



UNIVERSIDAD
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL
PIRHUA

IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍA Y REDUCCIÓN DE COSTOS EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA DE ARROZ

Mario Alegría-Ríos

Piura, marzo de 2015

FACULTAD DE INGENIERÍA

Área Departamental de Ingeniería Industrial y de Sistemas

Alegría, M. (2015). *Implementación de tecnología y reducción de costos en la producción agrícola de arroz*. Tesis de pregrado no publicado en Ingeniería Industrial y de Sistemas. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Piura, Perú.



Esta obra está bajo [una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA



Implementación de tecnología y reducción de costos en la producción agrícola de arroz

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Industrial y de Sistemas

Mario Ernesto Arturo Alegría Ríos

Asesor: Dr. Ing. Gastón Cruz Alcedo

Piura, marzo 2015

Dedicatoria

La presente investigación está dedicada a mi familia, quienes siempre me depositaron su confianza y contribuyeron a mi formación y desarrollo personal, dándome incondicionalmente su apoyo y respaldo. Además se la dedico a todas las personas que forman parte de mi vida, como son mis amigos y profesores; y agradeciendo a Dios por todas sus bendiciones.

Resumen

La presente investigación tiene como fin, realizar un diagnóstico técnico-económico del tradicional proceso productivo del cultivo de arroz en el valle de Jequetepeque. Se analizan las operaciones agrícolas de parcelas de 5 agricultores locales, calculando tiempos y evaluando los costos.

Se explican también, algunas propuestas de mejora para cada etapa del cultivo, contribuyendo a la reducción de costos de producción y del impacto ambiental, así como mayor eficiencia en el uso de los recursos, entre otros.

La implementación de nivelación láser, el trasplante mecanizado, la cosecha a granel, entre otras propuestas, permiten la reducción de los tiempos de operación en cada etapa del cultivo, de los costos totales de producción en 23.38 % y del uso de agua de riego en 12 % (168 millones de litros al año, sólo en los campos analizados); consiguiendo así, optimizar las prácticas de cultivo de arroz y mejorar las condiciones de trabajo de las personas dedicadas a la agricultura. Asimismo, se hace una evaluación económico-financiera para cada propuesta, y de todas ellas en conjunto.

Se busca también, que a partir de los resultados obtenidos con las propuestas, éstas se puedan replicar en otros valles, ajustando los cambios necesarios según las características propias de cada región.

Índice general

Introducción.....	1
Capítulo 1. Marco teórico	3
1.1. El arroz: aspectos generales	3
1.1.1. Origen e historia	3
1.1.2. Morfología y taxonomía	5
1.1.3. Características nutricionales.....	12
1.2. Variedades de arroz	14
1.2.1. Categorías por forma	15
1.2.2. Categorías por color/aroma/textura	16
1.2.3. Categorías por nivel de procesamiento	16
1.3. Requerimientos agro-ecológicos para el cultivo de arroz.....	17
1.3.1. Factores climáticos	18
1.3.2. Factores edáficos necesarios para el cultivo del arroz.....	20
1.3.3. Nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas de arroz	20
1.3.4. Adaptación del arroz a los suelos inundados	21
1.4. Métodos de siembra.....	22
1.4.1. Métodos de siembra directa	22
1.4.2. Método de siembra indirecta	24
1.5. Enfermedades y plagas más comunes.....	25
1.6. Situación mundial, regional y nacional del cultivo de arroz.....	28
Capítulo 2. Situación actual del proceso de cultivo de arroz.....	49
2.1. Introducción	49
2.2. Preparación de suelos	50
2.2.1. Aradura	51
2.2.2. Reforzamiento de bordos	52
2.2.3. Planchado y nivelación	53
2.2.4. Cruzado	55
2.2.5. Cerrado de poza	56
2.2.6. Batido	57
2.3. Uso y manejo de agua para riego	57

2.4.	Preparación de almácigo	58
2.4.1.	Remojo de semilla	59
2.4.2.	Germinación	59
2.4.3.	Almaciguera	60
2.4.4.	Transporte	60
2.4.5.	Voleo	61
2.5.	Trasplante	61
2.5.1.	Saca	62
2.5.2.	Carga	63
2.5.3.	Trasplante	68
2.6.	Fertilización, control de malezas y plagas	69
2.7.	Cosecha	73
2.7.1.	Cosecha	73
2.7.2.	Llenado de sacos	74
2.7.3.	Carga, transporte y descarga	75
2.8.	Costos de producción del cultivo de arroz	75
2.9.	Análisis y determinación de problemas u oportunidades	77
2.9.1.	Aspectos administrativos	77
2.9.2.	Gestión de parcelas y preparación de suelos	78
2.9.3.	Preparación del almácigo	82
2.9.4.	Trasplante	83
2.9.5.	Fertilización	84
2.9.6.	Manejo en el control de malezas, plagas y enfermedades	85
2.9.7.	Cosecha	85
2.9.8.	Recurso hídrico	86
2.9.9.	Reciclaje de nutrientes	86
2.9.10.	Gestión de compras	87

Capítulo 3. Propuestas de cambio e inclusión de tecnología en el cultivo de arroz..... 89

3.1.	Nivelación de suelo con tecnología láser	89
3.1.1.	Beneficios y ventajas	90
3.1.2.	Componentes	91
3.1.3.	Modo de operación	93
3.1.4.	Equipos recomendados	95
3.2.	Trasplante mecanizado de arroz	99
3.2.1.	Funcionamiento	101
3.2.2.	Descripción del proceso de trasplante	102
3.2.3.	Requerimientos	103
3.2.4.	Ventajas	104

3.2.5.	Máquinas recomendadas	105
3.3.	Diseño de nueva técnica para preparación de almácigo	108
3.3.1.	Preparación del sustrato	108
3.3.2.	Preparación de las bandejas	108
3.3.3.	Preparación de la semilla	109
3.3.4.	Siembra	109
3.3.5.	Período de incubación.....	113
3.3.6.	Preparación de la cama para la colocación de las bandejas	113
3.3.7.	Traslado del semillero a las camas de vivero	113
3.3.8.	Manejo del semillero en las camas de vivero.....	114
3.3.9.	Propuesta	114
3.4.	Determinación de plan de fertilización.....	118
3.5.	Sistema de recolección de cosecha a granel.....	125
3.6.	Gestión de residuos de cosecha.....	128
3.7.	Gestión del agua de riego.....	133
 Capítulo 4. Análisis económico-financiero para la implementación de propuestas..		141
4.1.	Análisis de la situación actual	141
4.1.1.	Labores, trabajos y procesos	141
4.1.2.	Costo por campaña de arroz.....	144
4.2.	Análisis económico de futura propuesta.....	144
4.2.1.	Labores, trabajos y procesos	144
4.2.2.	Costo por campaña de arroz.....	147
4.3.	Análisis costo/beneficio	148
4.3.1.	Indicadores de rentabilidad	151
4.3.2.	Indicadores de liquidez	153
 Conclusiones.....		155
Bibliografía.....		159
Anexos.....		167

Introducción

El arroz es el principal alimento básico de más de la mitad de la población mundial y constituye el 20 % de la ingesta total de energía alimentaria de la población. El arroz se cultiva en 26 países de América Latina y el Caribe, pero la producción de esta región representa apenas el 4.3 % del total mundial. En el Perú, el consumo de arroz es mayor que en otros países de América Latina, y se estima en unos 50 kilogramos de arroz por persona al año. (FAO, 2006).

En el Perú, el arroz es el primer producto en área sembrada y cosechada, con 380 000 ha en promedio, sin embargo en el año 2014 sólo alcanzó las 336 000 ha sembradas (Asociación Peruana de Productores de Arroz, 2014); y se distribuye en las regiones de San Martín (19 %), Piura (17 %), Lambayeque (16 %), La Libertad (11 %), Amazonas (10 %), Arequipa (8 %) y otros (19 %) (Ministerio de Agricultura, 2010).

A pesar de estas cifras, en el Perú aún se cultiva el arroz de manera tradicional y con elevados costos de maquinaria, mano de obra e insumos químicos, lo que conlleva a que muchas veces con los precios del mercado apenas se cubran los costos de producción. Por lo tanto es necesario mejorar los rendimientos de producción de arroz, la utilización eficiente de recursos y la implementación de tecnología, para que los agricultores puedan obtener mayores utilidades por campaña.

En la presente investigación, se hace un análisis de la situación actual del proceso productivo del cultivo de arroz, específicamente en campos agrícolas del valle de Jequetepeque. Asimismo, el autor identifica y explica los problemas y/o oportunidades para cada etapa del cultivo.

Por último, se proponen algunas medidas basadas en experiencias de otros países, para solucionar los problemas antes mencionados, explicando su importancia y detalles necesarios para llevar a cabo la implementación de las mismas. Además se realiza un análisis económico-financiero de cada propuesta y del costo total de producción de arroz.

Cabe indicar, que no se pretende descalificar las prácticas tradicionales del cultivo de arroz, sino que desde la perspectiva de la gestión competitiva y tecnológica, buscar la forma más conveniente de implementar aspectos de la agricultura tecnificada, rescatando las buenas prácticas actuales generadoras de valor.

Capítulo 1

Marco teórico

1.1. El arroz: aspectos generales

1.1.1. Origen e historia

De acuerdo a la presentación de la empresa Novarroz (2014), el cultivo del arroz comenzó hace casi 10 000 años en diferentes zonas húmedas de Asia tropical y subtropical. Los paleobotánicos suponen que las poblaciones humanas de fines del Pleistoceno comenzaron a recolectar el arroz *Oryza* salvaje, lo que conllevó a su domesticación. Existe la posibilidad de que sea la India la región donde se cultivó por primera vez este alimento debido a que en ella abundaban los arroces silvestres (en la región de los valles de Belan y del Ganges, al norte de la India).

Estudios confirmados por *Proceedings of the National Academy of Sciences* (2013) mencionan que el arroz fue inicialmente cultivado en China desde hace nueve mil años. El desarrollo del cultivo tuvo lugar en los valles fértiles del río Huang Ho y del Yang-Tse Kiang; asimismo, se cultivaba en la región de Hunan desde los años 8200 – 7800 a.C., gracias a los resultados del análisis con carbono 14 que realizaron en un grano de arroz en cuencos descubiertos en las excavaciones situadas en Pengtou Xiang. Incluso, antes de que se hubieran encontrado evidencias de arroz antes de 6000 a.C. en la provincia de Zhejiang, cerca de Hangzho (Novarroz, 2014).

Según la revista virtual Ecured (2014), la grafía escrita china para el arroz (*kome*) está compuesto por dos números 8 (*hachi*) y el número 10 (*jyu*); o sea, representa el número 88 (*hachi-jyu-hachi*). Un pensamiento popular oriental expresa que el campesino realiza 88 tareas durante el cultivo arroz, desde su siembra hasta la cosecha, y que esto también es una enseñanza en el sentido filosófico budista de gratitud (*mottinai*), tanto para el campesino (por el esfuerzo realizado en su cultivo) como para el propio arroz, gracias al beneficio que reporta como alimento.

Vestigios arqueológicos muestran que el arroz fue introducido en Japón y la península coreana entre los años 3500 y 1200 a.C. para luego expandirse a Tailandia, Camboya, Vietnam y al sur de la India (Ecured, 2014). Desde esos lugares se trasladó por medio de sus especies derivadas hacia otros países asiáticos como Myanmar, Pakistán, Sri Lanka, Indonesia y Filipinas.

En el continente africano, el arroz fue cultivado desde hace 3 500 años. Entre los años 1500 y 800 a.C. la especie *Oryza glaberrima* se generó desde su centro original, el delta del río Níger, y se amplió hacia Senegal. Sin embargo, nunca se propagó más allá de su región original. Su cultivo declinó a favor de las especias asiáticas, posiblemente traídas al continente africano por los árabes musulmanes que arribaron a sus costas entre los siglos VII y XI. En regiones del África Islámica, el arroz fue cultivado sobre todo en el sur de Marruecos. Hacia el siglo X el arroz también fue llevado al África Oriental por los mercaderes musulmanes. A pesar de que la difusión del arroz en una buena parte del África Subsahariana permanece incierta, los musulmanes llevaron a la región comprendida entre el Lago Chad y el Nilo Blanco (Ecured, 2014).

Sucesivamente, a través del desarrollo de las diferentes rutas comerciales provenientes de oriente a otras partes del mundo, se irradió la expansión del cultivo, llegando a la situación de que el mismo grano se utilizó como moneda de cambio. Aproximadamente en el año 800 a.C. el arroz asiático se instaló en el Oriente y Europa meridional. De ese modo el arroz llegó al Mediterráneo 350 años a.C. Ya en el siglo IV a.C., su cultura estaba muy extendida en Mesopotamia, a través de las bolsas de comercio que el rey persa Darío estableció con China y la India. Los griegos y los romanos también lo conocían, pero más como una planta medicinal que como alimento (Novarroz, 2014).

La Organización Impulso de Cambio (2013) refiere que fue a partir de las cuencas del Éufrates y del Tigris desde donde los semitas lo introdujeron en torno al siglo VIII de nuestra era, en el litoral hispano, principalmente en Valencia y Mallorca. Luego del surgimiento del Islam, el arroz fue cultivado en cualquier lugar que existiese suficiente agua para irrigarlo. De esta forma los oasis del desierto, los valles fluviales y las tierras pantanosas fueron importantes fuentes de arroz durante la Revolución Agrícola Musulmana.

Años después, en el siglo XV, se propagó a Italia, Francia y demás países europeos para luego ser llevado a las colonias en occidente. Ya en el año 1694 el arroz llega a Carolina del Norte, según la creencia general, proveniente de un barco desde Madagascar. Luego de ello, los conquistadores españoles lo llevan a Sudamérica a comienzos del siglo XVIII (Novarroz, 2014). De este modo, el cultivo del arroz se inició en Asia y se ha extendido a casi todo el mundo. Hoy se cultiva en Europa: España, Italia, Francia, Portugal, Bulgaria, Grecia, Turquía y Rusia; en África: Egipto, Madagascar, Sudán francés, Marruecos; en América: principalmente en Estados Unidos, México, Brasil, Perú, Argentina, Bolivia, Cuba, República Dominicana, Guayana inglesa y Guatemala.

En relación al nombre del grano, existen dos teorías importantes. La primera que refiere que el origen del nombre, tal y como lo conocemos en la actualidad, proviene de la palabra de origen árabe “*ar-rozz*”. Empero, a decir de *Microsoft Encarta Dictionary* (2004) y el *Chambers Dictionary of Etymology* (1988), la palabra arroz tiene un origen indo-iraní y llega a la época moderna mediante el nombre griego *óryza*, vía el latín *oriza*, de éste al italiano *riso* y, finalmente, al término del francés antiguo *ris* antecedente del *riz* del francés moderno.

1.1.2. Morfología y taxonomía

La Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria –DICTA- (2003) indica que el arroz es una planta clase monocotiledónea del orden glumífera que pertenece a la familia de las Gramíneas, a la sub-familia de las Panicoideas y a la tribu Oryzae, género *Oryza*. La planta de arroz consta 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. Para efectos de esta descripción, los órganos de la planta de arroz se han clasificado en dos grupos: órganos vegetativos (raíces, tallos y hojas) y órganos reproductores (flores y semillas).

La mencionada entidad refiere que en la planta de arroz, las raíces son delgadas, fibrosas y fasciculadas. El tallo es erguido, cilíndrico, con nudos, de 60 cm a 120 cm de altura. Las hojas, que son alternas, envainan el tallo, con limbo lineal, agudo, largo y plano. En el punto de la unión de la vaina con el limbo, se encuentra una lígula membranosa, bifida y erguida.

Las flores son de color verde-blanquecino, dispuestas en espiguillas, cuyo conjunto constituye una panícula grande, terminal y colgante a medida que se llena el grano. Cada espiguilla es uniflora, conformada por 6 estambres y un pistilo y está provista de una lema y una palea. El fruto es una cariósipide (Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria - DICTA, 2003).

a) Órganos vegetativos

El arroz contiene órganos vegetativos, como se ilustra en la **figura 1**.

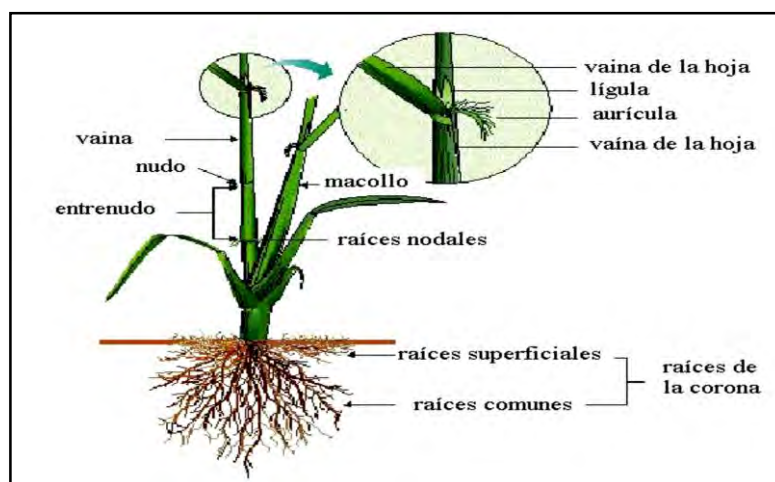


Figura 1. Partes vegetativas del arroz

Fuente: *Food and Agriculture Organization - FAO* (2006)

a.1) Raíz

En 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 (**figura 2**), siendo luego reemplazadas por las raíces adventicias o secundarias, las cuales brotan de los nudos subterráneos de los tallos jóvenes (Infoagro, 2014).

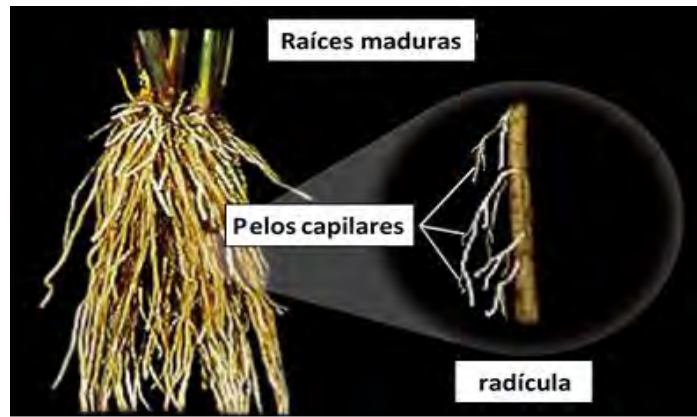


Figura 2. Tipos de raíces

Fuente: Florida Institution of Human & Machine Cognition - *IHMC Public Cmaps* (s/f.)

Siguiendo las exposiciones de Infoagro (2014), en los primeros estados de crecimiento las raíces son blancas, poco ramificadas y relativamente gruesas; a medida que la planta crece, se alargan, se adelgazan y se vuelven flácidas, ramificándose abundantemente. Las raíces son protegidas en la punta por una masa de células de forma semejante a la de un dedal, que facilita su penetración en el suelo. Las raíces adventicias maduras son fibrosas, con raíces secundarias y pelos radicales, y con frecuencia forman verticilios a partir de los nudos, que están sobre la superficie del suelo (**figura 3**).

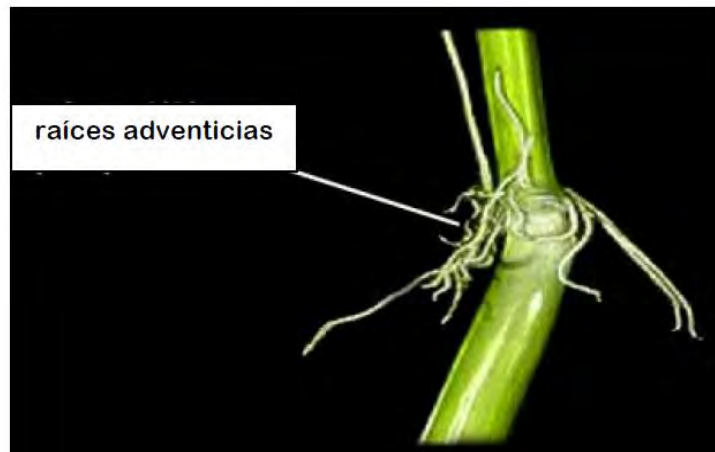


Figura 3. Raíces adventicias

Fuente: *IHMC Public Cmaps* (s.f.)

El desarrollo del sistema radical, aunque es un carácter varietal definido, está determinado por el sistema de cultivo y por la naturaleza de los suelos. En variedades de arroz flotante, se forman raíces adventicias en los nudos más altos de la parte del tallo sumergida en el agua. En suelos inundados, la superficie exterior de las raíces activas se oxida; debido a la precipitación de compuestos férricos, las raíces oxidadas pueden ser reconocidas visualmente por su coloración rojiza, en suelos aireados, las raíces mantienen su color blanco (Infoagro, 2014).

a.2) Tallo

Esta parte de la planta de arroz está formada por la alternación de nudos y entrenudos (**figura 4**). 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. El septo es la parte interna del nudo que separa los dos entrenudos adyacentes. El entrenudo maduro es hueco, finamente estriado. Su superficie exterior carece de vello, y su brillo y color dependen de la variedad. La longitud del entrenudo varía siendo mayor la de los entrenudos de la parte más alta del tallo. Los entrenudos, en la base del tallo, son cortos y se van endureciendo, hasta formar una sección sólida. 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 (Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT, 2005).

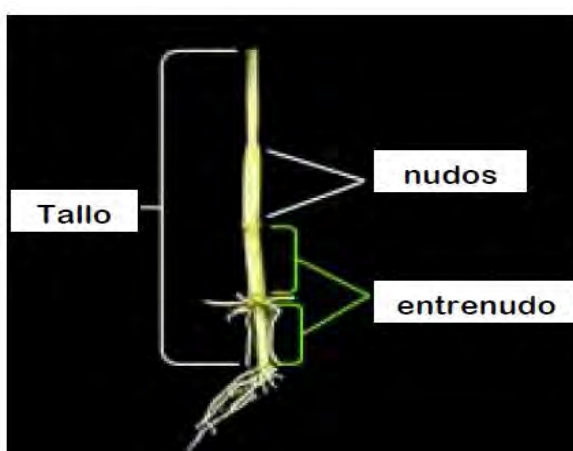


Figura 4. Tallo, nudos y entrenudos

Fuente: *IHMC Public Cmaps* (s/f.)

Entonces, 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 estas últimas producen macollas terciarias. El conjunto de macollas y el tallo principal forman la planta. El número total de macollas es una característica varietal, que puede variar según el sistema de cultivo y el medio ambiente (CIAT, 2005).

a.3) Hoja

El CIAT (2005) señala que 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 está 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 (**figura 5**).

En una hoja completa se distinguen las siguientes partes: la vaina, el cuello y la lámina. La vaina, cuya base se encuentra en un nudo, envuelve el entrenudo inmediatamente superior y en algunos casos hasta el nudo siguiente. La vaina, dividida desde su base, está finamente surcada y es generalmente glabra. Puede tener pigmentos antocianos en la base o en toda su superficie (CIAT, 2005).



Figura 5. Hoja bandera

Fuente: *IHMC Public Cmaps* (s.f.)

El pulvínulo de la vaina es una protuberancia situada encima del punto de unión de la vaina con el tallo, en algunos casos es confundido con el nudo (CIAT, 2005).

La entidad de investigación citada indica además que en el cuello se encuentran la lígula y las aurículas (**figura 6**). La lígula es una estructura triangular aperi-gaminada o membranosa que aparece en la base del cuello como una prolongación de la vaina.

Las aurículas son dos apéndices que se encuentran en el cuello, tienen forma de hoz, con pequeños dientes en la parte convexa. Las hojas de la planta de arroz tienen lígula y aurículas, mientras que malezas comunes en los arrozales, como *Echinochloa spp.* carecen de ellas, facilitando su identificación en el estado de plántula (CIAT, 2005).

La lámina es de tipo lineal, larga y más o menos angosta, según las variedades. La haz o cara superior tiene venas paralelas; la nervadura central es prominente y sobre ella, en algunos casos, se enrolla la lámina.

La presencia de vello en las hojas y de pigmentación antociánica en los márgenes, o en toda la lámina son caracteres varietales, con expresión variable según las condiciones ambientales.

La lámina de la hoja bandera tiene un ángulo de inserción determinado, es más corta y ancha que las demás (CIAT, 2005).

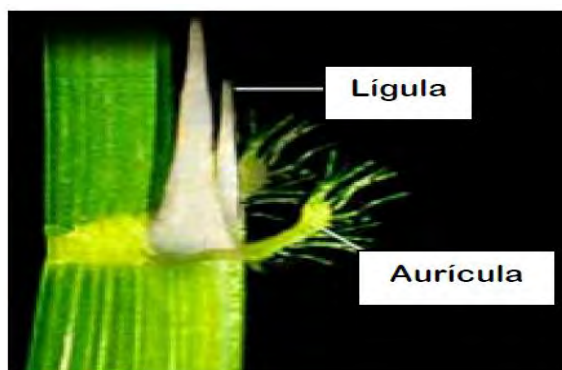


Figura 6. Cuello con lígula y aurícula
Fuente: IHMC Public Cmaps (s/f.)

En la **figura 7** se detallan todos los elementos de la plántula de arroz.

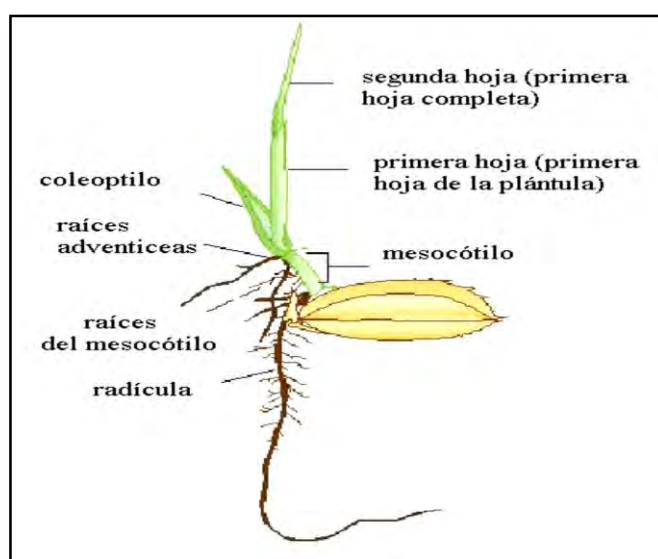


Figura 7. Plántula de arroz
Fuente: Olmos, S. (2007)

b) Órganos reproductores

b.1) Las flores

De acuerdo al Centro Internacional de Agricultura Tropical –CIAT- (2005), 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.

El nudo ciliar o base de la panícula generalmente carece de hojas y yemas, pero allí pueden originarse la primera o las cuatro primeras ramificaciones de la panícula, y se toma como punto de referencia para medir la longitud del tallo y la de la panícula (CIAT, 2005).

El entrenudo superior del tallo en cuyo extremo se encuentra la panícula se denomina pedúnculo. Su longitud varía considerablemente según la variedad de arroz; en algunas variedades puede extenderse más allá de la hoja bandera o quedar encerrado en la vaina

de ésta. El raquis o eje principal de la panícula es hueco, de sus nudos nacen las ramificaciones. Las protuberancias en la base del raquis se denominan pulvínulos paniculares. En cada nudo del eje principal nacen, individualmente o por parejas, ramificaciones, las cuales a su vez dan origen a ramificaciones secundarias de donde brotan las espiguillas (CIAT, 2005).

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 (CIAT, 2005).

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. Una espiguilla consta de dos lemmas estériles, la raquilla y la florecilla (**figura 8**). Las lemmas estériles envuelven la flor por debajo de la raquilla. La raquilla es el eje que sostiene la flor (CIAT, 2005).

Las brácteas llamadas glumas florales o fértiles o simplemente glumas son: la lemma, que tiene forma de bote con cinco nervios, y la palea, con tres nervios, que ocupa la posición opuesta. Estas brácteas superiores posteriormente formaran la cáscara de la semilla (CIAT, 2005).

El nervio central de la lemma, quilla de la lemma, puede ser liso o pubescente. La arista, una prolongación de la quilla, es una formación filiforme ubicada en el ápice de la lemma; su presencia está condicionada por factores hereditarios y la influencia del ambiente (CIAT, 2005).

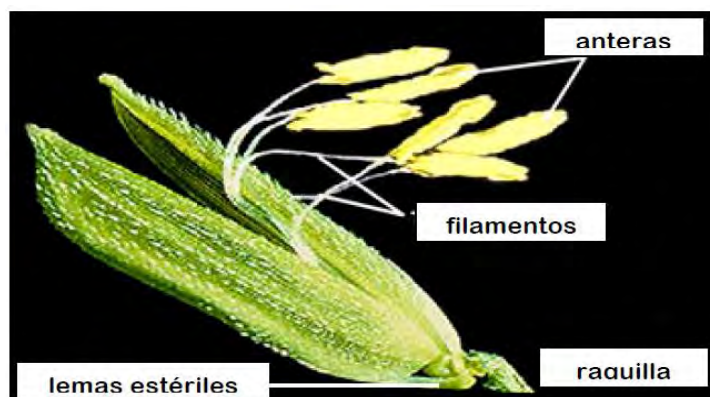


Figura 8. Estructura de una espiguilla

Fuente: CIAT (2005)

La flor consta de seis estambres y un pistilo (**figura 9**). Los estambres son filamentos delgados que sostienen las anteras alargadas y bífidas, las cuales contienen los granos de polen (CIAT, 2005).

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (2005) continúa indicando que en el pistilo se distinguen el ovario, el estilo y el estigma. El ovario es de cavidad simple y contiene un sólo óvulo. El estilo es corto y termina en un doble estigma plumoso (**figura 9**).

Las lodículas son dos protuberancias redondeadas y transparentes que se encuentran en la base de la flor, al lado de la palea. Durante la antesis las lodículas se ponen turgentes, logrando que la lemma y la palea se separen, además simultáneamente se alargan los estambres y las anteras emergen (CIAT, 2005).



Figura 9. Órganos de una espiguilla

Fuente: CIAT (2005)

La dehiscencia de las anteras puede efectuarse antes o al mismo tiempo en que se abren las glumas, mostrando tendencia a la cleistogamia. Después de que las anteras hayan derramado el polen las glumas se cierran (CIAT, 2005).

b.2) La semilla

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).

Según la misma fuente, debajo de la lemma y la palea hay tres capas de células que constituyen el pericarpio; debajo de éstas se encuentran dos capas, el tegumento y la aleurona (**figura 10**).

El embrión consta de la plúmula u hojas embrionarias y la radícula o raíz embrionaria primaria. La plúmula está cubierta por el coleóptilo, y la radícula está envuelta por la coleorriza.

El grano de arroz descascarado es un cariopside; se conoce con el nombre de arroz integral, y aún conserva el pericarpio de color marrón rojizo o púrpura (CIAT, 2005) – ver **figura 10**-.

