, 2015) para determinar la homogeneidad entre grupos (provincias) para las características socioculturales, económicas y ambientales evaluadas en las localidades de producción de papa en Barranca, Huaral y Cañete, comparándolas a un nivel de confianza del 95 por ciento. Los datos se obtuvieron de 127 fincas productoras de papa en las 3 provincias mencionadas de la región Lima.

1. Cálculo del valor de los Indicadores: Para el cálculo de los indicadores se procedió según Sarandon (1998), utilizándose una valoración estandarizada para cada indicador de sustentabilidad sociocultural, mediante la siguiente expresión:

$$\text{Estandarización} = [(\text{Promedio} - \text{Valor mínimo}) / \text{Rango}] * (4)$$

Luego se usaron las ponderaciones indicadas antes, para estimar el valor de los indicadores de sustentabilidad en cada dimensión. Como paso final, se calculó el Indicador de Sustentabilidad General (**ISG**) ponderando en forma proporcional las tres dimensiones:

$$\text{ISG} = 1/3 \text{ IS} + 1/3 \text{ IK} + 1/3 \text{ IA.}$$

2. Análisis de la información: En cada dimensión de sustentabilidad se hizo uso de una cartilla de evaluación en hojas de cálculo Excel para los indicadores y sub-indicadores ponderados y de gráficos tipo ameba mediante una plantilla radial, para el análisis de la información obtenida. Se usó el programa Infostat (Balzarini et al., 2014) para el procesamiento de datos de la encuesta al nivel de significación del 5 por ciento.

Se utilizó la base de datos estadística, bibliográfica e informática para presentar y analizar la información a través de tablas resumen sobre el uso de inoculantes en el cultivo de papa. Para cumplir el propósito de la investigación, se analizaron también los resultados experimentales de diversos ensayos con inoculantes bacterianos y micorrizas, desarrollados en condiciones de campo e invernadero bajo Diseño Experimentales (DBCA, diseño de bloques completos al azar; DCA, diseño completamente al azar, respectivamente) durante las campañas de papa 2013-2017. Se realizaron pruebas estadísticas (Pruebas de Tukey y Scott-Knot) para comparar los diversos tratamientos inoculantes, a un nivel de significación estadística del 5 por ciento; las características de los experimentos realizados se detallan en la **Tabla 6**. El método de inoculación de las cepas bacterianas tanto en los ensayos de campo como invernadero, se tomó del procedimiento descrito por Arcos y Zúñiga (2015).

Finalmente, se utilizó información de diversas publicaciones científicas sobre uso de microorganismos promotores del crecimiento en el cultivo de papa principalmente entre los años 2000-2017, para analizar comparativamente los resultados experimentales de los ensayos realizados con inoculantes en el cultivo de papa (**Tabla 6**).

Tabla 6. Ensayos agronómicos realizados para determinar el efecto de microorganismos en el comportamiento agronómico de cultivares de papa.

| Experi- mento | Tratamientos inoculantes ⁺ | Cultivares/ Genotipos | Ambiente/Tipo De Experimento | Características del Suelo |
|------------------|--|---|--|--|
| I | AZO16M2 | Única | San Vicente, Cañete 70 msnm Campo de agricultores Tubérculos-semilla DBCA-Tukey | pH 8.1, CE 1.96 dS/m , MO 2.07%, P 8.8 ppm, K 104 ppm, CIC 14.7 meq 100 g ⁻¹ , Textura: Franco arenoso NPK: 115-75-120 |
| | Bac15Mb | | | |
| | B13 | | | |
| | DZ22 | | | |
| | Control | | | |
| II | AZO16M2 | Única Perricholi Canchan INIA | Quilmaná, Cañete 140 msnm Campo de agricultores Tubérculos-semilla DBCA-Tukey | pH 7.8, CE 3.4 dS/m, MO 0.8%, P 16.7 ppm, K 129 ppm, CIC 7.8 meq 100 g ⁻¹ , Textura:Franco arenoso NPK: 75-185-37 |
| | Bac15Mb | | | |
| | B13 | | | |
| | DZ22 | | | |
| | Control | | | |
| III | AZO16M2 | Canchan INIA Única | Lunahuana, Cañete 470 msnm Campo de agricultores Tubérculos-semilla DBCA- Tukey | pH 7.7, CE 4.46 dS/m, MO 2.0%, P 18.8 ppm, K 154 ppm, CIC 13.5 meq 100 g ⁻¹ , Textura: Franco NPK: 120-150-80 |
| | Bac15Mb | | | |
| | B13 | | | |
| | DZ22 | | | |
| | Control | | | |
| IV | AZO16M2 | Canchan INIA | Huacho, Huaura Invernadero (malla) Macetas 4 lt. Tubérculos-semilla DCA-Scott-Knot | Sustrato: 45% vermicompost + 45% arena lavada + 10% cascarilla arroz pH 8.2, CE 2.96, MO 3.0%, P 182, K 1080, CIC 8.32 |
| | Bac15Mb | | | |
| | B13 | | | |
| | DZ22 | | | |
| | Control | | | |
| V | NPK+ <i>Glomus</i> | Amarilis | Huacho, Huaura Invernadero (malla) Macetas 4 lt. Tubérculos-semilla DCA- Scott-Knot | Sustrato: 45% vermicompost + 45% arena lavada + 10% cascarilla arroz pH 8.2, CE 2.96, MO 3.0%, P 182, K 1080, CIC 8.32 |
| | <i>Glomus+Bacillus</i> | | | |
| | Control | | | |
| | <i>Glomus</i> | | | |
| | NPK | | | |
| VI | <i>Glomus+Bacillus</i> | Única Perricholi Canchan INIA Faustina Yasmine | Huacho, Huaura Invernadero (malla) Macetas 4 lt. Plántulas <i>in vitro</i> DCA- Scott-Knot | Sustrato: 45% vermicompost + 45% arena lavada + 10% cascarilla arroz pH 8.2, CE 2.96, MO 3.0%, P 182, K 1080, CIC 8.32 |
| | <i>Glomus</i> | | | |
| | NPK | | | |
| | Control | | | |
| | | | | |

⁺ Las cepas AZO16M2, Bac15Mb, B13 y DZ22, fueron provistas por el Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología “Marino Tabusso” (UNALM). La cepa de hongos micorrízicos (*Glomus intraradices*) y la cepa bacteriana *Bacillus subtilis* fueron adquiridas de proveedores locales de insumos agrícolas.

3.6. PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE PAPA

Para medir el impacto del uso de inoculantes como estrategia de manejo agronómico en la papa, se propuso un sistema alternativo o de optimización en el cultivo de papa basado en criterios agroecológicos. En este aspecto, se analizaron los resultados del uso de inoculación con microorganismos en el material de siembra, para optimizar el uso de fertilizantes así como para mejorar el comportamiento agronómico del cultivo de papa.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ASPECTOS ECONÓMICOS

El rendimiento medio de papa de papa en la región Lima fue de 27.4 t ha^{-1} como se puede apreciar en la **Tabla 7**, siendo muy aproximado a los valores mostrados en las estadísticas oficiales del estado y alcanzando a duplicar la media nacional de rendimiento de papa. Existió poca variabilidad en cuanto a la productividad entre las provincias de la región, pero con alguna reducción en el caso de Cañete.

Tabla 7. Rendimiento medio (t ha^{-1}) en las fincas productoras de papa, región Lima. Datos de encuestas: 2014-2015

| Provincia | Número de productores | Rendimiento |
|-----------|-----------------------|----------------|
| Barranca | 67 | 28.3 ± 5.3 |
| Cañete | 15 | 24.4 ± 6.5 |
| Huaral | 43 | 27.1 ± 5.1 |
| | 125 | 27.4 ± 5.5 |

Asimismo, podemos observar en la **Figura 6** el rendimiento medio en las provincias de la región Lima.

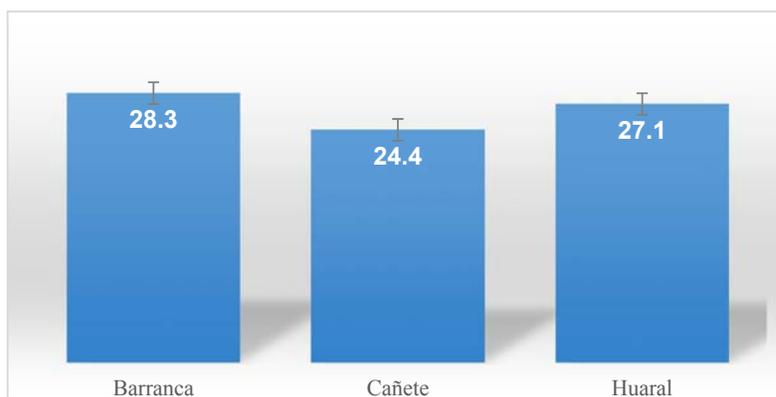


Figura 6. Rendimiento medio (t ha^{-1}) en las provincias productoras de papa de la región Lima.

Fuente: Datos de encuestas 2014-2015.

En referencia a los costos de producción por ha, se advierte que existen diferencias entre las tres provincias productoras de papa, siendo Barranca la localidad en la que se obtuvieron los valores más altos para costos del cultivo, seguida de Huaral y luego Cañete (**Tabla 8**). De acuerdo a la información proporcionada por la Dirección Regional de Agricultura MINAGRI (2015), el costo de producción de papa en la región Lima ascendía a 18 429 nuevos soles por ha de los cuales el 35.9 por ciento (6 615 nuevos soles) correspondía a costos indirectos. Los datos tomados de la encuesta realizada en la investigación se acercan a este valor, ya que se encuentran en el rango de $16\ 136 \pm 4\ 674$ nuevos soles por ha, lo que confirmaría la información estadística.

Tabla 8. Costos de producción (PEN ha⁻¹) en las provincias productoras de papa, región Lima. Datos de encuestas: 2014-2015

| Provincia | Número de productores | Costos de Producción |
|------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Barranca | 67 | 19 067 ± 3 543 |
| Cañete | 14 | 10 000 ± 2 449 |
| Huaral | 44 | 13 625 ± 3 133 |
| | 125 | 16 136 ± 4 674 |

Como se aprecia en la **Tabla 9** los precios de papa en chacra, que son los que se consideran para fines de valorar los ingresos del productor, se incrementaron aproximadamente en 25 por ciento en las campañas 2014-2015, ascendiendo el valor bruto de la producción de papa en la región Lima a 22 742 nuevos soles por ha, lo que trajo consigo una mayor rentabilidad del cultivo de papa, que bordeó los 6 606 nuevos soles por hectárea (**Tabla 10**). Como referencia, la Dirección Regional de Agricultura (MINAGRI, 2015) consideró para el mismo período ingresos por venta de papa en chacra de 22 400 nuevos soles y una utilidad neta de 3 972 nuevos soles por hectárea, coincidiendo con los obtenidos en la presente investigación.

Tabla 9. Precio de la papa en chacra (PEN kg⁻¹) en las provincias productoras de papa, Región Lima. Datos de encuestas: 2014-2015

| Provincia | Número de productores | Precio en chacra |
|------------------|------------------------------|-------------------------|
| Barranca | 66 | 0.78 ± 0.18 |
| Cañete | 15 | 0.80 ± 0.23 |
| Huaral | 40 | 0.93 ± 0.33 |
| | 121 | 0.83 ± 0.25 |

Tabla 10. Ingresos y Utilidad Neta por ha (PEN ha⁻¹) en las provincias productoras de papa, Región Lima. Datos de encuestas: 2014-2015

| Provincia | Número de productores | VBP | Utilidad Neta |
|------------------|------------------------------|------------|----------------------|
| Barranca | 67 | 22 035 | 2 968 |
| Cañete | 15 | 19 520 | 9 520 |
| Huaral | 43 | 25 203 | 11 578 |
| | 125 | 22 742 | 6 606 |

Fuente: VBP, valor bruto de la producción (PEN).

4.2. ASPECTOS TECNOLÓGICOS

El nivel tecnológico del productor de papa en la región puede considerarse de intermedio a alto tal como se puede apreciar en la **Tabla 11**, tomando en cuenta que en la mayoría de los casos se ha podido establecer que utilizan regularmente seis o más de los factores esenciales que inciden en la productividad (mano de obra asalariada, mecanización, riego e insumos externos como fertilizantes y agroquímicos, entre otros inputs); este tipo de producción responde a las necesidades de materia prima exigidas por el mercado mayorista de Lima y los supermercados (Shimizu y Scott, 2016).

Tabla 11. Nivel tecnológico del productor de papa, medido como número de factores técnicos utilizados que inciden en la productividad del cultivo, Región Lima. Datos de encuestas: 2014-2015

| Provincia | Número de productores | Número de Factores técnicos |
|------------------|------------------------------|------------------------------------|
| Barranca | 67 | 6.2 ± 0.94 |
| Cañete | 16 | 6.4 ± 0.63 |
| Huaral | 44 | 6.3 ± 1.28 |
| | 127 | 6.3 ± 1.03 |

Las siembras de la papa en la región Lima se concentran entre las semanas 27 y 29 (correspondientes a la primera y tercera semana del mes de julio) y la cosecha se realiza normalmente entre los meses de noviembre y diciembre, aunque el inicio y fin de estas actividades pueden tener lugar dentro de un intervalo mayor (**Tabla 12**).

Tabla 12. Fechas de siembra (semanas calendario) en las provincias productoras de papa, Región Lima. Datos de encuestas: 2014-2015

| Provincia | Número de productores | Semanas calendario |
|------------------|------------------------------|---------------------------|
| Barranca | 64 | 28 ± 4.20 |
| Cañete | 13 | 29 ± 4.39 |
| Huaral | 36 | 26 ± 2.59 |
| | 113 | 27.6 ± 3.97 |

Las épocas de siembra y cosecha de papa en la Costa tienen relevancia por la influencia de la temperatura ambiental sobre la tuberización (Midmore, 1988), incidencia de plagas y enfermedades, disponibilidad de tubérculos-semilla para la siembra, precios del mercado entre otros aspectos y por ello ha sido considerado como una variable a tomar en cuenta en los sub-indicadores de sustentabilidad del cultivo de papa.

Aunque el productor de papa busca constantemente un aumento de la productividad mediante la aplicación de innovaciones tecnológicas recientes de acuerdo a la demanda de los mercados, aún subsisten problemas en el uso de los recursos naturales entre los que podemos considerar los sistemas de riego y de almacenamiento del agua ineficientes, exceso de fertilización nitrogenada, uso inadecuado de insumos para el control de plagas y enfermedades, baja calidad de los tubérculo-semilla para la siembra entre otros aspectos, algunos de los que serán contemplados más adelante.

4.3. ASPECTOS SOCIALES

Una característica importante en el sistema de producción de papa en la costa central es la tenencia de la tierra. En promedio algo más del 50 por ciento de productores de papa manifestaba contar con título de propiedad en la región Lima, pero los resultados fueron muy variables en las tres provincias; mientras que en Barranca el porcentaje llegó al 67 por ciento y en Cañete a 56 por ciento, en Huaral solo el 30 por ciento de los productores de papa en promedio manifestaron que eran propietarios con títulos de propiedad (**Tabla 13**). Estos resultados confirmarían que en la región Lima existe un alto índice de productores de papa que no cuentan con titulación o no son propietarios de los predios que conducen y que ello podría atribuirse a la presencia de arrendatarios provenientes del sector comercial agropecuario de la Sierra y Lima.

Tabla 13. Frecuencia de productores con título de propiedad del predio en las provincias productoras de papa, Región Lima. Datos de encuestas: 2014-2015.

| Provincia | Número de productores | Frecuencia de titulación, % |
|------------------|------------------------------|------------------------------------|
| Barranca | 67 | 67 ± 4.7 |
| Cañete | 16 | 56 ± 5.1 |
| Huaral | 44 | 30 ± 4.6 |
| | 127 | 53 ± 5.5 |

En la región Lima la mayoría de los productores de papa tienen un nivel de instrucción secundario que corresponde a una valoración mayor a 2 en la escala considerada de 0-4, no existiendo diferencias notorias para esta variable en las tres provincias en las que se desarrolló la encuesta (**Tabla 14**). Esta información coincide con el Censo Nacional Agropecuario 2012, en el que se indica que en la región Lima el 73 por ciento de los agricultores tenía educación secundaria o superior (INEI, 2015).

Tabla 14. Nivel de instrucción (escala 0-4) de los productores de papa, Región Lima. Datos de encuestas: 2014-2015

| Provincia | Número de productores | Nivel de instrucción |
|------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Barranca | 66 | 2.67 ± 0.77 |
| Cañete | 16 | 2.88 ± 0.62 |
| Huaral | 44 | 2.86 ± 0.80 |
| | 126 | 2.76 ± 0.76 |

El número de servicios básicos con que cuentan los productores de papa en la región Lima fue en promedio de cinco, considerando el acceso a servicios de atención médica (postas médicas y hospitales de la localidad), acceso a servicios educativos, teléfono, agua, desagüe y luz eléctrica (**Tabla 15**); en esta variable tampoco se pudieron encontrar diferencias notables entre las tres provincias a nivel regional. Los resultados de la encuesta realizada coinciden en cuanto a acceso a servicios básicos con la información registrada en el INEI (2015).

Tabla 15. Acceso a servicios básicos (número de servicios) de los productores de papa, Región Lima. Datos de encuestas: 2014-2015

| Provincia | Número de productores | Número de Servicios |
|------------------|------------------------------|----------------------------|
| Barranca | 67 | 5.0 ± 1.27 |
| Cañete | 16 | 5.4 ± 1.45 |
| Huaral | 44 | 5.6 ± 1.62 |
| | 127 | 5.3 ± 1.43 |

Tal como se puede observar en la **Tabla 16**, los productores de papa cuentan a nivel regional con un nivel muy bajo de afiliación a organizaciones gremiales, deportivas, religiosas u otra índole con un valor medio inferior a 1 en la escala de indicadores 0-4 empleada, hecho que es similar en las tres provincias productoras de papa de la región Lima.

