

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
DOCTORADO EN AGRICULTURA SUSTENTABLE**



**SUSTENTABILIDAD DEL AGROECOSISTEMA DEL CULTIVO DE
ARROZ (*Oryza sativa* L.) EN TUMBES, PERÚ**

Presentada por:

FAUSTINO SANJINEZ SALAZAR

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

Lima – Perú

2019

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

DOCTORADO EN AGRICULTURA SUSTENTABLE

**SUSTENTABILIDAD DEL AGROECOSISTEMA DEL CULTIVO DE
ARROZ (*Oryza sativa* L.) EN TUMBES, PERÚ**

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

Presentada por:

FAUSTINO SANJINEZ SALAZAR

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Ph.D. Salomón Helfgott Lerner
PRESIDENTE

Dr. Alberto Julca Otiniano
ASESOR

Dr. Oscar Loli Figueroa
MIEMBRO

Ph.D. Julio Alegre Orihuela
MIEMBRO

Ph.D. Sergio Eduardo Contreras Liza
MIEMBRO EXTERNO

A Dios.

A Guillermo y Dolores, mis queridos padres, personas ejemplares, trabajadoras, incansables y batalladoras, que con mucha humildad, su gran amor e inquebrantable orientación en valores, permitieron forjar a ser un hombre de bien. Dedicación especial a Guillermo que desde el cielo, me acompaña y me guía abrir brechas para seguir adelante.

A Thalía, Nadia, Lolita y Sarella, mis queridas hijas, por su grandioso amor y comprensión

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Alberto M. Julca Otiniano, asesor de la tesis, por su inestimable contribución al trabajo de investigación, y por su paciencia durante el acompañamiento en el proceso de desarrollo del presente trabajo.

A los miembros del Comité Consejero, Ph.D. Salomón Helfgott Lerner, Dr. Oscar Loli Figueroa y Ph.D. Julio Alegre Orihuela, por las correcciones hechas al presente trabajo.

A mis compañeros de clase del doctorado en Agricultura Sustentable de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Agraria La Molina, por los momentos vividos durante los estudios y prácticas de campo.

A la Universidad Nacional de Tumbes, en las personas del Dr. Napoleón Puño Lequernaque, y al Dr. José de la Rosa Cruz Martínez, Rectores de esta institución; por su apoyo logístico total e incondicional en la consecución de mis estudios doctorales.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. La agricultura en el Perú.....	4
2.2. La agricultura en Tumbes.....	10
2.3. El cultivo de arroz en el mundo.....	10
2.4. El cultivo de arroz en Perú.....	11
2.5. Origen y morfología del arroz.....	13
2.6. Características de la variedad IR-43 (NIR-1).....	15
2.7. Requerimientos edafo-climáticos del arroz.....	17
2.8. La agricultura sustentable.....	23
2.9. Indicadores de sustentabilidad.....	25
2.10. Antecedentes experimentales de sustentabilidad.....	26
III. MATERIALES Y MÉTODOS	37
3.1. Lugar de ejecución del proyecto.....	37
3.2. Metodología.....	39
3.2.1. Área de estudio.....	39
3.2.2. Tamaño de la población.....	39
3.2.3. Tamaño de la muestra.....	39
3.2.4. Etapas de la investigación.....	39
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1. Caracterización agroecológica del cultivo de arroz.....	48
4.1.1. Características del suelo.....	48
4.1.2. Características del agua de riego.....	52
4.1.3. Características del clima.....	54
4.1.4. Características fenotípicas del cultivo.....	59
4.2. Caracterización de la parcela.....	64
4.2.1. Características socio-económicas del agricultor.....	64
4.2.2. Características socio-económicas de la parcela.....	75
4.2.3. Características ambientales de la parcela.....	86
4.2.4. Análisis de conglomerado de parcelas de arroz... ..	96
4.3. Evaluación de la sustentabilidad del cultivo de arroz.....	98
4.3.1. Sustentabilidad por sistema de producción.....	98

4.3.2.Sustentabilidad general (IS Gen) del Sistema Agrícola 1, Sistema Agrícola 2 y Sistema Agrícola 3.....	104
109	
V. CONCLUSIONES.....	110
VI. RECOMENDACIONES.....	112
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	122
VIII. ANEXOS.....	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Indicadores y sub indicadores para las tres dimensiones de sustentabilidad utilizando la metodología “tipo multicriterio” (Sarandón, 2002).....	43
Tabla 2.	Resultados de análisis de suelo de los Sistemas Agrícolas (SA) 1, 2 y 3 del cultivo arroz, en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes, Perú	48
Tabla 3.	Resultados de análisis de agua de riego de los Sistemas Agrícolas (SA) 1, 2 y 3 del cultivo de arroz, en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes, Perú.....	53
Tabla 4.	Requerimiento optimo y registro de valores de las variables climáticas de ene-jun y de jul-dic, año 2015 en Tumbes.....	59
Tabla 5.	Resumen de análisis de varianzas y prueba de Duncan, de variables cuantitativas en caracterización agroecológica del cultivar “arroz” NIR, de los Sistemas Agrícolas (SA1, SA2 y SA3) en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes – Perú.....	60
Tabla 6.	Indicador económico (IK) y sub indicadores de sustentabilidad de parcelas de arroz, de los Sistemas Agrícolas: (SA1), (SA2) y (SA3), en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes-Perú.....	99
Tabla 7.	Indicador ecológico (IE) y sub indicadores de sustentabilidad de parcelas de arroz, de los Sistema Agrícolas: (SA1), (SA2) y (SA3), en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes-Perú.....	101
Tabla 8.	Indicador socio-cultural (ISC) y sub indicadores de sustentabilidad de parcelas de arroz de los Sistemas Agrícolas: (SA1), (SA2) y (SA3), en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes-Perú.....	103
Tabla 9.	Indicadores de la dimensión económica (IK), ecológica (IE), socio-cultural (ISC) e índice de sustentabilidad general (IS Gen), de parcelas de arroz de los Sistemas Agrícolas: (SA1), (SA2) y (SA3), en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes-Perú.....	105
Tabla 10.	Indicadores de la dimensión económica (IK), ecológica (IE), socio-cultural (ISC) e Índice de Sustentabilidad General (IS Gen), de parcelas de arroz evaluadas, en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes – Perú.....	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Superficie del Territorio Nacional y Superficie Agropecuaria de Perú.....	5
Figura 2.	Lugar de ejecución del estudio.....	37
Figura 3.	Mapa físico del departamento de Tumbes.....	38
Figura 4.	Capacidad de intercambio catiónico (CIC), pH y conductividad eléctrica, en los Sistemas Agrícolas: (SA1, SA2 y SA3) de arroz, en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes-Perú.....	49
Figura 5.	Nitrógeno total (%), fósforo (ppm P) y potasio (ppm K), en los Sistemas Agrícolas: (SA1, SA2 y SA3) de arroz, en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes-Perú.....	51
Figura 6.	Niveles de conductividad eléctrica (CE), pH, sodio (Na ⁺) y Cloro (Cl ⁻), del agua del río Tumbes, de los Sistemas Agrícolas: (SA1, SA2 y SA3) en Tumbes, Perú.....	53
Figura 7.	Data de temperatura (°C) máxima, media y mínima mensual, en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes, Perú-2015.....	55
Figura 8.	Data de precipitación acumulada (mm) mensual en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes, Perú-2015.....	56
Figura 9.	Data de humedad relativa (%) mensual en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes, Perú-2015.....	57
Figura 10.	Data de horas de sol (h) promedio diaria y acumulada mensual, en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes-Perú, 2015.....	57
Figura 11.	Registro de valores promedio de temperatura (T°), precipitación (%), humedad relativa (%), y radiación (cal/cm ² /día), de ene-dic, año 2015, en Tumbes.....	58
Figura 12.	Altura de planta (cm), macollos, longitud de panícula (cm), peso de 1000 granos (g) y rendimiento de grano (kg/ha), del cultivar (CV) de arroz NIR en los Sistemas Agrícolas: (SA1, SA2 y SA3), en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes-Perú.....	61
Figura 13.	Sexo de la persona responsable de la parcela de arroz.....	64
Figura 14.	Edad de la persona responsable de la parcela de arroz.....	65
Figura 15.	Nivel de Instrucción de la persona responsable de la parcela de arroz.....	66
Figura 16.	Número de hijos menores de 18 años de los productores arroceros.....	66

Figura 17.	Número de personas que aportan con los gastos en el hogar de los productores de arroz.....	67
Figura 18.	Centro medico en la localidad de los productores arroceros.....	68
Figura 19.	Permanencia del personal en el centro médico de la localidad.....	68
Figura 20.	Servicios básicos de los parceleros arroceros.....	69
Figura 21.	Tipo de vivienda de los productores de arroz.....	69
Figura 22.	Ingreso mensual en soles del productor arroceros.....	70
Figura 23.	Crianza de animales del productor de arroz.....	71
Figura 24.	Tipo de animales que cría el productor arroceros.....	71
Figura 25.	Medio de comunicación e información que utiliza el cultivador arroceros	72
Figura 26.	Disponibilidad de movilidad en la región.....	73
Figura 27.	Participación de productores arroceros en organizaciones.....	73
Figura 28.	Actividades a la que se dedica la familia de los productores arroceros.....	74
Figura 29.	Acceso a capacitación de los cultivadores arroceros.....	74
Figura 30.	Origen de la capacitación de los productores arroceros.....	75
Figura 31.	Tenencia de título de propiedad de los productores de arroz.....	75
Figura 32.	Número de hectáreas que poseen los productores arroceros.....	76
Figura 33.	Preferencia del cultivo de arroz por parte de los agricultores.....	77
Figura 34.	Variedades de arroz que siembran los agricultores de la región.....	77
Figura 35.	Área total de arroz sembrada por los productores de la región.....	78
Figura 36.	Rendimiento total de arroz en cascara (kg/ha), obtenido por productores de la región.....	79
Figura 37.	Precio de venta por kilogramo de arroz en cascara cosechado por productores de la región.....	79
Figura 38.	Costo en soles por hectárea para producir arroz por parte de los productores de la región.....	80
Figura 39.	Forma de venta del grano de arroz por parte de los productores de la región.....	80
Figura 40.	Destino de venta del grano de arroz por parte los productores de la región	81
Figura 41.	Precio del grano de arroz en la última cosecha, campaña 2015:2, vendido por los productores de la región.....	82
Figura 42.	Número de personas incluido el dueño que trabajan en la parcela del productor arroceros.....	83

Figura 43.	Tipo de agricultura que realiza el productor del cultivo de arroz.....	83
Figura 44.	Utilización de jornaleros por parte del productor del cultivo de arroz.....	84
Figura 45.	Numero de jornaleros que trabaja en la parcela incluido el dueño.....	84
Figura 46.	Costo de jornal en soles del productor arrocero.....	85
Figura 47.	Tenencia de la parcela del productor arrocero.....	86
Figura 48.	Disponibilidad de agua de riego durante todo el año en la región.....	86
Figura 49.	Fuente de abastecimiento de agua utilizada por los productores arroceros	87
Figura 50.	Utilización de abonos químicos por parte de los productores arroceros....	88
Figura 51.	Control exclusivo con plaguicidas por parte de los productores arroceros..	88
Figura 52.	Área de cultivo que necesita productos químicos para su aplicación.....	89
Figura 53.	Cobertura permanente con malezas en la parcela de arroz.....	90
Figura 54.	Quema de rastrojos de maleza por parte de productores arroceros.....	90
Figura 55.	Quema de residuos de cosecha por parte de productores arroceros.....	91
Figura 56.	Incorporación de materia orgánica a la parcela, por parte de agricultores arroceros.....	92
Figura 57.	Ejecución de rotación de cultivos por parte de los productores arroceros..	92
Figura 58.	Elaboración y uso de repelente o extracto por parte del agricultor arrocero	93
Figura 59.	Uso de control biológico en la parcela del productor arrocero.....	93
Figura 60.	Problema principal durante la campaña agrícola en la parcela del productor arrocero.....	94
Figura 61.	Presencia de pendiente en la parcela del productor.....	95
Figura 62.	Grado de satisfacción con la producción de la parcela arrocera.....	96
Figura 63.	Resultado del análisis de agrupamiento, a partir de variables de mayor contribución a la variabilidad de 98 parcelas de arroz, en Tumbes-Perú....	98
Figura 64.	Diagrama tipo ameba de los sub indicadores económicos, del Sistema Agrícola 1, Sistema Agrícola 2 y Sistema Agrícola 3, del cultivo de arroz	100
Figura 65.	Diagrama tipo ameba de los sub indicadores ecológicos, del Sistema Agrícola1, Sistema Agrícola 2 y Sistema Agrícola 3, del cultivo de arroz	102
Figura 66.	Diagrama tipo ameba de los sub indicadores socio-culturales, del Sistema Agrícola 1, Sistema Agrícola 2 y Sistema Agrícola 3, del cultivo de arroz	104
Figura 67.	Indicadores de sustentabilidad e índice de sustentabilidad general de parcelas de arroz, en San Pedro de los Incas, Tumbes – Perú.....	106

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Encuesta del componente socio-económico del agricultor, componente socio-económico y ambiental de la parcela para la caracterización con cultivo de arroz	122
Anexo 2.	Formato de encuesta de los indicadores y sub indicadores de la dimensión económica, ecológica y socio-cultural, para evaluar la sustentabilidad de las parcelas con monocultivo de arroz.....	125
Anexo 3.	Base de datos de la encuesta aplicada a 98 agricultores sobre el componente socio-económico del agricultor, componente socio-económico y componente ambiental de la parcela, para la caracterización de la parcela con cultivo de arroz.....	129
Anexo 4.	Promedios y base de datos de sub indicadores de la dimensión económica (IK) para medir la sustentabilidad de la parcela de arroz, en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes – Perú.....	136
Anexo 5.	Promedios y base de datos de sub indicadores de la dimensión ecológica (IE) para medir la sustentabilidad de la parcela de arroz, en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes – Perú.....	138
Anexo 6.	Promedios y base de datos de sub indicadores de la dimensión Socio Cultural (ISC) para medir la sustentabilidad de la parcela de arroz, en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes – Perú.....	140
Anexo 7.	Promedios y base de datos de los sub indicadores de la dimensión económica (IK) para evaluar la sustentabilidad de la parcela de arroz, en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes – Perú, Sistema Agrícola 1...	142
Anexo 8.	Promedios y base de datos de los sub indicadores de la dimensión económica (IK) para evaluar la sustentabilidad de la parcela de arroz, en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes – Perú, Sistema Agrícola 2...	143
Anexo 9.	Promedios y base de datos de los sub indicadores de la dimensión económica (IK) para evaluar la sustentabilidad de la parcela de arroz, en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes – Perú, Sistema Agrícola 3...	144
Anexo 10.	Promedios y base de datos de los sub indicadores de la dimensión ecológica (IE) para evaluar la sustentabilidad de la parcela de arroz, en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes – Perú, Sistema Agrícola 1.....	145

Anexo 11.	Promedios y base de datos de los sub indicadores de la dimensión ecológica (IE) para evaluar la sustentabilidad de la parcela de arroz, en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes – Perú, Sistema Agrícola 2.....	146
Anexo 12.	Promedios y base de datos de los sub indicadores de la dimensión ecológica (IE) para evaluar la sustentabilidad de la parcela de arroz, en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes – Perú, Sistema Agrícola 3.....	147
Anexo 13.	Promedios y base de datos de los sub indicadores de la dimensión socio-cultural (ISC) para evaluar la sustentabilidad de la parcela de arroz, en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes – Perú, Sistema Agrícola 1...	148
Anexo 14.	Promedios y base de datos de los sub indicadores de la dimensión socio-cultural (ISC) para evaluar la sustentabilidad de la parcela de arroz, en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes – Perú, Sistema Agrícola 2..	149
Anexo 15.	Promedios y base de datos de los sub indicadores de la dimensión socio-cultural (ISC) para evaluar la sustentabilidad de la parcela de arroz, en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes – Perú, Sistema Agrícola 3..	150
Anexo 16.	Índices de la dimensión económica (IK), ecológica (IE), socio-cultural (ISC) e índice de sustentabilidad general (IS Gen) de cada parcela del cultivo de arroz, Sistema Agrícola 1.....	151
Anexo 17.	Índices de la dimensión económica (IK), ecológica (IE), socio-cultural (ISC) e índice de sustentabilidad general (IS Gen) de cada parcela del cultivo de arroz, Sistema Agrícola 2.....	152
Anexo 18.	Índices de la dimensión económica (IK), ecológica (IE), socio-cultural (ISC) e índice de sustentabilidad general (IS Gen) de cada parcela del cultivo de arroz, Sistema Agrícola 3.....	153

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la localidad de San Pedro de los Incas, provincia y departamento de Tumbes (Perú), con los siguientes objetivos: (a) caracterizar agroecológicamente el cultivo de arroz, (b) caracterizar las parcelas productoras de arroz y (c) evaluar la sustentabilidad del cultivo de arroz. Para el primer objetivo, se determinaron las características del suelo, agua de riego, clima y las características fenotípicas del cultivo. Para la caracterización de las parcelas, el área de estudio se dividió en tres zonas (SA1, SA2, SA3), considerando su cercanía al río Tumbes, y se tomó una muestra (n=98) del total de parcelas, a las que se aplicó una encuesta de 50 preguntas. Para evaluar la sustentabilidad de las parcelas, se usó el “análisis multicriterio” y se aplicó una encuesta también a las 98 parcelas. Los resultados, de la caracterización agroecológica del arroz, mostraron que el clima fue similar en los tres sistemas de producción estudiados. El suelo tuvo características similares en los tres sistemas, con excepción de la textura que fue diferente en el Sistema Agrícola 3 (SA3 = franco arenoso), mientras que en los otros fueron franco arcilloso. La variedad IR-43, presentó diferencias estadísticas significativas entre los diferentes sistemas para las variables días a la floración, número de macollos/mata, longitud de panícula, número de panículas y rendimiento. En relación a las características de las parcelas de arroz, entre los resultados más importantes, se encontró que la mayor parte de productores son propietarios de sus parcelas, siembran entre 0.5 a 5 hectáreas y el rendimiento de arroz grano, está entre 5 - 8 t/ha, y todos hacen agricultura convencional. El análisis de conglomerado, clasifica a las parcelas en 6 grupos. Los productores del grupo 1 comparten el mayor número de variables, tales como la propiedad de la parcela, utilización de abonos químicos, quema de residuos de maleza y de cosecha, utilización de agroquímicos, entre otros. Finalmente, con respecto a la sustentabilidad, la mayoría de parcelas de arroz, en los tres sistemas de producción, presentan valores mayores a 2 para los indicadores económicos (IK) y sociocultural (ISC), pero el indicador ecológico (IE) es casi siempre menor a 2. Por tal razón, la mayoría de parcelas productoras de arroz, no fueron sustentables.

Palabras clave: Análisis multicriterio, caracterización, IR-43, indicadores de sustentabilidad.

ABSTRACT

The present work was carried out in the town of San Pedro de los Incas, province and department of Tumbes (Peru), with the following objectives (a) Agroecologically characterization of the rice crop, (b) characterize the rice producing plots and (c) evaluate the sustainability of the rice crop. For the first objective, the characteristics of the soil, irrigation water, climate and the phenotypic characteristics of the crop were determined. For the characterization of the plots, the study area was divided into three zones (SA1, SA2, SA3), considering its proximity to the Tumbes river, and a sample (n = 98) was taken from all the plots to which it was applied a survey of 50 questions. To evaluate the sustainability of the plots, the "multicriteria analysis" was used and a survey was applied to the 98 plots. The results of the agroecological characterization of rice showed that the climate was similar in the three production systems studied. The soil had similar characteristics in the three systems, with the exception of the texture that was different in Agricultural System 3 (SA3 = sandy loam), while in the others they were loamy clay. The IR-43 variety showed significant statistical differences between the different systems for the variables days to flowering, number of tillers / plant, panicle length, number of panicles and yield. Regarding the characteristics of the rice plots, among the most important results, it was found that the majority of producers own their plots, sow between 0.5 and 5 hectares, the yield of grain rice is between 5 and 8. t/ha, and all do conventional agriculture. The conglomerate analysis classifies the plots into 6 groups. The producers of group 1 share the greatest number of variables, such as ownership of the plot, use of chemical fertilizers, burning of weeds and harvest residues, use of agrochemicals, among others. Finally, with respect to sustainability, the majority of rice plots, in the three production systems, present values greater than 2 for the economic (IK) and sociocultural (ISC) indicators; but the ecological indicator (EI) is almost always less than 2. For this reason, the majority of rice producing plots were not sustainable.

Keywords: Multicriteria analysis, characterization, IR-43, sustainability indicators

I. INTRODUCCIÓN

El departamento de Tumbes se encuentra situado en la costa septentrional en el extremo noroccidente del territorio del Perú. Limita por el norte y sur este con la República del Ecuador, por el sur con el departamento de Piura y por el oeste y norte con el Océano Pacífico. Es el departamento con menor superficie del Perú (4,669.20 km²). El territorio es poco accidentado y comprende tres provincias (Tumbes, Zarumilla y Contralmirante Villa). El clima es semi-tropical y corresponde a una zona de transición entre el régimen tropical húmedo y ecuatorial y el desértico de la costa peruana. La temperatura máxima en el mes de marzo puede llegar hasta 30° y la mínima a 22°, con precipitación pluvial media total de 54.90 mm (INEI 2000).

El arroz (*Oryza sativa* L.) tiene un papel importante como alimento básico y los sistemas agrícolas con que se produce arroz son esenciales para la seguridad alimentaria, la disminución de la pobreza y el mejoramiento del estilo de vida de una población. El arroz se convirtió en un producto agrícola importante y en un cultivo generador de ingresos a lo largo del siglo XX (CIAT 2010). Asimismo, el arroz es el alimento básico predominante para 17 países de Asia y el Pacífico, nueve países de América del Norte y del Sur y ocho países de África. Este cereal proporciona el 20 por ciento del suministro de energía alimentaria del mundo, en tanto que el trigo suministra el 19 por ciento y el maíz, el 5 por ciento. No sólo el arroz es una rica fuente de energía sino también constituye una buena fuente de tiamina, riboflavina y niacina (FAO 2004).

Por otro lado, de todos los cereales existentes o conocidos, el arroz (*Oryza sativa* L.) es, sin duda alguna, el que ofrece la posibilidad de llenar más rápidamente un déficit de producción agrícola para la alimentación del hombre y, junto con el trigo y la carne o el pescado, constituye la base de la alimentación humana. La historia nos ha demostrado, en efecto, cuanta consideración los hombres han tenido siempre por el arroz y por sus preciosas cualidades nutritivas. En el mundo actual, es bien sabido que uno de los principales problemas es la falta de alimentos, fenómeno éste que ya fue advertido por el economista

clásico inglés R. Malthus. La producción de alimentos es altamente deficitaria en muchos países y será necesario incrementarla si se quieren satisfacer las necesidades mínimas de la creciente población. El hambre y la desnutrición son ya un hecho en las dos terceras partes del mundo y continúan extendiéndose, de manera que la brecha que separa los países desarrollados de los subdesarrollados crece alarmantemente (Franquet y Borrás 2004).

En Perú, el arroz es el quinto cultivo en área sembrada y cosechada, con 177.6 miles de ha en promedio y se ha constituido en uno de los componentes esenciales de la canasta básica familiar de los peruanos (INEI 2013). No obstante, la expansión de técnicas agro-productivas convencionales (el monocultivo, uso de agroquímicos) está provocando una profunda crisis ecológica de escala planetaria, generando que la ciencia y científicos se enfrenten con nuevos retos sin precedentes, como la necesidad de evaluar en términos ecológicos, la eficiencia de los sistemas de producción rural (agrícolas, pecuarios, silvícolas y piscícolas) en un contexto de sostenibilidad (Martínez 2009). Además, la intervención del hombre en los ecosistemas naturales con el objetivo de satisfacer sus requerimientos alimentarios ha generado muy importantes cambios en los recursos naturales, en especial el suelo, el agua y la vegetación. Gran parte de las áreas boscosas del planeta ha desaparecido a medida que la población mundial crecía y con ella la demanda de alimentos. El uso de la tierra para el desarrollo de actividades agrícolas, pecuarias, hortícolas o frutícolas ha generado cambios tan significativos en los ecosistemas que hoy es posible hablar de ecosistemas intervenidos o ecosistemas agropecuarios. Estos ecosistemas presentan diverso grado de deterioro lo que determina que algunos sean más vulnerables y por lo tanto el riesgo de un deterioro ambiental será mayor. Esto puede afectar la sustentabilidad de la producción de alimentos y la seguridad alimentaria de un país (Cantú *et al.* 2008).

En la región de Tumbes, el uso inapropiado de los recursos naturales es posible que esté causando una severa degradación del ambiente, pues, los modelos de desarrollo agrícola importados de los países desarrollados pueden estar contribuyendo en gran medida a la degradación ambiental. En esta región, el arroz es el principal cultivo, se siembran dos campañas por año, la modalidad de siembra es monocultivo y la conducción es convencional, con aplicación abundante de agroquímicos, uso de maquinaria agrícola pesada y actividades de gestión inapropiadas; entre ellas, el quemado de la paja de arroz.

Sin embargo, los análisis convencionales que se utilizan para determinar el comportamiento de los sistemas agropecuarios, no son adecuados para evaluar su funcionamiento a largo plazo, ya que no integran al análisis la dimensión social y ambiental, las cuales adquieren cada día mayor relevancia (Flores y Sarandón 2004). Por lo tanto, la evaluación de la sustentabilidad mediante enfoque sistémico, que incluye indicadores ambientales, económicos y sociales ha recibido atención recientemente, dado su potencial como herramienta en la toma de decisiones.

Es importante señalar, que la sustentabilidad es un concepto complejo dado que pretende cumplir con varios objetivos en forma simultánea que involucran dimensiones ecológicas o ambientales, socioculturales, económicas y fundamentalmente, temporales. En la región Tumbes, la incipiente información sobre la sustentabilidad de los sistemas agrícolas, los puntos críticos y la aplicación de prácticas convencionales de manejo de cultivo degradantes, es posible han ocasionado múltiples consecuencias, ya que, el uso inapropiado de los recursos naturales es posible esté causando una severa degradación del suelo y del ambiente, de manera especial con el cultivo de arroz.

En base con las anteriores premisas esta investigación se realizó con los siguientes objetivos:

- Caracterizar agroecológicamente al cultivo de arroz en San Pedro de los Incas (Tumbes, Perú)
- Caracterizar las parcelas productoras de arroz en San Pedro de los Incas (Tumbes, Perú)
- Evaluar la sustentabilidad del cultivo de arroz en San Pedro de los Incas (Tumbes, Perú)

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. LA AGRICULTURA EN PERÚ

La agricultura en el Perú, ha sufrido importantes cambios en los últimos 50 años, pasando de ser una agricultura concentrada en grandes haciendas en la década de los cincuentas y sesentas, a un proceso de reforma agraria que se inició en 1969 y culminó en 1976, que luego desembocó en un proceso de parcelación que atomizó a la agricultura nacional (en la década de los ochenta) todavía protegida por el aparato público. A inicios de los noventa se produjo un cambio estructural en la economía, luego del proceso de reformas que se iniciara en esos años, que retiró la protección que tenía la pequeña agricultura y liberalizó los mercados, incluyendo el mercado de tierras. En este nuevo contexto, la agricultura logró desarrollarse, pero principalmente, por el “boom agroexportador” promovido por la explotación de grandes extensiones de tierra en manos de grandes grupos económicos. La agricultura peruana hoy en día es fuente principal de ingresos de 2.3 millones de familias que representan el 34% de los hogares peruanos; genera aproximadamente el 7.6% del Producto Bruto Interno (PBI), teniendo un peso en la producción regional que oscila entre el 20% y el 50% (excluyendo Lima). Asimismo, la producción nacional se desarrolla en 2.5 millones de hectáreas, de las cuales el 84% se dedica a la producción de cultivos transitorios y el restante a frutales. Los principales productos agrícolas peruanos son el arroz (19%), maíz amarillo duro (14%), papa (13%), maíz amiláceo (10%), trigo (7.5%), cebada grano (7.4%), entre otros (POF 2011).

Según el Censo Agropecuario 2012 (INEI 2013), del total de la superficie del territorio nacional (1 285,215.60 km²), el 30.1% está dedicado al desarrollo de la actividad agropecuaria que, comparado con el Censo de 1994, se ha incrementado en 3 360.7 miles de hectáreas (ha); es decir, la superficie agropecuaria se amplió en 9.5%, en los últimos 18 años. Los resultados nos muestran que la superficie agrícola el año 2012 asciende a 7 125,007 ha, de estas 4 155,678 ha; es decir, el 58.3% del total de tierras agrícolas presentan cultivos y 2 969,329 ha, equivalentes a 41.7% del total, se encuentran sin cultivos. Entre los cultivos transitorios destacan, la papa con 367.7 mil ha, el maíz amarillo duro 261.6 mil ha, el maíz amiláceo 240.8 mil ha, arroz 167.1 mil ha, y caña de azúcar 141.3 mil ha, que en conjunto

representan el 59.6% del total de la superficie de cultivos transitorios. En el año 2012 el número de productores agropecuarios en el país llegó a 2 millones 260 mil 973 personas, incrementándose en 496 mil productores respecto al año 1994. A nivel departamental, el mayor número de productores agropecuarios se encuentran en Cajamarca, Puno y Cusco. En tanto, los que tienen menor número de productores agropecuarios se encuentran en el Callao y los departamentos de Madre de Dios y Tumbes (**Figura 1**).

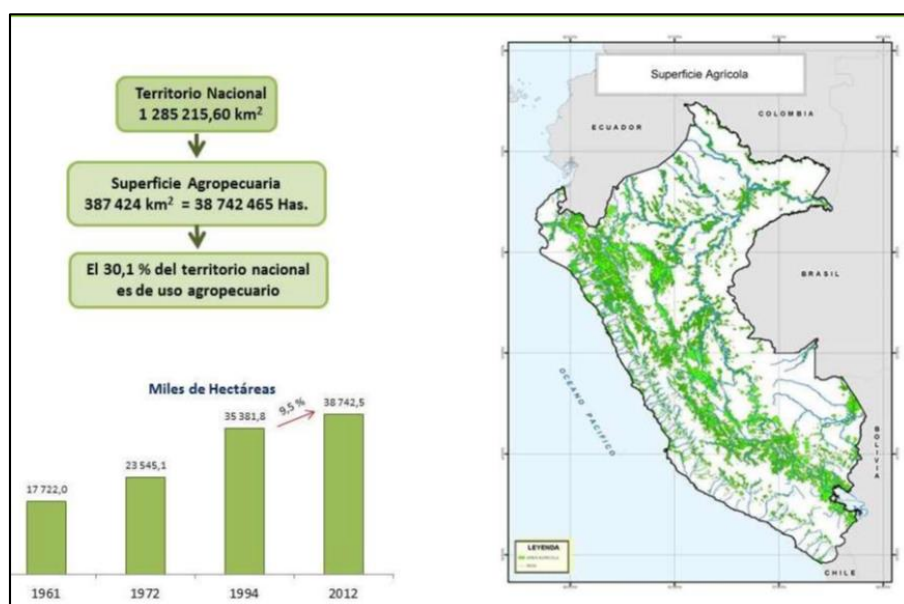


Figura 1. Territorio nacional y superficie agropecuaria en el Perú.
Fuente: INEI-IV Censo Nacional Agropecuario (2012)

De acuerdo con el INEI (2013), como resultado del IV Censo Nacional Agropecuario 2012, hay 5 millones 191 mil parcelas a nivel nacional, estas han aumentado en 1 millón 54 mil respecto al año 1994. A nivel regional se observa que, en la Sierra un productor agropecuario administra en promedio 2.8 parcelas, en la Costa 1.6 parcelas y en la Selva 1.4 parcelas. En el año 2012, la superficie agrícola promedio por parcela a nivel nacional fue de 1.4 ha. En la Selva es de 3.3 ha, le sigue la Costa con 3.0 ha y la Sierra con 0.8 ha por parcela. En la Sierra se observa mayor fraccionamiento de parcelas debido a las diferentes altitudes que se presenta en la geografía del país.

En el año 2012, la superficie agrícola que conduce cada productor agropecuario en el Perú en promedio es de 3.3 ha. En la Selva Baja u Omagua conducen 6.4 ha y en la costa o chala 5.7 ha por productor. En la Sierra se tiene diferentes pisos altitudinales, por lo que hay una

mayor diferenciación de superficie entre unidades agropecuarias, el productor de la puna conduce en promedio 3.2 ha y el de la cordillera o Janca un promedio de 1.9 ha (INEI 2013).

Para el INEI (2013), la mayoría de los productores agropecuarios en el país son personas naturales, estos representan el 99.4%, en tanto que las personas jurídicas solo alcanzan al 0.6%, destacando en este tipo de organización la comunidad campesina, la sociedad anónima cerrada y la comunidad nativa.

Respecto al uso de energía eléctrica por red pública para la producción agropecuaria, este se ha incrementado en 5.8 veces en los últimos 18 años. Cajamarca concentra el 14% de productores que hacen uso de energía eléctrica para la actividad agrícola y pecuaria (INEI 2013).

En el Perú 1 millón 370 mil productores agropecuarios, que representan el 62% del total, utilizan algún tipo de abono orgánico. Los productores de la Sierra, 1 millón 75 mil son los que más aplican este tipo de producto, mientras que en la región de la Costa y la Selva, lo utiliza un menor número. Del total de productores que utilizan abonos orgánicos en cantidad suficiente, el 75.7% corresponden a la región Sierra, el 19.9% a la costa y el 4.4% restante a la Selva (INEI 2013).

En el año 2012, los productores que usan fertilizantes químicos ascienden a 971 mil 200 que representan el 43.9% del total, incrementándose casi en 50% respecto a 1994. Del total de productores que usan este tipo de fertilizantes, el 25.3% lo hacen en cantidad suficiente, habiéndose incrementado en 112 mil 500 respecto a 1994 (INEI 2013).

Según el INEI (2013), en el país el 37.7% de productores agropecuarios utilizan insecticidas químicos, en tanto el 5.4% aplican insecticidas no químicos o biológicos. Los productores que hacen el mayor uso de pesticidas se encuentran registrados en la Costa, de los cuales por cada cien, 67 utilizan insecticidas químicos, 55 herbicidas, 52 fungicidas y solo 12 de cada cien, insecticidas no químicos o biológicos. En el país, el 37.7% de productores agropecuarios utilizaron insecticidas químicos, en tanto el 5.4% aplicaron insecticidas no químicos o biológicos. Asimismo, el 23.5% de los productores agropecuarios aplicaron herbicidas y el 27.1% fungicidas.

Del total de productores agropecuarios, 1 millón 164 mil 800 cuentan con educación primaria; la educación secundaria alcanza a 581 mil 300 de ellos y 161 mil 500 alcanzan educación superior. Respecto a 1994, ha crecido más el número de productores con educación secundaria y superior. Entre estos últimos, destacan los 61 mil 500 con superior no universitaria completa y los 51 mil 400 con superior universitaria completa. Según Región natural, en la Costa casi la mitad de productores tiene educación primaria (48.4%), el 29.7% cuenta con educación secundaria y el 12.2% con educación superior. En la Sierra, más del 50% de productores cuenta con educación primaria, el 18.3% no alcanza ningún nivel/Inicial y el 6.6% cuenta con educación superior. En la Selva, más de la mitad alcanza primaria, el 29.3% logra educación secundaria y el 5.1% superior (INEI 2013).

De acuerdo con el INEI (2013), el 40.7% de los productores agropecuarios del país, es decir 913,602 complementan sus ingresos realizando otras actividades. Trabajan en agricultura, ganadería y pesca 454 mil 500 de ellos; en comercio son 154 mil 600; en construcción 130 mil 100; en transporte 44 mil 800; en fabricación de prendas de vestir/otros 20 mil 700; en restaurantes y hoteles 12 mil 200 y en otro tipo de actividades (docencia, minería, artesanía, etc.) 96 mil 700 productores. Más de la mitad de los productores de la Costa trabajan en agricultura, ganadería y pesca, el 18% se dedica al comercio, un 7% a construcción, entre otras actividades. En la Sierra, la agricultura, ganadería y pesca ocupa al 43% de productores, el comercio al 19% y la construcción al 18%. En la Selva, el 66% de los productores trabajan en actividades extractivas, en comercio el 11% y en construcción el 8%, entre las más importantes.

Según el INEI (2014), en relación a la estructura por sexo y edad del productor agropecuario/a, los datos censales del año 2012 muestran que de cada 10 productores/as agropecuarios, cerca de 7 son hombres y 3 son mujeres. Según Región Natural, en la Selva esta relación es de 8 productores y 2 productoras por cada 10 personas que se dedican a las actividades agropecuarias en la región. Asimismo, refiere que en Tumbes de un total de 8134 productores agropecuarios, 6897 o sea el 84.8% son hombres y 1237 o sea el 15.2% son mujeres. Respecto al tamaño del productor/a agropecuario, dice que de cada 100 hogares de productores y productoras agropecuarios el 54,4% tienen entre 4 a 6 miembros, el 22,9% tienen entre 7 a 9 personas que componen su núcleo familiar y el 19,1% de productores (as) tiene familias más pequeñas de 1 a 3 miembros.

De acuerdo a la información Censal del año 2012, en lo que respecta a la participación de los miembros del hogar en la actividad agropecuaria, el involucramiento de la familia en las actividades agropecuarias se evidencia al registrarse que el 91.1% de la pareja del productor o productora participa en las actividades agrícolas y pecuarias. Asimismo, los hijos o hijas trabajan en la actividad agropecuaria en promedio en un 65.0%. De igual manera, el 76.2% de hermanos o hermanas del productor/a del campo, participan apoyando en el trabajo de cultivo de la tierra o la crianza de ganado. También destaca que los hijos o hijas políticas colaboran con el productor/a agropecuario en un porcentaje de 73.9%. Asimismo, según región natural, el mayor porcentaje de productores/as que destinan su producción para la venta figura la Selva (85.9%) y la Costa (84.5%). Aquellos que destinan mayormente su producción al autoconsumo se encuentran, mayormente, en la Sierra (72.2%). En Tumbes de 7 207 productores/a agropecuarios 7 124 es decir el 98.8% destina su producción a la venta (INEI 2014).

De acuerdo al INEI (2014), en lo relacionado a la tenencia de título de propiedad, las estadísticas censales muestran que de cada 100 productores/as, 45.4% tienen su título completamente saneado es decir inscrito en los Registros Públicos o en trámite de inscripción. El restante 54.6% de productores/as, no cuentan con título de propiedad, ni lo tienen tramitando. El mayor porcentaje de productores/as, que cuentan con título de propiedad inscrito o en trámite se advierte en la región Costa. En Tumbes de 6 341 productores agropecuarios, 4 163 es decir el 65.7% cuenta con título de propiedad, en tanto que 2 178 productores o sea el 34.3% no cuenta con título o carece de esta tenencia.

La estadística censal del año 2012 muestra que el riego por gravedad (92.7%) es el de mayor uso. Del total de ha de tierras cultivadas bajo riego, casi el 93% utiliza este mecanismo, que consiste en la distribución del agua al terreno de cultivo utilizando como energía movilizadora solo la gravedad. Asimismo, en relación a la procedencia del agua de riego, el mayor porcentaje de la superficie cultivada es regada con agua procedente de río (46.6%), el agua que procede de manantial o puquio riega el 17.6% de superficie de tierras cultivadas, asimismo el 12.9% de la superficie de tierras de cultivo recibe el agua de reservorio o represa. En el departamento de Tumbes de un total de 16 025 ha, el 78% de área es abastecida con agua de río (INEI 2014).

Según el Diario Correo (2014), en uno de sus artículos sobre la quema de paja de arroz y sus consecuencias, dice que culminado el periodo del cultivo de arroz se inicia la quema de la paja, rastrojos y malezas de los campos, tal y como lo indica el Reglamento del Cultivo de Arroz. Sin embargo, por nuestra geografía, algunos campos de cultivo se ubican en las laterales de la Carretera Panamericana por lo que, al realizar esta quema, la densa humareda dificulta la visibilidad de los conductores ocasionando, en algunos casos, accidentes graves. Asimismo, la quema de la paja es uno de los principales factores de contaminación ambiental de la región. Este tema va de la mano con la salud, pues según un estudio realizado por una universidad española, el hecho de que las quemadas se concentren en pocos días implica una incorporación de gases muy elevado. Estos contaminantes tienen serias repercusiones en la salud, las que destacan la irritación de la piel y mucosas, y daño celular en los pulmones.

De acuerdo con CCA (2014), la quema de biomasa proveniente de prácticas agrícolas es considerada una fuente importante de dioxinas. Los factores que influyen en la emisión de dioxinas son las condiciones de la combustión, el contenido de cloro y la presencia de plaguicidas adsorbidos a la superficie de hojas y tallos en los residuos agrícolas. Se considera que las dioxinas, incluso en muy pequeñas cantidades, constituyen un problema para la salud y el medio ambiente, ya que: a) son persistentes y permanecen en el medio ambiente durante largos periodos, antes de degradarse; b) son acumulables y se almacenan en el tejido graso de animales y humanos, y c) pueden viajar grandes distancias en la atmósfera, de modo que en algunos casos las dioxinas generadas en una zona terminan en una región muy distante.

IMARPE (2013), realizó un estudio sobre la calidad ambiental de los tres ecosistemas acuáticos de la región Tumbes, en relación al ecosistema de aguas continentales, reportan que el promedio de la materia orgánica (MO) varió entre 2.55% en el río Zarumilla y 4.34% en el río Tumbes; carbonatos varió entre 14.45 g/kg en el río Zarumilla y 32.34 g/kg en el río Tumbes y el pH fluctuó entre 7.23 en el río Tumbes y 8.17 en la laguna La Coja. Asimismo, en promedio de parámetros físico-químicos del río Tumbes reportan lo siguiente: temperatura ambiente (28.9°C), temperatura del agua (27.7°C), sal ups. (0.208), pH (7.24), OD mL/L (5.58), PO_4^{3-} ug-at/L (2.34), SiO_3^{2-} ug-at/L (205.72), NO_2^- ug-at/L (1.62), y NO_3^- ug-at/L (21.08). Por otro lado, en base a los valores promedio de pH en el ecosistema de aguas continentales se pudo clasificar a las aguas, como “buena” para la laguna La Coja y “aceptable” para los ríos Zarumilla y Tumbes.

2.2. LA AGRICULTURA EN TUMBES

En la región Tumbes, se cultivan alrededor de 33 cultivos, de los cuales 17 son transitorios y el resto permanentes y especiales. La superficie cosechada con cultivos transitorios en esta región es de 16 623 ha, que representan el 0,8% de la superficie ocupada con este tipo de cultivos a nivel nacional y en el caso del área cosechada correspondiente a cultivos permanentes y especiales se llega a 7 340 ha, que representan el 0,5% del total nacional. Los cultivos transitorios que registran las mayores superficies cosechadas en esta región son 3: Arroz cáscara (14 557 ha), maíz amarillo duro (1 439 ha) y maíz choclo (323 ha). La superficie cosechada acumulada por estos 3 cultivos representa el 98,2% de la superficie con cultivos de este tipo en la región. No obstante, se registran cosechas menores en 14 cultivos más. En el caso de los cultivos permanentes, los principales cultivos de la región son 4: banano y plátano (4 535 ha), limón (1 654 ha), cacao (624 ha) y ciruela (297 ha), que en conjunto suman una superficie cosechada de 7110 ha, que representan el 96,9% del área cosechada de la región. No obstante, existen otros 12 diferentes cultivos que también se tiene instalados (Mostajo 2017).

Según el Censo Agropecuario 2012, el departamento de Tumbes registra la existencia de 6 936 unidades agropecuarias (sin incluir las abandonadas) con una superficie agropecuaria de 31 557.89 ha. De las 31 557.89 ha de superficie agropecuaria que tiene el departamento, cerca de la mitad 15 344.97 (48.6%) se encuentran en la provincia de Tumbes. En la provincia de Zarumilla se concentra el 27.8% (8 766.01 ha) y en Contralmirante Villar el 23.6% (7 446.92 ha) (INEI 2013).

2.3. EL CULTIVO DE ARROZ EN EL MUNDO

De Giovanni *et al.* (2010), sostienen que el arroz tiene un papel importante como alimento básico y los sistemas agrícolas con que se produce arroz son esenciales para la seguridad alimentaria, la disminución de la pobreza y el mejoramiento del estilo de vida de una población. El arroz se convirtió en un producto agrícola importante y en un cultivo generador de ingresos a lo largo del siglo XX. Evolucionó desde un cultivo pionero, principalmente de secano, en la frontera agrícola durante la primera mitad de ese siglo hasta convertirse en un cultivo altamente tecnificado, productivo y mayormente bajo riego. El papel del arroz en el desarrollo agrícola y en el progreso rural de América Latina y el Caribe (ALC) ha sido notorio. Uno de los grandes logros de las tecnologías de arroz en ALC es haber contribuido a triplicar la producción en un área sembrada que no creció. Este resultado se debió a los

rendimientos más altos obtenidos en el sector con riego. En el mundo en desarrollo, tomado como un todo, el arroz provee el 27% del suplemento energético de la dieta diaria y 20% de la proteína que esta requiere. El arroz es el cultivo de grano más importante para el consumo humano en los países tropicales de la región de ALC, porque proporciona más calorías a la dieta de los habitantes de esa región que el trigo, el maíz, la yuca, la papa y otros alimentos.

Según lo afirmado por Blog Agricultura (2017), los diez países con mayor producción obtenida de arroz a nivel mundial durante el año 2017 fueron los siguientes: China-Continental con 212 676.000 ton (27.6%), India con 168 500.000 ton (21.9%), Indonesia con 81 382.000 ton (10.6%), Bangladesh con 48 980.000 ton (6.4%), Vietnam con 42 763.682 ton (5.6%), Tailandia con 33 383.382 ton (4.3%), Myanmar con 25 624.866 ton (3.3%), Filipinas con 19 276.347ton (2.5%), Brasil con 12 469.516 ton (1.6%), y Pakistán con 11 174.700 ton (1.5%). Asimismo, los diez países con mayor superficie cosechada de arroz a nivel mundial son: India con 43 789.000 has (26.2%), China-Continental con 30 747.000 has (18.4%), Indonesia con 15 788.000 has (9.4%), Bangladesh con 11 272.000 has (6.7%), Tailandia con 10 614.829 (6.3%), Viet Nam con 7 708.534 has (4.6%), Myanmar con 6 745.375 has (4.0%), Nigeria con 4 912.650 has (2.9%), Filipinas con 4 811.808 has (2.9%), y Camboya con 2 950.852 has (1.8%). De igual manera, los diez países con mayor rendimiento promedio (ton/ha) de arroz a nivel mundial son: Australia con 9.8, Egipto con 9.3, Uruguay con 8.5, Estados Unidos de América con 8.4, Turquía con 8.2, Tayikistán con 7.8, España con 7.8, Honduras con 7.3, Marruecos con 7.2, y Perú con 7.2 ton/ha.