Los denominados arroces rojos tienen el pericarpio de este color y algunos también el tegumento. En las variedades con endospermo glutinoso o ceroso la fracción almidonosa está compuesta íntegramente por amilopectina y, pigmentos, que toman coloración marrón rojiza en presencia de lugol (yodo y yoduro de potasio).

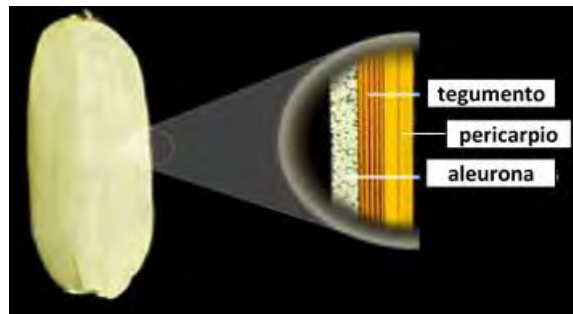


Figura 10. Estructura de un grano de arroz
Fuente: CIAT (2005)

En los tipos comunes de endospermo no ceroso o no glutinoso la fracción almidonosa contiene amilosa más amilopectina, y se torna azul oscuro con lugol. Los granos de arroz de acuerdo al CIAT (2005) pueden clasificarse según su longitud en:

- Extralargo (EL) 7.6 mm o más
- Largo (L) 7.5 mm a 6.6 mm
- Medio (M) 6.5 mm a 5.6 mm
- Corto (C) 5.5 mm o menos

En la **figura 11** se detallan las partes del cariósipide del arroz.

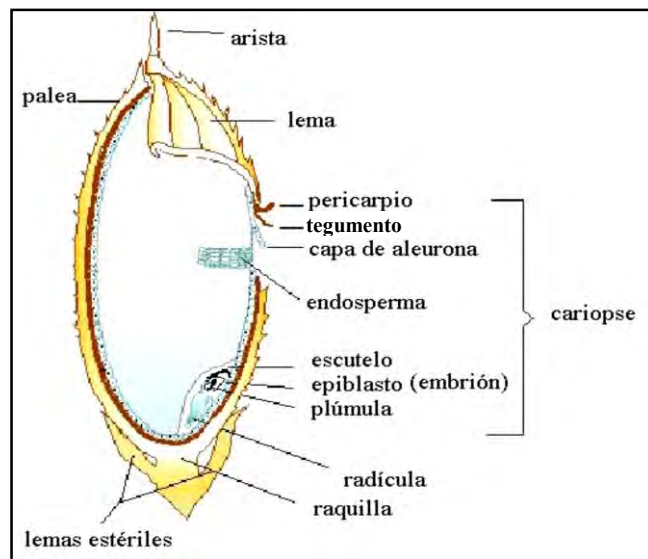


Figura 11. Partes del cariósipide del arroz (grano o semilla)
Fuente: Chaudhary, R., Nanda, J. y Tran, D. (2003)

1.1.3. Características nutricionales

Según Infoagro (2013) el arroz puede ser un alimento de sustento a pesar de su bajo contenido en riboflavina y tiamina. El arroz proporciona mayor contenido calórico y más proteínas por hectárea que el trigo y el maíz. Es por esta razón por la que algunos investigadores han encontrado correlaciones entre el crecimiento de la población y la expansión de su cultivo.

Los porcentajes de nutrientes en el arroz pueden variar según el tipo y la cantidad del alimento, asimismo de otros factores que puedan intervenir en la modificación de sus

nutrientes (Infoagro, 2014). Este alimento pertenece al grupo de los granos y harinas. Básicamente podemos diferenciar dos tipos de arroz en el mercado, el blanco y el integral, cuyas diferencias se presentan en la **tabla 1**.

Tabla 1. Composición nutricional en arroz blanco e integral

Composición del arroz por 100 g de sustancia		
	Blanco	Integral
Agua (%)	15.5	12.0
Proteínas (g)	6.2	7.5
Grasas (g)	0.8	1.9
Carbohidratos (g)	76.9	77.4
Fibra (g)	0.3	0.9
Cenizas (g)	0.6	1.2
Calcio (mg)	6.0	32.0
Fósforo (mg)	150.0	221.0
Hierro (mg)	0.4	1.6
Sodio (mg)	2.0	9.0
Potasio (mg)	--	214.0
Vitamina B1 (tiamina) (mg)	0.09	0.34
Vitamina B2 (riboflavina) (mg)	0.03	0.05
Niacina (ácido nicotínico) (mg)	1.4	4.7

Fuente: InfoAgro (2014). Elaboración propia.

a) Valor energético del arroz

La Organización Española Alimentos (2014) refiere que la cantidad de calorías del arroz, es de 364 kcal por cada 100 gramos. El aporte energético de 100 gramos de arroz es aproximadamente un 13 % de la cantidad diaria recomendada de calorías que necesita un adulto de mediana edad y de estatura media que realice una actividad física moderada.

b) Vitaminas del arroz

De acuerdo a Alimentos (2014), el porcentaje de la cantidad diaria recomendada de vitaminas que aportan 100 gramos de arroz a nuestra dieta es:

- Vitamina B1: 5 %
- Vitamina B2: 3 %
- Vitamina B3: 30 %
- Vitamina B6: 14 %
- Vitamina B9: 10 %
- Vitamina E: 1 %
- Vitamina K: 1 %

c) Minerales del arroz

En la **tabla 2** se muestra la cantidad de minerales del arroz, uno de los alimentos pertenecientes a la categoría de los granos y harinas (Alimentos, 2014):

Tabla 2. Minerales presentes en el arroz (por cada 100 g)

Mineral	Cantidad (mg)	Mineral	Cantidad (µg)
Calcio	14.0	Aluminio	0
Cloro	10.0	Azufre	0
Fósforo	150.0	Bromo	0
Hierro	0.8	Cobalto	0.6
Magnesio	31.0	Cobre	200
Manganeso	1.2	Cromo	2
Potasio	109.0	Flúor	50
Sodio	3.9	Níquel	10
Yodo	14.0	Selenio	7
Zinc	1.5	-	-

Fuente: Alimentos (2014)

Tabla 3. Aminoácidos presentes en el arroz (por cada 100 g)

Nutriente	Cantidad (mg)	Nutriente	Cantidad (mg)
Ácido aspártico	657	Leucina	556
Ácido glutámico	1330	Lisina	244
Alanina	421	Metionina	143
Arginina	480	Prolina	354
Cistina	93	Serina	345
Fenilalanina	328	Tirosina	219
Glicina	345	Treonina	236
Hidroxiprolina	0	Triptofano	76
Histidina	143	Valina	412
Isoleucina	286	-	-

Fuente: Alimentos (2014)

d) Proteínas del arroz

La cantidad de proteínas del arroz, es de 6.67 g por cada 100 gramos. Las proteínas que tiene el arroz, se usan en nuestro organismo para crear nuevas proteínas, responsables de construir tejidos, como los de nuestra masa muscular, y regular los fluidos del organismo entre otras funciones.

e) Aminoácidos del arroz

En la **tabla 3**, se muestra la cantidad de aminoácidos del arroz, uno de los alimentos pertenecientes a la categoría de los granos y harinas.

1.2. Variedades de arroz

Existen cerca de 80 000 variedades de arroz, al menos esas son las que se han estudiado y se guardan en el Instituto Internacional de Investigaciones del Arroz (IRRI), situado en Filipinas (Fernández, 2012).

La revista especializada Nutrición y Alimentación (2012) señala que la especie proveniente de Asia se llama *Oryza sativa*, en tanto que la especie africana recibe el nombre de *Oryza glaberrima*. La especie asiática, *Oryza sativa*, degeneró en dos subespecies, la que se cultivaba en la China recibe el nombre de *Oryza sativa* japónica (pegajosa y de grano corto, denominada también variedad sínica) y, la subespecie cultivada en la India recibe el nombre de *Oryza sativa* índica (de granos largos y no pegajosa). Una tercera subespecie, de granos anchos y que crece bajo condiciones tropicales, fue identificada sobre la base de su morfología clasificada como *O. javánica* pero se conoce actualmente como tropical japónica.

Actualmente se cultiva sobre todo la especie *Oryza sativa* índica por sus cualidades culinarias y por su sabor. Aunque también se cultiva mucho la otra especie asiática, la *Oryza sativa* japónica (Nutrición y Alimentación, 2012).

La revista virtual cubana Ecured (2014) señala que Glaszman y colaboradores (1987), utilizando isoenzimas dividen a la especie *Oryza sativa* en seis grupos: japónica, aromática, índica, aus, rayada y ashina. Asimismo, Gerris y equipo de trabajo (2004), utilizaron SSRs¹ para separar a *O. sativa* en cinco grupos: japónica templada, japónica tropical y la aromática que incluye la variedad japónica. Mientras que índica y aus incluyen la variedad índica. Los arroces aromáticos tienen aromas y sabores definidos, los cultivares más notables corresponden al arroz de fragancia tailandés, el arroz Patna, y un cultivar híbrido de EE.UU., comercializado bajo el nombre de Texmati con un aroma y sabor parecido a las rositas de maíz. En Indonesia existen también cultivares rojos y negros.

1.2.1. Categorías por forma

Ecured (2014) presenta la siguiente categorización del arroz por su forma:

- a) Arroz de grano largo.- Que puede tener entre cuatro y cinco veces la longitud de su grosor. Posee una cantidad alta de amilosa y es por esta razón por la que requiere una proporción relativamente alta de agua para su cocinado. Es muy empleado en la cocina china e india y es el más vendido en Estados Unidos.
- b) Arroz de grano medio.- Que posee una longitud entre dos y tres veces su grosor. Contiene menos amilosa que los arroces de grano largo. Es el más empleado en la cocina española (es el «arroz bomba» empleado en la paella). Además es utilizado en la cocina de Puerto Rico y República Dominicana donde es un alimento de consumo diario. También de la cocina valenciana así como en la cocina italiana (risotto).
- c) Arroz de grano corto.- De apariencia casi esférica que se suele encontrar en Japón, en el Norte de China y en Corea. Es ideal para la elaboración del sushi debido a que los granos permanecen unidos incluso a temperatura ambiente.
- d) Arroz salvaje proveniente del género *Zizania*.- Que se emplean en alimentación y proceden tanto de recolección silvestre como de cultivo. Poseen un grano largo que puede llegar a casi 2 cm de longitud.

¹ Simple Sequence Repeat (SSR) son secuencias de ADN, utilizadas para estudios genéticos.

1.2.2. Categorías por color/aroma/textura

Ecured (2014) también considera la siguiente categorización del arroz por su color, aroma y/o textura:

- a) Arroz glutinoso.- Se denomina también como arroz dulce, arroz pegajoso. Es, como su nombre indica, pegajoso después de cocerse y los granos permanecen unidos. Necesita poca cantidad de agua y tiende a desintegrarse si se cocina demasiado. Se emplea en la elaboración de platos dulces basados en arroz en Asia. La característica de 'pegajoso' que posee un grano de arroz se mide por su contenido de amilosa.
- b) Arroz aromático.- Es un grupo de arroces de grano largo/medio que se caracteriza por poseer aroma debido a la concentración de compuestos volátiles. Se trata de la mayoría de los arroces de la India y Pakistán denominados basmati (idioma urdú para denominar: fragante), los arroces jazmín.

El arroz basmati es uno de los arroces más sabrosos que nos podemos encontrar. Se cultiva en la India y en Pakistán. El arroz basmati tiene un grano largo y muy buen aroma. Solamente tiene dos desventajas: una, que es difícil de encontrar y otra, que el arroz basmati no absorbe bien los sabores del resto de alimentos y, por lo tanto, no es un buen arroz para hacer paellas, etc.

- c) Arroz pigmentado.- Son arroces donde el salvado posee pigmentos en forma de antocianinas que le confieren colores tales como púrpura o rojo. En este tipo de arroces, cuando el salvado se elimina del grano, el color desaparece.

1.2.3. Categorías por nivel de procesamiento

Por su parte, la revista Nutrición y Alimentación (2014) presenta la siguiente categorización de acuerdo al tratamiento del arroz en su procesamiento:

- a) Arroz blanco.- Se llama arroz blanco al que se le ha quitado la cáscara, el salvado y el germen. Lamentablemente este tipo de arroz ha perdido casi todas sus vitaminas, minerales, fibra y grasas. Aunque sigue conteniendo su almidón y sus proteínas.
- b) Arroz integral.- Al arroz integral se le ha quitado la cáscara, ha perdido parte de su salvado y del germen. Pero conserva una importante cantidad de vitaminas, minerales, fibra y grasas. No resulta muy difícil de conseguir, principalmente en comercios de cereales y legumbres y, también en herboristerías. Para poder utilizar bien este tipo de arroz, es mejor dejarlo en remojo con agua durante unas horas, después la cocción suele durar unos 45 minutos.
- c) Arroz vaporizado (*parboiled rice*).- El proceso de vaporización permite que gran parte de los minerales y vitaminas que se encuentran en las capas externas del grano sean absorbidas por el interior del grano, de esta manera se enriquece el producto con nutrientes naturales. Este arroz es de mejor calidad nutritiva que el arroz blanco, pero de peor calidad nutritiva que el arroz integral. El arroz integral contiene más vitaminas y minerales.

El arroz vaporizado también es más digerible que el arroz blanco. Es un arroz de grano largo y no es muy sencillo de encontrar, hay que rebuscarlo principalmente en tiendas especializadas de legumbres y cereales.

- d) Arroz transgénico.- Dice Ecured (2014) que la biotecnológica Ventria Bioscience logró desarrollar arroces genéticamente modificados que expresan lactoferrina, lisozima y albúmina del suero humano, las cuales son proteínas halladas usualmente en la leche materna. Estas proteínas tienen efectos bactericidas y antifúngicos.

Los arroces que contienen estas proteínas adicionadas pueden ser utilizados con un componente de soluciones de rehidratación oral para el tratamiento de las enfermedades diarreicas, acortando su duración y reduciendo la recurrencia de estas. Tales suplementos pueden también ayudar a revertir la anemia.

Ecured (2014) señala que en tanto que la mayoría de las variedades de arroz se seleccionan por la calidad y productividad de sus cosechas, existen otras que son seleccionadas por otros motivos, como es el caso de cultivares adaptados a las inundaciones profundas, los llamados “arroces flotantes” (la mayor colección de cultivares de arroz está en el *International Rice Research Institute* –IRRI- con más de 100 000 accesos mantenidos en el *International Rice Genebank*).

De otro lado, un borrador de los genomas de los dos cultivares de arroz más comunes, indica y japónica, fue publicado en abril de 2002. El arroz fue seleccionado como un organismo modelo para el estudio de la biología de las hierbas debido a su genoma relativamente pequeño. El arroz fue el primer cultivo que tuvo su genoma secuenciado completamente (Ecured, 2014).

1.3. Requerimientos agro-ecológicos para el cultivo de arroz

El arroz se adapta a diversas condiciones de suelo; sin embargo, las condiciones ideales para obtener una buena cosecha son: pH 6.0 – 7.0, buen contenido de materia orgánica mayor a 5 %, buena capacidad de intercambio catiónico, buen contenido de arcilla, mayor a 40 %, topografía plana, capa arable profunda mayor a 25 cm y buen drenaje superficial (INIAP 2007).

Amador y Bernal (2012), citando a Arévalo y Gauggel (2011), señalan que los suelos arcillosos cumplen con estas características y están constituidos por arcillas expansivas o arcillas 1:1 en muchas zonas del sureste asiático, América del Sur y África, con alto índice de expansión lineal, alta retención de humedad y nutrientes. Tienen potencial alto de producción si se maneja bien el riego, drenaje y fertilización.

La labranza es difícil dado a su alta adhesividad, plasticidad y contenido de humedad. Con enmiendas, estos suelos son propicios para el cultivo de arroz bajo inundación y con riego y drenaje adecuado para la producción de maíz, sorgo y soja.

Por su parte, Reyes (2003) indica que para una mayor productividad, el arroz requiere de temperaturas relativamente altas y de suficiente radiación solar así como de un suministro

suficiente de agua, durante toda la temporada de desarrollo del cultivo que varía de 3 meses a 5 meses.

Tanto la temperatura, la radiación solar, como la precipitación pluvial afectan directamente los procesos fisiológicos de la planta de arroz, que de una u otra forma inciden en la producción de grano e indirectamente inciden en la presencia de plagas y enfermedades del cultivo. Aparte de lo indicado los suelos deben ser aptos para el cultivo, con características que permitan una adecuada retención de agua y disponibilidad de nutrientes (Reyes, 2003).

1.3.1. Factores climáticos

La revista especializada Infoagro (2014) expresa que el arroz, es un cultivo tropical y subtropical (aunque la mayor producción a nivel mundial se concentra en los climas húmedos tropicales) y se puede cultivar en las regiones húmedas de los subtrópicos y en climas templados apoyándose en los siguientes factores climáticos:

a) Latitud

La planta de arroz se cultiva en una amplia gama de condiciones entre los 45° de latitud Norte y los 40° de latitud Sur; sin embargo, son los límites extremos donde se puede cultivar con éxito, pues en la Unión Soviética se ha cultivado hasta los 47° de latitud Norte. Los rendimientos más elevados se han registrado entre los 30° y 45° al norte del Ecuador.

b) Altitud

La altura donde se puede cultivar arroz depende de la latitud. Se ha cultivado a 3000 msnm en el Himalaya, a 1888 msnm en Filipinas y a más de 1000 msnm en América del Sur.

c) Precipitación

En el mundo, la precipitación es la fuente principal de aprovisionamiento de agua. En la mayor parte de países tropicales el cultivo del arroz depende por completo de la precipitación pluvial estacional. Cuando ocurren deficiencias de agua durante el desarrollo del cultivo, los rendimientos disminuyen significativamente.

La planta de arroz se desarrolla adecuadamente a profundidades de agua hasta de 20 cm. No obstante, varios investigadores concluyen que se obtienen mayores rendimientos con un tirante de agua menor de 5 cm. Se considera que una precipitación de unos 1 200 milímetros bien distribuidos durante el ciclo de cultivo es suficiente para la obtención de buenos rendimientos.

d) Temperatura

El arroz está adaptado a regiones de temperaturas elevadas y de insolación prolongada. La temperatura promedio requerida mediante la vida de la planta tiene un rango de 20 °C a 37 °C.

La temperatura total requerida (suma de las temperaturas medias diarias durante el periodo de crecimiento), es de 1130 °C a 1500 °C.

Caicedo (2008) es clara al manifestar que la temperatura tiene un efecto importante sobre el crecimiento. Las temperaturas bajas en las primeras etapas del crecimiento retardan el desarrollo de las plantas, reduciendo la formación de hijuelos. El arroz necesita para germinar un mínimo de 10 °C a 13 °C, considerándose su óptimo entre 30 °C y 35 °C. Por encima de 40 °C no se produce la germinación.

La altura de la planta y el número de hojas se afectan de manera adversa, ocasionando un retraso en la floración. El crecimiento del tallo, hojas y raíces tiene un mínimo de 7 °C, considerándose su óptimo en 23 °C. Con temperaturas superiores a esta, 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 (Ministerio de Agricultura del Perú, 2009).

Las temperaturas bajas que se presentan después de la floración, ocasionan una reducción en el número de panículas fertilizadas y en su peso. 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 este el período más sensible a las condiciones ambientales adversas (Ministerio de Agricultura del Perú, 2009).

Para Infoagro (2014) 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.

Franquet y Borrás (2006) manifiestan que el mínimo de temperatura para florecer se considera de 15 °C. El óptimo de 30 °C. Por encima de 50 °C no se produce la floración. La respiración llega a su máxima intensidad cuando la espiga está tierna y con la cáscara recién formándose, luego la intensidad decrece posterior al 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.

e) Viento

Chen (2007) refiere que aunque es probable que el viento ligero sea favorable para el cultivo del arroz, los vientos fuertes, en especial si duran demasiado, tienen un efecto adverso sobre el rendimiento del grano. Sigue explicando Chen (2007) que el daño debido al viento, no solo se manifiesta en el doblez o inclinación del tallo, sino también en el desgrane de las espigas. Si se produce antes de la floración, se reduce el número de espiguillas, en la floración el viento aumenta el número de glumas vacías y provoca la formación de granos de color pardo. Los vientos fuertes resultan muy perjudiciales cuando se presentan 5 días ó 10 días después de la floración, debido a que aumenta el número de endospermas que abortan.

1.3.2. Factores edáficos necesarios para el cultivo del arroz

a) Suelo

De acuerdo a los Requerimientos Agroclimáticos del Cultivo del Arroz (Ministerio de Agricultura del Perú, 2000) el cultivo tiene lugar en una amplia gama de suelos, variando la textura desde arenosa a arcillosa, esta última retiene y conserva la humedad por más tiempo. Se suele cultivar en suelos de textura fina y media, propia 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.

Sin embargo se hace necesario contar con abundante agua de lluvia, o con la infraestructura necesaria para suplir riego al cultivo en períodos críticos de baja precipitación pluvial o sequía. Desde luego, que el manejo del cultivo y el manejo de agua (si se dispone de riego), será más fácil y menos costosa en aquellos suelos con menores pendientes.

b) pH

Infoagro (2014) señala que la mayor cantidad 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.

1.3.3. Nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas de arroz

La Agencia Agraria Pacasmayo –AAP- (2010) presenta un detallado conjunto de los nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas de arroz en el valle de Jequetepeque:

a) Nitrógeno

Gran parte del nitrógeno del suelo se encuentra en formas orgánicas, formando parte de la materia orgánica y de los restos de cosecha, pero la planta de arroz solo absorbe el nitrógeno de la solución en la forma de nitrato (NO_3^-). El paso de la forma orgánica del nitrógeno a las formas inorgánicas tiene lugar mediante el proceso de mineralización de la materia orgánica, siendo los productos finales de este proceso distintos según las condiciones del suelo.

En un suelo anaeróbico, la falta de oxígeno hace que la mineralización del nitrógeno se detenga en la forma amónica, que es la forma estable en los suelos con estas condiciones. Esta forma de nitrógeno se encuentra en dos maneras: disuelta en la solución del suelo y absorbida por el complejo arcillo-húmico, formando ambas la fracción de nitrógeno del suelo fácilmente disponible para el arroz (AAP, 2010).

El nitrógeno se considera el elemento nutritivo que repercute de forma más directa sobre la producción, pues aumenta el porcentaje de espiguillas rellenas, incrementa la

superficie foliar y contribuye además al aumento de calidad del grano. El arroz necesita el nitrógeno en dos momentos críticos del cultivo:

- En la fase de amacollo (35 días a 45 días después de la siembra).
- Desde el comienzo del alargamiento del entrenudo superior hasta que este entrenudo alcanza 1.5 cm a 2 cm.

El nitrógeno se debe aportar en dos fases: la primera como abonado de fondo, y, la segunda, al comienzo del ciclo reproductivo. La dosis de nitrógeno depende de la variedad, el tipo de suelo, las condiciones climáticas, manejo de los fertilizantes, etc. En general la dosis de 150 kg de nitrógeno por hectárea distribuida dos veces (75 % como abonado de fondo, 25 % a la iniciación de la panícula). En el abonado de fondo conviene utilizar fertilizantes amónicos y enterrarlos a unos 10 cm de profundidad, antes de la inundación, con una labor de arado. El segundo abonado se aplicará a la iniciación de la panícula, utilizando nitrato amónico. Los abonos nitrogenados utilizados, son generalmente, el sulfato amónico, la urea, o abonos complejos que contienen además del nitrógeno, otros elementos nutritivos (AAP, 2010).

b) Fósforo (P)

El fósforo igualmente influye de manera positiva sobre la productividad del arroz, aunque sus efectos son menos espectaculares que los del nitrógeno. El fósforo estimula el desarrollo radicular, favorece el amacollo, contribuye a la precocidad y uniformidad de la floración y maduración y mejora la calidad del grano (Infoagro, 2014).

El arroz necesita encontrar fósforo disponible en las primeras fases de su desarrollo, por ello es conveniente aportar el abonado fosforado como abonado de fondo. Las cantidades de fósforo a aplicar van desde 50 kg hasta 80 kg de P_2O_5 /ha. Las primeras cifras se recomiendan para terrenos arcillo limosos, mientras que la última cifra se aplica a terrenos sueltos y ligeros.

c) Potasio (K)

El potasio aumenta la resistencia al encamado, a las enfermedades y a las condiciones climáticas desfavorables. La absorción del potasio durante el ciclo de cultivo transcurre de manera similar a la del nitrógeno. La dosis de potasio a aplicar varían entre 80 kg a 150 kg de K_2O /ha. Las cifras altas se utilizan en suelos sueltos y cuando se utilicen dosis altas de nitrógeno.

1.3.4. Adaptación del arroz a los suelos inundados

La Agencia Agraria Pacasmayo (2010) también es orientadora en cuanto al arroz y los suelos inundados. Estos ofrecen un ambiente único para el crecimiento y nutrición del arroz, pues la zona que rodea al sistema radicular, se caracteriza por la falta de oxígeno. Por tanto para evitar la asfixia radicular, la planta de arroz posee unos tejidos especiales, unos espacios de aire bien desarrollados en la lámina de la hoja, en la vaina (hoja muy fina que envuelve los nudos), en el tallo y en las raíces, que forman un sistema muy eficiente para el paso de aire.

Paralelamente el aire se introduce en la planta a través de los estomas y de las hojas, desplazándose hacia la base de la planta. El oxígeno es suministrado a los tejidos junto con

el paso del aire, moviéndose hacia el interior de las raíces, donde es utilizado en la respiración. Concluyendo, el aire sale de las raíces y se difunde en el suelo que las rodea, creando una interfase de oxidación-reducción.

1.4. Métodos de siembra

Güingla (2006) expresa que en el cultivo del arroz se utilizan diversos métodos de siembra, cuya aplicación depende de las facilidades que tenga el productor y del área a sembrar. Se diferencian dos sistemas de siembra en el cultivo de arroz; siembra directa (con semilla seca en suelos secos o *fanguados*², o pre-germinada en suelos fanguados) y siembra indirecta o por trasplante. Es muy importante que el productor siempre se asegure de la germinación de la semilla, efectuando antes de la siembra una prueba de germinación de la semilla a utilizar, esto debe de observarse para evitar bajas densidades de siembra al sembrar semillas con bajo porcentaje de germinación.

La Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria de la Secretaría de Agricultura y Ganadería de Honduras –DICTA- (2006) presenta una sistematización oportuna de los principales métodos de siembra del arroz.

1.4.1. Métodos de siembra directa

a) Siembra en surcos con tracción animal

La siembra de arroz en surcos utilizando bueyes se practica en varias zonas del país, principalmente por pequeños productores. La siembra con este método tiene tan buenos resultados como la siembra mecanizada, ya que muchos productores han logrado disminuir la distancia entre los surcos de siembra. En tal sentido se recomienda surcar a una distancia de 30 cm y depositar la semilla a chorro corrido o en posturas, para luego tapar la semilla en los surcos. En este método se recomienda utilizar de 78 kg a 98 kg de semilla de buena calidad por cada hectárea.

b) Siembra al voleo con semilla seca

La siembra al voleo se puede hacer a mano, con voleadoras manuales o con voleadoras acopladas al tractor o con avión. Una vez distribuida la semilla en el suelo, se da un pase de rastra para tapar la semilla y reducir así el daño de aves y otros animales. La profundidad a la que se coloca la semilla dentro del suelo, no debe ser mayor de cinco centímetros.

Con este método, la siembra es más rápida, sin embargo, la germinación no es uniforme debido a que la semilla queda colocada a diferentes profundidades, además del daño a veces considerable por los pájaros en la semilla que no se logró tapar adecuadamente. Con este método se recomienda utilizar entre 130 kg a 143 kg de semilla de buena calidad por cada hectárea.

c) Siembra mecanizada en surcos

Para este método de siembra se utilizan sembradoras para arroz, que son implementos halados por un tractor, las cuales depositan la semilla a chorro corrido a distancias que

² Suelos con textura lodosa debido a la inundación del terreno.

pueden variar de 15 cm a 30 cm, según el implemento o sembradora utilizada. Para la siembra de arroz con sembradoras, se requiere de suelos bien preparados, para permitir una adecuada distribución de la semilla.

Las ventajas de este método de siembra, es la rapidez y la uniformidad tanto en la distribución como en la colocación de la semilla a una determinada profundidad, lo que resulta en una germinación uniforme. Otra ventaja, es que algunas sembradoras traen aditamentos para fertilizar simultáneamente a la siembra.

Un aspecto muy importante a considerar cuando se usa una sembradora con tractor, es que esta se debe calibrar antes de iniciar la siembra para lograr una eficiente distribución y dosificación de la semilla. Con este sistema se recomienda utilizar entre 98 kg a 117 kg de semilla de buena calidad por cada hectárea.

d) Siembra directa en suelos fangueados

Heros (2013) explica que en la siembra de arroz en suelos fangueados, se distinguen dos procedimientos: la siembra al voleo utilizando semilla seca y la siembra al voleo utilizando semilla pre germinada.

d.1) Siembra con semilla seca

Cuando las melgas se encuentran fangueadas y listas para la siembra, se pesa la semilla de acuerdo al área de la melga y a la densidad de siembra a utilizar, seguidamente la semilla seca se esparce al voleo. En la siembra al voleo, la distribución de la semilla debe de ser lo más uniforme posible, para lo cual se recomienda que la persona que riega o esparce la semilla pase de ida y vuelta por el mismo lugar. Una vez tirada la semilla se drenan las melgas, evitando dejar charcos.

d.2) Siembra al voleo con semilla pre-germinada

En este método la semilla pre-germinada, previamente pesada de acuerdo al área de las almacigueras, se riega al voleo dentro de las almacigueras. Después de esparcir la semilla se saca el agua de la melga, supervisando que no queden charcos donde la semilla puede recalentarse o se propicie el daño de aves que se alimentan de arroz, para lo cual el productor debe de tomar las previsiones del caso.

d.3) Pre-germinación de la semilla de arroz

Para la pre-germinación de la semilla de arroz se utiliza el siguiente método: La semilla se coloca en bultos de 23 kg en sacos de polietileno o de yute, los cuales se amarran y sumergen en agua limpia en una pila o barril por un período de 24 horas. Después los bultos conteniendo la semilla húmeda se colocan para su respectiva incubación en un piso de cemento o tablas en la sombra y se arropan con una lona o manteado por otras 24 a 36 horas (dependiendo de la temperatura ambiente), al cabo de lo cual la semilla está lista para esparcirla o regarla en el campo, ya sea al voleo o en surcos.

Se recomienda que la semilla solamente se incube un máximo de 36 horas, ya que por más tiempo se corre el riesgo que las raíces crezcan demasiado y se aglutine la semilla lo que hará difícil esparcir la semilla en forma uniforme, además de que se quiebran las raíces de las plantitas ya pre-germinadas. Para ello, se recomienda

que la semilla se coloque en agua a las 3 y 4 de la tarde, para sacarla al día siguiente a la misma hora y colocarla en el lugar apropiado para la respectiva incubación, así la semilla estará lista al tercer día en horas de la mañana al completar las 36 horas para iniciar la siembra.