Tabla 16. Número de organizaciones sociales a las que están afiliados los productores de papa, Región Lima. Datos de encuestas: 2014-2015

| Provincia | Número de productores | Afiliación a organizaciones |
|------------------|------------------------------|------------------------------------|
| Barranca | 67 | 0.7 ± 0.59 |
| Cañete | 16 | 0.6 ± 0.51 |
| Huaral | 44 | 0.8 ± 0.54 |
| | 127 | 0.7 ± 0.55 |

A nivel regional, el grado de satisfacción del agricultor con la actividad agrícola que realiza en el cultivo de papa se situó alrededor de un valor de 2.77, lo que tomando en cuenta la escala utilizada de 0-4, puede considerarse como adecuado (**Tabla 17**).

Tabla 17. Grado de satisfacción (escala 0-4) de los productores de papa con la actividad agrícola que realiza, Región Lima. Datos de encuestas: 2014-2015

| Provincia | Número de productores | Grado de Satisfacción |
|------------------|------------------------------|------------------------------|
| Barranca | 45 | 2.67 ± 0.88 |
| Cañete | 13 | 2.54 ± 0.52 |
| Huaral | 40 | 2.95 ± 0.78 |
| | 98 | 2.77 ± 0.81 |

0, grado de satisfacción muy bajo; 4, grado de satisfacción muy alto

Finalmente, en relación al tamaño de las fincas productoras de papa en la región, se observa en la **Tabla 18** que existe mucha variabilidad para esta característica entre las provincias y dentro de ellas, siendo el valor promedio de finca de casi cinco hectáreas.

Tabla 18. Tamaño promedio de finca (ha) de los productores de papa, Región Lima. Datos de encuestas: 2014-2015

| Provincia | Número de productores | Tamaño de Finca |
|-----------|-----------------------|-----------------|
| Barranca | 67 | 5.02 ± 3.54 |
| Cañete | 16 | 3.40 ± 3.42 |
| Huaral | 33 | 5.58 ± 7.24 |
| | 116 | 4.95 ± 4.87 |

4.4. ASPECTOS AMBIENTALES

De acuerdo a información proporcionada por la Gerencia de Planeamiento, Presupuesto y Acondicionamiento Territorial del Gobierno Regional de Lima, las áreas en estudio pertenecen a la Zona de Vida “Desierto Desechado” en una superficie de 3 647 km², que corresponde al 11.25 por ciento del territorio de la región. Ello podría implicar que el agro ecosistema en el que el productor de papa realiza sus actividades agrícolas, es vulnerable sobre todo a aspectos relacionados a la disponibilidad del agua de riego, calidad del suelo e incidencia de plagas y enfermedades. De qué manera estos aspectos son manejados en forma sustentable por los productores de papa, es una materia que se tratará en los siguientes puntos.

Sobre el nivel de conciencia ecológica, aspecto que podría estar relacionado a las competencias y capacidades desarrolladas por los productores de papa en la región Lima para el manejo ambiental, la valoración hallada está por debajo de nivel 1 (en la escala 0-4 ya mencionada) con una amplia variabilidad alrededor de los valores medios en las tres provincias. Esto indica que no existe un nivel formativo de recursos humanos relacionados con el manejo de recursos naturales y por lo tanto, la tecnología aplicada al cultivo de papa podría ser agresiva al medio ambiente (**Tabla 19**). Este nivel de conciencia medioambiental correspondería al primero de cuatro niveles de conciencia distintos. El primer nivel podría ser aquel que considera que el problema medioambiental es irrelevante relacionado al sistema de producción, como en el caso presente; esta aproximación ha perdido adeptos en los últimos años a medida que el debate sobre el cambio climático se ha

intensificado y la interconectividad entre problemas ambientales ha resultado más evidente (Casellas, 2010).

Tabla 19. Nivel de conciencia ecológica (escala 0-4) de los productores de papa, Región Lima. Datos de encuestas: 2014-2015

| Provincia | Número de productores | Conciencia ecológica |
|------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Barranca | 67 | 0.73 ± 0.66 |
| Cañete | 16 | 0.75 ± 0.77 |
| Huaral | 44 | 0.91 ± 0.74 |
| | 127 | 0.80 ± 0.71 |

0, grado de conciencia muy bajo; 4, grado de conciencia muy alto

Por otro lado, los productores en la región Lima tienen una percepción positiva en referencia al tipo de suelo en el que cultivan papa, tomando en cuenta una escala de valores de 0-4, con un valor de 2.44 el cual se encuentra por encima del umbral establecido (**Tabla 20**).

Tabla 20. Nivel de percepción (escala 0-4) de los productores respecto a la calidad del suelo en el que cultivan papa, Región Lima. Datos de encuestas: 2014-2015

| Provincia | Número de productores | Calidad del Suelo |
|------------------|------------------------------|--------------------------|
| Barranca | 63 | 2.51 ± 0.54 |
| Cañete | 16 | 2.63 ± 0.50 |
| Huaral | 29 | 2.21 ± 0.73 |
| | 108 | 2.44 ± 0.60 |

0, nivel de percepción del agricultor muy bajo; 4, nivel de percepción del agricultor muy alto.

Los productores de papa en la región Lima utilizan en promedio de 4-5 productos agroquímicos distintos (herbicidas, insecticidas o fungicidas) para el control químico de plagas, enfermedades y malezas durante la campaña agrícola, según la información proporcionada por la encuesta realizada, considerándose en este caso solamente el ingrediente activo mas no la frecuencia de aplicaciones al cultivo con cada uno de ellos (**Tabla 21**); en el caso del uso de estos insumos por los agricultores, no se ha considerado a los reguladores de crecimiento ni coadyuvantes. Los agroquímicos considerados en las respuestas de los productores de papa poseen ingredientes activos clasificados como Tipo

I, II y III, según la Organización Mundial de la Salud WHO (2010), siendo los de tipo I los más peligrosos para la salud por tener un dosis letal media muy baja.

Tabla 21. Número promedio de insumos agroquímicos utilizados por los productores de papa durante la campaña agrícola, Región Lima. Datos de encuestas: 2014-2015

| Provincia | Número de productores | Numero de Agroquímicos |
|------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Barranca | 58 | 4.9 ± 1.55 |
| Cañete | 15 | 4.3 ± 1.67 |
| Huaral | 42 | 4.5 ± 1.60 |
| | 115 | 4.7 ± 1.58 |

Se ha podido observar que en las fincas productoras de papa de la región Lima predomina el monocultivo y que en cada predio se cultiva normalmente un solo genotipo de papa, aunque se han presentado situaciones en las que se han sembrado más de una variedad de papa en diferentes épocas de siembra (**Tabla 22**). La variedad de papa más utilizada fue Canchan 36.2 por ciento, seguida de Única 26.0 por ciento, Perricholi 15.7 por ciento y Yungay 12.6 por ciento, aunque existen otras variedades de papa que se utilizan comercialmente. El monocultivo con algunos de estos genotipos de papa que están vigentes desde la década de 1990, es un aspecto predominante en el sistema de producción de papa en toda la costa central del Perú.

Tabla 22. Número de variedades durante la campaña agrícola utilizadas por los productores de papa, Región Lima. Datos de encuestas: 2014-2015

| Provincia | Número de productores | Numero de Variedades |
|------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Barranca | 67 | 1.8 ± 0.68 |
| Cañete | 13 | 1.3 ± 0.63 |
| Huaral | 43 | 1.4 ± 0.62 |
| | 123 | 1.6 ± 0.68 |

El grado de diversidad espacial se refiere a la presencia de distintas especies además de papa en el sistema de producción prevaleciente en la región Lima y se ha hallado que dicha variable se encuentra en un nivel muy bajo en la escala utilizada (0-4), con una valoración menor a 1 (**Tabla 23**), indicándose con ello que existe muy poca diversidad espacial en el sistema de producción de papa en la Costa, tales como policultivos, cultivos asociados u otras formas de asociación en las fincas productoras de papa. Se ha demostrado que la

biodiversidad espacial puede aumentar la diversificación de los tipos de hábitats (Van Evert et al., 2013); la rotación de cultivos proporciona numerosos beneficios en la producción de cultivos y es esencial para reducir la acumulación de patógenos transmitidos por el suelo y enfermedades que pueden devastar los cultivos de papa en múltiples años consecutivos (Larkin y Halloram, 2014). Las rotaciones de cultivos pueden reducir enfermedades transmitidas por el suelo a través de una variedad de mecanismos, incluyendo cambios en la comunidad microbiana del suelo (Larkin et al., 2012).

La **Figura 7** nos muestra la frecuencia de uso de variedades de papa a nivel finca.

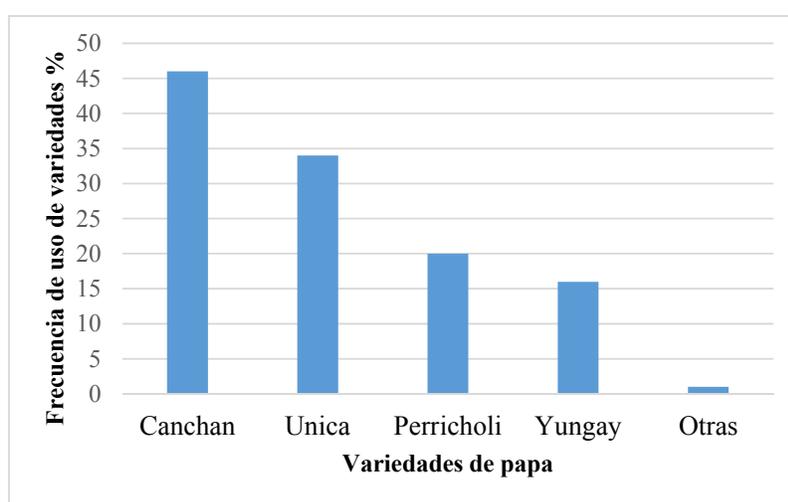


Figura 7. Frecuencia de uso de variedades de papa a nivel de finca durante la campaña agrícola, Región Lima: 2014-2015.

Tabla 23. Grado de diversidad espacial (escala 0-4) en relación al sistema de producción en las fincas de papa, Región Lima. Datos de encuestas: 2014-2015

| Provincia | Número de productores | Diversidad Espacial |
|-----------|-----------------------|---------------------|
| Barranca | 67 | 0.58 ± 0.50 |
| Cañete | 16 | 0.38 ± 0.50 |
| Huaral | 42 | 0.62 ± 0.70 |
| | 125 | 0.57 ± 0.57 |

0, muy baja diversidad espacial; 4, muy alta diversidad espacial

Los productores de papa aplican una media de 9 toneladas de materia orgánica por ha aunque existe mucha variabilidad en la información recabada; como referencia MINAGRI (2015) considera que para fines de determinar los costos de producción en la región Lima, se recomienda una aplicación media de 10 toneladas de estiércol por hectárea en el cultivo de papa (**Tabla 24**).

Tabla 24. Materia orgánica aplicada al suelo ($t\ ha^{-1}$) durante la campaña de siembra de papa, Región Lima. Datos de encuestas: 2014-2015

| Provincia | Número de productores | Materia orgánica |
|------------------|------------------------------|-------------------------|
| Barranca | 19 | 7.7 ± 9.3 |
| Cañete | 10 | 10.6 ± 8.2 |
| Huaral | 3 | 11.7 ± 8.5 |
| | 32 | 9.0 ± 8.8 |

4.5. EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD EN LAS FINCAS PRODUCTORAS DE PAPA

4.5.1. Sustentabilidad Socio cultural

En la **Tabla 25**, se muestran los valores estandarizados de los indicadores socioculturales propuestos según la metodología aplicada y finalmente el valor estimado de dicho indicador ponderado (IS) que para el caso de las fincas productoras de papa en la región Lima fue de 1.91 equivalente a una débil sustentabilidad social, ligeramente inferior al umbral establecido de 2.

En la **Figura 8** se pueden observar los puntos críticos de la sustentabilidad sociocultural en las fincas productoras de papa en la región Lima, que son el poco acceso a la salud en la seguridad social y/o centros de la red asistencial, el bajo nivel de conciencia ambiental y escaso grado de integración social. Los valores estandarizados menores a 2, indican una sustentabilidad debajo del umbral.

Tabla 25. Indicadores de sustentabilidad sociocultural⁺ de las fincas productoras de papa en la región Lima. Datos de encuestas: 2014-2015

| Sub indicadores | n | Media | Ponderación | Min | Max | Mediana | Rango | Valor ⁺ |
|--------------------------------|-----|-------|-------------|-----|-----|---------|-------|--------------------|
| A1 Vivienda | 72 | 3.25 | 0.05 | 1 | 4 | 3 | 3 | 2.99 |
| A2 Acceso a educación | 126 | 2.76 | 0.05 | 0 | 4 | 3 | 4 | 2.76 |
| A3 Acceso a salud ¹ | 117 | 0.76 | 0.05 | 0 | 1 | 1 | 1 | 3.04 |
| A3 Acceso a salud ² | 116 | 0.11 | 0.05 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0.44 |
| A4 Acceso a servicios | 127 | 5.27 | 0.05 | 1 | 8 | 5 | 7 | 2.44 |
| B1 Acept. activ. agrícola | 98 | 2.77 | 0.25 | 0 | 4 | 3 | 4 | 2.77 |
| C1 Integración social | 127 | 0.74 | 0.25 | 0 | 2 | 1 | 2 | 1.48 |
| D1 Conciencia ambiental | 127 | 0.80 | 0.25 | 0 | 3 | 1 | 3 | 1.07 |

IS= 1.91

⁺ Valores estandarizados para cada sub-indicador. Acceso a Salud¹, referido a atenciones en postas de salud de la localidad; Acceso a Salud², referido a atenciones de salud en ESSALUD y/o en hospitales de nivel regional.

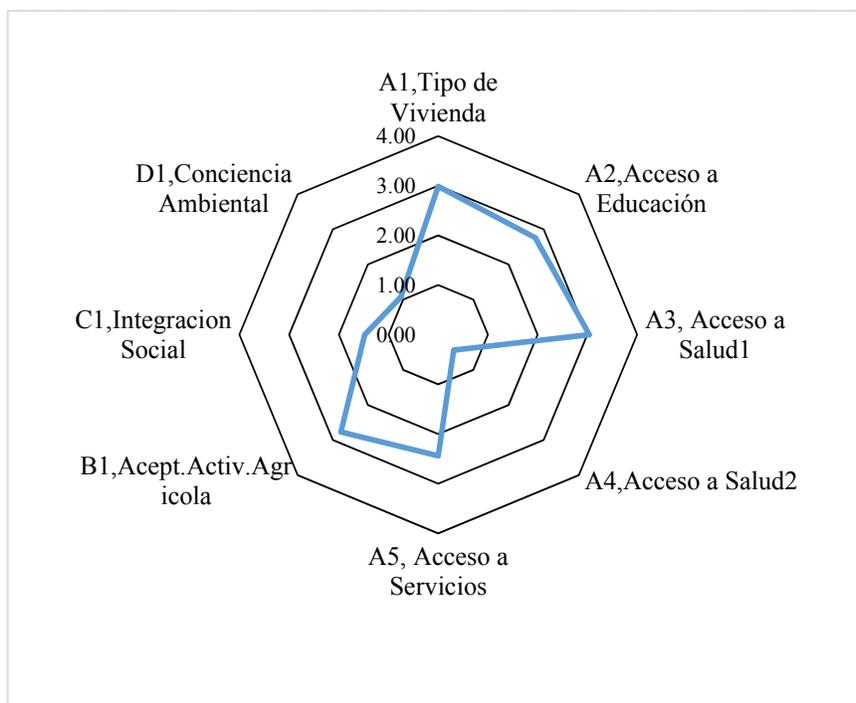


Figura 8. Indicadores de sustentabilidad sociocultural para las fincas productoras de papa en la Región Lima.

4.5.2. Sustentabilidad económica

En la **Tabla 26**, se muestran los valores estandarizados de los indicadores económicos propuestos según la metodología utilizada y finalmente el valor estimado de dicho indicador ponderado (IK) que para el caso de las fincas productoras de papa en la región Lima fue de 1.85 equivalente a una débil sustentabilidad económica; el bajo valor hallado de la sustentabilidad económica en el estudio puede mostrar una amenaza futura para las fincas productoras de papa en Costa.

Tabla 26. Indicadores de sustentabilidad económica¹ de las fincas productoras de papa en la región Lima. Datos de encuestas: 2014-2015

| | Sub indicadores | n | Media | Max | Min. | Mediana | Rango | Ponderación | Valor² |
|-----------|--|----------|--------------|------------|-------------|----------------|--------------|--------------------|--------------------------|
| A1 | Diversificación de la producción | 126 | 1.51 | 3 | 0 | 1 | 3 | 0.15 | 2.01 |
| A2 | Superficie de producción de autoconsumo. | 126 | 0.37 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0.10 | 0.49 |
| B1 | Ingreso Medio Mensual | 122 | 2.34 | 4 | 0 | 3 | 4 | 0.15 | 2.34 |
| B2 | Nivel tecnológico | 126 | 3.26 | 4 | 2 | 3 | 2 | 0.10 | 2.52 |
| C1 | Diversificación para la venta. | 126 | 0.52 | 4 | 0 | 0 | 4 | 0.10 | 0.52 |
| C2 | Número de canales de comercialización. | 122 | 0.16 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0.10 | 0.33 |
| C3 | Dependencia de insumos externos. | 122 | 2.53 | 4 | 0 | 3 | 4 | 0.10 | 2.53 |
| C4 | Variabilidad en fechas de siembra de papa. | 119 | 2.79 | 4 | 0 | 3 | 4 | 0.20 | 2.79 |
| | | | | | | | | IK= | 1.85 |

¹Datos de encuestas: 2014-2015. ² Valores estandarizados para cada sub-indicador

Una precaria autosuficiencia alimentaria y el mayor riesgo económico atribuido a los canales de comercialización así como la poca diversificación para la venta, fueron los indicadores de menor valor de sustentabilidad de los productores de papa en la región Lima. Los ingresos medios familiares, el nivel tecnológico, el nivel de dependencia de insumos externos y una oportuna época de siembra de papa fueron los indicadores que reportaron los más altos valores de sustentabilidad (**Figura 9**). Los valores estandarizados menores a 2, indican una sustentabilidad debajo del umbral.