2.4. EL CULTIVO DE ARROZ EN PERÚ

Según Mostajo (2017), el arroz es una planta gramínea que pertenece a la familia poaceae, es uno de los principales cultivos de importancia nacional, es el producto que más aporta al Producto Bruto Interno (PBI) agropecuario y agrícola. Si bien el Valor Bruto de Producción (VBP) del arroz cáscara pasó de 1 988.9 millones de soles (a precios constantes de 2007) a 2 487.7 millones en el 2017, registrando una tasa de crecimiento promedio anual de 2.2%, debido al significativo crecimiento del sub sector agrícola que creció a una tasa promedio de 3.3%, la participación del arroz dentro del VBP agrícola durante el período antes señalado mostró cierto deterioro que luego de participar con el 15.3% en el 2009, disminuyó a 13.2% en el 2016 y a 12.3% en el 2017. El arroz tiene gran incidencia en la generación de empleo, debido a que el cultivo se realiza manualmente en más del 95 % del área cultivada, desde la siembra a la cosecha requiere en promedio por hectárea entre 130 jornales, el cual generó en

el año 2017 aproximadamente un total de 222 mil puestos de trabajo permanente. Asimismo, el arroz se ha constituido en uno de los componentes esenciales de la canasta básica familiar de los peruanos, y el consumo por persona de arroz pilado en el año 2000 era de 42 kg. Este volumen se ha venido incrementando año a año, de manera que a la fecha este consumo personal alcanza un volumen aproximado de 57 kg, la más alta entre los países de América Latina.

La producción nacional de arroz cáscara en enero del 2015 fue de 215 mil ton cifra mayor en 6.1%, respecto de la de enero de 2014 (202 mil ton). En el departamento de Piura se registró el mayor aumento de la producción (67%) y, en segundo lugar, en San Martín (5%), en ambos casos, debido a las mayores siembras durante la "campana chica" que corresponde al periodo agosto-setiembre. El departamento de Tumbes representa en promedio con el 4% de la producción nacional. El precio promedio en chacra del arroz cáscara en el mes de enero del presente año llegó a S/ 1.20 el kg, mostrando un alza de 6% frente al del mes anterior (S/ 1.13); y de 15% frente al registrado en enero del año 2014 (S/ 1.04) (MINAGRI-SIEA 2015).

En relación a la producción de arroz en Perú, el MINAGRI-DGESEP (2018) reporta que el arroz cáscara creció a un ritmo de 2.4% anual del 2001 al 2017. El año 2001 se produjeron 2 millones 28 mil ton, y el año 2017 se llegó a los 3 millones 39 mil ton. En estos 17 años se observa una tendencia ascendente en la producción nacional, con excepción del 2004, año en que se produjo solo 1 millón 845 mil ton. El incremento de la producción en el periodo 2001-2017 fue impulsado por una cada vez mayor superficie cosechada (creció 2.0% promedio por año) y al incremento del rendimiento (creció 0.4% promedio al año).

Respecto a la superficie sembrada, en las últimas once campañas agrícolas, las siembras de arroz, a nivel nacional, alcanzaron su mayor valor en la campaña agrícola 2017-2018 con 447.8 mil ha. Asimismo, la superficie sembrada mostró un aumento de 2.4% respecto a la campaña agrícola previa (437.1 mil ha). Además, el crecimiento acumulado fue de 21.3%, mientras que la tasa promedio anual fue de 1.9% (MINAGRI- DGESEP 2018).

La superficie cosechada entre el 2001 hasta el 2017, creció a un ritmo de 2.0% anual, de modo que, en el 2001 se cosechó 300 mil ha y el año 2017, la cosecha fue de 422 mil ha. Las regiones donde se obtuvieron mayores cosechas durante el 2017 fueron San Martín, Piura y Lambayeque. En San Martín destacan las provincias de Bellavista, Rioja y

Moyobamba quienes participan con 31.5%, 21.0% y 20.7%, respectivamente del área cosechada en la región. En Piura destacan las provincias de Piura y Sullana, las cuales participan con 41.4% y 29.2% del área cosechada en la región. En Lambayeque destacan las provincias de Lambayeque y Ferreñafe, las cuales participan del 44.5% y 29.7% del área cosechada de la región (MINAGRI-DGESEP 2018).

De acuerdo al calendario de siembras y cosechas, el arroz cáscara se cosecha todo el año, pero es entre los meses de mayo a julio en donde se concentra el 44% de la superficie cosechada nacional. En relación al rendimiento, a nivel nacional, éste mostró una tendencia creciente entre el 2001 y 2017, ya que en el 2001 el rendimiento promedio fue de 6.76 ton/ha., y en el 2017 se obtuvo un rendimiento de 7.19 ton/ha. Sin embargo, en el 2015 alcanzó el mayor rendimiento de los últimos 17 años (7.89 ton/ha). En el 2017 los estragos del Fenómeno el Niño Costero influyeron en los rendimientos, que comparados con el año 2016, han sido menores. A pesar de esta situación, el crecimiento acumulado del rendimiento de la producción del arroz en cáscara es de 6.4% y aumentó en promedio a una tasa anual de 0.4% por año (MINAGRI-DGESEP 2018).

Según MINAGRI-DGESEP (2018), la principal región productora de arroz cáscara en ES San Martín con 27% de participación. Le siguen las regiones de Lambayeque (13%), Piura (12%), Amazonas (10%) y La Libertad (7%). Respecto el rendimiento por regiones, la mayor productividad se logra en la región Arequipa, donde se obtiene un promedio de 13.9 ton/ha, frente al 7.2 ton/ha del promedio nacional. Le siguen Ancash (11.9 ton/ha), Tumbes (8.5 ton/ha) y Lambayeque (8.0 ton/ha).

2.5. ORIGEN Y MORFOLOGÍA DEL ARROZ

Respecto al origen del arroz, desde tiempos inmemoriales y hasta la fecha, el origen del arroz ha sido objeto de controversia. Y la razón es muy sencilla: aunque diversos autores e historiadores han expresado su punto de vista diverso siempre, según la voz de que se trate, la realidad es que, pese a todo lo que se ha tejido en torno a esta gramínea, no existe un documento escrito que señale su origen. En consecuencia, las versiones son tan variadas como lo son las voces respetables, que debaten el tema. Sin embargo, sería posible establecer algunos parámetros, con base en la opinión de los expertos: a) Según algunos historiadores, este cereal es nativo del Sureste asiático, y se cultiva desde hace más de siete mil años. Existen evidencias de su cultivo anteriores al año cinco mil antes de Cristo, en el oriente de

China, y antes del año seis mil a. C., en una caverna del norte de Tailandia; b) Algunos estudiosos del tema estiman que el arroz es oriundo de Asia meridional, porque crece en forma silvestre en la India, Indochina y China; c) Otro grupo de investigadores no dudan en fijar el origen del cereal en África, de donde se habría trasladado al continente asiático. d) En este punto surge otra versión, que pudiéramos llamar conciliatoria, según la cual el cereal surgió en ambos continentes de manera prácticamente simultánea (Ramos 2013).

En tanto los conocedores llegan a ponerse de acuerdo sobre el origen del arroz, misión prácticamente imposible, lo que no está en tela de juicio es el hecho de que se trata de uno de los más antiguos alimentos del ser humano. Al margen de las controversias respecto de su origen, la realidad es que, en los tiempos actuales, el arroz se ha extendido a prácticamente todas las latitudes del planeta, y, después del maíz, es el cereal que más se produce en el mundo. Sin embargo, si consideramos que gran parte de la producción del maíz se destina a finalidades diferentes de la alimentación humana, bien se puede afirmar que el arroz es el cereal más importante en la alimentación de la población humana en todo el mundo. Asimismo, es digno de consignarse el hecho de que existen más de diez mil variedades de arroz, todas ellas enmarcadas en una de las dos sub-especies de *Oryza sativa*: la variedad índica, propia de los trópicos, y la japónica, que se puede encontrar tanto en los trópicos, como en las regiones de clima templado, y que se caracteriza por altos contenidos de almidón del tipo amilosa (Ramos 2013).

Según una publicación de CIAT (2005), morfológicamente la planta de arroz es una gramínea anual, de tallos redondos y huecos compuestos por nudos y entrenudos, hojas de lámina plana unidas al tallo por la vaina y su inflorescencia es en panícula. El tamaño de la planta varía de 0.4m (enanas) hasta más de 7.0m (flotantes). Durante su desarrollo la planta de arroz tiene dos clases de raíces, las seminales o temporales y las secundarias, adventicias o permanentes. Las raíces seminales, poco ramificadas, sobreviven corto tiempo después de la germinación, siendo luego reemplazadas por las raíces adventicias o secundarias, las cuales brotan de los nudos subterráneos de los tallos jóvenes. El tallo está formado por la alternación de nudos y entrenudos. En el nudo o región nodal se forman una hoja y una yema, esta última puede desarrollarse y formar una macolla. La yema se encuentra entre el nudo y la base de la vaina de la hoja. La altura de la planta de arroz es una función de la longitud y número de los entrenudos, tanto la longitud como el número de los entrenudos, son caracteres varietales definidos, el medio ambiente, puede variarlos, pero en condiciones semejantes

tienen valores constantes. Un tallo con sus hojas forma una macolla. Estas se desarrollan en orden alterno en el tallo principal. Las macollas primarias se desarrollan de los nudos más bajos, y a la vez producen macollas secundarias; y éstas últimas producen macollas terciarias. El conjunto de macollas y el tallo principal forman la planta.

El número total de macollas del arroz es una característica varietal, que puede variar según el sistema de cultivo y el medio ambiente. Las hojas de la planta de arroz se encuentran distribuidas en forma alterna a lo largo del tallo. La primera hoja que aparece en la base del tallo principal o de las macollas se denomina prófalo, no tiene lámina y están constituido por dos brácteas aquilladas. Los bordes del prófalo aseguran por el dorso las macollas jóvenes a la original. En cada nudo se desarrolla una hoja, la superior debajo de la panícula es la hoja bandera. Las flores de la planta de arroz están agrupadas en una inflorescencia denominada panícula. La panícula está situada sobre el nudo apical del tallo, denominado nudo ciliar, cuello o base de la panícula; frecuentemente tiene la forma de un aro ciliado. Las panículas pueden clasificarse en abiertas, compactas e intermedias, según el ángulo que formen las ramificaciones al salir del eje de la panícula. Tanto el peso como el número de espiguillas por panícula cambian según la variedad. La panícula se mantiene erecta durante la floración, pero luego se dobla debido al peso de los granos maduros. La espiguilla es la unidad básica de la inflorescencia y está unida a las ramificaciones por el pedicelo. Teóricamente la espiguilla del género *Oryza* se compone de tres flores, pero solo una se desarrolla. La semilla de arroz es un ovario maduro, seco e indehiscente. Consta de la cáscara formada por la lemma y la palea con sus estructuras asociadas, lemmas estériles, la raquilla y la arista; el embrión, situado en el lado ventral de la semilla cerca de la lemma, y el endospermo, que provee alimento al embrión durante la germinación (CIAT 2005).

2.6. CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDAD IR-43 (NIR-1)

La variedad IR-43 (NIR-1), mantiene presencia en lugares como Chepén, Chiclayo, El Santa y cierta presencia en Piura. Las principales características agronómicas de esta variedad son las siguientes: Origen Filipinas, adaptación región de la Costa, sistema de siembra directa y trasplante, bajo vigor vegetativo inicial, altura de planta 85 a 100 cm, periodo vegetativo 145 a 150 días, resistencia a tumbada resistente en fases críticas, desgranaje normal, peso de 100 granos 28 g., rendimiento de grano potencial 12 a 14 ton/ha, calidad molinera buena, % de grano entero 57, % de grano quebrado 12, apariencia grano pilado transparente poca tiza, y calidad culinaria buena (Profesionales del Agro, s.f).

Semillas el Potrero (s.f), afirma que las características de la variedad IR-43 son las siguientes: nombre comercial NIR-1, nombre de la variedad IR-43, país de origen Filipinas, sistema de cultivo siembra directa-trasplante, periodo vegetativo 140 días, altura de planta 80 a 90 cm, número de macollos 32 a 42 por golpe, espiguillas corta en algunos granos, resistente al tumbado resistente, resistente al desgrane moderado, rendimiento potencial 12 a 14 ton/ha, peso de 1000 granos 28 g., largo de panoja 24.3 cm, grano de cascara: largo 10.28 mm y ancho 2.36 mm, rendimiento molinero 73%, grano entero 60%, grano quebrado 13%, y traslucencia transparente.

- **Antecedentes experimentales en arroz, variedad IR-43**

Morales y Saavedra (2018), llevaron a cabo una investigación en arroz en Tumbes, para ello realizaron la caracterización del suelo y encontraron los siguientes resultados: pH 6.08 (nivel ligeramente ácido), conductividad eléctrica (ds/m) 0.50 (nivel normal), calcáreo (CaCO_3) 0% (nivel bajo), materia orgánica 0.3% (nivel bajo), nitrógeno total 0.02% (nivel bajo), fósforo disponible 9 ppm (nivel medio), potasio asimilable 178 ppm (nivel medio), textura franco arcilloso (nivel moderadamente fina), CIC (meq/100g) 16.87 (nivel alto), Ca^{++} (meq/100g) 12.08, Mg^{++} (meq/100g) 4.12, K^+ (meq/100g) 0.42, Na^+ (meq/100g) 0.25, y PSI 1.48% (nivel bajo). Asimismo, al caracterizar al cultivo de arroz, variedad IR-43, obtuvieron lo siguiente: altura de planta de 79.75-94.30 cm, número de macollos/golpe de 22-35, días a la floración de 85-95 días, longitud de panícula de 19.35-22.48 cm, panículas por golpe de 20-31, porcentaje de esterilidad de 3.60-7.91%, peso de 1000 granos de 17.40-20.33 g, y rendimiento de grano cascara de 6734.50-8720.00 kg/ha.

Lequernaque *et al.* (2007), caracterizaron el suelo donde se siembra arroz y obtuvieron los resultados siguientes: suelo franco-arenoso, con contenido de arena de 59%, limo 35% y arcilla 6%, textura adecuada para el cultivo de arroz. La conductividad eléctrica del campo experimental era de 0.5 ds/m, lo que determina al suelo como no salino, apto para el cultivo del arroz y un pH de 6.20, que está dentro del rango aceptable y caracteriza a un suelo con cierta acidez. En lo concerniente al contenido de materia orgánica del suelo, arrojó un 0.024%, valor considerado como muy bajo. Así mismo, el nitrógeno amoniacal con nivel de 12.0 ppm, corresponde a un nivel medio; respecto al fósforo disponible, con 10 ppm, se encuentra en un nivel medio y un contenido alto de potasio disponible con 320 ppm. Los autores al caracterizar la variedad IR-43 de arroz, encontraron los siguientes resultados: altura de planta de 90-105 cm, número de macollos/golpe de 23-38, días a la floración de

96-98 días, longitud de panícula de 21.83-23.29 cm, número de panículas/golpe de 25-31, esterilidad de 20-29%, peso de 1000 granos de 28.58-29.25, y rendimiento de grano de 10,281.85-12,076.00 kg/ha.

Chiroque y Díaz (2016), en un comparativo de líneas y cultivares de arroz incluyeron la variedad IR-43 y encontraron las características siguientes: altura de planta (95.75 cm), días a la floración (73.10 días), número de macollos por golpe (25.65), longitud de panícula (26.48 cm), número de panículas (21), esterilidad (16.40%), peso de 1000 granos (28.15 g), y rendimiento de grano (9079.50 kg/ha). Asimismo, luego del análisis físico-químico realizado en muestras de suelo, encontraron las siguientes características: conductividad eléctrica (1.36), pH (7.05), calcáreo (0.00%), materia orgánica (0.40%), nitrógeno total (0.02%), fósforo (10 ppm), potasio (169 ppm), clase textural (franco-arcilloso-arenoso), CIC (12.34), y densidad aparente (1.39).

Mechato y Alemán (2018), en un estudio sobre fertilización nitrogenada con la variedad IR-43, encontraron las siguientes características fenotípicas: altura de planta (95.00-110.67 cm), días a la floración (74.33-90.33), número de macollos/mata (34), longitud de panícula (23.67-26.33 cm), número de panículas (28.67-32.33), esterilidad (16.67-33.33%), peso de 1000 granos (27.97-29.50 g), y rendimiento de grano en cascara (10 881.90-11 597.40 kg/ha).

2.7. REQUERIMIENTOS EDAFO-CLIMÁTICOS DEL ARROZ

Rodríguez (1999) al abordar el tema de los requisitos climáticos del cultivo de arroz, afirma que los factores climáticos de mayor importancia para el adecuado desarrollo y producción de la planta de arroz son la luminosidad, temperatura y la precipitación. Con respecto a la luminosidad: es un cultivo bastante exigente que requiere luminosidad alta. En relación a la temperatura: puede variar entre 18 y 35°C; sin embargo, dentro de estos límites son más adecuadas las temperaturas mayores. Las temperaturas más bajas durante la floración pueden causar debilitamiento de las plantas y predisponerlas al ataque de plagas y enfermedades. Al referirse a la precipitación: es quizá el factor más importante por ser una planta hidrófila. Requiere un buen suministro de agua durante la germinación, macollamiento, prefloración, floración, y en la primera mitad del periodo de maduración. Es por esta razón que las plantaciones anegadas (inundadas) producen mejores rendimientos. Esta planta puede crecer en terrenos inundados con la ventaja de poder almacenar el oxígeno producido en la

fotosíntesis, en sacos especiales localizados en las raíces. También, trata el tema de los requisitos particulares de suelos, en razón de ello dice que los suelos ideales para el cultivo de arroz son aquellos con textura arcillosa, arcillo arenosa o arcillo limosa, de topografía muy plana si se va a sembrar anegado, o con una ligera pendiente en caso de sembrarse en seco. Es recomendable evitar la acidez excesiva (pH menor o igual a 4.5) y la alcalinidad elevada (pH mayor o igual a 8). El pH óptimo para el cultivo se encuentra entre 5.5 y 6.5. Una gran cantidad de sales es perjudicial para la planta, por lo que deben evitarse los terrenos afectados por el movimiento de mareas. De igual manera los suelos arenosos no son aconsejables, pues tienen poca capacidad para retener agua y producen pérdida de nutrientes por lavado.

InfoAgro (s.f) al referirse a los requerimientos edafo-climáticos del cultivo de arroz, en relación al clima, mencionan que se trata de un cultivo tropical y subtropical, aunque la mayor producción a nivel mundial se concentra en los climas húmedos tropicales, pero también se puede cultivar en las regiones húmedas de los sub-trópicos y en climas templados.

El cultivo se extiende desde el 49-50° de latitud norte a los 35° de latitud sur. El arroz se cultiva desde el nivel del mar hasta los 2.500 m. de altitud. Las precipitaciones condicionan el sistema y las técnicas de cultivo, sobre todo cuando se cultivan en tierras altas, donde están más influenciadas por la variabilidad de las mismas.

En lo relativo a la temperatura, el arroz necesita para germinar un mínimo de 10 a 13°C, considerándose su óptimo entre 30 y 35°C. Por encima de 40°C no se produce la germinación. El crecimiento del tallo, hojas y raíces tiene un mínimo de 7°C, considerándose su óptimo en los 23°C. Con temperaturas superiores a ésta, las plantas crecen más rápidamente, pero los tejidos se hacen demasiado blandos, siendo más susceptibles a los ataques de enfermedades.

El espigado está influido por la temperatura y por la disminución de la duración de los días. La panícula, usualmente llamada espiga por el agricultor, comienza a formarse unos treinta días antes del espigado, y siete días después de comenzar su formación alcanza ya unos 2 mm. A partir de 15 días antes del espigado se desarrolla la espiga rápidamente, y es éste el período más sensible a las condiciones ambientales adversas. La floración tiene lugar el mismo día del espigado, o al día siguiente durante las últimas horas de la mañana. Las flores

abren sus glumillas durante una o dos horas si el tiempo es soleado y las temperaturas altas. Un tiempo lluvioso y con temperaturas bajas perjudica la polinización. El mínimo de temperatura para florecer se considera de 15°C, el óptimo es de 30°C, por encima de 50°C no se produce la floración. La respiración alcanza su máxima intensidad cuando la espiga está en zurrón, decreciendo después del espigado. Las temperaturas altas de la noche intensifican la respiración de la planta, con lo que el consumo de las reservas acumuladas durante el día por la función clorofílica es mayor. Por esta razón, las temperaturas bajas durante la noche favorecen la maduración de los granos.

Tratándose del suelo, el cultivo tiene lugar en una amplia gama de suelos, variando la textura desde arenosa a arcillosa. Se suele cultivar en suelos de textura fina y media, propias del proceso de sedimentación en las amplias llanuras inundadas y deltas de los ríos. Los suelos de textura fina dificultan las labores, pero son más fértiles al tener mayor contenido de arcilla, materia orgánica y suministrar más nutrientes. Por tanto, la textura del suelo juega un papel importante en el manejo del riego y de los fertilizantes. Respecto al pH, la mayoría de los suelos tienden a cambiar su pH hacia la neutralidad pocas semanas después de la inundación. El pH de los suelos ácidos aumenta con la inundación, mientras que para suelos alcalinos ocurre lo contrario. El pH óptimo para el arroz es 6.6, pues con este valor la liberación microbiana de nitrógeno y fósforo de la materia orgánica, y la disponibilidad de fósforo son altas y además, las concentraciones de sustancias que interfieren la absorción de nutrientes, tales como aluminio, manganeso, hierro, dióxido de carbono y ácidos orgánicos están por debajo del nivel tóxico.

Chaudhary et al. (s.f) abordan el tema de los problemas físicos y limitaciones de la producción de arroz. Respecto a la temperatura dicen, que las altas y bajas temperaturas por encima y por debajo de los límites críticos afectan el rendimiento de grano ya que inciden sobre el macollaje, la formación de espiguillas y la maduración. Las bajas temperaturas limitan la duración del período y la tasa de crecimiento y el desarrollo de las plantas de arroz. Las altas temperaturas causan estrés térmico sobre las plantas de arroz. Asimismo, indican que hasta el momento de la iniciación del primordio de la panoja, los puntos de crecimiento de las hojas y los tallos están debajo del agua y la temperatura del agua controla el crecimiento y el desarrollo de la planta. La elongación de las hojas y la altura de la planta son afectadas; sin embargo, por la temperatura del agua y del aire.

En las primeras etapas de crecimiento la temperatura del agua afecta el rendimiento por su incidencia sobre el número de panojas por planta, el número de espiguillas por panoja y el porcentaje de granos que maduran. En las etapas posteriores la temperatura del aire afecta el rendimiento incidiendo sobre el porcentaje de espiguillas no fertilizadas y el porcentaje de granos que maduran. El clima fresco favorece una mayor eficiencia del nitrógeno y la fertilización nitrogenada afecta la esterilidad en caso de bajas temperaturas. Cuando las temperaturas se encuentran por encima o por debajo de niveles críticos, la provisión de nitrógeno tiene poco efecto sobre la esterilidad.

La aplicación de mayores cantidades de fertilizantes fosfatados alivia los efectos adversos de altas cantidades de nitrógeno en la etapa reproductiva a bajas temperaturas. Existen variedades con tolerancia a bajas temperaturas durante la etapa de plántula. En caso necesario, es preferible seleccionar variedades que presenten resistencia al frío y que estén adaptadas a la región. Al referirse a la *radiación solar*, señalan que es la fuente de energía para el proceso fotosintético y la evapotranspiración, es fundamental para obtener buenos rendimientos. De igual manera, dicen que la sombra durante las etapas vegetativas afecta solo ligeramente al rendimiento y sus componentes. La sombra a los 16 días antes del espigado causa la esterilidad de las espiguillas en razón de la falta de carbohidratos. Las etapas reproductivas y de maduración son sensitivas a baja intensidad de la luz. La sombra durante las etapas reproductivas tiene serios efectos sobre el número de espiguillas. La sombra reduce en forma considerable el rendimiento debido al menor porcentaje de espiguillas llenas.

Las variedades con tallos y hojas erectas que evitan el sombreado recíproco y así interceptan más luz solar, tienen una mejor fotosíntesis y consecuentemente mejores rendimientos. Seleccionar cultivares con hoja bandera erecta y ángulo agudo y panojas que no sobresalgan en exceso de la hoja bandera de modo de minimizar la sombra de las hojas superiores durante la fase de maduración. Sembrar variedades semi-enanas que no vuelquen, con hojas superiores cortas y erectas para capturar el máximo posible de luz solar dentro del dosel de la vegetación foliar. Un índice de área foliar de 5-6 asegura una óptima fotosíntesis durante la etapa reproductiva. Para maximizar el rendimiento bajo un régimen de manejo óptimo, la época de siembra debe ser seleccionada de modo que el cultivo reciba altos niveles de radiación solar en las etapas reproductivas y de maduración

SAG-DICTA (2003), con respecto a la temperatura y radiación solar en el arroz, afirman que la temperatura no solo afecta el crecimiento, sino que también el desarrollo de la planta de arroz. Para el cultivo del arroz, las temperaturas críticas están por debajo de los 20°C y por arriba de los 32°C. Se considera que la temperatura óptima para la germinación, el crecimiento del tallo, de las hojas y de las raíces, está entre los 23 y 27°C. Con temperaturas superiores a estas, la planta de arroz crece más rápidamente, pero los tejidos son demasiados blandos, siendo entonces más susceptibles a los ataques de enfermedades.

Por otra parte, las temperaturas bajas influyen desfavorablemente en la diferenciación de las células reproductivas y por tanto causan una alta esterilidad de las espiguillas, esto es muy determinante en la etapa del “embuche” a los 14-7 días antes de la emergencia de la panícula o de la floración del cultivo. Un tiempo lluvioso, con alta nubosidad y con bajas temperaturas perjudican la polinización y por tanto causan un alto porcentaje de esterilidad de las espiguillas, resultando en una baja producción de grano. Por otra parte, tanto en los trópicos como en las zonas templadas, la producción de grano es primariamente determinada por la incidencia de radiación solar. Al referirse al factor de acidez o alcalinidad de la solución del suelo, señala que este factor influye en el grado de disolución y de absorción, que tienen los nutrientes a diferentes pH. El arroz prospera mejor en suelos ligeramente ácidos (pH 6.5-7.0). Aunque también puede cultivarse arroz en forma satisfactoria en suelos problemáticos que sean ligeramente alcalinos (pH 7.0-7.5), pero aquí se recomienda aplicar pequeñas cantidades de zinc en los inicios del desarrollo del cultivo. Cuando los suelos son muy ácidos, el productor tendrá que recurrir a otras prácticas tales como encalado del suelo, para reducir la acidez del suelo. Cuando las aplicaciones de fertilizantes son apropiadas, el arroz crece y desarrolla muy bien, obteniéndose buenos rendimientos, aunque debe de tenerse en cuenta que a la vez es necesario un buen control de malezas y una adecuada humedad del suelo para una alta productividad del cultivo.

Moquete (2010), indica que los principales factores climáticos son la radiación solar y la temperatura. La radiación solar, medida en calorías/cm²/día, es la fuente de energía que la planta requiere para los procesos de fotosíntesis y de evapotranspiración. Además, Matsuo *et al.* (1995) citado por Moquete (2010), dice que esta variable climática es considerada la que afecta más al rendimiento del arroz. Por otro lado, manifiesta que una baja radiación solar durante la fase vegetativa afecta muy poco al rendimiento y sus componentes, mientras que en la fase reproductiva reduce notablemente el número de espiguillas. Pero, también,

puede aumentar el daño causado por las plagas y enfermedades (Chaudhary *et al.* 2003, citado por Moquete (2010). Los mayores rendimientos se consiguen cuando el cultivo recibe más de 400 calorías/cm²/día durante la formación y desarrollo de la panícula. Se estima que una hora de luz proporciona 50 calorías/cm². Igualmente, sostiene que en la etapa de floración temperaturas por encima de 32°C en horas de la mañana provocan que el polen de las flores no germine, lo cual puede generar el vaneamiento de la panícula. Pero, también, estos niveles de temperaturas durante el llenado de los granos aceleran su maduración y, consecuentemente, incrementan el contenido de centro blanco y el rompimiento del arroz en el molino. El autor concluye que la temperatura óptima para el cultivo fluctúa de 25 a 32°C. Refiriéndose a la humedad relativa cuando esta es alta (>80%) favorece la incidencia de enfermedades foliares en las variedades susceptibles. En las áreas de regadío las lluvias no son tan necesarias, excepto cuando los ríos empiezan a secarse y se reduce el agua disponible para el riego.

Olmos (2007) al referirse a la eco-fisiología del cultivo de arroz dice: la germinación y el desarrollo de la plántula óptimo comienza cuando la dormancia de las semillas se rompe, esto se logra mediante la absorción de una adecuada cantidad de agua y la exposición a temperaturas entre 20-40°C, óptima 30-35°C.

El periodo de siembra a emergencia dura entre 5 a 30 días dependiendo de las condiciones ambientales (temperatura y humedad). Los factores que promueven o condicionan el macollamiento son el genotipo, la lámina de agua (menores a 10 cm), fertilidad del suelo, fertilización, adecuado stand de plantas, condiciones sanitarias (incluyendo competencia de malezas). Temperatura ambiente (menores a 15-19°C y superiores a 34°C paralizan el macollamiento, siendo óptima entre 32-34°C). La antesis ocurre durante la mañana y mediodía cuando hay mayor temperatura y la fertilización de las flores se completa dentro de las 6 horas. Dentro de una misma panoja se necesitan unos 7-10 días para que todas las espiguillas completen la antesis. Las espiguillas superiores son las primeras en florecer.

El periodo crítico de sensibilidad a las bajas temperaturas ocurre durante la formación de los granos de polen (meiosis). Este periodo crítico se presenta 8-10 días antes de la floración. Temperaturas mínimas iguales o debajo de 12°C pueden provocar vaneamiento por bajas temperaturas. En el periodo de llenado de granos es muy importante la intensidad de la luz

porque cerca del 60% de los carbohidratos traslocados desde las hojas al grano se fotosintetizan durante esta etapa.

2.8. LA AGRICULTURA SUSTENTABLE

Según Altieri (1999), la agricultura sustentable generalmente se refiere a un modo de agricultura que intenta proporcionar rendimientos sostenidos a largo plazo, mediante el uso de tecnologías ecológicas de manejo. Esto requiere que el sistema agrícola sea considerado como un ecosistema (de aquí el término agro-ecosistema) debido a que la agricultura y la investigación no están orientados a la búsqueda de altos rendimientos de un producto en particular, sino más bien a la optimización del sistema como un todo. Se requiere además ver más allá de la producción económica y considerar la cuestión vital de la sustentabilidad y estabilidad ecológica.

Para Masera *et al.* (1999), el concepto de sustentabilidad según el marco de evaluación MESMIS se define a partir de cinco atributos generales de los agro-ecosistemas o sistemas de manejo y son: a) la productividad; b) la estabilidad, confiabilidad y resiliencia; c) la adaptabilidad; d) la equidad y, e) la auto dependencia (autogestión).

Sarandón *et al.* (2006), definen la agricultura sustentable como aquella que “permite mantener en el tiempo un flujo de bienes y servicios que satisfagan las necesidades socioeconómicas y culturales de la población, dentro de los límites biofísicos que establece el correcto funcionamiento de los sistemas naturales (agro ecosistemas) que lo soportan”.

Sarandón (2002b), sostiene que la sustentabilidad es un concepto complejo porque pretende cumplir con varios objetivos en forma simultánea que involucran dimensiones productivas, ecológicas o ambientales, sociales, culturales, económicas y fundamentalmente, temporales. De igual manera, sostiene que la agricultura sustentable debe cumplir satisfactoria y simultáneamente con los siguientes requisitos: Ser suficientemente productiva, ser económicamente viable, ser ecológicamente adecuada que conserve la base de recursos naturales y que preserve la integridad del ambiente en el ámbito local, regional y global y, ser cultural y socialmente aceptable.

Sala (1994), al referirse a la agricultura sustentable dice que es una de las prácticas fundamentales para alcanzar una biosfera sustentable, y se centra en el establecimiento

productivo, chacra o estancia, y define un establecimiento sustentable como aquel que produce adecuada cantidad de alimentos de alta calidad, protege sus recursos y es ambientalmente seguro. Una chacra sustentable, en vez de depender de la compra de productos químicos como fertilizantes, se basa en los procesos naturales y en los recursos renovables que se pueden extraer de la misma chacra. Asimismo, sostiene que la agricultura sustentable, en general, pretende dar respuesta a serios problemas de la agricultura, como son el alto costo energético, la erosión del suelo, la contaminación de las capas freáticas, la pérdida de productividad, la disminución de los ingresos del productor y los riesgos para la salud de la población.

Más que una lista de recomendaciones, la agricultura sustentable es una visión sistemática que se basa en la comprensión de las complejas interacciones que existen en los agroecosistemas. Por otro lado dice, que la agricultura sustentable no es un regreso a los métodos anteriores a la revolución industrial, sino que combina técnicas tradicionales de conservación con métodos modernos. Los sistemas sustentables usan equipos modernos, prácticas de conservación del suelo y del agua e innovaciones en el manejo del ganado. Son numerosas las técnicas que llevan a una agricultura sustentable y muchas de ellas han recibido nombres propios, tales como agricultura de bajos insumos o agricultura orgánica. Todas ellas se basan en la rotación y diversificación de cultivos, en la diversificación del tipo de animal doméstico, en la conservación del suelo y en el control natural de plagas y malezas. Todas estas técnicas proponen disminuir el uso de recursos externos al establecimiento (combustibles, fertilizantes, pesticidas) y reemplazarlos por recursos renovables de la misma unidad. Estos recursos internos pueden ser el control biológico de plagas, el nitrógeno de fijación biológica o la energía eólica o solar.

Raeburn (1984), plantea que para lograr la sustentabilidad es necesario comprender en detalle los cuatro sistemas de la agricultura: a) Biológico: plantas y animales y los efectos de los factores físicos y químicos (clima, suelo) y de las actividades de manejo (riego, fertilización, labranza) sobre la actividad vegetal y animal. b) Trabajo: las tareas físicas de la agricultura y de qué manera pueden lograrse combinar mano de obra, experiencia, maquinaria y energía. c) Económico: los costos de producción y los precios de los cultivos cada día más altos, las cantidades producidas y utilizadas, los riesgos y todos los otros determinantes del ingreso agrícola, y d) Socioeconómico: mercados para productos

agrícolas, derechos de uso de la tierra y mano de obra, maquinaria, combustible, insumos, crédito, impuestos, investigación, asistencia técnica, etc.

Sarandón (2002a), dice que la agricultura moderna se caracteriza por su uniformidad a nivel genético y específico (Ej. híbridos simples de maíz), a nivel parcela (toda la parcela sembrada con la misma especie, sin presencia de vegetación espontánea: malezas), a nivel de finca (grandes superficies con unos pocos cultivos) y a nivel región (zonas productoras de determinados cultivos), lo que se traduce también en la uniformidad del paisaje.

Sarandón y Flores (2014), al referirse a la insustentabilidad del modelo de agricultura actual dicen, que es cierto que la tecnificación de la agricultura ha incrementado a través de un mayor rendimiento de los cultivos, la producción de alimentos en el mundo. Pero no es menos cierto, también que esto ha estado basado en el uso de dosis masivas de insumos costosos y/o escasos: combustibles fósiles, plaguicidas, fertilizantes, semillas híbridas, maquinarias, agua para riego, etc. Este modelo de agricultura, tampoco ha logrado solucionar el problema del hambre en la población mundial: actualmente hay 1.200 millones de personas desnutridas, con dietas que no cumplen el mínimo necesario de calorías.

2.9. INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD

Según Gallopín (1996), los indicadores pueden ser definidos como variables que deben conceder información sobre la condición y/o tendencia de un atributo considerado como relevante en el sistema. Deben también dar información para el proceso de toma de decisiones. Son escogidos para describir la evolución del sistema de interés y/o para determinar su comportamiento en relación a metas u objetivos. Los indicadores son la representación operativa de los atributos.

García y Staples (2000), sostienen que los indicadores son variables, apuntadores o índices relacionados con un criterio específico. Sus fluctuaciones revelan la variación de aquellos atributos clave en el ecosistema. La posición y tendencia del indicador en relación al valor de referencia indica el estado actual y la dinámica del sistema.

Para Quiroga (2001), los indicadores de sustentabilidad proveen señales que facilitan la evaluación de progreso hacia objetivos que contribuyen a lograr la meta de lograr el bienestar humano y eco-sistémico en forma simultánea.

Belcher *et al.* (2004), dicen que los indicadores son parámetros con los que se puede evaluar la sustentabilidad de un sistema complejo ya que sirven para monitorear cambios a través del sistema, incluyendo los componentes económicos y biofísicos.

Moldan y Dahl (2007), plantean que la idea de emplear un conjunto de indicadores como forma de medir la sostenibilidad ha ganado en popularidad y actualmente se observa varios gobiernos y agencias que dedican sustanciales recursos para el desarrollo e implementación de indicadores de sostenibilidad. Actualmente la importancia de disponer de indicadores de sostenibilidad radica en la posibilidad de proporcionar a los responsables políticos un instrumento mediante el cual se presente la información, de manera concisa y representativa, de forma que sea entendida y usada fácilmente como base del proceso de toma de decisión política.

2.10. ANTECEDENTES EXPERIMENTALES DE SUSTENTABILIDAD

Pinedo *et al.* (2018), en quinua lograron identificar cuatro sistemas productivos, teniendo sostenibilidad los sistemas: orgánico, mixto y convencional. El sistema de producción tradicional no alcanzó el umbral mínimo de 3 en la dimensión económica, por lo que fue calificada como no sustentable por el análisis multidimensional. Asimismo, sostienen que el sistema orgánico tiene posibilidades de mantenerse por encima del umbral mínimo de sostenibilidad, siempre que se mejoren los indicadores evaluados.

Meza y Julca (2015) caracterizaron los sistemas de cultivo con yuca, y encontraron que es diversificado por su manejo asociado con otros cultivos. Para la sustentabilidad se obtuvo un promedio de 3.64 que corresponde a un nivel de sustentabilidad intermedia y los puntos críticos están identificados, y relacionados con agro-forestaría, diversidad de cultivares y el área destinada a la producción de yuca.

Perales *et al.* (2009), en arveja lograron identificar dos zonas homogéneas de producción, una con riego y otra en seco. Asimismo, encontraron que en la primera zona prevalecen los sistemas de cultivo con fertilización química y rotación con leguminosas. En la segunda zona prevalecen los sistemas de cultivos con descanso corto (1 año) y con fertilización orgánica.

El manejo de suelos en ambas zonas se caracteriza por la remoción de los residuos de los cultivos, reducida aplicación de fertilizantes orgánicos o inorgánicos y deficiente rotación de cultivos, a estos se suman la labranza intensiva y riego inadecuado en la zona conducida bajo riego. Los indicadores de sustentabilidad del manejo de suelos en la producción de arveja seleccionados fueron: El carbono y Nutrientes del suelo, densidad aparente de la capa arable, cobertura vegetal, la presencia de malezas, el rendimiento y nodulación simbiótica de la arveja, la incidencia de plagas y enfermedades. Los sistemas de manejos de suelos en ambas zonas de producción identificadas no fueron sustentables. Igualmente, los puntos críticos identificados en ambas zonas fueron el manejo de cobertura vegetal, fertilizantes, labranza y rotación de cultivos.

Peña *et al.* (2016) aplicando prácticas agrícolas sostenibles, en todos los casos encontraron que el rendimiento de los cultivos fue superior en las variantes tratadas en relación con el control. Por tanto, cuando se usó cobertura muerta en cebolla y tomate, el mayor rendimiento se obtuvo con el tratamiento con restos de cosecha de arroz: 14.08 y 31.25 t.ha⁻¹, respectivamente. En el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) la mejor combinación fue la aplicación conjunta de Fitomas E y Biobras 16, con un rendimiento de 2.23 t.ha⁻¹. La producción de maíz fue superior en más del 50% cuando se usó microorganismos eficientes en correspondencia con el variante control. Finalmente concluyeron, que las prácticas agrícolas evaluadas contribuyeron a mejorar la respuesta productiva en todos los cultivos donde fueron aplicadas.

Rivera *et al.* (2011) evaluaron los efectos de tres subproductos agrícolas de bacterias fijadoras de N, y encontraron que los subproductos agrícolas promovieron la calidad del suelo y la densidad poblacional de bacterias de los géneros *Azospirillum*, *Azotobacter* y solubilizadoras de P, además las plantas crecieron mejor y produjeron mayor cantidad de biomasa. La pollinaza al 1% fue el mejor tratamiento, mientras que al 3% produjo fitotoxicidad, las plantas de limón murieron a los seis meses después del trasplante. Por lo tanto, concluyen que los subproductos agrícolas pueden ser una alternativa de fertilización al utilizarlos como soportes orgánicos de bacterias promotoras de crecimiento vegetal, debido a que mejoran la calidad del suelo y aumentan el crecimiento de la planta.

Castelán *et al.* (2014), efectuaron la evaluación de la sustentabilidad de tres localidades campesinas y los resultados demostraron que las localidades de Xilepa y Tlalacruz se

encuentran en un nivel crítico de sustentabilidad al presentar valores de 0.34 y 0.40, respectivamente, y San Pablito con un nivel inestable de 0.52. En tanto, la dimensión ambiental presentó la mayor limitación para la sustentabilidad de estas localidades. En consecuencia, concluyen que es necesario diseñar y ejecutar planes y programas de desarrollo rural, que permitan promover y mejorar la sustentabilidad de estas localidades para asegurar su permanencia en el tiempo e incrementar su calidad de vida.

Álvarez (2005) evaluaron la fertilización orgánica en arroz, y encontraron que en el periodo de lluvias 2000 el uso de fertilizantes químicos produjo 12% más grano que el testigo sin N, y Fertipollo 6%. Con 90 kg. N/ha se obtuvieron rendimientos 10% superiores al testigo sin N. En el periodo seco 2000-2001, con la aplicación de la mezcla de fertilizantes químicos y Fertipollo se lograron rendimientos en grano 50% superiores al testigo sin N, los fertilizantes químicos 49% y Fertipollo 42%. La rentabilidad de la fertilización química fue 196% superior a la de la mezcla de fuentes. Finalmente, el autor plantea que debería considerarse la opción de mezclar fertilizantes químicos con orgánicos para obtener la elevada respuesta al N de los primeros y el impacto sobre la fertilidad del suelo de los segundos, al aplicarlos en forma periódica durante varios años.

Gómez *et al.* (2017) evaluaron la siembra directa en arroz como una alternativa para mejorar la sustentabilidad, y encontraron que los mayores rendimientos se obtienen en la siembra directa en hileras (SDH), siembra directa al voleo (SDV) y el sistema intensivo de cultivar SICA, que rindieron en promedio 6.27, 6.19 y 6.13 t ha⁻¹, respectivamente e igualmente, fueron también las que alcanzaron las producciones más altas de materia seca. Los sistemas de trasplante en hileras y convencional alcanzaron los menores rendimientos con 4.17 y 4.14 t ha⁻¹. Finalmente, concluyeron que los índices de cosecha son más altos en la siembra directa que en trasplante, obteniéndose más grano cáscara por tonelada de biomasa producida por hectárea.

Díaz *et al.* (2009) estudiaron diferentes prácticas agrícolas para buscar sostenibilidad en la producción arroz, los resultados encontrados demostraron que el monocultivo del arroz degrada la fertilidad física y química del suelo, mientras que la rotación de cultivos permite recuperar la fertilidad perdida y se logran producciones estables y sostenibles.

Aguilar *et al.* (2011) evaluaron la sostenibilidad ambiental, económica y social del cultivo de maíz, y encontraron que los sistemas alternativos con uso de abono verde presentaron mejores resultados en los aspectos agronómicos. Los sistemas con modificación de la densidad poblacional obtuvieron un mayor rendimiento de grano y una mayor rentabilidad financiera. El análisis final integrado logró determinar, que los sistemas alternativos obtienen mejores resultados, aunque los sistemas roza-tumba-quema (R-T-Q), por la adaptación al medio ambiente, obtuvo resultados positivos en algunas variables.

Díaz *et al.* (2017) estudiaron la sostenibilidad social de los subsistemas productivos de tomate de árbol, y encontraron que la producción de tomate de árbol en las fincas del Cantón Guachapala es socialmente sustentable. Sin embargo, el acceso a la educación, el conocimiento y conciencia ecológica, son variables que tienen valores críticos y podrían afectar de manera negativa, su sostenibilidad en el futuro.

Márquez *et al.* (2016) al estudiar la sustentabilidad ambiental en fincas cafetaleras, los resultados reportan que cuando los responsables de las fincas pasaron a trabajar con un sistema certificado de producción orgánica, la producción alcanzó un mayor Indicador General Ambiental (IA=2.71), más alto que el que alcanzó el sistema de producción convencional (IA=2.08). Asimismo, el número de fincas sustentables ambientalmente, aumentó con el proceso de certificación orgánica. Cuando producían café convencional, el 66.60% de las fincas eran ambientalmente sustentables, la cifra aumentó a 91.10%, siete años después. El rendimiento de café, aumentó de 665.16 kg/ha (cuando se trabajaba con el sistema convencional) a 858.38 kg/ha (con el sistema orgánico); es decir, hubo un incremento de la productividad de un 29.04%. Igualmente, la calidad de café también mejoró y pasó de 80.64 (cuando se trabajaba con el sistema convencional) a 82.56 puntos (con el sistema orgánico). Finalmente, encontraron que el sistema de producción orgánica alcanzó un Indicador de Sustentabilidad Económica (IK=2.06) más alto que el que alcanzó el sistema de producción convencional.

Kenmogne *et al.* (2018) estudiaron el uso de cobertura vegetal para la producción sostenible y la calidad nutricional de arroz, y hallaron que los sistemas de cultivo mejoraron la calidad nutricional de NERICA. El contenido total de proteínas de la variedad NERICA 3 bajo DVC y MVC fue 84.8% y 75.0% más alto que el control, respectivamente. El contenido total de carbohidratos solubles de NERICA 8 bajo LVC y MVC fue 73.2% y 57.3% más alto que el

control, respectivamente. Estos resultados sugirieron que el enfoque conservador, como la siembra directa en suelo no arado con sistemas de cobertura vegetal, puede mejorar la calidad nutricional de las NERICA de secano y su producción sostenible bajo suelo pobre de oxisol en África subsahariana.

Barreto y Julca (2017) estudiaron la caracterización y sostenibilidad de los sistemas agropecuarios tradicionales, y encontraron que la sustentabilidad económica, es diferente en cada zona de estudio; pero en ambos casos, la mayor parte de variables evaluadas, tienen valores lejos de los niveles óptimos de sostenibilidad. Los componentes de la sustentabilidad social, tuvieron valores bastante parecidos en las dos zonas de estudio; pero en ambos casos lejos de los niveles óptimos de sostenibilidad. La sustentabilidad ecológica, también es diferente en cada zona de estudio y, también en este caso, tuvieron valores lejos de los niveles óptimos de sostenibilidad.

Reina y Julca (2016) evaluaron la sustentabilidad en sistemas agropecuarios, y lograron determinar los sistemas productivos y la calidad de vida de las familias, visualizando desde el punto de vista ambiental, social, económico y una débil organización comunitaria. Determinaron tres grupos de fincas agropecuarias, siendo uno de ellos, el mayor, que representa a los sistemas agro-silvo-pastoriles con un 77 por ciento. Lograron determinar también, que las zonas destinadas para los sistemas agro-silvo-pastoriles, correspondieron a 1413 ha con pendiente que va del 6 al 11 por ciento. Finalmente, la sustentabilidad del sistema, se ubicó en Inestable, con un índice promedió estandarizado de 2.14.