1.4.2. Método de siembra indirecta

DICTA (2006) explica mejor los métodos de siembra indirecta del arroz:

a) La siembra por trasplante

Es un método de siembra indirecto, en el cual se trasplantan plántulas que han crecido inicialmente en semilleros o almácigos para luego trasplantarlas al campo definitivo. El suelo destinado a almácigo debe presentar una buena fertilidad sin problemas de sales o drenaje, un tamaño adecuado de las pozas de almácigo es de 6 m x 30 m, para facilitar las labores culturales.

- La relación promedio entre el área de almácigo y la de campo definitivo es de 1/20, es decir una hectárea de almácigo permite sembrar 20 ha de campo definitivo.
- La edad a la cual se realiza el trasplante varía según las condiciones y la variedad utilizada, en condiciones de alta temperatura y variedades precoces se trasplanta a los 30 a 45 días mientras que variedades tardías y en condiciones de baja temperatura se trasplanta a los 45 a 60 días.
- El distanciamiento entre plántulas en campo definitivo varía de 20 cm a 30 cm según el terreno (mayores densidades en terrenos más pobres por presentar menor amacollo), la variedad (existen diferencias en el amacollo por variedad) y la edad de la planta a trasplantarse (plántulas mayores macollan menos), el número de plantas por “golpe” varía de 4 a 8.

Las plántulas deben arrancarse cuidadosamente del almácigo o del semillero, tratando de no ocasionar daño ni al follaje ni a las raíces. La ventaja de este sistema de siembra es que se usa poca semilla por área de siembra, ya que generalmente se utilizan entre 20 kg y 33 kg de semilla por hectárea.

Este método es recomendable para pequeñas plantaciones y/o cuando se quiere erradicar malezas nocivas, como el arroz rojo o cuando se produce semilla certificada o se trate de reducir las mezclas de otras variedades en los terrenos dedicados al cultivo de arroz. Sin embargo, la principal desventaja es el uso de mucha mano de obra, por lo que los costos son relativamente altos en este método de siembra indirecto.

b) Las formas de realizar el trasplante de arroz

Reyes (2003) describe adecuadamente las formas para trasplantar el arroz:

- b.1) Trasplante manual al azar.** Es la forma más utilizada en la producción de arroz en el Perú, puesto que es el método más barato de trasplante y podría considerarse que se cubre mayor área de terreno con plántulas, lo que a criterio de los agricultores resulta en mayor rendimiento de kg/ha de arroz. Las plántulas se entierran en el lodo a 2 cm ó 3 cm de profundidad a una distancia que varía entre 15 cm y 25 cm, sin seguir ningún patrón en particular.

- b.2) Trasplante manual de surcos.** Para efectuar el trasplante por surcos, se utilizan cuerdas marcadas a distancias entre plantas que varían de 15 cm hasta 25 cm y que sirven de guía a los trasplantadores. En este sistema de trasplante se recomiendan distancias de 20 cm a 30 cm entre surcos.
- b.3) Trasplante mecánico.** Se hace con máquinas trasplantadoras que tienen entre 2 y 16 surcos, las más comunes son las de 4 surcos. El trasplante mecánico debe realizarse con suelo húmedo con una ligera lámina de agua para que los patines de la trasplantadora se deslicen sin atascarse en el lodo y que a la vez las plantas puedan mantenerse en pie, es decir, que no se acamen o vuelquen al ser colocadas por las trasplantadoras en el lodo. El trasplante mecánico podría considerarse costoso por la inversión en las trasplantadoras y por la preparación de los semilleros, los que generalmente se hacen en bandejas de plástico, pero es más rápido comparado con el trasplante manual y se pueden cubrir mayores áreas de siembra.

1.5. Enfermedades y plagas más comunes

1.5.1. Plagas

Buzzone y Heros (2011) han llevado a cabo estudios y divulgación en el manejo integrado en producción y sanidad del arroz. Ambos autores consideran las siguientes plagas más comunes en el arroz:

a) La mosquilla del arroz (*Hydrellia spp*)

Que causa daño cuando la larva se alimenta entre las dos capas epidermales de la hoja. Las minas o galerías en la hoja son el síntoma típico del ataque de la plaga, inicialmente son blancas y se tornan amarillas a medida que transcurre el tiempo. Por lo general el síntoma se presenta en las láminas de las hojas, pero en ataques severos se ha observado atacando la vaina.

Las causas que permiten el ataque de esta plaga son: bajas densidades de siembra, no uniformidad de la lámina de agua, vigor de la planta, los altos contenidos de nitrógeno (suculencia), humedad a la hoja, aplicaciones de Propanil, y sistema preparación de suelos por fanguero. Una vez atacadas las plantas disminuyen su capacidad fotosintética, reducen su amacollo y son más susceptibles al ataque de otras plagas y patógenos. Los ataques severos de *Hydrellia* pueden disminuir la población de un campo hasta en un 60 %; además ocasionan disparidad en la floración lo que dificulta la cosecha oportuna.

b) La novia del arroz (*Rupella albinella*)

Pertenece al orden Lepidóptera y a la familia *Pyralidae*. El adulto es una mariposa blanca brillante, la hembra tiene una longitud de 4 cm y presenta una mancha color naranja en el último segmento abdominal, la longitud promedio del macho es de 3.2 cm, la larva mide entre 3 cm a 3.5 cm de longitud cuando alcanza su máximo desarrollo, es lisa y de color blanco amarillenta. En tanto que la pupa se encuentra dentro del tallo perforado y es de color blanquecino. Los huevos son de color verde amarillento recién puestos, tornándose casi negros antes de la eclosión, debido a que ya se ha formado la larva, son lisos y de forma ovalada y están protegidos por una especie de fibra algodonosa.

Las hembras ejecutan su oviposición en masas, que pueden alcanzar entre 80 huevos a 100 huevos sobre la hoja; después de 3 días a 8 días, de la oviposición salen las larvas, las cuales pasan al estado de pupa a los 20 días a 30 días, permaneciendo en éste estado 10 días aproximadamente. La duración del ciclo desde huevo hasta adulto es de 33 días a 48 días.

La etapa dañina de esta plaga es la larva, la que taladra el tallo ocasionando debilidad, amarillamiento y marchitez de la planta.

c) **Gusanos rojos y blancos del arroz**

Franquet y Borrás (2006) se refieren a esta plaga como de las especies *Ortocladius sp.* (larvas rojas) y *Cricotopus sp.* (larvas blancas parduzcas). Atraviesan el invierno en estado larvario, pero al inicio de la primavera aparecen los adultos de la primera generación. La hembra ejecuta la puesta sobre aguas mansas y claras. La puesta es mucilaginosa, y cuando el arroz está emergido, las puestas se quedan adheridas a los tallos. Las larvas pasan por cuatro estadios hasta alcanzar los 12 mm a 16 mm de longitud, estando caracterizadas por sus diferentes tonalidades.

Según los autores, las larvas de 3ª y 4ª edad ocasionan fuertes daños en las siembras, alimentándose de las raicillas de las plántulas, además pueden dar lugar a un encamado precoz, que se produce cuando los tratamientos no alcanzan una eficacia suficiente o ha empezado el ataque de la primera generación. Las larvas de color blanco devoran el interior del grano de siembra (Franquet y Borrás, 2006).

d) **Pudenta o chinche del arrozal**

Franquet y Borrás (2006) identificaron esta plaga con los insectos denominados *Eusarcoris inconspicuus* y *Eusarcoris perlatus*, que causan graves daños en el arrozal y en algunos casos hasta en el arroz elaborado. Los adultos miden entre 5 mm a 6 mm de longitud, siendo su coloración, recién realizada la muda, rosa pálido, al cabo de unas horas y dependiendo de la exposición de la luz, adquieren el color pardo. La hembra desarrolla la puesta en varias veces sobre las partes aéreas, hojas y espigas de la planta de arroz, o de algunas hierbas adventicias presentes en los arrozales.

Esta plaga pasa por cinco estados larvarios, todos ellos desprovistos de alas que funcionen. Las larvas de primera edad se alimentan de las espigas de arroz, causando graves daños debido a la necesidad de alimentos para completar su desarrollo. Se trata de un insecto migratorio, cuya emigración inicia a finales de septiembre hasta mediados de noviembre que va llegando al estado de adulto (Franquet y Borrás, 2006).

En época primaveral se produce el avivamiento escalonado de los insectos invernantes, dirigiéndose a las zonas de cultivo del arrozal; desarrollando su máxima actividad en las mañanas y en las tardes, ya que son horas de mayor luminosidad y temperatura. Se esconden en las partes bajas de la planta, cerca de la superficie del agua, donde las temperaturas son más suaves. Los daños son causados por las larvas de 4ª y 5ª edad y por los adultos que extraen mediante su estilete los jugos de las partes verdes de la planta, siendo su principal fuente de alimentación los granos de arroz (Franquet y Borrás, 2006).

Según el estado del grano al momento de la succión, aparecerán daños diferentes. Si el grano está en estado lechoso, en la recolección aparecerá deforme, de menor peso que el resto. Si el ataque se produce en estados avanzados, las deformaciones serán ligeras y casi imperceptibles. En el grano maduro no será posible apreciar orificio alguno por la picada.

En este último caso, una vez elaborado, se apreciará una depresión esférica de 0.2 mm a 0.3 mm y a veces, dependiendo de la climatología, alrededor de la lesión se desarrollan hongos saprófitos, que originan una coloración pardusca apreciable a simple vista. Por consiguiente, los daños afectan a la calidad y rendimiento-porcentaje de granos elaborados susceptibles de comercializar (Franquet y Borrás, 2006).

1.5.2. Enfermedades

Rodríguez y Nass (1991) exponen con amplitud las enfermedades del arroz de forma pertinente en la región latinoamericana:

a) *Piricularia (Pyricularia oryzae)*

Representa el principal problema fitopatológico del arroz, debido a que el hongo manifiesta gran capacidad destructiva y desarrolla rápida adaptabilidad en las nuevas variedades y a los fungicidas específicos. Los ataques críticos ocurren en plántulas y floración; las lesiones foliares típicas son alargadas con extremos puntiagudos, de bordes marrón-rojizo y centros grisáceos.

La amplitud y confluencia de varias manchas producen secamiento parcial o total de la lámina foliar. Las lesiones paniculares se localizan en el pedúnculo, ramificaciones y estructuras florales. Comúnmente la infección ocurre en la base de la panícula (cuello o nudo ciliar) provocando el necrosamiento y estrangulamiento del área afectada. Los ataques tempranos, antes de emerger la panícula, originan granos vanos; mientras que los tardíos, los producen livianos y yesosos (Rodríguez y Nass, 1991).

b) **Mancha marrón**

(*Cochliobolus miyabeanus*, *Drechslera oryzae*), esta enfermedad produce manchas de forma oval y de color marrón con un centro blanquecino o gris. En ocasiones, numerosas manchas en una hoja causan que éstas se tornen de color blanco. Estas manchas además de aparecer en las hojas, pueden observarse en las glumas, vaina y brácteas de la panícula. Los granos infectados tienen menor peso y como consecuencia menor calidad (Rodríguez y Nass, 1991).

c) **El quemado del arroz (Pyricularia grisea)**

González (2002) explica que esta enfermedad ataca las hojas, nudos y el cuello de la panícula. Los ataques en la panícula son los más importantes puesto que la rentabilidad de la inversión requerida para la explotación de este cereal tiende a reducirse sustancialmente por la baja en la calidad y cantidad de la cosecha.

Empero, las mermas por infecciones foliares pueden incidir en los rendimientos, debido a que los daños provocan reducciones tanto en el número de macollas como en la altura de las plantas, llegando inclusive hasta la muerte parcial o total de las mismas. Como

resultado de esta reducción del área foliar, se crean condiciones propicias para la invasión violenta de malezas que compiten con el cultivo.

d) Pudrición de la vaina (*Sarocladium oryzae*, *Acrocyndrium oryzae*)

Es una de las pudriciones que se manifiestan con mayor frecuencia en el arroz. Dado que en los últimos años ha habido un estable incremento en cuanto a su incidencia, el hongo actualmente merece especial atención en los programas de mejoramiento del arroz (Rodríguez y Nass, 1991).

Los daños se observan en las vainas de las hojas superiores, particularmente en la llamada bandera, en forma de manchas oblongas con centros grises y bordes marrones, llegando en algunos casos a cubrir toda el área de la vaina. En infecciones severas, las panículas no emergen totalmente o lo hacen parcialmente acompañadas por pudriciones que impiden la producción de granos. En la parte interna de las vainas afectadas se desarrolla un polvillo blanco o rosado que corresponde a las estructuras del hongo (Rodríguez y Nass, 1991).

1.5.3. Malezas

Franquet y Borrás (2006) señalan que las malezas constituyen el mayor o el principal problema en el cultivo de arroz.

La lid de las malas hierbas en el arroz varía con el tipo de cultivo, el método de siembra, la variedad y las técnicas de cultivo (preparación del terreno, densidad de siembra, abonado, etc.). Esta lucha resulta más importante en las primeras fases de crecimiento del cultivo, por tanto, su control temprano es importante para obtener óptimos rendimientos.

Los suelos inundados permiten la abundancia de semillas viables de malas hierbas en el arrozal, dando lugar a una flora adventicia específica, de hábito acuático, que requiere métodos adecuados de control. La presencia mayoritaria de malas hierbas puede reducir los rendimientos del arroz hasta en el 50 % (Franquet y Borrás, 2006).

El establecimiento del límite de profundidad del agua es muy importante para maximizar la eliminación de malas hierbas sin riesgos, ya que por ejemplo, el incremento de la profundidad del agua aumenta la eficacia en el control de *Achinochloa oryzoides* y *Cyperus difformis*. Asimismo, la *Heteranthus limosa* es una hierba común del arrozal, que se propaga mejor en cultivos densos; pero, según su escasa altura, ejerce poca competencia en cultivos con densidades normales.

1.6. Situación mundial, regional y nacional del cultivo de arroz

1.6.1. Situación a nivel mundial

Amador y Bernal (2012) reconocen que todos los continentes del planeta producen arroz, menos la Antártida; se siembra desde el Ecuador hasta latitudes de 53° Norte y 35° a 40° Sur; en regiones tropicales incluso hasta altitudes de 2400 msnm y su importancia como cultivo alimenticio aumenta conforme crece la población.

Desde el punto de vista de la producción, el arroz ocupa el segundo lugar en importancia, después del trigo. Más de 90 % de la producción de arroz se encuentra en Asia Oriental y Meridional, como se muestra en la **figura 12**.

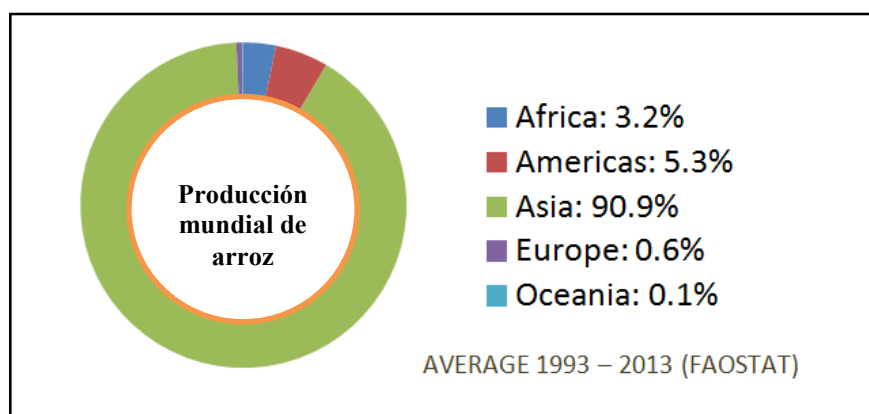


Figura 12. Producción de arroz por región

Fuente: FAOSTAT (2013)

China e India producen más de la mitad del arroz en todo el mundo (52.3 %) de 1999 a 2003 y contienen más de la tercera parte de la población mundial. Brasil es el primer productor no asiático e Italia ocupa el primer lugar europeo (Berlijn, et al. 2008). La **figura 13** muestra a los principales productores de arroz, así como la cantidad de toneladas que producen al año.

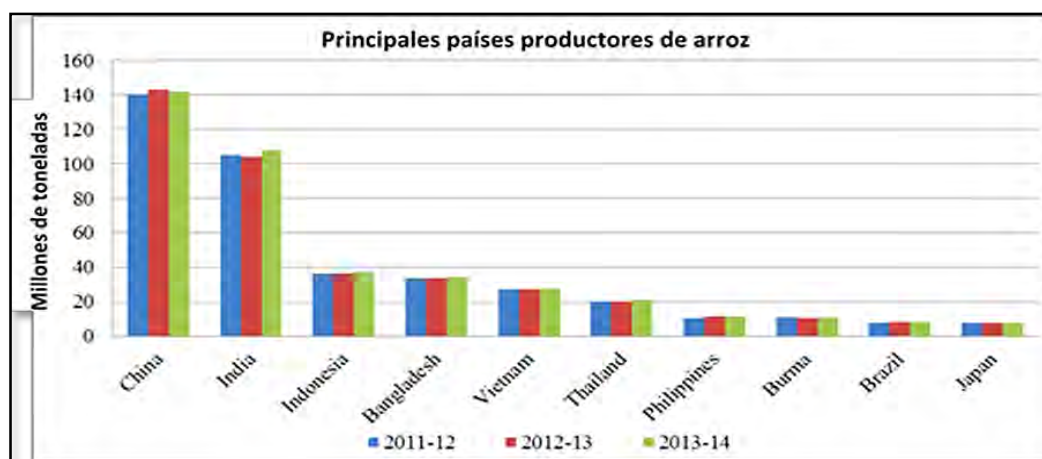


Figura 13. Principales países productores de arroz

Fuente: Ministry of Agriculture, Government of India (2014)

Según Quintero (2013), el incremento de las áreas arroceras era casi inexistente hasta el 2007 (estancadas en 152 millones de hectáreas) y los rendimientos progresando poco, de 1 % al año, ya sea dos veces menos que durante la década de los 90 y tres veces menos que en los años 80. El consumo mundial, por su parte, continúa progresando a un ritmo ligeramente superior.

A partir de 2013 tampoco hubo un incremento importante en las áreas de cultivo de arroz, tal como se muestra en la **figura 14**.



Figura 14. Producción y superficie mundiales de arroz en cáscara
Fuente: FAO (2014)

En la mayoría de los países asiáticos existen pocas posibilidades de extensión. Se estima, por ejemplo, que parte de la reducción prevista de las áreas en China podrían ser compensadas gracias al incremento de nuevas áreas arroceras en África Subsahariana, y sobre todo en América Latina (Quintero, 2013).

Empero, el trigo y el arroz empezarán un declive en la próxima década, según augura la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). En el informe 'Perspectivas para 2014-2023', presentado en Roma, el organismo señala que la producción de cereales virará para darle primacía a artículos de grano grueso, los cuales son usados para biocombustibles y alimentación animal.

El problema vital radica en lograr que la producción de arroz pueda marchar al mismo ritmo del crecimiento de la población. Entre tanto cada vez es más necesario un mayor conocimiento de este cultivo (Chandler, 1984).

Para quebrar los techos tecnológicos, y poder incrementar durablemente la producción mundial y evitar una situación alimentaria precaria, se necesitarán nuevos materiales genéticos, disponibles en gran escala, y sistemas de cultivo que sean más eficientes. Asimismo se requerirá incrementar nuevas áreas arroceras.

De acuerdo al Seguimiento del Mercado del Arroz (SMA) de la FAO (2014), el pronóstico de la producción mundial del 2014 resultó en 744.7 millones de toneladas (496.6 millones de toneladas de arroz elaborado), siendo 0.2 % más bajo que en el 2013; esto refleja una contracción de 0.1 % tanto en siembras como en rendimientos, con 162.9 millones de hectáreas y 4.57 toneladas por hectárea respectivamente, como consecuencia de condiciones climáticas desfavorables.

Los muy bajos resultados en la campaña en Asia provocaron una disminución importante en la producción mundial de arroz en 2014, descendiendo 1.6 millones de toneladas.

Por primera vez en los últimos diez años, en la campaña 2014/15 la utilización mundial de arroz se prevé que superará la producción, como muestra la **figura 15**, lo que resulta en una reducción de 3.8 millones de toneladas de las existencias mundiales de arroz en 2015 a 177.5 millones de toneladas.

A pesar del descenso, las reservas mundiales se mantendrán altas, con el ratio de uso de stock estimado en 34.8 % en 2014/15, frente al 36.2 % del año anterior, pero suficiente para cubrir más de cuatro meses de requerimiento de arroz (FAO, 2014).

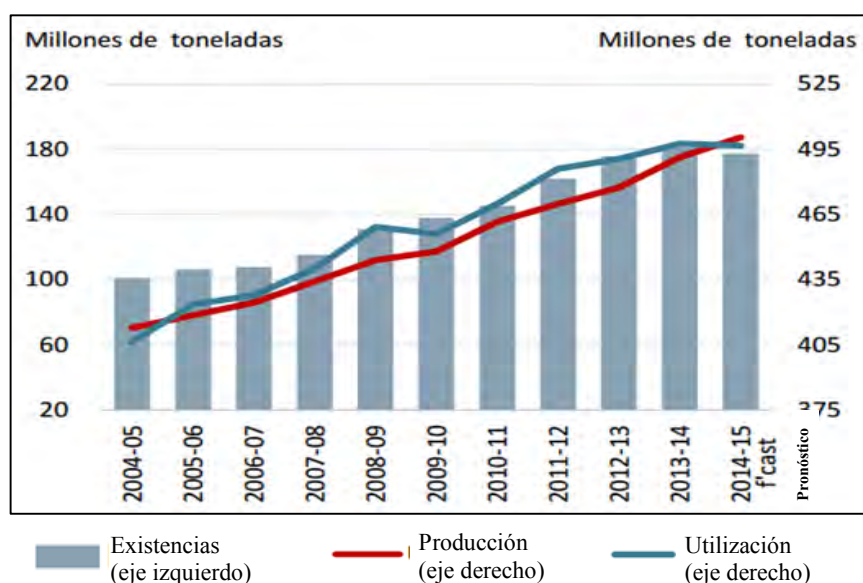


Figura 15. Producción, utilización y existencias de arroz (equivalente en arroz elaborado)

Fuente: FAO (2014)

La utilización mundial de arroz en la campaña 2014/15 se estima en 500.5 millones de toneladas de arroz elaborado, 200 000 toneladas menos de lo previsto en octubre de 2014, pero todavía un 1.9 % por encima de la estimación del 2013/14.

Cerca del 83 % de la utilización (415.4 millones de toneladas), corresponderían al consumo humano, mientras la alimentación animal absorbería 14.5 millones de toneladas (3 % del total), siendo los restantes 7.6 millones de toneladas (14 % de la utilización) destinada a semillas, uso no alimentario y residuos industriales.

El consumo per cápita mundial de arroz fue ligeramente superior en la campaña 2014/15 (57.5 kg) con respecto a la campaña 2013/14 (57.3 kg), a pesar de los altos precios al por menor que prevalece en la mayoría de las regiones en comparación con el año pasado.

Según Polo (2015), se considera que el arroz es el alimento diario para más de la mitad de la población del mundo. Sólo en Asia, más de 2 mil millones de personas obtienen del 60 % al 70 % del consumo de energía con el arroz y sus derivados; es la fuente de alimento con un crecimiento más rápido en África y de gran importancia para un mayor número de países, de escasos ingresos y de sostenido déficit alimentario.

Un estudio del International Rice Research Institute –IRRI- (2014) señala que el ciudadano promedio en países como Bangladesh, Vietnam y Myanmar, consume entre 150 kg y 200 kg de arroz al año, lo que representa dos tercios o más de las calorías consumidas y aproximadamente 60 % del consumo diario de proteína. "Para los más pobres, el arroz es un lujo", indica el estudio.

Con mucha frecuencia el arroz es la principal fuente de empleo, ingresos y nutrición de muchas regiones pobres y con una alimentación baja. En el sur de Asia, por ejemplo, donde viven 530 millones de personas con menos de 1 dólar al día, las calorías proporcionadas por el arroz representan cerca del 60 % a 70 % del total del consumo de alimentos. Inclusive, varios países dependen en gran medida del arroz como fuente de entrada de divisas y de ingresos fiscales (Polo, 2015).

A diciembre 2014, la FAO elevó su previsión del comercio internacional del arroz del 2014 a 40.2 millones de toneladas, 500 mil toneladas más que su previsión de octubre (figura 16). Bajo su previsión de diciembre, el comercio mundial de arroz sería de 8 % mayor que en 2013, alcanzando un nuevo récord (FAO, 2014).



Figura 16. Comercio mundial del arroz e índice de precios de exportación
Fuente: FAO (2014)

El incremento antes mencionado se debe, sobre todo, al crecimiento de las importaciones de Asia Oriental (figura 17), donde los grandes compradores atraviesan por muy pobres resultados de cosecha y/o altas cotizaciones locales.

FAO pronostica el comercio mundial en la campaña 2015 a 40.5 millones de toneladas, lo que implica un pequeño crecimiento del 0.6 % respecto a la actual estimación de 2014 (FAO, 2015).

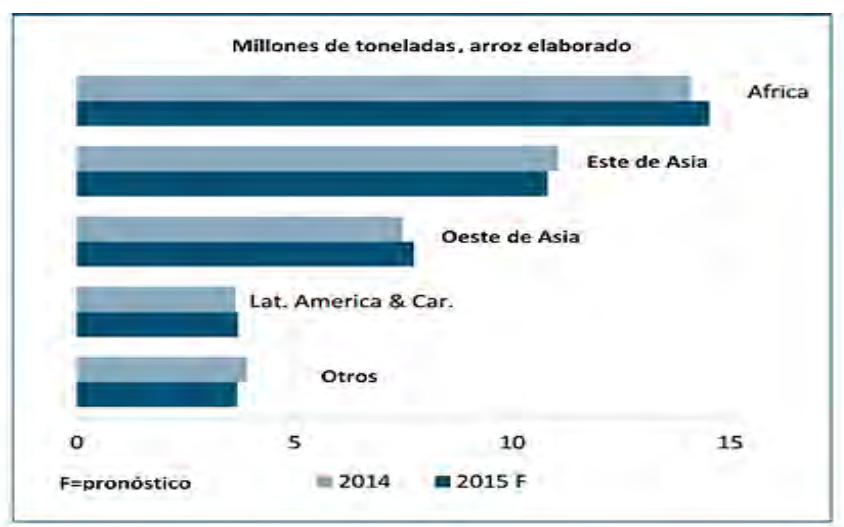


Figura 17. Importación de arroz por región

Fuente: FAO (2015)

El pronóstico de exportaciones de los principales países exportadores, se muestra en la **figura 18**.

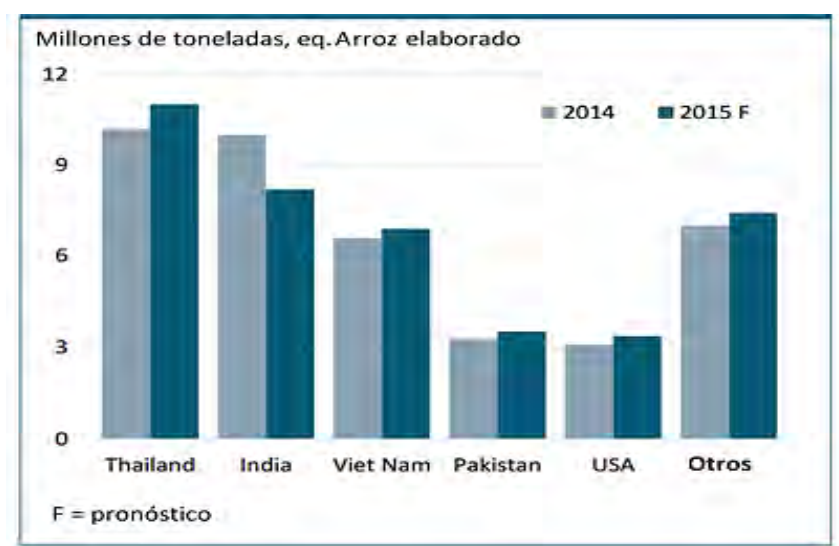


Figura 18. Exportaciones de arroz por países

Fuente: FAO (2015)

La **figura 19** muestra las variaciones de precios internacionales de arroz, en la campaña 2007/2008 emergió la posibilidad de una crisis de alimentos, la cual se materializó en un aumento de los precios internacionales para todos los granos y oleaginosas, teniendo gran efecto sobre los precios del arroz elaborado.

Desde septiembre de 2014 comenzó una trayectoria descendente en los precios internacionales de exportación de arroz (**figura 20**). Esto se refleja en el índice de precio del arroz de la FAO (2002-2004 = 100), que pasa a un valor (al 7 de diciembre 2014) de 224 puntos, 6 % menos que septiembre de 2013 (FAO, 2015).

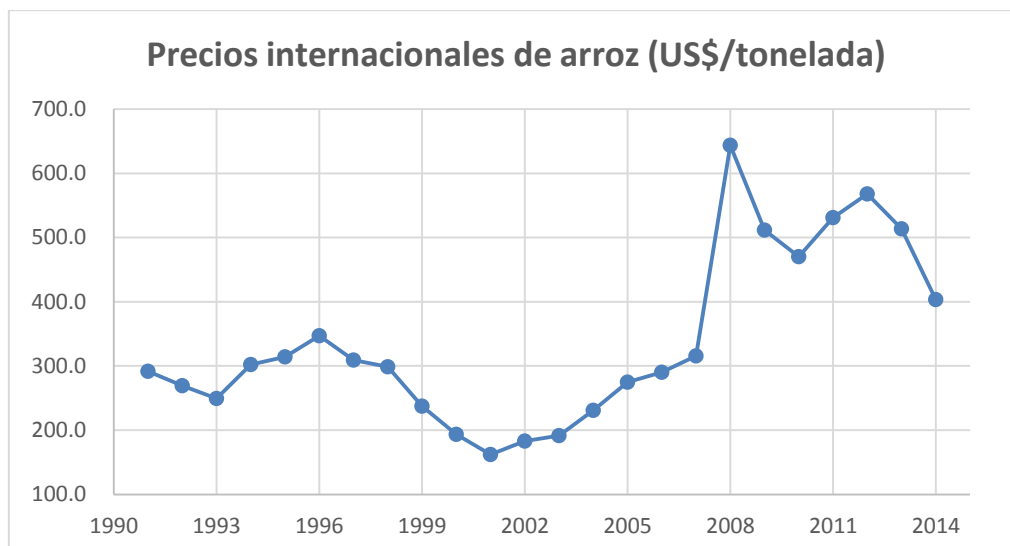


Figura 19. Precios internacionales del arroz (US\$/ton)
Fuente: Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA, 2014)
Elaboración propia.