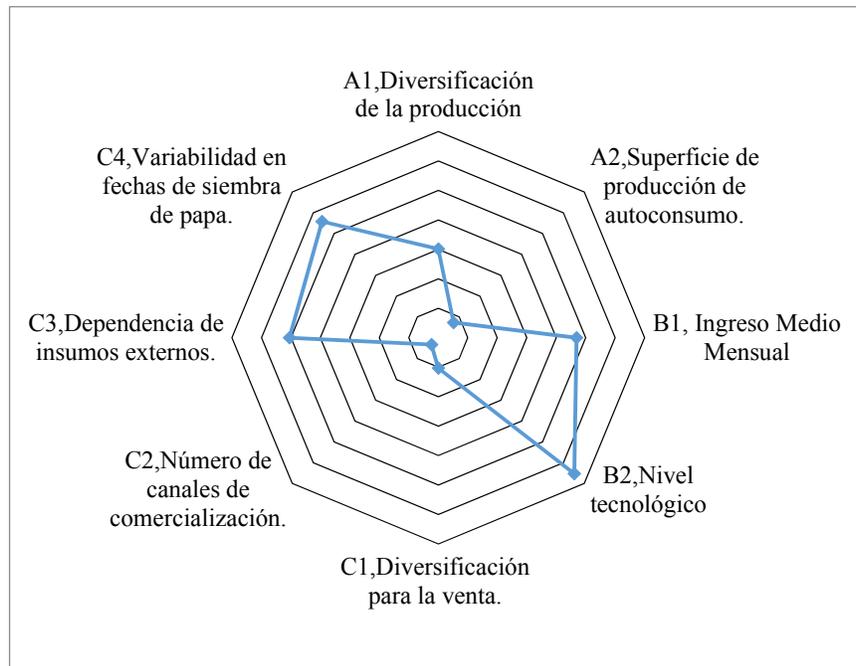


Figura 9. Indicadores de sustentabilidad económica para las fincas productoras de papa en la Región Lima.

4.5.3. Sustentabilidad ambiental

Según lo mostrado en la **Tabla 27**, los sub-indicadores de sustentabilidad ambiental considerados en el modelo, tuvieron valores menores a 2 con excepción del referido a vulnerabilidad por estreses bióticos, principalmente incidencia de plagas y enfermedades (C4), cuyo valor superó el umbral establecido.

Sin embargo, el índice ponderado de sustentabilidad ambiental (IA) fue de 1.59, lo que implicaría una baja sustentabilidad de las fincas productoras de papa en la región Lima. Estos resultados muestran que es necesario mejorar los índices de sustentabilidad ambiental en las fincas respecto a conservación de la vida en el suelo, riesgo de erosión y manejo de la agro-biodiversidad. Para mejorar este índice ambiental, se propone más adelante desarrollar estrategias de manejo agroecológico en los sistemas de producción de papa en condiciones de Costa.

Tabla 27. Indicadores de sustentabilidad ambiental de las fincas productoras de papa en la región Lima. Datos de encuestas: 2014-2015

| Sub-indicadores | N | Media | Max | Min | Mediana | Rango | Pond. | Valor ¹ |
|---|-----|-------|-----|-----|---------|-------|-------------|--------------------|
| <i>A₁ Rotación de cultivos</i> | 123 | 1.24 | 3 | 0 | 1 | 3 | 0.15 | 1.65 |
| <i>A₂ Diversificación de cultivos</i> | 126 | 1.26 | 4 | 0 | 1 | 4 | 0.15 | 1.26 |
| <i>B₁ Cobertura vegetal</i> | 121 | 1.34 | 4 | 0 | 0 | 4 | 0.05 | 1.34 |
| <i>B₂ Tipo de Suelo</i> | 107 | 2.44 | 4 | 1 | 2 | 3 | 0.10 | 1.92 |
| <i>B₃ Materia orgánica aplicada al suelo</i> | 65 | 1.09 | 4 | 0 | 0 | 4 | 0.15 | 1.09 |
| <i>C₁ Biodiversidad temporal</i> | 124 | 0.57 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0.10 | 1.15 |
| <i>C₂ Biodiversidad espacial</i> | 126 | 1.45 | 4 | 0 | 1 | 4 | 0.10 | 1.45 |
| <i>C₃ Biodiversidad en variedades de papa</i> | 126 | 1.06 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0.10 | 1.41 |
| <i>C₄ Vulnerabilidad por estreses bióticos</i> | 126 | 3.44 | 4 | 1 | 4 | 3 | 0.10 | 3.26 |
| | | | | | | | 1.00 | 1.59 |

En la **Figura 10** se observa que los puntos críticos de la sustentabilidad ambiental son la rotación y diversificación de cultivos, cobertura vegetal, tipo de suelo y la aplicación de materia orgánica, así como la biodiversidad temporal, espacial y varietal. Los valores estandarizados menores a 2, indican una sustentabilidad debajo del umbral.

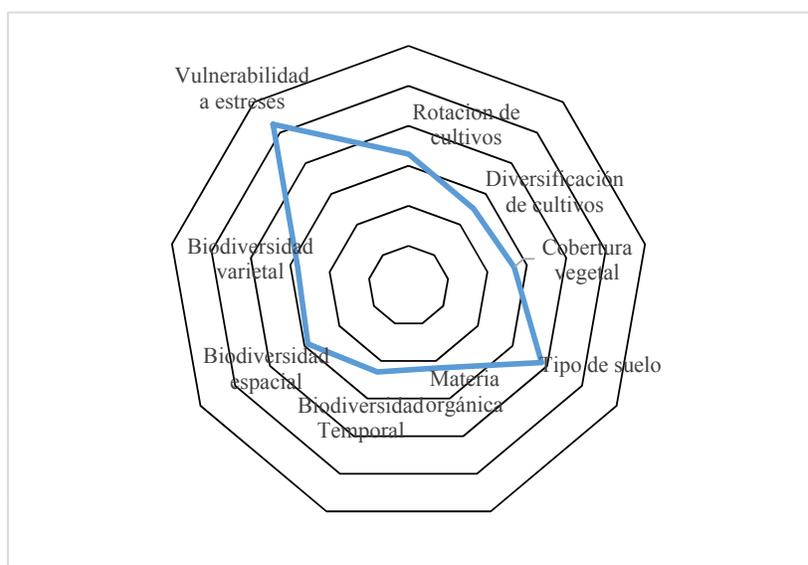


Figura 10. Indicadores de sustentabilidad ambiental para las fincas productoras de papa en la Región Lima.

4.5.4. Índice general de sustentabilidad (ISG) de papa en la región Lima

De acuerdo a lo señalado en la parte metodológica, el índice general de sustentabilidad de las fincas productoras de papa en la región Lima se estimó como base del promedio de los indicadores para cada dimensión de sustentabilidad considerado:

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

$$\text{ISG} = (1.91 + 1.85 + 1.59) / 3$$

$$\text{ISG} = 1.78$$

Siendo el valor promedio resultante del Índice de Sustentabilidad General menor al umbral de 2 en todas las dimensiones evaluadas, se considera por lo tanto que el sistema de producción de papa en la región Lima presenta atributos e indicadores con un inadecuado nivel de sustentabilidad. Estos hallazgos coinciden con los antecedentes de Widayati et al. (2017), Rodríguez et al. (2015), DeFauw et al. (2012) y Mader et al. (2002) en cuanto a la falta de sustentabilidad del sistema de producción de papa en diversos países en vías de desarrollo o de economías intermedias. La etapa de estandarización y ponderación, aunque facilita enormemente el análisis, tiene un alto componente de subjetividad. Sin embargo, esta puede disminuir cuanto mayor sea la información sobre el rol que cada componente tenga sobre la sustentabilidad del sistema en cuestión (Sarandón, 2002).

4.6. ANÁLISIS DE LOS PUNTOS CRÍTICOS DE LA SUSTENTABILIDAD

De los 25 sub-indicadores de sustentabilidad considerados en el análisis multicriterio, 14 fueron menores al valor del umbral establecido, es importante señalar que en la dimensión ambiental, la mayoría tuvieron valores de sustentabilidad con niveles debajo del umbral, menos la vulnerabilidad frente a estreses bióticos (**Tabla 28**).

Tabla 28. Región Lima: Indicadores de sustentabilidad en el cultivo de papa

| | Sub-indicadores | Valor¹ |
|----|--|--------------------------|
| A1 | Diversificación de la producción | 2.01 |
| A2 | Superficie de producción de autoconsumo. | 0.49 |
| B1 | Ingreso Medio Mensual | 2.34 |
| B2 | Nivel tecnológico | 2.52 |
| C1 | Diversificación para la venta. | 0.52 |
| C2 | Número de canales de comercialización. | 0.33 |
| C3 | Dependencia de insumos externos. | 2.52 |
| C4 | Variabilidad en épocas de siembra de papa. | 2.79 |

| Dimensión Económica | | 1.85 |
|--------------------------------|-------------------------------------|-------------|
| A1 | Rotación de cultivos | 1.65 |
| A2 | Diversificación de cultivos | 1.26 |
| B1 | Cobertura vegetal | 1.34 |
| B2 | Tipo de Suelo | 1.92 |
| B3 | Materia Orgánica aplicada al suelo | 1.09 |
| C1 | Biodiversidad temporal | 1.15 |
| C2 | Biodiversidad Espacial | 1.45 |
| C3 | Biodiversidad en variedades de papa | 1.41 |
| C4 | Vulnerabilidad frente a estreses | 3.25 |
| Dimensión Ambiental | | 1.59 |
| A1 | Vivienda | 2.99 |
| A2 | Acceso a Educación | 2.76 |
| A3 | Acceso a Salud ¹ | 3.04 |
| A3 | Acceso a Salud ² | 0.44 |
| A4 | Acceso a Servicios | 2.44 |
| B1 | Aceptación de la actividad agrícola | 2.77 |
| C1 | Integración Social | 1.48 |
| D1 | Conciencia Ambiental | 1.07 |
| Dimensión Sociocultural | | 1.91 |

¹Valores menores al umbral de **2**, expresan un nivel sub-óptimo para la sustentabilidad.

Asimismo se pudo identificar que, tanto en la dimensión sociocultural, como en la económica, se hallaron hasta tres sub-indicadores debajo del umbral. En el caso de la dimensión sociocultural se puede mencionar que los sub-indicadores: acceso a la salud² (atención médica en hospitales de nivel regional y/o de la seguridad social), el grado integración social y el nivel de conciencia ambiental, fueron factores limitantes para alcanzar la sustentabilidad.

Para la dimensión económica, los sub-indicadores en los que se obtuvo un menor valor relativo de sustentabilidad fueron: superficie para autoconsumo, diversificación para la venta y el número de canales de comercialización, implicando que estos aspectos podrían constituirse en una amenaza para la producción sostenible de papa en Costa, y como consecuencia requieren un plan de ajuste para incrementar la viabilidad económica de las fincas productoras de papa. Los resultados del indicador de sustentabilidad coinciden con los de Andrade (2017) quien desarrolló la misma metodología en fincas productoras de brócoli, en un contexto similar de la región Lima (valle del río Chillón).

Las fortalezas del sistema de producción de papa en la región Lima en la dimensión económica, fueron principalmente el ingreso medio mensual obtenido por los altos precios de venta de papa en la campaña 2014-2015, el nivel tecnológico utilizado por el agricultor que se evaluó en función del número de inputs o factores tecnológicos que se aplicaron al cultivo, la relativa dependencia por insumos externos medida en base a la incidencia de plagas y enfermedades durante la campaña agrícola, además del número de agroquímicos utilizados para su control y la flexibilidad en las épocas de siembra de papa, que obtuvieron valores superiores al umbral; en el caso de la diversificación de la producción y número de canales de comercialización que se midieron como la oferta de productos agrícolas y pecuarios del predio agrícola, este sub indicador estuvo debajo del valor del umbral.

4.7. INOCULANTES MICROBIANOS Y OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE PAPA

Desde el punto de vista de la sustentabilidad y en función del análisis multicriterio utilizado en la investigación, los valores de los indicadores nos muestran que el sistema de producción en las fincas productoras de papa en la región Lima, necesita un ajuste para alcanzar niveles apropiados de sustentabilidad. En relación a la importancia del cultivo de papa, hay que indicar que el país como centro principal de diversidad de la papa y sus parientes silvestres, ocupa un lugar expectante en cuanto a área cultivada con un total de 318 000 ha, la mayor parte de ella en la zona Andina. Aunque en la Costa Central del Perú que ocupa la región Lima, se cultivan no más de 8 000 ha, esta superficie se maneja usando tecnología media a alta, con rendimientos que duplican la media nacional mediante un alto uso energético por insumos agrícolas.

Por estas razones y debido a la relevancia del cultivo en la economía agraria peruana, es necesario mejorar los niveles de sustentabilidad para lograr una buena productividad con tecnologías amigables al medio ambiente. Precisamente, en la dimensión ambiental, la presente investigación muestra que el sistema de producción predial de papa en Costa, es poco sustentable y que requiere adecuar el manejo agronómico a los estándares de sustentabilidad.

Los aspectos relacionados a la gestión ambiental en los predios productores de papa, se presentaron como un factor crítico que afecta notoriamente la sustentabilidad del sistema

de producción de papa en la Costa, teniendo en cuenta que como consecuencia de los efectos del cambio climático (Parmesan y Hanley, 2015), es muy probable que las condiciones medioambientales se presenten poco favorables en los próximos años para el cultivo de papa en la región Lima y en otras regiones a nivel nacional, en caso que las temperaturas ambientales y del suelo se incrementen.

Estos resultados muestran que es necesario mejorar los índices de sustentabilidad ambiental en las fincas respecto a conservación de la vida en el suelo, riesgo de erosión y manejo de la agro-biodiversidad. Al respecto, Kroschel et al. (2012), proponen algunas estrategias de control biológico de plagas en los campos de papa y el uso de inoculantes para recuperar especies perdidas a través del uso intensivo de plaguicidas. Mäder et al. (2002), sostienen que las parcelas agroecológicas pueden hacer que los ecosistemas agrícolas sean menos dependientes de insumos externos, incrementado su resiliencia.

Los resultados de Kohashikawa (2010) y Oswald et al. (2010) sugieren que las cepas diazótroficas aisladas de la rizósfera de papa en los Andes del Perú, tienen un enorme potencial como biofertilizantes, debido a sus características promotoras del crecimiento vegetal. La región central y sur del Perú ha sido reconocida como centro de diversidad genética de la papa (de Haan et al., 2010) por lo que se puede utilizar estos recursos de la agrobiodiversidad para mejorar su manejo en condiciones de campo.

Por medio de estas estrategias, es factible de incrementar los indicadores de sustentabilidad ambiental en las fincas productoras de papa, logrando con ello reducir la dependencia por recursos de alto consumo energético y el riesgo asociado al cultivo de la papa en Costa, teniendo en consideración que esta especie se propaga por vía asexual y los sistemas de certificación de semilla de papa en el país, son todavía precarios (Thiele, 1997).

Entre los criterios desarrollados en la investigación de las interacciones entre la papa y los microorganismos que se resumen en la tabla 28, los aspectos del manejo agroecológico en la papa se han tomado en cuenta por los siguientes motivos:

- Existe evidencia científica suficiente de que mediante la simbiosis regulada por el medioambiente entre las plantas y los microorganismos, es posible reducir el uso de insumos de alto consumo energético que normalmente tienen impacto ambiental, como

fertilizantes y agroquímicos, mitigando sus efectos nocivos en el ecosistema. Este proceso incluye la fijación biológica del nitrógeno atmosférico, solubilización y/o absorción de fósforo, resistencia sistémica inducida y la inmunidad vegetal, entre otros aspectos fisiológicos favorables al desarrollo de las plantas.

- La identificación, caracterización y producción de los microorganismos involucrados en el proceso simbiótico con las plantas, ha avanzado notablemente en los últimos 10 años; mucho de este avance se ha debido a la utilización de herramientas de biología molecular y genómica funcional.
- Existe una tendencia hacia la reducción de la biodiversidad en todas sus variantes, lo que está ocasionando erosión genética como consecuencia de la necesidad de uniformidad en las cosechas sobretodo en la papa, en la que el mercado es exigente en cuanto a este aspecto. La diversidad microbiana existente y asociada al cultivo de papa es muy amplia y puede ayudar a reducir los efectos derivados del monocultivo, fortaleciendo el sistema de producción de la papa.
- La población microbiana del suelo puede ayudar a reducir la erosión de suelos degradados por la excesiva labranza o durante el manejo convencional del cultivo, favoreciendo el restablecimiento de la fertilidad, la capacidad de retención de nutrientes y la disponibilidad de elementos nutricionales necesarios para el desarrollo del cultivo de papa.

En cuanto a la eficacia de los inoculantes microbianos, la composición del microbioma de la planta se ve afectada por diversos factores del hospedante, como por ejemplo el genotipo de las plantas y por prácticas agrícolas como la fertilización o la aplicación de plaguicidas (Sessitsch y Mitter, 2015). La industria agrícola ha empezado a usar comercialmente estos inoculantes (Purnell et al., 2016) muchos de los cuales tienen varias décadas de aplicación sobre todo en leguminosas (*Rhizobium* spp., *Bradyrhizobium* spp.), gramíneas (*Azospirillum* spp., *Herbaspirillum* spp.) y el caso de los hongos micorrízicos principalmente en especies perennes (*Glomus* sp.).

Sin embargo y de acuerdo a las evidencias científicas presentadas a lo largo de los últimos años, aún existen restricciones para el uso de la inoculación con microorganismos en el

cultivo de papa. Los resultados hallados mediante el uso de inoculantes en la papa y otros cultivos, se ven obstaculizadas a menudo por falta de eficacia y fiabilidad (Van Loon, 2007) y ello dificulta la difusión de esta innovación, hecho que contrasta con lo ocurrido en las leguminosas de grano, principalmente soya, en las que el uso de inoculantes se ha extendido en América Latina y en otras regiones, donde la inoculación con rizobios indígenas adaptados a las condiciones locales representa una estrategia para aumentar los rendimientos (Chibeba et al., 2017). De acuerdo a Dent y Cocking (2017) con el descubrimiento de *Gluconacetobacter diazotrophicus* (Gd), una bacteria no nodulante, no rizobial, fijadora de nitrógeno atmosférico y que fue aislada del jugo intercelular de la caña de azúcar, se demostró que las cepas de Gd inoculadas en condiciones específicas colonizan intracelularmente las raíces y los brotes de los cereales como trigo, maíz y arroz, así como en cultivos tan diversos como la papa, té, oleaginosas y tomate.