Collantes y Rodríguez (2016) estudiaron la sustentabilidad de los agro-ecosistemas de palto, y encontraron 23 taxa de depredadores, destacando *Ceraeochrysa cincta* y *Gasteracantha cancriformis*; y 10 familias de parasitoides, siendo *Braconidae* e *Ichneumonidae* las más abundantes. Lograron conformar cinco grupos de fincas, de los cuales resaltó el primero con fincas productoras de mandarina para exportación, nivel de instrucción técnico, servicios completos e inversión por campaña agrícola superior a S/ 15 000,00/ha. Sólo las fincas del grupo 3, con cultivos diversificados y crianza animal, fueron sustentables.

Ríos y Díaz (2016) estudiaron la sostenibilidad del cultivo del arroz, y los resultados encontrados reportan que la dimensión ambiental obtuvo un promedio general de 8.3, lo cual refleja que existe sostenibilidad ambiental en el manejo del cultivo. En la dimensión

económica existe sostenibilidad con un adecuado manejo del cultivo, obteniendo un promedio de 10, lo cual indica que las ganancias son superiores a los gastos en el cultivo, los productos tienen un mercado garantizado con una alta demanda, todos los ingresos provienen de la producción del cultivo del arroz generando los ingresos necesarios para la continuidad productiva. En la dimensión social se logra la máxima puntuación ya que la calidad de vida de los trabajadores es buena, permitiendo cubrir sus necesidades relacionándose con los beneficios que se obtienen de los ingresos provenientes de la producción.

Aquino y Jiménez (2018) evaluaron la sustentabilidad del cultivo de Tarwi, y encontraron que la rotación de factores, generó tres variables sintéticas, recursos del predio, realidad socio-ambiental y dimensión social; la variable, extensión de terreno de cultivo, fue la más influyente que explica el problema de caracterización. El índice de sustentabilidad general, satisfacen las condiciones de sustentabilidad, alcanzando las 3/4 partes porcentuales de las UPT como sustentables. Las dimensiones, por dominio de recomendación (ambientes) indicaron ser sustentables y sus puntos críticos en la dimensión económica, fue la superficie de producción de autoconsumo, en la ecológica, el manejo de cobertura vegetal y en sociocultural, acceso a salud y cobertura sanitaria.

Palomeque y Loli (2016) estudiaron la sustentabilidad en sistemas agrícolas, los resultados determinaron que los sistemas en estudio se caracterizaron como fincas individuales de atributos en común en los cultivos de limón, cacao y bambú, estableciéndose la comprobación de ser sistemas sustentables, con independencia económica, diversificación de cultivos, diversificación natural, con problemas en la poca disponibilidad de canales de comercialización y con ventajas claras en disponibilidad óptima de servicios básicos.

Contreras y García (2018), en un estudio de sustentabilidad de la producción de papa, y determinaron que el sistema de producción de papa en la región Lima no es sustentable, al haber hallado 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. A través de 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. Los autores concluyeron, 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.

Painii y Camarena (2018), estudiaron la estabilidad de líneas de soya, y lograron determinar que el genotipo So ITAV 7 obtuvo el mayor rendimiento promedio de grano, en comparación al resto; así como, el que presentó mayor estabilidad en ambientes, lograron determinar que el 100% de las Unidades Productivas Agropecuarias que realizan producción de soya alcanzaron un Indicador Económico (IK) >2, el 65% un Indicador Sociocultural (ISC) >2 y el 99 por ciento un indicador Ecológico (IE) >2. El 88 por ciento tuvo un Índice de Sustentabilidad General (IS Gen) >2, lo cual manifiesta la sustentabilidad del sistema productivo de soya bajo el método de análisis multidimensional asumido.

Nascente y Stone (2018), evaluaron el efecto del uso de cultivos de cobertura, con la finalidad de mejorar las propiedades físico y químicas del suelo, y permitir el desarrollo sostenible de la rotación arroz y soya, y encontraron que los cultivos de cobertura solos no proporcionaron cambios en las propiedades químicas del suelo. Sin embargo, la rotación cultivos de cobertura / cultivos comerciales / cultivos de cobertura / cultivos comerciales, redujo el pH, Al y H; por el contrario, se vio incrementado los contenidos de Ca, Mg y Fe en el suelo. Asimismo, a pesar de la mejora de las propiedades físicas del suelo después de dos años de rotación con cultivos de cobertura y cultivos comerciales, la calidad física del suelo todavía estaba por debajo del nivel recomendado, mostrando valores de macroporosidad, índice *S* y capacidad de aireación del suelo inferior a 0.10 m³/m³, 0.035 y 0.34, respectivamente. La producción de arroz en tierras altas fue mayor en las mezclas de cultivos de cobertura que en el barbecho, principalmente debido a los cambios físicos en el suelo realizados por estas mezclas de cultivos de cobertura. Finalmente, estos autores concluyeron que el rendimiento del grano de soja fue similar en todos los cultivos de cobertura analizados, pero fue mayor después de los cultivos de rotación/arroz de tierras altas/cultivos de cobertura que después de un solo ciclo de cultivos de cobertura.

Santistevan *et al.* (2014), caracterizaron fincas cafetaleras, y encontraron que las fincas cafetaleras son muy complejas, que las familias tienen una alta dependencia del cultivo de café; pero tienen pequeñas áreas dedicadas a otros cultivos, aunque sin mayor aplicación

tecnológica y cuya producción se destina mayormente al autoconsumo familiar. También, encontraron que hay un déficit importante de servicios básicos en la zona bajo estudio. El análisis de conglomerado por el Método de Ward, agrupó a las fincas en siete grupos. Uno de los grupos estuvo conformado por las fincas 19, 24, 36 y 81, estas cultivan el mismo tipo de café y obtienen los mismos rendimientos de café cerezo.

Machado *et al.* (2014), caracterizaron agro-ecosistemas de café, y los resultados permitieron identificar como puntos críticos el rendimiento en la producción y el riesgo económico e indican que estos factores constituyen las principales limitantes para transformar el sistema cafetero hacia una producción sostenible; sin embargo, la seguridad alimentaria tiene valores altos en la mayor parte de las fincas a pesar de las deficiencias en la productividad del café. Los autores concluyeron que los indicadores usados en este trabajo, no dan cuenta de todas las condiciones internas y externas que afectan los agro-ecosistemas, pero destacan factores relevantes para la reproducción social de las familias campesinas.

Sanistevan *et al.* (2015), estudiaron la caracterización de fincas de limón, y los resultados encontrados indican que las fincas limoneras son muy complejas, que las familias tienen una alta dependencia de este cultivo, un grupo representativo de agricultores tienen otro tipos de cultivo dentro de la misma finca, lo que permite que exista un poco más de ingresos económicos para las familias. Se encontró también, que un grupo posee monocultivos haciendo más vulnerable la estabilidad económica, ya que solo dependen de los ingresos por la venta de limón, el mismo que tiene variaciones de precios en el año. Asimismo, encontraron que hay un déficit importante en las vías de comercialización en la zona bajo estudio. El análisis de conglomerado por el Método de Ward, aglomero a las fincas en cuatro grupos. Uno de los grupos estuvo conformado por las fincas número: 40, 50, 51, 52, 53, 54, 65, 70, 77, 82 y 86, este grupo de fincas tiene varias variables similares; es decir, utilizan el mismo patrón, similar rendimiento y las fincas están asociadas con hortalizas.

Krugel *et al.* (2017), caracterizaron el sistema de producción de arroz agroecológico, y los resultados permitieron identificar a los productores y a los respectivos métodos de producción sostenible de arroz. Los autores demostraron que existe una baja productividad en las áreas de producción de arroz agroecológico, debido a la no utilización o la utilización de forma inadecuada de los abonos orgánicos, careciendo de asistencia técnica para esta y otras prácticas agronómicas. Entre tanto, el bajo costo de producción y el mayor valor por el

pago a la producción orgánica certificada resulta un gran retorno financiero para la mayoría de productores. Finalmente, concluyen que existe una perspectiva favorable para la creación de este nuevo modelo de producción “agroecológico”, el cual promoverá el desarrollo rural sostenible. En tanto, para que esto ocurra existe la necesidad de una asistencia calificada por los órganos de enseñanza, en investigación y extensión.

Espinoza y Ríos (2016), caracterizaron agroecológicamente los sistemas de producción de cacao, y los resultados del estudio identificaron que los sistemas productivos de cacao se abordan con dos sistemas tecnológicos contrastantes: 1) de forma tradicional o sistemas complejos locales, dentro del concepto de integralidad de manejo del territorio, y 2) en sistemas de explotación comercial moderna (alta densidad de siembra, uso de controles químicos, patrones introducidos y material vegetal de clones importados). Algunos miembros de la comunidad manifiestan que la tendencia a aumentar las densidades de siembra del cacao se distancia de la visión de algunos pobladores de mantener bajas densidades (400 árboles ha⁻¹). La amplia gama de circunstancias ambientales del territorio y la alta complejidad social y eco-sistémica establecen retos muy particulares que permiten identificar la sostenibilidad de los sistemas productivos desde la eficiencia energética y de la inserción a los mercados.

Forclaz *et al.* (2007), caracterizaron los sistemas de producción de arroz, y lograron distinguir cinco conglomerados, teniendo en cuenta, además de la superficie, variables referidas a la tecnología y mano de obra, diferenciándose de los estratos encontrados con clasificaciones previas que establecen cuatro estratos: estrato 1 (menos de 100 ha), estrato 2 (entre 101 y 200 ha), estrato 3 (entre 201 y 500 ha) y estrato 4 (más de 500 ha).

Dellepiane y Sarandón (2008), evaluaron la sustentabilidad de fincas hortícolas orgánicas, y encontraron que los sistemas orgánicos presentaron diferencias importantes, con una buena sustentabilidad ecológica en general, pero algunos problemas de manejo de suelos en particular. El manejo del suelo fue menos sustentable que el manejo de la diversidad vegetal y la materia orgánica. El aspecto socioeconómico fue más variable entre las fincas y estuvo lejos de la situación ideal, sobre todo por el riesgo económico. Se encontró una relación positiva entre la estabilidad económica y los años de horticultura orgánica. Los resultados confirman la necesidad de evaluar la sustentabilidad de los sistemas productivos mediante

indicadores que puedan ser empleados como herramientas en los sistemas de certificación de la producción orgánica.

Herzog (2011), evaluó la sostenibilidad socioeconómica y ambiental en la producción de café arábico convencional y orgánico, y reporta que el uso de indicadores de sustentabilidad a partir de un marco metodológico con enfoque agroecológico, resultan ser una herramienta eficaz para determinar y evaluar la sustentabilidad ecológica, económica y social de los sistemas de cultivo de café arábico familiar. Asimismo, concluye que las fincas cafetaleras y sistemas de cultivos con desempeño superior al nivel regular, principalmente los cultivos orgánicos y las de buenas prácticas agrícolas, en el proceso de transición agroecológica, presentaron niveles más avanzados y condiciones favorables para solucionar sus puntos críticos débiles y alcanzaren mejores grados y niveles de sustentabilidad.

Merma y Julca (2012), caracterizaron predios y midieron la sustentabilidad de fincas, los resultados muestran que el área promedio de las fincas es de 12.38 ha, la producción en la región es diversificada con un patrón de cultivos prevalentes como el café, cacao, té, coca y frutales tropicales para la venta, junto a cultivos anuales y crianzas para el autoconsumo. La economía de los agricultores es crítica, el ingreso económico promedio en la zona está por debajo de los índices oficiales. Hay problemas ecológicos como quemas e incendios forestales (21.7%), deforestación (15.1%) y sequías prolongadas (15.1%). La presión de uso sobre la tierra es moderada, los sistemas productivos de subsistencia representan el 46.2 % y los semi-intensivos para la venta 53.8 %. La evaluación de sustentabilidad calificó como sustentables a las fincas con cultivos de mango (2.87), cacao (2.82), plátano (2.80), cítricos (2.63), papaya (2.57) y como no sustentables a las fincas con té y coca, por no haber alcanzado los valores mínimos (2).

Salazar (2012), caracterizaron sistemas agroecológicos de cacao orgánico, y concluyó que las cinco “fincas tipo” presentaron condiciones biológicas y meteorológicas óptimas para el desarrollo del cultivo de cacao. Edafológicamente, las cinco fincas son aptas para el cultivo de cacao; sin embargo, hay algunas diferencias químicas entre ellas. La finca de Nodia tuvo un suelo ideal para el cultivo, mientras que las fincas de Maribel y de Tany tuvieron una deficiencia de potasio que vendría a ser provocado por un desbalance por el exceso de calcio. Las fincas de Yorley y Carlota tuvieron problemas de acidez intercambiable y un porcentaje de saturación de acidez muy alto, que implica mucho contenido de aluminio libre, el cual es

tóxico para las plantas. En este sentido, para el desarrollo del cultivo, es apropiada la aplicación de una enmienda permitida por la certificación orgánica de cal (Ca), a una dosis localizada de 100 gramos por arbolito sembrado. Finalmente, logró recopilar información relevante para realizar y proponer un diseño de siembra, el cual fue aceptado, por parte de las beneficiarias, para el establecimiento del cultivo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

El presente trabajo se ejecutó en el Departamento de Tumbes, en la Provincia de Tumbes y Distrito del mismo nombre. El lugar de estudio fue San Pedro de los Incas, en la margen izquierda del río Tumbes. En esta zona, los suelos suelen ser arcillosos y en gran parte de ellos hay indicios de la presencia de sales. La agricultura es intensiva, se realizan dos siembras por año, y la modalidad de siembra con frecuencia es monocultivo, con fuerte presencia de maquinaria pesada y uso desmedido de agroquímicos. Los riegos son esencialmente por gravedad y el agua utilizada es obtenida de la única fuente que es el río (Figura 2).



Figura 2. Zona de ejecución del estudio

Las principales actividades en la región de Tumbes son el comercio, la pesca y la agricultura. Los cultivos de arroz y plátano, en ese orden, son los de mayor importancia por el área sembrada. Este departamento tiene un río que lleva el nombre de la ciudad, cuyo origen está en Ecuador y recorre parte de la cuenca de Perú, dispone del recurso hídrico todo el año, atravesando en su recorrido, el centro de la ciudad.

El departamento de Tumbes se encuentra situado en la costa septentrional en el extremo noroccidente del territorio del Perú, sus coordenadas geográficas se sitúan entre los 50 10' y 80 52' de Latitud Sur, 750 35' y 770 45' de Longitud Oeste del meridiano de Greenwich. Se encuentra limitado por el norte y sur este con la Republica del Ecuador, por el sur con el departamento de Piura y por el oeste y norte con el Océano Pacífico. Es el departamento con menor superficie del Perú (4,669.20 km²), el territorio es poco accidentado y comprende tres provincias (Tumbes, Zarumilla y Contralmirante Villar) (**Figura 3**).



Figura 3. Mapa físico del departamento de Tumbes-Perú. (Fuente: Google mps)

El clima es semi-tropical corresponde a una zona de transición entre el régimen tropical húmedo y ecuatorial y el desértico de la costa peruana. La temperatura máxima en el mes de marzo puede llegar hasta 30° y la mínima a 22°, con precipitación pluvial media total de 54.90 mm. Las estaciones notables son una de verano y la otra de invierno, las lluvias son estacionales y se presentan de noviembre a marzo. Presenta un río (Río Tumbes) y es uno de los mayores de la costa peruana, nace en los contra-fuentes del Ecuador, en la sierra de Zaruma, con un recorrido total de 180 km, y en territorio peruano de 130 km (INEI 2000).

3.2. METODOLOGÍA

3.2.1. Área de estudio

El área de estudio se dividió en tres secciones denominadas: Sistema Agrícola 1(SA1), Sistema Agrícola 2 (SA2) y Sistema Agrícola 3 (SA3). El criterio para el seccionamiento fue la ubicación de las parcelas con referencia al río.

3.2.2. Tamaño de la población

La población de estudio estuvo fue de 195 agricultores que tienen en total de aproximadamente 3200 ha de cultivo de arroz.

3.2.3. Tamaño de la muestra

Para definir el tamaño de muestra, se usó la fórmula de Scheffer (Herrera 2009). La muestra fue de 98 agricultores, conformada por 33 agricultores para el Sistema Agrícola 1 (SA1) y Sistema Agrícola 2 (SA2), más 32 agricultores del Sistema Agrícola 3 (SA3).

La fórmula de Scheffer es la siguiente:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * p}{d^2 * (N - 1) + Z^2 * p * p}$$

Donde:

N = Tamaño de población

Z = Nivel de confianza (1.96)

p = Probabilidad de éxito o proporción esperada (0.05)

q = Probabilidad de fracaso (0.95)

d² = Precisión (Error máximo admisible en términos de proporción) (3%).

3.2.4. Etapas de la Investigación.

1^{ra} etapa: Caracterización agroecológica del cultivo de arroz

Primero se hizo una caracterización del clima en la zona de estudio y luego se determinaron las características del suelo, del agua de riego, de los elementos del clima y las características fenotípicas del cultivo.

- **Características del suelo.** Se determinaron las propiedades físicas y químicas del suelo. De cada sistema agrícola se seleccionaron aleatoriamente cinco parcelas y de cada una, se extrajo diez muestras de suelo, luego fueron homogeneizadas para

posteriormente obtener la muestra principal que luego se envió al laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional de Piura para el análisis respectivo.

- **Características del agua de riego.** Considerando que la única fuente de agua que irriga el área en estudio proviene del río Tumbes, se tomaron cinco sub muestras de cada sistema agrícola estudiado, que luego fueron mezcladas para tener una muestra por sistema agrícola y realizar el correspondiente análisis químico, en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional de Piura.
- **Características del clima.** Los datos del clima se tomaron de la estación meteorológica del Centro Experimental "Tumpis", estación que se encuentra ubicada a 25 km al norte de la zona de estudio. Los datos registrados fueron los meses de enero a diciembre del año 2015 y los elementos del clima considerados fueron: Temperatura (máxima, media y mínima), humedad relativa, precipitación y horas de sol.
- **Características fenotípicas del cultivo.** En cada Sistema Agrícola (SA1, SA2 y SA3) se tomaron cinco parcelas al azar y se evaluaron las siguientes variables fenotípicas: días a la floración (días), altura de planta (cm), longitud de panícula (cm), número de panículas por mata, número de macollos por mata, peso de 1000 semillas (g), porcentaje de esterilidad (%) y rendimiento de grano ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Por la naturaleza de la investigación, el ensayo no tuvo diseño estadístico; sin embargo, el análisis de los datos se realizó como si fuera un Diseño Completamente al Azar (DCA), considerando cada Sistema Agrícola como tratamiento y cada parcela como repetición (3 tratamientos x 5 repeticiones).

2^{da} etapa: Caracterización de las parcelas productoras de arroz

Para la caracterización de las parcelas con cultivo de arroz, se usó una encuesta concertada de 50 preguntas de las cuales, 35 preguntas fueron relacionadas al componente socio-económico y 15 preguntas relacionadas con el componente ambiental (**Anexo 1**).

En forma aleatoria se escogieron 33 parcelas del Sistema Agrícola 1 (SA1), 33 parcelas del Sistema Agrícola 2 (SA2) y 32 parcelas del Sistema Agrícola 3 (SA3). La encuesta fue

aplicada al responsable de la parcela. Las variables de cada dimensión que fueron consideradas en la encuesta son las siguientes:

- **Dimensión socio-económica.** Las variables socioeconómicas son aquellas que expresaron principalmente símbolos de status, tales como la ocupación y educación. Se consideraron variables como la edad, el grado de instrucción, el origen del productor y lugar de su domicilio. También, los ingresos, bienes de uso doméstico, acciones y otras propiedades del agricultor. Además, se incluyeron aspectos como la superficie total, títulos de propiedad, producción, etc.
- **Dimensión ambiental.** El análisis de las variables del factor ambiental de la parcela permitió tener información sobre el medio natural de las áreas seleccionadas consideradas importantes para el agricultor. Para ello, se utilizó los indicadores tales como; uso de abonos químicos, uso de materia orgánica, rotación de cultivos, control biológico, presencia de insectos plagas y enfermedades, entre otros.
- **Análisis estadístico.** Se realizó un análisis multivariado para formar grupos o clúster, cuyo propósito fue agrupar las parcelas tratando de formar conglomerados (clústeres) con alto grado de homogeneidad interna y heterogeneidad externa entre las parcelas. Para su procesamiento se utilizó el software estadístico InfoStat.

3^{ra} etapa: Evaluación de la sustentabilidad del cultivo de arroz

Para la evaluación de la sustentabilidad del cultivo de arroz se realizó una encuesta que consideró las dimensiones: económicas, ecológicas y socio-cultural.

Para llevar a cabo esta evaluación, el área en estudio se seccionó en forma imaginaria en tres Sistemas Agrícolas: (SA1, SA2 y SA3). El Sistema Agrícola 1, estuvo conformado por 33 parcelas, el Sistema Agrícola 2 constituida por 33 parcelas y el Sistema Agrícola 3, estuvo conformada por 32 parcelas, todas seleccionadas al azar. En cada una de ellas, se calculó el índice de cada parcela, los porcentajes de sustentabilidad de cada dimensión y el correspondiente índice de sustentabilidad general de cada Sistema Agrícola.

La evaluación de la sustentabilidad de las parcelas se realizó a través del “*análisis multicriterio*”, la metodología ha sido eficazmente usada para evaluar la sustentabilidad de fincas en la selva alta del Cusco, en Perú (Merma y Julca 2012), y en Santa Elena, Ecuador (Santistevan *et al.* 2014). Esta evaluación permitió conocer el número de parcelas sustentables por cada dimensión estudiada y a la vez, determinar las causas de la sustentabilidad de cada Sistema Agrícola subyacente. Tomando la metodología descrita por Sarandón (2002) se consideró los siguientes pasos:

- **Definición de los objetivos.** Se definieron los objetivos que se iban a evaluar de acorde a la investigación a realizar.
- **Construcción de Indicadores.** Los indicadores se construyeron de acuerdo a la metodología y el marco conceptual propuesto por Sarandón, siguiendo los lineamientos de Smyth y Dumansky (1995), y Astier *et al.* (2002); por lo tanto, se desarrolló un conjunto de indicadores y sub indicadores para las dimensiones económica, ecológica y socio-cultural, permitiendo así la información necesaria para conocer las tendencias de la parcela en estudio y evaluar el grado de cumplimiento de cada uno de estos aspectos (**Tabla 1**).
- **Análisis de matrices.** Antes de realizar el trabajo de campo, las escalas y la ponderación de los indicadores, fueron analizadas y mejoradas en reuniones donde participaron agricultores y otros especialistas invitados, esto con el fin de validarlos y adaptarlos mejor a los objetivos del trabajo.
- **Estandarización de los indicadores.** Los indicadores tienen una escala de 0 a 4, siendo 0 la categoría menos sustentable y 4 la más sustentable. De este modo, todos los indicadores son directos: a mayor valor, más sustentable y a menor valor poco sustentable. Todos los indicadores y sub-indicadores son calificados a través de valores los cuales se ajustan a esta escala dependientemente de su unidad original, con estos datos se pudieron comparar las fincas arroceras la cual facilitó el análisis de la dimensión de la sustentabilidad. No todos los indicadores tienen el mismo valor o peso para medir la sustentabilidad, hay algunos que son más importantes que otros, por lo que fue necesario darle una ponderación.

Tabla 1. Indicadores y sub indicadores para las tres dimensiones de sustentabilidad utilizando la metodología de “análisis multicriterio”

A. INDICADORES ECONÓMICOS	B. INDICADORES ECOLÓGICOS	C. INDICADORES SOCIO CULTURALES
A. Autosuficiencia alimentaria	B. Manejo del cultivo	C. Satisfacción de las necesidades básicas
A1. Diversificación de la producción A2. Superficie de producción de autoconsumo	B1. Rotación de cultivos B2. Diversificación de cultivos B3. Aplicación de agroquímicos	C1. Vivienda C2. Acceso a la educación C3. Acceso a la salud y cobertura sanitaria C4. Servicios
A. Ingreso neto mensual	B. Topografía del suelo	C. Aceptabilidad del sistema de producción
	B1. Pendiente predominante. B2. Cobertura vegetal	
A. Riesgo económico	B. Manejo de la biodiversidad	C. Integración social
A1. Diversificación para la venta A2. Numero de vías de comercialización A3. Dependencia de insumos externos	B1. Biodiversidad temporal B2. Biodiversidad espacial	D. Conocimiento y conciencia ecológica

- **Ponderación de los indicadores.** Los indicadores fueron ponderados multiplicando el valor de la escala por un coeficiente de acuerdo a la importancia relativa de cada variable con respecto a la sustentabilidad; por lo tanto, el peso de cada valor refleja la importancia del mismo en la sustentabilidad.
- **Descripción de la ponderación de los indicadores.** Se hizo algunas modificaciones a la metodología planteada por Sarandón, ya que dicha metodología permite hacer ponderación a los indicadores de acuerdo a la importancia que esto significa, estos se refieren a las descripciones de los indicadores y sub-indicadores; así como también, el peso que se le dio a cada indicador que es reflejado en la fórmula final de cada dimensión. Para obtener la información de cada finca se preparó una encuesta (**Anexo 2**) para aplicarla en el campo de los agricultores, la cual permitió tomar los datos adecuados para poder hacer la evaluación de la misma. Para cada pregunta se le otorgó un valor de 0 a 4, y las fórmulas para las tres dimensiones consideradas son las siguientes:

$$\text{Dimensión económica (IK): } \frac{2 [(A1 + A2)/2] + 2B + (C1 + C2 + C3)/3}{5}$$

$$\text{Dimensión ecológica (IE): } \frac{(A1 + A2 + A3) /3 + (2B1 + B2)/3 + (C1 + C2)/2}{3}$$

$$\text{Dimensión sociocultural (ISC): } \frac{2 [(A1 + 2 A2 + 2 A3 + 2 A4)/7] + 2 B + C + D}{6}$$

DIMENSIÓN ECONÓMICA (IK). Se ponderó la autosuficiencia alimentaria (A) el cual está compuesto por los sub-indicadores que son la diversificación de la producción (A1) y la superficie de producción de autoconsumo (A2), más el ingreso económico neto mensual por familia (B) que también se pondera con el doble valor del mismo, riesgo económico (C), diversificación para la venta (C1), número de vías de comercialización (C2) y por último dependencia de insumos externos (C3).

A. Suficiencia Alimentaria. El sistema es sustentable, si existe la capacidad de producir la mayoría de los alimentos que necesita la familia y poder satisfacer sus necesidades alimentarias.

A1. Diversificación de la producción. Es sustentable si la producción de alimentos es diversificada y alcanza para satisfacer el nivel nutricional de los integrantes de la familia.

A2. Superficie de producción de autoconsumo. Es sustentable si la superficie destinada a la producción de alimentos para el autoconsumo es adecuada, con relación a los integrantes que conforman la familia.

B. Económico neto mensual. El sistema es sustentable si satisface las necesidades económicas de los integrantes de la familia.

C. Riesgo económico. Un sistema será sustentable, si minimiza el riesgo económico, asegurando la estabilidad de la producción para las futuras generaciones.

C1. Diversificación para la venta. Es sustentable si el productor está en condiciones de comercializar más de un producto, en tanto que, si sufriera pérdida por este producto, podría ser compensado con la venta de otros productos.

C2. Numero de vías de comercialización. Es sustentable en tanto haya diversificación de vías comerciales, el cual disminuye el riesgo económico.

C3. Dependencia de insumos externos. Es sustentable si existe una mínima dependencia de insumos externos. Un sistema con una alta dependencia de insumos es insustentable en el tiempo.

DIMENSIÓN ECOLÓGICA (IE). Los indicadores (IE) que mide el grado de cumplimiento de la dimensión ecológica se calculó mediante el otorgamiento del mismo peso a los tres indicadores.

A. Manejo del cultivo. Un sistema es sustentable si las prácticas mantienen o mejoran la vida en el suelo.

A1. Rotación de cultivos. Es sustentable si el productor ejecuta rotación del cultivo con leguminosas de grano cultivadas.

A2. Diversificación de cultivos. Es sustentable si hay más de un cultivo (policultivos), de manera que minimice el solapamiento de nichos entre las especies, contribuyendo a reducir la erosión y conservación del suelo.

A3. Aplicación de agroquímicos. Es sustentable si se reduce al mínimo el uso y aplicación de agroquímicos. No contribuya a la compactación del suelo y reduzcan la actividad de la fauna.

B. Topografía del suelo. Un sistema es sustentable, si tiene la mínima pendiente topográfica y evita la pérdida de suelo por la erosión.

B1. Pendiente predominante. Es sustentable si existe el valor mínimo de inclinación de la pendiente, y minimiza la pérdida de suelo por erosión.

B2. Cobertura vegetal. Es sustentable si el suelo provee una gama de biomasa y permite protección contra la erosión y agentes climáticos.

C. Manejo de la Biodiversidad. El sistema es sustentable, si permite la regulación proporcionando hábitat y nichos ecológicos para los enemigos naturales.

C1. Biodiversidad temporal. Es sustentable si existen rotaciones de cultivo en las parcelas, lo que aumenta la diversidad en el tiempo.

C2. Biodiversidad espacial. Diversidad de cultivos en el espacio.

DIMENSIÓN SOCIO CULTURAL (ISC). Para los indicadores (ISC) se ponderó a la satisfacción de las necesidades básicas (A) el cual está compuesto por los sub-indicadores que son vivienda (A1), acceso a la educación (A2), acceso a salud y cobertura sanitaria (A3), y servicios básicos (A4) más aceptabilidad del sistema de producción (B) que también se pondera con el doble valor del mismo.

A. Satisfacción de las necesidades básicas. Un sistema sustentable es aquel en el cual los agricultores tienen aseguradas sus necesidades básicas.

A1. Acceso a vivienda. Es sustentable si la vivienda permite conservar su valor en el tiempo y garantiza una mejor calidad de vida para la familia.

A2. Acceso a educación. Es sustentable tiene acceso a la educación primaria, secundaria y superior, y garantice se reflexiva, inclusiva flexible y de alta calidad, para los integrantes de la familia.

A3. Acceso a salud y cobertura sanitaria. Es sustentable si hay atención permanente e infraestructura adecuada, y garantice la calidad y esperanza de vida del grupo familiar.

A4. Servicios básicos. Es sustentable si se cuenta con instalación completa de agua, desagüe, luz, teléfono, y garantice la salud para cada integrante de la familia.

B. Aceptabilidad del sistema de producción. Está directamente relacionada con el grado de aceptación por parte del agricultor, al sistema productivo.

C. Integración social. Esta referido a evaluar la relación con otros miembros de la comunidad.

D. Conocimiento y conciencia ecológica. Es referido al conocimiento y conciencia ecológica, que son fundamentales para tomar decisiones adecuadas respecto a la conservación de los recursos.

Por último, con los datos de los macro indicadores económicos (IK), ecológicos (IE) y socioculturales (ISC), se calculó en índice de sustentabilidad general (ISGen), valorando a las tres áreas u objetivos por igual, de acuerdo al marco conceptual definido previamente.

$$IS\ Gen = (IK + IE + ISC) / 3$$

Se definió un valor umbral o mínimo que debía alcanzar el índice de sustentabilidad general (ISGen), para considerar una parcela sustentable: igual o menor que el valor medio de la escala; es decir, 2. Además, se consideró que ninguno de los 3 indicadores debía tener un valor menor a 2 (Sarandón 2002).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN AGROECOLÓGICA DEL CULTIVO DE ARROZ

4.1.1. Características del suelo

La **Tabla 2** muestra que los valores de conductividad eléctrica (dS/m) encontrados en las muestras de suelo de cada Sistema Agrícola (SA) son relativamente bajos (SA1: 0.55, SA2: 1.08 y SA3: 1.20), (**Figura 4**) y califica a los suelos con bajo contenido de sales, o sea suelos no salinos aptos para el cultivo de arroz. Similares resultados (1.36) son reportados por Chiroque y Díaz (2016); sin embargo, los resultados no guardan relación con lo que sostienen Morales y Saavedra (2018), y Lequernaque *et al.* (2007), quienes luego de realizar el análisis de suelo en Tumbes, encontraron niveles bajos (0.50) de conductividad.

Tabla 2. Resultados de análisis de suelo de los Sistemas Agrícolas (SA) 1, 2 y 3 del cultivo arroz, Tumbes-Perú.

Determinaciones	Resultados		
	SA1	SA2	SA3
Conductividad eléctrica (dS/m)	0.55	1.08	1.20
pH (suelo/agua; 1:25)	7.13	7.08	7.35
Calcáreo (CaCO ₃ %)	0.21	0.17	0.48
Materia orgánica (%)	0.53	0.38	0.75
Nitrógeno total (%)	0.03	0.02	0.04
Fósforo (ppm P)	11	10	12
Potasio (ppm K)	179	181	196
Clase textural	Franco arcilloso	Franco arcilloso	Franco arenoso
% Arena	27	33	61
% Limo	39	34	25
% Arcilla	34	33	14
CIC. meq/100 g de suelo	18.74	18.44	11.67
Ca ⁺⁺	15.10	14.70	9.20
Mg ⁺⁺	3.15	3.26	2.00
K ⁺	0.31	0.29	0.30
Na ⁺	0.18	0.19	0.17
Da g/cc	1.30	1.32	1.50

Fuente: Laboratorio de suelos. Universidad Nacional de Piura, Piura-Perú.

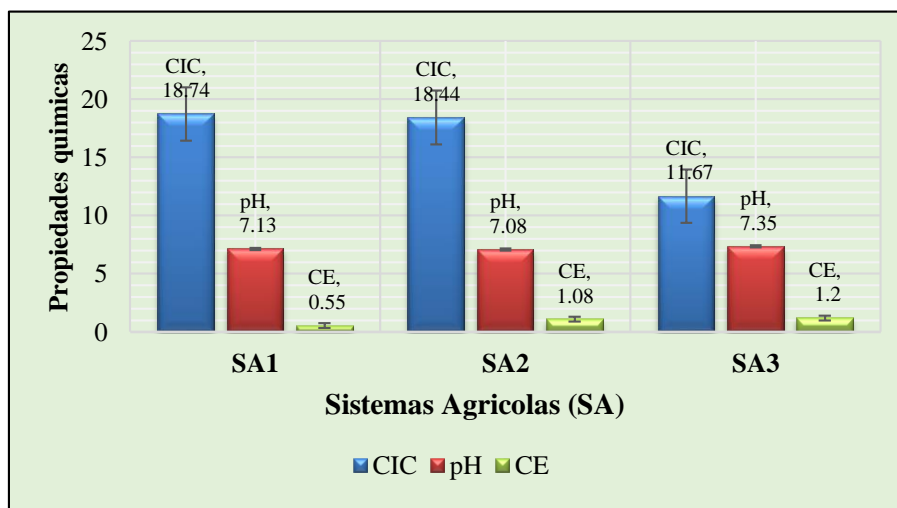


Figura 4. Capacidad de intercambio catiónico (CIC), pH y conductividad eléctrica (CE), en los Sistemas Agrícolas (SA1, SA2 y SA3) de arroz, en Tumbes-Perú.

León (1981), señala que entre otra de las propiedades del suelo que se modifica con la inundación es la conductividad eléctrica, propiedad que permite medir el contenido de sales del suelo. Así mismo, concluye y dice, que las sales del suelo pueden aumentar con la inundación y después de siete semanas tiende a estabilizarse.

Por otro lado, se observa que los valores de pH de 7.13, 7.08 y 7.35 de los Sistemas Agrícolas estudiados, están considerados neutros (Figura 4), cuyos niveles son favorables para el cultivo de arroz y no hay necesidad de aplicar correctivos; a la vez, es condición óptima para la asimilación de la mayoría de nutrientes.

Similares resultados de pH (7.05) son reportados por Chiroque y Díaz (2016); sin embargo, los resultados no guardan relación con lo que sostienen el MINAGRI, a través de la DGCA (2012), InfoAgro (s.f), y Rodríguez (1999), quienes señalan que el óptimo de pH para el cultivo de arroz es 6.6, pues con este valor la liberación microbiana de nitrógeno y fósforo de la materia orgánica y la disponibilidad de fósforo son altas y además, las concentraciones de sustancias que interfieren la absorción de nutrientes, tales como aluminio, manganeso, hierro, dióxido de carbono y ácidos orgánicos están por debajo del nivel tóxico.

Por otro lado, SAG (2003) afirma que si bien el arroz prospera mejor en suelos ligeramente ácidos (pH 6.5-7.0), también puede cultivarse arroz en forma satisfactoria en suelos problemáticos que sean ligeramente alcalinos (pH 7.0-7.5), pero en este caso se recomienda aplicar pequeñas cantidades de zinc en los inicios del desarrollo del cultivo. Sin embargo,

León (1981) e InfoAgro (s.f) coinciden en que cualquiera que sea el pH original del suelo, después de inundado llega, aproximadamente en tres semanas a valores entre 6.5 y 7.5, los cuales se mantienen mientras dure la inundación.

También se observa que los valores de calcáreo (CaCO_3 %) encontrados en las muestras de suelo de cada Sistema Agrícola son muy bajos (SA1: 0.21, SA2: 0.17 y SA3: 0.48), lo cual indica que los suelos prácticamente están libres de carbonato. Bajo esas condiciones, es recomendable aportar sulfatos cálcicos (yeso) de manera de aumentar los niveles de calcio sin elevar el pH. Los resultados concuerdan con lo reportado por Morales y Saavedra (2018), dicho autor antes de instalar su investigación realizó el análisis de suelo y encontró valor cero de calcáreo.

Se observa que valores de materia orgánica (%) encontrados en las muestras de cada Sistema Agrícola son muy bajos (SA1: 0.53%, SA2: 0.38% y SA3: 0.35%); por lo tanto, califica a los suelos con muy bajo contenido de carbono orgánico y sin posibilidades de disponer de nitrógeno a través del proceso de mineralización. Estos resultados concuerdan a valores similares de materia orgánica (0.3%, 0.024% y 0.40%) encontrados en suelos arroceros de Tumbes, reportados por Morales y Saavedra (2018), Lequernaque *et al.* (2007) y Chiroque y Díaz (2016).

En lo que respecta al nitrógeno total (%), se observa niveles muy bajos de nitrógeno en los tres Sistemas Agrícolas evaluados (SA1: 0.03%, SA2: 0.02% y SA3: 0,04%) (**Figura 5**), ello concuerda con lo hallado por Morales y Saavedra (2018) y Chiroque y Díaz (2016), quienes reportan niveles de nitrógeno (0.02% y 0.02%) muy bajo en suelos de arroz en Tumbes. El problema de deficiencia de nitrógeno se acrecienta cuando hay deficiencias o mal manejo de agua, como en arroz de secano. Por lo tanto, se hace necesario incorporar materia orgánica al suelo para mejorar sus condiciones.

Se observa que el fósforo (ppm P) en los tres Sistemas Agrícolas evaluados se encuentra en cantidades de 11, 10 y 12 ppm, respectivamente, (Figura 5). Dichos valores califican de nivel medio del contenido de este elemento y podría recomendarse la aplicación de roca fosfórica como enmienda natural.

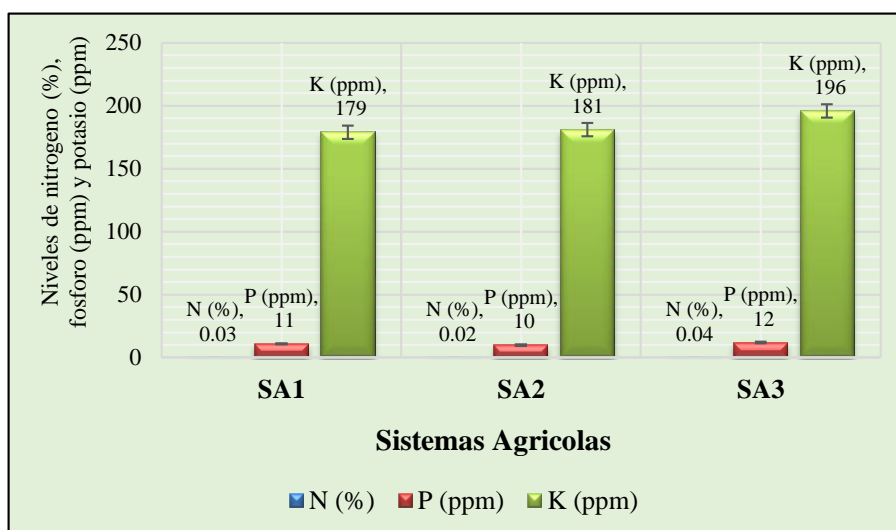


Figura 5. Nitrógeno total (%), fósforo (ppm P) y potasio (ppm K), en los Sistemas Agrícolas (SA1, SA2 y SA3) de arroz, en Tumbes-Perú.

Niveles similares de fósforo disponible (9 ppm, 10 ppm y 10 ppm) son reportados por Morales y Saavedra (2018), Lequernaque *et al.* (2007) y Chiroque y Díaz (2016). Sin embargo, la deficiencia de fósforo es poco frecuente ya que normalmente se usa adecuadas cantidades de fertilizantes fosforados.

Los niveles de potasio (ppm K) de 179, 181 y 196 ppm en los SA1, SA2 y SA3, respectivamente, califican como un suelo con niveles medios o normales de este elemento, (Figura 5) lo cual favorece el factor calidad al aumentar el peso, la coloración y el sabor del grano de arroz. Niveles similares de medio a alto de potasio asimilable (178 ppm, 320 ppm y 169 ppm), son reportados por Morales y Saavedra (2018), Lequernaque *et al.* (2007), y Chiroque y Díaz (2016), luego de realizar el análisis de muestras de suelo de arroz en Tumbes.

Respecto a la textura, los Sistemas Agrícolas 1 y 2, presentan suelos de textura franco arcilloso, con valores medios de arena, limo y arcilla: 27, 39, 34% y 33, 34 y 33 %, respectivamente. La presencia de más del 30% de arcilla, promueve la retención del agua y nutrientes, mala aireación, dificultades para el drenaje y labranza, y promueve la formación de costras en el suelo; sin embargo, esta condición es propicia para el cultivo de arroz sembrado bajo inundación. Por otro lado, el Sistema Agrícola 3 presenta un suelo de textura franco arenoso, el 14% de arcilla lo califica más como un suelo franco con buena aireación, en este caso los trabajos ejercen poca resistencia y además, el 61% de arena retienen poca

humedad y promueve una capacidad alta de infiltración, lo cual es relativamente desventajoso tratándose de un cultivo de inundación. Los resultados concuerdan con lo que sostiene Rodríguez (1999) quien señala, que el cultivo de arroz tiene lugar en una amplia gama de suelos, variando la textura desde arenosa a arcillosa. Además, se suele cultivar en suelos de textura fina y media, propias del proceso de sedimentación en las amplias llanuras inundadas y deltas de los ríos. Asimismo, los suelos de textura fina dificultan las labores, pero son más fértiles al tener mayor contenido de arcilla, materia orgánica y suministrar más nutrientes. Por tanto, la textura del suelo juega un papel importante en el manejo del riego y de los fertilizantes.

Se observa que los niveles de CIC (meq/100 g de suelo) de 18.74%, 18.44% y 11.67% (Figura 4) encontrados en los Sistemas Agrícolas 1, 2 y 3, respectivamente, califican como suelos con niveles altos de Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC). Los niveles de CIC de los Sistema Agrícolas 1 y 2 son más altos que el Sistema Agrícola 1 (Figura 4), debido al bajo contenido de materia orgánica y principalmente al alto contenido de arena (61%). Por lo tanto, los Sistemas Agrícolas analizados necesitan aportes suficientes de materia orgánica. Los resultados encontrados guardan relación con lo reportado por Morales y Saavedra (2018), y Chiroque y Díaz (2016), quienes hallaron en suelos arroceros de Tumbes niveles altos (16.87 y 12.34) de CIC (meq/100g).

4.1.2. Características del agua de riego

La **Tabla 3**, muestra que los valores de conductividad eléctrica (mmhos/cm) de 0.27, 0.22 y 0.24 en los Sistemas Agrícolas 1, 2 y 3, respectivamente, son niveles similares y muy bajos en sales (**Figura 6**). Con estos niveles, se puede decir que el agua es de excelente calidad y sin limitaciones para el cultivo de arroz. Estos valores concuerdan con lo reportado por IMARPE (2013), quien encontró niveles similares de sales (0.208) en el río Tumbes

Los valores de pH (25⁰C) de 6.73, 7.05 y 6.71 en los Sistemas Agrícolas 1, 2 y 3, respectivamente, son niveles que indican que el suelo es neutro, sin problema alguno para su uso como agua de riego para el cultivo de arroz. Los valores encontrados son similares a lo informado por IMARPE (2013), quien afirma un nivel (7.24) similar de pH en el agua del río Tumbes.

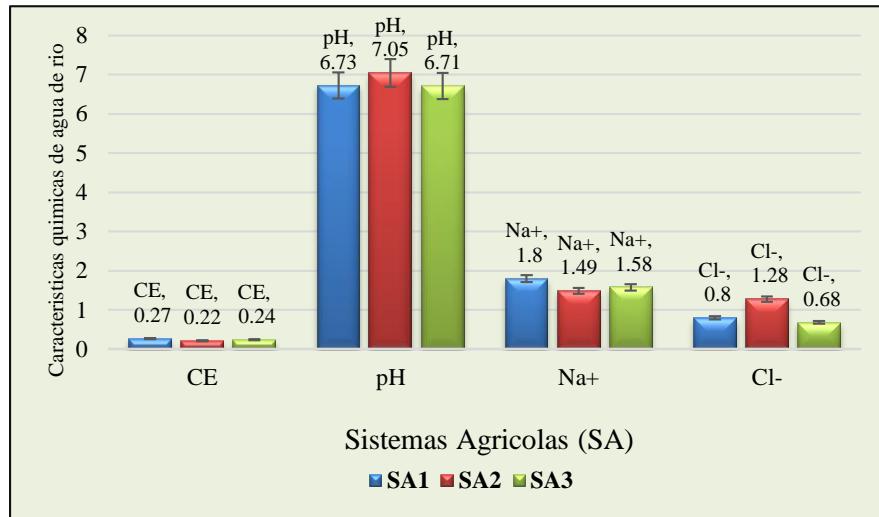


Figura 6. Niveles de Conductividad eléctrica (CE), pH, Sodio (Na^+), y Cloro (Cl^-), del agua del río Tumbes, de los Sistemas Agrícolas (SA1, SA2 y SA3), en Tumbes-Perú.

Tabla 3. Resultados de análisis de agua de riego de los Sistemas Agrícolas (SA) 1, 2 y 3 del cultivo de arroz, en Tumbes-Perú.