La caída de los precios internacionales del arroz continuó hasta diciembre de 2014 (**figura 20**) por la creciente cantidad de terrenos que se prepararon para iniciar el cultivo y por los lapsos de demanda.

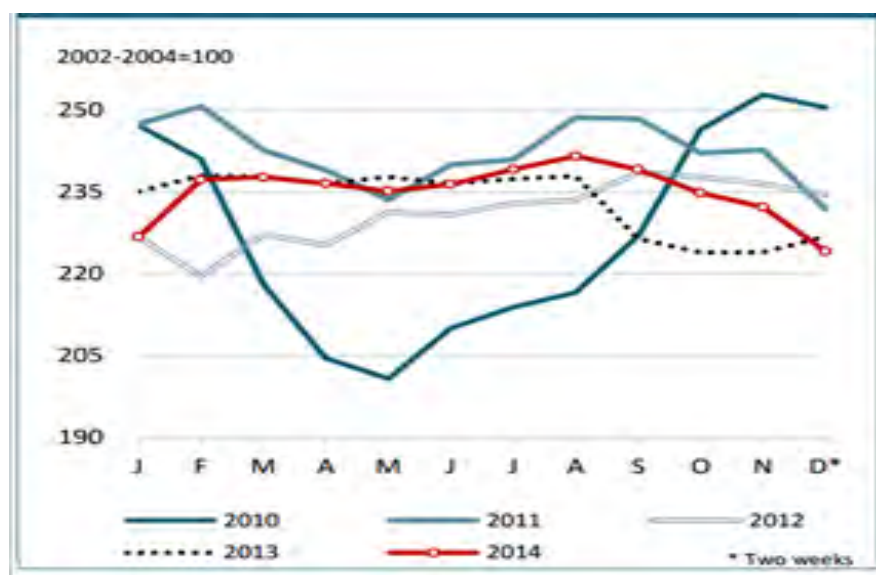


Figura 20. Índice general de precios de arroz de la FAO
Fuente: FAO (2015)

Desde la crisis de alimentos del 2007/2008, los precios de los distintos tipos de arroz han presentado mayores variaciones entre ellos, esto podría ser explicado por la intensidad de la crisis en las distintas regiones donde se produce y consume cada tipo de arroz. En la **figura 21** se muestra las variaciones de precios para cada tipo de arroz.

A modo comparativo, en la **tabla 4** se resume la situación mundial del arroz entre el 2012 y 2015, con datos proyectados para este último año, evaluando la producción, oferta, utilización, comercio y existencias finales de arroz elaborado.

Las proyecciones para el 2015 de la FAO muestran una ligera disminución de la producción mundial con respecto a la campaña anterior (0.2 %), sin embargo la oferta se aumentaría 0.8 %; esto se explica por la mayor utilización de las reservas mundiales, alcanzando los 500.5 millones de toneladas de arroz elaborado para las distintas formas de consumo de este producto.

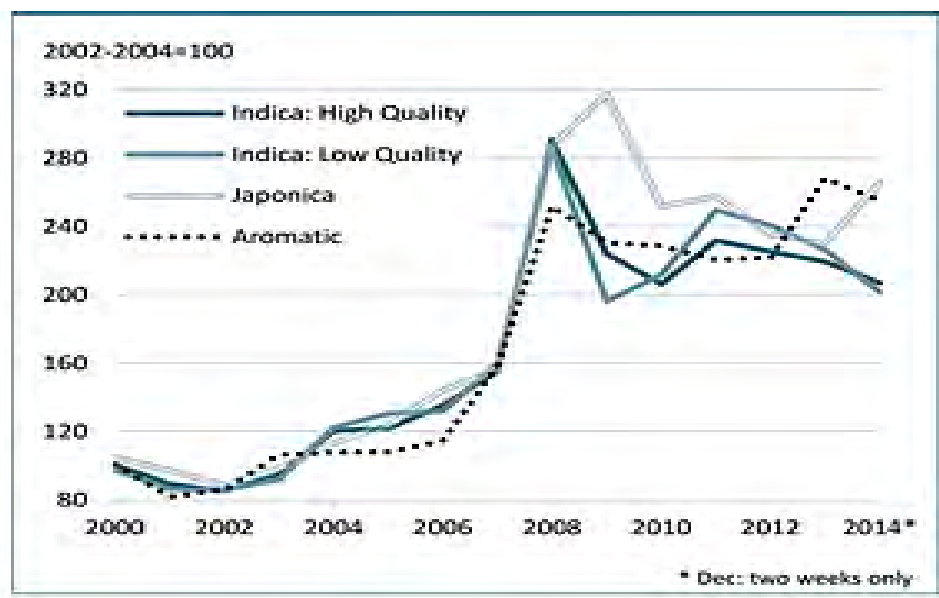


Figura 21. Índice de precios por tipo de arroz de la FAO
Fuente: FAO (2015)

Tabla 4. Resumen del mercado mundial del arroz.

	2012-13	2013-14 estimado	2014-15 pronóstico	2014-15/ 2013-14 var.
	<i>millones de toneladas, equiv. arroz elaborado</i>			%
Producción	490.5	497.5	496.6	-0.2
Oferta	690.7	712.5	718.6	0.8
Utilización	477.4	491.2	500.5	1.9
Consumo humano	401.9	409.6	415.4	1.4
Piensos	13.3	14.1	14.5	2.8
Otros usos	62.3	67.5	70.6	4.6
Comercio ^{1/}	37.3	40.2	40.5	0.6
Existencias finales ^{2/}	175.7	181.2	177.5	-2.1
	%			
Relación existencias mundiales/utilización	35.8	36.2	34.8	-
Relación existencias de los principales exportadores/desaparición ^{3/}	28.2	27.6	24.6	-

1/ Los datos se refieren al segundo año civil indicado (de enero a diciembre).

2/ Existencias remanentes en el segundo año indicado.

3/ Relación entre las existencias finales de los cinco principales exportadores de arroz (India, Pakistán, Tailandia, Estados Unidos de América y Vietnam) y la suma de sus utilidades interiores y exportaciones.

Fuente: FAO (2014)

El consumo humano de arroz es la principal y mayor fuente de utilización de este cereal, representando más de 80 % de toda la utilización. En cuanto al comercio, es pequeña la variación con respecto a la campaña 2013/2014, con 0.3 millones de toneladas de arroz elaborado. Debido a una mayor utilización, las existencias finales de arroz en el mercado mundial descienden un 2.1 %.

1.6.2. Situación en Latinoamérica

Los principales productores de arroz en Latinoamérica, están en América del Sur, y de estos, sólo Brasil aparece entre los principales productores del mundo. Como se ve en la **tabla 5**, Brasil, Perú y Colombia encabezan el ranking de producción.

Tabla 5. Ranking de países productores de arroz en Latinoamérica

Ranking	País	Producción (millones de toneladas)
1	Brasil	11.5
2	Perú	2.9
3	Colombia	2.5
4	Argentina	1.4
5	Ecuador	1.2
6	Uruguay	1.2
7	Venezuela	0.7
8	Cuba	0.6
9	Guayanas	0.55
10	México	0.26

Fuente: Infoarroz (2010). Elaboración propia.

La producción desde el 2010 hasta el 2014 se muestra en la **figura 22**. De acuerdo a la FAO (2014) la producción de arroz del 2014 en América Central y el Caribe, donde la mayoría de los países se dedica en diciembre a las principales actividades de cosecha de los cultivos de arroz, disminuyó 2.9 millones de toneladas (1.9 millones de toneladas de arroz elaborado), un 2 % menos respecto a la estimación del 2013 de la FAO. Esta reducción fue debido a una combinación de pérdidas de superficie y rendimiento causadas por la escasez de precipitaciones en gran parte de la sub-región.

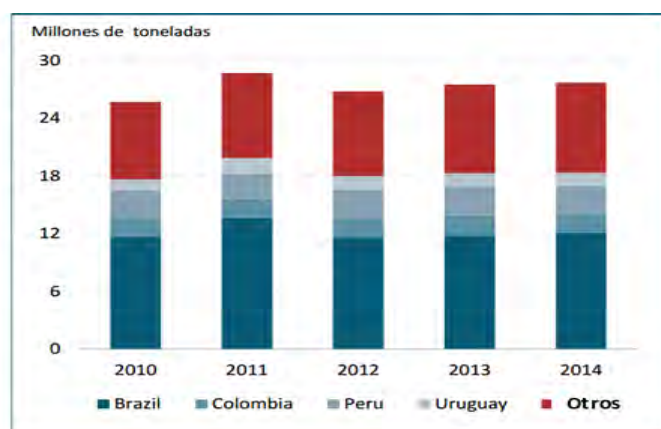


Figura 22. Producción de arroz en cáscara en América Latina y el Caribe

Fuente: FAO (2014)

Hasta el año 2010, Centroamérica importaba el 50 % del total de importaciones del continente americano, mientras que Sudamérica entre 25 % a 30 %. En la **tabla 6** se muestran los principales países importadores de arroz en Latinoamérica.

Tabla 6. Importaciones de arroz en Latinoamérica (miles de toneladas en equivalente arroz elaborado)

País	Importaciones (miles de toneladas)		
	2013	2014	2015
Brasil	732	700	700
Colombia	250	325	350
Costa Rica	93	100	100
Cuba	413	450	450
Haití	416	415	410
Honduras	90	115	110
México	746	700	775
Nicaragua	82	65	70
Venezuela	359	410	425

Fuente: FAO (2014). Elaboración propia.

En la **tabla 7** se muestran los principales países exportadores de arroz en Latinoamérica, ocupando Perú el quinto lugar. El pronóstico para el año 2015 indica que no habría variaciones con respecto al año anterior.

Tabla 7. Exportaciones de arroz en Latinoamérica (miles de toneladas en equivalente arroz elaborado)

País	Exportaciones (miles de toneladas)		
	2013	2014	2015
Argentina	526	600	600
Brasil	830	840	800
Ecuador	50	50	50
Paraguay	365	250	260
Perú	50	70	70
Uruguay	939	930	950
Venezuela	150	125	150
Guyana	277	450	450

Fuente: FAO (2014). Elaboración propia.

El consumo per cápita de arroz en los países de Latinoamérica se muestra en la **tabla 8**. El Perú se encuentra en el tercer lugar con 52 kg de arroz al año, superado por Cuba (72 kg) y Panamá (60 kg).

El promedio de Sudamérica es 39 kg per cápita y el de todo el continente americano es 27 kg per cápita.

Tabla 8. Consumo per cápita de arroz en Latinoamérica

País	Consumo per cápita (kg)	País	Consumo per cápita (kg)
Cuba	72	Surinam	25
Panamá	60	Venezuela	19
Perú	52	Bolivia	20
República Dominicana	50	Honduras	18
Ecuador	47	Chila	12
Haití	47	Uruguay	12
Brasil	43	El Salvador	10
Colombia	33	Argentina	10
Nicaragua	30	México	6
Guyana	23	Guatemala	5

Fuente: Infoarroz (2010). Elaboración propia.

a) Centroamérica y el Caribe

La perspectiva de producción para Haití se han deteriorado, donde la producción fue de 125 000 toneladas (83 000 toneladas de arroz elaborado), un 26 % menos respecto al 2013. Esto se debería a la consecuencia de las lluvias deficientes, agravadas por la falta de mantenimiento de la infraestructura, los costos elevados de los insumos y los incentivos estatales reducidos (FAO, 2014).

Debido asimismo a las lluvias tardías e insuficientes la producción en Nicaragua se contrajo un 10 % en el 2014; sin embargo podrían haberse mejorado las condiciones de humedad del suelo por las abundantes lluvias de octubre, lo que contribuiría a recuperar la producción en la temporada baja de 2015. En el mismo porcentaje se redujo la producción de Panamá, alcanzando sólo 260 000 toneladas (170 000 toneladas de arroz elaborado) (FAO, 2014).

En El Salvador y Guatemala se vaticinan de manera similar a la producción en 2014. Por otro lado, las perspectivas para Costa Rica permanecen favorables y apuntan a una cosecha de 230 000 toneladas (150 000 toneladas de arroz elaborado), 2.3 % más que el 2013. El panorama es igualmente alentador para Cuba en 700 000 toneladas (467 000 toneladas de arroz elaborado). Este implicaría un 4 % de aumento anual.

A un estimado de 824 000 toneladas (544 000 toneladas de arroz elaborado), la producción en 2014 en República Dominicana correspondió con el buen resultado de la temporada 2013 en el que hubo facilidad a un mayor acceso al crédito.

Paralelamente, la producción del 2014 en México se elevó a 200 000 toneladas (133 000 toneladas de arroz elaborado) por la buena plantación de los cultivos de primavera-verano, favorecido por condiciones climáticas favorables.

b) Sudamérica

De acuerdo a la FAO (2014), la temporada 2014 en América del Sur concluyó con resultados favorables en general, aunque el mal tiempo y los altos costos de producción amortiguarán las perspectivas para los cultivos del 2015.

Aunque las inclemencias del tiempo limitaron las plantaciones a un total de 4.8 millones de hectáreas, un incremento del 2 % de los rendimientos medios de producción permitió ampliar a 24.8 millones de toneladas (16.6 millones de toneladas de arroz elaborado), un 1.1 % de año a año.

De todas maneras, las adecuadas ganancias también se dieron en Guyana y Paraguay que cerraron sus campañas con cifras muy alentadoras. Argentina, Chile y Surinam también obtuvieron cosechas más grandes, compensando los resultados por el clima desfavorable en Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú, Uruguay y Venezuela.

En tanto, muchos países de América del Sur ya han comenzado o ya han concluido las operaciones de siembra de la campaña 2015. La temporada tuvo un comienzo difícil en algunos países productores importantes como Brasil y Uruguay, donde las condiciones climáticas adversas, principalmente en forma de lluvias superiores a lo normal, obstruyen el progreso de la siembra (FAO, 2015).

Este contratiempo inicial no ha puesto en peligro las perspectivas de la campaña para Brasil (el mayor productor de la región) pero los altos costos de producción y las perspectivas de márgenes estrechos siguen limitando el crecimiento en Argentina y Uruguay. Esto, mientras que los primeros indicios apuntan a ganancias adicionales que se llevaron a cabo en Paraguay, con Bolivia y Chile se prevé expansión de la superficie sembrada en la temporada de 2015 (FAO, 2015).

Por su parte, Brasil estima que en el 2014 aumentó 3 % en rendimiento, con 12.1 millones de toneladas (8.12 millones de toneladas de arroz elaborado). Para el 2015 se prevé 2.36 millones hectáreas de cultivo, una reducción de 13 000 respecto al año anterior. Sin embargo, el pronóstico del rendimiento sería de 5.2 toneladas por hectárea (1 % más que el 2014).

En la campaña 2013, Colombia reunió 2.05 millones de toneladas de arroz (1.4 millones de toneladas de arroz elaborado), 6 % año tras año. Las perspectivas de la FAO para la campaña 2014 fueron negativas, a 1.92 millones de toneladas (1.3 millones de toneladas de arroz elaborado). La reducción se dio en medio de un clima fuera de estación, en forma de sequías, y con precios bajos.

En el caso de Uruguay los cultivos de arroz se vieron limitados por altos costos de producción y el mal tiempo durante el 2014. Estos factores se repitieron por tercera vez, lo que resultó en una caída de la producción del 1 % a 1.3 millones de toneladas (944 000 toneladas de arroz elaborado). Como resultado se estima que para el 2015 caerá 4 % la cantidad de superficie sembrada.

En términos generales, las importaciones de 2014 de los países de América Latina y el Caribe fueron un 3 % más que en 2013. A la fecha la FAO anticipa envíos de arroz a la región para organizar una mayor expansión del 2 % en 2015, alcanzando 3.7 millones de toneladas. A diferencia de 2014, en el crecimiento de 2015 se prevé que se derive una mayor demanda en América Central y el Caribe (FAO, 2015)

1.6.3. Situación en el Perú

El arroz es considerado uno de los principales cultivos de importancia nacional que más aporta al PBI agropecuario y agrícola, generando la mayor cantidad de empleos en el sector. Aportó el 2012 con el 4.85 % del PBI agropecuario y con el 8.23 % del PBI agrícola del país (MINAG, 2014).

Este cultivo produjo alrededor de 44.7 millones de jornales, que equivalen a 161 300 empleos anuales permanentes, representando en el ámbito rural una fuerte influencia económica y social. Se estima que la inversión en mano de obra es de 30 % de la producción bruta arrocerá nacional (MINAG, 2014).

Para el caso peruano, el principal sistema de producción es el irrigado, produciendo 93 % aproximadamente en el país. Empero, este sistema demanda un alto consumo de agua (15 000 m³ a 18 000 m³ de agua por hectárea) y genera la degradación de los suelos, lo cual origina salinización de las tierras en las zonas costeras.

A nivel nacional la siembra se concentra principalmente entre los meses de enero a marzo, con un 34.7 % del total (**tabla 9**), y la concentración de las cosechas entre los meses de abril a julio (61.1 %) (MINAG, 2013).

Tabla 9. Calendario de siembras (%)

Características	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Siembras	Menores siembras (24 %)			Mayores siembras (42.6 %)					Menores siembras (21.2 %)			
%	9.1	7.2	7.7	9.4	10.7	9.3	15.0	10.4	4.6	5.2	5.3	6.0

Fuente: MINAG (2013)

En el caso de los cultivos de arroz de la región La Libertad, el calendario de siembra varía ligeramente por las condiciones particulares de clima, lluvias, etc., como se muestra en la **figura 23**.

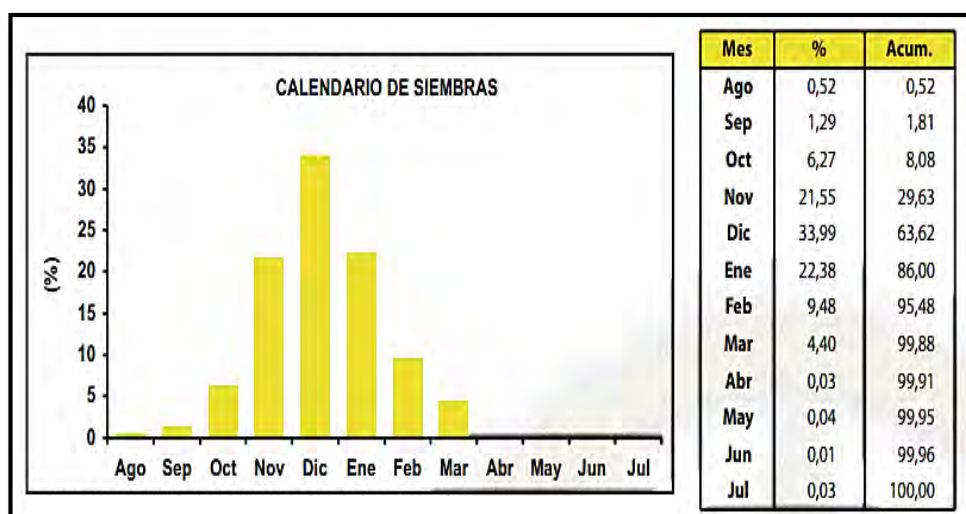


Figura 23. Calendario de siembras de la región La Libertad

Fuente: MINAG (2014)

En la **figura 24** se muestra la cantidad de hectáreas sembradas en las campañas del 2006 hasta el 2012. En la campaña 2011-2012 hubo un total de superficie sembrada de 387 677 hectáreas. En los meses de noviembre a marzo se reportó el 56.4 % aproximadamente del total de siembras a nivel nacional.

Para la campaña 2012-2013 se sembraron un total de 400 570 ha de arroz, un 3.3 % más que en la campaña anterior, y entre los meses de noviembre y febrero se sembró más de la mitad del total. La región La Libertad representó el 8.3 % del total de área sembrada. (Data anuario agrícola 2013).

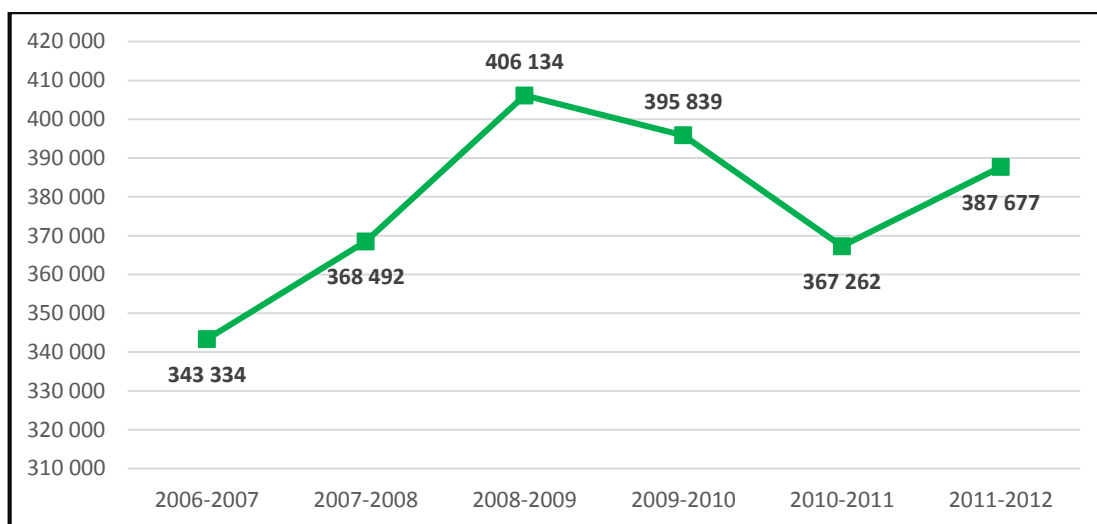


Figura 24. Superficie sembrada nacional (ha) por campaña agrícola agosto – julio
Fuente: MINAG (2012)

En la información del Ministerio de Agricultura, la tendencia creciente en la superficie sembrada del cultivo de arroz se debe, sobre todo, al incremento en el consumo interno que se aproxima a los 63.5 kg de consumo anual por persona (MINAG, 2014). En la **figura 25** se muestra las intenciones de siembra para la campaña 2014/2015.

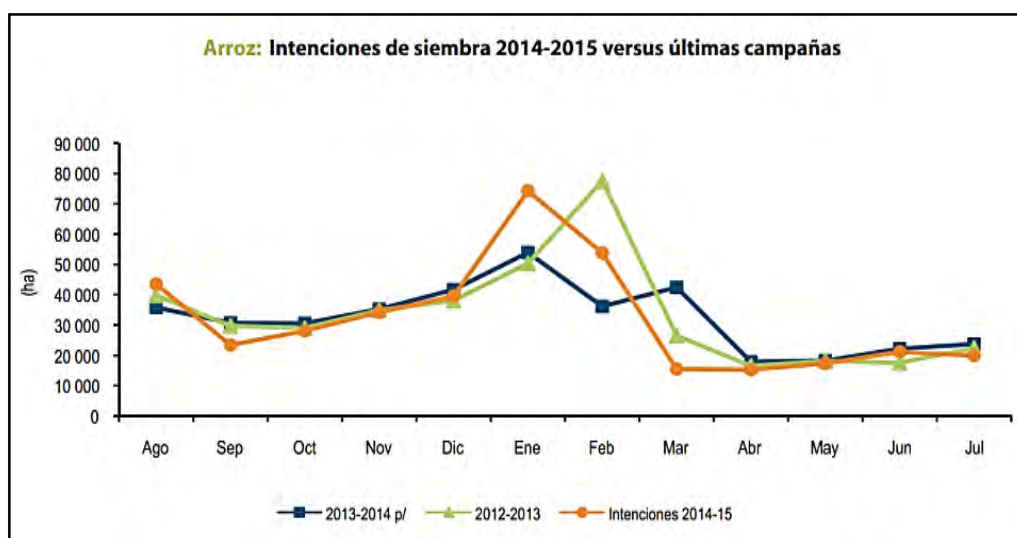


Figura 25. Intenciones de siembra de arroz 2014-2015
Fuente: MINAG (2015)

En el Perú, las principales zonas productoras de arroz son: Lambayeque, San Martín, Piura y La Libertad, las que abastecen al 62 % del mercado nacional. En segundo orden de importancia se encuentran: Arequipa, Amazonas y Cajamarca, con el 22.5 % de la producción nacional. Ver **figura 26**.

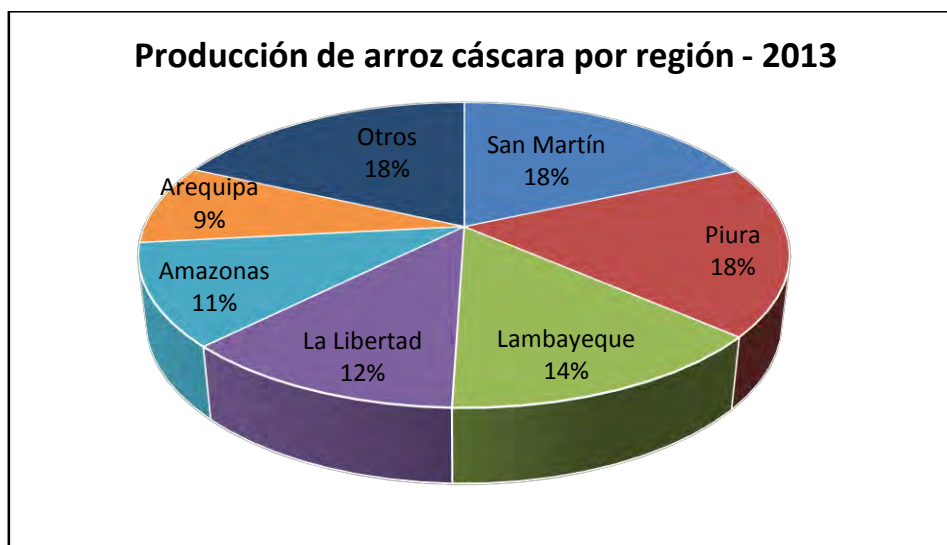


Figura 26. Producción de arroz cáscara por regiones
Fuente: MINAG (2013). Elaboración propia.

Para la campaña 2014-2015, el Ministerio de Agricultura estima que se sembraría 386 054 ha, distribuidas en las principales regiones: San Martín (22,45 %), Piura (14,9 %), Lambayeque (11,7 %), Amazonas (10,2 %), La Libertad (8,4 %) y Loreto (8,3 %).

Según la **figura 27**, la producción de arroz viene ascendiendo a una tasa promedio de 3.6% en los últimos once años, sustentada por la mayor área cosechada el año 2009 con 404.6 miles de hectáreas. Pero se aprecia una reducción en los años 2010 y 2011, recuperándose a partir del 2012.

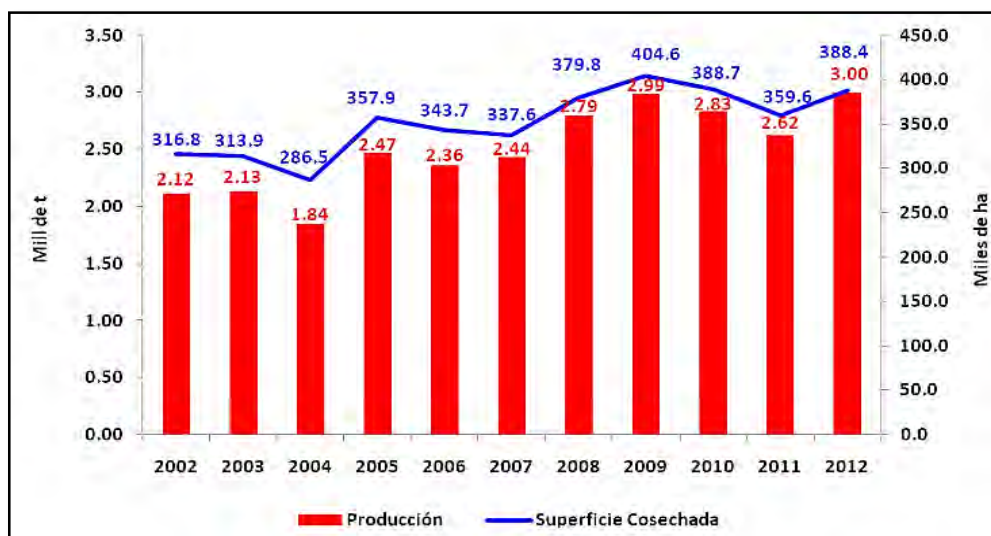


Figura 27. Comportamiento de la producción y superficie cosechada
Fuente: MINAG (2012)

De la **figura 27** también se aprecia que la superficie cosechada a nivel nacional en el año 2011 fue de 359 600 ha (disminución de 7.5 %). La producción a nivel nacional en el año 2011, indica un decrecimiento de 7.3 %. Seis fueron las regiones productoras que concentraron el 78.1 % de la producción: San Martín, Piura, La Libertad, Lambayeque, Amazonas y Arequipa.

De otro lado, en el 2012, la superficie cosechada se ha incrementado en un 9.5 %. La producción 2012 registró un 16 %. El incremento tanto en la superficie cosechada como en la producción, se debió principalmente por el alto porcentaje en la superficie sembrada (5.6 %) en la última campaña agrícola.

Esto indica que hubo una ligera expansión de menos del 2 % en el 2013, alcanzando las 395 030 ha cosechadas, mientras que la producción fue de 3 046 773 toneladas, 1.6 % más que el año anterior. En la **tabla 10** se presenta, en términos más ilustrativos, lo expresado hasta el momento.

Tabla 10. Superficie cosechada (ha) y producción (t) en el Perú 2011 – 2013

Regiones	Superficie cosechada (ha)					Producción (t)				
	2011	2012	2013	Var % 2012/ 2011	Var % 2013/ 2012	2011	2012	2013	Var % 2012/ 2011	Var % 2013/ 2012
San Martín	78 425	85 095	82 271	8.5	- 3.3	522 621	575 558	559 829	10.1	- 2.7
Piura	44 175	65 374	58 702	48.0	- 10.2	383 315	607 847	550 431	58.6	- 9.4
La Libertad	31 276	31 769	33 311	1.6	4.9	322 520	335 560	365 440	4.0	8.9
Lambayeque	38 196	46 180	51 591	20.9	11.7	282 236	421 038	428 352	49.2	1.7
Amazonas	37 822	37 891	43 023	0.2	13.5	282 120	286 289	329 614	1.5	15.1
Arequipa	19 292	18 071	19 593	- 6.3	8.4	257 559	241 328	259 574	- 6.3	7.6
Cajamarca	28 044	27 843	27 559	- 0.7	- 1.0	216 413	214 768	212 992	- 0.8	- 0.8
Tumbes	16 365	15 760	13 276	- 3.7	- 15.8	141 607	134 849	103 338	- 4.8	- 23.4
Loreto	34 431	36 023	35 007	4.6	- 2.8	103 403	123 957	112 285	19.9	- 9.4
Resto del País	31 586	29 884	30 697	- 5.4	2.7	112 664	102 136	124 918	- 9.3	22.3
Total	359 612	393 890	395 030	9.5	0.3	2 624 458	3 043 330	3 046 773	16.0	0.1

Fuente: MINAG (2014). Elaboración propia.