Entre las formas más efectivas de aplicación de los inoculantes está su uso como biofertilizante. Vessey (2003) propone el concepto de biofertilizante: “como una sustancia que contiene microorganismos vivos que cuando se aplica a las semillas, la superficie de la planta o al suelo, coloniza la rizósfera o el interior de la planta y promueve el crecimiento al aumentar el suministro o la disponibilidad de nutrientes primarios en la planta huésped” (p.572). Recientemente, han surgido algunos productos comerciales que aprovechan la combinación de diferentes biofertilizantes; uno de estos productos, comercializado bajo el nombre de QuickRoots® es vendido por Monsanto BioAg Alliance y contiene una combinación de *Bacillus amyloliquefaciens* y el hongo filamentoso *Trichoderma virens* (Parnell et al., 2016)

En la **Tabla 29** se puede observar que muchas de las aplicaciones de los inoculantes en la papa son precisamente en la forma de biofertilizantes, ya sea como fijadores biológicos de nitrógeno (FBN) o como solubilizadores de fosfatos (SP).

Tabla 29. Grupos taxonómicos microbianos asociados a diversos atributos en cultivares de papa

| Cultivar de papa | Grupo taxonómico microbiano | Ambientes | Países | Atributos ¹ | Referencias |
|---|--|-------------------------------|---------------|------------------------------------|---------------------------------|
| Kennebec | <i>Pseudomonas</i> sp. PsJN | <i>In vitro</i> | Canadá | N.D. | Conn, Lazarovits & Nowak (1997) |
| Yungay, Canchan Desiree, Unica, Mariva | <i>Bacillus</i> sp. | Invernadero, Campo | Perú | Tuberización temprana, rendimiento | Oswald <i>et al.</i> (2010) |
| Peruanita | <i>Bacillus subtilis</i> | <i>In vitro</i> | Perú | Biofertilizante | Calvo <i>et al.</i> (2010) |
| Ccompis, Andina | <i>Bacillus</i> , <i>Azotobacter</i> | Campo | Perú | Rhizoctonia | Arcos y Zúñiga (2015) |
| Fripapa, Yungay, Waycha | <i>Pseudomonas</i> , <i>Paenibacillus</i> , <i>Bacillus</i> | Campo | Región Andina | Rendimiento+, VOCs | Vellivelli <i>et al.</i> (2014) |
| Kuroda | <i>Azospirillum</i> sp. TN10 | <i>In vitro</i> , Hidroponía | Pakistán | FBN, AIA | Naqqash <i>et al.</i> (2016) |
| Shepody | N.D. | <i>In vitro</i> , campo | Canadá | FBN, AIA | Turnbull <i>et al.</i> (2014) |
| Innovator | <i>Bacillus subtilis</i> KPS-11 | <i>In vitro</i> | Pakistán | Solubilización-P | Hanif <i>et al.</i> (2015) |
| Desiree | <i>Azotobacter</i> | Invernadero, campo | Perú | FBN, AIA, Rhizoctonia | Kohashikawa (2010) |
| Unica | <i>Azotobacter</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Pantoea</i> | Campo | Perú | Rendimiento+, Biomasa | Luyo (2015) |
| Perricholi, Canchan | <i>Azotobacter</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Pantoea</i> | Campo | Perú | Vigor, PFollaje, Biomasa | Custodio (2016) |
| N.D. | <i>Azotobacter</i> | Invernadero | Perú | Solubilización-P, AIA, Rhizoctonia | Rico (2009) |
| Serranita | Actinomicetos, <i>Pseudomonas</i> | Invernadero | Perú | Tuberización, MS | Camacho & La Torre (2015) |
| Waycha | <i>Bacillus subtilis</i> , <i>G. fasciculatum</i> | Campo | Bolivia | Rhizoctonia, Rendimiento+ | Main & Franco (2016) |
| Germoplasma CIP | <i>Gigaspora</i> , <i>Glomus</i> , <i>Scutellosporas</i> | Campo | Perú | Formonetina, tuberización | Davies <i>et al.</i> (2005) |
| Desiree | <i>Azospirillum</i> | Campo | Chile | FBN, Rendimiento+ | Castillo <i>et al.</i> (2016) |
| Golden Wonder | <i>Glomus intraradices</i> | <i>In vitro</i> , Invernadero | Irlanda | Rendimiento+, tuberización | Duffy & Cassells (2000) |
| Superior | <i>Glomus intraradices</i> , | Campo | Reino Unido | Rendimiento+, tuberización | Douds <i>et al.</i> (2007) |

¹ Vigor, vigor vegetativo; Tuberización, inducción de tuberización; Rhizoctonia, tolerancia a *R. solani*; Biomasa, aumento de biomasa; Rendimiento+, alto rendimiento de tubérculos; FBN, Fijación biológica de nitrógeno; AIA, producción de ácido indol acético, VOCs, producción de compuestos orgánicos volátiles; MS, materia seca de los tubérculos, PFollaje, peso fresco del follaje.

4.8. IMPACTO DEL USO DE INOCULANTES MICROBIANOS EN EL MANEJO AGRONÓMICO DE LA PAPA

Para mejorar el índice de sostenibilidad ambiental, se evaluó una estrategia de manejo agroecológico en los sistemas de producción de papa en condiciones de Costa, que incluía el uso de inoculantes en los tubérculos semilla de papa. Se consideró que mediante esta estrategia, sería factible incrementar los indicadores de sustentabilidad ambiental en las fincas productoras de papa, logrando con ello reducir la dependencia por recursos de alto consumo energético y el riesgo asociado al cultivo de la papa en Costa, teniendo en cuenta los sistemas de producción de las fincas de papa en la región.

Se desarrollaron experimentos en condiciones de producción de la región Lima y los resultados reflejan que la estrategia de uso de inoculantes en tubérculos semilla de papa, podría tener un impacto importante en los sistemas de producción de papa.

4.8.1. Experimentos de campo

En el primer experimento (San Vicente) la inoculación de los tubérculos de papa cv. única con la cepa AZO 16M2 (*Azotobacter* sp.), presentó diferencias significativas con respecto al control en cuanto a rendimiento de tubérculos y peso fresco de la biomasa por hectárea, observándose que la aplicación de las cepas inoculantes mejoró el comportamiento agronómico de la papa cv. Única en más del 53 por ciento y 36 por ciento para rendimiento de tubérculos y peso de la biomasa, respectivamente (**Tabla 30**).

En el segundo experimento (Quilmaná), como resultado de la inoculación de tubérculos semilla con cepas bacterianas en los cultivares de papa Canchán, Perricholi y Única, se hallaron diferencias significativas con respecto al control para peso de la biomasa total por hectárea con un efecto estimulante en el desarrollo de estas variedades comerciales, destacando *Azotobacter* sp. AZO16 M2; no se apreciaron diferencias estadísticas para rendimiento de tubérculos por efecto de la inoculación con las cepas bacterianas, sin embargo algunas de ellas incrementaron el peso de la biomasa en más de 10 por ciento respecto al control.

Tabla 30. Efecto de cepas bacterianas sobre el comportamiento agronómico de variedades de papa en condiciones de campo

| Experi- mento | Genotipos de papa | Tratamientos ⁺ | Rendimiento t ha ⁻¹ | % del control | Biomasa t ha ⁻¹ | % del control |
|---------------------|-------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|
| I San Vicente | Unica | Azo16M2 | 22.07 a | 153.6 | 24.90 a | 136.8 |
| | | Bac15 Mb | 19.57 ab | 136.2 | 22.70 ab | 124.7 |
| | | B13 | 16.43 ab | 114.4 | 18.80 ab | 103.3 |
| | | DZ22 | 16.37 b | 113.9 | 19.20 ab | 105.5 |
| | | Control | 14.37 b | 100.0 | 18.20 b | 100.0 |
| II Quilmaná | Unica Perricholi Canchan INIA | DZ22 | 18.48 a | 103.2 | 57.60 b | 101.0 |
| | | B13 | 18.48 a | 103.2 | 62.90 ab | 110.4 |
| | | Control | 17.90 a | 100.0 | 57.00 b | 100.0 |
| | | Azo16M2 | 17.78 a | 99.3 | 76.00 a | 133.3 |
| | | Bac15Mb | 16.37 a | 91.5 | 65.70 ab | 115.3 |
| III Lunahuaná | Unica Canchan INIA | DZ22 | 23.00 a | 125.0 | 34.9 ab | 114.8 |
| | | B13 | 22.90 a | 124.5 | 34.4 ab | 113.2 |
| | | Azo16M2 | 22.60 a | 122.8 | 34.3 ab | 112.8 |
| | | Bac15Mb | 21.40 a | 116.3 | 37.2 a | 122.2 |
| | | Control | 18.40 a | 100.0 | 30.4 b | 100.0 |

*Medias con las mismas letras, son estadísticamente iguales ($p < 0.05$), de acuerdo a la prueba de Tukey

⁺ Cepas provistas por el Laboratorio de Ecología Microbiana y biotecnología Marino Tabusso, Universidad Nacional Agraria La Molina (Lima)

En el tercer experimento (Lunahuaná) se inocularon las cepas bacterianas en los cultivares de papa, Única y Canchán y en esta localidad la cepa *B. amyloliquefaciens* Bac15Mb obtuvo un peso fresco de la biomasa significativamente mayor al control sin inocular; el incremento en el peso de la biomasa fue mayor a 22.2 por ciento por efecto de la inoculación. Asimismo, aunque no se muestran diferencias estadísticas significativas para rendimiento de tubérculos, se aprecia una producción superior al 16 por ciento por los tratamientos de inoculación en los tubérculos-semilla de las variedades de papa evaluadas.

4.8.2. Experimentos en invernadero

En el caso de los experimentos en macetas, los resultados fueron variables para los caracteres evaluados tal como se muestra en la **Tabla 31**.

En el experimento de invernadero VI, se obtuvieron diferencias estadísticas para peso de tubérculos por planta (PTP) y peso seco del follaje (PSF) con el tratamiento del consorcio de microorganismos *Glomus intraradices*+*Bacillus subtilis* respecto al control sin inocular o al tratamiento solo con *Glomus intraradices*, siendo interesante este aspecto en la

producción de tubérculos-semilla a partir de plántulas *in vitro*, ya que se podría mejorar la eficiencia del proceso de multiplicación de tubérculos bajo condiciones de invernadero.

Tabla 31. Efecto cepas bacterianas y micorrizas en el comportamiento agronómico de variedades de papa bajo condiciones de invernadero.

| Experi- mento | Genotipos de papa | Tratamientos | PTP g/planta | % del control | PSF g | % del control |
|-------------------------------|--|---------------------------------|------------------------------------|------------------|---------|------------------|
| IV Inverna- dero | Canchan INIA | B13 | 104.0 A | 130.8 | 12.7 A | 115.2 |
| | | AZO16M2 | 102.5 A | 128.9 | 13.3 A | 121.2 |
| | | DZ22 | 102.0 A | 128.3 | 14.0 A | 127.3 |
| | | Bac15Mb | 88.0 A | 110.7 | 12.0 A | 109.1 |
| | | Control | 79.5 A | 100.0 | 11.0 A | 100.0 |
| V Inverna- dero | Amarilis | NPK+ <i>Glomus</i> | $\sqrt{\text{AF cm}^2}$ 15.71 A | 198.4 | 5.78 A | 191.4 |
| | | <i>Glomus</i> + <i>Bacillus</i> | 13.28 A | 167.7 | 4.54 B | 150.3 |
| | | Control | 7.92 B | 100.0 | 3.02 C | 100.0 |
| | | <i>Glomus</i> | 8.52 B | 107.6 | 2.99 C | 99.0 |
| | | NPK | 7.17 B | 90.5 | 2.47 C | 81.8 |
| VI Inverna- dero | Única Canchan INIA Perricholi Faustina Yasmine | <i>Glomus</i> + <i>Bacillus</i> | PTP g 9.34 A | 244.5 | 26.71 B | 61.5 |
| | | <i>Glomus</i> | 6.49 B | 169.9 | 26.71 B | 61.5 |
| | | NPK | 4.00 C | 104.7 | 25.24 B | 58.1 |
| | | Control | 3.82 C | 100.0 | 43.41 A | 100.0 |
| | | | | | | |

*Medias con las mismas letras en dirección vertical, son estadísticamente iguales ($p < 0.05$), de acuerdo a la prueba de Scott-Knot.

PTP, peso de tubérculos por planta; PSF, peso seco del follaje; $\sqrt{\text{AF}}$, área foliar (datos transformados); $\sqrt{\text{PSF}}$, peso seco del follaje (datos transformados).

En el cultivar de papa Amarilis (experimento V), los tratamientos *Glomus intraradices*+*Bacillus subtilis* y NPK+*Glomus intraradices* obtuvieron diferencias significativas respecto al control, para datos transformados del área foliar ($\sqrt{\text{AF}}$) y del peso seco del follaje ($\sqrt{\text{PSF}}$).

En la variedad Canchán-INIA (experimento IV), utilizando distintos inoculantes bacterianos, no se hallaron diferencias estadísticas para el peso de tubérculos, ni para el peso seco del follaje.

V. CONCLUSIONES

5.1. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE PAPA EN LA REGIÓN LIMA

El sistema de producción de papa en la región Lima presentó las siguientes características:

- Entre los aspectos económicos más importantes que caracterizan el sistema de producción de papa en la región Lima, resaltan el rendimiento (27.4 t ha^{-1}) que duplica la media nacional, un alto costo de producción por ha (16 136 soles) resultado del uso intensivo de insumos externos, y un tamaño promedio del predio de papa que corresponde a la pequeña propiedad parcelaria (4.95 ha).
- El nivel tecnológico utilizado en papa fue de medio a alto, con al menos seis factores técnicos utilizados por los agricultores: semilla-tubérculo, fertilización química, mecanización agrícola, uso intensivo de insecticidas, fungicidas y herbicidas, asistencia técnica. Las fechas de siembra de papa en la región Lima se concentraron entre la primera y segunda semana de julio, aunque existió flexibilidad en la época de siembra, dependiendo ello de la disponibilidad de tubérculos-semilla y del mercado; las principales variedades de papa utilizadas por los agricultores durante la campaña agrícola fueron, en orden de importancia: Canchán, Única, Perricholi y Yungay.
- El nivel de instrucción de los productores de papa en la región Lima alcanzó como mínimo el nivel secundario, existiendo algunos productores con estudios de nivel técnico o universitario. Asimismo, los productores tienen acceso a diversos servicios básicos, principalmente agua, desagüe, energía eléctrica, teléfono y servicios de salud locales en las postas sanitarias, siendo deficiente el acceso a los servicios en ESSALUD u hospitales de la red nacional de salud. Además, presentaron un escaso nivel de afiliación a organizaciones y un nivel intermedio de aceptabilidad respecto a la actividad agrícola que realizan.

- En cuanto a los aspectos ambientales, se halló que el nivel de conciencia ecológica de los productores de papa en la región Lima es muy bajo, producto del deficiente nivel de capacitación en aspectos de gestión ambiental o sobre el manejo de los recursos naturales. Los productores tienen una percepción positiva en relación al tipo de suelo en el que cultivan papa, en el que predomina el monocultivo ya que en cada predio se cultiva normalmente un solo genotipo de papa. Asimismo, las fincas productoras en la región presentan un nivel muy bajo de diversidad espacial y temporal, lo que puede considerarse como una amenaza potencial a la producción de papa.

5.2. SUSTENTABILIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE PAPA EN LA REGIÓN LIMA

Como resultado del análisis multicriterio efectuado y tomando como base la información de los indicadores de sustentabilidad social, económica y ambiental, se llegó a las siguientes conclusiones:

- El valor promedio resultante del Índice de Sustentabilidad General del sistema de producción de papa en la región Lima fue menor al umbral de 2 en todas las dimensiones evaluadas, indicando ello que la producción de papa en la región no alcanzó los niveles de sustentabilidad apropiados, siendo necesaria la implementación de estrategias para mejorar estos indicadores.
- El sistema de producción de papa en la región Lima mostró un bajo índice de sustentabilidad sociocultural (1.91), originado principalmente por el escaso nivel de conciencia ambiental, la poca integración social de los productores y el bajo nivel de acceso a la salud a través de hospitales de la red de salud y seguridad social.
- En el caso del indicador de sustentabilidad económica en la región Lima, el valor hallado fue equivalente a una baja sustentabilidad (1.85); una precaria autosuficiencia alimentaria y el mayor riesgo económico atribuido a los deficientes canales de comercialización y la poca diversificación para la venta, fueron los indicadores con menor valor de sustentabilidad en el sistema de producción de papa en la región Lima.

- El indicador de sustentabilidad ambiental fue el más bajo en relación a las demás dimensiones evaluadas (1.59), lo que implicaría un inadecuado manejo ambiental en el sistema de producción de papa de la región Lima; este hallazgo se originó por los bajos valores en los indicadores relacionados a la conservación de la vida del suelo y al deficiente manejo de la agro biodiversidad.
- El sistema de producción de papa en la región Lima no alcanzó los niveles de sustentabilidad apropiados, siendo necesaria la implementación de estrategias para mejorar estos indicadores, sobretodo en la dimensión ambiental.

5.3 INOCULANTES MICROBIANOS Y OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE PAPA

Para mejorar el índice de sustentabilidad ambiental, se propone una estrategia de manejo agroecológico en los sistemas de producción de papa en condiciones de Costa tanto en campo como en invernadero, que incluye el uso de inoculantes microbianos en los tubérculos semilla de papa.