Determinaciones	Resultados			Valores adecuad.	
	SA1	SA2	SA3		
Conductividad eléctrica (mmhos/cm)	0.27	0.22	0.24	0 – 3.0	
pH (25°C)	6.73	7.05	6.71	6 – 8.5	
Cationes (+)					
Calcio (Ca^{++})	me/l	0.58	0.44	0.52	0 – 20
Magnesio (Mg^{++})	me/l	0.28	0.22	0.26	0 – 5.0
Potasio (K^+)	me/l	0.05	0.05	0.05	0 – 0.05
Sodio (Na^+)	me/l	1.80	1.49	1.58	0 – 40.0
Aniones (-)					
Cloruros (Cl^-)	me/l	0.80	1.28	0.68	0 – 30.0
Sulfatos ($\text{SO}_4^{=}$)	me/l	0.35	0.18	0.25	0 – 20.0
Bicarbonatos (HCO_3^-)	me/l	1.58	0.77	1.50	0 – 10.0
Carbonatos ($\text{CO}_3^{=}$)	me/l	0.00	0.00	0.00	0 – 0.01
Clasificación					
C.E	270	220	240		
	micromhos/cm	micromhos/cm	micromhos/cm		
R.A.S	2.76	2.76	2.66		
Clasificación: C 2 - S 1					

C 2, Agua de salinidad media, apta para riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad. **S 1**, Agua con bajo contenido de sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.

Fuente: Laboratorio de suelos. Universidad Nacional de Piura, Piura-Perú.

Los niveles de los cationes Calcio (Ca^{++}), Magnesio (Mg^{++}), Potasio (K^+) y Sodio (Na^+) en los Sistemas Agrícolas 1, 2 y 3, comparativamente son muy bajos y se hallan sin ninguna limitación para el crecimiento del cultivo de arroz. Por otro lado, los niveles de los aniones Cloruros (Cl^-), Sulfatos (SO_4^-), Bicarbonatos (HCO_3^-) y Carbonatos (CO_3^-) en los Sistemas Agrícolas 1, 2 y 3, respectivamente, son muy bajos y sin problema alguno para ser usado como agua de riego para el cultivo de arroz.

Según lo propuesto por el laboratorio de salinidad de RIVERSIDE (U.S), la clasificación por el peligro de *salinización de los suelos*, según la conductividad eléctrica (CE) del agua utilizada y de acuerdo a los niveles encontrados, dicha agua se clasifica como Clase 1 (C1) e indica que es agua con salinidad media o moderada y puede usarse en el cultivo de arroz; sin embargo, esto demanda o se requiere riegos de lavado ocasionales.

Igualmente, la clasificación por el peligro de *sodificación de los suelos*, según la Relación de Absorción de Suelo (RAS) y de acuerdo a los niveles encontrados, el agua utilizada se clasifica como Clase 2 (S2), lo cual indica que dicha agua tiene bajo contenido de sodio y en consecuencia, sin progresivo peligro de *dosificación*. Con estos niveles, el agua de riego puede usarse en el cultivo de arroz y sin riesgo de que el nivel del sodio de intercambio se eleve demasiado.

4.1.3. Características del clima

La **Figura 7**, muestra la temperatura ($^{\circ}\text{C}$), máxima, media y mínima de la zona de estudio. Se observa que las temperaturas variaron a lo largo los doce meses del año, siendo ligeramente altas durante los meses de enero a marzo y diciembre, considerando que estos son meses de verano, aspecto que es habitual en esta región y en esta época del año. La T° mínima varió de 21 a 24 $^{\circ}\text{C}$, la T° media de 24.7 a 27.2 y la T° máxima de 28.7 a 31.7 $^{\circ}\text{C}$; asimismo, la temperatura promedio anual fue de 26.48 considerado suficientemente satisfactorio para el cultivo de arroz. Temperaturas mínimas y máximas similares (22 y 31 $^{\circ}\text{C}$), son reportadas por Chiroque y Díaz (2016); del mismo modo, las temperaturas encontradas guardan relación con lo reportado por Rodríguez (1999), quien señala que el requerimiento de temperatura para el arroz puede variar entre 18 y 35 $^{\circ}\text{C}$; sin embargo, dentro de estos límites son más adecuadas las temperaturas mayores. Las temperaturas más bajas durante la floración pueden causar debilitamiento de las plantas y predisponerlas al ataque de plagas y enfermedades. Igualmente, InfoAgro (s.f) señala, que el arroz necesita para

germinar un mínimo de 10 a 13°C, considerándose su óptimo entre 30 y 35 °C. Por encima de 40°C no se produce la germinación. El crecimiento del tallo, hojas y raíces tiene un mínimo de 7° C, considerándose su óptimo en los 23 °C. Con temperaturas superiores a ésta, las plantas crecen más rápidamente, pero los tejidos se hacen demasiado blandos, siendo más susceptibles a los ataques de enfermedades. Por otro lado, SAG (2003) dice que, para el cultivo del arroz, las temperaturas críticas están por debajo de los 20°C y por arriba de los 32°C. Se considera que la temperatura óptima para la germinación, el crecimiento del tallo, de las hojas y de las raíces, está entre los 23 y 27°C. Con temperaturas superiores a estas, la planta de arroz crece más rápidamente, pero los tejidos son demasiados blandos, siendo entonces más susceptibles a los ataques de enfermedades. Según, el (CIAT 2010) las temperaturas críticas para la planta de arroz están, generalmente, por debajo de 20°C y por encima de 30°C y varían según el estado de desarrollo de la planta.

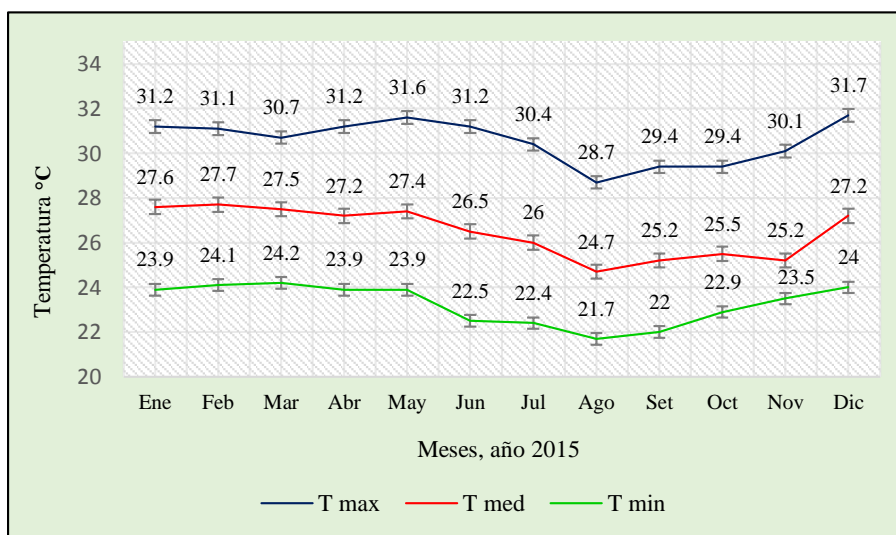


Figura 7. Data de temperatura (°C) máxima, media y mínima mensual, en Tumbes- Perú.

En cuanto a la cantidad de lluvia en la zona y en base al registro de datos históricos anuales reportados por la Estación Meteorológica del Centro Experimental “LOS TUMPIS” (**Figura 8**), la precipitación (mm) más alta aunque no es significativa y se concentra en los meses de verano; es decir, enero a mayo, situación común en esta región y en esta época del año. Rodríguez (1999), al referirse a la precipitación dice es quizá el factor más importante por ser una planta hidrófila. La planta requiere un buen suministro de agua durante la germinación, macollamiento, prefloración, floración, y en la primera mitad del periodo de maduración. Es por esta razón que las plantaciones anegadas (inundadas) producen mejores rendimientos. SAG-DICTA (2003), enfatiza que para el cultivo de arroz una precipitación

de unos 1200 milímetros bien distribuidos durante el ciclo de cultivo es suficiente para la obtención de buenos rendimientos. Sin embargo, la precipitación anual acumulada de 460.30 mm en la zona de estudio, no es satisfactoria para el cultivo de arroz por ello la necesidad de regar las parcelas.

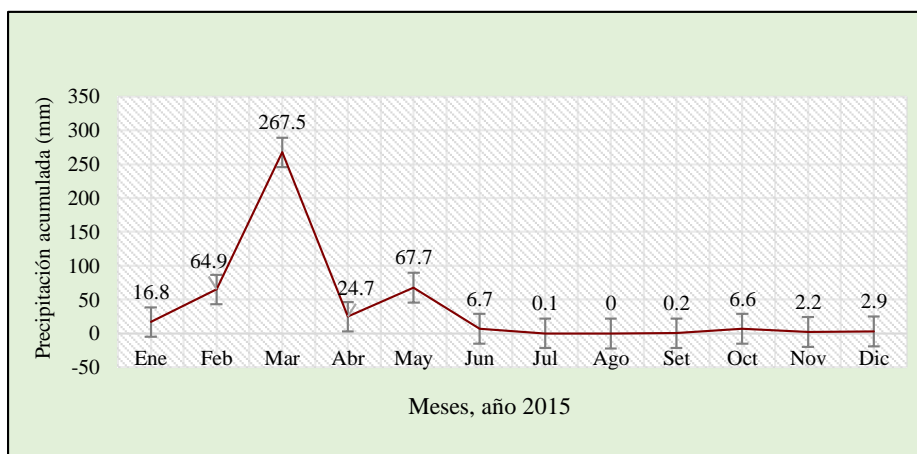


Figura 8. Data de precipitación acumulada (mm) mensual en Tumbes, Perú-2015

La **Figura 9**, muestra que la humedad relativa mensual (%) en la zona de estudio varía de 77.00 a 84.07, las más altas se registran entre los meses de febrero a junio, que coinciden con los meses de mayor precipitación, aspecto que resulta relativamente perjudicial porque favorecen la proliferación de insectos plaga (Mosca minadora y cigarrita marrón), y hongos, y bacterias fitopatógenas (Quemado, pircularia, mancha carmelita, carbón de la hoja y añublo bacteriano) que originan alteraciones fisiológicas en el cultivo y por ende, reducción de las cosechas. Los reportes de humedad relativa (74.5-78.6%) son similares a lo reportado por Chiroque y Díaz (2016). Asimismo, refiriéndose a esta variable el MINAGRI-DGCA (2012), sostiene que la humedad relativa ambiental no tiene efectos directos en el cultivo del arroz. Sin embargo, ejerce una profunda influencia en la incidencia de plagas y enfermedades. Las partes medias y bajas de los valles de la Costa Norte tienen humedades relativas inferior a 80%, motivo por el cual no hay problemas sanitarios serios en estos valles.

La radiación solar medida en $\text{cal/cm}^2/\text{día}$ es la fuente de energía que la planta requiere para los procesos de fotosíntesis y de evapotranspiración. Además, es considerada como la variable climática que afecta más al rendimiento del arroz (Matsuo *et al.* 1995 citado por Moquete 2010). Igualmente, Chaudhary *et al.* (s.f) coinciden con Matsuo *et al.* (1995) y dicen que la radiación solar es la fuente de energía para el proceso fotosintético y la evapotranspiración, y es fundamental para obtener buenos rendimientos.



Figura 9. Data de humedad relativa (%) mensual en Tumbes, Perú-2015.

De igual manera, dicen que la sombra durante las etapas vegetativas afecta solo ligeramente al rendimiento y sus componentes. La **Figura 10** muestra que los valores entre 4.2 y 6.7 son los promedios de horas de sol diaria en la zona estudiada; así mismo, los valores de radiación solar mensual acumulado están entre 133.9 y 208.1 horas. La radiación solar necesaria en el cultivo de arroz es variable y depende de su fenología y esta oscila entre 2.90 a 4.07 horas, lo que equivale a 250 y 350 cal/cm²/día, (CIAT, 2010). Por lo tanto, los valores de radiación solar diaria que se reportan en el valle de Tumbes y que son de 4.2 y 6.7 horas (360.93 y 575.78 calorías/cm²/día), son ligeramente altas y favorables al cultivo y concuerda con lo manifestado por Chaudhary *et al.* (2003) citado por Moquete (2010), quien dice que los mayores rendimientos se consiguen cuando el cultivo recibe más de 400 calorías/cm²/día durante la formación y desarrollo de la panícula.

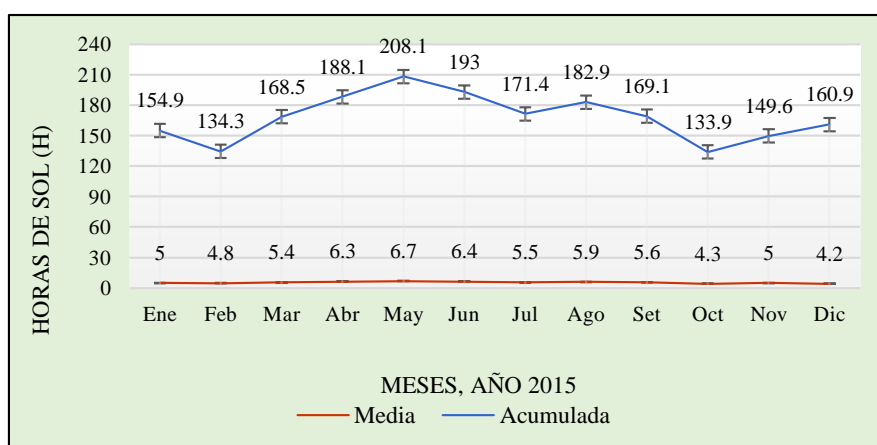


Figura 10. Data de horas de sol (h) promedio diaria y acumulada mensual, Tumbes, Perú-2015.

- **Fenología y variables climáticas**

En Tumbes se realizan dos siembras de arroz por año, la primera de enero a junio y la segunda de julio a diciembre. Los factores del clima más importantes en el arroz son la temperatura, la precipitación, la humedad relativa y la radiación (Rodríguez 1999) y (Moquete 2010). El ciclo biológico de la variedad IR-43 se completa en promedio en 140 días, (Profesionales del Agro s.f) y Semillas el Potrero (s.f). La fase vegetativa se completa en promedio en 55-60 días, la fase reproductiva entre 35-40 días y la fase de maduración lo completa en promedio entre 30-40 días. La Tabla 04 y **Figura 11**, reportan el requerimiento óptimo y el registro de datos de las variables climáticas de mayor incidencia en la fenología del arroz. En la primera siembra (ene-jun), durante la fase vegetativa se observa que el registro promedio de temperatura (27.6°C), de humedad relativa (82%) y radiación (290 cal/cm²/día), son niveles que están dentro del óptimo requerido por la planta (Rodríguez 1999) y (Olmos 2007); por lo tanto, estas variables climáticas favorecen la fisiología del cultivo. Asimismo, durante la fase reproductiva, el registro promedio de temperatura (27.4°C), de humedad relativa (83%) y radiación (280 cal/cm²/día), son niveles requeridos por la planta (Rodríguez 1999), y favorecen al cultivo. En la fase de maduración el registro promedio de temperatura (27.4°C), de humedad relativa (83%) y radiación (300 cal/cm²/día), son niveles que están dentro del rango de requerimiento del cultivo (Rodríguez 1999), y en gran medida favorecen a la planta.

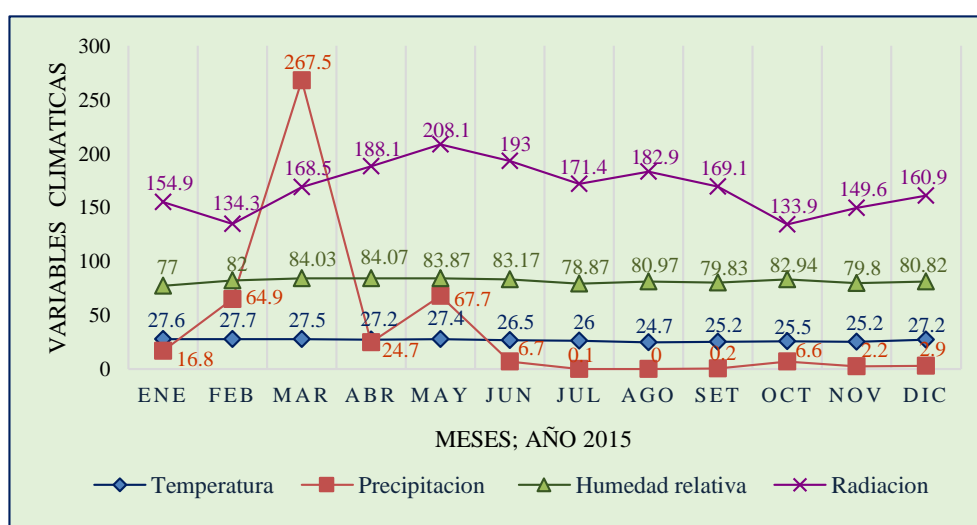


Figura 11. Registro de valores promedio de Temperatura (°C), precipitación (%), humedad relativa (%) y radiación (cal/cm²/día) de ene-dic, año 2015, en Tumbes.

En la segunda siembra (**Tabla 4**) los niveles de las variables climáticas de T°, humedad relativa y radiación, son similares a lo observado en la siembra de enero a diciembre; y están dentro del rango requerido por la planta. Sin embargo, El requerimiento de precipitación distribuida durante el ciclo vegetativo es en promedio de 1200 mm (SAG-DICTA 2003); no obstante, los reportes de precipitación durante la primera (448 mm) y segunda siembra (12 mm), son niveles muy bajos e insuficientes para el cultivo de arroz. Considerando que los niveles de las variables requeridas por la planta en las dos siembras al año son similares, y si a esto se agrega la disponibilidad permanente de agua de riego proveniente del río, estos factores son posible justifican las dos siembras al año que se realizan en la región de Tumbes.

Tabla 4. Fases fenológicas de arroz, requerimiento óptimo y registro de valores de campo de variables climáticas, durante los ciclos, ene-jun y jul-dic, año 2015 en Tumbes.

Fases fenológicas	Óptimo y registro de valores de variables climáticas			
	T° (°C)	HR (%)	Pp (ml)	Radiación (cal/cm ² /día)
Vegetativa (55-60 días)	(30-35) ^{RO} Ene-jun (27.6) ^{DC} Jul-dic (25.0) ^{DC}	(80) ^{RO} (82) ^{DC} (80) ^{DC}	Óptimo/ciclo (1200)	(250-300) ^{RO} (290) ^{DC} (240) ^{DC}
Reproductiva (35-40 días)	(30-33) ^{RO} Ene-jun (27.4) ^{DC} Jul-dic (25.2) ^{DC}	(80) ^{RO} (83) ^{DC} (80) ^{DC}	Ene-jun (448) ^{DC}	(250-350) ^{RO} (280) ^{DC} (290) ^{DC}
Maduración (30-40 días)	(20-22) ^{RO} Ene-jun (27.4) ^{DC} Jul-dic (25.2) ^{DC}	(80) ^{RO} (83) ^{DC} (80) ^{DC}	Jul-dic (12) ^{DC}	(250-350) ^{RO} (200) ^{DC} (150) ^{DC}

Leyenda: Requerimiento Óptimo (RO), Dato de Campo (DC), Temperatura (T°), Humedad relativa (HR), Precipitación (Pp) y radiación (cal/cm²/día)

4.1.4. Características fenotípicas del cultivo

La **Tabla 5**, muestra que para la variable altura de planta (cm), para la fuente de variación de tratamientos no se encontró diferencias estadísticas significativas, esto indica que ha habido probablemente homogeneidad en los factores que influyen en la altura de planta, lo que condujo al crecimiento de plantas más o menos uniforme en los tres sistemas agrícolas (SA). Sin embargo, la prueba de rango múltiple de Duncan al 5%, indica que existen diferencias significativas entre los Sistemas Agrícolas. La altura de planta de los SA1, SA2 y SA3 fueron: 91.00, 89.96 y 87.16 cm (**Figura 12**). Se observa que las plantas del SA1 superó ligeramente la altura de planta del al SA3; sin embargo, la altura de planta que se obtuvo en los tres Sistemas Agrícolas son similares, y concuerda a lo reportado por Potrero

(s.f) y Profesionales del Agro (s.f), quienes señalan que la altura de planta de la variedad IR-43 es de 80 a 90 cm y 85 a 100 cm, respectivamente. Asimismo, Los resultados guardan relación a lo reportado por Morales y Saavedra (2018), Lequernaque *et al.* (2005), Chiroque y Díaz (2016), y Mechato y Alemán (2018), quienes reportan alturas de planta similares (79.75 a 94.30 cm), (90 a 105 cm.), (95.75 cm), y (95.00-110.67 cm), en la variedad IR-43.

Tabla 5. Resumen del análisis de varianza y Prueba de Duncan, de variables cuantitativas en caracterización agroecológica del cultivar “arroz” NIR, de los Sistemas Agrícolas (SA1, SA2 y SA3) en Tumbes-Perú.

Análisis de varianza			Prueba de Duncan		
Variables	Tratamientos	CV %	Tratam.	Prom.	Signif. 5%
	Signif. (5%)				
Altura de planta (cm)	NS	2,60	SA1	91,00	a
			SA2	89,96	ab
			SA3	87,16	b
Días a la floración	*	4,60	SA1	89,00	a
			SA2	88,00	ab
			SA3	82,00	b
Macollos por mata	**	8,14	SA1	20,00	a
			SA2	19,00	ab
			SA3	16,00	b
Longitud de panícula (cm)	*	4,12	SA1	21,00	a
			SA2	20,98	ab
			SA3	19,32	b
Número de panículas	**	4,16	SA1	20,00	a
			SA2	19,00	a
			SA3	17,00	b
Esterilidad (%)	NS	5,00	SA1	19,56	a
			SA2	19,11	a
			SA3	18,95	a
Peso 1 000 granos (g)	NS	5,96	SA1	31,26	a
			SA2	29,98	ab
			SA3	28,18	b
Rendimiento (kg.ha ⁻¹)	**	5,45	SA1	9 492,00	a
			SA2	9 086,00	ab
			SA3	7 926,00	b

En la característica días a la floración en la variedad IR-43, se observa que hay significación estadística para tratamientos, lo que indica que existen diferencias entre los promedios en los Sistemas Agrícolas estudiados. La prueba de Duncan al 5%, indica que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, el SA2 con 89.00 días superó ligeramente al SA1 con 82.00 días de inicio de floración. Esta ligera diferencia puede deberse por la interacción de los factores del micro clima local, lo cual pudo haber influido en la fisiología de las plantas. Los resultados guardan relación con lo que sostienen Morales y

Saavedra (2018), Lequernaque *et al.* (2005), Chiroque y Díaz (2016), y Mechato y Alemán (2018), quienes al caracterizar la variedad de arroz IR-43 encontraron valores de (86-95), (96-98), (73.10) y (74.33-90.33), de días a la floración en la variedad IR-43.

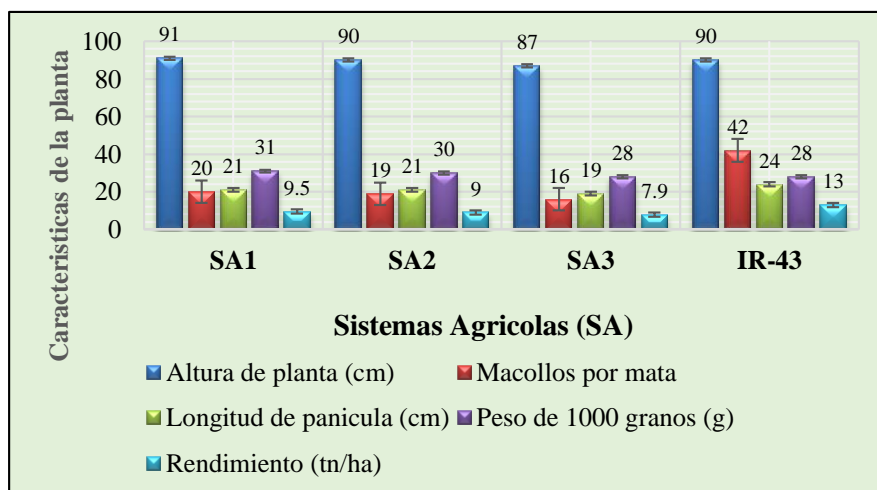


Figura 12. Altura de planta (cm), macollos/mata, longitud de panícula (cm), peso de 1000 granos (g) y rendimiento de grano (kg/ha), de la variedad de arroz IR-43 en los Sistemas Agrícolas (SA1, SA2 y SA3) en Tumbes-Perú.

El análisis de la característica número de macollos por mata, encontró que existen diferencias estadísticas altamente significativas para tratamientos, lo cual nos muestra que hay diferencias entre los promedios respecto a esta variable en los Sistemas Agrícolas experimentados. La prueba de Duncan al 5%, indica que existen diferencias estadísticas altamente significativas para tratamientos, el SA1 con 20,00 macollos/mata superó significativamente al SA3 con 16,00 macollos. El SA2, con 19,00 macollos por mata tuvo una producción similar de macollos respecto a los SA1 y SA3 (Figura 12). Las diferencias encontradas y el mayor número de macollos observados en el SA1, es probable se deba entre otros factores, al hecho que este Sistema Agrícola está ubicado próximo al río que es la principal fuente y de acceso permanente de agua de riego. Por tanto, los resultados encontrados de 16 a 20 macollos/mata no concuerdan con lo que señala El Potrero (s.f), quien reporta que la variedad IR-43 produce 32 a 42 macollos/mata. Asimismo, Morales y Saavedra (2018) y Lequernaque *et al.* (2005), experimentalmente encontraron valores de 22 a 35 y 23 a 38 macollos/mata, respectivamente en la variedad IR-43.

La variable longitud de panícula (cm), para la fuente de variación de tratamientos encontró diferencias estadísticas significativas, lo que indica que existen contrastes entre los promedios en los Sistemas Agrícolas estudiados. La prueba de Duncan al 5%, indica que existen diferencias estadísticas entre los promedios respecto a la longitud de panícula (cm). La longitud de panícula (cm) en el SA2, con 21.00 cm alcanzó el valor más alto, valor similar de 20.98 cm lo obtuvo el SA1; sin embargo, el valor más bajo lo adquirió el SA3 con 19.32 cm de longitud de panícula (Figura 12). Los resultados tienen relación con lo reportado por Morales y Saavedra (2018), Lequernaque *et al.* (2005), Chiroque y Díaz (2016), y Mechato y Alemán (2018), quienes encontraron en la variedad IR-43 valores similares de longitud de panícula: (19.35-22.48 cm.), (21.83-23.29 cm.), (26.48 cm.), y (23.67-26.33 cm).

En la característica número de panículas/mata, se halló que existen diferencias estadísticas altamente significativas para tratamientos, lo cual indica que hay diferencias entre los promedios respecto a esta variable en los Sistemas Agrícolas estudiados. La prueba de Duncan al 5%, señala que existen diferencias estadísticas reales entre los promedios del número de panículas en los Sistemas Agrícolas. En efecto, los SA1 y SA2 con valores de 20.00 y 19.00 panículas por mata, respectivamente, obtuvieron los valores más altos, el SA3 con valor de 17 panículas, obtuvo el valor más bajo. Los valores más altos de panículas por mata alcanzados por los SA1 y SA2, es probable pueda deberse a la interacción efectiva del cultivo con la oportunidad del recurso hídrico y las características físicas y químicas del suelo, de cuyo análisis agrónomicamente los favorece entre ellos, la estructura franco arcilloso y el CIC del suelo. Los resultados encontrados en este estudio no guardan relación con lo que sostienen Morales y Saavedra (2018), Lequernaque *et al.* (2005), Chiroque y Díaz (2016), y Mechato y Alemán (2018), quienes encontraron en sus experimentos valores superiores de número de panículas/mata (19-31), (25-30), (25.65), y (34) en la variedad IR-43.

En la característica esterilidad (%), se encontró que no existen diferencias estadísticas significativas para tratamientos, esto indica que ha habido interacción en ciertos factores que influyen en la esterilidad de espiguillas, lo que condujo probablemente que se produzca esterilidad más o menos uniforme en los tres tratamientos. La prueba de Duncan al 5%, indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Es decir, los tres tratamientos con valores de 19.56%, 19.11% y 18.95% obtuvieron los promedios similares respecto al porcentaje de esterilidad. Morales y Saavedra (2018) con

3.60-7.91% de esterilidad y Lequernaque *et al.* (2005) con 20-29% de esterilidad encontrado en sus experimentos, no concuerdan con los porcentajes reportados en este estudio. La variación de porcentaje de esterilidad reportada, es respaldada por InfoAgro (s.f), Chaudhary *et al.* (s.f) y SAG-DICTA (2003), quienes coinciden y señalan que en un tiempo lluvioso y con temperaturas bajas perjudica la polinización, el mínimo de temperatura para florecer se considera de 15°C, el óptimo es de 30°C, por encima de 50°C no se produce la floración. Asimismo, que las altas y bajas temperaturas por encima y por debajo de los límites críticos afectan el rendimiento de grano ya que inciden sobre el macollaje, la formación de espiguillas y la maduración. Además, con bajas temperaturas perjudican la polinización y por tanto causan un alto porcentaje de esterilidad de las espiguillas, resultando en una baja producción de grano.

La característica peso de 1000 granos (g), el análisis de varianza para la fuente de variación de tratamientos, no encontró diferencias estadísticas significativas, esto muestra que ha habido posiblemente uniformidad en los factores que influyen en el peso de grano. La prueba de Duncan al 5%, indica que existen diferencias estadísticas entre los promedios respecto al peso de 1000 granos (g). El SA1 con 31.26 g., superó al SA3 con 28.18 g., de peso de 1000 granos (Figura 12). Dichos valores han podido ser favorecidos, principalmente a las características nutricionales del suelo y muy en particular a la presencia de niveles significativos de potasio cuyas cantidades entre 179 a 196, son reportados como resultado del análisis de suelo realizado en este ensayo (Tabla 2). Los resultados encontrados guardan relación con lo que dicen Semillas El Potrero (s.f), Profesionales del Agro (s.f), Lequernaque *et al.* (2005), Chiroque y Díaz (2016), y Mechato y Alemán (2018), quienes reportan que el peso de 1000 granos de la variedad IR-43 es un poco más de 28 gramos. Sin embargo, estos datos no concuerdan con lo que señala Morales y Saavedra (2018), quien encontró pesos más bajos entre 17.40 a 20.33 gramos, el peso de 1000 granos.

En la característica rendimiento de grano (kg/ha), para la fuente de variación de tratamientos se encontró diferencias estadísticas altamente significativas, lo que indica que existen diferencias reales de rendimiento de grano en los Sistemas Agrícolas estudiados. La prueba de Duncan al 5%, indica que existen diferencias estadísticas entre los promedios respecto a la característica. Los rendimientos obtenidos de los SA1 y SA2 con valores de 9492.00 y 9086.00 kg/ha, respectivamente, fueron más altos respecto al SA3 cuyo valor de 7926.00 kg/ha, fue el valor más bajo (Figura 12). Los valores más altos encontrados en los SA1 y

SA2, es probable pudo deberse a la interacción eficiente entre los factores del clima (Temperatura, radiación solar y suficiencia de agua de riego) y del suelo (Textura, nutrición y pH). Resultados similares de este estudio son reportados por Morales y Saavedra (2018), Lequernaque *et al.* (2005), Chiroque y Díaz (2016), y Mechato y Alemán (2018), quienes concluido sus experimentos obtuvieron rendimientos de (6754.50-8720.00 kg/ha), (10281.89-12076.10 kg/ha), (9079.50 kg/ha). (10 881.90-11 597.40 kg/ha). Sin embargo, los resultados no guardan relación con lo que reportan Semillas El Potrero (s.f) y Profesionales del Agro (s.f), quienes en el reporte de las características de la variedad IR-43 señalan rendimientos potenciales de 12 a 14 kg/ha.

4.2. CARACTERIZACIÓN DE LA PARCELA

4.2.1. Características socio-económicas del agricultor

- **Sexo de la persona responsable de la parcela**

Se observa que el 95% de hombres son responsables de las parcelas y solo el 5% son mujeres (**Figura 13**). Se evidencia que en esta región del país prevalece la responsabilidad de las parcelas en el sexo masculino, es decir las mujeres escasamente se involucran responsablemente en actividades del campo. La causa puede deberse a lo versado por los encuestados, quienes auto definen que los hombres son los únicos por su fortaleza los que deben dirigir o encargarse de la responsabilidad exclusiva del predio. En relación a esta variable los datos encontrados en este estudio, tienen relación a los datos censales del año 2012, en tanto que muestran que en Tumbes de un total de 8134 productores agropecuarios, 6897 o sea el 84.8% son hombres y 1237 o sea el 15.2% son mujeres, prevaleciendo claramente el sexo masculino (INEI 2014).

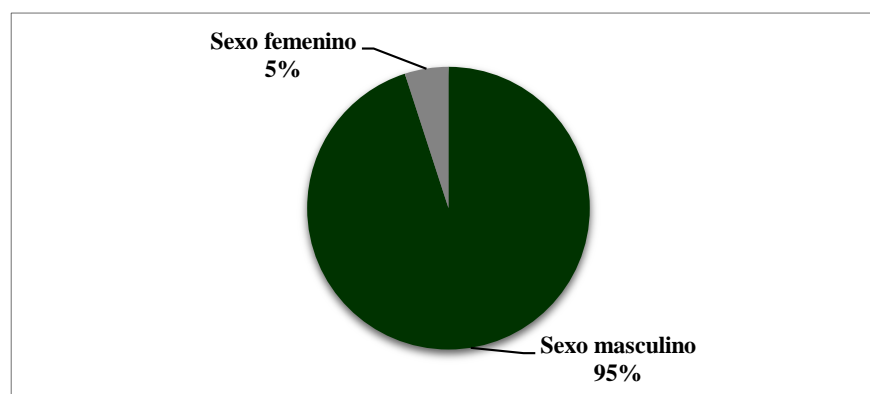


Figura 13. Sexo de la persona responsable de la parcela de arroz

- **Edad de la persona responsable de la parcela**

Se aprecia que la mayor parte de personas responsables de la parcela con 18%, tienen entre 55 y 59 años; sin embargo, las personas más jóvenes tienen entre 25 y 29 años y representa el 5% (**Figura 14**). De igual manera, las personas más adultas con 9% son aquellas que tienen entre 70 y 74 años. Se observa también, que un poco más del 50% de parceleros arroceros tienen por encima de 50 años de edad. Es importante acotar y resulta ventajoso el hecho que cerca del 50% de responsables de las parcelas, tienen entre 25 y 50 años de edad, generación de productores flexibles para adoptar innovaciones tecnológicas. Relacionado a esto el INEI (2013), según el IV Censo Nacional Agropecuario 2012, señala que el mayor número de productores agropecuarios tiene entre 45 y 49 años de edad, tanto en los hombres como en las mujeres. Sin embargo, en el caso de los hombres le siguen en número, los conductores agropecuarios que tienen entre 40 y 44 años, a diferencia de las mujeres que son las de 50 a 54 años de edad. La edad promedio de los productores agropecuarios de la Costa son los que tienen la mayor edad promedio 54 años.

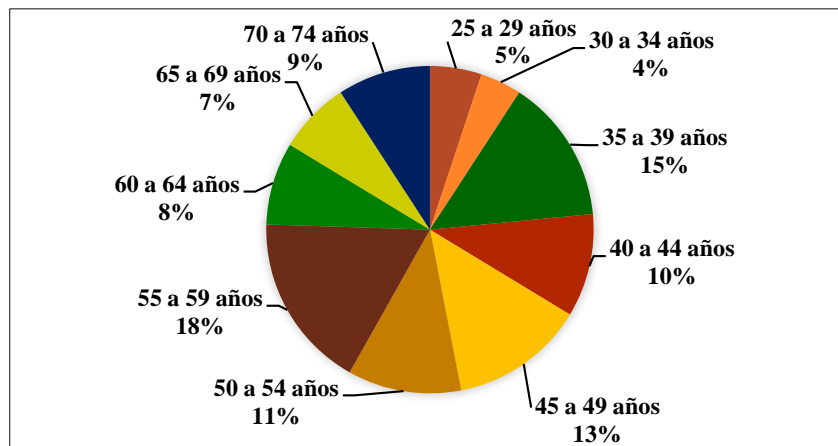


Figura 14. Edad de la persona responsable de la parcela de arroz

- **Nivel de instrucción de la persona responsable de la parcela**

La **Figura 15** muestra los valores en porcentaje del nivel de instrucción de las personas responsables de las parcelas. Se observa que los responsables de la parcela con 48% tienen nivel de instrucción secundario y un poco menos le sigue el nivel de instrucción primario con 44%. El grupo de productores con nivel de técnico es pequeño con 3%, inicial con 2%, universitaria con 2% y sorprendentemente el 1%, no tiene nivel de instrucción. Lo anterior es similar a lo reportado por el INEI (2013), según los

resultados del IV Censo Nacional Agropecuario 2012, en la Costa casi la mitad de productores tiene educación primaria (48.4%), el 29.7% cuenta con educación secundaria y el 12.2% con educación superior.

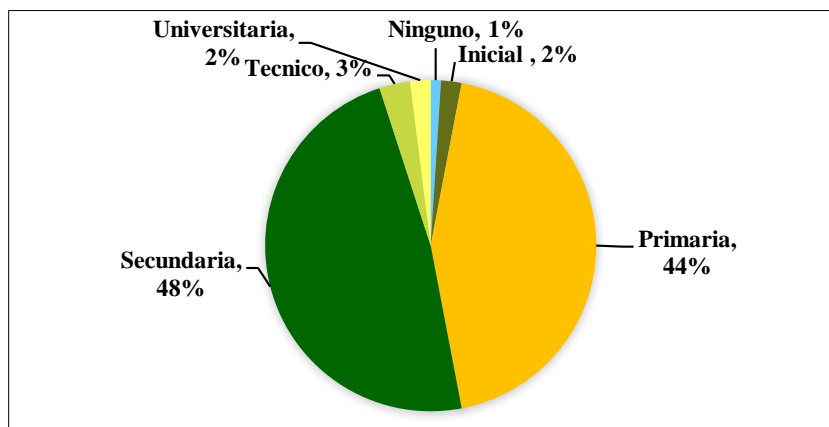


Figura 15. Nivel de instrucción de la persona responsable de la parcela de arroz

- **Número de hijos menores de 18 años**

La **Figura 16** muestra que el 30% de parceleros encuestados tienen hijos menores de 2 años, el 18% tiene hijos menores de 5 años, el 22% menores de 10 años y el 30% de productores encuestados tienen hijos menores de 15 años. Se observa que el 48% de encuestados, aun con la edad que tienen los productores todavía tienen hijos con edades menores de 5 años, situación que atañe responsabilidad para la manutención, educación y vivienda para sus hijos.

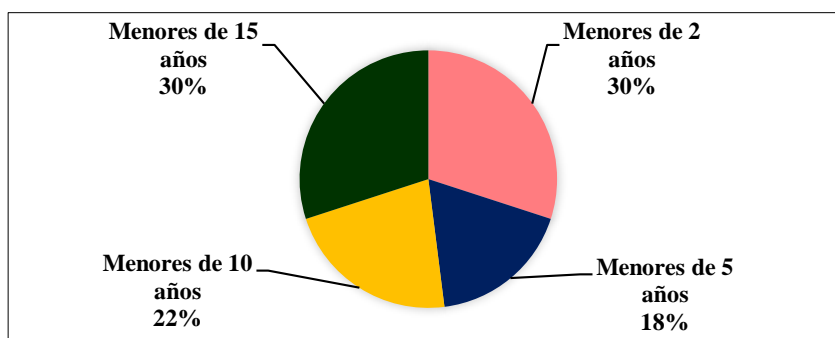


Figura 16. Número de hijos menores de 18 años de los productores arroceros

- **Número de personas que aportan con los gastos en el hogar**

Se observa que el 54% de productores encuestados solo una persona es la que aporta con los gastos del hogar, en menor cantidad con 38% dos personas son las que aportan y muy por debajo, tres personas representados con el 8% de encuestados son los que

aportan con los gastos en el hogar (**Figura 17**). De lo observado se deduce que entre una y dos personas representa un poco más del 90% los que aportan con los gastos en el hogar, lo cual resulta probablemente insuficiente o poco significativo.

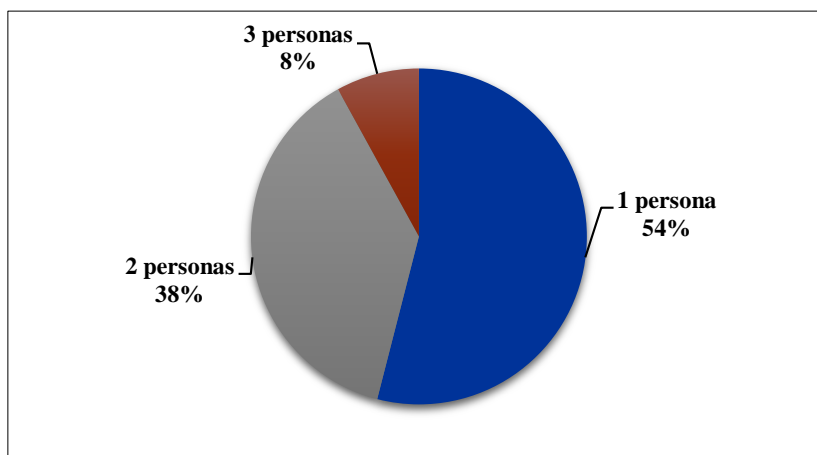


Figura 17. Número de personas que aportan con los gastos en el hogar de los productores de arroz

- **Centro Medico en la localidad**

La **Figura 18** muestra que el 95% de parceleros encuestados reportaron tener Centro Médico en su localidad y un grupo menor que representa el 5%, respondieron no tener dicho establecimiento de salud. En efecto, se puede considerar significativo la existencia de un Centro Médico en la localidad, a esto se suma una ventaja referida al hecho que las parcelas agrícolas se encuentran no muy alejadas de la ciudad, lo cual resulta el fácil el acceso a ello.

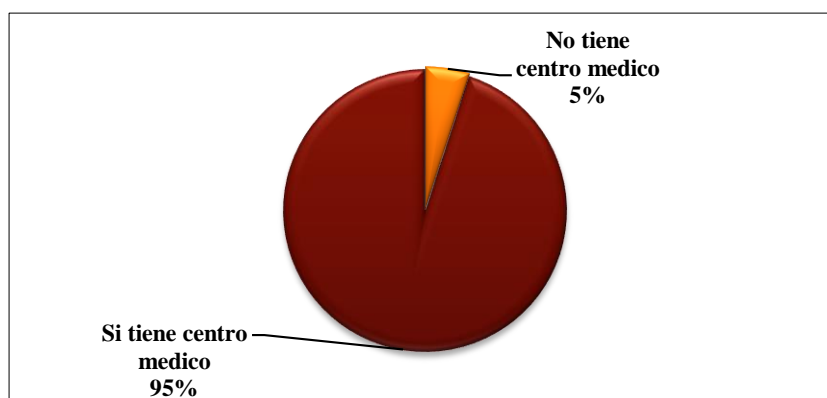


Figura 18. Centro medico en la localidad de los productores arroceros

- **Permanencia de personal en el Centro Médico de la localidad**

En la **Figura 19** se observa que el 72% de encuestados respondió tener en forma permanente la asistencia médica en el respectivo Centro Médico de su localidad; sin embargo, el 28% no dispone en forma permanente el referido personal médico. La causa de lo manifestado por los encuestados puede deberse probablemente, al hecho que se trata de zonas urbanas y periurbanas y el acceso a otros servicios son ventajosa y fácilmente accesibles.

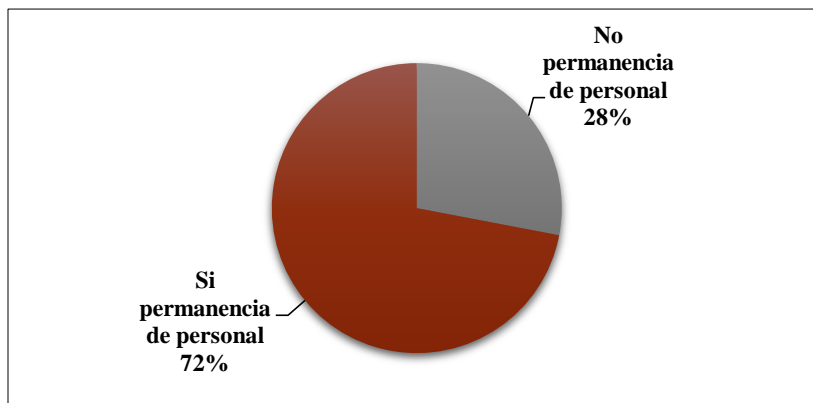


Figura 19. Permanencia del personal en el centro médico de la localidad

- **Servicios básicos**

La **Figura 20** muestra que la gran mayoría que representa el 60%, tiene los servicios de agua, desagüe y energía eléctrica, el 38% posee los servicios de agua, desagüe, energía eléctrica y teléfono y un pequeño grupo solamente tiene agua y luz, que representa el 2%. Se aprecia que el 98% de productores tiene los principales servicios básicos, lo que se percibe una mejoría de la calidad de vida. Esta información es corroborada por el INEI (2013), al referirse al uso de energía eléctrica por red pública para la producción agropecuaria, esta se ha incrementado en 5.8 veces en los últimos 18 años. Asimismo, de acuerdo al INEI (2008), Censos Nacionales 2007: XI de población y VI de vivienda, reporta que en Tumbes el 79% de viviendas disponen de abastecimiento de agua potable, del mismo modo el 47% tiene disponibilidad de servicios higiénicos.

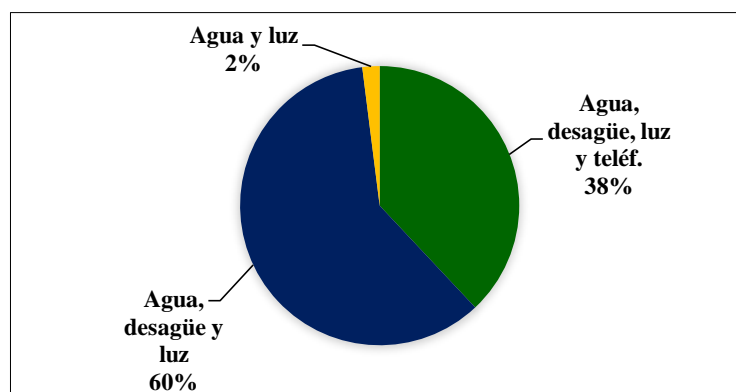


Figura 20. Servicios básicos de los parceleros arroceros

- **Tipo de vivienda**

En la **Figura 21** se observa que el tipo de vivienda que caracteriza a los parceleros de esta zona, es vivienda mixta y representa el 42%, el 22% tiene vivienda de hormigón, el 18% tiene vivienda levantada con madera y finalmente un último grupo dispone vivienda construida con caña y representa el 18%. Se puede apreciar, que casi un 78% tiene vivienda construida de caña, de madera o mixta, lo que se puede decir que todavía está postergado para muchas personas mejorar el tipo de vivienda, lo cual refleja un singular nivel de pobreza. Esta información es corroborada por el INEI (2008), Censos Nacionales 2007: XI de población y VI de vivienda, quien reporta que en Tumbes el tipo de vivienda respecto al material predominante del cual está construida el 5.38% es de madera y el 37.41% es predominantemente hecha de caña.