El Ministerio de Agricultura (2013) menciona que en la actualidad el arroz nacional es un cultivo que ha logrado sustantivas mejoras en los rendimientos (**figura 28**), superiores a Colombia y Ecuador; pero aún existen zonas con baja tecnificación debido a la falta de un sistema de mecanización tanto en la siembra como en la cosecha. A esto se suma el escaso uso de semilla de calidad por la insuficiente oferta o por elevados precios; y con semillas genéticamente pobres, no se garantiza el adecuado desarrollo de la planta y por lo tanto habrá pérdida en la calidad del producto final. Es pues tarea pendiente mejorar la cadena de arroz con la reducción de costos unitarios y elevar su calidad.

Con respecto a esta dinámica, el rendimiento promedio nacional el año 2012 registró 7 722 kg/ha, un incremento de 5.81 % con respecto al 2011. La diferencia en los rendimientos promedio en las regiones de la costa con respecto a las demás regiones del país se debe principalmente a las características agroclimáticas y la intensidad de las actividades productivas realizadas.

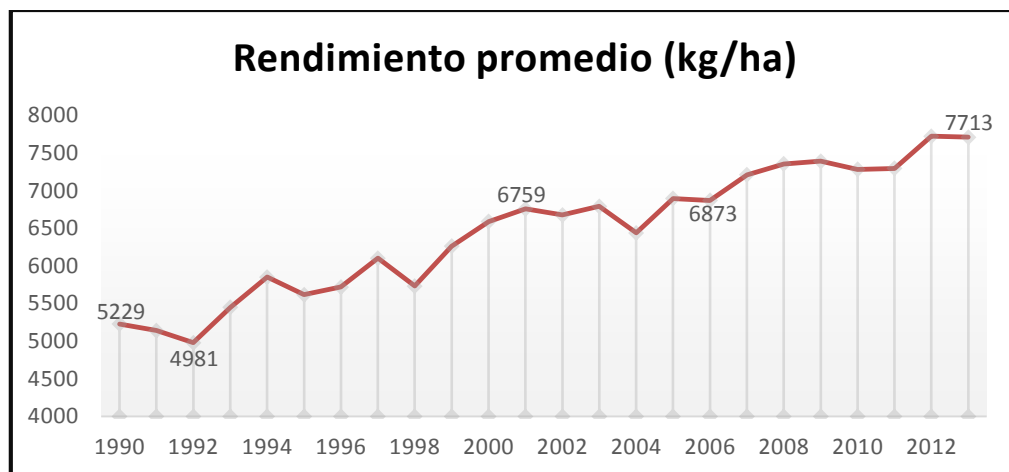


Figura 28. Rendimiento promedio de arroz en el Perú (kg/ha)

Fuente: MINAG (2014). Elaboración propia.

En el 2013 el rendimiento promedio fue de 7 713 kg/ha, donde las regiones con mejores rendimientos son: Arequipa (13 248 kg/ha), Ancash (11 787 kg/ha) y La Libertad (10 971 kg/ha) – ver **tabla 11**.

Asimismo, las regiones que tienen rendimientos por encima del promedio siguen siendo las mismas: Arequipa, La Libertad, Piura, Tumbes, Ancash y Lambayeque; sin embargo, el 2013 Cajamarca logró superar ligeramente el promedio nacional de 7 713 kg/ha, con un rendimiento local de 7 729 kg/ha.

Tabla 11. Rendimiento promedio de arroz en el Perú por regiones

Rendimiento promedio (kg/ha)				
Regiones	2010	2011	2012	2013
Arequipa	13 351	13 354	13 354	13 248
La Libertad	10 312	10 562	10 562	10 971
Piura	8 677	9 298	9 298	9 377
Tumbes	8 653	8 589	8 557	7 784
Ancash	7 888	8 194	8 194	11 787
Cajamarca	7 717	7 714	7 714	7 729
Amazonas	7 459	7 552	7 556	7 661
Lambayeque	7 389	9 096	9 117	8 303
San Martín	6 664	6 785	6 764	6 805
Loreto	3 003	3 441	3 441	3 208
Rendimiento ponderado promedio nacional	7 298	7 722	7 726	7 713

Fuente: MINAG (2014). Elaboración propia.

De acuerdo al Ministerio de Agricultura (2013), el progreso en cuanto a rendimientos por hectárea de las principales regiones productoras de arroz en el Perú, tiene a Arequipa como líder en rendimiento (**figura 29**). La Libertad muestra un buen avance en los cuatro últimos años y Piura en los últimos tres, mientras que Lambayeque muestra resultados un poco

inestables. Amazonas y San Martín tienen una baja tasa de crecimiento de sus rendimientos en el cultivo de arroz.

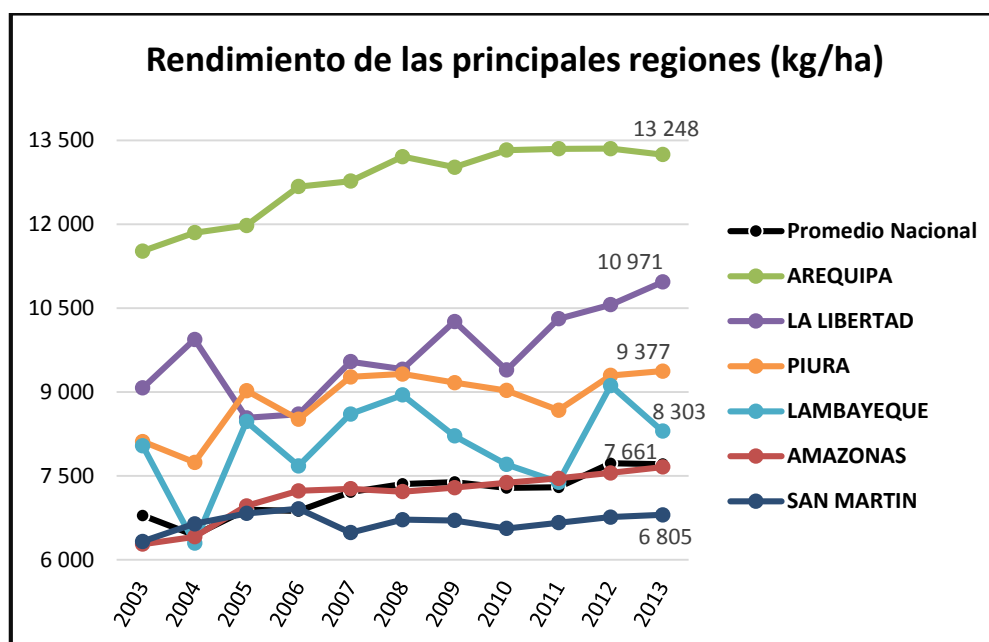


Figura 29. Rendimiento de las principales regiones (kg/ha)

Fuente: MINAG (2013). Elaboración propia.

Por estas razones los precios en chacra se ven afectados de acuerdo al nivel de producción existente en el mercado; es decir, a mayor oferta existente, los precios tienden a disminuir, por efecto de oferta y demanda.

En la **tabla 12**, respecto a los precios en chacra del año 2012, se puede apreciar una disminución de 18.8 % en el precio promedio nacional, en comparación al 2011. Esto se concluye básicamente por el aumento en la producción del arroz en 14.3 %.

Tabla 12. Precios de arroz en chacra (S/. por kg)

Región	2011	2012	Var %	2013	Var %
Amazonas	1.01	0.79	-22	0.82	4
Arequipa	1.19	1.13	-5	0.94	-17
Cajamarca	1.05	0.9	-14	0.83	-8
La Libertad	1.27	0.89	-30	0.9	1
Lambayeque	1.2	0.92	-23	0.93	1
Loreto	0.55	0.58	5	0.55	-5
Piura	1.14	0.91	-20	0.95	4
San Martín	0.97	0.81	-16	0.78	-4
Tumbes	1.2	0.96	-20	0.99	3
Precio promedio nacional	1.09	0.89	-18	0.87	-2

Fuente: MINAG (2014). Elaboración propia.

De otro lado, la producción a diciembre del año 2012, registró 2.99 millones de toneladas de arroz cáscara (**figura 30**). A mayores niveles de producción la tendencia en el precio en chacra es en descenso. La tasa promedio de crecimiento del precio en los últimos nueve años es de -1.24 %, como resultado de los altos niveles de producción. Esto se debe a que

el precio del arroz es muy sensible a las variaciones con respecto a la producción de este cereal.

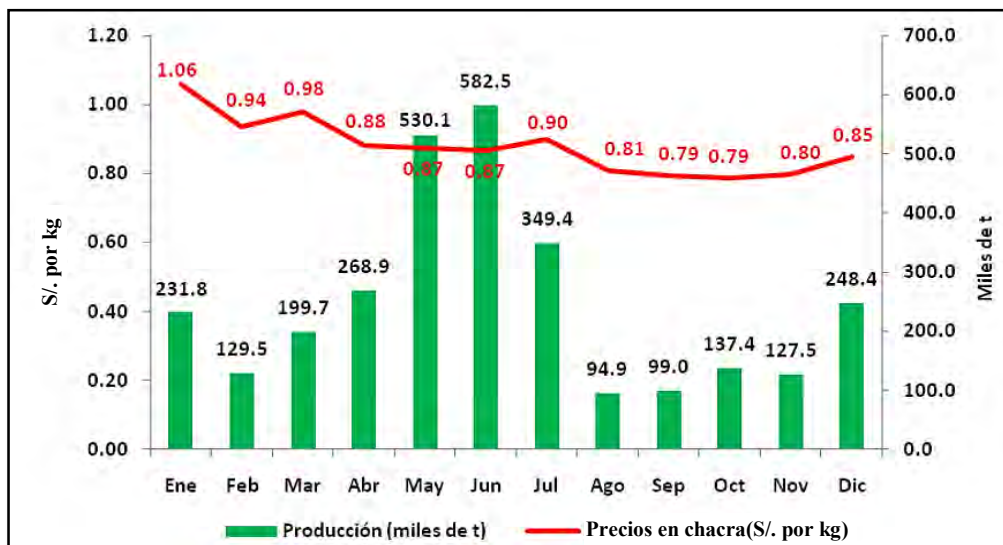


Figura 30. Comparativo producción y precios en chacra, año 2012

Fuente: MINAG (2012)

El Ministerio de Agricultura (2013) no ha perdido la visión con respecto al componente productores en el país. Según esta entidad oficial, este grupo está conformado por 100 mil productores a nivel nacional aproximadamente. Estos se encuentran agrupados en asociaciones y/o comités regionales con representantes a nivel nacional.

La producción de arroz se da desde los pequeños productores con diferente nivel de tecnificación. El 26.2 % de los cultivos de arroz provienen de unidades agropecuarias con superficies menores a 5 hectáreas, el 42.7 % de unidades entre 5 y 20 ha y el 31.1 % de los cultivos de las grandes unidades agropecuarias con más de 20 ha (MINAG, 2013).

Con la participación de estos trabajadores se vienen dando grandes fluctuaciones de niveles de producción entre valles y dentro de los valles debido a los niveles de tecnología utilizados y factores ambientales.

Con lo mencionado, es importante indicar que los rendimientos más altos se obtienen del sistema irrigado en los valles de Camaná y Majes en Arequipa, con 13 708 kg/ha, a comparación de las áreas de secano, que registran los rendimientos más bajos (incluso hasta 50 % menos que el sistema irrigado), debido a plagas y enfermedades, suelos ácidos, entre otros factores (MINAG, 2013).

De otro lado, los suelos de la Costa, que son aluviales y fértiles además de textura variable entre franco-arenosos y franco arcillosos con pH alcalino (7.8 a 8.8), bajos en materia orgánica, deficientes en nitrógeno (N), moderados en fósforo (P) y altos en potasio (K); permiten una producción con prospección creciente.

En este contexto, el insuficiente e inconsistente abastecimiento de agua es una de las mayores dificultades en la producción de arroz pues el cultivo del arroz bajo condiciones de riego de inundación consume entre 12 000 m³ y 14 000 m³ en la costa y entre 16 000 m³

y 18 000 m³ en la Selva; el agua es el factor limitante del cultivo en la costa norte, caracterizada por ser un desierto tropical.

En la **tabla 13** se presenta un resumen de las condiciones de suelo y clima de las diferentes zonas productoras de arroz en el Perú. Resalta el valle de Jequetepeque, ocupando el segundo lugar en mayor cantidad de materia orgánica disponible en el suelo, sin embargo en dicha zona la precipitación es mínima, lo que obliga a usar agua de riego.

Tabla 13. Condiciones de suelo y clima en las zonas arroceras del Perú

Zonas productoras de Arroz		Suelo			Clima	
		Altitud (msnm)	pH	MO (%)	T° Media	Precipitación (mm/año)
Piura	Valle de Chira	21.0 – 350.0	Neutro (*)	1.7	24.2	< 0.5
Lambayeque	Valle de Lambayeque	5.0 - 55.0	Neutro	1.9	22.4	< 0.5
La Libertad	Valle de Jequetepeque	25.0 - 58.0	Neutro	2.0	21.7	< 0.5
Arequipa	Camaná	5.0 - 35.0	Neutro	1.9	19.0	< 0.5
Amazonas	Bagua Grande	500.0 – 950	4.4	2.0	27.2	652.45
Cajamarca	Jaén	550.0 - 690.0	4.8	3.2	23.9	767.70
San Martín	Tarapoto	280.0 – 450.0	3.9	1.6	25.9	1 800.00
Loreto	Yurimaguas	145.0 – 175.0	4.7	1.8	26.3	2 300.00

(*) Neutro (pH: 6.8 – 7.1)

MO = materia orgánica

Fuente: MINAG (2013)

Capítulo 2

Situación actual del proceso de cultivo de arroz

2.1. Introducción

Para el presente estudio se consideran parcelas de 5 agricultores, distribuidas en 4 sectores agrícolas del valle de Jequetepeque (distritos San José y Jequetepeque, provincia de Pacasmayo, departamento de La Libertad) en las que temporal y eventualmente se realiza el cultivo del arroz.



Figura 31. Mapa de la provincia de Pacasmayo
Fuente: Perú Top Tours (s/f.)

La administración de cada parcela es de responsabilidad de su propietario. Cada uno cuenta con caporales y trabajadores de campo, quienes se encargan de supervisar las labores operativas en las parcelas y ejecutarlas, respectivamente.

El total de parcelas consideradas para el presente estudio abarcan 115 hectáreas, dentro de las cuales están ubicados los terrenos de cultivo de arroz. En la **tabla 14** se detalla la distribución de las parcelas según distrito y sector.

Tabla 14. Parcelas de cultivo de arroz seleccionadas para el estudio

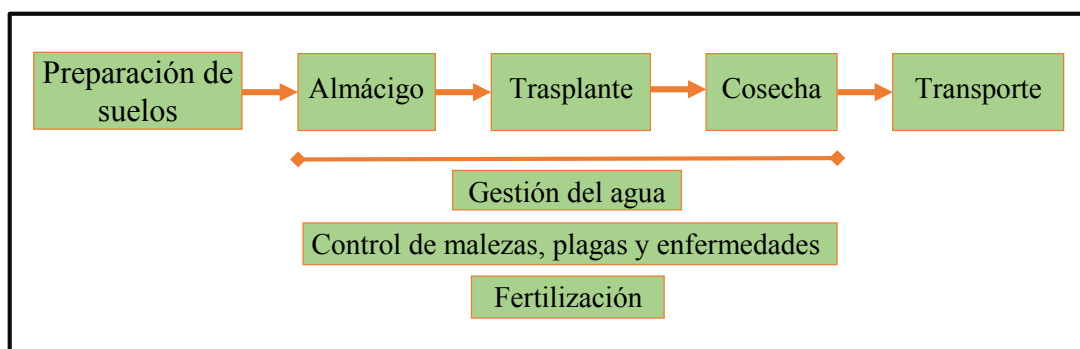
Distrito	Sector	Área (ha)	%
San José	SJ-1	37.0	32.17
	SJ-2	42.5	36.96
	SJ-3	5.5	4.78
Jequetepeque	J-01	30.0	26.09
TOTAL		115.0	100.00

Fuente: Elaboración propia.

La siembra, crecimiento y desarrollo de la planta de arroz se divide en tres fases principales: a) vegetativa (desde la germinación de la semilla hasta la iniciación de la panícula), b) reproductiva (desde la iniciación de la panícula hasta la floración) y c) maduración (desde la floración hasta la madurez total); alcanzado en total un promedio de 150 días desde la preparación de la semilla hasta la cosecha. La época de siembra se considera principalmente entre los meses de noviembre a febrero.

Los agricultores del presente estudio siembran la variedad de arroz IR-43 o también conocida como NIR, que se adapta mejor a las condiciones climáticas del valle de Jequetepeque.

De otro lado, el proceso productivo del arroz se divide en cinco grandes etapas, considerando que durante la etapa de desarrollo de la planta es necesario controlar los niveles de agua que requiere el arroz, aplicar nutrientes fertilizantes y controlar el desarrollo de hierbas, plagas, hongos, enfermedades, etc. Este proceso sigue la ruta descrita en la **figura 32**.

**Figura 32. Proceso de producción del arroz**

Fuente: Elaboración propia.

2.2. Preparación de suelos

La campaña agrícola arrocerá comienza con la preparación del terreno, a fin que se encuentre en las mejores condiciones para el crecimiento, desarrollo y cosecha de la planta.

La nivelación de la tierra para el cultivo de este cereal consiste en cambiar el micro relieve natural, uniformizándolo o alisándolo y desapareciendo las pendientes con objeto de poder mejorar y facilitar el establecimiento del cultivo bajo riego, su manejo agronómico y posterior desarrollo.

La práctica de preparación de suelos está asociada también a facilitar el manejo del agua en métodos de riego superficial o por gravedad para facilitar el drenaje del campo en siembra de diversos cultivos anuales.

Además de estos beneficios, se ha comprobado que esta actividad coadyuva en la eficiencia y eficacia de otras prácticas agronómicas asociadas al manejo propio del cultivo arrozal.

El suelo, además de ser el soporte físico de la planta de arroz, es el sustrato que provee los nutrientes durante el crecimiento y desarrollo del cultivo.

La preparación de tierras se realiza con maquinaria agrícola. El objetivo principal de la preparación de tierras es la oxigenación, y paralelamente la destrucción de malezas presentes, la incorporación de materia orgánica en el suelo y el mejoramiento de su estructura (mullir o reducir el tamaño de los terrones) en la capa arable, a fin de que la semilla sea colocada en un medio apropiado para su respectiva germinación en el suelo.

El trabajo de preparación de tierra se lleva a cabo en 6 etapas, tal como se muestra en la **figura 33**.

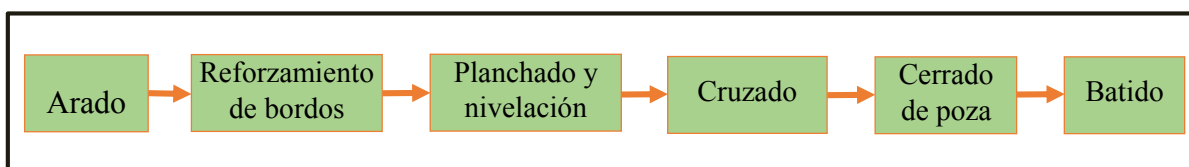


Figura 33. Etapas en la preparación de tierras para el cultivo del arroz

Fuente: Elaboración propia.

2.2.1. Aradura

Debido a que luego de la cosecha el terreno tiende a compactarse, se necesita “soltar” el terreno para que las raíces de la planta de arroz tengan facilidad de enraizamiento.

Lo primero que se realiza para la preparación del suelo es la aradura, con el fin de remover los residuos de la cosecha anterior, oxigenar el terreno y, sobre todo, porque al quedar húmedo el terreno y no ararlo, se generaría un ambiente propicio para el crecimiento de maleza, bacterias y hongos perjudiciales para la instalación de la semilla de arroz.

La aradura también facilita la incorporación de nutrientes y fertilizantes que quedaron en el terreno. Para la aradura se emplea una rastra (**figura 34**), implemento de labranza primaria para romper la capa superior del terreno, cortando, volteando, removiendo y mullendo el terreno a profundidades superiores a 15 cm.

La rastra está formada por un conjunto de discos cóncavos montados individualmente sobre un chasis.

Existen dos tipos de rastra: la liviana, que se utiliza para terrenos sueltos; y la rastra pesada para terrenos duros y compactos. Esta última cuenta con carretes más grandes y pesados entre los discos del eje, logrando alcanzar hasta 20 cm de profundidad.

Los agricultores del presente estudio utilizan una rastra de 24 discos de 28 pulgadas cada uno, que trabaja a profundidad de 15 cm aproximadamente.



Figura 34. Modelo de rastra para el arado del arroz

Fuente: Industria Agrícola Mecánica – INAMEC

Hay un trabajo de arado reversible de discos, operación que se realiza con un implemento agrícola parecido a la rastra pero con sólo 3 discos en fila, con un ángulo de ataque directo que puede remover la tierra a profundidades de hasta 40 cm, favoreciendo la percolación. Pero esto se realiza cada 4 a 5 años en promedio.

En la **tabla 15** se especifican las características técnicas de los tipos de rastra. Si bien la rastra pesada tiene en algunos modelos menos discos y de diámetro menor, el peso de la estructura en sí, hace que la rastra se asiente más en el terreno y de esta manera el trabajo se realice a mayor profundidad.

Tabla 15. Características de rastras según tipo

Características técnicas	Arado reversible	Rastra liviana	Rastra pesada
Cantidad de discos (und)	3	24	20
Diámetro de discos (pulg)	28	26	26
Espesor de discos (mm)	6	6	6
Ancho de corte (m)	0.8	2.7	2.75
Ángulo de inclinación	22°	17°	17°
Penetración máxima (pulg)	11.5	9.5	11.5
Peso (kg)	455	700	2 260

Fuente: FIANSA S.A. Elaboración propia.

La aradura se realiza de uno a dos meses después de la cosecha, cuando el terreno está aún poco húmedo, con el fin de evitar que el terreno se compacte demasiado por el secado de la tierra y dificulte el corte con los discos. Se requieren en promedio 2 horas de arado por hectárea.

2.2.2. Reforzamiento de bordos

Durante la campaña agrícola el agua de la poza golpea los bordos. Algunos animales como lombrices, zorros, roedores y culebras hacen huecos o nidos, lo que origina que para la

cosecha se tenga bordos con pequeñas rajaduras y grietas por donde el agua podría drenarse. Para esto es necesario reforzar los bordos con tierra de la misma poza, incorporando paja en ellos. Esta labor requiere de una tarea de trabajo por hectárea.

2.2.3. Planchado y nivelación

El planchado consiste en romper los terrones que quedan después de la aradura, con el fin de nivelar el terreno. Además se cubren los desniveles próximos a los bordos debido a la extracción de tierra para el reforzamiento de los mismos. Esta operación se hace con el uso de una rufa, equipo agrícola cuya función es arrastrar la tierra hacia los desniveles en el terreno. (Ver **figura 35**).



Figura 35. Trabajo de planchado y nivelación
Parcela J-01, Jequetepeque.
Fuente propia

La nivelación se realiza cuando el terreno presenta muchas variaciones de altura, de esta manera se busca la uniformidad en el nivel de tierra en la poza. Para esto, con la rufa se arrastra la masa de tierra de los niveles más altos de un terreno hacia los de menor nivel.

Antes de proceder a la nivelación o planchado del terreno, se define la situación altimétrica de la parcela. En esta tarea se colocan estacas de referencia para facilitar el trabajo del operador del tractor. El procedimiento para colocar las estacas en la parcela por lo general requiere de al menos 2 operarios, uno que recorra el terreno y coloque las estacas y otro que verifique el nivel en el centro del terreno. En la **figura 36** y la **figura 37** se ilustra el procedimiento de esta operación, la cual se explica a continuación:

- a) A simple vista y con criterio del operario se ubica el punto más bajo del centro del terreno y se coloca una piedra como punto de referencia.
- b) Para trabajar el nivel, se marca en un palo a 1 m de altura del punto de referencia.
- c) Sosteniendo una manguera (transparente, delgada y lo suficientemente larga) y haciendo coincidir los extremos de la misma -basándose en el principio de que el agua siempre se mantiene en un plano horizontal- se llena de agua hasta que en los dos extremos se alcance 1 m de altura.



Figura 36. Establecimiento del punto de referencia y medición de nivel de agua. Parcela J-01, Jequetepeque
Fuente propia

- d) Se comienza a recorrer la parcela y por cada 5 m, 10 m ó 20 m (de acuerdo a la variación de altura que presente el terreno) se colocan las estacas.
- e) Para definir el nivel en cada estaca se mide la altura desde el suelo hasta el nivel de agua en la manguera.

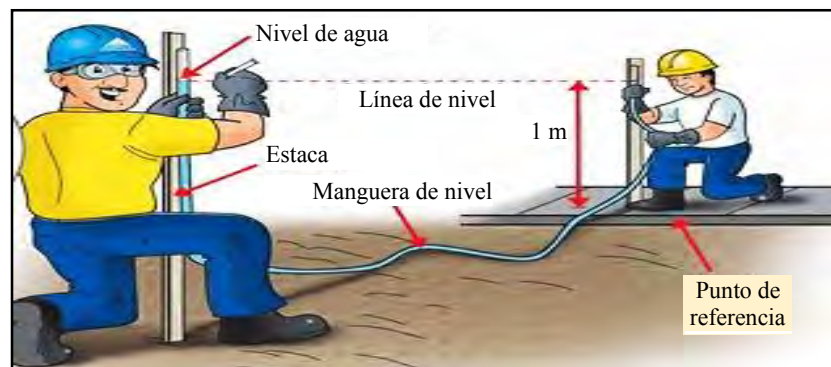


Figura 37. Procedimiento para marcar niveles y colocar estacas
Fuente: Aceros Arequipa S.A.

- f) Si la altura es de “1+X” metros, será necesario rellenar dicha zona; y si la altura es de “1-X” metros, será necesario quitar tierra. Dejar las estacas de forma visible y de altura \pm “X”.

Una vez establecidas las estacas, el operario del tractor entra al terreno y, tomando como referencia la altura de las estacas instaladas, procede a extraer o colocar tierra con la rufa en las áreas con variaciones de altura de la poza.

Para una mejor ilustración sobre los tiempos de trabajo de planchado y nivelación del terreno para el cultivo del arroz en diferentes pozas y con características distintas, se presenta la **tabla 16** con datos de áreas y tiempos medidos.

Tabla 16. Tiempo de operación de planchado y nivelación en pozas diversas

Fecha	POZA	m ²	Labor	Inicio	Fin	Tiempo (h:min)
26/11/2014	1	11 500	Planchado	2:50 pm	4:20 pm	01:30
26/11/2014	2	8 300	Planchado	4:25 pm	5:20 pm	00:55
27/11/2014	3	12 520	Nivelación	9:30 am	12:30 pm	03:00
27/11/2014	3	12 520	Nivelación	2:00 pm	5:00 pm	03:00
28/11/2014	3	12 520	Nivelación	7:00 am	12:00 pm	05:00
28/11/2014	3	12 520	Nivelación	2:00 pm	5:20 pm	03:20
01/12/2014	4	6 370	Planchado	7:00 am	8:05 am	01:05
01/12/2014	5	13 450	Planchado	8:15 am	10:15 am	02:00
03/12/2014	6	6 230	Planchado	7:05 am	7:49 am	00:44
04/12/2014	7	5 768	Planchado	7:56 am	8:54 am	00:58
08/12/2014	8	10 886	Planchado	9:26 am	11:00 am	01:34
09/12/2014	9	12 753	Planchado	11:15 am	1:08 pm	01:53
Promedio*		9 407.125 m²				01:19

* No se ha considerado los tiempos de la poza 3.

Fuente: Elaboración propia.

Se obtuvo como resultado que para una poza de un área promedio de 9 407.125 m², se requiere de 1 hora 19 minutos en promedio.

A partir de los datos tomados se puede determinar, mediante una proyección del promedio obtenido, que el tiempo requerido de planchado de una hectárea es de 1 h 24 min en promedio.

Como se muestra en la **tabla 16**, la poza 3 requirió de 14 h 20 min de trabajo de nivelación en total. Este dato no se tomó en cuenta para calcular el promedio ya que dicha poza es un terreno que recién se estuvo habilitando para cultivo de arroz. Sin embargo, se consideró oportuno la toma de tiempos para tener una referencia del trabajo requerido para este caso.

2.2.4. Cruzado

En el proceso de preparación del terreno se requiere una aradura adicional, llamada “de cruzado”. Como se muestra en la **figura 38**, este laboreo se realiza en dirección perpendicular a como se hizo en el primer arado.

El fin de esta tarea es dejar el terreno lo más suelto posible y con menos *champas*³. A la vez, tener una oxigenación más próxima a la siembra. Es así que el cruzado se realiza previamente a la operación de batido del terreno.

El tiempo de labor que toma el cruzado es de 1 h 30 min por hectárea de terreno.

³ Término usado por los agricultores para referirse a los terrones formados por los movimientos de tierra.

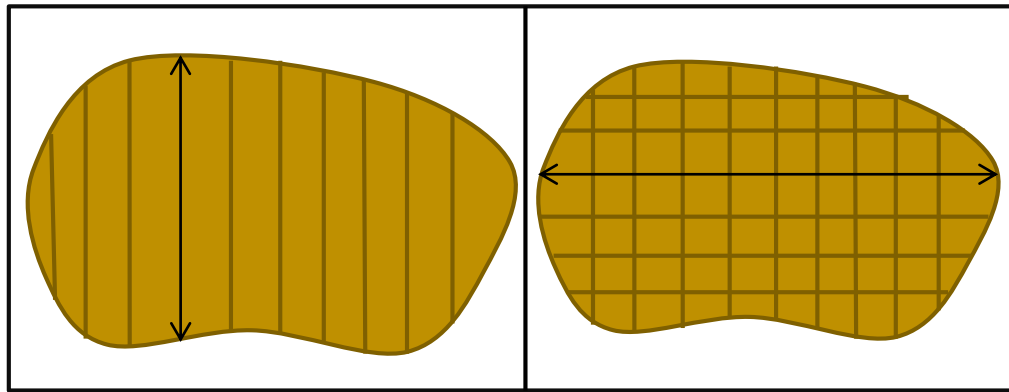


Figura 38. Dirección de arado (izq.) y dirección de cruzado (der.)

Fuente: Elaboración propia

2.2.5. Cerrado de poza

Una vez que se ha realizado el trabajo de nivelación y planchado del terreno y luego que la maquinaria agrícola haya salido de la poza, se procede a levantar el bordo de la zona por donde entró y salió esta maquinaria, cerrando completamente la poza para el posterior llenado con agua.

A la operación de derribar una parte del bordo del terreno para permitir el ingreso de la maquinaria agrícola se le conoce con el nombre de “romper cabeza”, se explica esta expresión en la **figura 39**, donde la “cabeza” es por donde ingresa el tractor.