- Se determinó que algunas cepas bacterianas pertenecientes a las especies *Azotobacter* sp. y *Bacillus* sp., así como micorrizas del género *Glomus* sp. presentaron en condiciones controladas de invernadero, diferencias significativas con respecto al control sin inocular en cuanto a peso total de la biomasa y rendimiento de tubérculos por hectárea en variedades comerciales de papa, resultando en una promoción del crecimiento de la papa bajo condiciones experimentales.
- La aplicación de inoculantes con diversas cepas bacterianas mejoró asimismo el comportamiento agronómico de la papa en condiciones de campo, en cuanto a peso de la biomasa y rendimiento de tubérculos, aunque el efecto específico de la inoculación con las cepas bacterianas fue dependiente de los cultivares de papa y de las condiciones ambientales, respecto a las características agronómicas y atributos fisiológicos evaluados.

- La utilización de microorganismos promotores del crecimiento en la papa puede ayudar a reducir la vulnerabilidad del cultivo, incrementando el nivel de sustentabilidad ambiental a nivel de finca en la región Lima.

VI. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que derivan de la presente investigación son las siguientes:

- Se recomienda implementar estrategias para mejorar algunos indicadores de sustentabilidad en el sistema de producción de papa en la región Lima, sobretodo en la dimensión ambiental.
- Se propone mejorar la sustentabilidad ambiental de la producción de papa en la región Lima, mediante la utilización de estrategias agroecológicas como la inoculación de los tubérculos-semilla de papa con cepas microbianas (bacterias y hongos micorrízicos) que promuevan el crecimiento del cultivo.
- Existe la necesidad de investigar en otras dimensiones de la sustentabilidad del sistema de producción de papa en la región Lima, particularmente en cuanto al grado de integración social de los productores y el nivel de conciencia ecológica, en la dimensión sociocultural. Asimismo en la dimensión económica, se requiere investigar cómo mejorar la autosuficiencia alimentaria y reducir el riesgo económico atribuido a los deficientes canales de comercialización y a la poca diversificación para la venta que existe para la papa, aspectos que se han encontrado debajo del umbral de sustentabilidad en la presente investigación.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdullah, S., Novita, E. and Ilsan, M. 2016. Sustainability Analysis of Potato Farming System at Sloping Land in Gowa Regency, South Sulawesi, *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 9, 4-12.

Aguirre, P. y Alarcón, S. 2017. Elementos de la sustentabilidad en la producción de la papa (*Solanum tuberosum* L.). VII Congreso Ecuatoriano de la Papa. Kromann, P., & Cuasapaz, P. (Ed). Libro de memorias. 187-188 p.

Altieri, M. 1997. Enfoque Agroecológico para el Desarrollo de Sistemas de Producción Sostenibles en los Andes. Ed. CIED. Lima-Perú. 92 p.

Andrade, C. 2017. Análisis sustentable de las fincas de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) en Santa Rosa de Quives, Lima, Perú. *Ecología Aplicada*. 16(2):135-142.

Arcos, J. y Zúñiga, D. 2015. Efecto de rizobacterias en el control de *Rhizoctonia solani* en el cultivo de papa. *Ecología Aplicada*, 14(2):95-101.

Bacon, C., Getz, C., Kraus, S., Montenegro, M. and Holland, K. 2012. The social dimensions of sustainability and change in diversified farming systems. *Ecology and Society*. 17(4):1-41.

Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J. y Robledo, C. 2014. Manual del Usuario de Infostat. Editorial Brujas, Córdoba, Argentina.

Banco Mundial. 2008. Informe sobre el Desarrollo Mundial. Agricultura para el desarrollo. Banco Mundial. Parte I.

Barrezueta-Unda, S., Paz González, A. y Chabla-Carillo, J. 2016. Revisión de criterios para medir la sostenibilidad agraria: Adaptación de marcos de trabajo y propuesta de indicadores. *Revista Conrado*. 12(56):16-21.

Beketov, M., Kefford, B., Schäfer, R. y Liess, M. 2013. Pesticides reduce regional biodiversity of stream invertebrates. *PNAS*. 110 (27):11039-11043.

Berendsen, R., Pieterse, C. and Bakker, P. 2012. The rhizosphere microbiome and plant health. *Trends in plant science*. 17(8):478-486.

Bockstaller, C., Guichard, L., Keichinger, O., Girardin, P., Galan, M. and Gaillard, G. 2009. Comparison of methods to assess the sustainability of agricultural systems: a review. In: *Sustainable Agriculture*. 769-784 pp.

Bojacá, C., García, S. and Schrevens, E. 2012. Investigating the technical sustainability of farming systems with correlational biplots. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*. 19(4):361-368.

Bouizgarne, B. 2013. Bacteria for Plant Growth Promotion and Disease Management. In: *Bacteria in agrobiología. Disease management*. B.K Maheshwari (ed). Springer. 495 pp.

Brussaard, L., De Ruiter, P. and Brown, G. 2007. Soil biodiversity for agricultural sustainability. *Agriculture, ecosystems & environment*. 121(3):233-244.

Busby, P., Soman, C., Wagner, M., Friesen, M., Kremer, J. and Bennett, A. 2017. Research priorities for harnessing plant microbiomes in sustainable agriculture. *PLoS Biol*. 15(3): 17-93.

Calvo, P., Meneses, L. y Zúñiga, D. 2008. Estudio de las poblaciones microbianas de la rizósfera del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en zonas altoandinas. *Ecología Aplicada*. 7(1):141-148.

Calvo, P., Ormeño-Orrillo, E., Martínez-Romero, E. y Zúñiga, D. (2010). Characterization of Bacillus isolates of potato rhizosphere from andean soils of Peru and their potential PGPR characteristics. *Brazilian Journal of Microbiology*. 41:899-906

Camacho, M. y La Torre, M. 2015. Efecto promotor de bacterias PGPR sobre cultivo de papa bajo diferentes sustratos a nivel de invernadero. *The Biologist*. 13(1):75-90.

Casellas, A. 2010. La geografía crítica y el discurso de la sostenibilidad. Perspectivas y acciones. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*. 56(3):573-581.

Castillo, C., Huenchuleo, M., Michaud, A. y Solano, J. 2016. Micorrización en un cultivo de papa adicionado del biofertilizante Twin-N establecido en un Andisol de la Región de La Araucanía. *Idesia (Arica)*. 34(1):39-45.

Caycho-Ronco, J., Arias-Mesia, A., Oswald, A. y Esprella-Elias, R. 2016. Tecnologías sostenibles y su uso en la producción de papa en la región altoandina. *Revista Latinoamericana de la Papa*. 15(1):19-37.

Centeno Díaz, T., Pocomo, E., Ever, W., Rios, F., Quispe, V. y Cazeli, C. 2017. Planeamiento estratégico de la Región Lima Provincias. Tesis para optar el grado de Magister en Administración Estratégica de Empresas. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima. 233 p.

Chibeba, A., Kyei-Boahen, S., De Fátima Guimarães, M., Nogueira, M. and Hungria, M. 2017. Isolation, characterization and selection of indigenous Bradyrhizobium strains with outstanding symbiotic performance to increase soybean yields in Mozambique. *Agriculture, ecosystems & environment*. 246:291-305.

CIP. 2014. Tackling Global Research Development: CIP's Engagement Agenda. International Potato Center Annual Report 2013. Lima, Perú. 60 p.

Cisneros, J. 2016. Aislamiento y selección de actinomicetos rizosféricos con potencial aplicación como bioinoculante en el cultivo de *Solanum tuberosum* sp. andigena

(papa). Tesis para optar el título de Biólogo. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. 93 p.

Conn, K., Lazarovits, G. y Nowak, J. 1997. A gnotobiotic bioassay for studying interactions between potatoes and plant growth-promoting rhizobacteria. *Canadian Journal of Microbiology*. 43(9):801-808.

Custodio, J. 2016. Efecto de inoculantes bacterianos sobre el comportamiento agronómico de tres genotipos de *Solanum tuberosum* L. “papa” en el distrito de Quilmaná – Cañete. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental. UNJFSC, Huacho. 90 p.

Davies, F., Calderón, C., Huamán, Z. y Gómez, R. 2005. Influence of a flavonoid (formononetin) on mycorrhizal activity and potato crop productivity in the highlands of Peru. *Scientia Horticulturae*. 106(3):318-329.

De Haan, S., Núñez, J., Bonierbale, M. and Ghislain, M. 2010. Multilevel agrobiodiversity and conservation of Andean potatoes in central Peru species, morphological, genetic, and spatial diversity. *Mountain Research and Development*. 30:222–231

De Olde, E., Oudshoorn, F., Sørensen, C., Bokkers, E. and De Boer, I. 2016. Assessing sustainability at farm-level: Lessons learned from a comparison of tools in practice. *Ecological Indicators*. 66:391-404.

DeFauw, S., He, Z., Larkin, R. and Mansour, S. 2012. Sustainable potato production and global food security. In: Sustainable potato production: global case studies. 3-19 pp.

Dent, D. and Cocking, E. 2017. Establishing symbiotic nitrogen fixation in cereals and other non-legume crops: The Greener Nitrogen Revolution. *Agriculture & Food Security*. 6(1):7-9.

Diallo, S., Crépin, A., Barbey, C., Orange, N., Burini, J. F. and Latour, X. 2011. Mechanisms and recent advances in biological control mediated through the potato rhizosphere. *FEMS microbiology ecology*. 75(3):351-364.

Díaz, P. 2016. Inoculación de micorrizas MVA en papa (*Solanum tuberosum*) respuesta en el crecimiento y nutrición de plantas inoculadas en invernadero y en campo. *Revista Latinoamericana de la Papa*. 1(1):84-103.

Dirección Regional de Agricultura - DRA Lima. 2017. Informe preliminar de los efectos climáticos sobre los efectos de los cultivos en la región Lima. Agencia Agraria Chancay Huaral. Gobierno Regional de Lima. 13 p.

Douds, D., Nagahashi, G., Reider, C. and Hepperly, P. 2007. Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi increases the yield of potatoes in a high P soil. *Biological agriculture & horticulture*. 25(1):67-78.

Duffy, E. and Cassells, A. 2000. The effect of inoculation of potato (*Solanum tuberosum* L.) microplants with arbuscular mycorrhizal fungi on tuber yield and tuber size distribution. *Applied Soil Ecology*. 15(2):137-144.

Egamberdieva, D. 2012. The Management of Soil Quality and Plant Productivity in Stressed Environment with Rhizobacteria. D.K. Maheshwari (ed.), *Bacteria in Agrobiolgy: Stress Management*.

Eguren, F. 2012. Eficiencia y rendimientos en la agricultura peruana. *La revista Agraria*. 141:11-13.

Espinola, J., Aragonés, P., Miquel, L., Montañez, E., Leyva, J. and Cáceres, V. 2017. Evaluación de la sustentabilidad del sistema agrícola de la Comunidad de Huapra (Perú). *Revista de Investigación Operacional*. 38(1):91-100.

FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2009. Sustainable potato production. Guidelines for developing countries. International Year of the Potato celebrated in 2008. Roma. 94 p.

FAO. 2008a. Gestión de las plagas y enfermedades. Secretaria del año internacional de la Papa. International Year of the Potato celebrated in 2008. FAO. Roma. 90 p.

FAO. 2008b. La economía mundial de la papa. El año internacional de la papa 2008. Secretaria del año internacional de la Papa. FAO. Roma. 95 p.

FAO. 2013. Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems (SAFA). Natural Resources Management and Environment Department. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma. 267 pp.

Finkel, O., Castrillo, G., Paredes, S., González, I. and Dangl, J. 2017. Understanding and exploiting plant beneficial microbes. *Current Opinion in Plant Biology*. 38:155-163.

Glave, M. y Escobal, J. 2001. Indicadores de sostenibilidad para la agricultura andina. Proyecto: Políticas Integradas para el Desarrollo Rural Sostenible – GDRUPA. En: Debate Agrario N° 23.

Grados, D., Heuts, R., Veters, E. and Schrevels, E. 2015. A model-based comprehensive analysis of technical sustainability of potato production systems in the Mantaro Valley, Central Highlands, Peru. In: V International Symposium on Applications of Modelling as an Innovative Technology in the Horticultural Supply Chain. 1154:155-162.

Hanif, M., Hameed, S., Imran, A., Naqqash, T., Shahid, M. and Van Elsas, J. 2015. Isolation and characterization of a β -propeller gene containing phosphobacterium *Bacillus subtilis* strain KPS-11 for growth promotion of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Frontiers in microbiology*. 6:1-583.

Haverkort, A., De Ruijter, F., Van Evert, F., Conijn, J. and Rutgers, B. 2013. Worldwide sustainability hotspots in potato cultivation. 1. Identification and mapping. *Potato research*. 56(4):343-353.

He, Z., Larkin, R. and Honeycutt, W. 2012. Sustainable potato production: global case studies. Springer Science & Business Media. 532 pp.

Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI. 2015. Compendio Estadístico Lima Provincias 2014. INEI. Lima. 588 p.

Kennedy, A. and Smith, K. 1995. Soil microbial diversity and the sustainability of agricultural soils. En: The significance and regulation of soil biodiversity. 75-86 pp.

Kohashikawa, N. 2010. Comportamiento de diferentes bacterias PGPR sobre el crecimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*). Tesis para optar en Título de Biólogo. UNALM. 90 p.

Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B. and Rubel, F. 2006. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. 2006. *Meteorol. Z.* 15(3):259-263

Kroschel, J., Mujica, N., Alcazar, J., Canedo, V., Zegarra, O. 2012. Developing integrated pest management for potato: experiences and lessons from two distinct potato production systems of Peru. In Sustainable potato production: global case studies. Springer Netherlands. 419-450 pp.

Larkin, R. and Halloran, J. 2014. Management effects of disease-suppressive rotation crops on potato yield and soilborne disease and their economic implications in potato production. *American journal of potato research.* 91(5):429-439.

Larkin, R., Honeycutt, C., Olanya, O., Halloran, J. and He, Z. 2012. Impacts of crop rotation and irrigation on soilborne diseases and soil microbial communities. In: He, Z., Larkin, R., & Honeycutt, W. (Eds). Sustainable potato production: global case studies. Springer, Netherlands. 23-41 pp.

Li, Z. 1994. Sustainable Agriculture in China. Nanjing Institute of Environmental Science – China. In: Conferencia electrónica sobre indicadores de sostenibilidad (Noviembre 1993 – Abril 1994), INFORUM.

Lutaladio, N., Ortiz, O., Haverkort, A., Caldiz, D. 2009. Sustainable potato production: guidelines for developing countries. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 94 p.

Luyo, L. 2015. Efecto de rizobacterias y ácido acetil salicílico en el comportamiento agronómico de la papa (*Solanum tuberosum* L.) cv. UNICA. Tesis para optar el título de

Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental. UNJFSC. Huacho.

Mäder, P., Fließbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P. and Niggli, U. 2002. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science*. 296(5573):1694-1697.

Maheshwari, D. 2011. Bacteria in Agrobiolology: Crop Ecosystems. DOI 10.1007/978-3-642-18357-7_2, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg.

Main, G. y Franco, J. 2016. Efecto de la bacteria *Bacillus subtilis* y el hongo micorrizico arbuscular *Glomus fasciculatum* en la fertilización fosfórica en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* ssp. andigena). *Revista Latinoamericana de la Papa*. 16(2):250-269.

Maldonado, L., Suárez, V. y Thiele, G. 2008. Estudio de la adopción de variedades de papa en zonas pobres del Perú. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima-Perú. Documento de Trabajo 2008. 37 p.

Martinez, J. 2013. Caracterización tecnológica para la sostenibilidad ambiental en procesos productivos de papa en zonas altoandinas caucanas. *Ambiente y Sostenibilidad*. 2(1):29-37.

Masera, O., Astier, M. y López-Ridaura, S. 1999. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El Marco de Evaluación MESMIS. GIRA.A.C. México. 109 p.

Midmore, D. 1988. Fisiología de la planta de papa bajo condiciones de clima cálido. Centro Internacional de la Papa. Guía de investigación CIP24. 16 p.

Ministerio de Agricultura del Perú - MINAG. 2012. Informe de seguimiento agroeconómico. Lima, Perú. MINAG. Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos.

Ministerio de Agricultura y Riego del Perú - MINAGRI. 2015. Intenciones de siembra 2015-2016. DGESEP. Ministerio de Agricultura y Riego. Lima. Julio 2015.

Morales, F. 2007. Sociedades precolombinas asociadas a la domesticación y cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) en Sudamérica. *Revista Latinoamericana de la Papa*. 14(1):1-9.

Naqqash, T., Hameed, S., Imran, A., Hanif, M., Majeed, A. and Van Elsas, J. 2016. Differential Response of Potato toward Inoculation with Taxonomically Diverse Plant Growth Promoting Rhizobacteria. *Frontiers in Plant Science*. 7(1):80-144.

Oswald, A., Calvo, P., Zúñiga, D. and Arcos, J. 2010. Evaluating soil rhizobacteria for their ability to enhance plant growth and tuber yield in potato. *Annals of Applied Biology* 157(2010):259–271.

Parmesan, C. and Hanley, M. 2015. Plants and climate change: complexities and surprises. *Annals of botany*. 116(6):849-864.

Parnell, J., Berka, R., Young, H., Sturino, J., Kang, Y., Barnhart, D. and DiLeo, M. 2016. From the lab to the farm: an industrial perspective of plant beneficial microorganisms. *Frontiers in plant science*. 7(1):1-10.

Pineda, A., Kaplan, I. and Bezemer, T. 2017. Steering soil microbiomes to suppress aboveground insect pests. *Trends in Plant Science*. 22(9):770-778.

Plaza, O. 1989. Ciencias sociales y sistemas de producción. En: Ciencias Sociales y Enfoque de Sistemas Agropecuarios. RISPAL. Perú. 37-53 p.

Prashar, P., Kapoor, N. and Sachdeva, S. 2014. Rhizosphere: its structure, bacterial diversity and significance. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 13(1):63-77.

Quijandría, B. 1994. Aspectos teóricos y metodológicos del sistema y de la unidad de producción. Conferencia. Lima-Perú. 34-43 p.

Quijandría, B., Agreda, V., Escobal, J. and Twanama, W. 1990. Análisis dinámico de pequeñas fincas en cuatro regiones del Perú: Aspectos metodológicos. Materiales Docentes No 1. Red Internacional de Metodología. Santiago de Chile. 77 p.