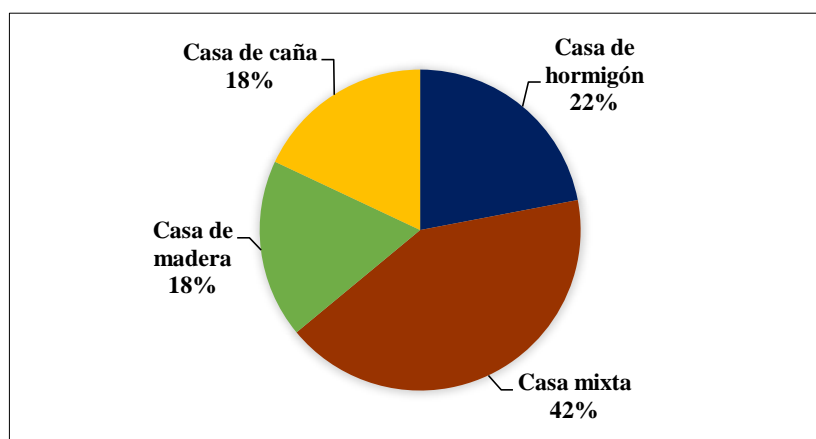


Figura 21. Tipo de vivienda de los productores de arroz

- **Ingreso mensual en soles del productor del cultivo de arroz**

Se observa que el mayor porcentaje de productores (76%) tienen un ingreso mensual de 500 a 1 000 soles. El 22% tiene ingresos de 1 000 a 1 500 soles y un grupo minoritario (2%) tiene ingresos en soles de 1 500 a 2 000 (**Figura 22**). Considerando que la canasta básica familiar es fluctuante en el país y es en promedio S/ 1300.00 soles, el ingreso promedio que registra el agricultor (S/ 1000.00 soles) es un indicador que no garantiza mejoras en la calidad de vida de los parceleros. Respecto a esta variable, los datos encontrados en este estudio tienen relativa relación con los datos censales del año 2012, en la cual se reporta que más de la quinta parte, es decir unos 23.5% de productores/as censados manifestaron que los ingresos generados son suficientes para el sostenimiento de su hogar y la economía familiar. El restante 76.5% respondió que, sus ingresos como productor/a agropecuario, no eran suficientes (INEI 2014).

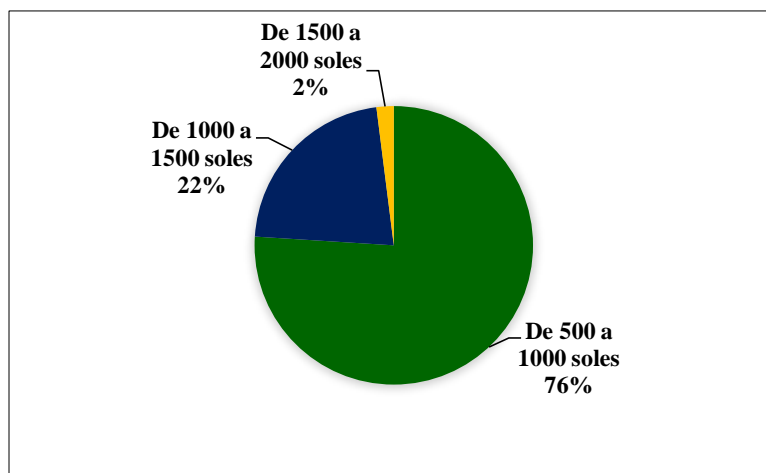


Figura 22. Ingreso mensual en soles del productor arrocero

- **Crianza de animales**

La **Figura 23** muestra que el 54% de productores encuestados cría animales y el 46% no tiene animales en la parcela. La razón de lo procedido por el 46% de encuestados puede deberse, a que toda el área del predio lo dedica en forma exclusiva al monocultivo de este cereal y no deja espacio para la cría de animales, incluso ni para diversificar el predio.

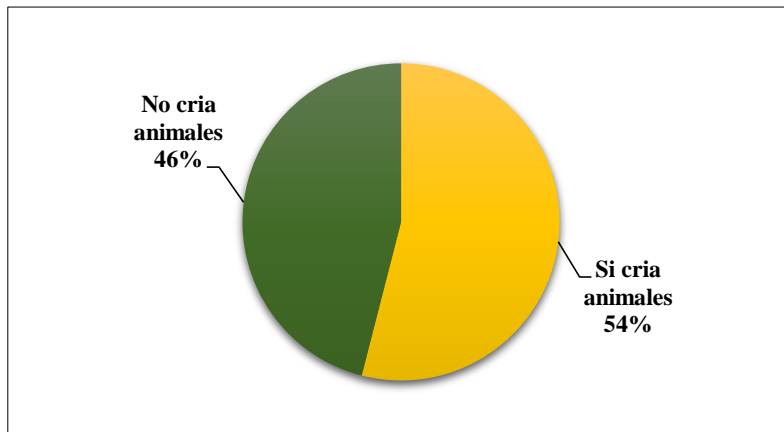


Figura 23. Crianza de animales del productor de arroz

- **Animales que cría**

Se observa que el mayor número de encuestados tiene solo aves y representa el 47%, el 18% tiene solo porcinos, el 15% tiene solo vacunos, el 10% caprinos, el 5% tiene vacunos y porcinos y un grupo pequeño del 1% tiene los diferentes tipos de animales, es decir, vacunos, caprinos, porcinos y aves. Todos los encuestados, además de cultivar arroz se dedican a la crianza por lo menos a un tipo de animal (**Figura 24**). De la población total de aves de corral, el 86% se encuentra en la región Costa, el 5% en la región Sierra y el 9% en la región Selva (INEI 2013).

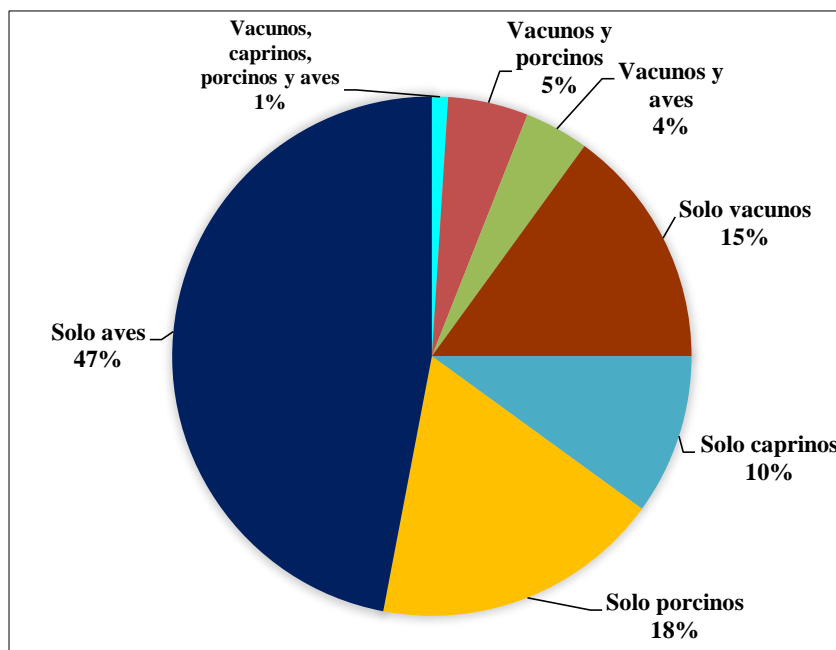


Figura 24. Tipo de animales que cría el productor arrocero

- **Medio de comunicación e información que utiliza el productor**

La **Figura 25** presenta que el 35% de encuestados utilizan solo TV y radio, el 26% utiliza TV, radio, telefonía fija y celular, el 12% de encuestados utiliza TV, radio y telefonía fija, el 9% utiliza solo celular, el 6% utiliza la mayoría de medios de información, es decir, TV, radio, telefonía fija, celular, internet y periódico; de igual manera, el 4% utiliza radio y periódico, igualmente un 4% utiliza solo TV, el 3% utiliza TV, radio, telefonía fija, celular e internet y finalmente, un pequeño grupo de 1% utiliza solamente radio. Se aprecia que todos los encuestados utilizan por lo menos un medio de comunicación e información, aspecto importante para interactuar con otras actividades relacionadas al agro. Los resultados reportados por las encuestas aplicadas a los productores, es corroborado por el INEI (2008), Censos Nacionales 2007: XI de población y VI de vivienda, quienes al respecto dicen que en Tumbes el 31.9% de hogares disponen de al menos un servicio de información y comunicación.

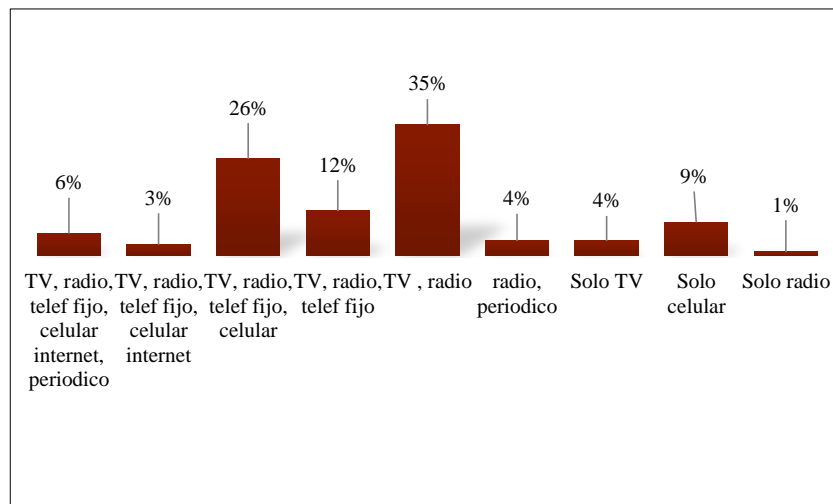


Figura 25. Medio de comunicación e información que utiliza el cultivador arrocero

- **Disponibilidad de movilidad en la zona**

Se observa que el 93% de encuestados respondió que sí tienen disponibilidad del servicio de movilidad en la zona, un grupo pequeño de 7% manifestó no tener dicho servicio (**Figura 26**). La disponibilidad de movilidad es sumamente importante, pues es una vía de comunicación que permite el desplazamiento de personas y el transporte de sus productos del campo.

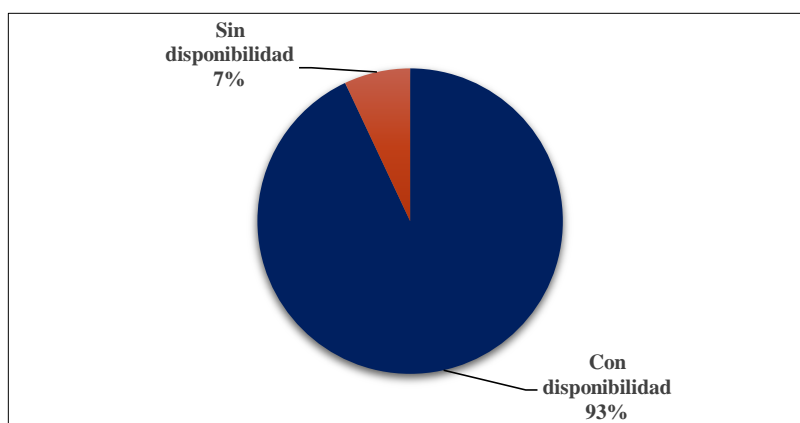


Figura 26. Disponibilidad de movilidad en la región

- **Participación en organizaciones**

El 42% de encuestados respondió participar en la organización de agricultores, la preocupación está en que un grupo significativo que representa el 38% de encuestados, respondió no participar ni pertenecer a ninguna organización, el 12% participa solo en organizaciones religiosas, el 6% en deportivas y grupos pequeños respondieron participar en organizaciones de agricultores y deportivas con el 1% y agricultores y religiosas, también con el 1%. De los resultados se observa una grave dificultad en lo concerniente a la organización, principalmente aquellas relacionadas a la actividad agropecuaria, lo cual resulta una desventaja desde el punto de vista del agro-negocio. Sin embargo, en relación a esta variable las estadísticas del censo agropecuario ejecutado en el año 2012 indican, que el nivel de asociatividad que en mayor porcentaje se registra a nivel departamental, destaca en Arequipa con 72.4%, Lambayeque con 68.9%, Tacna con 68.7%, Lima con 57.7%, Tumbes con 49.2%, Ica con 46.8%, Piura con 40.6%, Áncash con 29.8%, La Libertad con 29.0% y Cusco con 4.8% (**Figura 27**).

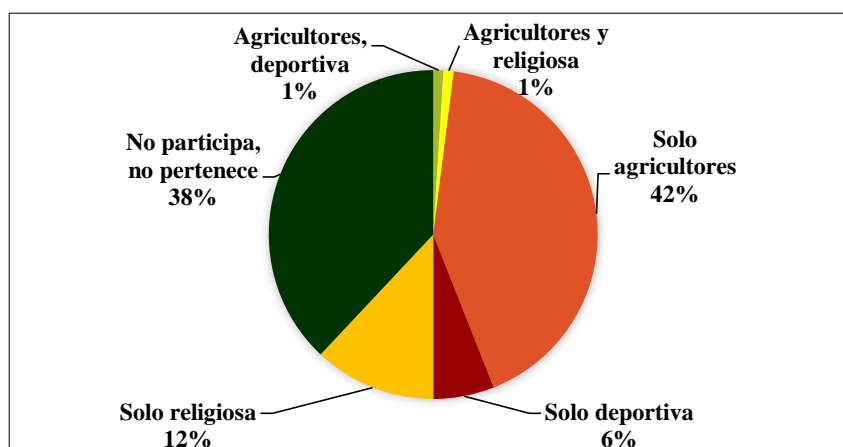


Figura 27. Participación de productores arroceros en organizaciones

- **Actividades a la que se dedica la familia**

En la **Figura 28** se observa que la mayoría de encuestados (80%) respondió dedicarse solo a la agricultura, el 11% se dedica a la agricultura y comercio, el 6% a la agricultura y ganadería y un grupo pequeño de encuestados de 3% respondió dedicarse a otras actividades. Esta información es revalidada por el INEI (2013), el cual indica que el 40.7% de los productores agropecuarios del país (913 602) complementan sus ingresos realizando otras actividades. Asimismo, manifiesta que más de la mitad de los productores de la Costa trabajan en agricultura, ganadería y pesca, el 18% se dedica al comercio, un 7% a construcción, entre otras actividades.

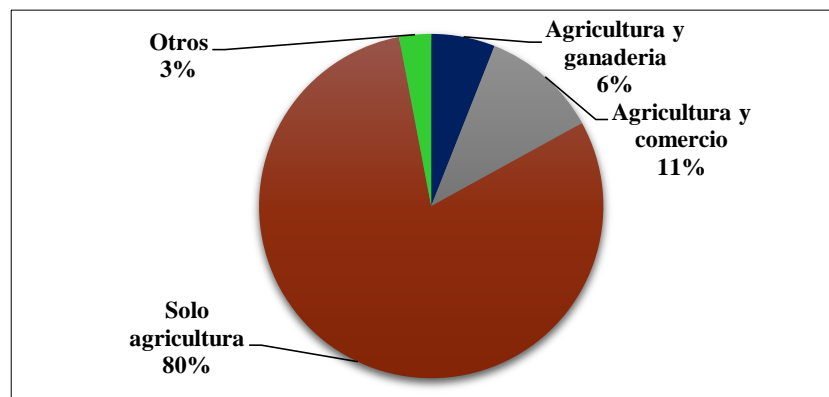


Figura 28. Actividades a la que se dedica la familia de los productores arroceros.

- **Acceso a capacitación**

La **Figura 29** muestra que el 73% de encuestados respondieron recibir capacitación; sin embargo, el 27% respondieron no tener acceso a ella. Se evidencia que la mayoría recibe capacitación, situación que es importante para facilitar la adopción de innovaciones tecnológicas en actividades del campo.

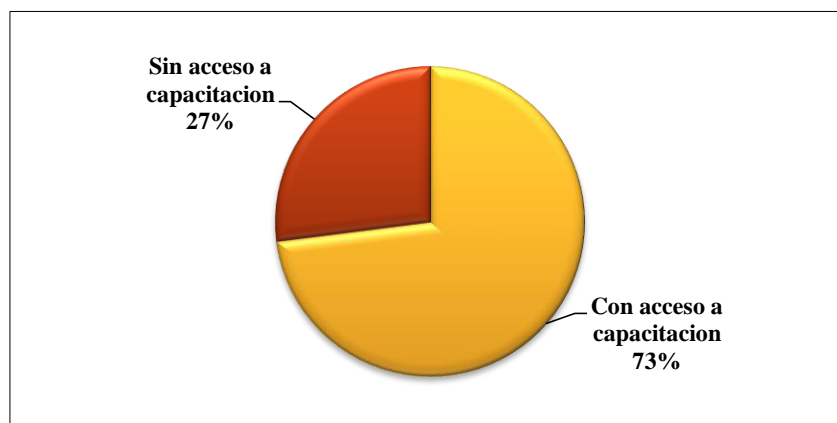


Figura 29. Acceso a capacitación de los cultivadores arroceros

- **Origen de la capacitación**

La **Figura 30** muestra que el 38% de parceleros encuestados respondieron que reciben capacitación del MINAGRI, el 22% recibe del MINAGRI y Asociación de Productores, el 10% acoge capacitación solamente de la Asociación de Productores y un alto porcentaje de encuestados, que representa el 30%, manifiesta no recibir capacitación de ninguna institución.

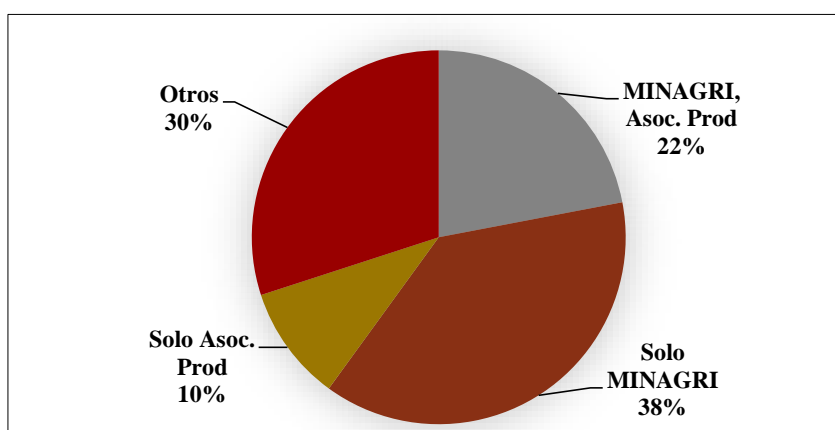


Figura 30. Origen de la capacitación de los productores arroceros

4.2.2. Características socio-económicas de la parcela

- **Tenencia de título de propiedad**

La **Figura 31** muestra que el 71% de encuestados respondieron tener título de propiedad, esta información es similar a lo reportado por el INEI (2013), quien manifiesta que más del 65.7% de parceleros en Tumbes tienen título de propiedad, igualmente el 34.3% carece de él. Se observa, que un alto porcentaje tiene título de propiedad, aspecto que es importante puesto que este grupo de productores puede ser favorecido ante la banca privada y la sujeción de préstamos de inversión. De igual modo, el 29% de encuestados respondió estar carente de tenencia de la propiedad.

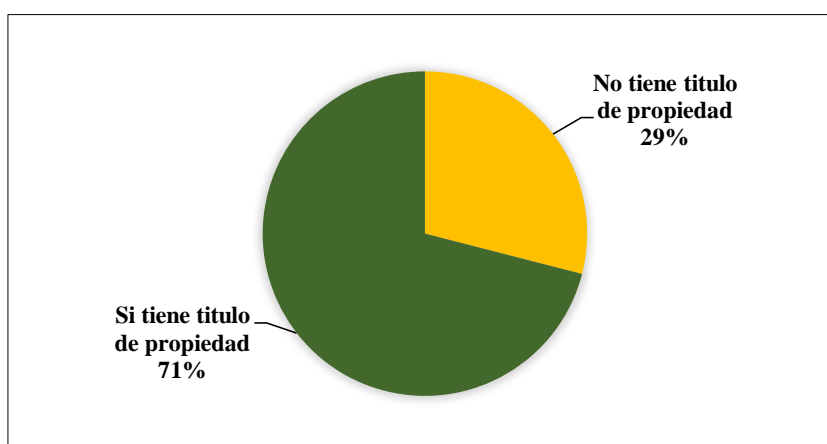


Figura 31. Tenencia de título de propiedad de los productores de arroz

- **Número de hectáreas que posee**

Se observa que la mayoría de encuestados que representa el 25% tiene más de 5 ha, el 16% respondió tener entre 4 y 5 ha, el 15% reportó tener entre 2 y 3 ha, el 11% dijo tener entre 1 a 2 ha y un grupo considerable de 14% respondió tener el mínimo de área; es decir entre 0.5 y 1 ha (**Figura 32**). La información obtenida como resultado de la aplicación de la encuesta a los productores, es confirmada por el INEI (2013), luego de la publicación de resultados del IV Censo Nacional Agropecuario 2012, revelan que la superficie agrícola promedio por parcela a nivel nacional es de 1.4 ha; sin embargo, según región natural en la Selva es de 3.3 hectáreas, le sigue la Costa con 3.0 ha y la Sierra con 0,8 ha por parcela. También señala que en la sierra hay mayor fraccionamiento de parcelas debido a las diferentes altitudes que se presenta en la geografía del país.

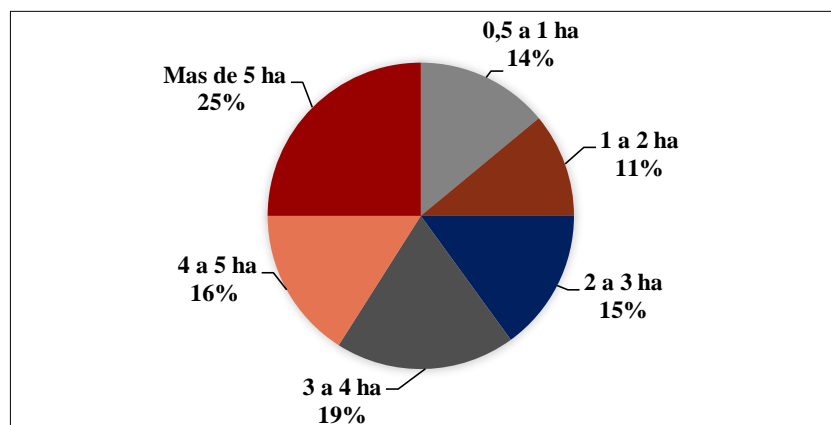


Figura 32. Número de hectáreas que poseen los productores arroceros

- **Preferencia del cultivo de arroz**

Se observa que el 100% de productores encuestados respondieron que solo cultivan arroz (**Figura 33**). Esta información refleja y corrobora la tendencia y preferencia de esta zona dedicada casi en forma exclusiva al monocultivo de arroz. La causa probable puede deberse a que se trata de un cultivo transitorio, necesita atención y mano de obra en las etapas iniciales de preparación del campo y siembra, y la etapa final con la cosecha, en las etapas intermedias solo realizan evaluaciones de evolución del cultivo, aplicaciones necesarias y luego lo dejan sin ningún peligro de hurto o robo. Así mismo, el tiempo disponible es posible está dedicado a alquilar su fuerza de trabajo y otras actividades productivas, como el comercio.

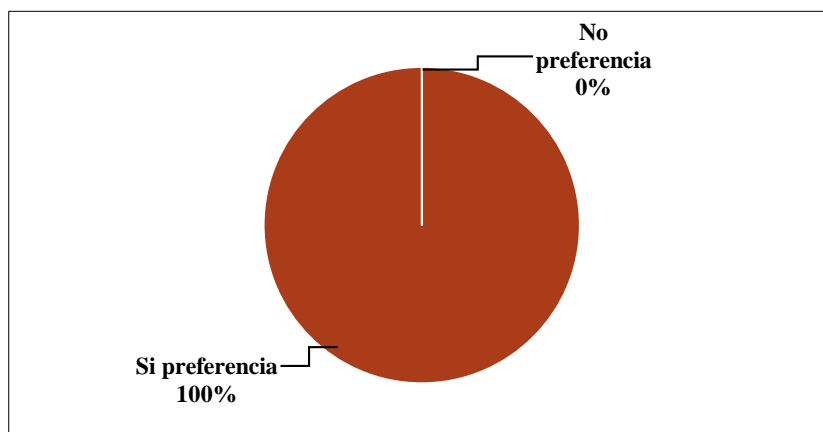


Figura 33. Preferencia del cultivo de arroz por parte de los agricultores

- **Cultivares que siembra el productor**

La **Figura 34** muestra que la mayoría de encuestados representados por el 77% respondió que en su campo siembra el cultivar IR-43, el 10% siembra el cultivar Mallares, el 3% Fortaleza y el 10% respondió que en sus campos siembran en pequeñas áreas otras, entre las que mencionan a las variedades Esperanza y Ferón, y materiales mezclados, que de ninguna manera estos últimos constituyen una verdadera variedad. No obstante, la variedad IR-43 tiene un poco más de 25 años de uso en el mercado, un poco más del 75% de agricultores la continua sembrando, esta preferencia es probable sea debido a su comprobada rusticidad (Semillas El Potrero, s.f).

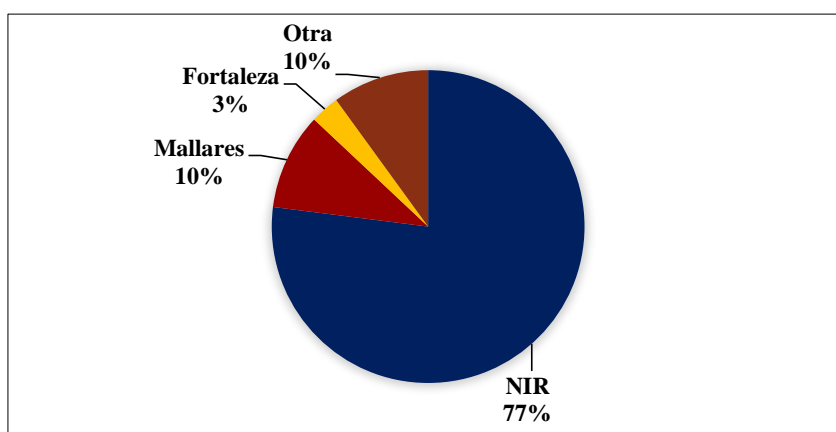


Figura 34. Variedades de arroz que siembran los agricultores de la región

- **Área total cultivada de arroz por el productor**

La **Figura 35** muestra que el 22% de encuestados siembran más de 5 ha de arroz, otro grupo de 22% siembran entre 3 a 4 ha, el 15% siembran entre 4 y 5 ha, otro grupo de 15% siembra entre 2 a 3 ha, el 13% siembra entre 1 a 2 ha y otro grupo de 13%, siembra

entre 0.5 a 1 ha de arroz. Se puede señalar que un poco más del 85% de encuestados siembran de 2 a más ha, esta cifra es aproximada al promedio de 3 ha reportado por el IV Censo Nacional Agropecuario 2012 (INEI 2013).

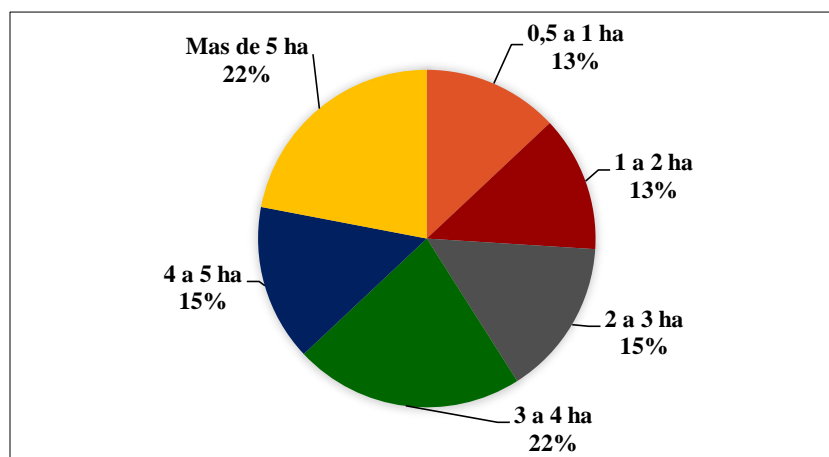


Figura 35. Área total de arroz sembrada por los productores de la región

- **Rendimiento total del cultivo de arroz ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)**

Se observa que el rendimiento de arroz cascara es variable, el mayor número de encuestados con el 26% respondió que el rendimiento de arroz cáscara obtenido es de $8000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, el 23% obtuvo rendimientos de $7000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, el 15% alcanza rendimientos de $9000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, el 14% más de $9000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, el 12% logra $6000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y finalmente, el 10% obtiene el rendimiento más bajo, es decir $5000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (**Figura 36**).

Se puede decir, que la variabilidad de los rendimientos de arroz en cascara puede deberse a diferentes factores. En primer lugar, puede atribuirse a la heterogeneidad del suelo y en segundo orden, al agotamiento del mismo causado por el monocultivo y la forma intensiva de agricultura que realizan. Es importante señalar, que el 45% de encuestados obtienen rendimientos por debajo de $7000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, ante una época de caída de precios a un sol o menos por kg de arroz, con este precio el agricultor peligraría lograr cubrir el costo de producción por unidad de superficie. Los resultados de la encuesta son corroborados por el MINAGRI (2015), según el Sistema Integrado de Estadística Agraria reporta, que el rendimiento promedio de arroz cascara en el departamento de Tumbes para el presente año fue de $7.5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. De igual manera, concuerda con lo reportado por Morales y Saavedra (2018), Lequernaque *et al.* (2005),

Chiroque y Díaz (2016), y Mechato y Alemán (2018), quienes encontraron en sus experimentos con la variedad IR-43, rendimientos variables de arroz cáscara de (6734.50-8720.00 kg.ha⁻¹), (10281.85-12076.10 kg.ha⁻¹), (9079.50 kg.ha⁻¹), y (10 881.90-11 597.40 kg.ha⁻¹).

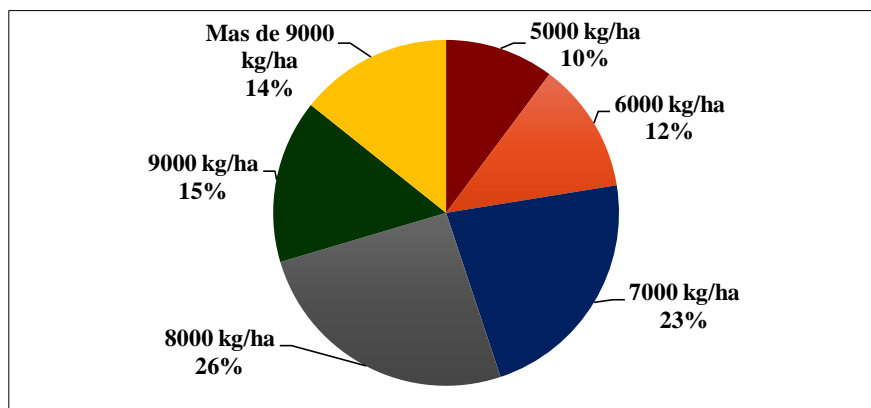


Figura 36. Rendimiento total de arroz en cáscara (kg/ha) de la región

- **Precio de venta en soles por kilogramo de arroz**

La **Figura 37** muestra que el 56% de encuestados vende el producto a S/ 1.20, el 22% lo vende a S/ 1.0, el mayor costo es vendido a S/ 1.40 que representa el 18% y un 4% de encuestados lo vende a S/ 0.90. El precio de venta oscila entre S/ 0.90 y S/ 1.40, la diferencia de precio de venta puede deberse a diferentes factores el más relevante podría ser la oportunidad de venta, los que adelantan las cosechas aprovechan mejores precios que aquellos que por diferentes motivos se atrasan en cosechar su producto. El MINAGRI (2015), refiriéndose al precio de grano en cascara el Sistema Integrado de Estadística Agraria (SIEA), corrobora esta situación y señala que el precio promedio en chacra del arroz cáscara del presente año llegó a S/ 1.20 el kg, mostrando un alza de 15% frente al registrado en el año 2014 que fue de S/ 1.04.

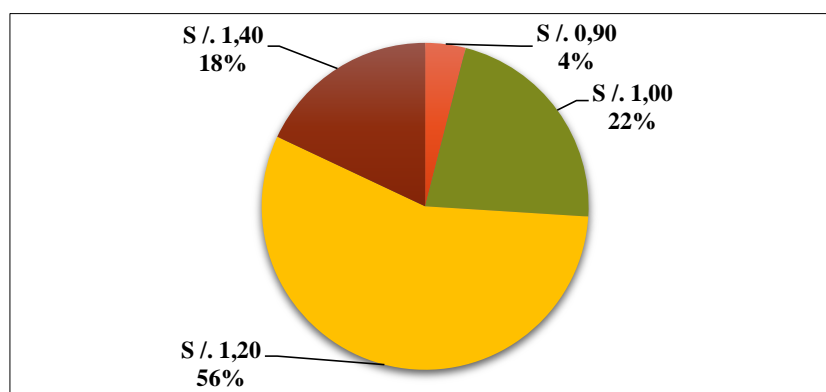


Figura 37. Precio de venta por kilogramo de arroz en cascara cosechado

- **Costo en soles por hectárea para producir arroz**

Se observa que el 43% de encuestados respondió que el costo para producir una hectárea de arroz es S/ 6000, el 36% gasta S/ 5000, el 15% utiliza el más alto costo que asciende de S/ 7000 y un 6% de encuestados gasta para producir una hectárea de arroz, más de S/ 7000 (**Figura 38**). La variación de los costos de producción que oscilan entre S/ 5000 a S/ 7000 y hasta un poco más de siete mil soles, puede deberse a diferentes causas, entre ellas a la invasión de plantas arvenses o malezas, la presencia de insectos plaga y microorganismos fitopatógenos, lo cual genera el incremento de jornales, el incremento y el uso excesivo de agroquímicos, entre otros.

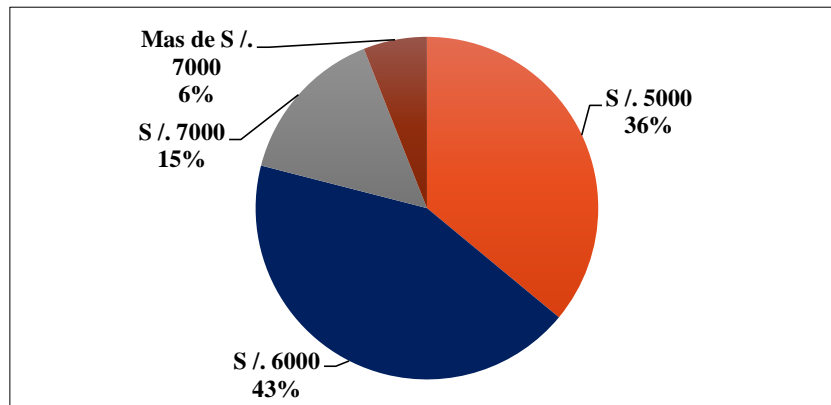


Figura 38. Costo en soles por hectárea para producir arroz por parte de los productores

- **Forma de venta del grano de arroz**

Se observa que el 100% de productores encuestados respondieron que la forma de venta del grano de arroz, es a través de grano en cascara seco (**Figura 39**). La comercialización como grano seco probablemente es lo más beneficioso para los productores, puesto que con humedad entre 12% a 14% disminuyen el riesgo de deterioro y posibilita la conservación en situaciones en que el precio está por debajo del costo de producción.

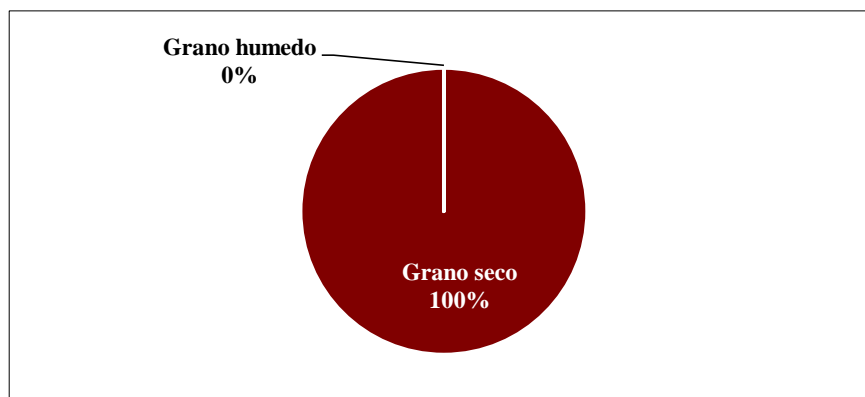


Figura 39. Forma de venta del grano de arroz por parte de los productores de la región

- **Destino de venta del grano de arroz**

La **Figura 40** muestra que el 78% de encuestados entrega su producto a molineros, el 13% a intermediarios, un 8% tiene como destino a la Asociación de Productores y un grupo muy pequeño de 1%, tiene como destino la exportación. Se refleja que la gran mayoría prefiere a Molineros y la causa probable sea el hecho que muchos productores adquieren un compromiso anticipado de entrega de la cosecha, al solicitar financiamiento para iniciar la siembra del cultivo. Los resultados de la encuesta guardan relación con la información censal del año 2012, según región natural, el mayor porcentaje de productores/as que destinan su producción para la venta figura la Selva (85.9%) y la Costa (84.5%). Aquellos que destinan mayormente su producción al autoconsumo se encuentran, mayormente, en la Sierra (72.2%). En Tumbes la cifra es mucho más alta, de 7 207 productores/a agropecuarios 7 124; es decir, el 98.8% destina su producción a la venta (INEI 2014).

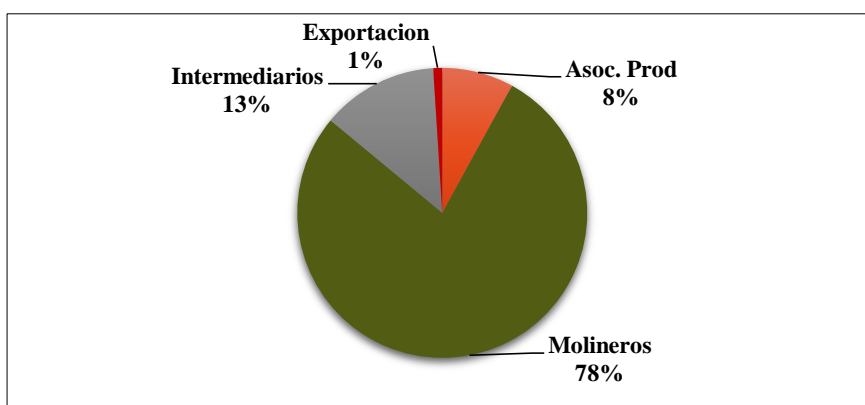


Figura 40. Destino de venta del grano de arroz por parte los productores.

- **Precio del grano de arroz en la última cosecha, campaña 2015:2**

Se observa que el 78% de encuestados vendió su producto a S/ 1.40, el 14% lo vendió al precio de S/ 1.20 y un grupo pequeño pudo venderlo a S/ 1.0 (**Figura 41**). En esta campaña agrícola el precio por kilogramo de arroz fue altamente significativo, en tanto que los precios se fijan de acuerdo a la oferta y la demanda, este fenómeno pudo haber ocurrido y la razón estriba en que en los valles de Piura y Lambayeque por la escasez del recurso hídrico se redujo el área de siembra y, por ende, se redujo la oferta del producto. Lo anteriormente expuesto es corroborado por el MINAGRI (2015), quien a través del Sistema Integrado de Estadística Agraria reporta, en lo que va de la presente campaña la superficie sembrada de este cereal cayó en 5.3% (-12 059 ha) por

menores siembras ejecutadas en La Libertad (-24.4%) y Lambayeque (-28.3%) como resultado de escasez del recurso hídrico al inicio de la presente campaña agrícola.

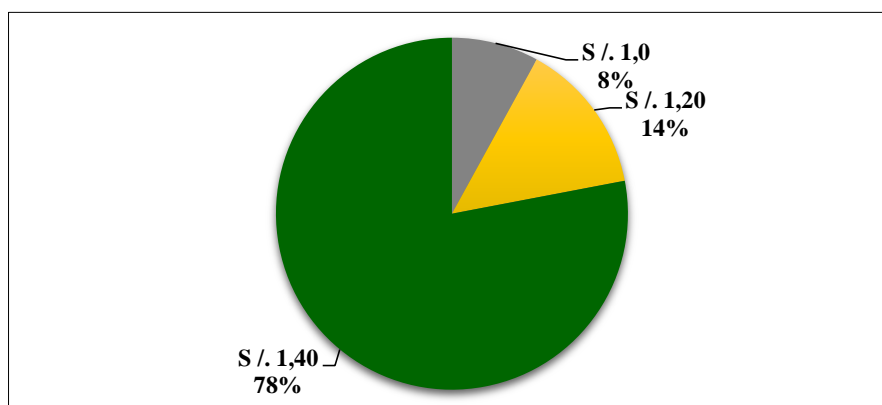


Figura 41. Precio del grano de arroz en la última cosecha, campaña 2015:2, vendido por los productores de la región

- **Número de personas incluido el dueño que trabajan en la parcela**

La **Figura 42** muestra que la mayoría respondió que son más de tres las personas que trabajan en la parcela y representa el 46% de encuestados. El 29% respondió que son dos las personas que trabajan, el 22% manifestó que son tres y un grupo muy pequeño, que constituye el 3% reveló que es solamente una la persona que trabaja en la parcela. En esta región es frecuente observar al dueño de la parcela incorporarse como jornalero en el proceso productivo. En relación a esta variable, las estadísticas censales reportan que el involucramiento de la familia en las actividades agropecuarias se evidencia al registrarse que el 91.1% de la pareja del productor o productora participa en las actividades agrícolas y pecuarias. Asimismo, los hijos o hijas trabajan en la actividad agropecuaria en promedio en un 65.0%. De igual manera, el 76.2% de hermanos o hermanas del productor/a del campo, participan apoyando en el trabajo de cultivo de la tierra o la crianza de ganado. También destaca que los hijos o hijas políticas colaboran con el productor/a agropecuario en un porcentaje de 73.9% (INEI 2014).

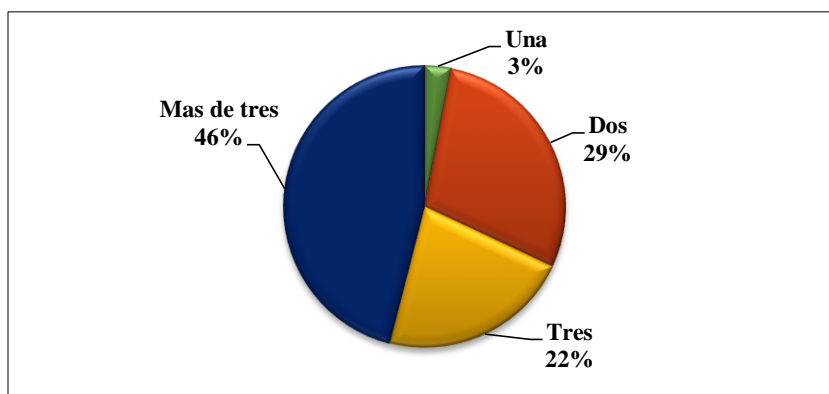


Figura 42. Número de personas incluido el dueño que trabajan en la parcela del productor arrocero

- **Tipo de agricultura que realiza**

Se observa que el 100% de agricultores encuestados respecto al tipo de agricultura que realizan respondieron que practican la agricultura tradicional o convencional y ninguno respondió realizar agricultura orgánica (**Figura 43**). De lo observado se puede reflejar, que por tratarse del tipo de agricultura convencional esto implica en forma obligada el uso de maquinaria pesada y la utilización de agroquímicos artificiales.

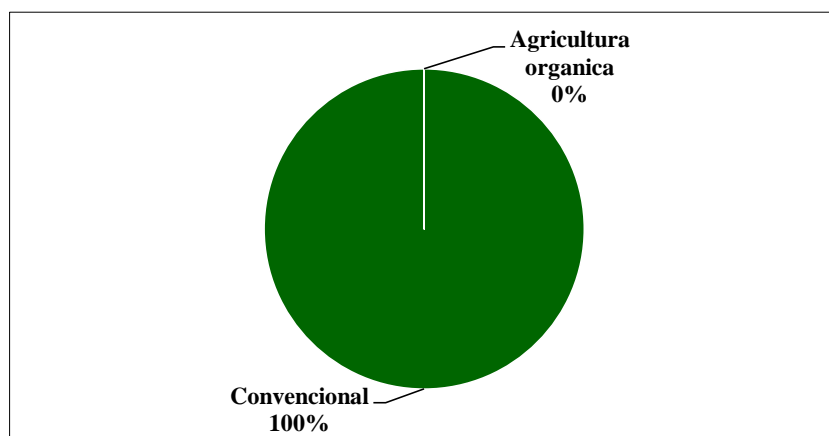


Figura 43. Tipo de agricultura que realiza el productor del cultivo de arroz

- **Utilización de jornaleros**

La **Figura 44** muestra que la gran mayoría de encuestados que representa el 97% respondió que si utiliza jornaleros en su parcela; sin embargo, el 3% respondió no utilizar o no tener necesidad de ellos. Es probable que los productores que utilizan jornaleros son aquellos que disponen de una significativa área en el predio, mientras

que el 3% que no utiliza jornaleros puede deberse a la reducida área del cultivo y solo con la participación del dueño satisface todas las actividades del campo.

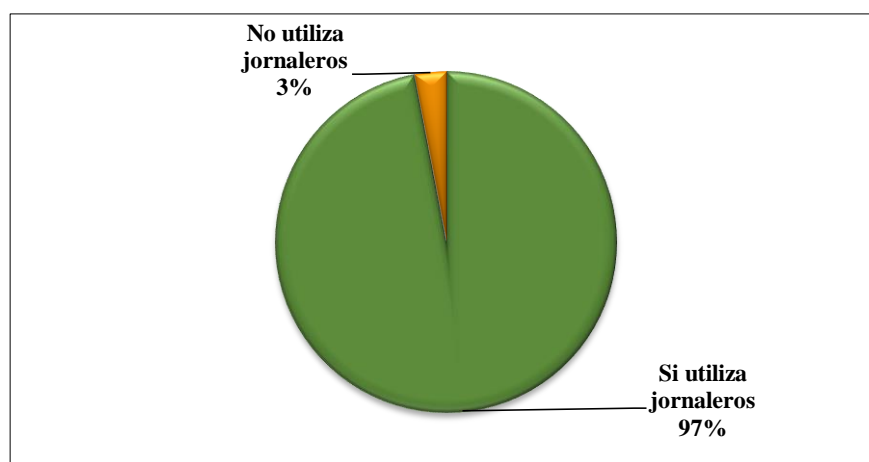


Figura 44. Utilización de jornaleros por parte del productor del cultivo de arroz

- **Número de jornaleros que trabajan en la parcela incluido el dueño**

La **Figura 45** muestra que el mayor número que representa el 36% de encuestados, utiliza más de cuatro jornaleros en su parcela, el 33% utiliza dos jornaleros, el 16% utiliza tres jornaleros y un 15% de productores respondió que utiliza cuatro jornaleros en su parcela. Es probable que los productores dueños de la parcela, en función al área que disponen van a tener mayor demanda de jornaleros, quiere decir que en la medida que dispone más dimensión su parcela, en ese orden tenderán el requerimiento de mayor mano de obra y en consecuencia ultiman recurriendo a solicitar los servicios de jornaleros.