Cabe resaltar que al inicio de los trabajos de preparación de suelo no se considera la ruptura de cabeza, ya que en la cosecha de la campaña anterior ya se tuvo que realizar para el ingreso de la máquina cosechadora.

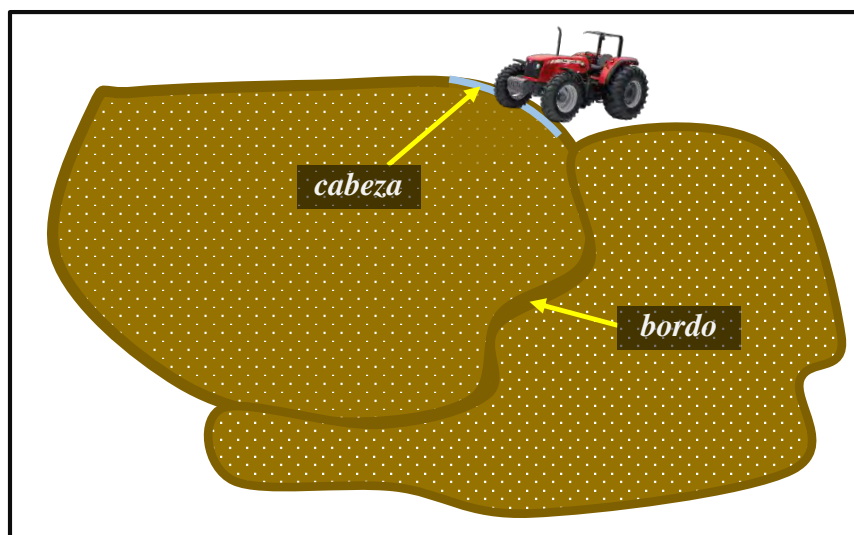


Figura 39. Representación de “romper cabeza” en el cerrado de poza

Fuente: Elaboración propia.

2.2.6. Batido

El momento del batido en el terreno depende de la fecha en la que se tenga la orden de recepción de agua (dispuesta por la Comisión de Regantes), pues este trabajo se realiza con la poza inundada pero se ejecuta exactamente antes del trasplante con el fin de soltar el terreno y facilitar el trabajo a los trasplantadores.

Para esta labor se requiere de un tractor liviano de doble tracción que tiene ruedas huecas de fierro que evitan su estancamiento, las que a la vez van soltando el terreno. Asimismo tiene adaptado en su parte trasera una tabla que, de cierta manera, nivela el suelo (**figura 40**).

Según los agricultores consultados, el tiempo requerido para esta tarea varía entre 1 hora a 2 horas por hectárea con tractor batidor, dependiendo de la condición en la que se encuentre el terreno. El costo del servicio de tractor batidor es de S/. 85/hora.



**Figura 40. Proceso de batido del terreno
Parcela J-01, Jequetepeque.**
Fuente propia

2.3. Uso y manejo de agua para riego

En el valle de Jequetepeque el total del requerimiento hídrico es abastecido por agua superficial de riego, ya que las lluvias son escasas en esta zona agrícola.

La Junta de Usuarios de Riego, autoridad local encargada de la administración del agua para los campos agrícolas, realiza un Plan de Cultivo y Riego al inicio de la campaña, momento en que los agricultores presentan una solicitud para tener el permiso de sembrar cierta cantidad de hectáreas, que al ser aprobada, determina el uso de 14 000 m³ de agua para una hectárea de arroz.

Esta cantidad de agua se entrega por etapas, en las que el agricultor la administra según el avance del cultivo. Para la primera etapa del cultivo (preparación de almácigo), se asigna un máximo de 2 500 m³. La cantidad restante se entrega durante el desarrollo del cultivo luego del trasplante.

El reparto del agua se realiza cada 8 días a un tiempo de 4 horas por hectárea, con un caudal máximo de 90 l/s. El derecho de uso de agua para el cultivo de arroz tiene un costo de S/. 303 por hectárea y, de ser necesario, se da la facilidad de que al inicio de la campaña se pague el 20 % para la realización de almácigos, un 30 % antes de trasplante y el monto restante antes de cosecha.

La gestión de los canales o acequias internas del terreno es responsabilidad del propio agricultor, quien debe ver la manera de facilitar la llegada del agua hacia sus parcelas.

En la preparación de tierras, se inunda la poza antes de que ingrese el batidor para preparar el terreno para el trabajo de trasplante. En esta operación no hace falta esperar un tiempo para el ingreso del tractor, sino que puede ser inmediato. Sin embargo, para el almácigo, es necesario el trabajo con *yunta*⁴, debido al área reducida de las almaciguera. Posteriormente se procede con el voleo de semilla en la almaciguera.

Ocho días posteriores al voleo de la semilla, se realiza la primera fumigación para prevenir el crecimiento de hierbas. Cinco días después (cuando se asimiló el herbicida) se drena la almaciguera y se deja el terreno seco un máximo de 2 días con el fin de incentivar el crecimiento de las raíces de la planta. Posterior a esto se vuelve a inundar la poza.

Para la saca de las plántulas es necesario que la almaciguera esté inundada, con el fin de que la textura del suelo sea suave y barrosa para facilitar la extracción; de lo contrario, se arrancarían las plántulas rompiendo las raíces.

Después del trasplante y de aplicar la primera fumigación, se deja que se consuma el agua de la poza y se mantiene así para que, al igual que en el almácigo, se estrese la planta y de esta manera se desarrollen más rápidamente sus raíces. Se debe tener especial cuidado en no saturar el terreno, por lo que es necesario inundar nuevamente la poza a los 7 días aproximadamente (tiempo en que la planta asimila los insumos de la fumigación y en que el terreno se seca).

Si no hay drenaje natural, se deben habilitar acequias para dicha operación. Estas tienen como objetivo impulsar el desarrollo radicular de la planta para pueda absorber más nutrientes del suelo.

Posteriormente al drenado en el terreno ya trasplantado, se busca que la poza quede inundada hasta un mes antes de la cosecha en terrenos muy bajos o una semana en terrenos altos, tiempo requerido para el secado del suelo y así facilitar el ingreso y trabajo de la máquina cosechadora. La diferencia de tiempo requerido para el secado entre terrenos bajos y altos se debe, justamente, al nivel freático.

2.4. Preparación de almácigo

Esta actividad se inicia con el voleo de la semilla en las almaciguera y termina con la extracción del almácigo para así dar inicio al trasplante. De la selección de una buena variedad y de la utilización de semilla de muy buena calidad depende, en gran medida, el éxito de un proyecto arrocero, ya que se garantiza buen porcentaje de germinación, vigor y

⁴ Pareja de toros que jalan una tabla de madera, la cual va nivelando el terreno según su recorrido.

crecimiento uniforme. Los agricultores del presente estudio emplean semilla de la variedad IR-43 (NIR).

La preparación del almácigo se divide en 4 etapas, como se muestra en la **figura 41**.

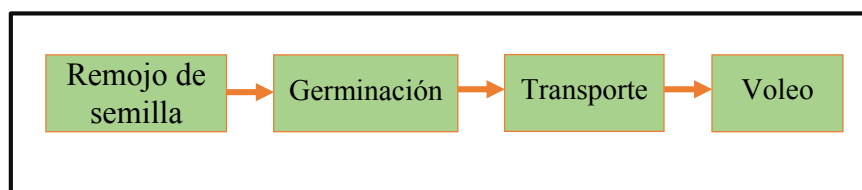


Figura 41. Etapas de preparación del almácigo

Fuente: Elaboración propia.

2.4.1. Remojo de semilla

Los sacos de semilla (40 kg) se sumergen en agua durante 24 horas para facilitar la hidratación, consiguiendo que se ablande la capa externa de la semilla para contribuir a su capacidad de romper su cutícula externa. Asimismo, esta acción sirve como lavado, ya que quita cualquier partícula que se haya impregnado en las semillas, debido a las condiciones de almacenamiento que hayan tenido.

2.4.2. Germinación

Posterior al remojo de la semilla se cubren los sacos con paja y/o con una manta para darle calor y facilitar la germinación. Por lo general se requiere de 24 a 36 horas, dependiendo de la temperatura ambiental a la que esté expuesta la semilla, siendo que, a mayor temperatura, menor tiempo de remojo y abrigo.

Se debe asegurar que la semilla esté germinada en más del 80 % con germinación uniforme. En la **figura 42** se muestra cómo germina el arroz.



Figura 42. Germinación de la semilla de arroz

Fuente: Agrobanco (2014)

2.4.3. Almaciguera

Los terrenos destinados para el desarrollo inicial de la planta tienen el nombre de almacigueras. Como se muestra en la **figura 43**, estas pozas son pequeñas. En promedio estas almacigueras tienen un área de 500 m^2 , área que abastece de plántulas para el trasplante de una hectárea de terreno definitivo.

De esta manera se facilita la aplicación de la semilla y la extracción de la planta para cuando se lleve al terreno definitivo.

Las pozas para almácigo deben tener suelo fértil y estar libres de sales, disponer de fuente de agua cercana y estar al mismo nivel de altura de las demás pozas para que el ingreso de agua sea parejo; asimismo, deben contar con canales de ingreso y drenaje de agua pues la cantidad de agua debe ser controlada.

Todo esto se debe a que la deficiente cantidad de agua limita el desarrollo de la planta y un exceso de agua incluso haría que la semilla se pudra.

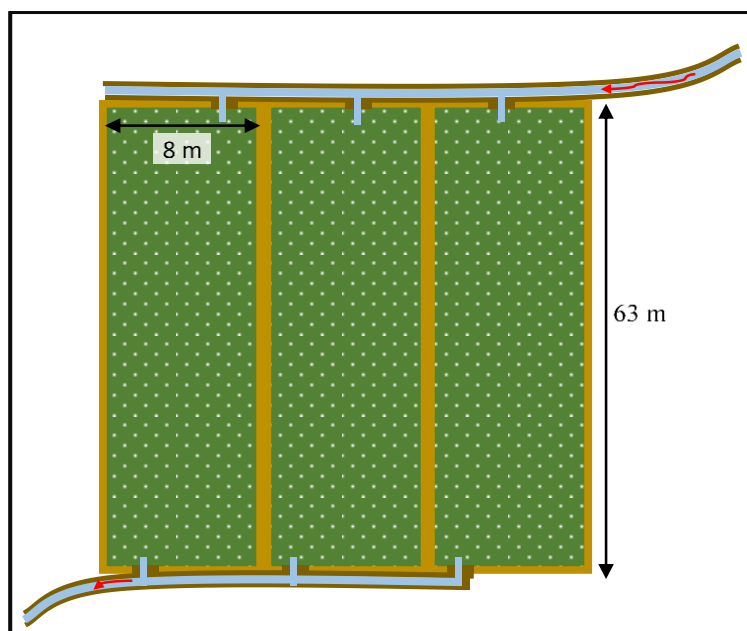


Figura 43. Representación de una almaciguera

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, la lámina de agua en la poza debe tener una altura de máximo 5 cm para evitar el arrastre de la semilla. El agua debe ser traslúcida para la buena visualización y correcta distribución de semilla por parte del trabajador.

2.4.4. Transporte

Teniendo la semilla ya germinada, esta se traslada hasta las almacigueras en carretas jaladas por tractor, y en algunos casos, en camión.

En esta labor agrícola se tiene que cuidar que el voleo de la semilla sea inmediatamente después de la germinación, a fin de facilitar la adaptación de la semilla al terreno en el que se desarrollará (almaciguera).

2.4.5. Voleo

Para esparcir la semilla en el terreno los operarios cargan unos sacos pequeños acondicionados en el hombro, recorriendo los bordos que rodean el terreno y lanzando las semillas germinadas. Se recomienda orear la semilla para evitar que se adhiera a la mano del operario, así también volear a las primeras horas del día para evitar las corrientes de viento.

Cuando ya emergió la hoja, se hace un control del crecimiento y desarrollo colocando una cañita o palo al costado de una hoja. El desarrollo óptimo es de casi 1 cm por día. Si no ocurre lo anterior, se toman medidas agregando fertilizantes. El almácigo estará listo a los 25-30 días después del voleo.

En el valle de Jequetepeque se aplica 200 g de semilla /m² de suelo. Considerando que las pozas de almácigo tienen en promedio 500 m², se suele aplicar entre 100 kg a 120 kg de semilla por poza.

Sin embargo, en las parcelas del presente estudio, se aplica incluso hasta 250 g de semilla por m² de suelo para el almácigo, es decir, 125 kg por almaciguera, con la finalidad de asegurar población de plántulas, ya que se considera un porcentaje probable de mortandad, el cual se eleva en condiciones adversas (clima, agua, nutrientes, etc).

Podría considerarse que, al ocupar más espacio con semilla de arroz, no se deja terreno libre para el crecimiento de malezas. Un buen almácigo puede rendir 1:20 ó 1:25, esto quiere decir que de 1 ha de almácigo se obtiene semilla para trasplantar 20 ha a 25 ha en campo definitivo. La calidad del almácigo depende de la aplicación de una buena semilla.

Así, una almaciguera en condiciones regulares rinde entre 220 *garbas*⁵ a 240 *garbas*; por otro lado, si la semilla no resultó buena, la población de plántulas será menor y por tanto rendirá sólo 150 *garbas* (estas almacigueras se las considera “ralas”).

A los operarios que realizan el voleo se les paga una tarea por cada 6 sacos de semilla (40 kg cada uno). Esto quiere decir que para una almaciguera se requiere media tarea, ya que se aplican 3 sacos en promedio.

2.5. Trasplante

Existen varios tipos de siembra de arroz, sin embargo, los agricultores trabajan con el método de trasplante porque bajo esta modalidad existe un ahorro significativo de semilla pues se controla la primera etapa de desarrollo de la planta en un área mucho menor (almacigueras) y se consiguen mejores rendimientos. Este método de siembra se basa en tres operaciones, como se muestra en la **figura 44**.

⁵ Grupo de aproximadamente 180 plántulas amarradas con planta seca de *chante*.

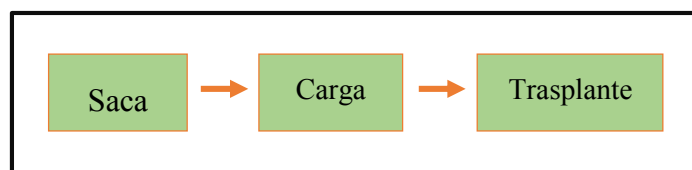


Figura 44. Operaciones de trasplante en la siembra de arroz

Fuente: Elaboración propia.

2.5.1. Saca

Cuando el almácigo tiene entre 25 días a 30 días (25 cm aproximadamente) se procede a extraer las plántulas de las almacigueras. El operario (sacador) va juntando las plántulas en grupos llamados “garbas”, los que son amarrados con *chante*. Consiguientemente va dejando las garbas amarradas a un costado de la parcela para su posterior recojo.

Para armar las garbas, se juntan con el dedo pulgar (lo más cerca posible de la tierra) de 3 a 4 plántulas, formando un ángulo de 30° con el suelo, y con los otros cuatro dedos se aplica la fuerza para extraerlas. En la **figura 45** se muestra una almaciguera de aproximadamente 800 m².



**Figura 45. Proceso de saca de plántulas
Parcela J-01, Jequetepeque.**

Fuente propia

Para los terrenos salinos se espera a que las plántulas tengan entre 40 a 45 días con tallos más fuertes y con gran actividad radicular para que no exista dificultad de prendimiento en el trasplante.

Como se mencionó antes, una almaciguera de 500 m² rinde entre 150 a 220 garbas. Para las parcelas de estudio, los agricultores consideran que se garantiza por lo menos el 95 % de almacigueras en condiciones normales (220 garbas/500 m²). Las tareas de saca son de 50 m². Así, por cada almaciguera en promedio se requieren 10 tareas.

El tiempo promedio que tarda un sacador para dejar lista una garba es de 54 segundos, desde que comienza a extraer la plántula hasta que amarra una garba. En la **tabla 17** se muestran los tiempos de preparación de una garba, tomados a distintos trabajadores y aleatoriamente.

Tabla 17. Toma de tiempos en el proceso de saca

Trabajador	Tiempo de saca por garba (s)					Promedio parcial (s)
1	68	43	45	48	64	49
	47	55	44	49	45	
	57	55	49	41	44	
	35	47	41	-	-	
2	34	31	30	33	29	34
	41	52	27	29	29	
	28	34	32	33	41	
	39	39	34	38	30	
	40	29	-	-	-	
3	26	28	49	43	45	44
	44	39	43	50	47	
	56	47	45	54	46	
	51	53	48	26	32	
4	46	54	43	40	55	48
	93	36	37	50	45	
	46	45	46	42	38	
	52	42	54	45	50	
5	57	61	59	52	54	54
	60	64	52	69	59	
	52	55	49	46	38	
	52	48	51	50	52	
6	53	65	88	76	59	66
	65	79	97	70	71	
	95	80	55	57	47	
	58	55	44	54	49	
7	47	50	42	46	53	61
	64	66	56	75	99	
	52	75	70	63	64	
8	60	44	49	52	55	63
	56	62	117	51	94	
	57	54	58	66	-	
9	77	79	81	68	53	69
	82	83	63	64	74	
	78	58	59	66	55	

Fuente: Elaboración propia.

2.5.2. Carga

Debido a que las pozas definitivas donde crecerá la planta no siempre están próximas a los almácigos, se requiere de operarios que lleven las garbas hasta donde se realizará el trasplante.

Para esto, los operarios se dirigen hasta los almácigos, recogen el grupo de garbas, y luego las distribuyen en el área de trasplante, tal como muestra la **figura 46**.

Cabe resaltar que el tiempo de transporte de garbas de un mismo almacigo varía, ya que las pozas definitivas tienen distancias diferentes respecto a las almacigueras. Asimismo, de acuerdo a la distancia, se establece el requerimiento de jornales. Por ejemplo, si el terreno definitivo está próximo al almacigo, una tarea de carga equivale a trasladar tres tareas de saca.

En la **tabla 18** se detallan las equivalencias para determinar las tareas de carga necesarias para una almaciguera, además se muestra la distribución (en porcentaje) del área de las parcelas (por sector), según equivalencia de distancia-n° de tareas.



**Figura 46. Tarea de carga de garbas en el trasplante
Parcela SJ-03, San José.**

Fuente propia

Tabla 18. Equivalencias entre tareas de saca y carga

Equivalencia			Sector (%)			
Distancia	Saca	Carga	J-01	SJ-1	SJ-2	SJ-3
Hasta 130 m	3 tareas	1 tarea	67	11	82	18
De 130 m a 200 m	2 tareas	1 tarea	20	5	6	18
De 200 m a 250 m	1 tarea	1 tarea	13	84	12	64
TOTAL			100	100	100	100

Fuente: Elaboración propia.

Se entiende que las distancias son aproximadas y que el cargador no sólo deja el grupo de garbas en un sitio, sino que también las distribuye en la poza para facilitar la labor de los trasplantadores.

Por otro lado, si el terreno se encuentra distante de la almaciguera, es necesario transportar las garbas en un vehículo de carga (camión o camioneta) como se muestra en la **figura 47**. En esta situación el requerimiento de jornales aumenta debido a que las plantas se cargan al vehículo y se descargan en el terreno definitivo.

Según información de los agricultores, la proporción que representa cada tipo de transporte de garbas (a pie o en vehículo) en cada sector es diferente, como se describe en la **tabla 19**.

Por ejemplo en las parcelas del sector SJ-1 se requiere transportar en vehículo el 84 % de las garbas requeridas para abastecer todas las hectáreas de este sector, esto debido a que al ser varias hectáreas, se requiere de varias almacigueras y no todas están en un mismo lugar. Caso distinto es el de las parcelas del sector SJ-3, en donde todas las garbas se llevan a pie.

En promedio, para las parcelas que en su mayoría se usa transporte a pie, se requiere 5 tareas de carga por hectárea; mientras que en las parcelas donde la mayoría de terrenos requieren transporte vehicular, se necesita entre 7 a 9 tareas de carga por hectárea.



Figura 47. Transporte en camión y descarga de garbas Parcela SJ-02, San José.

Fuente propia

Tabla 19. Diferencias proporcionales en el transporte de garbas

Sector de parcelas	Transporte a pie (%)	Transporte vehicular (%)
J-01	87	13
SJ-1	16	84
SJ-2	88	12
SJ-3	100	-

Fuente: Elaboración propia.

Cada cargador transporta una cantidad distinta de garbas en cada viaje, esto en función de su capacidad de sostener el volumen y peso de las garbas, las cuales pesan 1.5 kg cada una en promedio.

Los cargadores trasladan en promedio 41 garbas por viaje, como se muestra en la **tabla 20**; y dado que una almaciguera da 220 garbas, en promedio se requieren 6 viajes de carga para abastecer plántulas para una hectárea.

Si bien los tiempos de carga varían de acuerdo a la distancia entre las almacigueras y la poza de trasplante, así como por la cantidad de garbas que traslada el cargador, se ha realizado una toma de tiempos con diferentes cargadores y en distintas almacigueras (**tabla 21**). El tiempo de transporte es la suma del tiempo de ida más el tiempo de regreso.

Los tiempos de saca de los almacigos 1 y 2 de la **tabla 21**, la operación consistió en llevar las garbas de la almaciguera hasta el camión; mientras que los del almacigo 3, la operación fue llevar las garbas a pie desde la almaciguera hasta el terreno a trasplantar.

Estos datos representan el tiempo que un cargador realiza un viaje. Para los datos de los almacigos 1 y 2 no se ha considerado el tiempo de transporte en vehículo, que en promedio es de 3 minutos según los agricultores consultados.

Tabla 20. Estimado de número de garbas que carga un operario

Cargador	Número de garbas	Cargador	Número de garbas
1	55	6	35
2	45	7	50
3	48	8	40
4	35	9	35
5	36	10	37
Promedio	41.6		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21. Estimado de tiempos de carga de garbas por cargador

Almaciguera	Cargador	Tiempo de ida (min:s)	Tiempo de carga (min:s)	Tiempo de regreso (min:s)	Tiempo transporte (min:s)	Tiempo transporte promedio (min:s)	Tiempo carga promedio (min:s)
1	1	06:01	03:01	05:33	11:34	10:43	03:01
		05:34	03:20	05:07	10:41		
		05:11	03:15	05:05	10:16		
	2	04:02	02:41	05:39	09:41		
		05:47	02:51	05:36	11:23		
2	3	01:05	02:00	01:37	02:42	02:45	02:01
		01:17	02:02	01:32	02:49		
	4	01:11	01:58	01:30	02:41		
		01:14	02:05	01:35	02:49		
3	5	01:29	02:50	01:30	02:59	03:05	04:02
		01:36	05:19	01:37	03:13		
		01:32	02:54	01:26	02:58		
	6	01:33	02:54	01:34	03:07		
		01:38	05:55	01:24	03:02		
		01:34	03:06	01:34	03:08		
	7	01:36	03:19	01:36	03:12		
		01:35	06:20	01:24	02:59		
		01:33	03:47	01:37	03:10		

Fuente: Elaboración propia.

A partir de la **tabla 14** y **tabla 19** se puede determinar el porcentaje del total de cada tipo de transporte de garbas para cada uno de los sectores de las parcelas; donde por ejemplo la parcela J-01 representa el 26.1 % del total de parcelas analizadas, y en ella el 87 % de la carga es a pie y el 13 % restante se hace con ayuda de transporte vehicular.

$$\begin{aligned}
 \text{Transporte a pie} &= \sum_{\text{parcela } i=1}^4 (\% \text{ parcela}_i \text{ respecto del total}) * (\% \text{ carga a pie en parcela}_i) \\
 &= (0.261 * 0.87) + (0.3217 * 0.16) + (0.3696 * 0.88) + (0.0478 * 1) \\
 &= 0.642 = \mathbf{64.2 \%}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Transporte a pie} &= \sum_{\text{parcela } i=1}^4 (\% \text{ parcela}_i \text{ respecto del total}) * (\% \text{ carga vehicular en parcela}_i) \\
 &= (0.261 * 0.13) + (0.3217 * 0.84) + (0.3696 * 0.12) \\
 &= 0.358 = \mathbf{35.8 \%}
 \end{aligned}$$

A partir de la **tabla 18** se puede calcular el porcentaje del total que representa cada intervalo de distancia, según la siguiente fórmula.

$$\text{Tipo de distancia} = \sum_{\text{parcelas } i=1}^4 (\% \text{ parcelas}_i \text{ respecto del total}) * (\% \text{ equivalencia según sector})$$

- Hasta 130 m = $(0.67 * 0.261) + (0.11 * 0.3217) + (0.82 * 0.3696) + (0.18 * 0.0478)$
= 0.3413 = **34.13 %**

- De 130 m a 200 m = $(0.20 * 0.261) + (0.05 * 0.3217) + (0.06 * 0.3696) + (0.18 * 0.0478)$
= 0.1346 = **13.46 %**

- Hasta 250 m = $(0.13 * 0.261) + (0.84 * 0.3217) + (0.12 * 0.3696) + (0.64 * 0.0478)$
= 0.5242 = **52.42 %**

Con los cálculos anteriores y los datos de la **tabla 21**, se puede determinar el tiempo promedio de carga para una hectárea:

$$\left[\begin{array}{c} \text{Tiempo} \\ \text{promedio total} \\ \text{de carga} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{Tiempo promedio} \\ \text{de carga con} \\ \text{vehículo} \end{array} \right] * 35.8 \% + \left[\begin{array}{c} \text{Tiempo} \\ \text{promedio de} \\ \text{carga a pie} \end{array} \right] * 64.2 \%$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tiempo promedio de} \\
 \text{carga con vehículo} &= \left\{ \left[\frac{(10 \text{ min } 43 \text{ s} + 3 \text{ min } 1 \text{ s}) + (2 \text{ min } 45 \text{ s} + 2 \text{ min } 1 \text{ s})}{2} \right] * 6 \text{ viajes} \right\} + 3 \text{ min} \\
 &= 18 \text{ min } 44 \text{ s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tiempo promedio} \\
 \text{de carga a pie} &= 3 \text{ min } 5 \text{ s} + 4 \text{ min } 2 \text{ s} = 7 \text{ min } 7 \text{ s}
 \end{aligned}$$

El cálculo anterior tiene como resultado un tiempo promedio de carga igual a 25 min 51 s, pero este tiempo promedio de carga por hectárea, está basado en el supuesto que sólo exista un cargador. Ya que por lo general trabajan 5 cargadores de garbas, el tiempo de operación de carga sería de aproximadamente 6 minutos.

Se debe tener especial cuidado en no dejar que las garbas permanezcan mucho tiempo en reposo, ya que se considera que pasado 15 horas desde su extracción, ya hay deterioro de las plántulas, más aún cuando las raíces tienen contacto con tierra seca, hay un exceso de temperatura o pérdida de humedad, llegando incluso a marchitarse toda la plántula.

2.5.3. Trasplante

La densidad de siembra en número de golpes por m² varía de 16 a 25 y el número aproximado de plantas por golpe es de 4 a 8 plántulas. Esto depende de las características del terreno y de su capacidad de macollamiento⁶.

Los agricultores consultados han optado por trabajar con alta densidad de siembra, esto es: 35 golpes por metro cuadrado y 6 ó 7 plántulas por golpe para garantizar población (considerando índice de mortandad por factores adversos).

En caso haya mortandad en las pozas de trasplante, sería necesario reponer plántulas de la misma edad.

En caso que el almácigo tenga más de 30 días, es necesario colocar más plántulas por golpe; y si el terreno es salino, se requiere aún más, de acuerdo a la mayor o menor salinidad existente.

Como se muestra en la **figura 48**, los cargadores llegan al terreno de trasplante y arrojan las garbas para esparcirlas por el terreno, así facilitan el trabajo a los trasplantadores.



**Figura 48. Proceso de distribución de garbas en las tareas de trasplante
Parcela SJ-01, San José.**

Fuente propia

⁶ Término usado por los agricultores para referirse a la generación de macollos en la planta de arroz.

Se realizó una toma de tiempos para determinar el tiempo promedio que tarda una persona en realizar una tarea de trasplante de 500 m² (**tabla 22**), obteniéndose como resultado 4 h 12 min.

Tabla 22. Estimado de tiempo por persona en las labores de trasplante

Trabajador	Hora inicio	Hora fin	Tiempo (h:min)
1	07:05 am	11:19 am	04:14
2	07:25 am	10:47 am	03:22
3	07:25 am	11:19 am	03:54
4	07:25 am	11:28 am	04:03
5	07:25 am	11:32 am	04:07
6	07:25 am	11:33 am	04:08
7	07:25 am	11:33 am	04:08
8	07:25 am	11:33 am	04:08
9	07:25 am	11:45 am	04:20
10	07:25 am	11:47 am	04:22
11	07:25 am	11:49 am	04:24
12	07:25 am	11:52 am	04:27
13	07:25 am	11:52 am	04:27
14	07:25 am	11:58 am	04:33
15	07:25 am	11:58 am	04:33
16	07:25 am	11:58 am	04:33
17	07:25 am	12:09 pm	04:44
18	07:25 am	12:09 pm	04:44
19	07:25 am	12:09 pm	04:44
20	07:35 am	11:09 am	03:34
21	07:35 am	11:09 am	03:34
22	07:35 am	11:19 am	03:44
23	07:35 am	11:19 am	03:44
24	07:35 am	11:34 am	03:59
25	07:35 am	11:45 am	04:10
26	07:35 am	11:45 am	04:10
27	07:35 am	11:45 am	04:10
28	07:35 am	11:49 am	04:14
29	07:35 am	11:50 am	04:15
30	07:35 am	11:51 am	04:16
31	07:35 am	11:53 am	04:18
32	07:35 am	11:53 am	04:18
33	07:35 am	11:53 am	04:18
34	07:35 am	12:01 pm	04:26

Fuente: Elaboración propia.

2.6. Fertilización, control de malezas y plagas

La dosis de fertilización en almácigo (de 500 m²) para trasplantar una hectárea de terreno se divide en tres etapas como se muestra en la **tabla 23**.

Tabla 23. Dosis de fertilización para almácigo

Almácigo			
Abonamiento	Tiempo después de realizado el voleo	Producto	Cantidad (kg/500 m²)
1	14 días	Urea	10
		Sulfato de amonio	10
		Magsil ⁷	4
2	19 días	Urea	15
		Sulfato de amonio	10
3	25 días	Urea	15
		Sulfato de amonio	10

Fuente: Elaboración propia.

Según Misti – Perú (2014), la función que tiene la urea es contribuir al rápido crecimiento de la planta por su alto contenido de nitrógeno. La aplicación de sulfato de amonio se explica porque el nitrógeno y el azufre, al combinarse, generan sinergia para aumentar la absorción de nitrógeno, nutriente necesario para que la planta genere proteínas. Además el nitrógeno y el azufre están asociados con la formación de clorofila.