R Core Team. 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Reigart, J. y Roberts, J. 1999. Reconocimiento y manejo de los envenenamientos por pesticidas. US Environmental Protection Agency. Washington. 252 p.

Rico, M. 2009. Capacidad promotora del crecimiento vegetal por bacterias del género *Azotobacter* y actinomicetos aislados de cultivos de *Solanum tuberosum* Linnaeus, 1753 (papa) cultivados en zonas alto andinas del Perú. Tesis para optar el título de Biólogo. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. 102 p.

Rodríguez, C., De Galarreta, V. and Kruse, E. 2015. Analysis of water footprint of potato production in the pampean region of Argentina. *Journal of Cleaner Production*. 90:91-96.

Rodríguez, L. 2010. Origen y evolución de la papa cultivada. Una revisión. *Agronomía Colombiana*. 28(1):9-17

Sarandón, S. 2002. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. En: Santiago J. Sarandón (editor): Agroecología. El camino hacia una Agricultura sustentable. Ediciones Científicas Americanas Capítulo 20:393-414.

Sarandón, S. and Flores, C. 2014. Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agro ecosistemas sustentables. 1a ed. La Plata: Universidad Nacional de La Plata. 467 p.

Sarandón, S. 1998. The development and use of sustainability indicators: a need for organic agriculture evaluation. XII International Scientific Conference IFOAM 1998. 16-19 Noviembre, Mar del Plata, Argentina .135 p.

Scheaffer, R., Mendenhall W. y Ott, L. 1987. Elementos de Muestreo. Editorial Iberoamericana. México DF. 120 p.

- Scott, G., Ocampo, J.P. 2013. Costos efectivos, tasas de cambio y competitividad: El caso de los procesadores de papa en Lima. *Custos e @gronegocio*, 9(2), 2-26.
- Sessitsch, A. and Mitter, B. 2015. 21st century agriculture: integration of plant microbiomes for improved crop production and food security. *Microbial biotechnology*. 8(1):32-33.
- Sgroi, F., Di Trapani, A., Testa, R. and Tudisca, S. 2014. Economic sustainability of early potato production in the Mediterranean area. *American Journal of Applied Sciences*. 11(9):1-1598.
- Shimizu, T. and Scott, G. 2016. Los supermercados y cambios en la cadena productiva para la papa en el Perú. *Revista Latinoamericana de la Papa*. 18(1):77-103.
- Somers, E., Vanderleijden, J. and Srinivasan, M. 2004. Rhizosphere bacterial signalling: a love parade beneath our feet. *Critical Reviews in Microbiology*. 30:205-240.
- Spooner, D. and Salas, A. 2006. Structure, biosystematics, and genetic resources. En: Gopal, J. y S.M. Paul Khurana (eds.). Handbook of potato production, improvement, and postharvest management. Haworth's Press, Binghampton, NY. 1-39 pp.
- Thiele, G. 1997. Sistemas informales de semilla de papa en los Andes: por qué son importantes y qué hacer con ellos? Centro Internacional de la Papa. Lima. 61 p.
- Tonconi, J. 2015. Producción agrícola alimentaria y cambio climático: un análisis económico en el departamento de Puno, Perú. *Idesia (Arica)*. 33(2):119-136.
- Turnbull, A., Campbell, I. and Lazarovits, G. 2014. Resistance of bacterial communities in the potato rhizosphere to disturbance and its application to agroecology. *Soil Biology and Biochemistry*. 79:125-131.
- Van der Zaag, P. 2010. Toward sustainable potato production: experience with alternative methods of pest and disease control on a commercial potato farm. *American Journal of Potato Research*. 87(5):428-433.

Van Evert, F., De Ruijter, F., Conijn, J., Rutgers, B. and Haverkort, A. 2013. Worldwide sustainability hotspots in potato cultivation. 2. Areas with improvement opportunities. *Potato research*. 56(4):355-368.

Van Loon, L. 2007. Plant responses to plant growth-promoting rhizobacteria. *European Journal of Plant Pathology*. 19:243–254.

Velivelli, S., Kromann, P., Lojan, P., Rojas, M., Franco, J., Suarez, J. and Prestwich, B. 2015. Identification of mVOCs from Andean rhizobacteria and field evaluation of bacterial and mycorrhizal inoculants on growth of potato in its center of origin. *Microbial ecology*. 69(3):652-667.

Velivelli, S., Sessitsch, A. and Prestwich, B. 2014. The role of microbial inoculants in integrated crop management systems. *Potato Research*. 57(3-4):291-309.

Vessey, J. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and soil*. 255(2):571-586.

Widayati, T., Waridin, A. and Yusuf, E. 2017. Strategies for environmental, economic and social sustainability of potato agriculture in Dieng plateau Central Java Indonesia. *Journal of Environmental Management and Tourism*. 1(17):259-269.

World Health Organization. 2010. The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification: 2009. Ginebra. 81 p.

Yumisaca, F. 2016. Encontrando soluciones sostenibles con pequeños productores de papa a través de investigación participativa en la sierra centro de Ecuador. *Revista Latinoamericana de la Papa*. 15(1):86-90.

RECURSOS DE INTERNET:

Gobierno Regional de Lima. Mapas temáticos. Visitado el 04 de setiembre del 2017. Disponible en: <http://www.regionlima.gob.pe>

Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI. Clima. Visitado el 16 de setiembre del 2017. Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/climate/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO. 2016. Faostat. Country indicators. Peru. Visitado el 04 de octubre del 2017. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>

Organización Mundial de la Salud -OMS. 2016. Plaguicidas altamente peligrosos. Visitado el 26 de setiembre del 2017. Disponible en: http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/pesticides/es/

Presidencia del Consejo de Ministros. Oficina Nacional de Gobierno Electrónico e Informática. Caracterización general de las provincias de Lima. Visitado el 12 de marzo del 2016. Disponible en: www.peru.gob.pe/.../PLAN_12116_Caracterización_General_de_la_Pro.

Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología - SENAHMI. Mapa climático del Perú. Visitado el 14 de setiembre del 2017. Disponible en: <http://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>

World Bank Group. 2016. Climate Change Knowledge Portal. Visitado el 26 de octubre del 2017. Disponible en: http://sdwebx.worldbank.org/climateportal/index.cfm?page=downscaled_data_download&menu=historical

ANEXOS

ANEXO 1: Indicadores de sustentabilidad socio-cultural en fincas de papa de la Región Lima

| Indicador | Sub-indicadores | Escala |
|--|---|--|
| <p style="text-align: center;">A</p> <p>Satisfacción de necesidades básicas.</p> | <p>A1- Tipo de Vivienda.</p> | <p>(4) De material noble, muy buena (3) De material noble, buena (2) Regular, sin terminar o deteriorada (1) Mala, sin terminar, deteriorada, piso de tierra (0) Muy mala.</p> |
| | <p>A2- Acceso a la educación.</p> | <p>(4) Acceso a educación superior y/o cursos de capacitación (3) Acceso a escuela secundaria (2) Acceso a la escuela primaria y secundaria con restricciones (1) Acceso a la escuela primaria (0) Sin acceso a la educación.</p> |
| | <p>A3- Acceso a salud y cobertura sanitaria:</p> | <p>(4) Centro sanitario con médicos permanentes e infraestructura adecuada (3) Centro sanitario con personal temporario medianamente equipado (2) Centro sanitario mal equipado y personal temporario (1) Centro sanitario mal equipado y sin personal idóneo (0) Sin centro sanitario.</p> |
| | <p>A4 Acceso a Servicios</p> | <p>(4) Instalación completa de agua, luz y teléfono cercano (3) Instalación de agua y luz (2) Instalación de luz y agua de pozo (1) Sin instalación de luz y agua de pozo (0) Sin Luz y sin fuente de agua cercana</p> |
| <p>B Aceptabilidad del sistema de producción.</p> | <p>B1 Se evalúa el nivel de satisfacción con la actividad agropecuaria</p> | <p>(4) Está muy contento con lo que hace, no haría otra actividad aunque ésta le reporte más ingresos (3) Está contento, pero antes le iba mucho mejor (2) No está del todo satisfecho, se queda porque es lo único que sabe hacer (1) Poco satisfecho con esta forma de vida, anhela vivir en la ciudad y dedicarse a otra actividad (0) Está desilusionado con la vida que lleva, no lo haría más.</p> |

| | | |
|--|--|---|
| <p style="text-align: center;">C Integración social.</p> | <p>C1 Se evalúa la relación con otros miembros de la comunidad.</p> | <p>(4) Muy alta (3) Alta (2) Media (1) Baja (0) Nula.</p> |
| <p style="text-align: center;">D Conocimiento y Conciencia Ecológica.</p> | <p>D1 Se evalúa el grado de conciencia ambiental y de capacidades para la gestión de los recursos naturales</p> | <p>(4) Concibe la ecología desde una visión amplia, más allá de su finca y conoce sus fundamentos. (3) Tiene un conocimiento de la ecología desde su práctica cotidiana. Sus conocimientos se reducen a la finca con el no uso de agroquímicos más prácticas conservacionistas. (2) Tiene sólo una visión parcializada de la ecología. Tiene la sensación que algunas prácticas pueden estar perjudicando al medio ambiente. (1) No presenta un conocimiento ecológico ni percibe las consecuencias que pueden ocasionar algunas prácticas. Pero utiliza prácticas de bajos insumos. (0) Sin ningún tipo de conciencia ecológica. Realiza una práctica agresiva al medio por causa de este desconocimiento.</p> |

ANEXO 2: Indicadores de sustentabilidad económica en fincas de papa en la Región Lima

| Indicador | Sub-Indicadores | Escala |
|---|---|--|
| A Autosuficiencia alimentaria | A1 Diversificación de la producción: Es sustentable si la producción alimentaria es diversificada y alcanza para satisfacer el nivel nutricional de la familia. | (4) > de 9 productos (3) de 7 a 9 (2) de 5 a 3 (1) de 3 a 2 productos (0) < de 2 productos. |
| | A2 Superficie de producción de autoconsumo: Es sustentable si la superficie destinada a la producción de alimentos para el consumo es adecuada con relación a los integrantes del grupo familiar. Se evalúa superficie de autoconsumo (has). | (4) > de 1 ha (3) 1 a 0.5 ha (2) 0.5-0.3 ha (1) 0.3-0.1 ha (0) < 0.1 ha. |
| B Ingreso neto mensual por grupo | B1 Ingreso medio mensual: Es sustentable si puede satisfacer las necesidades económicas del grupo familiar. Estos ingresos son evaluados en UM/mes. La UM es el nuevo sol (PEN). | (4) > de 3400 (3) 2550-3400 (2) 1700-2550 (1) 850-1700 (0) < de 850. |
| | B2 Nivel tecnológico. Un mayor aporte al valor de la producción lo proporciona el uso apropiado de recursos tecnológicos (mano de obra asalariada, mecanización, fertilización balanceada, MIP, asistencia técnica, etc.) | (4) > 6 recursos tecnológicos (3) 4-5 recursos tecnológicos (2) 2-3 recursos tecnológicos (1) 1-2 recursos tecnológicos (0) ningún recurso tecnológico |
| C Riesgo Económico | C1 Diversificación para la venta. Es sustentable si el productor puede comercializar más de 1 producto agrícola o pecuario distinto, ya que si sufriera alguna pérdida o daño del mismo, podría compensarlo con los demás productos que vende. | (4) > 6 productos en la finca (3) 5 a 4 productos (2) 3 productos (1) 2 productos. (0) 1 producto |
| | C2 Número de canales de comercialización. La diversificación comercial disminuye el riesgo económico. | (4) > 5 canales (3) 4 canales (2) 3 canales (1) 2 canales (0) 1 canal |
| | C3 Dependencia de insumos externos. Una alta dependencia no es sustentable. | (4) 0 a 20% (3) 20 a 40 % (2) 40 a 60% (1) 60 a 80% (0) 80 a 100 % |
| | C4 Variabilidad en fechas de siembra de papa. Las siembras demasiado tardías aumentan el riesgo económico al afectar la tuberización por las altas temperaturas de primavera, sobretodo en variedades tardías. | (4) Semana 20-16 (3) Semana 25-21 (2) Semana 30-26 (1) Semana 35-31 (0) Semana 40-36 |

ANEXO 3: Indicadores de sustentabilidad ambiental en fincas de papa en la Región Lima

| Indicadores | Sub-Indicadores | Escala |
|--|---|---|
| <p>A Conservación de la vida del suelo</p> | <p>A1 Rotación de cultivos.</p> | <p>(4) Rota los cultivos todos los años/ Deja descansar un año el lote/ incorpora leguminosas o abonos verdes (3) Rota todos los años. No deja descansar el suelo. (2) Rota cada 2 o 3 años (1) Realiza rotaciones eventualmente (0) No realiza rotaciones.</p> |
| | <p>A2 Diversificación de cultivos</p> | <p>(4) Establecimiento totalmente diversificado, con asociaciones de cultivos y con vegetación natural (3) Alta diversificación de cultivos, con asociación media entre ellos (2) Diversificación media, con muy bajo nivel de asociación entre ellos (1) Poca diversificación de cultivos, sin asociaciones (0) Monocultivo.</p> |
| <p>B Riesgo de erosión.</p> | <p>B1 Cobertura vegetal. La cobertura y cortinas rompevientos le proveen al suelo una protección contra los agentes climáticos y el riesgo de erosión.</p> | <p>(4) 75-100 % de cobertura con cercos vivos (3) 50 a 75 % (2) 25 a 50 % (1) 10 a 25 % (0) Sin cobertura</p> |
| | <p>B2 Tipo de Suelo. La percepción del agricultor con respecto al tipo de suelo en el que cultiva productos agrícolas</p> | <p>(4) Suelo muy adecuado para cultivos (3) Suelo adecuado para cultivos (2) Suelo intermedio (1) Suelo inadecuado para cultivos (0) Suelo muy inadecuado para cultivos</p> |
| | <p>B3 Materia Orgánica aplicada al suelo. La misma le provee una protección contra pérdida debido a mal manejo del riego, mejorando su estructura</p> | <p>(4) Más de 15 t/ha aplicados por campaña (3) 10-15 t (2) 5-10 t (1) 1-5 t (0) 0 t</p> |
| <p>C Manejo de la Biodiversidad</p> | <p>C1 Biodiversidad temporal. Las rotaciones de cultivos en los predios, aumentan la diversidad en el tiempo.</p> | <p>(4) Rota todos los años, deja descansar un año el potrero o incorpora leguminosas o abonos verdes (3) Rota todos los años, no deja descansar el suelo (2) Rota cada 2 o 3 años (1) Realiza rotaciones eventualmente (0) No usa rotaciones.</p> |

| | | |
|--|---|---|
| | <p>C2 Biodiversidad espacial. Diversidad de cultivos en el espacio.</p> | <p>(4) Establecimiento totalmente diversificado, con asociaciones entre cultivos y vegetación natural</p> <p>(3) Alta diversificación de cultivos, con media asociación entre cultivos</p> <p>(2) Diversificación media, con muy bajo nivel de asociación entre ellos</p> <p>(1) Poca diversificación de cultivos, uso de diversas variedades de papa</p> <p>(0) Monocultivo.</p> |
| | <p>C3 Biodiversidad en variedades de papa Reduce el riesgo del cultivo al promover la diversidad intra-específica</p> | <p>4) Establecimiento totalmente diversificado, más de 4 variedades de papa</p> <p>(3) Alta diversificación de variedades de papa con al menos 4 cultivares sembrados</p> <p>(2) Diversificación media, con 3 variedades de papa</p> <p>(1) Poca diversificación del cultivo con al menos 2 variedades de papa en distintas épocas de siembra</p> <p>(0) Monocultivo, una sola variedad de papa</p> |
| | <p>C4 Vulnerabilidad frente a estreses bióticos. El grado de incidencia de plagas y enfermedades hace más vulnerable el cultivo, incrementando el riesgo ambiental</p> | <p>(4) 0 a 20%</p> <p>(3) 20 a 40 %</p> <p>(2) 40 a 60%</p> <p>(1) 60 a 80%</p> <p>(0) 80 a 100 %</p> |

ANEXO 4. Dimensiones de la sustentabilidad y valoración de los indicadores evaluados en las fincas productoras de papa (Lima, 2014)

| Dimensión de Sustentabilidad | Indicadores | Valoración y ponderación de los sub-indicadores de sustentabilidad |
|-------------------------------------|---|---|
| Sociocultural | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Satisfacción de necesidades del productor, ✓ Calidad de vida, ✓ Grado de integración social, ✓ Nivel de conciencia y conocimiento amb. | <p>IS= 0.25 [(A1)+(A2)+(A3)+(A4)/4] + 0.25 [(B1)] + 0.25 [(C1)] + 0.25 (D1)]</p> <p>(A1) Vivienda (A2) Acceso a la educación (A3) Acceso a salud y cobertura sanitaria (A4) Servicios básicos (B1) Aceptabilidad del sistema de producción (C1) Integración social (D1) Conocimiento y conciencia ecológica</p> |
| Económica | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Autosuficiencia alimentaria, ✓ Ingreso neto mensual, ✓ Riesgo económico. | <p>IK = [0.15(A1)+0.10 (A2)] + [0.10(B1)+0.10(B2)] + [0.10(C1)+0.10(C2) +0.10 (C3) + 0.20(C4)]</p> <p>(A1) Diversificación de la producción (A2) Superficie para autoconsumo (huerta familiar) (B1) Ingreso neto mensual por familia (B2) Nivel tecnológico del productor (C1) Diversificación para la venta (C2) Número de canales de comercialización (C3) Dependencia de insumos externos (C4) Variabilidad en fechas de siembra de papa</p> |
| Ambiental | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Conservación de la vida en el suelo, ✓ Riesgo de erosión, ✓ Manejo de la agro biodiversidad. | <p>IA= [0.15(A1)+0.15 (A2)] + [0.05 (B1)+0.10(B2)+ 0.15(B3)] + [0.10(C1)+0.10(C2)+0.10(C3)+0.10 (C4)]</p> <p>(A1) Rotación de cultivos (A2) Diversificación de cultivos (B1) Cobertura vegetal (B2) Tipo de suelo (B3) Materia orgánica (C1) Biodiversidad temporal (C2) Biodiversidad espacial (C3) Biodiversidad en variedades de papa (C4) Incidencia de estreses abióticos</p> |
| Índice General de Sustentabilidad | | 1/3 IS + 1/3 IK + 1/3 IA |

ANEXO 5. Región Lima: Intención de siembra de papa para la campaña 2015-2016

| Provincia | Superficie estimada (ha) | % |
|------------------|---------------------------------|---------------|
| Barranca | 1 940 | 31.23 |
| Huaral | 1 526 | 24.57 |
| Cañete | 952 | 15.33 |
| Otras prov. | 1 793 | 28.86 |
| Total | 6 211 | 100.00 |

Fuente: Elaboración propia, basada en MINAGRI (2015)

ANEXO 6. Región Lima: Análisis de caracterización de suelos en provincias productoras de papa, 2014

| Provincia | n predios | CE dS/m | Textura | pH | CaCO3 % | M.O % | P ppm | K ppm | CIC | PSI % | Fe ppm |
|------------------|------------------|----------------|----------------|-----------|----------------|--------------|--------------|--------------|------------|--------------|---------------|
| Barranca | 18 | 0.91 | Fr.A | 7.65 | 1.86 | 0.83 | 7.41 | 126 | 7.71 | 9.58 | 26.50 |
| Cañete | 14 | 1.85 | Fr.A | 7.67 | 2.14 | 0.85 | 8.99 | 200 | 11.27 | 3.16 | 34.10 |
| Huaral | 22 | 1.18 | Fr.A | 7.72 | 1.66 | 0.75 | 11.93 | 196 | 8.41 | 3.58 | 32.73 |
| Media | | 1.27 | | 7.68 | 1.86 | 0.80 | 9.61 | 173.3 | 8.94 | 5.86 | 30.66 |
| DE | | 1.25 | | 0.49 | 3.21 | 0.43 | 9.00 | 104.1 | 4.29 | 5.26 | 5.48 |

Elaboración propia. Fuente: Laboratorio de Suelos y Fertilizantes (UNALM).