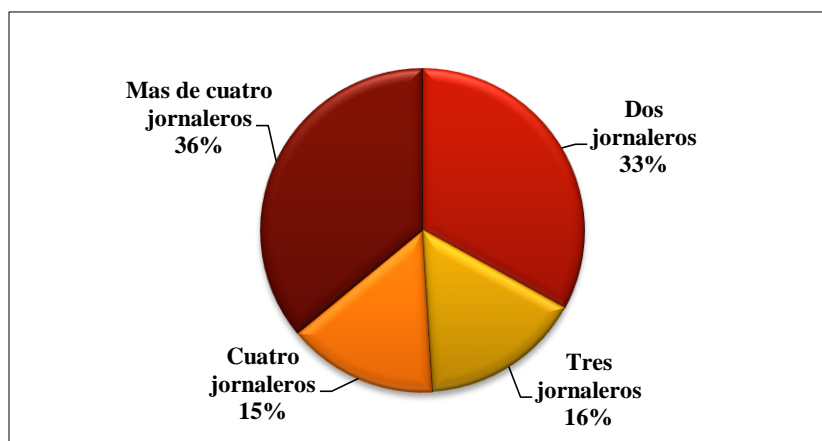


Figura 45. Número de jornaleros que trabaja en la parcela incluido el dueño

- **Costo de jornal en soles**

Se observa que la mayoría que representa el 53% de encuestados respondieron que el costo de cada jornal es más de S/ 40, el 19% paga por jornal S/ 40, el 23% paga S/ 35, un 4% de productores paga S/ 30 y un grupo muy pequeño respondieron que pagan S/ 25 (**Figura 46**). Lo reportado por los encuestados tiene relación a lo señalado por el MINAGRI (2015), Sistema Integrado de Estadística Agraria (SIEA), quien reporta que el precio de jornal en el departamento de Tumbes al 2015 fue de S/ 30-40. Igualmente, se puede percibir que el costo del jornal es variable y la variación es probable se deba a diferentes factores, entre ellos la oportunidad de mano de obra familiar, la falta de dinamismo en otras actividades productivas; sin embargo, la tendencia del costo del jornal casi siempre tiende al alza y esto es motivado también, por el alza en el costo de vida.

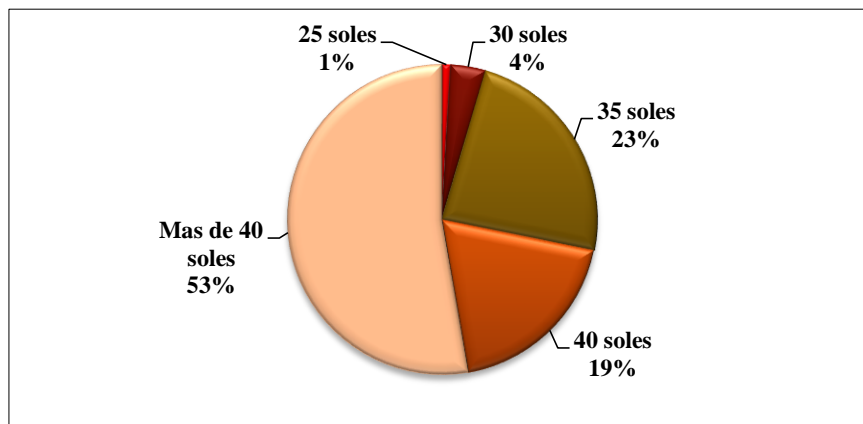


Figura 46. Costo de jornal en soles del productor arrocero

- **Tenencia de la parcela**

La **Figura 47**, muestra que la mayoría de productores encuestados representados en el 71%, respondieron que la parcela es propia y el 29% respondió que la parcela es alquilada. Es importante la tenencia de la parcela pues el productor con título de propiedad tiene ventajas comparativas y muchas facilidades crediticias en el sistema financiero. Respecto a esta variable, las estadísticas censales muestran que de cada 100 productores/as, 45.4% tienen su título completamente saneado es decir inscrito en los Registros Públicos o en trámite de inscripción. El restante 54.6% de productores/as, no cuentan con título de propiedad, ni lo tienen tramitando. El mayor porcentaje de productores/as, que cuentan con título de propiedad inscrito o en trámite se advierte en la región Costa. En Tumbes de 6 341 productores agropecuarios, 4 163 es decir el

65.7% cuenta con título de propiedad, en tanto que 2 178 productores o sea el 34.3% no cuenta con título o carece de esta tenencia (INEI 2014).

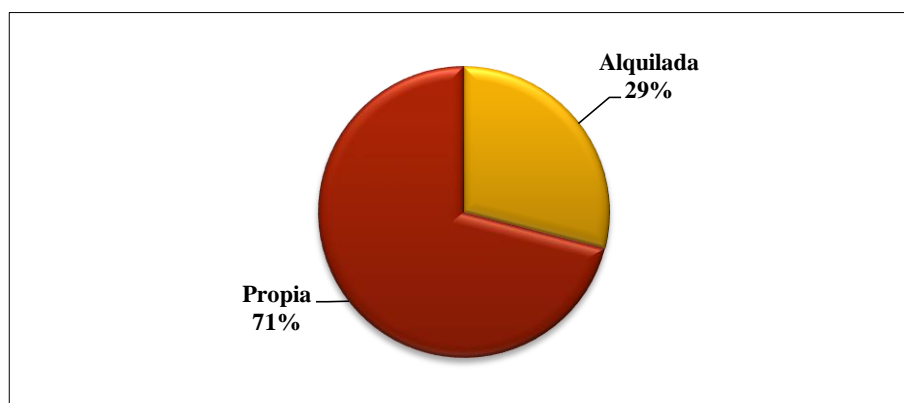


Figura 47. Tenencia de la parcela del productor arrocero

4.2.3. Características ambientales de la parcela

- **Agua de riego permanente durante todo el año**

La **Figura 48**, muestra que la gran mayoría de productores encuestados representados en un 90% disponen de agua de riego durante todo el año; sin embargo, el 10% durante todo el año no dispone de dicho recurso. La disponibilidad de agua durante todo el año se atribuye al hecho que el riego es por gravedad y el abastecimiento de dicho recurso es a través del río Tumbes, cuyo caudal es considerable y su permanencia es durante todo el año.

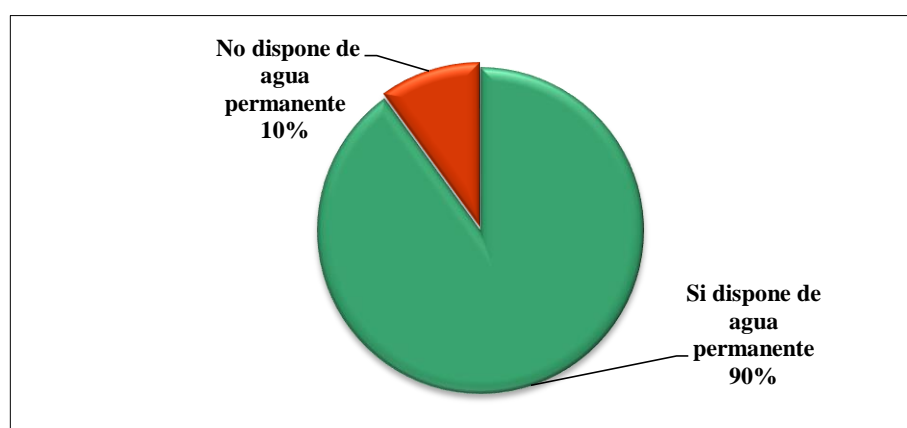


Figura 48. Disponibilidad de agua de riego durante todo el año en la región

- **Fuente de abastecimiento de agua**

En la **Figura 49**, se muestra que el 100% de productores tienen la única fuente de agua que es el río y a través de canal de riego. La fuente a la que se refiere es a través del río Tumbes, el cual proveniente de la zona alta de Ecuador dispone de agua permanente

durante todo el año. Respecto a esta variable, la estadística censal del año 2012 muestra que, del total de hectáreas de tierras cultivadas, casi el 93% utiliza el riego por gravedad, que consiste en la distribución del agua al terreno de cultivo utilizando como energía movilizadora solo la gravedad (INEI 2014). Los resultados guardan relación con lo reportado por el INEI (2014), quien, al referirse a la procedencia del agua de riego, el mayor porcentaje de la superficie cultivada es regada con agua procedente de río (46.6%), el agua que procede de manantial o puquio riega el 17.6% de superficie de tierras cultivadas, asimismo el 12.9% de la superficie de tierras de cultivo recibe el agua de reservorio o represa. En el departamento de Tumbes de un total de 16 025 ha, el 78% de área es abastecida con agua de río.

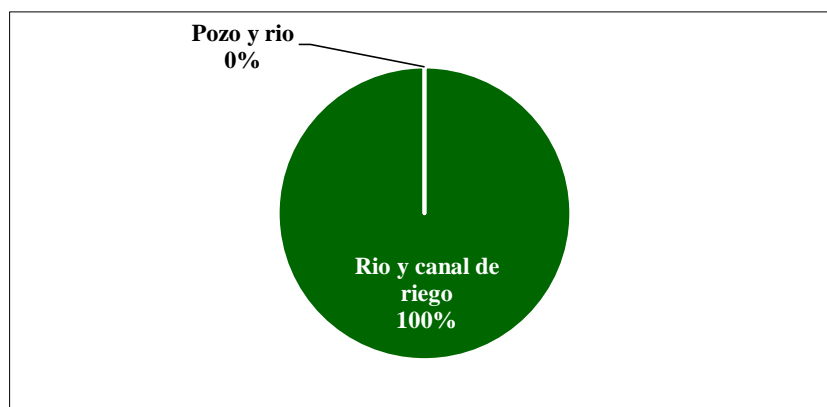


Figura 49. Fuente de abastecimiento de agua utilizada por los productores arroceros

- **Utilización de abonos químicos para la fertilización**

Los resultados se muestran en la **Figura 50**, en la cual el 100%, es decir todos los productores encuestados respondieron que utilizan para la fertilización abonos químicos o artificiales. Los resultados encontrados tienen relación a lo reportado por el INEI (2013), IV Censo Nacional Agropecuario el cual indica que al año 2012, los productores que usan fertilizantes químicos ascienden a 971 mil 200 que representan el 43.9% del total, incrementándose casi en 50% respecto a 1994. Del total de productores que usan este tipo de fertilizantes, el 25.3% lo hacen en cantidad suficiente, habiéndose incrementado en 112 mil 500 respecto a 1994.

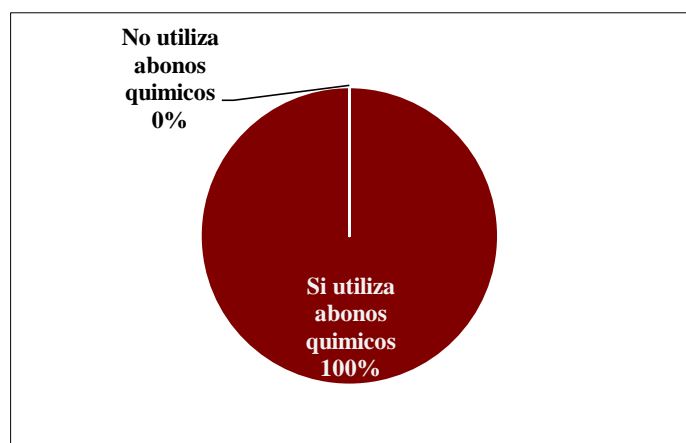


Figura 50. Utilización de abonos químicos por parte de los productores arroceros

- **Control exclusivo con plaguicidas**

La **Figura 51** muestra que la mayoría de productores encuestados representados con el 98%, respondieron que el control fitosanitario lo realizan exclusivamente con plaguicidas, un grupo minoritario de 2% respondió no utilizar plaguicidas. Lo anterior tiene relación a lo reportado por el INEI (2013), según los resultados del IV Censo Nacional Agropecuario 2012, el cual señala que en el país el 37.7% de productores agropecuarios utilizan insecticidas químicos, en tanto el 5.4% aplican insecticidas no químicos o biológicos. Los productores que hacen el mayor uso de pesticidas se encuentran registrados en la Costa, de los cuales, por cada cien, 67 utilizan insecticidas químicos, 55 herbicidas, 52 fungicidas y solo 12 de cada cien, insecticidas no químicos o biológicos.

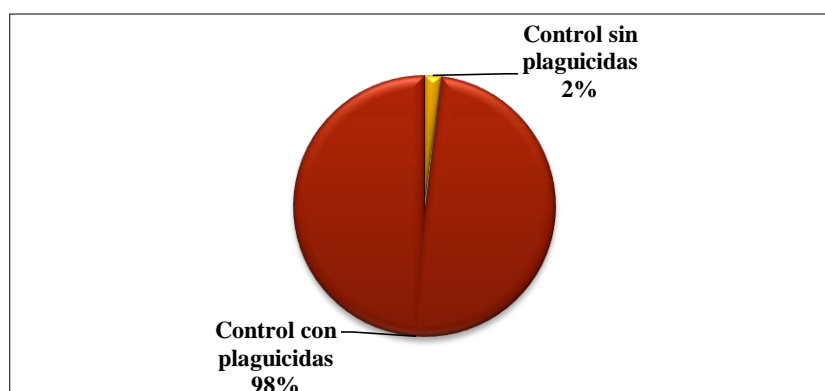


Figura 51. Control exclusivo con plaguicidas por parte de los productores arroceros

- **Área del cultivo que necesita productos químicos**

La **Figura 52** presenta los resultados en el cual la mayoría de encuestados, es decir el 56% necesita productos químicos para la aplicación a más de tres ha, el 18% necesita químicos para tres ha, el 13% lo necesita para dos hectáreas, el 7% para una hectárea y un grupo pequeño de 6%, necesita productos químicos para la aplicación en media hectárea de cultivo. En los agricultores de esta región no se percibe conocimiento sobre la salud ambiental, puesto que se observa que todos los encuestados para una mayor o menor área de cultivo utilizan necesariamente productos químicos, la causa puede deberse a la facilidad de acceso por el bajo costo del producto proveniente del vecino país de Ecuador.

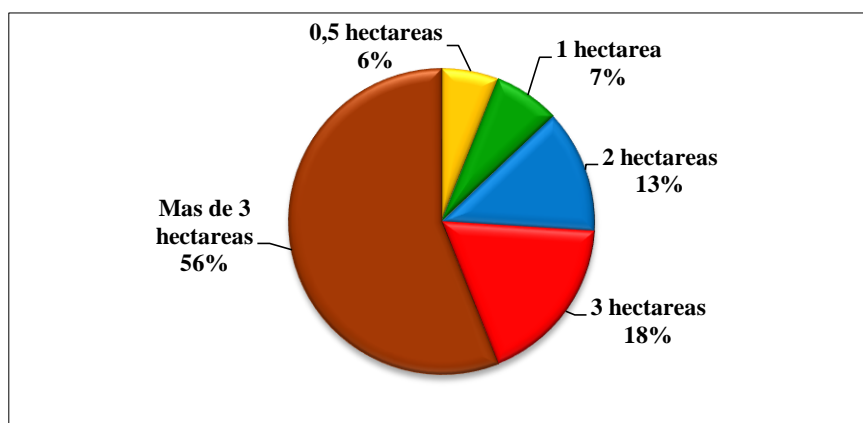


Figura 52. Área de cultivo que necesita productos químicos para su aplicación

- **Cobertura permanente de la parcela con malezas**

El 100% de encuestados respondió que mantiene su parcela en forma permanente sin cobertura de malezas, el cero por ciento respondió mantener su parcela con cobertura de malezas (**Figura 53**). Es decir, la permanencia sin cobertura de malezas en la parcela significa que el campo está completamente exento de malezas y para lograrlo, existen suficientes indicios del uso de herbicidas para mantener el campo limpio. Los resultados son corroborados por el INEI (2013), que a lo reportado por el IV Censo Nacional Agropecuario, señala que, en la Costa por cada cien productores, 55 utilizan herbicidas para contrarrestar la invasión de malezas.



Figura 53. Cobertura permanente con malezas en la parcela de arroz

- **Quema de restos de maleza**

La **Figura 54** muestra que la mayoría de productores que ascienden al 91% queman los residuos de maleza, el 9% no realiza dicha quema. Esta práctica no es recomendable puesto que es muy perjudicial, de acuerdo a lo reportado por CCA (2014), la quema de biomasa proveniente de prácticas agrícolas es considerada una fuente importante de dioxinas. Los factores que influyen en la emisión de dioxinas son las condiciones de la combustión, el contenido de cloro y la presencia de plaguicidas adsorbidos a la superficie de hojas y tallos en los residuos agrícolas. Se considera que las dioxinas, incluso en muy pequeñas cantidades, constituyen un problema para la salud y el medio ambiente, ya que: a) son persistentes y permanecen en el medio ambiente durante largos periodos, antes de degradarse; b) son acumulables y se almacenan en el tejido graso de animales y humanos, y c) pueden viajar grandes distancias en la atmósfera, de modo que en algunos casos las dioxinas generadas en una zona terminan en una región muy distante.

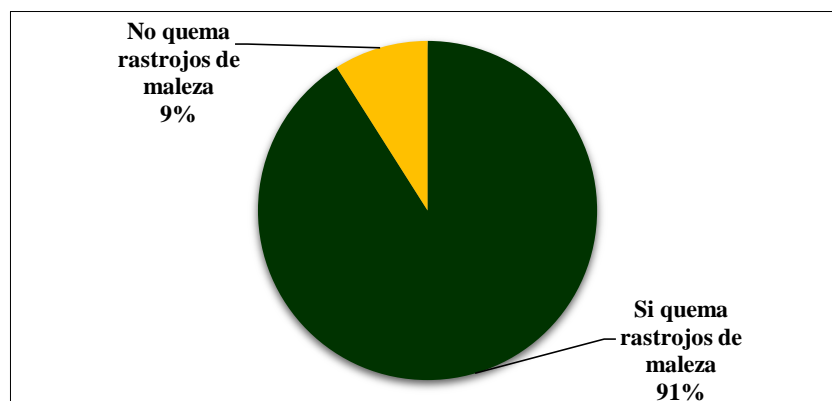


Figura 54. Quema de rastrojos de maleza por parte de productores arroceros

- **Quema de residuos de cosecha**

La mayoría de productores encuestados representados por el 99% respondieron que terminada la cosecha proceden a la quema de los mismos. Por otro lado, un pequeño grupo de 1% respondió que no quema los residuos de cosecha (**Figura 55**). Los resultados guardan relación con lo reportado por Diario correo (2014) quien en un artículo señala, que culminado el periodo del cultivo de arroz se inicia la quema de la paja, rastrojos y malezas de los campos, tal y como lo indica el Reglamento del Cultivo de Arroz. Sin embargo, por nuestra geografía, algunos campos de cultivo se ubican en las laterales de la Carretera Panamericana; por lo que, al realizar esta quema, la densa humareda dificulta la visibilidad de los conductores ocasionando, en algunos casos, accidentes graves. Asimismo, la quema de la paja es uno de los principales factores de contaminación ambiental de la región. Además, este tema va de la mano con la salud, pues según estudios realizados por una universidad española, el hecho de que las quemadas se concentren en unos pocos días implica una incorporación de gases muy elevada. Estos contaminantes tienen serias repercusiones sobre la salud, entre las que destacan la irritación de la piel y mucosas, y daño celular en el pulmón.

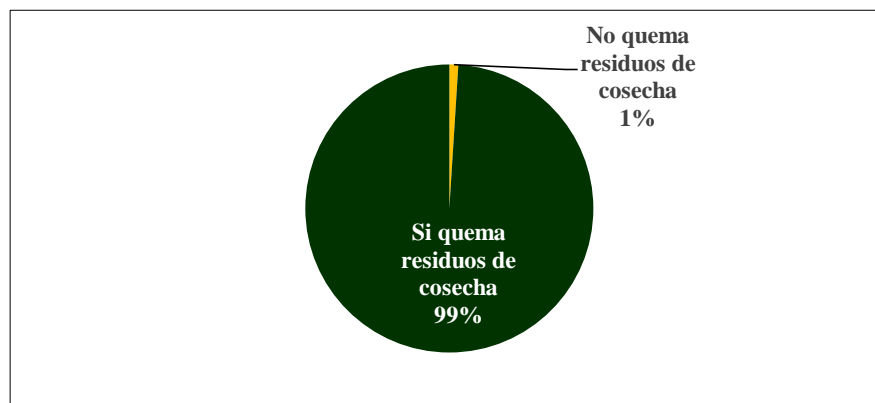


Figura 55. Quema de residuos de cosecha por parte de productores arroceros

- **Incorporación de materia orgánica**

La **Figura 56** muestra que la mayoría de productores encuestados que corresponde al 85% no incorpora materia orgánica en su parcela, el 15% de encuestados de alguna manera incorpora materia orgánica a su predio. Los resultados son corroborados por el INEI (2013), quien como resultado del IV Censo Nacional Agropecuario 2012, afirma que en el Perú 1 millón 370 mil productores agropecuarios, que representan el 62% del total, utilizan algún tipo de abono orgánico. Los productores de la Sierra, 1

millón 75 mil son los que más aplican este tipo de producto; mientras que, en la región de la Costa y la Selva, lo utiliza un menor número. Además, reafirma que del total de productores que utilizan abonos orgánicos en el país el 19.9% corresponde a la región de la costa.

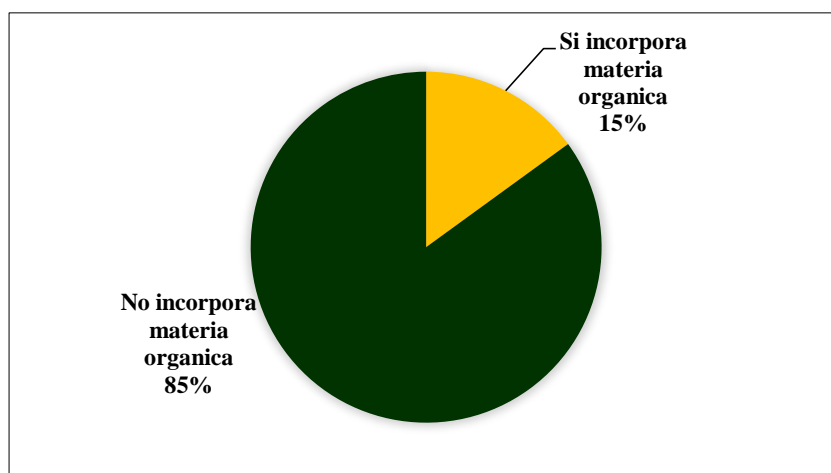


Figura 56. Incorporación de materia orgánica a la parcela, por parte de agricultores arroceros

- **Ejecución de rotación de cultivos**

El 93% de productores encuestados respondió que no realiza rotación de cultivos; sin embargo, un grupo pequeño representado por un 7% respondió que si realiza dicha actividad en su parcela, utilizando en dicha rotación cultivos de pan llevar, como: soya, frijol castilla, otros (**Figura 57**).

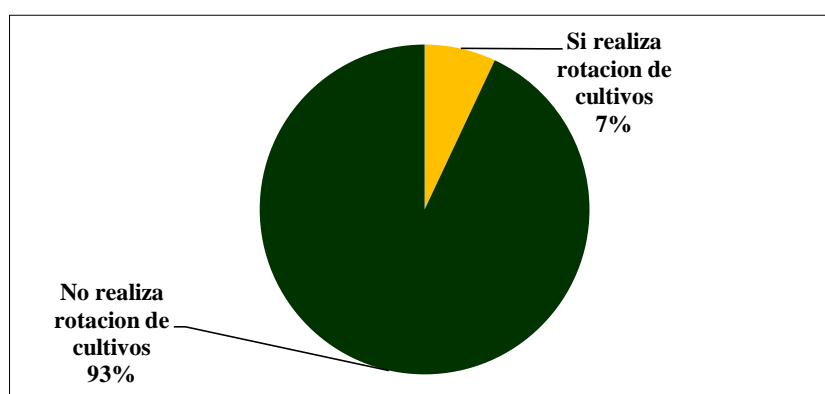


Figura 57. Ejecución de rotación de cultivos por parte de los productores arroceros

- **Elaboración y uso de repelente o extracto**

En la **Figura 58** se muestra que el 100% de productores encuestados no elabora y no usa repelente o extracto como insumo en las actividades de conducción del cultivo, esto indica indicios del uso exclusivo de productos químicos como actividad necesaria

y hasta cierto punto obligado, en el programa de control de insectos plaga y organismos fitopatógenos. Los resultados guardan relación con los datos del Censo realizado en el año 2012 (INEI 2013), quien señala que en la región Tumbes el 10% de agricultores utilizan productos no químicos o biológicos, de forma preferente y especial para el cultivo orgánico de banano, y no así en el cultivo de arroz.



Figura 58. Elaboración y uso de repelente o extracto por parte del agricultor arrocero

- **Uso de control biológico**

El 100% de productores encuestados respondió que no usa control biológico (**Figura 59**); por lo tanto, se observan claros indicios del uso exclusivo de productos químicos como elemento necesario en el programa de control fitosanitario. No obstante, los datos del Censo realizado en el año 2012 (INEI 2013), reporta que en la región Tumbes principalmente para el cultivo de banano, el 9.2% de productores agrarios recurren al uso de control biológico, de preferencia contra insectos plaga chupadores y comedores de hoja.

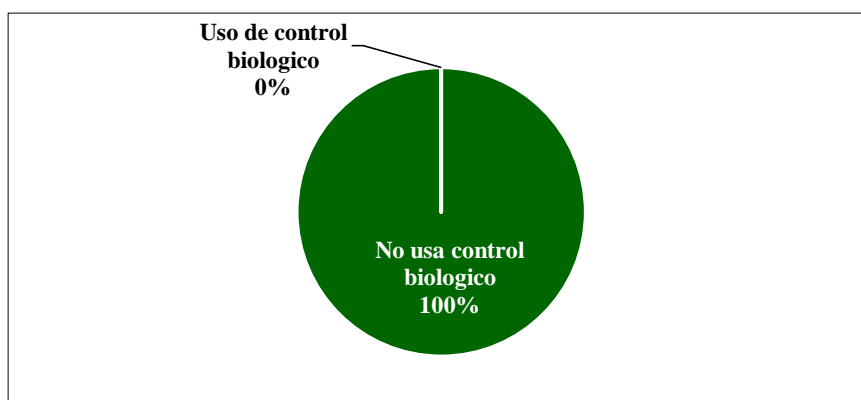


Figura 59. Uso de control biológico en la parcela del productor arrocero

- **Principal problema durante la campaña agrícola**

La **Figura 60** presenta los resultados y se observa que la mayoría de productores representados por el 53% de encuestados, respondieron que el principal problema durante la campaña agrícola son los insectos plaga (Mosquilla y cigarrita marrón) y las enfermedades fitopatógenas (Añublo bacteriano, pyricularia y virus de la hoja blanca), para el 36% el principal problema son los insectos plaga y las plantas arvenses (malezas) y un grupo menor de 11% de encuestados respondió que son los insectos plaga, las enfermedades fitopatógenas y las malezas (coquito, moco de pavo, rabo de zorro y mazorquilla); entre otro de los problemas que reportan los productores es el alto índice de la esterilidad del grano. Sin embargo, se observa que el 100% de encuestados tiene problemas sea por cualquier organismo biológico, y esto intuye en casi todos los productores la necesidad de acudir en la utilización de agroquímicos.

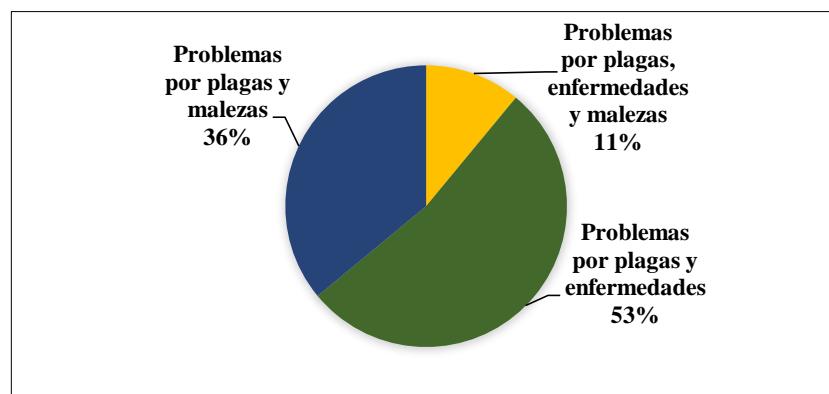


Figura 60. Problema principal durante la campaña agrícola en la parcela del productor arrocero

- **Presencia de pendiente en la parcela**

El 69% de encuestados respondió que su parcela no tiene pendiente, mientras que el 31% respondió tener pendiente mínima en su parcela, a la vez respondieron que esta no genera mayores dificultades principalmente en labores de riego y fertilización (**Figura 61**). Además, este 31% de productores que reportan tener pendiente mínima en su parcela; señalan que, con una operación mecanizada con motoniveladora, resuelven en gran medida tal inconveniente.

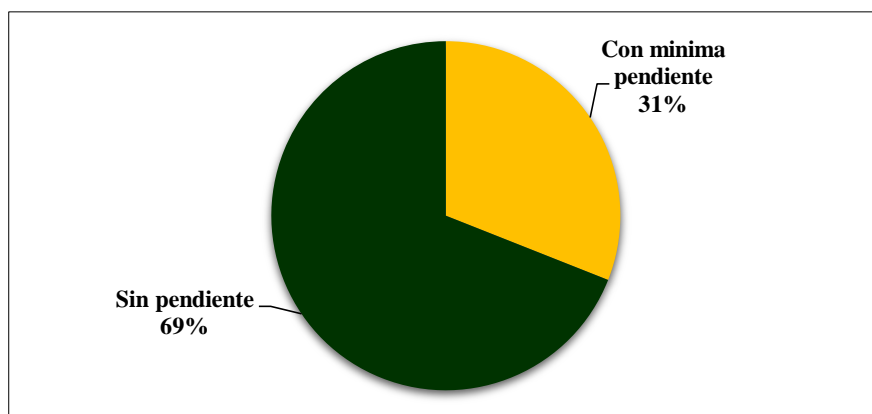


Figura 61. Presencia de pendiente en la parcela del productor arrocero

- **Grado de satisfacción con la producción de la parcela**

La **Figura 62** muestra que el mayor grupo de productores encuestados representados por el 41% respondió estar poco satisfecho con la producción de su parcela, el 34% respondió estar feliz, el 15% está desilusionado y un grupo de 10% de encuestados respondió estar muy feliz.

Se observa que el 56% de productores, es decir más del 50% están entre poco satisfecho y desilusionado, varias podrían ser las causas de esta situación entre ellas y lo más relevante es permisible sea, que la mayoría de productores tienen una disposición muy reducida de área de cultivo, presentan limitaciones en sus economías y deben acudir a créditos, y la frecuente fluctuación hacia la baja del precio por kilogramo de grano en cáscara, como consecuencia de la oferta incrementada por la importación de arroz a través del estado; así como también, la invasión de malezas, la aparición de insectos plaga y microorganismos fitopatógenos, que los obliga a utilizar productos químicos originando en consecuencia el incremento en el costo de producción.

Por otro lado, el 44% de encuestados respondieron estar entre feliz y muy feliz con la producción de su parcela, contrariamente a lo anterior la causa puede deberse al hecho que en este grupo están los productores con mayor área para la siembra, su economía es más sólida lo que permite cumplir correctamente con el itinerario del cultivo y además, en este conjunto de agricultores lo más probable estén aquellos que tienen en su parcela, más de 5 ha.

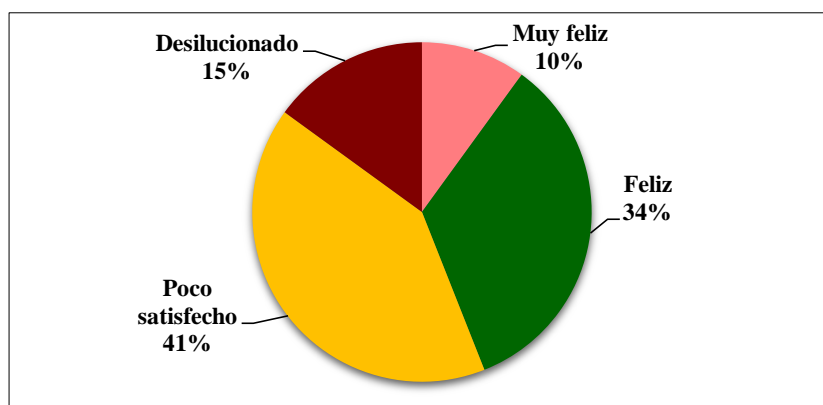


Figura 62. Grado de satisfacción con la producción de la parcela arrocera

4.2.4. Análisis de conglomerados de parcelas de arroz

La **Figura 63** presenta el resultado del análisis de conglomerado de las 98 parcelas de arroz consideradas en este estudio. El análisis por el método de Ward y con distancia Euclidiana Cuadrada de 900, por similitud agrupó a las parcelas en seis grupos.

Las características del conglomerado 1 (tono rojo) son las siguientes: está integrado por 27 parcelas y cuya similitud involucra el mayor número (21) de variables consideradas en el estudio. En tal sentido, el 71% dispone de tenencia de la tierra, el 98% realiza control con agroquímicos, el 99% realiza quema de residuos de la cosecha, el 100% utiliza y aplica abonos químicos, el 2% tiene un ingreso mensual ligeramente alto (1 500 a 2 000 soles), y la mayoría de productores son de sexo masculino (95%) (INEI 2013).

El conglomerado 2 (tono azul), está constituido por nueve parcelas arroceras y con similitud en función a dos variables. Respecto a la edad el 23% tienen edad entre 25 a 39 años, el 51% entre 40 a 59 años y el 24% tienen edades entre 60 y 74 años. La mayoría cría alguna especie de animal doméstico; sin embargo, el 47% cría aves únicamente (INEI 2013).

El conglomerado 3 (tono marrón) agrupa a tres parcelas y la similitud lo determina únicamente dos variables. El 75% tiene entre 0.5 a 5 ha y el 25% posee más de 5 ha. Por otro lado, el 99% de área que dispone el productor lo siembra con arroz (INEI 2013).

El conglomerado 4 (tono verde tenue) está conformado por cinco parcelas y cuya similitud involucra a siete variables. El 55% de productores logra producir por encima de 8000 kg., por ha de grano y el 45% obtiene rendimientos que van de 5000 a 7000 kilogramos (Morales y Saavedra, 2018), (Lequernaque *et al.* 2007) y (Chiroque y Díaz 2016). El 6% se dedica a

la agricultura y ganadería y el 11% combina al comercio como una segunda actividad. El 44% tiene nivel de instrucción primaria, el 48% nivel secundario y 3% instrucción técnica. El 100% tiene algún medio de comunicación; asimismo, para el 69% de productores, 40 soles o más es el costo del jornal (INEI 2013).

El conglomerado 5 (tono gris) agrupa 24 parcelas y cuya similitud incluye a 12 variables. Para el 94% de agricultores el costo de producción es de 5000 a 7000 soles y el 6% gasta un poco más de 7000 soles. El 78% realiza la venta a molineros, el 100% tiene permanencia de su campo con malezas, solo el 14% (cosecha adelantada) logra el precio de 1.40 soles por kilogramo de arroz cascara. El 100% dispone de algún servicio básico. El 85% de productores no realiza incorporación de materia orgánica, el 93% no realiza rotación de cultivos, el 100% no elabora ni utiliza repelente, el 100% no hace uso de control biológico, y el 89% presenta problemas de insectos plaga, microorganismos patógenos de plantas y malezas (INEI 2013).

El conglomerado 6 (tono verde) agrupa a parcela arrocera y la similitud la otorgan seis variables. El 41% de productores está poco satisfecho por la producción de su parcela, el 100% de productores hace uso de por lo menos un jornalero. El 18% la vivienda está construida con caña, el 31% recibe capacitación del MINAGRI (INEI 2013).

Los resultados encontrados en este estudio, tienen relación a lo reportado por Forclaz *et al.* (2007), quienes señalan que los productores arroceros de la provincia de Corrientes se agrupan en 5 conglomerados; en los cuales, si bien la superficie es una variable importante en la definición de los grupos, también participan las variables de producción, ocupación de mano de obra y aplicación de tecnología. Del mismo modo, expresan que los agrupamientos no son directamente comparables ya que se consideran 2 conglomerados más que el agrupamiento por estratos. Se observa un conglomerado el número 3 con una superficie cultivada promedio de 455 ha, con poca utilización de mano de obra y tecnologías, con rendimientos bajos y 37 años dedicados a la actividad. Por otro lado, estos autores también afirman que los conglomerados 4 y 5, los cuales entran en la categoría empresarial, tienen pocos años en la actividad. El conglomerado 4 logra mejores rendimientos que el 3 con menos maquinarias, pero mayor uso de fertilizantes.

En relación a los resultados de este estudio y utilizando el análisis de clúster, Collantes y Rodríguez (2016) estudiaron agro-ecosistemas de palto y mandarina, y lograron conformar cinco grupos, resaltando el grupo 1 con fincas productoras de mandarina; sin embargo, solo las fincas del grupo 3, con cultivos diversificados y crianza animal, fueron sustentables. Igualmente, Santistevan *et al.* (2014), caracterizaron fincas cafetaleras y lograron agrupar a las fincas en 7 grupos, uno de los grupos estuvo conformado por las fincas 19, 24, 36 y 81, en estas cultivan el mismo café y obtienen los mismos rendimientos. En otro estudio, Santistevan *et al.* (2015) caracterizaron a fincas productoras de limón, y lograron agrupar a las fincas en 4 grupos, un grupo estuvo conformado por once fincas, y tienen varias variables similares, utilizan el mismo patrón, similar rendimiento y las fincas están asociadas con hortalizas. Del mismo modo, Reina y Julca (2016) evaluaron la sustentabilidad de los sistemas agropecuarios en Ecuador, y lograron determinar 3 grupos de fincas agropecuarias, siendo el mayor con 77% el sistema silvo-pastoril.

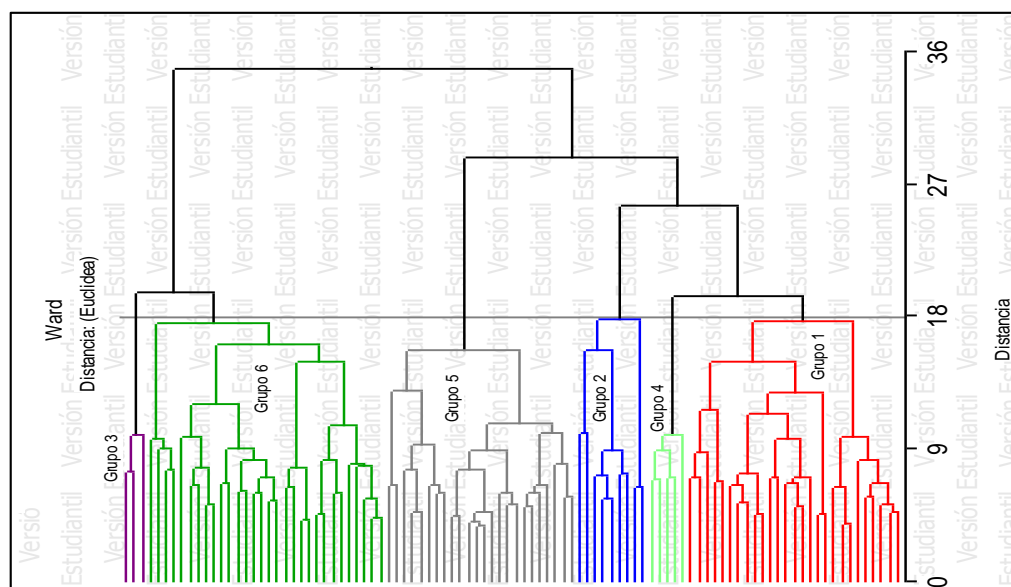


Figura 63. Resultado del análisis de agrupamiento, a partir de variables de mayor contribución a la variabilidad de 98 parcelas de arroz, en Tumbes – Perú

4.3. EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DEL CULTIVO DE ARROZ

4.3.1. Sustentabilidad por sistema de producción

a. Sustentabilidad económica (IK)

La **Tabla 6** muestra que el Sistema Agrícola 1, con 58%; el Sistema Agrícola 2 con 64% y el Sistema Agrícola 3 con 75%, obtuvieron un indicador económico (IK)

mayor a 2, esto significa que en cada sistema agrícola más del 50% de las parcelas son económicamente sustentables; asimismo, el 42%, 36% y 25% respectivamente, económicamente no son sustentables. El comportamiento de sustentabilidad de las parcelas puede explicarse, por el hecho que el sub indicador de ingreso neto mensual (B) es relativamente alto, debido principalmente al precio de venta por kilogramo de grano en cáscara; sin embargo, para el caso de la no sustentabilidad de las parcelas, esto puede deberse al sub indicador (C3), es decir por la alta dependencia de insumos externos. Esta información tiene relación con lo encontrado por Ríos (2016), quien encontró que la sostenibilidad económica promedió el valor más alto, indicando ganancias, mercado seguro, ingresos altos y pago de mano de obra adecuado. Por otro lado, Dellepiani y Sarandón (2018) evaluaron seis fincas hortícolas orgánicas y encontraron que el aspecto económico fue más variable entre las fincas y estuvo lejos de la situación ideal, sobre todo por el riesgo económico. Igualmente, Mechato *et al.* (2014) al caracterizar nueve agro-ecosistemas de café, lograron identificar como puntos críticos el rendimiento en la producción y el riesgo económico, e indican que estos factores limitan a ser sostenible la producción de café.

Asimismo, Hergoz (2011) estudió de forma comparativa la sostenibilidad socioeconómica y ambiental, en la producción de café convencional y orgánico, en Brasil; logró establecer que las fincas cafetaleras y sistemas de cultivos con desempeño superior al nivel regular, principalmente los cultivos orgánicos y las de buenas prácticas agrícolas, presentaron niveles más avanzados y condiciones favorables para solucionar sus puntos críticos.

Tabla 6. Indicador económico (IK) y sub indicadores de sustentabilidad de parcelas de arroz, de los Sistemas Agrícolas: (SA1), (SA2) y (SA3), en Tumbes-Perú.

Sistema Agrícola	Indicador	Dimensión económica (IK)						Indicador económico (IK)	
		A		B	C			> a 2	< a 2
SA1	Sub indicador	A1	A2	B	C1	C2	C3	> a 2	< a 2
	Promedio	0.09	2.45	3.36	0.03	0.42	2.39	58%	42%
	Sub indicador	A		B		C			> a 2
SA2	Sub indicador	A1	A2	B	C1	C2	C3	> a 2	< a 2
	Promedio	0.24	1.94	3.42	0.15	0.33	2.79	64%	36%
	Sub indicador	A		B		C			> a 2
SA3	Sub indicador	A1	A2	B	C1	C2	C3	> a 2	< a 2
	Promedio	0.22	2.03	3.66	0.22	0.47	2.19	75%	25%

[A. Suficiencia alimentaria: (A1) Diversificación de la producción. (A2) superficie de producción de autoconsumo] [B. Económico neto mensual] [C. Riesgo económico: (C1) Diversificación para la venta. (C2) Numero de vías de comercialización. (C3) Dependencia de insumos externos]

La **Figura 64** presenta el diagrama tipo ameba y a través del cual se visualiza el estado de los sub indicadores económicos del cultivo de arroz, de manera tal que mientras más se aproxima la ameba del cultivo al diámetro mayor del círculo (valor 4), el sistema es económicamente más sustentable.

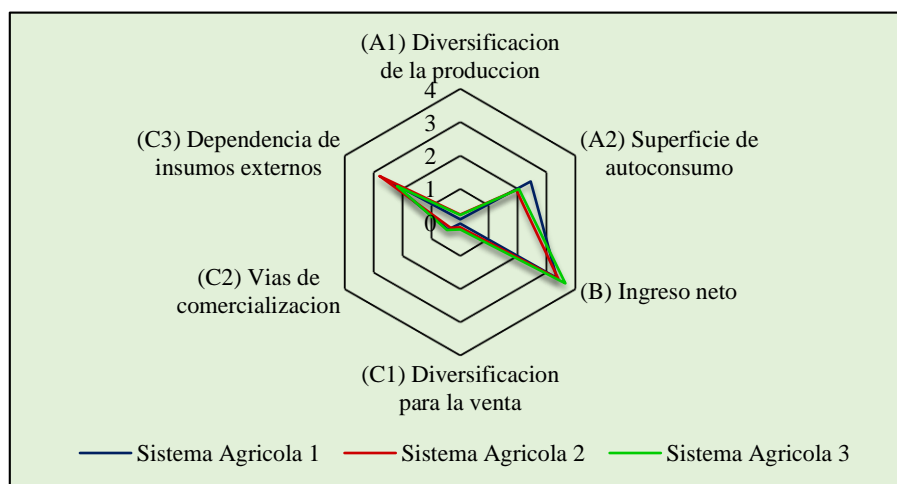


Figura 64. Diagrama tipo ameba de los sub indicadores económicos, del Sistema Agrícola 1, Sistema Agrícola 2 y Sistema Agrícola 3, del cultivo de arroz.

b. Sustentabilidad ecológica (IE)

La **Tabla 7** muestra que el Sistema Agrícola 1 con 6%, el Sistema Agrícola 2 con 0% y el Sistema Agrícola 3 con 6% de las parcelas, tuvieron un indicador ecológico (IE) mayor a 2, estos resultados indican que existe un número muy reducido de parcelas de arroz ecológicamente sustentables; por lo tanto, el 94%, 100% y 94% respectivamente, o sea la mayoría no lo son.

La no sustentabilidad ecológica de las parcelas se explica, porque en las parcelas no se hace manejo de cobertura vegetal (A1), no se realiza rotación de cultivo (A2) y además no existe diversificación de cultivos (A3); de igual forma, la biodiversidad temporal y espacial (C1 y C2) es muy escasa o nula en los sistemas estudiados. Los resultados de este estudio, contrastan a lo reportado por Ríos (2016) quien en Santa Clara-Cuba, encontró que el arroz es ambientalmente sostenible teniendo una incidencia negativa la dependencia de insumos externos. Sin embargo, Castelán *et al.* (2014) en otro estudio evaluaron tres localidades campesinas en Pahuatlán, Puebla y encontraron que la dimensión ambiental presentó la mayor limitación para la sustentabilidad.

Tabla 7. Indicador ecológico (IE) y sub indicadores de sustentabilidad de parcelas de arroz, de los Sistema Agrícolas: (SA1), (SA2) y (SA3), Tumbes-Perú.