Para una hectárea de arroz trasplantado, la dosis de fertilización que aplican los agricultores consultados se divide en 4 etapas, como se muestra en la **tabla 24**.

Para la aplicación de fertilizantes se utiliza por lo general como unidad de medida la bolsa o saco de 50 kg, a excepción del producto Magsil que viene en presentación de sólo 30 kg.

La **tabla 24** muestra la dosis de cada aplicación en las parcelas de Jequetepeque y San José.

Tabla 24. Dosis de fertilizantes en terreno definitivo

Arroz trasplantado			
Fertilización	Tiempo después de trasplante	Producto	Cantidad (kg/ha)
1 (abono base)	Inmediato (antes de trasplante)	Fosfato diamónico	100
		Sulfato de potasio	50
		Magsil	60
2	18 días	Urea	150
		Sulfato de amonio	100
3	30 días	Urea	150
4	70 días punto de algodón	Sulfato de amonio	200

Fuente: Elaboración propia.

El fosfato diamónico tiene una cantidad importante de fósforo, elemento que en el suelo es poco asimilable; sin embargo, al aplicar también nitrógeno, éste favorece la absorción y disponibilidad de fósforo (Misti – Perú, 2014).

⁷ Fertilizante cuyo contenido principal es: Mg (8 %) y Si (11 %).

En el caso particular de la parcela “SJ-03” se requiere aplicar, además de la dosis normal de fertilización, 4 bolsas (200 kg) de sulfato de amonio en la primera fertilización (ver **tabla 25**), esto debido a la salinidad que presentan estos terrenos y por lo tanto requieren mayor disponibilidad de nutrientes.

Tabla 25. Dosis de aplicación de fertilizantes en la parcela SJ-03

Arroz trasplantado			
Fertilización	Tiempo después de trasplante	Producto	Cantidad (kg/ha)
1 (abono base)	10 días	Fosfato diamónico	100
		Sulfato de potasio	50
		Sulfato de amonio	200
		Magsil	60
2	18 días	Urea	150
		Sulfato de amonio	100
3	30 días	Urea	150
4	70 días ó punto algodón	Sulfato de amonio	200

Fuente: Elaboración propia.

Los principales componentes químicos de cada uno de los productos que se aplican en los terrenos se muestran en la **tabla 26**.

Tabla 26. Componentes químicos en los fertilizantes aplicados

Producto	Fórmula			
Urea	N (46 %)			
Sulfato de amonio	N (21 %)	S (24 %)		
Magsil	Mg (8 %)	Si (11 %)	S (6 %)	Ca (3 %)
Fosfato diamónico	N (18 %)	P ₂ O ₅ (46 %)		
Sulfato de potasio	K ₂ O (50 %)	S (18 %)		

Fuente: Misti Perú y Green Valley (2015)

Tabla 27. Fumigación para almácigos

Almácigo (500 m ²)			
Fumigación	Tiempo después de voleo	Producto	Cantidad (kg)
1	8~10 días	Saturn ⁸	3

Fuente: Elaboración propia.

⁸ Herbicida tiocarbamato benthicarb.

Tabla 28. Fumigación para los terrenos definitivos

Arroz trasplantado		
Fumigación	Componente activo – Producto	Cantidad (ml/200 l)
1	Regulador de agua (pH) – Neutral pH	200
	Fungicida preventivo - Phyton ⁹	500
	Ac. Húmicos (foliar) – Rooter 15 ¹⁰	1000
2 y 3	Regulador de agua (pH) – Neutral pH	200
	Alfacipermetrina (insecticida contacto) – Cipermet ¹¹	350
	Difeconazole + Azozytrobin (fungicida curativo y poder residual) - Taspas ¹²	250
	Insecticida (Methomyl) - Lannacrop	100 g
	Fertilizante orgánico – Organic Gem ¹³	8000
	Bioestimulante (macollamiento) - Biotech ¹⁴	250
4	Regulador de agua (pH) – NeutralPH	200
	Difeconazole + Azozytrobin (fungicida curativo y poder residual) – Taspas	250
	Thiametoxan (insecticida sistémico) – Power ¹⁵	100 g
	Bioestimulante (macollamiento) – Biotech	250
	Potasio (foliar) –Energy Potasio ¹⁶	1000
	Calcio – Energy Calcio ¹⁷	1000
	Fertilizante orgánico – Organic Gem	8000

Fuente: Elaboración propia.

El control integrado de malezas empieza con el uso de semillas de alta calidad, la preparación adecuada de suelos, el manejo del agua y el uso de productos químicos. El control químico es necesario; sin embargo, es la última y no la primera defensa en el control de malezas.

Con respecto al control químico que realizan los agricultores consultados, se requiere de aplicaciones de herbicidas, fungicidas e insecticidas, tanto en la etapa de almácigo (**tabla 27**), como en el terreno trasplantado (**tabla 28**), los cuales se aplican mediante el uso de mochilas aspersoras de 25 litros.

Las dosis se mezclan con agua en un cilindro de 200 litros, los cuales abastecen a 8 mochilas para fumigar una hectárea. Las fumigaciones se realizan 3 días después de las fertilizaciones, tiempo que tarda la planta en asimilar los nutrientes y porque justo en este momento los insectos y lombrices atacan.

⁹ Sulfato de cobre pentahidratado (21.36 %), coadyuvantes (78.64 %).

¹⁰ Ácidos húmicos (6 %), potasio (5 %), fósforo (3 %), nitrógeno (3 %).

¹¹ Alfacipermetrina (100 g/l), pH (6~7).

¹² Difeconazole (250 g/l), propiconazole (250 g/l).

¹³ Fertilizante orgánico a base de pescado. Los agricultores consultados recién lo están probando.

¹⁴ Hierro (8 %), manganeso (16 %), zinc (4 %).

¹⁵ Thiamethoxam (25 g), ingredientes inertes (100 g).

¹⁶ Potasio (33 %).

¹⁷ Calcio (18.2 %).

2.7. Cosecha

Después de trasplantada la planta, ésta sigue con su desarrollo hasta alcanzar la madurez. La cosecha se inicia cuando el 90 % de los granos de arroz están maduros y de color amarillo. El contenido de humedad que deben tener los granos es entre 18 % a 20 %.

Es necesario habilitar la poza para el ingreso de la máquina cosechadora. Para esto, se requiere drenar el terreno con 20 días de anticipación en terrenos bajos y 7 días en terrenos altos para evitar un posible estancamiento de la máquina, además se debe romper las cabezas de las pozas para facilitar el ingreso de la maquinaria.

El servicio de la máquina cosechadora tiene un costo que varía, según la temporada, entre S/.600/ha y S/.800/ha. La **figura 49** muestra las operaciones que se realizan durante la cosecha de arroz.

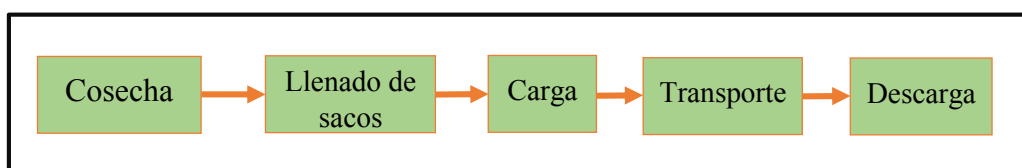


Figura 49. Operaciones en la cosecha de arroz

Fuente: Elaboración propia.

2.7.1. Cosecha

La cosechadora recorre el terreno extrayendo y almacenando los granos de arroz de la planta, como se muestra en la **figura 50**. Cuando la bodega de la máquina está llena, ésta descarga el grano sobre unas mantas colocadas en el mismo terreno y donde los operarios llenan sacos de aproximadamente 70 kg de arroz en cáscara. Posteriormente, se cargan los sacos en camiones para ser transportados hacia el molino, donde se descargan para su almacenaje y/o procesamiento.

Según información de quienes brindan servicio de máquina cosechadora, el tiempo promedio de trillado (operación que realiza la máquina cosechadora) es entre 2.5 a 3 horas por hectárea, esto depende de las condiciones del terreno (húmedo o fangoso) y de la ubicación de las mantas para el descargue.

Las cosechadoras usadas en las parcelas de estudio son pequeñas, con capacidad máxima de tolva de 600 kg, mientras que las máquinas cosechadoras grandes tienen tolva de 2 500 kg, reduciendo el tiempo de cosecha por hectárea a 1.5 horas.



Figura 50. Recolección del arroz en cáscara
Parcela J-01, Jequetepeque.
 Fuente propia

2.7.2. Llenado de sacos

Se realizó una toma de datos de los tiempos de llenado manual de sacos de arroz en cáscara, como se muestra en la **tabla 29**. En la poza 1 se contrató (debido a la falta de personal calificado disponible) a personas cuyo trabajo principal es el deshierbo; sin embargo, en las demás pozas trabajaron personas con experiencia en llenado de sacos.

Tabla 29. Estimado de tiempos en el proceso de llenado de sacos de arroz en cáscara

Poza	m ²	Número de sacos (70 kg)	Número de llenadores	Tiempo total	Tiempo por saco
1	6158	107	7	2 h 5 min	1 min 10 s
2	1842	32	2	46 min	1 min 26 s
3	7430	124	2	2 h 51 min	1 min 23 s
4	4875	82	2	2 h 1 min	1 min 29 s
5	6200	107	2	2 h 30 min	1 min 24 s

Fuente: Elaboración propia.

Para efectos de cálculo, no se consideran los datos de la poza 1, ya que es una situación anormal. Por lo tanto el tiempo promedio de llenado de sacos, considerando 2 llenadores por hectárea, es de 4 horas y 3 minutos por hectárea.

$$\frac{10\,000\,m^2 \left(\frac{46}{1\,842} + \frac{171}{7\,430} + \frac{121}{4\,875} + \frac{150}{6\,200} \right) \frac{min}{m^2}}{4} = 242.5\,min/ha$$

Sin embargo, al haber 4 llenadores por lo general, esta operación tarda 2 h 2 min.

2.7.3. Carga, transporte y descarga

Según información de quienes brindan el servicio de flete para transportar los sacos de arroz en cáscara de la parcela al molino, el tiempo promedio de carga del camión es de 25 minutos, considerando que su capacidad de carga es de 80 sacos y son 2 los cargadores.

El costo del flete está en función de la cantidad de sacos, pagándose por cada uno S/. 1.00. El rendimiento promedio es de 9 800 kg/ha (140 sacos), por lo tanto en promedio el transporte del arroz en cáscara al molino resulta S/. 140.00 por hectárea. Se considera que el flete incluye la carga y descarga de los sacos de arroz.

Cuando el arroz llega al molino, es necesario esparcir el arroz sobre mantas (bajo sol o en sombra) para reducir el porcentaje de humedad de los granos.

Se debe comprobar que todo el arroz en cáscara tenga humedad uniforme de 14 %. Esta operación tiene un costo de S/. 1.20 por cada saco, e incluye nuevamente el llenado del saco para guardarlo en almacén hasta que se tenga el turno de pilado en el molino.

En la **figura 51** se muestran las operaciones de llenado de descarga de arroz de la máquina cosechadora, llenado de sacos y carga de los mismos.



**Figura 51. Actividades de descarga de cosechadora y llenado de sacos
Parcela J-01, Jequetepeque.**

Fuente propia

2.8. Costos de producción del cultivo de arroz

Los agricultores consultados actualmente no cuentan con una estructura de costos por hectárea, sino que gestionan los recursos de forma general, es decir, consideran los costos totales por campaña.

De acuerdo a los requerimientos de insumos, mano de obra, maquinaria y equipo registrados durante la presente investigación, se ha elaborado una estructura de costos promedio para una hectárea, la cual se detalla en la **tabla 30**.

Tabla 30. Costos en la producción de arroz para 1 hectárea

Costos de producción		Unidad de medida	Cantidad por hectárea	Costo unitario (S/.)	Costo total (S/. por ha)
1. Insumos					2 342.00
1.1. Semilla					500.00
	Semilla	kg	125	4.00	500.00
1.2. Fertilizantes^a					1 379.00
	Urea	saco	8	64.00	512.00
	Fosfato diamónico	saco	3	90.00	270.00
	Sulfato de amonio	saco	8	36.00	288.00
	Sulfato de potasio	saco	1	153.00	153.00
	Magsil	saco	2	78.00	156.00
1.3. Agroquímicos					463.00
	Herbicida pre-emergente	litro	4	16.00	64.00
	Herbicida post-emergente	litro	1.5	70.00	105.00
	Insecticida	litro	1.6	55.00	88.00
	Fungicida	litro	0.75	173.30	130.00
	Abono foliar	litro	4	15.00	60.00
	Adherente	litro	0.8	20.00	16.00
2. Maquinaria agrícola y equipo					1 432.50
2.1. Preparación de terreno					732.50
	Aradura	Hora-máq.	2	130.00	260.00
	Nivelación	Hora-máq.	1.25	120.00	150.00
	Cruzado	Hora-máq.	1.5	130.00	195.00
	Batido	Hora-máq.	1.5	85.00	127.50
2.2. Cosecha					700.00
	Combinada	ha	1	700.00	700.00
3. Mano de obra					1 976.00
3.1. Almacigo					36.00
	Preparación de terreno	tarea	1	24.00	24.00
	Voleo de semilla	tarea	0.5	24.00	12.00
3.2. Labores Culturales					1 632.00
	Limpieza bordos y canales	tarea	4	24.00	96.00
	Abonamiento	tarea	5	24.00	120.00
	Control fitosanitario	tarea	5	24.00	120.00
	Deshierbo manual	tarea	13	24.00	312.00
	Riego	tarea	5	24.00	120.00
	Saca, carga y trasplante	tarea	36	24.00	864.00
3.3. Cosecha^b					308.00
	Llenado	saco	140	0.50	70.00
	Carga y descarga	saco	140	0.50	70.00
	Secado	saco	140	1.20	168.00
4. Agua		m ³	14 000		303.00
5. Transporte					85.00
5.1. Garbas		garba	220		15.00
5.2. Arroz cáscara		saco	140	0.50	70.00
Costo total de producción por hectárea (S/.)					6 138.50

^a Saco de fertilizante = 50 kg (excepto MagSil = 30 kg).

^b Saco de arroz en cáscara = 70 kg.

Fuente: Elaboración propia.

2.9. Análisis y determinación de problemas u oportunidades

Después de haber analizado el proceso agrícola del cultivo de arroz, se ha determinado una serie de problemas existentes en las distintas etapas del cultivo, que afectan de alguna manera la eficiencia del uso de los recursos, generando costos demasiado altos, entre otras consecuencias.

Asimismo, en algunos aspectos operativos del proceso, incluso se podría determinar la oportunidad de cambiarlos o mejorarlos.

2.9.1. Aspectos administrativos

- a) Los agricultores no cuentan con una estructura de costos detallada y definida, sino que trabajan sólo con costos totales por campaña.
 - Esto genera que no se tenga un registro y control sobre las variaciones de cantidad ni precio de cada insumo por campaña.
 - Se realiza un mal cálculo del costo operativo, porque algunos años se invierte en adaptación de terrenos para hacerlos más productivos, incorporando hectáreas que tienen los agricultores, pero que no han sido aptas para ser cultivadas.
- b) Dado que no se cuantifica detalladamente los requerimientos de insumos, mano de obra, maquinaria, etc. por hectárea, los agricultores están supeditados a las recomendaciones y solicitudes de los caporales en cada una de las etapas del cultivo, ocasionando lo siguiente:
 - Demasiado o muy poco trabajo de maquinaria para preparación de suelos.
 - La cantidad de fertilizantes y otros insumos a aplicar se basan en lo que indica el caporal, por lo que no hay un control estricto si se aplica en exceso, aumentando los costos, o aplicando en menor cantidad, bajando la productividad.
- c) No existe un cronograma de actividades detallado para realizar toda la campaña arrocera debido, en gran medida, a que no se cuenta con la seguridad y abastecimiento del agua de riego regulado para las siembras, ocasionado, entre otros, los siguientes aspectos:
 - La programación de trabajos no siempre está establecida, por lo que muchas veces la coordinación es con una semana o incluso con sólo un par de días de anticipación.
 - Ya que los trabajos de mano de obra se gestionan mediante *outsourcing*, se requiere al menos una semana para asegurar la disponibilidad de los trabajadores.
 - Los servicios de maquinaria agrícola son muy difíciles de conseguir si no se aseguró previamente un contrato, y que este sea con anticipación al inicio del trabajo requerido, de lo contrario se ocasionaría un incremento innecesario de los costos.
- d) El grupo de agricultores y los caporales no se capacitan técnicamente, por lo que el método de cultivo sigue siendo tradicional y en condiciones similares cada año.

- No se tiene conocimiento de los avances tecnológicos relacionados a maquinaria agrícola, fertilizantes y demás productos químicos.
- Se pierden oportunidades de negocio porque no se toma en cuenta los precios del arroz en diferentes partes del país y de los productos directamente relacionados con los insumos agrícolas.
- Los agricultores y todos sus trabajadores asisten muy poco a presentaciones o conferencias agrícolas locales.

2.9.2. Gestión de parcelas y preparación de suelos

- a) En cuanto al diseño predial, no hay homogeneidad en el área de las parcelas y su forma es muy irregular.
- Se disminuye la eficiencia de trabajo de las máquinas agrícolas porque recorren más de una vez por áreas ya trabajadas.
 - Cierta cantidad de terreno se pierde como bordos.
 - Si bien son pocos los terrenos que por las condiciones de los mismos obligan a dividirlos en pequeñas pozas, esto hace que la productividad baje en dichas áreas. Como se muestra en la **figura 52**, en menos de una hectárea se trabajan más de 10 pequeñas pozas.



**Figura 52. Diseño y distribución predial ineficiente
Parcela J-01, Jequetepeque.**

Fuente propia

- b) Con los trabajos de nivelación de la tierra, se procura reducir la pendiente del terreno a cero o modificarla a lo mínimo posible. Sin embargo, a medida que la pendiente se acerca a cero, los volúmenes de tierra a mover son mayores, requiriendo mayor número de horas-máquina y aumentando los costos de producción. A pesar de todo el trabajo, este no es preciso en las condiciones actuales debido a que el criterio para terminar el trabajo de nivelación es la apreciación visual del operario. Una mala nivelación tiene como consecuencias:
- Baja densidad de plántulas desarrolladas, debido a la mortandad.
 - Crecimiento y madurez de la planta no uniforme.

- Mayor desarrollo de malezas.
- Menor eficiencia en la asimilación de fertilizantes.
- Plántulas menos vigorosas.

Los aspectos anteriores tienen como consecuencia un cultivo con menor rendimiento en kg/ha y además menor calidad del grano de arroz, que implica a su vez un menor rendimiento de pilado. Por lo tanto, menor rentabilidad por hectárea.

El cultivo de arroz se desarrolla en suelos de 0.1 % a 1 % de pendiente en promedio. Se considera que los terrenos que tengan más de 1 % requieren mayor trabajo de nivelación, considerando el método de riego que requiere el arroz. Una solución práctica que llevan a cabo los agricultores, es la confección de *llaves*¹⁸, las que se trabajan manualmente con paletas de madera, convirtiéndose en pequeñas curvas de tierra a nivel.

- c) La segunda operación que se realiza en la preparación del suelo es el reforzamiento de bordos; sin embargo, al realizar los demás trabajos de laboreo de la tierra, tanto el tractor como los implementos agrícolas pueden chocar y deteriorar los bordos. Además, posteriormente se realiza el cerrado de la poza, momento en que se necesitarán revisar los bordos por si requieren reforzamiento.
- d) Cuando se realiza la operación de planchado y nivelación de la tierra, en promedio, se requiere colocar al menos de 20 a 30 estacas por hectárea.
 - El tiempo de preparación del punto de referencia con la manguera de nivel es de 3 minutos y de colocación de cada estaca es de 1 minuto aproximadamente.
 - Considerando además el tiempo de recorrido de la parcela, se necesita entre 30 min a 40 min en promedio para dejar establecidas las estacas de referencia en una hectárea. Además, en algunas situaciones, el tractor está esperando parado.
- e) En una hectárea, el tiempo promedio requerido para el planchado con tractor y rufa es de 1 h 24 min.
 - El tractor tiene una velocidad de trabajo con rufa de 15 km/h, cuyo ancho es de 4 m, sin embargo la eficiencia de arrastre no es total, por lo que se considera un ancho de trabajo efectivo de 85 % y por lo tanto igual eficiencia de la operación de planchado.

$$\text{Capacidad teórica} = (4 * 0.85) \text{ m} * 15 \frac{\text{km}}{\text{h}} * \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} * \frac{1 \text{ ha}}{10\,000 \text{ m}^2} = 5.1 \frac{\text{ha}}{\text{h}}$$

- Eficiencia que por los datos en campo, se considera como no real. Esto se debe a que en la operación de planchado el tractor debe pasar más de una vez por el mismo sitio para mover una cantidad de tierra hacia los niveles bajos del terreno. Por lo tanto resulta útil conocer cuántas veces pasa la rufa por el terreno para completar el trabajo de planchado.
- El recorrido por hectárea que hace el tractor es:

¹⁸ Similar a los bordos pero con alturas de 5 cm como máximo. Se hacen para facilitar el ingreso de agua en los terrenos.

$$15 \frac{km}{h} * \frac{1\ 000\ m}{1\ km} * \frac{1\ h}{60\ min} * 84\ min = 21\ 000\ m$$

- Se puede hacer un cálculo simple como referencia para determinar el recorrido que el tractor debe hacer para dar una pasada a todo el terreno. El ancho efectivo de trabajo es de 85 %, es decir 3.4 m. Suponiendo un terreno de una hectárea con la forma de la **figura 53**, cada recorrido de extremo a extremo el tractor recorre 100 m y por cada recorrido como este, trabaja un área de:

$$100\ m * 3.4\ m = 340\ m^2$$

- Por lo tanto la distancia que debe hacer el tractor para cubrir una hectárea es:

$$1\ ha * 100\ m * \frac{10\ 000\ m^2}{1\ ha} * \frac{1}{340\ m^2} = 2\ 941.18\ m$$

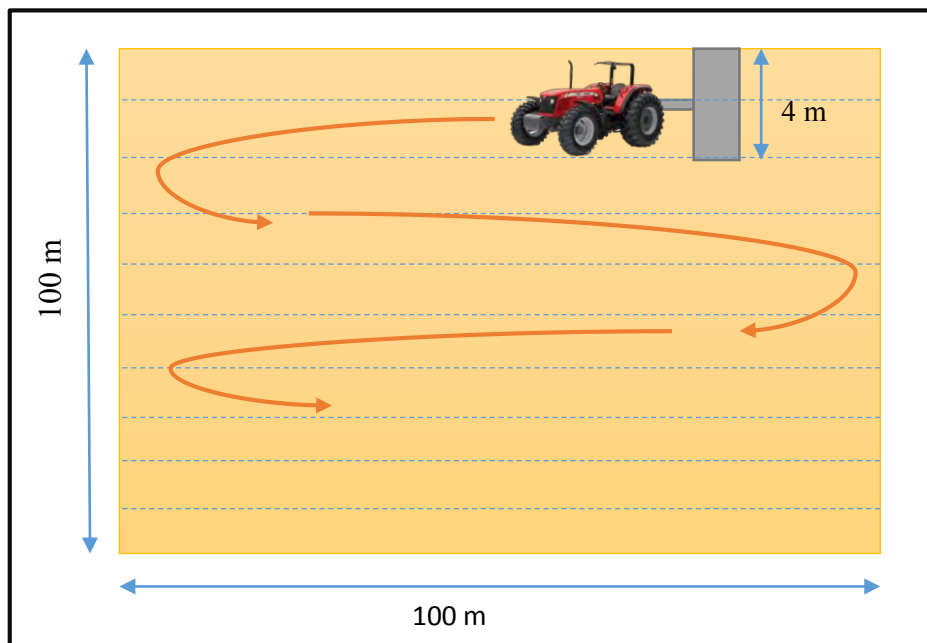


Figura 53. Recorrido del tractor en el proceso de planchado del terreno

Fuente: Elaboración propia.

- La distancia promedio que recorre en la situación actual el tractor para el planchado de una hectárea, equivale a 7 veces el recorrido teórico que haría el tractor para cubrir todo el terreno. Cantidad demasiado alta considerando que no todo el terreno requiere movimiento de tierra.
- f) Usando la misma lógica del apartado anterior, con un ancho de la rastra de 3 metros y ancho de trabajo efectivo de 90 %, la eficiencia de trabajo teórica para la operación de aradura también sería de 90 %.

- Capacidad teórica = $(3 * 0.90)\ m * 15 \frac{km}{h} * \frac{1\ 000\ m}{1\ km} * \frac{1\ ha}{10\ 000\ m^2} = 4.05 \frac{ha}{h}$

- Según información de los agricultores consultados, se requiere en promedio de 2 horas de aradura por hectárea, por lo tanto en este tiempo el tractor recorre:

$$15 \frac{km}{h} * \frac{1\ 000\ m}{1\ km} * \frac{1\ h}{60\ min} * 120\ min = 30\ 000\ m$$

- El área cubierta por la rastra cuando el tractor recorre una distancia de 100 metros es de:

$$100\ m * 2.7\ m = 270\ m^2$$

- La distancia necesaria que el tractor debe recorrer para que la rastra pase por todo el terreno de una hectárea es:

$$1\ ha * 100\ m * \frac{10\ 000\ m^2}{1\ ha} * \frac{1}{270\ m^2} = 3\ 703.704\ m$$

Por lo tanto, la distancia promedio que recorre el tractor en la situación actual en que se hace el trabajo de aradura para una hectárea, equivale a 8.1 veces el recorrido que haría el tractor para cubrir todo el terreno al menos una vez.

g) Después del trabajo de aradura y nivelación del terreno, la siguiente operación consiste en el ingreso del tractor al terreno para hacer otra aradura (cruzado).

- Este laboreo de cierta forma desnivela el terreno debido a que remueve la tierra formando terrones cuando se seca la tierra, como se muestra en la **figura 54**.
- Se requiere de trabajo de batidor para romper los terrones antes mencionados y nivelar el terreno, operación que además requiere de inundación de la poza.



**Figura 54. Formación de terrones después del cruzado
Parcela SJ-02, San José.**

Fuente propia

h) El trabajo con batidor se realiza con la poza inundada. Si no se tiene la orden de agua, no se puede continuar con las demás operaciones. En la **figura 55** se muestra la condición del terreno con la poza casi inundada, y se aprecia el desnivel y los terrones formados.

La inundación de la poza requiere una gran cantidad de agua justamente por el desnivel y por los terrones formados después del cruzado. Además el batido hace muy fangoso el terreno y, en ocasiones, el tractor se atasca como se aprecia en la **figura 56**.



Figura 55. Terrones y desnivel antes de batido
Parcela SJ-02, San José.
 Fuente propia



Figura 56. Atascamiento de tractor por terreno fangoso
Parcela J-01, Jequetepeque.
 Fuente propia

Ante los aspectos mencionados, se puede apreciar la existencia de diversos trabajos con maquinaria agrícola para la preparación de suelo, que en muchos de los casos requiere mayor trabajo por haber hecho un trabajo defectuoso en las etapas anteriores, lo que representa un costo y tiempo adicional, además de deteriorar el terreno, reduciendo la materia orgánica.

2.9.3. Preparación del almácigo

a) Con el objetivo de asegurar población de plántulas (debido a un porcentaje de mortandad), se emplea una excesiva cantidad de semilla en los almácigos. Sin embargo, altas densidades no son recomendables, porque generan:

- Gran competencia entre plantas por absorber nutrientes
- Plantas débiles con tallos delgados
- Al tener tallos delgados, la planta se tumba por el peso de los granos
- Menor rendimiento.

- b) No volcar uniformemente la semilla germinada tiene como consecuencia los aspectos antes mencionados.

2.9.4. Trasplante

- a) Sólo las tareas para la etapa de trasplante representan el 44.1 % del costo total de mano de obra. Además, considerando que los costos de jornal tienden a aumentar cada año y que en una misma campaña dicho costo puede llegar hasta a duplicarse en época de escasez de mano de obra, debe optimizarse la cantidad de jornales que se requieren en las diferentes etapas del cultivo, con el fin de reducir los costos directos de operación.
- b) El trabajo de trasplante es el que requiere mayor tiempo entre todas las operaciones realizadas con mano de obra, con un promedio de 4 h 12 min por hectárea. El jornal básico establecido por el Estado equivale a un trabajo de 8 h diarias, con lo cual se hace una interpolación para determinar el costo del jornal básico por ley si se trabajara 4 h 12 min, dato que se muestra en la **figura 57** con la línea de color gris.

Teniendo presente que cada tarea agrícola de trasplante equivale en promedio al 52.5 % del tiempo de un jornal básico, esto conlleva a pagar el equivalente al 188.8 % del valor del jornal básico oficial en una jornada de tiempo de 8 horas.

- c) Cuando pasan 2 a 3 días después de inundado el terreno tras haber realizado la operación de batido, este se va endureciendo y dificulta el trabajo de trasplante así como el enraizamiento de la plántula. Esta situación ocurre cuando no se dispone de gente para que realice el trabajo inmediatamente después del batido.
- d) Para realizar el trabajo de trasplante es necesario tener a disposición las garbas; sin embargo, cuando esto no ocurre, los trasplantadores deben esperar a que primero se haga el trabajo de sacar las plántulas de las almacigueras y sean transportadas hasta el terreno donde se trasplantará.

Esta espera, en algunos casos, puede ser de hasta 1 hora conforme a la distancia entre cada terreno, según informan los agricultores.