ANEXO 7. Provincia Barranca: Análisis de caracterización de suelos en provincias productoras de papa, 2014

| No. | Localidad/ Distrito | CE dS/m | Textura | pH | CaCO3 % | M.O % | P ppm | K ppm | CIC | PSI % | N % | Fe ppm |
|-----|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| 1 | Paramonga | 0.91 | Fr.Ar | 7.37 | 0.0 | 1.06 | 1.30 | 71 | 13.3 | 1.90 | 0.09 | |
| 2 | Paramonga | 1.14 | A.Fr | 8.95 | 0.4 | 0.31 | 3.30 | 119 | 3.2 | 20.65 | | |
| 3 | Barranca | 0.38 | A | 7.80 | 4.8 | 0.31 | 15.70 | 206 | 2.7 | 6.39 | | |
| 4 | SantaBarbara | 0.83 | Fr.A | 7.36 | 0.0 | 1.11 | 30.30 | 229 | 4.3 | 13.89 | 0.06 | |
| 5 | Paramonga | 0.72 | Fr. | 8.14 | 1.2 | 1.66 | 5.80 | 85 | 13.9 | 5.06 | | |
| 6 | Paramonga | 0.74 | Fr. | 7.99 | 0.0 | 1.12 | 3.90 | 72 | 12.8 | - | | |
| 7 | Barranca | 2.62 | Fr. | 6.82 | 0.0 | 0.94 | 10.70 | 202 | 12.8 | - | | |
| 8 | El Pedregal | 1.03 | A.Fr | 6.70 | 0.3 | 1.06 | 28.50 | 217 | 9.3 | - | | |
| 9 | Supe | 1.08 | Fr.A | 7.74 | 1.6 | 0.36 | 4.40 | 131 | 7.2 | - | | |
| 10 | Supe | 0.28 | Fr.A | 8.25 | 2.3 | 1.32 | 1.70 | 57 | 6.4 | - | | |
| 11 | Supe | 0.25 | Fr.A | 7.86 | 0.5 | 1.03 | 1.20 | 42 | 9.6 | - | | |
| 12 | Araya Grand | 1.77 | Fr.A | 7.77 | 1.3 | 0.68 | 2.90 | 493 | 5.6 | - | | |
| 13 | Supe | 0.20 | A. | 7.62 | 1.1 | 0.14 | 1.30 | 27 | 2.40 | - | | |
| 14 | Paramonga | 1.64 | Fr. | 7.71 | 0.5 | 1 | 2.20 | 63 | 9.92 | - | | |
| 15 | Barranca | 0.32 | Fr.A | 7.94 | 2.4 | 0.39 | 6.80 | 72 | 5.12 | - | | |
| 16 | Caral | 0.15 | Fr.A | 6.20 | 0.0 | 0.79 | 3.70 | 66 | 9.60 | - | | |
| 17 | Paramonga | 0.19 | Fr.A | 7.18 | 0.0 | 0.51 | 4.50 | 54 | 4.80 | - | | |
| 18 | Supe | 2.12 | Fr.A | 8.24 | 17.0 | 1.13 | 5.10 | 55 | 5.76 | - | | 26.5 |
| | Media | 0.91 | Fr.A | 7.65 | 1.86 | 0.83 | 7.41 | 126 | 7.71 | 9.58 | 0.08 | 26.50 |

Elaboración propia. Fuente: Laboratorio de Suelos y Fertilizantes (UNALM).

ANEXO 8. Provincia Cañete: Análisis de caracterización de suelos en provincias productoras de papa, 2014

| No. | Localidad/ Distrito | CE dS/m | Textura | pH | CaCO3 % | M.O % | P ppm | K ppm | CIC | PSI % | Fe ppm |
|-----|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|--------------|-------------|--------------|
| 1 | Asia | 2.17 | Fr.A | 7.77 | 1.4 | 0.42 | 5.40 | 126 | 5.6 | 3.11 | 34.1 |
| 2 | Imperial | 1.84 | Fr.A | 7.75 | 1.7 | 0.86 | 6.30 | 182 | 8.6 | 2.31 | |
| 3 | San Vicente | 5.79 | Fr.A | 7.79 | 5.8 | 0.71 | 9.00 | 278 | 8.8 | 4.05 | |
| 4 | Coayllo | 1.88 | Fr.A | 8.02 | 0.0 | 0.26 | 4.90 | 231 | 8.0 | - | |
| 5 | Quilmana | 1.46 | Fr.Ar | 8.09 | 0.8 | 1.1 | 10.50 | 280 | 17.9 | - | |
| 6 | N.Imperial | 0.75 | Fr.A | 7.55 | 1.2 | 0.49 | 6.10 | 129 | 8.8 | - | |
| 7 | S.Vicente | 1.83 | Fr.A | 7.28 | 0.5 | 0.55 | 12.30 | 283 | 10.40 | - | |
| 8 | Imperial | 3.12 | Fr.A | 6.71 | 0.0 | 1.07 | 20.50 | 325 | 14.80 | - | |
| 9 | S.Vicente | 1.43 | Fr. | 7.92 | 15.5 | 2.2 | 17.20 | 172 | 17.60 | - | |
| 10 | S.Vicente | 1.88 | Fr.Ar | 7.87 | 2.0 | 0.62 | 7.00 | 134 | 11.84 | - | |
| 11 | S.Vicente | 0.49 | Fr. | 7.90 | 0.0 | 1.4 | 8.20 | 155 | 17.60 | - | |
| 12 | S.Vicente | 0.29 | Fr.A | 7.74 | 0.0 | 0.56 | 0.60 | 129 | 9.16 | - | |
| 13 | Quilmana | 1.17 | Fr.A | 7.61 | 0.0 | 0.79 | 9.3 | 159 | 8.00 | - | |
| 14 | N.Imperial | 1.84 | Fr. | 7.41 | 1.0 | 0.82 | 8.60 | 216 | 10.56 | - | |
| | Media | 1.85 | Fr.A | 7.67 | 2.14 | 0.85 | 8.99 | 200 | 11.27 | 3.16 | 34.10 |

Elaboración propia. Fuente: Laboratorio de Suelos y Fertilizantes (UNALM).

ANEXO 9. Provincia de Huaral: Análisis de caracterización de suelos en provincias productoras de papa, 2014

| No. | Localidad/ Distrito | CE dS/m | Textura | pH | CaCO3 % | M.O % | P ppm | K ppm | CIC | PSI % | Fe ppm |
|--------------|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|------------|-------------|-------------|--------------|
| 1 | Palpa | 1.18 | Fr. | 7.57 | 0.0 | 0.73 | 8.30 | 273 | 13.3 | 1.18 | |
| 2 | Chancay | 0.33 | Fr.A | 8.07 | 1.9 | 1.33 | 8.90 | 67 | 6.4 | 1.49 | 25.9 |
| 3 | Huaral | 0.13 | A | 8.49 | 3.4 | 0.48 | 3.90 | 78 | 3.2 | 4.89 | |
| 4 | Huaral | 0.78 | Fr. | 8.10 | 0.8 | 0.47 | 2.80 | 183 | 10.9 | - | |
| 5 | Huaral | 0.17 | Fr. | 7.20 | 0.0 | 0.44 | 3.90 | 72 | 12.8 | - | |
| 6 | Aucallama | 1.10 | A. | 7.50 | 2.3 | 0.23 | 37.80 | 276 | 3.2 | 5.16 | |
| 7 | Huaral | 0.76 | Fr.Ar | 6.57 | 0.3 | 1.31 | 11.40 | 196 | 17.3 | - | |
| 8 | Huaral | 0.32 | Fr.A | 7.45 | 0.4 | 0.68 | 7.00 | 86 | 10.6 | - | |
| 9 | Chancay | 2.82 | Fr.Ar | 7.89 | 6.8 | 0.88 | 2.50 | 63 | 16.5 | - | |
| 10 | Huaral | 0.96 | Fr.Ar.A | 8.16 | 3.9 | 1.7 | 16.20 | 470 | 12.0 | - | |
| 11 | Palpa | 0.61 | Fr. | 7.85 | 0.0 | 0.54 | 5.80 | 133 | 12.32 | - | |
| 12 | Caqui | 1.25 | Fr.A | 8.07 | 1.4 | 0.56 | 5.00 | 198 | 8.64 | - | 31.5 |
| 13 | Saume | 0.54 | Fr.A | 8.28 | 0.8 | 0.62 | 6.60 | 297 | 6.08 | - | |
| 14 | Huando | 0.33 | Fr.A | 7.73 | 0.0 | 1.26 | 19.60 | 108 | 5.44 | - | |
| 15 | Huaral | 1.64 | Fr.A | 7.30 | 0.9 | 1.53 | 26.30 | 234 | 8.32 | - | 40.9 |
| 16 | Chancay | 1.04 | A.Fr | 7.89 | 5.5 | 0.22 | 10.40 | 64 | 4.80 | - | 25.8 |
| 17 | Huaral | 0.09 | A. | 7.78 | 0.0 | 0.22 | 5.1 | 102 | 2.08 | - | |
| 18 | Huaral | 0.88 | Fr.A | 6.76 | 0.8 | 0.97 | 28.85 | 255 | 9.60 | - | |
| 19 | Chancay | 0.41 | A. | 7.94 | 3.0 | 0.8 | 1.10 | 302 | 3.20 | - | |
| 20 | Aucallama | 2.59 | Fr. | 7.84 | 0.0 | 1.05 | 5.70 | 275 | 11.20 | - | |
| 21 | Aucallama | 1.10 | A | 7.50 | 2.3 | 0.23 | 37.80 | 276 | 3.20 | 5.16 | |
| 22 | Huacho | 6.95 | A. | 7.86 | 2.1 | 0.3 | 7.40 | 310 | 4.0 | - | |
| Media | | 1.18 | Fr.A | 7.72 | 1.66 | 0.75 | 11.93 | 196 | 8.41 | 3.58 | 32.73 |

Elaboración propia. Fuente: Laboratorio de Suelos y Fertilizantes (UNALM).

ANEXO 10: Tendencia de las temperaturas medias mensuales en el Perú, 2007-2015

| A/M | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1997 | 20.01 | 19.74 | 20.07 | 20.31 | 20.21 | 19.88 | 19.41 | 18.96 | 20.07 | 20.61 | 20.56 | 21.03 |
| 1998 | 21.51 | 21.52 | 21.74 | 21.48 | 20.40 | 19.07 | 19.11 | 19.62 | 19.58 | 20.04 | 20.17 | 20.27 |
| 1999 | 19.90 | 19.99 | 20.02 | 19.46 | 18.75 | 18.44 | 18.00 | 18.58 | 19.21 | 19.65 | 20.04 | 19.91 |
| 2000 | 19.85 | 19.83 | 19.56 | 19.73 | 19.44 | 18.73 | 17.80 | 19.16 | 19.51 | 20.03 | 20.57 | 20.11 |
| 2001 | 19.81 | 20.33 | 19.89 | 20.01 | 18.91 | 17.69 | 18.04 | 18.73 | 19.15 | 19.75 | 20.24 | 19.97 |
| 2002 | 20.21 | 20.26 | 20.40 | 20.34 | 19.71 | 18.47 | 17.86 | 18.97 | 19.66 | 20.03 | 20.22 | 20.45 |
| 2003 | 20.75 | 20.67 | 20.77 | 19.81 | 19.21 | 18.66 | 18.33 | 17.89 | 19.34 | 20.19 | 20.63 | 20.31 |
| 2004 | 20.59 | 20.44 | 20.51 | 20.24 | 19.03 | 18.03 | 17.98 | 18.58 | 19.41 | 20.44 | 20.74 | 20.52 |
| 2005 | 21.08 | 20.37 | 20.33 | 20.15 | 19.69 | 18.71 | 18.08 | 19.09 | 19.15 | 19.44 | 19.51 | 19.21 |
| 2006 | 20.15 | 20.02 | 20.49 | 19.74 | 18.86 | 18.84 | 18.84 | 18.91 | 19.73 | 19.93 | 20.22 | 20.13 |
| 2007 | 20.79 | 20.44 | 19.91 | 19.91 | 18.64 | 18.05 | 17.89 | 18.34 | 18.89 | 19.13 | 19.67 | 19.50 |
| 2008 | 19.84 | 19.94 | 19.90 | 19.55 | 18.53 | 18.04 | 18.59 | 19.43 | 19.36 | 19.78 | 20.19 | 20.07 |
| 2009 | 19.93 | 20.14 | 20.00 | 20.39 | 19.48 | 18.60 | 18.90 | 19.33 | 19.82 | 20.31 | 20.85 | 20.51 |
| 2010 | 21.06 | 21.12 | 20.92 | 20.73 | 19.74 | 18.90 | 17.94 | 18.87 | 19.61 | 19.86 | 20.00 | 19.78 |
| 2011 | 20.20 | 19.73 | 19.58 | 19.73 | 19.43 | 19.22 | 18.60 | 19.06 | 19.30 | 19.56 | 20.29 | 19.66 |
| 2012 | 19.86 | 19.73 | 19.87 | 20.04 | 19.73 | 19.00 | 18.94 | 19.14 | 19.71 | 20.11 | 20.56 | 19.95 |
| 2013 | 20.29 | 20.18 | 20.16 | 19.71 | 19.42 | 18.52 | 17.81 | 18.21 | 19.55 | 19.69 | 19.93 | 20.23 |
| 2014 | 20.24 | 20.06 | 19.91 | 19.79 | 19.94 | 19.45 | 18.44 | 18.77 | 19.63 | 19.95 | 20.40 | 20.11 |
| 2015 | 19.87 | 20.51 | 20.25 | 20.02 | 20.10 | 19.76 | 19.07 | 20.20 | 20.81 | 20.80 | 21.07 | 20.78 |

Elaboración propia.