Sistema Agrícola	Indicador	Dimensión ecológica (IE)							Indicador ecológico (IE)	
		A			B		C		> a 2	< a 2
SA1	Sub indicador	A1	A2	A3	B1	B2	C1	C2	> a 2	< a 2
	Promedio	0.27	0.09	1.06	3.42	1.39	0.09	0.15	6%	94%
SA2	Sub indicador	A1	A2	A3	B1	B2	C1	C2	> a 2	< a 2
	Promedio	0.09	0.09	0.82	2.91	2.58	0.00	0.06	0%	100%
SA3	Sub indicador	A1	A2	A3	B1	B2	C1	C2	> a 2	< a 2
	Promedio	0.06	0.00	0.72	1.78	2.72	0.06	0.00	6%	94%

[A. Manejo del cultivo: (A1) Rotación de cultivos. (A2) Diversificación de cultivos. (A3) Aplicación de agroquímicos] [B. Económico neto mensual: (B1) Pendiente predominante. (B2) Cobertura vegetal] [C. Manejo de la biodiversidad: (C1) Biodiversidad temporal. (C2) Biodiversidad espacial]

Por otro lado, Perales *et al.* (2009) encontró que los puntos críticos de la sustentabilidad de arveja en la Concepción-Junín, fueron el manejo de cobertura vegetal, la fertilización, la labranza y la rotación de cultivos. No obstante, Peña *et al.* (2016) al estudiar cuatro agro-ecosistemas en Cuba, encontraron que la cobertura muerta dispuesta sobre el suelo y el empleo de bio-fertilizantes, son prácticas agrícolas sostenibles que incrementan los rendimientos en los cultivos. Asimismo, otros investigadores como Aguilar *et al.* (2011) evaluaron la sostenibilidad de los agro-ecosistemas tradicionales y alternativos de la producción de maíz, mediante el enfoque agroecológico (MESMIS), y encontraron que los sistemas alternativos con uso de abono verde presentaron mejores resultados en los aspectos agronómicos; Díaz *et al.* (2017) utilizando la “*Metodología Multicriterio*” encontraron que la producción de tomate de árbol en las fincas del Cantón Guachapala, Ecuador, es socialmente sustentable. Sin embargo, el acceso a la educación, el conocimiento y conciencia ecológica, son variables que tienen valores críticos y podrían afectar de manera negativa, su sostenibilidad en el futuro.

Pinedo *et al.* (2018), estudiaron la sustentabilidad de sistemas de producción de quinua, lograron identificar que el sistema orgánico tiene posibilidades de mantenerse por encima del umbral mínimo de sustentabilidad; Nascente y Stone (2018) determinaron el efecto de la cobertura vegetal al permitir la sostenibilidad de la rotación arroz-soya, y encontraron que la rotación de cultivos con cobertura

mejoran las propiedades físicas del suelo; finalmente, Rivera *et al.* (2011) evaluaron los efectos de tres subproductos agrícolas de bacterias fijadoras de N *Azospirillum* y *Azotobacter*, y bacterias solubilizadoras de fosfatos en la sustentabilidad del suelo del cultivo de limón agrio mexicano, encontraron que los subproductos agrícolas pueden ser una alternativa de fertilización al utilizarlos como soportes orgánicos de bacterias promotoras de crecimiento vegetal, debido a que mejoran la calidad del suelo y aumentar el crecimiento de la planta. También, Espinoza y Ríos (2016) caracterizaron agrologicamente los sistemas de producción de cacao, en Colombia; encontraron que la amplia gama de circunstancias ambientales del territorio y la alta complejidad social y eco-sistémica, establecen retos muy particulares que permiten identificar la sostenibilidad de los sistemas productivos desde la eficiencia energética y de la inserción a los mercados.

La **Figura 65** muestra el diagrama tipo ameba el cual permite visualizar el estado de los sub indicadores ecológicos del cultivo de arroz, de manera tal que mientras más se aproxima la ameba del cultivo al diámetro mayor del círculo (valor 4), el sistema es ecológicamente más sustentable.

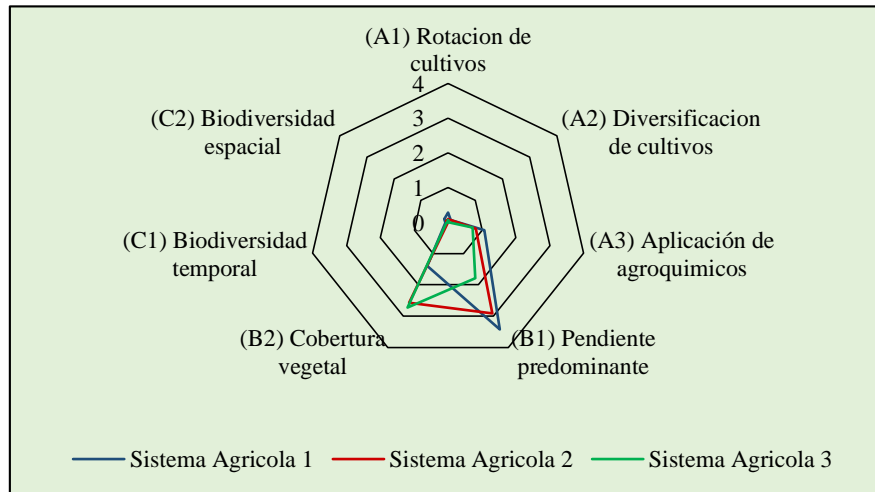


Figura 65. Diagrama tipo ameba de los sub indicadores ecológicos, del Sistema Agrícola 1, Sistema Agrícola 2 y Sistema Agrícola 3, del cultivo de arroz

c. Sustentabilidad socio-cultural (ISC)

La **Tabla 8** muestra que el Sistema Agrícola 1 con 70%, el Sistema Agrícola 2 con 91% y el Sistema Agrícola 3 con 78%, de las parcelas de arroz tuvieron un indicador socio-cultural (ISC) mayor a 2, esto indica que la mayoría de las parcelas son socio-

culturalmente sustentables y una menor cantidad, 30%, 9% y 22% respectivamente, no lo son. La sustentabilidad socio-cultural de la mayoría de las parcelas se explica, por la alta satisfacción de las necesidades básicas (A), principalmente el acceso a vivienda (A1), a educación (A2), a salud (A3) y otros servicios básicos (A4).

Asimismo, otros factores que favorecen son la alta aceptabilidad al sistema de producción (B) e integración social (C). Los resultados encontrados en el presente estudio tienen relación a lo reportado por Ríos (2016), quien dice que en el distrito de Santa Clara-Cuba, el cultivo de arroz es socialmente sostenible, los trabajadores poseen conocimientos básicos agrícolas, valores y conductas aceptables de educación ambiental. De otro lado, Krugel *et al.* (2017) al caracterizar el sistema de producción de arroz agroecológico, encontraron que existe una perspectiva favorable para que este sistema promoviera el desarrollo rural sostenible.

Tabla 8. Indicador socio-cultural (ISC) y sub indicadores de parcelas de arroz, de los Sistemas Agrícolas: (SA1), (SA2) y (SA3), en Tumbes-Perú.

Sistema agrícola	Indicador	Dimensión socio-cultural (ISC)							Indicador socio-cultural	
		A				B	C	D	> a 2	< a 2
SA1	Sub Indicador	A1	A2	A3	A4	B	C	C	> a 2	< a 2
	Promedio	2.55	2.09	2.94	3.55	2.58	2.21	1.64	70%	30%
	Sub Indicador	A1	A2	A3	A4	B	C	D	> a 2	< a 2
SA2	Promedio	2.64	2.52	3.03	3.64	3.03	2.18	1.70	91%	9%
	Sub Indicador	A1	A2	A3	A4	B	C	D	> a 2	< a 2
	Promedio	2.70	2.06	3.50	3.16	2.58	2.58	2.00	78%	22%
SA3	Sub Indicador	A1	A2	A3	A4	B	C	D	> a 2	< a 2
	Promedio	2.70	2.06	3.50	3.16	2.58	2.58	2.00	78%	22%
	Sub Indicador	A1	A2	A3	A4	B	C	D	> a 2	< a 2

[A. Satisfacción de necesidades básicas: (A1) Acceso a vivienda. (A2) Acceso a educación. (A3) Acceso a salud y cobertura sanitaria. (A4) Servicios básicos] [B. Aceptabilidad del sistema de producción] [C. Integración Social] [D. Conocimiento y conciencia ecológica]

La **Figura 66** presenta el diagrama tipo ameba, el cual permite visualizar el estado de los sub indicadores socioculturales del cultivo de arroz, de manera tal que mientras más se aproxima la ameba del cultivo al diámetro mayor del círculo (valor 4), el sistema es socioculturalmente más sustentable.

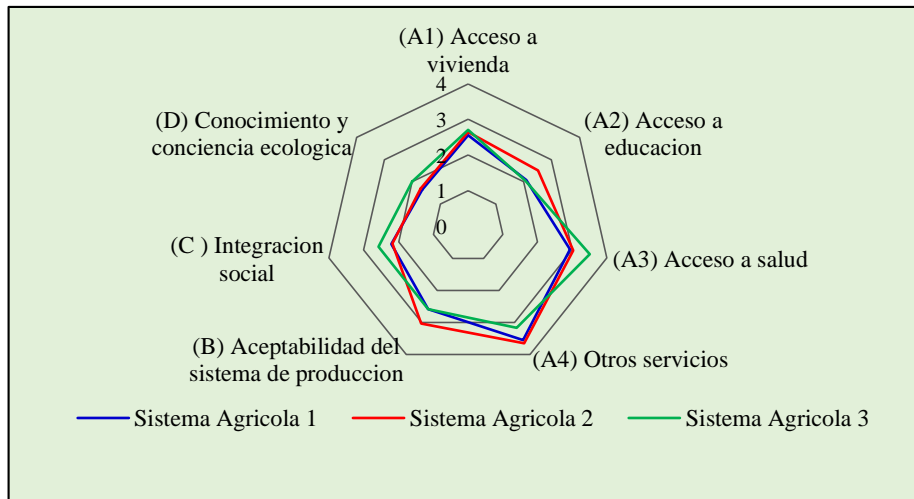


Figura 66. Diagrama tipo ameba de los sub indicadores socioculturales, del Sistema Agrícola 1, Sistema Agrícola 2 y Sistema Agrícola 3, del cultivo de arroz

4.3.2. Sustentabilidad general (IS Gen) del Sistema Agrícola 1, Sistema agrícola 2 y Sistema Agrícola 3

En el Sistema Agrícola 1, Sistema Agrícola 2 y el Sistema Agrícola 3, se encontró porcentajes diferentes en los indicadores económico y socio-cultural; sin embargo, los porcentajes más bajos de no sustentabilidad en los tres Sistemas Agrícolas estudiados, se encuentran en el indicador ecológico. Por lo tanto, al realizar el análisis de sustentabilidad general en los Sistemas Agrícolas 1 y 2, ninguna parcela tuvo los tres índices con valor mayor a 2, o sea en ambos sistemas todas las parcelas no son sustentables. Sin embargo, en el Sistema Agrícola 3 solamente el 3% de parcelas de arroz tuvo los tres índices con valor mayor a 2; en consecuencia, la gran mayoría de las parcelas no son sustentables (**Tabla 9**).

Los resultados se explican principalmente por factores ecológicos que influyen significativamente en el manejo del cultivo (A); entre ellos, el mal manejo de cobertura vegetal (A1), la falta de rotación de cultivos (A2) y la carencia de diversificación del cultivo (A3). Otro aspecto ecológico que influye, es el mal manejo de la biodiversidad (C), principalmente la temporal (C1) y espacial (C2). Los resultados tienen relación a lo reportado por Contreras y García (2018) quienes estudiaron la sustentabilidad de la producción de papa, y encontraron que el sistema de producción en la región Lima no es sustentable y concluyeron, que la utilización de microorganismos promotores de crecimiento en la papa, puede ayudar a reducir

la vulnerabilidad del cultivo. También, Mesa y Julca (2015) caracterizaron un sistema de cultivo con yuca diversificado con otros cultivos, y obtuvieron un promedio de 3.64 que corresponde a un nivel de sustentabilidad intermedia. Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio contrasta a lo reportado por Márquez *et al.* (2016), quienes estudiaron la sustentabilidad ambiental de fincas cafetaleras y encontraron que el sistema de producción orgánica, alcanzó un índice de sustentabilidad económica (IK=2.06) más alto que el alcanzó el sistema convencional; también Ríos y Díaz (2016) coinciden, pues de forma general después de evaluar las tres dimensiones establecieron que el cultivo de arroz es sostenible, ya que los ingresos satisfacen las necesidades del proceso productivo y la de los trabajadores.

Los resultados y la superación de los inconvenientes encontrados en este estudio, no se llevarán a cabo por propia iniciativa de los productores, la solución dependerá fundamentalmente de auténticas políticas a otro nivel, ya sea del gobierno central a través del Ministerio de Agricultura y Riego, del Ministerio del Ambiente e incluso del Gobierno Regional.

Tabla 9. Indicadores de la dimensión económica (IK), ecológica (IE), socio-cultural (ISC) e índice de sustentabilidad general (IS Gen), de las parcelas de arroz de los sistemas agrícolas 1, 2 y 3, en Tumbes-Perú.

Sistema Agrícola	Valor	Indicador económico (IK)	Indicador ecológico (IE)	Indicador socio-cultural (ISC)	Índice de sustentabilidad general (IS Gen)	Situación sustentable
SA1	> a 2	58%	6%	70%	0%	SI
	< a 2	42%	94%	30%	100%	NO
SA2	> a 2	64%	0%	91%	0%	SI
	< a 2	36%	100%	9%	100%	NO
SA3	> a 2	75%	6%	78%	3%	SI
	< a 2	25%	94%	22%	97%	NO

Para tener una visión general de la sustentabilidad de las parcelas arroceras en Tumbes, en la **Tabla 10** y **Figura 67** se muestran los valores del indicador económico (IK), ecológico (IE), socio-cultural (ISC) e Índice de Sustentabilidad General (IS Gen) del total (98) de parcelas estudiadas. Se observa que solamente el 1% de

parcelas de arroz tuvo los tres índices con valor mayor a 2, esto indica que una mínima cantidad de parcelas son sustentables; por lo tanto, el 99% o sea la mayoría de parcelas son no sustentables. Aun cuando los valores de los indicadores económico (IK) y socio-cultural (ISC) son significativamente altos, 65% y 80%; sin embargo, el indicador ecológico (IE) es el que prevalece para que la mayoría de las parcelas sean no sustentables, teniendo como factores influyentes el manejo del cultivo (A), entre ellos, el mal manejo de cobertura vegetal (A1), la falta de rotación de cultivos (A2) (siembras de 2,5 campañas por año) y por otro lado, la carencia de diversificación del cultivo (A3), es decir, el único y prevalente cultivo que siembran es el arroz.

Tabla 10. Indicadores de la dimensión económica (IK), ecológica (IE), socio-cultural (ISC) e Índice de Sustentabilidad General (IS Gen) de parcelas de arroz, en Tumbes-Perú.

Valor	Indicador económico (IK)	Indicador ecológico (IE)	Indicador socio-cultural (ISC)	Índice de sustentabilidad general (IS Gen)	Situación sustentable
> a 2	65%	04%	80%	1%	SI
< a 2	35%	96%	20%	99%	NO

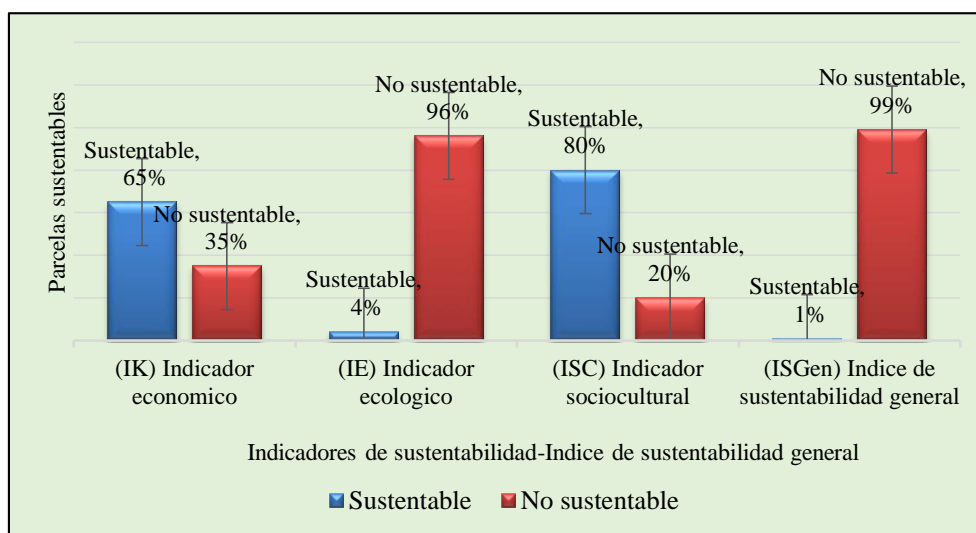


Figura. 67. Indicadores de sustentabilidad e índice de sustentabilidad general de parcelas de arroz, en San Pedro de los Incas, Tumbes-Perú.

La persistencia del productor con la modalidad de siembra, puede deberse a la relativa rentabilidad del cultivo, influido a corto plazo principalmente por el factor precio; sin embargo, no consideran el costo ecológico a mediano y largo plazo. Otro aspecto ecológico que influye, es el mal manejo de la biodiversidad (C), principalmente la temporal (C1) y espacial (C2). Los resultados de este estudio guardan relación a lo reportado por Barreto y Julca (2017); quienes, al evaluar la caracterización y sostenibilidad de los sistemas tradicionales en Ancash, Perú, encontraron que la sustentabilidad económica, social y ecológica, tuvieron valores lejos de los niveles óptimos de sustentabilidad.

Por otro lado, Díaz *et al.* (2009) estudiaron diferentes prácticas agrícolas para buscar la sustentabilidad en la producción arroceras, y afirmaron que el monocultivo de arroz degrada la fertilidad física y química del suelo, mientras que la rotación de cultivos permite recuperar la fertilidad perdida y lograr producciones estables y sostenibles; igualmente, Dellepiane y Sarandón (2008) en su estudio de sustentabilidad de seis fincas hortícolas orgánicas en La Plata-Argentina, encontraron que el manejo del suelo fue menos sustentable que el manejo de la diversidad vegetal y la materia orgánica, y confirman la necesidad de evaluar la sustentabilidad de los sistemas productivos mediante indicadores que puedan ser empleados, en los sistemas de certificación orgánica.

No obstante, los resultados no concuerdan por lo mostrado por diversos autores; entre ellos; Álvarez (2005), quien encontró que con la mezcla de fertilizantes químicos con orgánicos permitiría obtener elevada respuesta al N e incremento de la fertilidad del suelo, lo que redundaría en el aumento de la sostenibilidad del cultivo de arroz; Palomeque y Loli (2016) encontraron un alto nivel de sustentabilidad en los sistemas de limón, cacao y bambú, e identificaron la relevancia en la conservación de la biodiversidad tanto de los cultivos asociados existentes como en la vegetación natural; Gómez *et al.* (2017) quienes reportan que los sistemas de siembra directa, es una alternativa para mejorar la sustentabilidad del cultivo de arroz, y es una opción viable para reemplazar progresivamente al sistema de trasplante; Painii y Camarena (2018) en su estudio de estabilidad de líneas de soya y su contribución a la sustentabilidad del cultivo, encontraron que el 88% tuvo un índice de sustentabilidad general mayor a 2, lo cual reafirman la sustentabilidad del sistema productivo de

soya; también, Aquino y Jiménez (2018) en el cultivo de Tarwi, encontraron que el índice de sustentabilidad general satisfacen las condiciones de sustentabilidad, alcanzando las $\frac{3}{4}$ partes porcentuales como sustentables; asimismo, Merma y Julca (2012) estudió la sustentabilidad de fincas a través de indicadores en Urubamba, Cusco, y calificó de sustentables a las fincas con cultivo de mango (2.97), cacao (2.82), plátano (2.63), papaya (2.57), y como no sustentables a las fincas con té y coca, por no haber alcanzado los valores mínimos (2); en otro estudio, Salazar (2012) en Costa Rica, caracterizó a sistemas agroecológicos de cacao orgánico, y reporta que las cinco fincas tipo, presentaron condiciones biológicas y meteorológicas óptimas para el cultivo de cacao; además, Kenmogne *et al.* (2018) en su estudio de cobertura vegetal para la producción sostenible de arroz, afirman que el enfoque conservador, como la siembra directa en suelo no arado con sistema de cobertura vegetal, mejora la calidad nutricional y su producción sostenible.

De los resultados obtenidos, se puede decir que los hábitos de siembra no se cambiarán por voluntad del productor, la solución dependerá fundamentalmente de legítimas políticas de estado, que desde hace muchos años están fuera del contexto de la realidad de la agricultura del país.

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se desarrolló el presente trabajo se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Con respecto a la caracterización agroecológica del cultivo de arroz, se encontró que el clima fue similar en los tres sistemas de producción estudiados. El suelo tuvo características similares en los tres sistemas, con excepción de la textura que fue diferente en el Sistema Agrícola 3. La variedad IR43, presentó diferencias estadísticas significativas entre los diferentes sistemas para las variables: días de floración, número de macollos/mata, longitud de panícula, número de panículas y rendimiento.
- En relación a las características de las parcelas de arroz, entre los resultados más importantes, se encontró que la mayor parte de productores son propietarios de sus parcelas, siembran entre 0.5 a 5 hectáreas y que el rendimiento de arroz grano, está entre 5 000 a 8 000 kg/ha y todos hacen agricultura convencional. El análisis conglomerado, clasifica las parcelas en 6 grupos. Los productores del conglomerado 1 comparten el mayor número de variables (21), teniendo en común las variables: tenencia de propiedad de la parcela, utilización de abonos químicos, quema de residuos de maleza y de cosecha, utilización de agroquímicos, entre otros. Los productores del conglomerado 5 tienen en común 12 variables, entre ellas: no incorporan materia orgánica, no realizan rotación de cultivos, no usan control biológico, no usan repelentes, entre otros.
- Con respecto a la sustentabilidad, la mayoría de parcelas de arroz, en los tres sistemas de producción, presentan valores mayores a 2 para los indicadores económicos (IK) y sociocultural (ISC); pero el indicador ecológico (IE) es casi siempre menor a 2. Estos resultados indican que la mayoría de parcelas no son sustentables.

VI. RECOMENDACIONES

Dado que los resultados muestran que el gran problema de la sustentabilidad de las parcelas de arroz está en la dimensión ambiental, se plantea las siguientes recomendaciones:

- Impulsar en la población sea de la ciudad y zona rural, a través de charlas y talleres una inminente conciencia ecológica.
- Promover la rotación y asociación de cultivos bajo el principio de la diversidad, preferentemente cultivos de leguminosas, soya, frijol, entre otros.
- Fomentar la fertilidad auto-sostenida del suelo, a través del aprovechamiento lo mejor posible de las fuentes de generación propias del cultivo, y del uso y aplicación de abonos orgánicos.
- Impulsar el funcionamiento óptimo de los ciclos biológicos sobre la base de una adecuada presencia y buen manejo de los residuos animales y vegetales.
- Incluir en el proceso productivo del cultivo de arroz, y de forma necesaria el manejo integrado de insectos plaga y microorganismos patógenos.
- Minimizar la labranza mecanizada.
- Regular la gestión y uso del agua de riego, manejando mejor la lámina mínima de agua.
- Promover la eliminación física de las malezas.
- Evitar la quema de residuos de malezas y de la cosecha, evitando la emisión de contaminantes como el dióxido de carbono.

- Llevar a cabo ensayos de inoculación de *Azospirillum*, a fin de fijar nitrógeno en niveles bajos de oxígeno, como una alternativa ante el uso excesivo de fertilizantes químicos. Asimismo, realizar ensayos a fin de promover las relaciones simbióticas con la bacteria *Anabaena azollae*, de modo tal de dar a la planta la capacidad de fijar nitrógeno del aire.
- Procesar la biomasa de origen vegetal (residuo de cosecha y malezas) a través de pirolisis, y tras la elaboración de Biochar (Carbón vegetal o biocarbón), fomentar el secuestro de carbono y reducir las emisiones de dióxido de carbono.
- Evaluar el costo de todas estas prácticas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar, JC; Tolón, BA; Lastra, BX. 2011. Evaluación integrada de la sostenibilidad ambiental, económica y social del cultivo de maíz en Chiapas, Méjico. Revista FCA UNCUYO, 43(1): 155-174.

Altieri, M. 1999. Agroecología: Bases Científicas para una Agricultura Sustentable. Editorial Nordan-Comunidad. Montevideo, Uruguay. 338 p.

Álvarez, LL. 2005. Evaluación de la fertilización orgánica en la sostenibilidad de la producción de arroz. Revista Unellez Ciencia y Tecnología, 21: 36-55.

Aquino, ZV; Jiménez, DJ. 2018. Sustentabilidad del cultivo de Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en la zona alto andina del Valle del Mantaro, Perú. Tesis PhD. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 204 p.

Astier, M; López, S; Pérez, E; Masera, O. 2002. El Marco de Evaluación de Sistemas de Manejo Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) y su Aplicación en un Sistema Agrícola Campesino en la Región Purhepecha, México. En: Agroecología. El Camino Hacia una Agricultura Sustentable (Sarandón SJ, ed.). Ediciones Científicas Americanas, Capítulo 21: 415-430.

Barreto, RJ; Julca, OA. 2017. Caracterización y sostenibilidad de los sistemas agropecuarios tradicionales de Carhuaz, Ancash, Perú. Tesis PhD. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 86 p.

Blog Agricultura. 2017. Estadísticas Agrícolas de Arroz: Producción, Superficie y Rendimiento. Consultado 22 dic 2018. Disponible en <https://blogagricultura.com/estadisticas-arroz-produccion/>.

Cantu, MP; Becker, AR; Bedano, JC. 2008. Evaluación de la Sustentabilidad Ambiental en Sistemas Agropecuarios: Desarrollo de la Aplicación de la Metodología del Proyecto Redesar (Pietr 439/03). 1^{ra} ed. Río Cuarto: Fund. Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina. 210 p.

Castelán, VR; Tamaríz, FV; Ruíz, CJ; Linares, FG. 2014. Evaluación de la sustentabilidad de la actividad agrícola de tres localidades campesinas en Pahuatlán, Puebla. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 1(3): 219-231.

CCA (Comisión para la Cooperación Ambiental). 2014. La quema de residuos Agrícolas: fuente de dioxinas (en línea). Montreal, Canadá. Consultado 25 ene 2018. Disponible en <http://www3.cec.org/islandora/es/item/11405-la-quema-de-residuos-agr-colas-es-una-fuente-de-dioxinas-es.pdf>.

Chaudhary, RC; Nanda, JS; Tran, DV. s.f. Problemas y limitaciones en la producción de arroz (en línea). Consultado 20 ene 2019. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/006/y2778s/y2778s04.htm#TopOfPage>.

Chiroque, IH; Díaz, CN. 2016. Comparativo de rendimiento de seis líneas promisorias y siete cultivares comerciales de arroz (*Oryza sativa* L), en el Centro de Investigación y Extensión Agraria “Los Cedros”. Tesis Ing. Agro. Tumbes, Perú, Universidad Nacional de Tumbes. 90 p.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, Colombia). 2005. Morfología de la planta de arroz (en línea). Cali, Colombia. Consultado 30 de ene 2019. Disponible en https://betuco.be/rijst/Morfologia_planta_arroz.pdf.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 2010. Producción Eco-eficiente del Arroz en América Latina. Tomo I, capítulos 1-24. Cali, Colombia. 513 p.

Collantes, GR; Rodríguez, BA. 2016. Sustentabilidad de los agro-ecosistemas de palto (*Persea americana* Mill.) y mandarina (*Citrus* spp.) en el valle de Cañete, Lima-Perú. Tesis PhD. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 69 p.

Contreras, LS; García, BS. 2018. Sustentabilidad de la producción de papa en la región Lima. Tesis PhD. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 110 p.

Degiovanni, V; Martinez, C; Motta, F. 2010. Producción eco-eficiente de arroz en América Latina. Tomo I. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR). Cali, Colombia. 513 p.

Dellepiane, A; Sarandón, S. 2008. Evaluación de la sustentabilidad en fincas orgánicas, en la zona hortícola de La Plata, Argentina. *Revista Brasileira de Agroecología* 3(3): 67-78.

Diario Correo. 2014. La quema de paja de arroz y sus consecuencias (en línea). Correo, Tumbes, Perú; 22 de octubre. Consultado 20 ene 2018. Disponible en <https://diariocorreo.pe/peru/la-quema-de-paja-de-arroz-y-sus-consecuencias-110944/>.

Díaz, DS; Ruiz, M; Álvarez, G; Castillo, A. 2009. Estudio de diferentes prácticas agrícolas para buscar sostenibilidad en la producción arroceras. *Cultivos Tropicales* 30(1): 5-11.

Díaz, GL; Canto, SM; Alegre, OJ; Camarena, MF; Julca, OA. 2017. Sostenibilidad Social de los Subsistemas Productivos de Tomate de Árbol (*Solanum betaceum* Cav), en el Cantón Guachapala, provincia de Azuay – Ecuador. *Ecología Aplicada* 16(2): 99-104.

Espinoza, AZ; Ríos, OL. 2016. Caracterización de sistemas agroecológicos para el establecimiento de cacao (*Theobroma cacao* L.), en comunidades afro-descendientes del Pacífico Colombiano (Tumaco-Nariño, Colombia). *Agroecología y Sistemas de Uso del Suelo. Acta Agron.* 65(3): 211-217.

Forclaz, A; Mazza, M; Giménez, L. 2007. Caracterización de los sistemas de producción arroceras en la provincia de Corrientes. *RIA* 36(2): 75-84.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2004. Año Internacional del Arroz: El arroz es vida. Consultado 22 dic 2018. Disponible en <http://www.fao.org/rice2004/es/f-sheet/hoja3.pdf>.

Flores, C; Sarandon, S. 2004. Limitations of neoclassical economics for evaluating sustainability of agricultural systems: Comparing organic and conventional systems. *Journal of Sustainable Agriculture* 24(2): 77-91.

Franquet BJ; Borrás, PC. 2006. Economía del arroz: Variedades y mejora (en línea). Edición electrónica. Consultada 08 de ene 2019. Disponible en www.eumed.net/libros/2006a/.

Gallopín, C. 1996. Environmental and Sustainability Indicators and the Concept of Situational Indicators. A System Approach. *Environmental Modeling and Assessment*, 1: 101-117.

García, M; Staples, J. 2000. Sustainability Indicators in Marine Capture Species: Introduction to the Special Issue. *Marine and Freshwater* 51, 381-384.

Gómez, PL; Soplin, VH; Sosa, PG; Heros, AE. 2017. Siembra directa: una alternativa para mejorar la sustentabilidad del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en el Perú. *Producción Agropecuaria y Desarrollo Sostenible* 6: 13-26.

Herzog, L. 2011. Sostenibilidad de la cañicultura arábica en el ámbito de la agricultura familiar en el estado de Espírito Santo-Brasil. Tesis Doctoral. Córdoba, España, Universidad de Córdoba. 263 p.

Herrera, CM. 2009. Fórmula para cálculo de la muestra de poblaciones finitas (en línea). Consultado 10 de ene 2019. Disponible en <https://investigacionpediahr.files.wordpress.com/2011/01/formula-para-cc3a1lculo-de-la-muestra-poblaciones-finitas-var-categorica.pdf>.

IMARPE (Instituto del Mar del Perú). 2013. Calidad Ambiental de los Ecosistemas Acuáticos, 2007 (en línea). Callao, Lima. 15 p. Informe Volumen 40, Números 3-4. Consultado 20 feb 2019. Disponible en <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/bitstream/123456789/2242/1/Informe%2040%2834%296.pdf>.

INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 2013. IV Censo Nacional Agropecuario 2012. Resultados definitivos. Lima, Perú. 62 p.

INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática, Lima). 2014. Características socioeconómicas del productor agropecuario en el Perú. IV Censo Nacional Agropecuario 2012 (en línea). Consultado 20 ene 2019. Disponible en <https://vdocuments.site/caracteristicas-socioeconomicas-del-productor-ineipdf.html>.

INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 2000. Guía estadística 1999-2000: Conociendo Tumbes. Lima, Perú. 174 p.

INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 2008. Censos Nacionales 2007: XI de población y VI de vivienda. Perfil Sociodemográfico del Perú. Lima, Perú. 471 p.

InfoAgro. s.f. El cultivo de arroz (1^{ra} parte). Consultado 12 ene 2019. Disponible en <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>.

Kenmogne, PP; Tonfack, LB; Mbogne, TJ; Ahmed, BM; Baleba, MR; Ntsomboh, GN; Temgne, CN; Youmbi, E. 2018. Cultivation systems vegetation cover improves sustainable production and nutritional quality of new rice for Africa in the tropics. *Rice Science* 25 (5): 286-292.

Krugel, GG; Xavier de Moraes, NL; Baroni, MF; Vizzotto, CA; Joughard, PN; Torres, AJ. 2017. Caracterización del sistema de producción de arroz agroecológico en la campaña Gaucha. *Revista Científica Rural – Urcamp, Bagé* 19(1): 18-37.

León, L. A. 1981. Química de los Suelos Inundados. Guía de estudio, CIAT. Cali, Colombia. 12-22 p.

Márquez, RF; Julca, OA; Canto, SM; Soplín, VH; Vargas, WS; Huerta, FP. 2016. Sustentabilidad ambiental en fincas cafetaleras después de un proceso de certificación orgánica en la Convención (Cusco, Perú). *Ecología Aplicada*, 15(2): 125-132.

Lequernaque, MA; Malasquez, BP; Labán, LP. 2007. Ensayo de doce densidades de siembra al trasplante en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) Cv. IR-43 en el Centro de Investigación y Extensión Agraria “Los Cedros”. Tesis Ing. Agro. Tumbes, Perú, Universidad Nacional de Tumbes. 122 p.

Machado, VM; Nicholls, CI; Márquez, S; Turbay, S. 2014. Caracterización de nueve agroecosistemas de café de la cuenca del río Porce, Colombia, con un enfoque agroecológico. IDESIA (Chile) 33(1): 69-83.

Martínez, CR. 2009. Sistemas de producción agrícola sostenible. Tecnología en Marcha 22(2): 23-39.

Masera, O; Astier, M; López, S. 1999. Sustentabilidad y Manejo de Recursos Naturales: Marco MESMIS. Mundi-Prensa, México. 201 p.

Mechato, IJ; Alemán, GC. 2018. Fertilización nitrogenada en tres cultivares de *Oryza sativa* L. (arroz), en el valle del Chira. Tesis Ing. Agro. Tumbes, Perú, Universidad Nacional de Tumbes. 99 p.

Merma, I; Julca, OH. 2012. Evaluación y diseño de fincas en selva alta bajo sistemas de cultivos prevalentes en la Convención, Cusco-Perú. Tesis PhD. Lima-Perú, UNA La Molina. 180 p.

Meza, Y; Julca, OA. 2015. Sustentabilidad de los sistemas de cultivo con yuca (*Manihot sculenta* Crantz) en la sub-cuenca de Santa Teresa (Cusco). Ecología Aplicada 14(1): 55-63.

MINAGRI-DGESEP (Ministerio de Agricultura y Riego-Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas. 2015. Intenciones de siembra Campaña Agrícola: 2015 – julio 2016. Resumen ejecutivo. Lima, Perú. 20 p.

MINAGRI-DGCA (Ministerio de Agricultura y Riego-Dirección General de Competitividad Agraria). 2012. El arroz. Principales aspectos de la cadena agro-productiva. Lima, Perú. 35 p.

MINAGRI-DGESEP (Ministerio de Agricultura y Riego-Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas). 2018. Arroz 2001-2017. Consultado 25 ene 2018. Disponible en http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/nota-coyuntura-arroz-280818_2.pdf.

MINAGRI-DGESEP-SIEA (Ministerio de Agricultura y Riego- Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas-Sistema Integrado de Estadística Agraria-Sistema Integrado de Estadística Agraria. 2015. Estadística mensual. Lima, Perú. 164 p.

Moquete, C. 2010. Guía Técnica, El cultivo de arroz. Serie Cultivos N° 37. Santo Domingo, República Dominicana. CEDAF. 166 p.

Moldan, B; Dahl, L. 2007. "Challenges to sustainability indicators". En, Hak, T., Moldan, B., y Dahl, A.L. (Eds.). Sustainability Indicators. A Scientific assessment, Scope Series, 67. Island Press, pp. 1-24.

Morales, PJ; Saavedra, ChV. 2018. Efecto de la aplicación de dos dosis de silicio (Silicis-Perú) en tres densidades de siembra en el rendimiento del cultivo de *Oryza sativa* L. (arroz) en Tumbes. Tesis Ing. Agro. Tumbes, Perú, Universidad Nacional de Tumbes. 96 p.

Mostajo, GO. 2017. Plan Nacional de Cultivos: Campaña Agrícola 2018, 2019. Consultado dic 2018. Disponible en <http://www.agroarequipa.gob.pe/images/AGRICOLA/PLAN%20NACIONAL%20DE%20CULTIVOS%202018-2019%20APROBACION.compressed.pdf>.

Nascente, AS; Stone, LF. 2018. Cover crops as affecting soil chemical and physical properties and development of upland rice and soybean cultivated in rotation. Rice Science 25 (6): 340-349.

Olmos, S. 2007. Apunte de morfología, fenología, eco-fisiología, y mejoramiento genético del arroz (en línea). Catedra de cultivos II, Facultad de Ciencias Agrarias. Corrientes-Argentina. Consultado 10 ene 2019. Disponible en <http://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/academico/Apunte-MORFOLOGIA.pdf>.

Painii, MV; Camarena, MF. 2018. Estabilidad de líneas de soya (*Glycine max* L. Merrill) y su contribución a la sustentabilidad del cultivo en el Ecuador. Tesis PhD. Lima-Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 128 p.

Palomeque, BM; Loli, FO. 2016. Sustentabilidad en sistemas agrícolas de limón (*Citrus aurantifolia* C.), Cacao (*Theobroma cacao* L.) y Bambú (*Guadua angustifolia* K.) en Portoviejo-Ecuador. Tesis PhD. Lima-Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 121 p.

Perales, A; Loli, O; Alegre, J; Camarena, F. 2009. Indicadores de sustentabilidad del manejo de suelos en la producción de arveja (*Pisum sativum* L.). *Ecología Aplicada* (8)2: 47-52.

Peña, K; Rodríguez, JC; Olivera, D; Fuentes, PF; Melendrez, JF. 2016. Prácticas agrícolas sostenibles que incrementan los rendimientos de diferentes cultivos en Sancti Spíritus, Cuba. *Agronomía Costarricense* 40(2): 117-127.

Pinedo, TR; Gómez, PL; Julca, OA. 2018. Sostenibilidad de sistemas de producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 5(15): 399-409.

POF (Perú Opportunity Fund). 2011. Diagnóstico de la Agricultura en el Perú: Informe final. Consultado 15 ene 2017. Disponible en https://www.sudamericarural.org/images/en_papel/archivos/Diagno_stico_de_la_Agricultura_en_el_Peru_-_web.pdf.

Profesionales del Agro. s.f. Análisis de las variedades más comerciales de arroz en Perú (en línea). Consultado 2 feb 2019. Disponible en <http://profesionalesdelagro.com/caracteristicas-de-las-variedades-mas-comerciales-de-arroz-en-peru/>.

Quiroga, M. 2001. Indicadores de sustentabilidad ambiental y desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas. Serie manuales CEPAL, Naciones Unidas. Manual producido para el proyecto, Evaluación de la Sostenibilidad en América Latina y el Caribe, PESALC.

Raeburn, J. R. 1984. *Agriculture: Foundations, Principles and Development*. New York: John Wiley and Sons.

Ramos, GF. 2013. *Maíz, Trigo y Arroz: Los cereales que alimentan al mundo*. Primera edición. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México. 85 p. Consultado 20 dic. 2018. Disponible en <http://eprints.uanl.mx/3649/1/maiztrigoarroz.pdf>.

Reina, CL; Julca, OA. 2016. *Sustentabilidad de los sistemas agropecuarios en la zona del proyecto de riego Carrizal-Chone etapa I (Manabí, Ecuador)*. Perú. Tesis PhD. Lima-Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 138 p.

Ríos, HY; Díaz, CM. 2016. *Sostenibilidad del cultivo del arroz (Oryza Sativa L.), cultivar INCA LP-7, en la UBPC “El Cedro”*. Tesis Ing. Agro. Santa Clara, Cuba, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. 43 p.

Rivera, CM; Rivón, HP; Trujillo, NA. 2011. *Soportes orgánicos de bacterias promotoras de crecimiento vegetal y la sustentabilidad del suelo*. *Terra Latinoamericana* 29(2): 179-188.

Rodríguez, J. 1999. *Fertilización del cultivo de arroz (Oryza sativa) (en línea)*. In XI Congreso Nacional Agronómico / III Congreso Nacional de Suelo (74 San José, Costa Rica). Consultado 15 ene 2019. Disponible en http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_123.pdf.

Santistevan, MM; Julca, OA; Borjas, VR; Tuesta, HO. 2014. *Caracterización de fincas cafetaleras en la localidad de Jipijapa (Manabí, Ecuador)*. *Ecología Aplicada* (13)2: 187-192.

Santistevan, MM; Julca, OA; Helfgott, LS. 2015. *Caracterización de las fincas productoras del cultivo de limón en las localidades de Manglaralto y Coloche, (Santa Elena, Ecuador)*. *Revista Científica y Tecnológica (UPSE)* (3)1: 133-142.

Sala, E. 1994. *Una biosfera sustentable*. *Revista ciencia hoy (en línea)*. Vol. 5. Consultado 20 jul 2018. Disponible en www.cienciahoy.org.ar.

SAG-DICTA (Secretaría de Agricultura y Ganadería- Dirección de ciencia y Tecnología Agropecuaria). 2003. Manual Técnico para el Cultivo de Arroz (*Oryza sativa*) (en línea). Comayagua, Honduras. 59 p. Consultado 25 ene 2019. Disponible en <https://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/el-cultivo-del-arroz.pdf>.

Salazar, R. 2012. Caracterización de sistemas agroecológicos para el establecimiento comercial de cacao orgánico (*Theobroma cacao*) en Talamanca. Escuela de Ingeniería Agropecuaria Administrativa, Tecnológico de Costa Rica. Tecnología en Marcha, 25 (5):45-54.

Sarandón, S. 2002b. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agro-ecosistemas. En: Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable (Sarandón, S. J, ed.). Ediciones Científicas Americanas, Capítulo 20: 393-414.

Sarandón, S. 2002a. La agricultura como actividad transformadora del ambiente. El Impacto de la Agricultura intensiva de la Revolución Verde. En agroecología: El camino hacia una agricultura sustentable”, S J Sarandón (Editor), Ediciones Científicas Americanas, La Plata 1: 23-48.

Sarandón, S; Flores, C. 2014. Agroecología: Bases Teóricas para el Diseño y Manejo de Agro-Ecosistemas Sustentables. Universidad Nacional de la Plata. Editorial de la Universidad de la Plata. Buenos Aires, Argentina. 466 p.

Semillas el Potrero. s.f. Variedad IR-43 características (en línea). Consultado 3 de feb 2019. Disponible en https://www.molicom.com.pe/semillas/web/secciones/prod_ir43.php.

Smyth, A; Dumansky, J. 1995. A framework for evaluating sustainable land management. Canadian Journal of Soil Science 75: 401-406.

VIII. ANEXO

Anexo 1. Encuesta del componente socio-económico del agricultor, componente socio-económico y ambiental de la parcela para la caracterización con cultivo de arroz

I. Datos generales		
Nombre del responsable de la encuesta:		
Nombre y apellido de agricultor/a:		
Departamento:	Provincia:	Distrito: Sector:
II. Componentes socio-económicos del agricultor		
1. Sexo del responsable de la parcela: Hombre () Mujer ()		
2. Edad (años)		
3. Nivel de instrucción del responsable de la parcela	Ninguno	
	Inicial	
	Primaria	
	Secundaria	
	Técnico	
	Universitario	
4. Número de hijos menores de 18 años		
5. Número de personas que aportan con los gastos de la casa		
6. Cuenta con centro médico en la localidad: SI () NO ()		
7. El personal asistencial es permanente en el centro médico SI () NO ()		
8. En su casa tiene: Agua potable () Luz eléctrica () Desagüe () Teléfono ()		
9. Tipo de vivienda	Casa de hormigón	
	Casa mixta	
	Casa de madera	
	Casa de caña	
	No posee	
10. Ingreso mensual del agricultor en soles		
11. Cría animales SI () NO ()		
12. Tipo de animales que cría	Vacunos	
	Caprinos	
	Porcinos	
	Aves	
13. Medio de comunicación e información que suele usar	Televisor	
	Radio	
	Teléfono fijo	
	Celular	
	Periódico	
	Folletos	
14. Disponibilidad de movilidad en la zona SI () NO ()		
15. Participa o pertenece a alguna organización	Productores	
	Deportiva	
	Religiosa	
	Del Estado	

16. Actividad a la que se dedica la familia	Agricultura	
	Ganadería	
	Extractiva	
	Comercio	
	Artesanía	
	Turismo	
	Otros...	
17. Acceso a capacitación	SI () NO ()	

18. Origen de la capacitación	Minis. Agricultura	
	ONGs	
	Asoc. Productores	
	Otros...	

III. Componentes socio-económicos de la parcela

19. Tenencia de título de propiedad	SI () NO ()	
20. Número de hectáreas que posee		
21. Preferencia del cultivo de arroz	SI () NO ()	
22. Que cultivar siembra: NIR () Mallaes () Fortaleza () Otra ()		
23. Área total cultivada de arroz		
24. Rendimiento total del cultivo (kg./ha)		
25. Precio al que vende un kilogramo de arroz (S/.)		
26. Costo por hectárea para producir arroz (S/.)		
27. Forma de venta del producto: Grano seco () Grano húmedo ()		
28. Destino o donde vende el producto	Parcela	
	Asoc. Produc.	
	Molineros	
	Intermediarios	
	Exportación	
29. Precio por kg., de arroz en la última cosecha (S/.)		
30. Cuantas personas trabajan en la parcela, incluido Usted		
31. Qué tipo de agricultura realiza: Convencional () Orgánica ()		
32. Utiliza jornaleros	SI () NO ()	
33. Numero de jornaleros que trabajan en la parcela, incluido Usted		
34. Costo del jornal (S/.)		
35. Tenencia de la parcela	Alquila	
	Propia	

IV. Componentes ambientales de la parcela

36. Cuenta con agua de riego permanente durante todo el año	SI () NO ()	
37. Cuál es la fuente de abastecimiento de agua	Lluvia	
	Pozo	
	Rio	
	Canal de riego	
38. Utiliza abono químico para la fertilización	SI () NO ()	
39. El control es solo con productos químicos	SI () NO ()	
40. Del total de su producción cuanto del cultivo necesita productos químicos		
41. Mantiene siempre la finca cubierta con malezas	SI () NO ()	
42. Realiza quema de rastrojos de maleza	SI () NO ()	
43. Realiza quema de residuos de cosecha	SI () NO ()	
44. Realiza aplicación de materia orgánica	SI () NO ()	
45. Realiza rotación de cultivo	SI () NO ()	
46. Usa algún repelente o extracto elaborado por Usted	SI () NO ()	
47. Realiza control biológico	SI () NO ()	

48. Cuál es la molestia principal para Usted durante la campaña agrícola	Plagas	
	Enfermedades	
	Malezas	
	Falta de abonos	
	Sequias	
	Otros...	
49. Posee pendiente en su parcela	SI () NO ()	
50. Grado de satisfacción con la producción de su parcela	Muy feliz	
	Feliz	
	Poco satisfecho	
	Desilusionado	

Anexo 2. Formato de encuesta de los indicadores y sub indicadores de la dimensión económica, ecológica y socio-cultural, para evaluar la sustentabilidad de las parcelas con cultivo de arroz.