Fuente: Banco Mundial. http://sdwebx.worldbank.org/climateportal/index.cfm?page=downscaled_data_download&menu=historical

ANEXO 11. Pruebas no paramétricas de homogeneidad de Kruskal-Wallis en la región
Lima: Acceso a Servicios Básicos.

| VARIABLE | PROVINCIA | N | MEDIAS | DE | MEDIANAS | H | P |
|---------------------|-----------|----|--------|------|----------|--------|-----------|
| Numero de Servicios | Barranca | 67 | 5.0 | 1.27 | 5.0 | 3.4097 | 0.1685 NS |
| | Cañete | 16 | 5.4 | 1.45 | 5.5 | | |
| | Huaral | 44 | 5.6 | 1.62 | 6.0 | | |

| VARIABLE | PROVINCIA | N | MEDIAS | DE | MEDIANAS | H | P |
|---------------------|-----------|----|--------|------|----------|--------|----------|
| Acceso a Hospitales | Barranca | 57 | 0.05 | 0.23 | 0.0 | 1.8101 | 0.0482 * |
| | Cañete | 15 | 0.07 | 0.26 | 0.0 | | |
| | Huaral | 44 | 0.20 | 0.41 | 0.0 | | |

| | PROVINCIA | N | MEDIAS | DE | MEDIANAS | H | P |
|--------------------------|-----------|----|--------|------|----------|--------|----------|
| Acceso a Postas de Salud | Barranca | 57 | 0.91 | 0.29 | 1.0 | 8.7521 | 0.0003 * |
| | Cañete | 16 | 0.75 | 0.45 | 1.0 | | |
| | Huaral | 44 | 0.57 | 0.50 | 1.0 | | |

| VARIABLE | PROVINCIA | N | MEDIAS | DE | MEDIANAS | H | P |
|-------------------|-----------|----|--------|------|----------|--------|-----------|
| Acceso a Colegios | Barranca | 57 | 0.74 | 0.44 | 1.0 | 0.5807 | 0.6144 NS |
| | Cañete | 16 | 0.63 | 0.50 | 1.0 | | |
| | Huaral | 44 | 0.75 | 0.44 | 1.0 | | |

| VARIABLE | PROVINCIA | N | MEDIAS | DE | MEDIANAS | H | P |
|-------------------|-----------|----|--------|------|----------|--------|-----------|
| Acceso a Escuelas | Barranca | 57 | 0.72 | 0.45 | 1.0 | 2.3636 | 0.1323 NS |
| | Cañete | 16 | 0.94 | 0.25 | 1.0 | | |
| | Huaral | 44 | 0.68 | 0.47 | 1.0 | | |

| VARIABLE | PROVINCIA | N | MEDIAS | DE | MEDIANAS | H | P |
|-----------------------|-----------|----|--------|------|----------|--------|-----------|
| Servicios de Telefono | Barranca | 67 | 0.67 | 0.47 | 1.0 | 1.1857 | 0.4284 NS |
| | Cañete | 16 | 0.50 | 0.52 | 0.5 | | |
| | Huaral | 44 | 0.61 | 0.49 | 1.0 | | |

| VARIABLE | PROVINCIA | N | MEDIAS | DE | MEDIANAS | H | P |
|----------------------|-----------|----|--------|------|----------|--------|----------|
| Servicios de Desague | Barranca | 67 | 0.55 | 0.50 | 1.0 | 4.7391 | 0.0306 * |
| | Cañete | 16 | 0.69 | 0.48 | 1.0 | | |
| | Huaral | 44 | 0.80 | 0.41 | 1.0 | | |

| VARIABLE | PROVINCIA | N | MEDIAS | DE | MEDIANAS | H | P |
|-----------------|-----------|----|--------|------|----------|-------|-----------|
| Servicio de Luz | Barranca | 67 | 0.99 | 0.12 | 1.0 | 0.021 | 0.6391 NS |
| | Cañete | 16 | 1.00 | 0.00 | 1.0 | | |
| | Huaral | 44 | 1.00 | 0.00 | 1.0 | | |

| VARIABLE | PROVINCIA | N | MEDIAS | DE | MEDIANAS | H | P |
|---------------------------|-----------|----|--------|------|----------|--------|----------|
| Servicios de Agua potable | Barranca | 67 | 0.81 | 0.40 | 1.0 | 2.3198 | 0.0299 * |
| | Cañete | 16 | 0.88 | 0.34 | 1.0 | | |
| | Huaral | 44 | 0.98 | 0.15 | 1.0 | | |

ANEXO 12. Pruebas no paramétricas de homogeneidad de Kruskal-Wallis en la región Lima: dimensión sociocultural del sistema de producción de papa.

| Variable | Provincia | N | Medias | DE | Medianas | H | P |
|-------------------|------------------|----------|---------------|-----------|-----------------|----------|-----------|
| Tamaño de Familia | Barranca | 62 | 4.40 | 1.46 | 4.0 | 1.4565 | 0.4644 NS |
| | Cañete | 11 | 4.82 | 1.66 | 5.0 | | |
| | Huaral | 41 | 4.63 | 1.30 | 5.0 | | |

| Variable | Provincia | N | Medias | DE | Medianas | H | P |
|----------------------|------------------|----------|---------------|-----------|-----------------|----------|-----------|
| Nivel de Instrucción | Barranca | 66 | 2.67 | 0.77 | 3.0 | 1.7966 | 0.3259 NS |
| | Cañete | 16 | 2.88 | 0.62 | 3.0 | | |
| | Huaral | 44 | 2.86 | 0.80 | 3.0 | | |

| Variable | Provincia | N | Medias | DE | Medianas | H | P |
|--------------------|------------------|----------|---------------|-----------|-----------------|----------|-----------|
| Actividad Ganadera | Barranca | 67 | 0.48 | 0.50 | 0.0 | 2.0124 | 0.2588 NS |
| | Cañete | 16 | 0.56 | 0.51 | 1.0 | | |
| | Huaral | 44 | 0.64 | 0.49 | 1.0 | | |

| Variable | Provincia | N | Medias | DE | Medianas | H | P |
|-----------------------------------|------------------|----------|---------------|-----------|-----------------|----------|-----------|
| Pertenencia a Organización Social | Barranca | 67 | 0.73 | 0.59 | 1.0 | 1.7728 | 0.2991 NS |
| | Cañete | 16 | 0.56 | 0.51 | 1.0 | | |
| | Huaral | 44 | 0.82 | 0.54 | 1.0 | | |

| Variable | Provincia | N | Medias | DE | Medianas | H | P |
|-----------------------|------------------|----------|---------------|-----------|-----------------|----------|----------|
| Titulación del Predio | Barranca | 67 | 0.67 | 0.47 | 1.0 | 11.2539 | 0.0005 * |
| | Cañete | 16 | 0.56 | 0.51 | 1.0 | | |
| | Huaral | 44 | 0.30 | 0.46 | 0.0 | | |

| Variable | Provincia | N | Medias | DE | Medianas | H | P |
|-----------------------------|------------------|----------|---------------|-----------|-----------------|----------|----------|
| Área total del Predio (has) | Barranca | 66 | 6.21 | 4.10 | 5.0 | 2.5906 | 0.27 NS |
| | Cañete | 16 | 5.12 | 4.27 | 3.8 | | |
| | Huaral | 44 | 8.64 | 10.78 | 5.0 | | |

| Variable | Provincia | N | Medias | DE | Medianas | H | P |
|---------------------|------------------|----------|---------------|-----------|-----------------|----------|-----------|
| Lugar de Residencia | Barranca | 65 | 0.9 | 0.62 | 1.0 | 0.9067 | 0.5599 NS |
| | Cañete | 16 | 0.9 | 0.62 | 1.0 | | |
| | Huaral | 44 | 1.0 | 0.70 | 1.0 | | |

| Variable | Provincia | N | Medias | DE | Medianas | H | P |
|-----------------|------------------|----------|---------------|-----------|-----------------|----------|-----------|
| Tipo de Casa | Barranca | 21 | 3.14 | 0.96 | 3.0 | 1.06 | 0.5368 NS |
| | Cañete | 8 | 3.00 | 0.93 | 3.0 | | |
| | Huaral | 43 | 3.33 | 0.84 | 4.0 | | |

ANEXO 13. Pruebas no paramétricas de homogeneidad de Kruskal-Wallis en la región Lima:
dimensión económica del sistema de producción de papa

| Variable | Provincia | N | Medias | DE | Medianas | H | P | |
|-----------------------------------|-----------|----|--------|------|----------|--------|--------|----|
| Rendimiento t ha ⁻¹ | Barranca | 67 | 28.25 | 5.26 | 28.0 | 4.8892 | 0.0841 | NS |
| | Cañete | 15 | 24.40 | 6.52 | 20.0 | | | |
| | Huaral | 43 | 27.10 | 5.13 | 28.0 | | | |

| Variable | Provincia | N | Medias | DE | Medianas | H | P | |
|--|-----------|----|--------|------|----------|--------|-------|---|
| Costo de producción PEN ha ⁻¹ | Barranca | 67 | 19067 | 3543 | 19000 | 63.487 | 0.000 | * |
| | Cañete | 14 | 10000 | 2449 | 9500 | | | |
| | Huaral | 44 | 13625 | 3133 | 14000 | | | |

| Variable | Provincia | N | Medias | DE | Medianas | H | P | |
|----------------------------------|-----------|----|--------|------|----------|---------|--------|---|
| Fecha de Siembra (semanas) | Barranca | 64 | 28.3 | 4.20 | 28.0 | 10.6667 | 0.0046 | * |
| | Cañete | 13 | 29.3 | 4.39 | 29.0 | | | |
| | Huaral | 36 | 25.8 | 2.59 | 26.0 | | | |

| Variable | Provincia | N | Medias | DE | Medianas | H | P | |
|--------------------|-----------|----|--------|------|----------|--------|--------|---|
| Área papa (has) | Barranca | 67 | 5.02 | 3.54 | 4.0 | 8.6444 | 0.0125 | * |
| | Cañete | 16 | 3.40 | 3.42 | 2.5 | | | |
| | Huaral | 33 | 5.58 | 7.24 | 4.0 | | | |

| Variable | Provincia | N | Medias | DE | Medianas | H | P | |
|---|-----------|----|--------|------|----------|--------|--------|----|
| Precio en chacra PEN kg ⁻¹ | Barranca | 66 | 0.78 | 0.18 | 0.8 | 4.7684 | 0.0895 | NS |
| | Cañete | 15 | 0.80 | 0.23 | 0.8 | | | |
| | Huaral | 40 | 0.93 | 0.33 | 0.9 | | | |

| Variable | Provincia | N | Medias | DE | Medianas | H | P | |
|-----------------------|-----------|----|--------|------|----------|-------|--------|----|
| Número de Mercados | Barranca | 67 | 1.00 | 0.00 | 1.0 | 0.431 | 0.0966 | NS |
| | Cañete | 16 | 1.06 | 0.25 | 1.0 | | | |
| | Huaral | 43 | 1.07 | 0.26 | 1.0 | | | |

| Variable | Provincia | N | Medias | DE | Medianas | H | P | |
|--|-----------|----|--------|------|----------|--------|-------|---|
| Número de canales comercializac. | Barranca | 67 | 1.03 | 0.17 | 1 | 2.9686 | 0.007 | * |
| | Cañete | 16 | 1.19 | 0.40 | 1 | | | |
| | Huaral | 42 | 1.26 | 0.54 | 1 | | | |

| Variable | Provincia | N | Medias | DE | Medianas | H | P | |
|--|-----------|----|--------|------|----------|--------|--------|----|
| Número de agroquímicos aplicados | Barranca | 58 | 4.86 | 1.55 | 4 | 2.3572 | 0.2885 | NS |
| | Cañete | 15 | 4.27 | 1.67 | 4 | | | |
| | Huaral | 42 | 4.50 | 1.60 | 4 | | | |

ANEXO 14. Pruebas no paramétricas de homogeneidad de Kruskal-Wallis en la región Lima:
dimensión ambiental del sistema de producción de papa

| Variable | Provincia | N | Medias | De | Medianas | H | P |
|---------------------------------------|------------------|----------|---------------|-----------|-----------------|----------|-----------|
| ConcEcolog | Barranca | 67 | 0.73 | 0.66 | 1.0 | 1.2542 | 0.4585 NS |
| | Cañete | 16 | 0.75 | 0.77 | 1.0 | | |
| | Huaral | 44 | 0.91 | 0.74 | 1.0 | | |
| Variable | Provincia | N | Medias | De | Medianas | H | P |
| M.Organica | Barranca | 19 | 7.66 | 9.31 | 4.0 | 1.269 | 0.5268 NS |
| | Cañete | 10 | 10.60 | 8.28 | 11.0 | | |
| | Huaral | 3 | 11.67 | 8.50 | 15.0 | | |
| Variable | Provincia | N | Medias | De | Medianas | H | P |
| Numero de enfermedades | Barranca | 67 | 1.16 | 0.54 | 1.0 | 2.2147 | 0.2049 NS |
| | Cañete | 16 | 0.88 | 0.62 | 1.0 | | |
| | Huaral | 44 | 1.16 | 0.64 | 1.0 | | |
| Variable | Provincia | N | Medias | De | Medianas | H | P |
| Numero de Plagas | Barranca | 67 | 2.18 | 0.90 | 2.0 | 0.7876 | 0.6357 NS |
| | Cañete | 16 | 2.31 | 0.87 | 3.0 | | |
| | Huaral | 44 | 2.14 | 0.80 | 2.0 | | |
| Variable | Provincia | N | Medias | De | Medianas | H | P |
| Calidad del suelo (0-4) | Barranca | 63 | 2.51 | 0.54 | 2.0 | 3.7882 | 0.0908 NS |
| | Cañete | 16 | 2.63 | 0.50 | 3 | | |
| | Huaral | 29 | 2.21 | 0.73 | 2 | | |
| Variable | Provincia | N | Medias | De | Medianas | H | P |
| Nivel de satisfacción activ. agrícola | Barranca | 45 | 2.67 | 0.88 | 3 | 3.2569 | 0.1463 NS |
| | Cañete | 13 | 2.54 | 0.52 | 3 | | |
| | Huaral | 40 | 2.95 | 0.78 | 3 | | |
| Variable | Provincia | N | Medias | De | Medianas | H | P |
| % Cercos vivos | Barranca | 66 | 25.08 | 32.02 | 0 | 1.8351 | 0.3591 NS |
| | Cañete | 5 | 27.00 | 33.84 | 10 | | |
| | Huaral | 39 | 34.23 | 36.16 | 20 | | |

ANEXO 14A. Pruebas no paramétricas de homogeneidad de Kruskal-Wallis en la región
Lima: dimensión ambiental del sistema de producción de papa

| Variable | Provincia | N | Medias | De | Medianas | H | P |
|------------------------------|------------------|----------|---------------|-----------|-----------------|----------|----------|
| Número de variedades de papa | Barranca | 67 | 1.75 | 0.68 | 2 | 8.6654 | 0.0045 * |
| | Cañete | 13 | 1.31 | 0.63 | 1 | | |
| | Huaral | 43 | 1.40 | 0.62 | 1 | | |

| Variable | Provincia | N | Medias | De | Medianas | H | P |
|---------------------------------|------------------|----------|---------------|-----------|-----------------|----------|----------|
| Diversidad Espacial (grado 0-4) | Barranca | 67 | 0.58 | 0.50 | 1 | 1.5608 | 0.367 NS |
| | Cañete | 16 | 0.38 | 0.50 | 0 | | |
| | Huaral | 42 | 0.62 | 0.70 | 0.5 | | |

| Variable | Provincia | N | Medias | De | Medianas | H | P |
|----------------------|------------------|----------|---------------|-----------|-----------------|----------|----------|
| Área de huerta (has) | Barranca | 64 | 0.04 | 0.15 | 0 | 5.8737 | 0.0037 * |
| | Cañete | 16 | 0.09 | 0.17 | 0 | | |
| | Huaral | 29 | 0.15 | 0.25 | 0 | | |

| Variable | Provincia | N | Medias | De | Medianas | H | P |
|---|------------------|----------|---------------|-----------|-----------------|----------|----------|
| Número de cultivos/crianzas en la finca | Barranca | 67 | 1.51 | 0.79 | 1.0 | 10.9256 | 0.0016 * |
| | Cañete | 16 | 2.75 | 2.82 | 1.5 | | |
| | Huaral | 43 | 2.14 | 1.06 | 2.0 | | |

ANEXO 15. Encuesta para el productor de papa en Costa

| | |
|---|--|
| No. Encuesta: | |
| Nombres y Apellidos del productor: | |
| Localidad (Anexo, zona, centro poblado, distrito, provincia): | |
| Coordenadas GPS: | |
| 1.- Sexo del responsable de la parcela: Hombre () Mujer () | |
| 2.- Edad del responsable de la parcela (años): | |
| 3.- Nivel de educación del responsable de la parcela | Ninguno 0 Inicial 1 Primaria 2 Secundaria 3 Universitario 4 Otros |
| 4.- Número de personas que viven en el hogar: | |
| 5.- En su casa usted tiene: Agua potable () Luz () Desagüe () Teléfono () | |
| 6.- Tipo de Vivienda: Material noble, buen acabado () Material noble, techo ligero () Adobe y piso cemento () Adobe y piso tierra () Cañas y madera, sin piso () | |
| 7.- En su pueblo usted tiene: Escuela () Colegio () Posta Médica () Hospital () Essalud () Clínica () | |
| 8.- Donde reside el responsable de la parcela: Chacra () Centro poblado () Ciudad () | |
| 9.- Número de hectáreas en propiedad o posesión | |
| 10.- Tiene título de propiedad: Si () No () | |
| 11.- Pertenece o participa en una organización de: Productores () Deportiva () Religiosa () Otra () _____ | |
| 12.- Cría animales : Si () No () Tipo: | |
| 13.- Que cultivos tiene actualmente : (1) (2) (3) | |
| 14.- Tiene otra actividad económica, además de la agricultura y crianza de animales: Si () No () | |
| 15.- Si realiza otra actividad (además de agricultura y crianza de animales), esta es: Artesanía () Pesca () Comercio () Otra () | |
| 16.- Área (hectáreas) sembrada con papa y fecha siembra: | has. FS: |
| 17.- Cuanto le cuesta mantener una hectárea de papa (S/.) | |
| 18.- Cuantas chacras de papa cultiva (incluida ésta): | |
| 19.- Que tipo de agricultura realiza: Convencional () Agro- Ecológica () | |
| 20.- Rendimiento de cultivo papa (t/ha): | |
| 21.- Rendimiento de cultivo rotación (t/ha): | |
| 22.- Conocimiento y Conciencia Ecológica: Ninguna, le es indiferente () Utiliza algunas prácticas de bajos insumos (M.O.) () Visión favorable de la ecología () No usa agroquímicos, usa prácticas conservacionistas () Conoce los fundamentos ecológicos, está capacitado () Observaciones: _____ | |

| | |
|--|--|
| 23.- Donde vende su producto: Chacra () Empresa com. () Pueblo () Lima () Exporta () Otro () | |
| 24.- Precio de venta de papa en la última campaña (S/. x kg) | |
| 25.- Para producir usted usa: Semilla certificada () Herbicidas () Fertilizantes () MO/Compost () Insecticidas () Fungicidas () Tractor () Otros _____ | |
| 26.- Plagas y enfermedades (escribir en la hoja en blanco si es necesario): Plagas y control: Enfermedades y control: Malezas y control: | |
| 27.- Cuantos canales de comercialización: 1 () 2 () 3 () 4 () 5 () | |
| 28.- Diversificación de la producción: Número de productos agrícolas en la finca () Número de productos pecuarios en la finca () Área de huerta familiar/autoconsumo-has. () | |
| 29.- Rotación de cultivos: No realiza rotaciones () Rota todos los años () Realiza rotaciones eventualmente () Barbecho () Realiza rotaciones cada 2 o 3 años () Incorpora abonos verdes () ROTACION: _____ | |
| 30.- Diversidad Espacial: Diversificación +, asociaciones + () Diversificación +, con ciertas asociaciones () Diversificación media, asociaciones - () Poca diversificación de cultivos () Monocultivo () Diversificación con variedades papa () Variedades papa: _____ Cercos vivos-coberturas: ()%, _____ | |
| 31.- Calidad del Suelo (evaluación visual) Pobre (0) Regular (1) Moderada (2) Adecuada (3) Buena (4) | |

Agradecer al agricultor y preguntar sobre el nivel de satisfacción que tiene con la actividad agrícola que realiza _____

NOMBRE ENTREVISTADOR: _____