I. Indicadores y sub indicadores para la dimensión Económica		
A) Autosuficiencia alimentaria.		
a.1. Diversificación de la producción de un sistema.	Más de 7 productos	4
	hasta 7 productos	3
	Hasta 5 productos	2
	Hasta 3 productos	1
	Menos de 2 productos	0
a.2. Superficie de producción de autoconsumo.	más de 1 ha	4
	1 - 0,5 ha	3
	0,5 - 0,3 ha	2
	0,3 – 0,1 ha	1
	< = 0,1 ha.	0
B) Ingreso neto mensual		
b.1. Ingreso neto mensual (\$).	Más de 400	4
	Entre 400-300	3
	Entre 300-200	2
	Entre 200-100	1
	Menos de 100	0
C) Riesgos económicos.		
c.1. Diversificación para la venta.	6 o más productos	4
	5 a 4 productos	3
	3 productos	2
	2 productos	1
	1 producto.	0
c.2. Número de vías de comercialización.	5 o más canales	4
	4 canales	3
	3 canales	2
	2 canales	1
	1 canal	0
c.3. Dependencia de insumos externos.	0 a 20% de insumos externos	4
	20 a 40 % de insumos externos	3
	40 a 60% de insumos externos	2
	60 a 80% de insumos externos.	1
	80 a 100 % de insumos externos.	0
II. Indicadores y sub indicadores para la dimensión ecológica.		
A) Manejo del cultivo		
a.1. Rotación de cultivos.	Rotación todos los años e incorporación de leguminosas o abonos verdes	4
	Rotación todos los años. No deja descansar el suelo	3
	Rotación cada 2 o 3 años	2
	Realiza rotaciones eventualmente	1
	No realiza rotaciones.	0

a.2. Diversificación de cultivos.	Totalmente diversificado, con asociación de cultivos y con vegetación natural	4
	Alta diversificación de cultivos, con asociación media entre ellos.	3
	Diversificación media, con muy bajo nivel de asociación entre ellos	2
	Poca diversificación de cultivos, sin asociaciones	1
	Monocultivo	0
a.3. Aplicación de agroquímicos	Sin aplicación	4
	Con aplicación ocasional	3
	Con aplicación hasta dos veces	2
	con aplicación hasta cuatro veces	1
	Con aplicación abundante	0
B) Topografía del suelo		
b.1. Pendiente predominante	del 0 al 5 %	4
	del 5 al 15 %	3
	del 15 al 30 %	2
	del 30 al 45 %	1
	mayor al 45 %	0
b.2. Cobertura vegetal.	100% de cobertura	4
	99 a 75 %	3
	74 a 50 %	2
	49 a 25 %	1
	24 a 0 % de cobertura	0
C) Manejo de la biodiversidad		
c. 1. Biodiversidad temporal.	Rota todos los años. Deja descansar un año la finca e incorpora leguminosas o abonos verdes.	4
	Rota todos los años. No deja descansar el suelo	3
	Rota cada 2 ó 3 años	2
	Realiza rotaciones eventualmente	1
	No realiza rotaciones.	0
c. 2. Biodiversidad espacial.	Establecimiento totalmente diversificado, con asociaciones entre ellos y con vegetación natural.	4
	Alta diversificación de cultivos, con media asociación entre ellos	3
	Diversificación media, con muy bajo nivel de asociación entre ellos.	2
	Poca diversificación de cultivos, sin asociaciones	1
	Monocultivo.	0
III. Indicadores y sub indicadores para la dimensión Socio-Cultural		
A) Satisfacción de las necesidades básicas		
a.1. Vivienda	De material terminada y muy buena.	4
	De material terminada, buena.	3
	Regular, sin terminar o deteriorada	2
	Mala, sin terminar, deteriorada y piso de tierra	1

a.2. Acceso a la educación.	Acceso a educación superior	4
	Acceso a la educación secundaria	3
	Acceso a la educación primaria y secundaria, con restricciones	2
	Acceso a la escuela primaria	1
	Sin acceso a la educación.	0
a.3. Acceso a salud y cobertura sanitaria	Acceso a centro de salud con médicos permanentes e infraestructura adecuada	4
	Acceso a centro de salud con personal temporal medianamente equipado	3
	Acceso a centro de salud mal equipado y personal temporal	2
	Acceso a centro de salud mal equipado y sin personal idóneo.	
	Sin acceso a centro de salud.	0
a.4. Servicios	Instalación completa de agua, luz y teléfono cercano	4
	Instalación de agua y luz	3
	Instalación de luz y agua de pozo	2
	Sin instalación de luz y agua de pozo cercano	1
	Sin luz y sin fuente de agua cercana.	0
B) Aceptabilidad del sistema de producción		
b.1. Aceptabilidad del sistema de producción.	Está muy contento con lo que hace, no haría otra actividad aunque ésta le reporte más ingresos	4
	Está contento, pero antes le iba mejor	3
	No está del todo satisfecho, se queda porque es lo único que sabe hacer	2
	Poco satisfecho con esta forma de vida, anhela vivir en la ciudad y ocuparse de otra actividad.	
	Está desilusionado con la vida que lleva, no lo haría más, está esperando que se le presente una oportunidad para dejar la producción.	0
C) Integración social		
c.1. Integración social	Muy alta	4
	Alta	3
	Media	2
	Baja	1
	Nula	0

D) Conocimiento y conciencia ecológica		
d.1. Conocimiento y conciencia ecológica	Concibe la ecología desde una visión amplia, más allá de su finca y conoce sus fundamentos	4
	Tiene un conocimiento de la ecología desde su práctica cotidiana. Sus conocimientos se reducen a la finca con el no uso de agroquímicos y más prácticas conservacionistas	3
	Tiene sólo una visión parcializada de la ecología. Tiene la sensación de que algunas prácticas pueden estar perjudicando al medio ambiente.	2
	No presenta un conocimiento ecológico ni percibe las consecuencias que pueden ocasionar algunas prácticas, pero utiliza prácticas de bajos insumos.	1
	Sin ningún tipo de conciencia ecológica, realiza prácticas agresivas al medio por causa de este desconocimiento.	0

Anexo 3. Base de datos de la encuesta aplicada a 98 agricultores sobre el componente socio-económico del agricultor, componente socio-económico y ambiental de la parcela, para la caracterización de la parcela con cultivo de arroz.

		Total	%
1. Edad del responsable de la parcela	25 a 29 años :	05	05
	30 a 34 años:	04	4
	35 a 39 años:	14	14
	40 a 44 años:	10	10
	45 a 49 años:	13	13
	50 a 54 años:	11	11
	55 a 59 años:	17	17
	60 a 64 años:	08	08
	65 a 69 años:	07	07
	70 a 74 años:	09	09

		Total	%
2. Nivel de instrucción del responsable de la parcela	Ninguno:	01	01
	Inicial:	02	02
	Primaria:	43	44
	Secundaria:	47	48
	Técnico:	03	03
	Universitario:	02	02
	Maestría:	00	00

		Total	%
3. Número de hijos menores de 18 años	Menos de 2 :	29	30
	Menos de 5:	18	18
	Menos de 10:	22	22
	Menos de 15:	29	30

		Total	%
4. Número de personas que aportan con los gastos en el hogar	01 persona:	53	54
	02 personas:	37	38
	03 personas:	08	08

		Total	%
5. Centro medico en la localidad	Si :	93	95
	No:	05	05

		Total	%
6. Permanencia del personal en el Centro médico de la localidad	Si :	71	72
	No:	27	28

		Total	%
7. Servicios básicos en casa.	Agua, desagüe, luz y teléf.:	37	38
	Agua, desagüe y luz:	59	60
	Agua y desagüe:	00	00
	Agua y luz	02	02
	Solo teléfono:	00	00

8. Vivienda (casa)		Total	%
	Casa de hormigón:	21	22
	Casa mixta:	41	42
	Casa de madera:	18	18
	Casa de caña:	18	18
	No posee casa:	00	00

9. Ingreso mensual del agricultor en soles		Total	%
	De 500 a 1000 soles:	74	76
	De 1000 a 1500 soles:	22	22
	De 1500 a 2000 soles:	02	02
	De 2000 a 2500 soles:	00	00
	Más de 2500 soles:	00	00

10. Crianza de animales		Total	%
	Si :	53	54
	No:	45	46

11. Tipo de animales que cría		Total	%
	Vacunos, caprinos, porcinos y aves:	01	01
	Vacunos, caprinos y porcinos:	00	00
	Vacunos y porcinos:	05	05
	Vacunos y aves:	04	04
	Solo vacunos:	15	15
	Solo caprinos:	10	10
	Solo porcinos:	17	18
	Solo aves:	46	47

12. Medio de comunicación e información que suele utilizar		Total	%
	TV, radio, teléf. Fijo, celular, internet y periódico:	06	06
	TV, radio, teléf. Fijo, celular e internet:	03	03
	TV, radio, teléf. Fijo y celular:	25	26
	TV, radio y teléf. Fijo:	12	12
	TV y radio:	34	35
	Radio y periódico:	04	04
	Solo TV:	04	04
	Solo celular	09	09
	Solo radio:	01	01

13. Disponibilidad de movilidad en la zona		Total	%
	Si :	91	93
	No:	07	07

		Total	%
14. Participación en organizaciones	Agricultores, deportiva, religiosa y del estado:	00	00
	Agricultores, deportiva y religiosa:	00	00
	Agricultores, deportiva:	01	01
	Agricultores y religiosa:	01	01
	Solo agricultores:	41	42
	Solo deportiva:	06	06
	Solo religiosa:	12	12
	Solo del estado:	00	00
	No participa, no pertenece:	37	38

		Total	%
15. Actividad a la que se dedica la familia	Agricultura, ganadería, extractiva, comercio, artesanía y turismo:	00	00
	Agricultura, ganadería, extractiva, comercio y artesanía:	00	00
	Agricultura, ganadería, extractiva y comercio:	00	00
	Agricultura, ganadería y extractiva:	00	00
	Agricultura y ganadería:	06	06
	Agricultura y extractiva :	00	00
	Agricultura y comercio:	10	11
	Agricultura y turismo:	00	00
	Solo agricultura:	79	80
	Otros:	03	03

		Total	%
16. Capacitación	Si :	72	73
	No:	26	27

		Total	%
17. Origen capacitación	MINAG, ONG, Asoc. Prod.:	00	00
	MINAG y ONG:	00	00
	MINAG y Asoc. Prod.:	22	22
	Solo MINAG:	37	38
	Solo ONG:	00	00
	Solo Asoc. Prod.:	10	10
	Otros:	29	30

I. Componente socio-económico de la parcela

		Total	%
18. Tenencia de propiedad	Si :	70	71
	No:	28	29

		Total	%
19. Número de hectáreas que posee	0,5 a 1 ha :	14	14
	1 a 2 ha:	11	11
	2 a 3 ha:	15	15
	3 a 4 ha:	18	19
	4 a 5 ha:	16	16
	Más de 5 ha:	24	25

20. Cultiva arroz		Total	%
	Si :	98	100
	No:	00	00

21. Variedades que cultiva		Total	%
	NIR:	75	77
	Mallares:	10	10
	Fortaleza:	03	03
	Otra:	10	10

22. Área total cultivada de arroz		Total	%
	0,5 a 1 ha :	13	13
	1 a 2 ha:	13	13
	2 a 3 ha:	15	15
	3 a 4 ha:	21	22
	4 a 5 ha:	15	15
	Más de 5 ha:	21	22

23. Rendimiento total del cultivo de arroz (Kg/ ha)		Total	%
	5000:	10	10
	6000:	12	12
	7000:	22	23
	8000:	25	26
	9000:	15	15
	Más de 9000:	14	14

24. Precio de venta por kilogramo de arroz (S/.)		Total	%
	0,90:	04	04
	1,00:	21	22
	1,20:	55	56
	1,40:	18	18

25. Costo por hectárea para producir arroz (S/.)		Total	%
	5000:	35	36
	6000:	42	43
	7000:	15	15
	Más de 7000:	06	06

26. Modo de venta del producto		Total	%
	Grano seco:	98	100
	Grano húmedo:	00	00

27. Destino de venta del producto		Total	%
	En la parcela:	00	00
	A la Asoc. Prod.:	08	08
	A Molineros:	76	78
	A intermediarios:	13	13
	Exportación:	01	01

28. Precio del producto en la última cosecha (S/.)		Total	%
	1,00 :	18	18
	1,20:	65	66
	1,40:	15	14

29. Cantidad de personas trabajan en la finca (incluido usted)		Total	%
	Una:	03	03
	Dos:	28	29
	Tres:	22	22
	Más de tres:	45	46

30. Tipo de agricultura que realiza		Total	%
	Convencional:	98	100
	Orgánica:	00	00

31. Utilización de jornaleros		Total	%
	Si:	95	97
	No:	03	03

32. Numero de jornaleros que trabajan en la finca (incluido Ud.)		Total	%
	Dos:	32	33
	Tres:	16	16
	Cuatro:	15	15
	Más de cuatro:	35	36

33. Costo de jornal en S/.		Total	%
	25:	01	01
	30:	04	04
	35:	25	26
	40:	50	51
	Más de 40 soles:	18	18

34. Tenencia de la tierra		Total	%
	Alquilada:	28	29
	Propia:	70	71

II. Componente ambiental de la parcela

35. Agua de riego permanente durante todo el año		Total	%
	Si:	88	90
	No:	10	10

36. Fuente de abastecimiento del agua		Total	%
	Lluvia, pozo, rio y canal de riego:	00	00
	Lluvia, pozo y rio	00	00
	Lluvia y pozo:	00	00
	Pozo y rio:	00	00
	Rio y canal de riego:	98	100

37. Utilización de abonos químicos para la fertilización		Total	%
	Si:	98	100
	No:	00	00

38. Control exclusivo con agroquímicos		Total	%
	Si:	96	98
	No:	02	02

39. Área del cultivo que necesita productos químicos		Total	%
	0,5 ha:	06	06
	1,0 ha:	07	07
	2,0 ha:	13	13
	3,0 ha:	17	18
	Más de tres ha:	55	56

40. Cobertura permanente de la parcela con malezas		Total	%
	Si:	00	00
	No:	98	100

41. Quema de rastrojo de maleza		Total	%
	Si:	89	91
	No:	09	09

42. Quema de residuos de cosecha		Total	%
	Si:	97	99
	No:	01	01

43. Incorporación de materia orgánica		Total	%
	Si:	15	15
	No:	83	85

44. Rotación de cultivos		Total	%
	Si:	07	07
	No:	91	93

45. Uso de repelente o extracto elaborado por usted		Total	%
	Si:	00	00
	No:	98	100

46. Uso de control biológico		Total	%
	Si:	00	00
	No:	98	100

47. Molestia principal durante la campaña agrícola de arroz.		Total	%
	Plagas, enfermedades, malezas, falta de abonos y sequía:	00	00
	Plagas, enfermedades, malezas y falta de abonos:	00	00
	Plagas, enfermedades y malezas	11	11
	Plagas y enfermedades:	52	53
	Plagas y malezas:	35	36
	Otros:	00	00

48. Presencia de pendiente en su parcela		Total	%
	Si:	30	31
No:	68	69	

49. Estado de ánimo con la producción de su parcela		Total	%
	Muy feliz:	10	10
	feliz:	33	34
	No del todo satisfecho:	00	00
	Poco satisfecho:	40	41
Desilusionado:	15	15	

50. Estado de ánimo con la producción de su parcela		Total	%
	Muy feliz:	10	10
	feliz:	33	34
	No del todo satisfecho:	00	00
	Poco satisfecho:	40	41
Desilusionado:	15	15	

Anexo 4. Promedios y base de datos de sub indicadores de la dimensión económica (IK) para medir la sustentabilidad de la parcela de arroz, en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes – Perú.

Indicadores para la dimensión económica (IK)						
Parcela	(A) Autosuficiencia alimentaria		(B) Ingreso neto mensual	(C) Riesgo económico		
	a1	a2	b	c1	c2	c3
1	0	3	4	0	0	2
2	0	4	4	0	1	2
3	0	1	3	0	0	2
4	0	2	3	0	0	3
5	0	1	3	0	0	3
6	0	4	4	0	0	3
7	0	0	2	0	1	3
8	0	3	2	0	0	0
9	0	4	4	0	0	2
10	0	0	3	0	1	4
11	0	0	3	0	0	4
12	0	4	4	0	0	1
13	0	4	4	0	1	1
14	0	4	4	0	0	1
15	0	0	4	1	1	4
16	0	4	3	0	0	2
17	0	4	4	0	0	2
18	0	0	4	0	0	4
19	0	0	4	0	0	4
20	0	0	2	0	2	4
21	0	4	4	0	1	3
22	0	4	2	0	0	0
23	0	4	3	0	0	0
24	0	4	3	0	0	0
25	0	4	4	0	4	0
26	0	4	1	0	0	1
27	0	0	4	0	0	4
28	0	3	4	0	0	3
29	0	3	3	0	1	4
30	3	3	3	0	0	2
31	0	0	4	0	1	4
32	0	4	4	0	0	4
33	0	2	4	0	0	3
34	3	3	4	0	0	2
35	0	3	4	0	0	3
36	1	3	4	0	1	2
37	0	3	4	0	4	3
38	0	2	2	0	1	4
39	0	4	3	0	0	2
40	0	4	4	0	0	2
41	0	4	4	0	0	2
42	1	0	4	1	1	3
43	0	0	4	0	0	3
44	0	4	4	0	0	4
45	0	0	4	0	0	4
46	0	0	4	1	4	4
47	0	0	4	1	0	4
48	0	0	4	1	0	3
49	0	0	4	0	0	2

50	0	4	4	0	0	4
51	1	4	4	0	0	3
52	0	3	4	0	0	4
53	0	3	4	0	0	2
54	0	1	4	0	0	1
55	0	3	4	0	0	3
56	1	2	1	0	0	1
57	1	0	0	0	0	2
58	0	1	0	0	0	2
59	0	3	0	0	0	2
60	0	1	4	0	0	3
61	0	1	4	0	0	4
62	0	1	4	0	0	2
63	0	4	3	1	0	3
64	0	1	4	0	0	3
65	0	1	4	0	0	3
66	0	1	4	0	0	3
67	0	1	4	0	0	3
68	0	1	4	0	0	3
69	0	1	4	0	0	3
70	0	1	4	0	0	3
71	1	1	4	0	2	3
72	0	2	4	0	1	3
73	4	0	4	0	0	2
74	0	1	4	0	1	3
75	0	3	4	1	0	3
76	0	0	2	0	0	4
77	0	4	4	0	0	4
78	0	0	4	0	1	4
79	0	4	4	0	0	0
80	0	4	3	0	0	0
81	0	3	3	1	1	2
82	0	4	4	0	1	0
83	0	4	4	0	0	0
84	0	4	4	0	0	0
85	0	0	3	0	0	4
86	0	4	4	0	0	2
87	0	2	2	0	0	2
88	0	4	4	0	1	4
89	0	4	4	0	0	0
90	0	0	2	1	2	0
91	0	4	3	0	0	0
92	0	4	4	0	0	2
93	0	0	4	1	1	4
94	0	0	3	0	1	3
95	0	0	4	1	1	3
96	0	0	4	1	1	3
97	1	1	4	0	0	2
98	1	4	4	1	1	1
Promedio	0.18	2.14	3.48	0.13	0.41	2.46

Anexo 5. Promedios y base de datos de sub indicadores de la dimensión ecológica (IE) para medir la sustentabilidad de la parcela de arroz, en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes - Perú

Indicadores para la dimensión ecológica (IE)							
Parcela	(A) Manejo del cultivo			(B) Topografía del suelo		(C) Manejo de la biodiversidad	
	a1	a2	a3	b1	b2	c1	c2
1	0	0	1	4	4	0	0
2	0	0	1	4	4	0	0
3	0	0	2	4	4	0	0
4	0	0	2	4	4	0	0
5	0	0	1	3	4	0	0
6	0	0	0	4	0	0	0
7	0	0	2	3	0	0	0
8	0	0	1	4	0	0	0
9	0	0	0	4	0	1	0
10	3	1	2	4	1	1	1
11	3	1	2	4	1	1	1
12	0	0	2	3	0	0	0
13	0	0	1	4	0	0	0
14	0	0	1	4	0	0	0
15	0	0	0	4	0	0	0
16	0	0	2	4	2	0	0
17	0	1	0	4	0	0	0
18	0	0	1	3	0	0	0
19	0	0	1	4	0	0	0
20	0	0	3	3	0	0	0
21	3	0	3	1	2	0	3
22	0	0	1	4	0	0	0
23	0	0	1	4	0	0	0
24	0	0	1	4	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	1	4	0	0	0
27	0	0	0	4	0	0	0
28	0	0	1	2	4	0	0
29	0	0	1	1	4	0	0
30	0	0	0	4	4	0	0
31	0	0	0	4	4	0	0
32	0	0	0	2	0	0	0
33	0	0	1	4	4	0	0
34	0	0	3	1	4	0	0
35	0	0	1	3	4	0	0
36	0	0	1	3	4	0	0
37	0	0	2	3	4	0	0
38	3	2	1	3	1	0	1
39	0	0	1	4	2	0	1
40	0	0	1	4	2	0	0
41	0	0	3	4	3	0	0
42	0	0	2	3	0	0	0
43	0	0	2	3	0	0	0
44	0	0	0	0	3	0	0
45	0	0	3	3	3	0	0
46	0	1	0	4	1	0	0
47	0	0	1	0	4	0	0
48	0	0	0	2	0	0	0
49	0	0	0	3	0	0	0

50	0	0	0	2	3	0	0
51	0	0	1	3	4	0	0
52	0	0	1	4	4	0	0
53	0	0	0	3	4	0	0
54	0	0	1	2	3	0	0
55	0	0	1	3	4	0	0
56	0	0	0	2	0	0	0
57	0	0	0	2	0	0	0
58	0	0	1	2	0	0	0
59	0	0	1	2	0	0	0
60	0	0	0	4	4	0	0
61	0	0	0	4	4	0	0
62	0	0	0	4	4	0	0
63	0	0	0	4	4	0	1
64	0	0	0	4	4	0	0
65	0	0	0	4	4	0	0
66	0	0	0	4	4	0	0
67	0	0	0	4	4	0	0
68	0	0	0	2	4	0	0
69	0	0	0	4	4	0	0
70	0	0	0	2	4	0	0
71	0	0	1	0	0	0	0
72	0	0	0	3	1	0	0
73	0	0	0	3	0	0	0
74	0	0	0	4	0	0	0
75	0	0	0	3	2	0	0
76	0	0	0	0	4	0	0
77	0	0	0	0	4	0	0
78	0	0	1	0	3	0	0
79	0	0	0	0	4	0	0
80	0	0	1	0	4	0	0
81	0	0	2	2	2	0	0
82	0	0	0	0	4	0	0
83	0	0	0	0	4	0	0
84	0	0	1	0	4	0	0
85	0	0	0	0	4	0	0
86	0	0	0	4	4	0	0
87	0	0	2	4	4	0	0
88	0	0	2	2	3	0	0
89	0	0	1	0	4	0	0
90	0	0	0	0	4	0	0
91	0	0	0	4	0	0	0
92	0	0	0	0	4	0	0
93	0	0	0	1	2	0	0
94	0	0	3	3	0	0	0
95	0	0	2	3	0	0	0
96	0	0	2	3	3	0	0
97	0	0	3	3	0	0	0
98	2	0	2	3	3	2	0
Promedio	0.14	0.06	0.87	2.71	2.22	0.05	0.08

Anexo 6. Promedios y base de datos de sub indicadores de la dimensión Socio Cultural (ISC) para medir la sustentabilidad de la parcela de arroz, en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes - Perú

Indicadores para la dimensión Socio Cultural (ISC)							
Parcela	(A) Satisfacción de las necesidades básicas				(B) Aceptabilidad del sistema de producción	(C) Integración social	(D) Conocimiento y conciencia ecológica
	a1	a2	a3	a4	b	c	d
1	2	0	4	3	2	2	1
2	3	3	4	4	1	1	0
3	4	3	3	2	2	2	0
4	3	3	3	3	3	2	2
5	4	2	2	3	3	3	2
6	3	3	2	3	4	3	2
7	2	2	3	3	3	3	1
8	2	3	3	3	1	2	2
9	3	4	4	4	4	4	3
10	2	1	2	4	2	2	1
11	2	1	2	4	2	2	1
12	2	1	2	3	3	2	1
13	3	1	3	3	3	2	2
14	1	1	2	3	3	2	2
15	2	1	3	3	4	2	1
16	3	4	4	4	3	2	1
17	2	3	4	4	3	2	2
18	2	3	3	4	3	3	2
19	2	3	3	4	4	3	3
20	2	1	3	4	4	2	1
21	3	3	3	4	3	3	0
22	2	1	2	3	2	2	1
23	3	3	0	3	2	2	2
24	3	1	2	4	1	2	1
25	3	1	3	4	3	1	2
26	3	3	3	4	1	2	3
27	3	3	3	4	4	3	3
28	3	1	4	4	4	2	2
29	3	2	4	4	4	2	2
30	2	2	3	4	0	2	2
31	2	4	4	4	1	2	2
32	3	1	3	3	3	2	2
33	2	1	4	4	0	2	2
34	4	4	4	4	4	2	3
35	1	1	4	4	4	2	2
36	1	4	4	4	4	2	2
37	1	1	4	4	4	3	2
38	1	1	2	3	2	2	1
39	3	4	3	4	3	2	1
40	3	4	3	4	3	2	1
41	2	4	3	4	1	2	2
42	3	4	3	3	4	3	3
43	3	2	3	3	4	4	2
44	3	4	3	3	3	2	2
45	3	1	2	3	1	2	2
46	3	3	0	3	3	2	2
47	2	3	3	2	3	2	2
48	3	1	1	3	2	2	2

49	2	3	2	3	1	3	2
50	3	1	3	3	3	2	2
51	4	1	4	4	4	2	2
52	1	1	1	4	4	2	2
53	3	1	4	4	4	2	2
54	2	3	4	4	4	2	2
55	2	1	4	4	4	2	2
56	4	4	4	4	4	2	1
57	4	4	4	4	1	2	2
58	3	3	4	4	2	2	2
59	3	4	4	4	4	2	2
60	3	1	3	4	3	2	1
61	3	2	3	4	3	3	1
62	3	3	3	4	3	2	1
63	2	2	2	3	2	1	1
64	3	3	3	4	3	2	1
65	3	2	3	4	3	2	0
66	3	3	3	4	3	3	1
67	3	3	3	4	3	2	0
68	3	3	3	4	3	3	1
69	3	3	3	4	3	2	1
70	3	3	3	4	3	2	1
71	0	1	1	3	2	1	2
72	3	1	2	3	1	1	1
73	1	3	2	3	1	2	0
74	3	3	2	3	1	1	1
75	3	3	3	3	3	2	1
76	2	1	4	3	2	3	3
77	3	1	4	4	4	4	4
78	4	2	4	0	0	3	4
79	4	4	4	4	4	4	4
80	3	2	4	4	4	3	2
81	2	3	4	3	3	3	1
82	3	1	3	4	3	3	2
83	2	1	4	3	2	2	2
84	2	1	3	3	0	3	1
85	2	1	3	3	3	3	3
86	2	1	3	3	3	3	2
87	4	3	4	3	1	3	2
88	2	1	4	3	3	1	1
89	3	1	4	3	3	3	3
90	2	3	4	3	4	4	4
91	3	4	4	4	3	3	2
92	3	1	3	3	3	3	2
93	4	1	4	4	4	2	3
94	4	4	4	3	3	3	3
95	4	1	3	3	3	3	2
96	3	4	3	3	3	3	3
97	4	1	2	4	4	3	1
98	2	3	3	4	3	4	4
Promedio	2.65	2.24	3.07	3.49	2.76	2.35	1.80

Anexo 7. Promedios y base de datos de los sub indicadores de la dimensión económica (IK) para evaluar la sustentabilidad de la parcela de arroz, en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes – Perú, Sistema Agrícola 1.

Indicadores para la dimensión económica						
Parcela	(A) Autosuficiencia alimentaria		(B) Ingreso neto mensual por familia	(C) Riesgo económico		
	a1	a2	b	c1	c2	c3
1	0	3	4	0	0	2
2	0	4	4	0	1	2
3	0	1	3	0	0	2
4	0	2	3	0	0	3
5	0	1	3	0	0	3
6	0	4	4	0	0	3
7	0	0	2	0	1	3
8	0	3	2	0	0	0
9	0	4	4	0	0	2
10	0	0	3	0	1	4
11	0	0	3	0	0	4
12	0	4	4	0	0	1
13	0	4	4	0	1	1
14	0	4	4	0	0	1
15	0	0	4	1	1	4
16	0	4	3	0	0	2
17	0	4	4	0	0	2
18	0	0	4	0	0	4
19	0	0	4	0	0	4
20	0	0	2	0	2	4
21	0	4	4	0	1	3
22	0	4	2	0	0	0
23	0	4	3	0	0	0
24	0	4	3	0	0	0
25	0	4	4	0	4	0
26	0	4	1	0	0	1
27	0	0	4	0	0	4
28	0	3	4	0	0	3
29	0	3	3	0	1	4
30	3	3	3	0	0	2
31	0	0	4	0	1	4
32	0	4	4	0	0	4
33	0	2	4	0	0	3
Promedio	0.09	2.45	3.36	0.03	0.42	2.39

Anexo 8. Promedios y base de datos de los sub indicadores de la dimensión económica (IK) para evaluar la sustentabilidad de la parcela de arroz, en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes – Perú, Sistema Agrícola 2.

Indicadores para la dimensión económica						
Parcela	(A) Autosuficiencia alimentaria		(B) Ingreso neto mensual por familia	(C) Riesgo económico		
	a1	a2	b	c1	c2	c3
1	3	3	4	0	0	2
2	0	3	4	0	0	3
3	1	3	4	0	1	2
4	0	3	4	0	4	3
5	0	2	2	0	1	4
6	0	4	3	0	0	2
7	0	4	4	0	0	2
8	0	4	4	0	0	2
9	1	0	4	1	1	3
10	0	0	4	0	0	3
11	0	4	4	0	0	4
12	0	0	4	0	0	4
13	0	0	4	1	4	4
14	0	0	4	1	0	4
15	0	0	4	1	0	3
16	0	0	4	0	0	2
17	0	4	4	0	0	4
18	1	4	4	0	0	3
19	0	3	4	0	0	4
20	0	3	4	0	0	2
21	0	1	4	0	0	1
22	0	3	4	0	0	3
23	1	2	1	0	0	1
24	1	0	0	0	0	2
25	0	1	0	0	0	2
26	0	3	0	0	0	2
27	0	1	4	0	0	3
28	0	1	4	0	0	4
29	0	1	4	0	0	2
30	0	4	3	1	0	3
31	0	1	4	0	0	3
32	0	1	4	0	0	3
33	0	1	4	0	0	3
Promedio	0.24	1.94	3.42	0.15	0.33	2.79

Anexo 9. Promedios y base de datos de los sub indicadores de la dimensión económica (IK) para evaluar la sustentabilidad de la parcela de arroz, en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes – Perú, Sistema Agrícola 3.

Indicadores para la dimensión económica						
Parcela	(A) Autosuficiencia alimentaria		(B) Ingreso neto mensual por familia	(C) Riesgo económico		
	a1	a2	b	c1	c2	c3
1	0	1	4	0	0	3
2	0	1	4	0	0	3
3	0	1	4	0	0	3
4	0	1	4	0	0	3
5	1	1	4	0	2	3
6	0	2	4	0	1	3
7	4	0	4	0	0	2
8	0	1	4	0	1	3
9	0	3	4	1	0	3
10	0	0	2	0	0	4
11	0	4	4	0	0	4
12	0	0	4	0	1	4
13	0	4	4	0	0	0
14	0	4	3	0	0	0
15	0	3	3	1	1	2
16	0	4	4	0	1	0
17	0	4	4	0	0	0
18	0	4	4	0	0	0
19	0	0	3	0	0	4
20	0	4	4	0	0	2
21	0	2	2	0	0	2
22	0	4	4	0	1	4
23	0	4	4	0	0	0
24	0	0	2	1	2	0
25	0	4	3	0	0	0
26	0	4	4	0	0	2
27	0	0	4	1	1	4
28	0	0	3	0	1	3
29	0	0	4	1	1	3
30	0	0	4	1	1	3
31	1	1	4	0	0	2
32	1	4	4	1	1	1
Promedio	0.22	2.03	3.66	0.22	0.47	2.19

Anexo 10. Promedios y base de datos de los sub indicadores de la dimensión ecológica (IE) para evaluar la sustentabilidad de la parcela de arroz, en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes – Perú, Sistema Agrícola 1.

Indicadores para la dimensión ecológica							
Parcela	(A) Manejo del cultivo			(B) Topografía del suelo		(C) Manejo de la biodiversidad	
	a1	a2	a3	b1	b2	c1	c2
1	0	0	1	4	4	0	0
2	0	0	1	4	4	0	0
3	0	0	2	4	4	0	0
4	0	0	2	4	4	0	0
5	0	0	1	3	4	0	0
6	0	0	0	4	0	0	0
7	0	0	2	3	0	0	0
8	0	0	1	4	0	0	0
9	0	0	0	4	0	1	0
10	3	1	2	4	1	1	1
11	3	1	2	4	1	1	1
12	0	0	2	3	0	0	0
13	0	0	1	4	0	0	0
14	0	0	1	4	0	0	0
15	0	0	0	4	0	0	0
16	0	0	2	4	2	0	0
17	0	1	0	4	0	0	0
18	0	0	1	3	0	0	0
19	0	0	1	4	0	0	0
20	0	0	3	3	0	0	0
21	3	0	3	1	2	0	3
22	0	0	1	4	0	0	0
23	0	0	1	4	0	0	0
24	0	0	1	4	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	1	4	0	0	0
27	0	0	0	4	0	0	0
28	0	0	1	2	4	0	0
29	0	0	1	1	4	0	0
30	0	0	0	4	4	0	0
31	0	0	0	4	4	0	0
32	0	0	0	2	0	0	0
33	0	0	1	4	4	0	0
Promedio	0.27	0.09	1.06	3.42	1.39	0.09	0.15

Anexo 11. Promedios y base de datos de los sub indicadores de la dimensión ecológica (IE) para evaluar la sustentabilidad de la parcela de arroz, en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes – Perú, Sistema Agrícola 2.

Indicadores para la dimensión ecológica							
Parcela	(A) Manejo del cultivo			(B) Topografía del suelo		(C) Manejo de la biodiversidad	
	a1	a2	a3	b1	b2	c1	c2
1	0	0	3	1	4	0	0
2	0	0	1	3	4	0	0
3	0	0	1	3	4	0	0
4	0	0	2	3	4	0	0
5	3	2	1	3	1	0	1
6	0	0	1	4	2	0	1
7	0	0	1	4	2	0	0
8	0	0	3	4	3	0	0
9	0	0	2	3	0	0	0
10	0	0	2	3	0	0	0
11	0	0	0	0	3	0	0
12	0	0	3	3	3	0	0
13	0	1	0	4	1	0	0
14	0	0	1	0	4	0	0
15	0	0	0	2	0	0	0
16	0	0	0	3	0	0	0
17	0	0	0	2	3	0	0
18	0	0	1	3	4	0	0
19	0	0	1	4	4	0	0
20	0	0	0	3	4	0	0
21	0	0	1	2	3	0	0
22	0	0	1	3	4	0	0
23	0	0	0	2	0	0	0
24	0	0	0	2	0	0	0
25	0	0	1	2	0	0	0
26	0	0	1	2	0	0	0
27	0	0	0	4	4	0	0
28	0	0	0	4	4	0	0
29	0	0	0	4	4	0	0
30	0	0	0	4	4	0	1
31	0	0	0	4	4	0	0
32	0	0	0	4	4	0	0
33	0	0	0	4	4	0	0
Promedio	0.09	0.09	0.82	2.91	2.58	0.00	0.09

Anexo 12. Promedios y base de datos de los sub indicadores de la dimensión ecológica (IE) para evaluar la sustentabilidad de la parcela de arroz, en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes – Perú, Sistema Agrícola 3.

Indicadores para la dimensión ecológica							
Parcela	(A) Manejo del cultivo			(B) Topografía del suelo		(C) Manejo de la biodiversidad	
	a1	a2	a3	b1	b2	c1	c2
1	0	0	0	4	4	0	0
2	0	0	0	2	4	0	0
3	0	0	0	4	4	0	0
4	0	0	0	2	4	0	0
5	0	0	1	0	0	0	0
6	0	0	0	3	1	0	0
7	0	0	0	3	0	0	0
8	0	0	0	4	0	0	0
9	0	0	0	3	2	0	0
10	0	0	0	0	4	0	0
11	0	0	0	0	4	0	0
12	0	0	1	0	3	0	0
13	0	0	0	0	4	0	0
14	0	0	1	0	4	0	0
15	0	0	2	2	2	0	0
16	0	0	0	0	4	0	0
17	0	0	0	0	4	0	0
18	0	0	1	0	4	0	0
19	0	0	0	0	4	0	0
20	0	0	0	4	4	0	0
21	0	0	2	4	4	0	0
22	0	0	2	2	3	0	0
23	0	0	1	0	4	0	0
24	0	0	0	0	4	0	0
25	0	0	0	4	0	0	0
26	0	0	0	0	4	0	0
27	0	0	0	1	2	0	0
28	0	0	3	3	0	0	0
29	0	0	2	3	0	0	0
30	0	0	2	3	3	0	0
31	0	0	3	3	0	0	0
32	2	0	2	3	3	2	0
Promedio	0.06	0.00	0.72	1.78	2.72	0.06	0.00

Anexo 13. Promedios y base de datos de los sub indicadores de la dimensión socio-cultural (ISC) para evaluar la sustentabilidad de la parcela de arroz, en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes – Perú, Sistema Agrícola 1.

Indicadores para la dimensión socio cultural							
Parcela	(A) Satisfacción de las necesidades básicas				(B) Aceptabilidad del sistema de producción	(C) Integración social	(D) Conocimiento y conciencia ecológica
	a1	a2	a3	a4	b	c	d
1	2	0	4	3	2	2	1
2	3	3	4	4	1	1	0
3	4	3	3	2	2	2	0
4	3	3	3	3	3	2	2
5	4	2	2	3	3	3	2
6	3	3	2	3	4	3	2
7	2	2	3	3	3	3	1
8	2	3	3	3	1	2	2
9	3	4	4	4	4	4	3
10	2	1	2	4	2	2	1
11	2	1	2	4	2	2	1
12	2	1	2	3	3	2	1
13	3	1	3	3	3	2	2
14	1	1	2	3	3	2	2
15	2	1	3	3	4	2	1
16	3	4	4	4	3	2	1
17	2	3	4	4	3	2	2
18	2	3	3	4	3	3	2
19	2	3	3	4	4	3	3
20	2	1	3	4	4	2	1
21	3	3	3	4	3	3	0
22	2	1	2	3	2	2	1
23	3	3	0	3	2	2	2
24	3	1	2	4	1	2	1
25	3	1	3	4	3	1	2
26	3	3	3	4	1	2	3
27	3	3	3	4	4	3	3
28	3	1	4	4	4	2	2
29	3	2	4	4	4	2	2
30	2	2	3	4	0	2	2
31	2	4	4	4	1	2	2
32	3	1	3	3	3	2	2
33	2	1	4	4	0	2	2
Promedio	2.55	2.09	2.94	3.55	2.58	2.21	1.64

Anexo 14. Promedios y base de datos de los sub indicadores de la dimensión socio-cultural (ISC) para evaluar la sustentabilidad de la parcela de arroz, en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes – Perú, Sistema Agrícola 2.

Indicadores para la dimensión socio cultural							
Parcela	(A) Satisfacción de las necesidades básicas				(B) Aceptabilidad del sistema de producción	(C) Integración social	(D) Conocimiento y conciencia ecológica
	a1	a2	a3	a4	b	c	d
1	4	4	4	4	4	2	3
2	1	1	4	4	4	2	2
3	1	4	4	4	4	2	2
4	1	1	4	4	4	3	2
5	1	1	2	3	2	2	1
6	3	4	3	4	3	2	1
7	3	4	3	4	3	2	1
8	2	4	3	4	1	2	2
9	3	4	3	3	4	3	3
10	3	2	3	3	4	4	2
11	3	4	3	3	3	2	2
12	3	1	2	3	1	2	2
13	3	3	0	3	3	2	2
14	2	3	3	2	3	2	2
15	3	1	1	3	2	2	2
16	2	3	2	3	1	3	2
17	3	1	3	3	3	2	2
18	4	1	4	4	4	2	2
19	1	1	1	4	4	2	2
20	3	1	4	4	4	2	2
21	2	3	4	4	4	2	2
22	2	1	4	4	4	2	2
23	4	4	4	4	4	2	1
24	4	4	4	4	1	2	2
25	3	3	4	4	2	2	2
26	3	4	4	4	4	2	2
27	3	1	3	4	3	2	1
28	3	2	3	4	3	3	1
29	3	3	3	4	3	2	1
30	2	2	2	3	2	1	1
31	3	3	3	4	3	2	1
32	3	2	3	4	3	2	0
33	3	3	3	4	3	3	1
Promedio	2.64	2.52	3.03	3.64	3.03	2.18	1.70

Anexo 15. Promedios y base de datos de los sub indicadores de la dimensión socio-cultural (ISC) para evaluar la sustentabilidad de la parcela de arroz, en la localidad de San Pedro de los Incas, Tumbes – Perú, Sistema Agrícola 3.

Indicadores para la dimensión socio cultural							
Parcela	(A) Satisfacción de las necesidades básicas				(B) Aceptabilidad del sistema de producción	(C) Integración social	(D) Conocimiento y conciencia ecológica
	a1	a2	a3	a4	b	c	d
1	3	3	3	4	3	2	0
2	3	3	3	4	3	3	1
3	3	3	3	4	3	2	1
4	3	3	3	4	3	2	1
5	0	1	1	3	2	1	2
6	3	1	2	3	1	1	1
7	1	3	2	3	1	2	0
8	3	3	2	3	1	1	1
9	3	3	3	3	3	2	1
10	2	1	4	3	2	3	3
11	3	1	4	4	4	4	4
12	4	2	4	0	0	3	4
13	4	4	4	4	4	4	4
14	3	2	4	4	4	3	2
15	2	3	4	3	3	3	1
16	3	1	3	4	3	3	2
17	2	1	4	3	2	2	2
18	2	1	3	3	0	3	1
19	2	1	3	3	3	3	3
20	2	1	3	3	3	3	2
21	4	3	4	3	1	3	2
22	2	1	4	3	3	1	1
23	3	1	4	3	3	3	3
24	2	3	4	3	4	4	4
25	3	4	4	4	3	3	2
26	3	1	3	3	3	3	2
27	4	1	4	4	4	2	3
28	4	4	4	3	3	3	3
29	4	1	3	3	3	3	2
30	3	4	3	3	3	3	3
31	4	1	2	4	4	3	1
32	2	3	3	4	3	4	4
Promedio	2.70	2.06	3.15	3.18	2.58	2.58	2.00

Anexo 16. Índices de la dimensión económica (IK), ecológica (IE), socio-cultural (ISC) e índice de sustentabilidad general (IS Gen) de cada parcela del cultivo de arroz, Sistema Agrícola 1.

Parcela	Índice de sustentabilidad económica (IK)		Índice de sustentabilidad ecológica (IE)		Índice de sustentabilidad Socio-Cultural (ISC)		Índice de sustentabilidad General (IS Gen)		Situación sustentable	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										
32										
33										
Promedio	2,05		1,20		2,44		1,90		NO	
	Sustentable (%)		Sustentable (%)		Sustentable (%)				Sustentable (%)	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO			SI	NO
	58	42	6	94	70	30			00	100

Anexo 17. Índices de la dimensión económica (IK), ecológica (IE), socio-cultural (ISC) e índice de sustentabilidad general (IS Gen) de cada parcela del cultivo de arroz, Sistema Agrícola 2.

Parcela	Índice de sustentabilidad económica (IK)		Índice de sustentabilidad ecológica (IE)		Índice de sustentabilidad Socio-cultural (ISC)		Índice de sustentabilidad General (IS Gen)		Situación sustentable	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
1										NO
2										NO
3										NO
4										NO
5										NO
6										NO
7										NO
8										NO
9										NO
10										NO
11										NO
12										NO
13										NO
14										NO
15										NO
16										NO
17										NO
18										NO
19										NO
20										NO
21										NO
22										NO
23										NO
24										NO
25										NO
26										NO
27										NO
28										NO
29										NO
30										NO
31										NO
32										NO
33										NO
Promedio	2,03		1,24		2,64		1,99			
	Sustentable (%)		Sustentable (%)		Sustentable (%)				Sustentable (%)	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO			SI	NO
	64	36	0,00	100	91	9			00	100

Anexo 18. Índices de la dimensión económica (IK), ecológica (IE), socio-cultural (ISC) e índice de sustentabilidad general (IS Gen) de cada parcela del cultivo de arroz, Sistema Agrícola 3.

Parcela	Índice de sustentabilidad económica (IK)		Índice de sustentabilidad ecológica (IE)		Índice de sustentabilidad Socio-cultural (ISC)		Índice de sustentabilidad General (IS Gen)		Situación sustentable
1	2,00		1,78		2,43		2,07		NO
2	2,00		1,33		2,76		2,03		NO
3	2,00		1,78		2,59		2,12		NO
4	2,00		1,33		2,59		1,97		NO
5	2,33		0,11		1,64		1,36		NO
6	2,27		0,89		1,38		1,51		NO
7	2,54		0,67		1,47		1,56		NO
8	2,07		0,89		1,52		1,49		NO
9	2,47		1,11		2,50		2,03		NO
10	1,07		0,89		2,52		1,46		NO
11	2,67		0,89		3,67		2,41		NO
12	1,93		0,77		1,93		1,54		NO
13	2,40		0,89		4,00		2,43		NO
14	2,00		0,41		3,26		1,89		NO
15	2,07		1,22		2,71		2,00		NO
16	2,47		0,89		2,74		2,03		NO
17	2,40		0,89		2,19		1,83		NO
18	2,40		0,41		1,43		1,41		NO
19	1,47		0,89		2,76		1,71		NO
20	2,53		1,78		1,73		2,01		NO
21	1,33		2,00		2,31		1,88		NO
22	2,73		1,33		2,19		2,08		NO
23	2,40		0,99		2,90		2,10		NO
24	1,00		0,89		3,71		1,87		NO
25	2,00		0,89		3,12		2,00		NO
26	2,54		0,89		2,64		2,02		NO
27	2,00		0,67		3,38		2,02		NO
28	1,47		1,00		3,24		1,90		NO
29	1,93		0,89		2,69		1,84		NO
30	1,93		1,56		3,09		2,19		NO
31	2,13		1,00		2,86		2,00		NO
32	2,80		2,11		3,38		2,76		NO
Promedio	2,04		1,06		2,60		1,92		
	Sustentable (%)		Sustentable (%)		Sustentable (%)				Sustentable (%)
	SI	NO	SI	NO	SI	NO			SI NO
	75	25	6	94	78	22			00 100