- e) Todos los trabajadores no trasplantan a la misma distancia ni tampoco la misma cantidad de plántulas por golpe, ocasionando un crecimiento desigual de las plantas y por lo tanto se obtiene rendimientos variables.
- f) El tiempo promedio requerido de extracción de garbas para abastecer de plántulas a una hectárea está en proporción inversa al número de trabajadores sacadores de semilla.
- Si consideramos que un trabajador en promedio demora 54 s/garba y la tarea de saca equivale a 22 garbas en promedio, debemos considerar que el tiempo total de su tarea de saca de 50 m², sería:

$$22 \frac{\text{garbas}}{\text{tarea}} * \frac{54 \text{ s}}{\text{garba}} = 1188 \frac{\text{s}}{\text{tarea}} = \frac{19 \text{ min } 48 \text{ s}}{\text{tarea}}$$

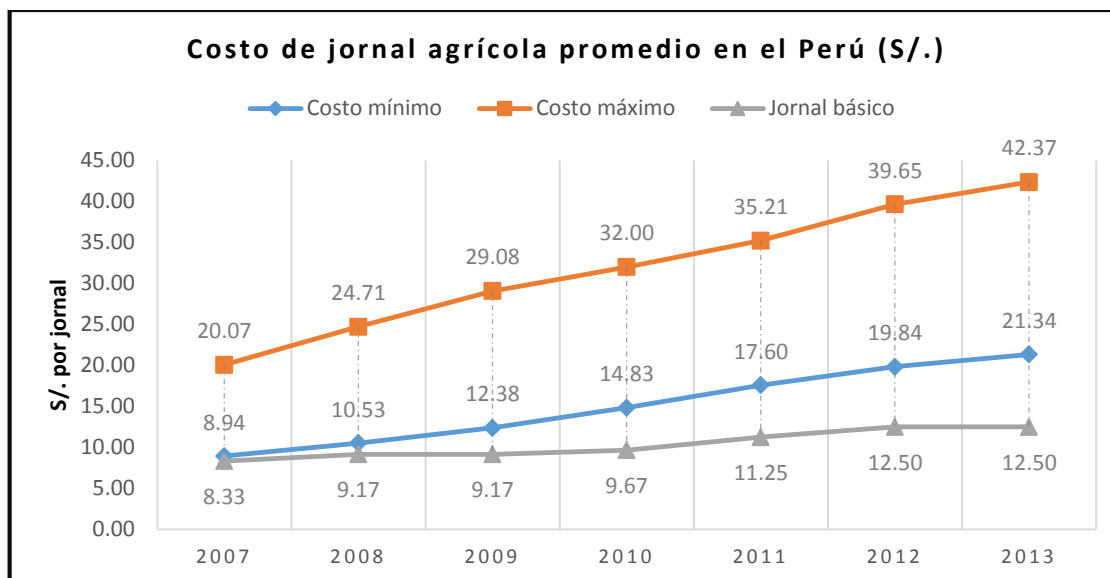


Figura 57. Costo de jornada agrícola promedio en el Perú

Fuente: MINAGRI - DGESEP - Dirección de Estadística Agraria.

Elaboración propia.

- El tiempo teórico difiere del real, ya que si se considera el tiempo de descanso que toman los trabajadores durante el trabajo, asciende a 30 minutos; y el tiempo de saca por almaciguera (500 m² o 10 tareas) también es distinto ya que no siempre se cuenta con 10 trabajadores, sino que algunos pueden hacer 1.5 ó 2 tareas si lo desean (ya sea por su habilidad o disponibilidad de tiempo).
 - Por ejemplo, con 5 trabajadores, cada uno hace dos tareas. Por lo tanto, el tiempo requerido para sacar plántulas de una almaciguera de 500 m², la cual abastece una hectárea, sería el doble del tiempo antes calculado; es decir, 39 min 36 s en promedio (sin considerar tiempo de descanso entre tarea).
- g) El tiempo promedio requerido para trasplantar una hectárea es inversamente proporcional al número de trabajadores que realizan en conjunto las 20 tareas requeridas, considerando que, como ya hemos visto, cada tarea de trasplante en promedio demora 4 h 12 min. Por ejemplo:
- Caso A: 10 trabajadores por hectárea harían dos tareas cada uno, por lo que se tardarían en trasplantar toda la hectárea 8 h 24 min en promedio. Sin embargo, este caso ocurre muy pocas veces y sólo cuando el operario es muy hábil y logra acabar una tarea en menos de 3 horas.
 - Caso B: 40 trabajadores por hectárea harían media tarea cada uno, tardando en promedio 2 h 6 min para terminar el trabajo en una hectárea de trasplante.

2.9.5. Fertilización

- a) La fertilización se aplica conforme al requerimiento de las plántulas en cada campo, variando la aplicación sólo cuando se aprecia deficiencia en el desarrollo de las plántulas, es decir, se trabaja de manera correctiva. En agricultura, el hecho de aplicar exceso de fertilizantes, no sólo es un problema de costos, sino que también intoxica a las plántulas y podría deteriorar la calidad de los suelos.

- b) Para tener una buena fertilización se requiere tener seguridad en el abastecimiento del agua de riego, pues en caso de deficiencia del recurso hídrico, tanto en oportunidad como en cantidad, conllevaría a que los costos se incrementen y la productividad disminuya, por cuanto las plántulas como seres vivos requieren de permanente y adecuada nutrición, ya que el ciclo vegetativo en ningún caso se detiene.
- c) Si bien el guano (de aves o vaca) se incorpora sólo algunos años al terreno, los agricultores manifiestan que debería hacerse un control de calidad de los productos orgánicos para garantizar el aporte de nutrientes necesarios para una buena producción.

2.9.6. Manejo en el control de malezas, plagas y enfermedades

- a) La mayoría de insecticidas, plaguicidas y pesticidas son selectivos y específicos, acabando con todas las arañas e insectos; empero, también elimina algunas especies que son benéficas para el cultivo, e incluso, cuando se aplica en exceso, pueden ocasionar daños irreparables al medio ambiente.
- b) El control de plagas debe ser en su debida oportunidad y de forma preventiva al desarrollo de las mismas; de lo contrario, no solo obligaría a incrementar las dosis de los plaguicidas a utilizar, agravando más los daños colaterales, sino que también aumentaría los costos.
- c) La aplicación de plaguicidas para el control de enfermedades del cultivo de arroz debe ser realizada cuidadosamente, a efectos de que las dosis sean las que técnicamente se recomienda pues, si se aplican en defecto, no se obtendría el resultado adecuado en el control. En caso contrario, si se aplicaran en exceso, podría producirse la intoxicación masiva y/o hasta la mortandad de las plántulas de arroz, ocasionando un mayor costo inversamente proporcional al factor de productividad.

2.9.7. Cosecha

- a) Para el inicio de cosecha del arroz en cáscara, debe tenerse cuidado en que el grano en la planta no exceda el 20 % de humedad, por cuanto caso contrario, afectaría la calidad futura del grano, debido a que cuando el grano ya está maduro, una elevada humedad lo pudriría. Asimismo debe tenerse cuidado de que el grano en planta no baje del 15 % de humedad, por cuanto habría gran porcentaje de pérdida de granos en el campo, esto debido a que al secarse los granos, tienden a soltarse de la espiga ante cualquier movimiento, incluso hasta del provocado por el aire.
- b) Para la recolección del arroz en cáscara, es necesario usar sacos, transportarlos, volver a descargarlos y vaciarlos para el secado en depósito, flujo de operaciones repetitivo como se muestra en la **figura 58**. Esto representa doble trabajo y mayor tiempo de operación, incrementando la mano de obra a utilizar.

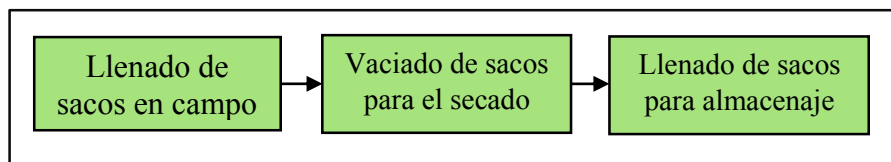


Figura 58. Flujo de operaciones con los sacos de arroz en cáscara

Fuente: Elaboración propia.

- c) Entre las operaciones de vaciado en la manta y llenado, carga y descarga de los sacos de arroz en cáscara, se observa deterioro y pérdida de granos debido a la manipulación, que puede llegar a ser hasta un 5 %, según los agricultores.
- d) El tiempo de llenado de sacos puede llegar a ser 4 horas por hectárea con dos operarios, tiempo demasiado elevado considerando que en un mismo día debe cargarse los sacos al camión y llevarlos al depósito, lo que conlleva a incrementar el número de operarios para reducir el tiempo de dicha operación; esto, para no dejar los sacos en el campo y correr el riesgo de robo.

2.9.8. Recurso hídrico

- a) El requerimiento de agua para la producción tradicional de arroz es elevado, esta situación no sólo es el caso de los campos de los agricultores consultados en este estudio, sino del cultivo de arroz en sí. En el valle del Chira puede alcanzar los 20 000 m³, en Tumbes, Lambayeque y La Libertad 14 000 m³ y en Arequipa y la selva 18 000 m³ (CYTED, 2009).
- b) Durante el cultivo, en algunas situaciones hay escasez de agua debido a la deficiencia logística y administrativa en el reparto oficial del agua por parte de las Comisiones de Regantes locales. En momentos críticos del desarrollo de la planta, hay casos en que las pozas se secan, ya sea por quiebra de las tomas de captación de riego o roturas de los canales por donde circula el recurso hídrico, ocasionando o facilitando el crecimiento de malezas y limitando el desarrollo normal de la planta.

2.9.9. Reciclaje de nutrientes

- a) Tras la cosecha quedan muchos residuos (rastrojo) de la planta de arroz. Los agricultores como medida de limpieza los queman, generando contaminación ambiental y, peor aún para el terreno, queman también la materia orgánica disponible en la superficie del suelo.
- b) Existe la oportunidad de aprovechar los residuos como compostaje, triturandolos para facilitar la descomposición y esparcirlo en el campo para que se mezcle con la tierra en la operación de arado.

2.9.10. Gestión de compras

- a) Los agricultores no cuentan con un plan de compras de insumos agrícolas.
- Los fertilizantes se compran algunas veces en la mañana antes de ir al campo, aceptando el precio de ese día.
 - La coordinación con el caporal para determinar requerimiento de insumos sólo es verbalmente, vía telefónica, o en persona.
 - Eventualmente, hay desabastecimiento del producto requerido en las tiendas, lo que implica buscar el producto en otra ciudad (incurriendo en gastos de traslado y costo de oportunidad) y/o tener que aplicar un producto alternativo (disminuyendo en algunos casos la efectividad de la asimilación de la planta).
- b) El precio del arroz en cáscara y procesado (pilado) fluctúa demasiado, teniendo precios que pueden reducirse hasta la mitad del precio de la campaña anterior. Ante una situación así, el agricultor incluso algunas veces apenas logra cubrir sus costos de producción, y en situaciones más graves, tiene pérdidas económicas.
- c) Existe la oportunidad de establecer proveedores de los insumos principales que necesitan los agricultores (fertilizantes, herbicidas, combustible, etc), si se hiciera en grandes cantidades. De esta manera, se podrían obtener mejores precios, reduciendo así los costos directos de producción.

Capítulo 3

Propuestas de cambio e inclusión de tecnología en el cultivo de arroz

A partir de los problemas que se han encontrado en el método tradicional de cultivo de arroz que emplean los agricultores en el valle de Jequetepeque, se propone una serie de medidas que pueden mejorar la eficiencia en el uso de los recursos, optimizar los trabajos operativos, etc., con el fin de reducir los costos de producción. A continuación se detallan algunas propuestas de cambio ante los aspectos antes mencionados.

3.1. Nivelación de suelo con tecnología láser

La nivelación del terreno de cultivo se ha vuelto un aspecto indispensable para los agricultores, sin importar el método de siembra que realicen.

Para este caso, la tecnología láser utilizada en la construcción civil para la nivelación de terrenos y construcción de carreteras, se puede implementar en las actividades agrícolas. Desde los años 90 se ha ido desarrollando esta implementación y adaptación a las necesidades específicas de la agricultura, es así que en EE.UU., Argentina y Colombia ya realizan la nivelación de suelos con el sistema láser, obteniendo muy buenos resultados, incluso, en el cultivo del arroz, consiguiendo aumentos de rendimiento en grano de hasta 25 % (Nievas, 2014). En el Perú, recién en los últimos años se está percibiendo una intención de implementar esta tecnología de nivelación de terrenos para el cultivo de arroz.

Este sistema consta de varios dispositivos que trabajan conjuntamente y consiste en un emisor de rayo láser montado sobre un trípode que permanece estático y que, de forma continuada, va describiendo un plano virtual con la misma cota del terreno. En tanto, un receptor montado sobre la rufa (niveladora), recibe esta señal láser que es interpretada, transformada y trasladada al tablero de control del operador del tractor. Éste supervisa en todo momento la información del nivel del terreno donde se encuentra y, de forma automática o manual, puede corregir la altura levantando o bajando la pala (chuchilla) de la rufa (Franquent y Querol, 2011).

De esta forma, se obtiene la pendiente deseada para la parcela o bien se nivela “a cero”; es decir, mediante un plano perfectamente horizontal. Con esta característica, la circulación del agua por la parcela tendría lugar exclusivamente por efecto del gradiente hidráulico del

tirante que se origina en la misma (entre la entrada del agua y su punto de salida). En suma, con la nivelación realizada mediante láser se consigue controlar mejor los niveles de agua dentro de la parcela de cultivo (INIA, 2014).

Una vez implantado el cultivo, las labores a realizar se reducen al riego y a la aplicación de herbicidas, abonado con fertilizantes plaguicidas. De esta forma se puede ahorrar muchísima agua, un bien cada vez máspreciado. Se pueden eliminar incluso algunos bordos (al poder cubrir mayor área nivelada), y así optimizar las superficies de los terrenos aptos a los cultivos. Si se utiliza la niveladora con regularidad, se consigue obtener una primera preparación rápida del terreno, con la certidumbre de obtener una nivelación perfecta. (Fontana S.R.L., 2014).

El desarrollo de esta actividad permitirá un aumento de la eficiencia y calidad en la nivelación de terrenos, lo que propiciará además, en el caso de los cultivos de arroz, un incremento del rendimiento en grano y un ahorro considerable de combustible y agua, ya que se logra un drenaje más adecuado en los terrenos donde se cultiva el arroz.

3.1.1. Beneficios y ventajas

Desde el punto de vista operativo se encuentran múltiples razones para considerar la tecnología de nivelación con láser, como un aliado en la producción de arroz, estas son:

a) Menor tránsito de maquinarias pesadas y compactación del suelo

Antiguamente se empleaban maquinaria pesada (usada comúnmente en construcciones civiles) para efectuar labores de nivelación y movimiento de tierras en campos agrícolas. Estas maquinarias, debido a sus características (tamaño, peso, diseños de sus palas y baja maniobrabilidad en su operación en campo agrícola), generan una creciente compactación de los suelos a medida que aumenta el número de pases de la maquinaria. Esta situación que en menor medida sucede con los tractores e implementos agrícolas actualmente usados (Franquent y Querol, 2011).

Por consiguiente, el uso de las nuevas palas niveladoras láser, diseñadas específicamente para su uso en suelos agrícolas más la precisión que brindan los sistemas de control automático del nivel de trabajo, reduce el tránsito de maquinaria y se facilitan sus maniobras. Con ello se disminuye la intensidad de compactación de los suelos (Franquent y Querol, 2011).

b) Mayor precisión de cortes y rellenos

Tal como se ha mencionado, la tecnología láser en la nivelación permite la precisión en las labores de cortes y rellenos gracias a programas avanzados de cálculos en computadoras que emiten instrucciones en tiempo real al sistema hidráulico y mecánico de las palas niveladoras, ajustando con precisión milimétrica la profundidad de la operación (Franquent y Querol, 2011).

c) Menor dependencia del levantamiento topográfico

Aun cuando no es imperativa la necesidad de conocer previamente la topografía del terreno, el sistema de nivelación láser tiene aceptable nivel de precisión, de cálculo y decisión automática. Con ello, se puede incluso prescindir de un levantamiento topográfico planialtimétrico, efectuado por medios convencionales (Franquent y Querol,

2011). Asimismo, ya no hay necesidad de control visual de estacas por parte del operario.

d) Optimización del recurso hídrico

La nivelación de tierra contribuye significativamente a reducir el consumo de agua a nivel de campo, permitiendo un ahorro y uso racional de este recurso. Asimismo contribuye a reducir el tiempo de llenado por inundación y a reducir las pérdidas de agua, con lo que se aumenta la capacidad de riego de mayor cantidad de hectáreas cuando la fuente de agua proviene de pozos profundos u otra fuente con limitado caudal (Fontana S.R.L., 2014).

e) Reducción de uso energético

La nivelación tradicional requiere el uso de gran cantidad de energía mecánica para remover volúmenes significativos de suelo (entre 1 a 2 toneladas por m³ en peso en algunos casos, según el INIA - Venezuela). Con el sistema láser, al requerirse menor número de horas-máquina, se reducen los costos de combustible.

f) Mejoras en el cultivo

La nivelación del suelo origina un conjunto de ventajas que favorece la producción de arroz bajo riego: propicia una mayor eficiencia en las operaciones de preparación de suelo y siembra; permite el manejo agronómico más preciso del cultivo; potencia la eficiencia de aplicación de insumos y la respuesta del cultivo; contribuye al control de malezas, plagas y enfermedades; mejora el manejo del riego con economía del agua y ahorro de tiempo y facilita las labores de cosecha, entre otras.

g) Aumento de producción

Finalmente, se ha comprobado que la nivelación coadyuva en la eficiencia y eficacia de otras prácticas agronómicas asociadas a una mejor emergencia y establecimiento inicial de las plantas y a su desarrollo posterior, a la reducción de uso de algunos de los insumos y al incremento en más de 1 000 kg/ha en el rendimiento de arroz en cáscara, según variedades y condiciones edafo-climáticas (Franquent y Querol, 2011).

A comparación con los resultados obtenidos en los mismos lotes de suelo, antes de nivelarlos, el rendimiento del cultivo resulta superior en razón que es mayor la precisión con que se realiza la operación de nivelado.

3.1.2. Componentes

Para realizar el trabajo de nivelación con tecnología láser, se requiere de los principales elementos que componen el sistema (emisor y receptor láser y el panel de control) así como de un tractor con doble tracción y el equipo agrícola de arrastre de tierra (rufa o *carriol*). En caso se desee el control automático del sistema hidráulico que regula la cuchilla de la rufa, será necesario también un equipo de control automático de electroválvulas. Agroservicios (2015) describe cada uno de estos componentes:

a) Emisor láser

Es el equipo más importante para la nivelación de terrenos y es el encargado de generar un plano láser de referencia a partir de la rotación de un haz de luz, (paralelo al terreno y por encima de la cabina del tractor). Va montado sobre un trípode y colocado en el

terreno o área a trabajar, de forma tal que permita el control de los demás elementos del sistema (Franquent y Querol, 2011).

El emisor debe ser capaz de mantener las pendientes programadas en forma automática; por ende, es la parte más importante del sistema ya que de la precisión y estabilidad del plano láser depende la calidad del trabajo. El equipo se muestra en la **figura 59**, el cual normalmente cuenta con un display donde se ingresa la pendiente (medida en porcentaje).



Figura 59. Dispositivo emisor de rayo láser para agricultura y construcción civil

Fuente: Topografía S.L.

b) Receptor

Es un elemento fotoeléctrico que controla la posición del plano de luz láser. Es el encargado de indicar a qué altura está situado el terreno en la posición en que se encuentra el receptor respecto del plano de referencia generado por el emisor láser (Franquent y Querol, 2011).

Este equipo va instalado en el implemento de movimiento de tierra (rufa, carriol, etc.). Normalmente está dividido en 5 secciones de detección, y electrónicamente emite señales a la estación de control sobre la posición del plano de luz relativo al centro, donde cada sección indica si el implemento está a nivel o por arriba del nivel (lomas o altos del terreno) y viceversa, por debajo del nivel, que son los bajos donde se debe rellenar el terreno.

Los receptores están formados por arreglos lineales de fotodiodos para sensar la luz láser. En los sistemas de levantamiento topográfico éstos están unidos a una regla telescópica, lo que permite al técnico operador conocer la altura de ese punto en el terreno. La nivelación se da por terminada cuando el receptor indica a nivel (centro del receptor). En la **figura 60** se muestra un equipo de recepción de rayos láser.

c) Tablero de indicación / control

Es un componente que va instalado en la cabina del tractor e indica las lecturas de los niveles (si está por encima, por debajo o en línea).

Realiza esta operación mediante la transmisión de la información del receptor y orientando las señales de subir o bajar a la caja de válvulas que controla los pistones hidráulicos, que a su vez, accionan la cuchilla de la rufa. Este tablero de indicación/control se utiliza en la nivelación de terrenos sobre tractores que arrastran las

rufas sin fondo o compactas (acarreadoras o carriol), donde se necesita una inspección y control de la cuchilla.



Figura 60. Dispositivo receptor láser
Fuente: Mobile Automation - MOBA (2015)

Existen dos tipos de tableros, uno de control manual, con el cual el maquinista debe bajar o subir el implemento según las indicaciones del panel (de tal forma de mantener a nivel el implemento); y de control automático (**figura 61**) que incluye una electrónica capaz de comandar una electroválvula que sube y baja el implemento para mantenerlo siempre a nivel, con la ventaja que el terreno queda perfectamente terminado independizándose de la responsabilidad del tractorista, además de liberarlo de la tediosa tarea de comandar la palanca del control remoto.



Figura 61. Tablero de control del sistema láser
Fuente: MOBA (2015)

3.1.3. Modo de operación

Se requiere, por una parte, de un sistema emisor; que debe establecerse sobre la zona de trabajo y formar un plano de luz láser. Para ello, un generador de luz láser colocado sobre un trípode y alimentado por una batería, produce un rayo de luz láser que sale al exterior mediante un sistema de prismas reflectantes, y al girar muy rápidamente genera un plano

de luz láser (**figura 62**). El giro se efectúa alrededor de un eje perpendicular al terreno, y el plano se usa como referencia para la nivelación.

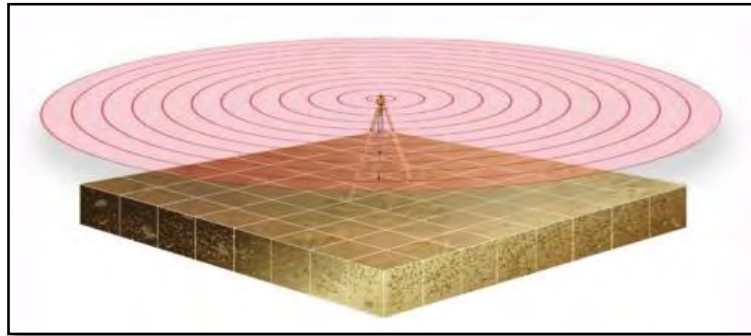


Figura 62. Plano formado por la emisión de luz láser

Fuente: SITECH España (2014)

El plano de luz láser es recibido por un sensor de luz montado en un mástil unido al equipo nivelador; o sea, al tractor con la rufa, como se muestra en la **figura 63**.

El sensor está formado por una serie de detectores situados verticalmente, de forma que cuando el implemento nivelador se mueve arriba o abajo, la luz es detectada por encima o por debajo del detector central. Esta información es transmitida al sistema de control, que a través de amplificadores y válvulas operadas eléctricamente, convierte estas medidas en movimientos del sistema hidráulico de la máquina niveladora, que eleva o baja el implemento hasta que la luz se capta por el detector central.

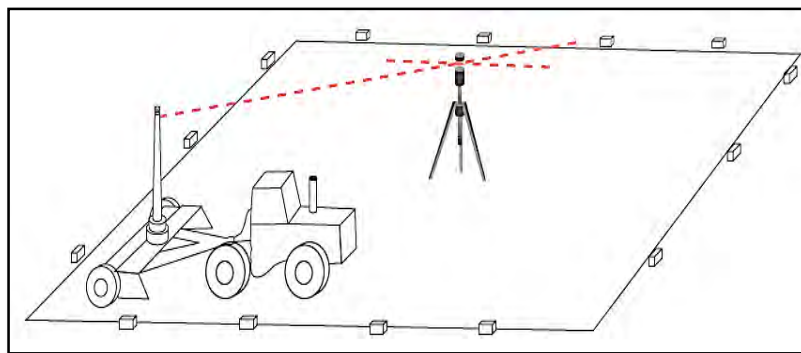


Figura 63. Recepción e interpretación de la señal láser

Fuente: Instituto Nacional de Innovación Agraria de Chile (INIA, 2014)

Los sistemas hidráulicos y de control requieren modificarse para operar bajo la supervisión del control electrónico automático proporcionado con el emisor láser y los sensores. Se recomienda además, que el tractor tenga la potencia adecuada y su sistema hidráulico sea lo bastante fuerte para trabajar con la frecuencia de ajustes y movimientos que el sistema láser impone.

El equipo de nivelación puede ser tan simple como una pala niveladora o rufa que mueve la tierra, la cual es empujada por la cuchilla de este implemento agrícola; o bien un equipo más complejo de carga y transporte de la tierra, como el carriol (**figura 64** y **figura 65**).

La primera se emplea en trabajos de refino y nivelación ligera (planchado), así como en los de conservación, y la segunda en los trabajos de nivelación propios.

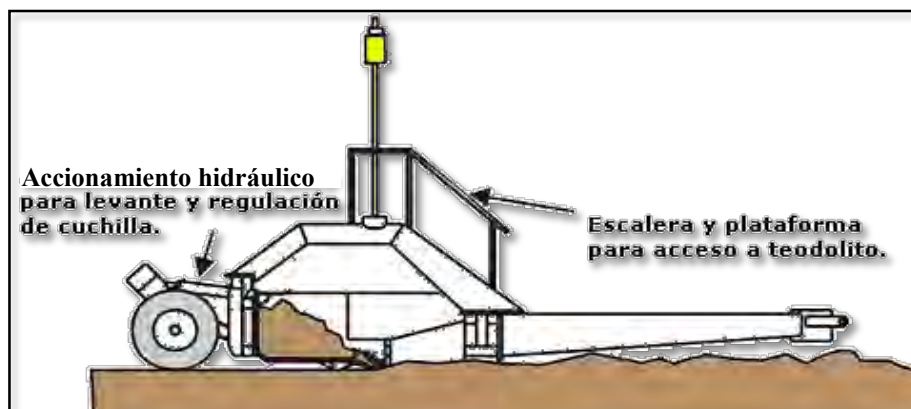


Figura 64. Arrastre de tierra con sistema láser
Fuente: Via Rural (2015).

El sistema opera con control automático, enviando la señal láser a los brazos hidráulicos del equipo nivelador; o bien manualmente, requiriendo el control de las cuchillas del nivelador por parte del operador, quien en función a las lecturas e interpretación del panel de control del sistema láser, subirá o bajará la cuchilla.

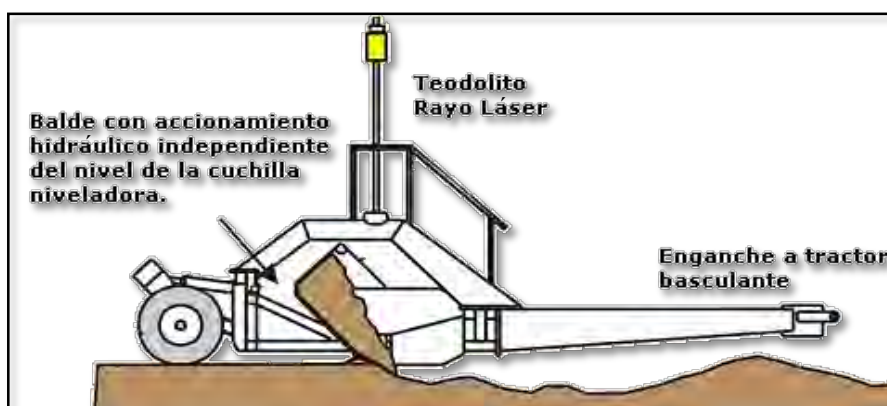


Figura 65. Relleno de tierra con sistema láser
Fuente: Via Rural (2015).

3.1.4. Equipos recomendados

Existen diversas marcas de equipos, entre las que se encuentran: Leica (Suiza), Moba y Geo-Fennel (Alemania) y Trimble (USA). Estos equipos láser tienen diversas características según los requerimientos de trabajo; así por ejemplo, se presentan equipos para trabajar terrenos a doble pendiente, alcance de trabajo del emisor láser desde 150 m hasta 900 m, con menor o mayor trabajo de inclinación, etc.

Para el cultivo de arroz sólo se requiere nivelación a cota cero; o, en algunos casos excepcionales, con inclinación no mayor de 1 %. Además, para las condiciones geométricas de los terrenos analizados en el presente estudio, no se requiere gran capacidad de alcance del emisor láser.

Para la presente investigación se contactó con dos empresas que venden el producto en el Perú, a continuación se detallan dichos equipos que cumplen las condiciones de trabajo para el cultivo de arroz.

❖ **GeoLaser: US\$ 13 000 (monto total de equipos)**

La empresa GeoLaser S.A.C. vende los equipos de la marca GeoFennel, de fabricación alemana e incluye en su paquete a los equipos necesarios para la adaptación de las electroválvulas. En la **tabla 31**, **tabla 32** y **tabla 33** se muestran las especificaciones del emisor láser, receptor láser y tablero de control, respectivamente.


Tabla 31. Características de emisor láser GeoFennel

Emisor láser FL 100HA Marca GeoFennel	
Imagen	Características
	Amplia gama de trabajo de hasta 650 m de diámetro.
	Función TILT-alarma (unidad se apaga incluso dentro del rango de autonivelación para evitar un desplazamiento de altura).
	Ajuste de inclinación manual de ambos ejes (X e Y) hasta $\pm 5^\circ$ (9 %)
	Rango de auto nivelación $\pm 5^\circ$
	Precisión ± 1 mm/10 m.
	Velocidad de rotación = 600 rpm.
	Tiempo de funcionamiento (fuente de alimentación) 30 h (4 x 1.5 V NiMH)
	Alcance del control remoto 50 m.
	Rango de temperatura -20°C a $+50^\circ\text{C}$
	Peso 2.5 kg (sólo instrumento)

Fuente: Geolaser S.A.C. (2015). Elaboración propia.

Este dispositivo láser tiene la ventaja que su alcance de trabajo es de hasta 650 m, alcance superior al promedio de los productos en el mercado.

Tabla 32. Características de receptor láser GeoFennel

Receptor láser FMR 706 Marca GeoFennel	
Imagen	Características
	Permiten el control de nivel permanente con un rango de recepción de 360°.
	Detección fina ± 2 mm a ± 10 mm; gruesa ± 5 mm a ± 23 mm.
	Baterías recargables 7.2 V NiMh
	Tiempo de operación 40 h.
	Tiempo de carga 15 h.
	Temperatura de operación -20 °C ~ $+50$ °C.
	Tamaño 376 x 180 x 49 mm.
	Peso 3.1 kg.

Fuente: Geolaser S.A.C. (2015). Elaboración propia.

Tabla 33. Características de tablero de control GeoFennel

Tablero de control RLS11 (Marca GeoFennel)	
Imagen	Características
	Sistema Soft-Touch con manejo por suave presión, sin llaves
	Caja totalmente en aluminio con frente de PVC e impermeable.
	Lógica digital.
	Protección total por inversión de polaridad y por cortocircuito.
	Barras de luces secuenciales.
	Luces LED de alta intensidad.
	Operación manual o automática.
	Salida a electroválvulas con máximo de 20 A.

Fuente: Geolaser S.A.C. (2015). Elaboración propia.

❖ **Isetek: US\$ 8 000 (monto total de equipos)**

La empresa Isetek S.A. ofrece equipos de nivelación láser de la marca MOBA (Mobile Automation), de fabricación alemana. En la **tabla 34**, **tabla 35** y **tabla 36** se detallan las especificaciones del dispositivo emisor láser, receptor láser y tablero de control, respectivamente. Esta empresa da la facilidad de solicitar el servicio de instalación y adaptación de los equipos en el tractor.

Tabla 34. Características de emisor láser MOBA

Emisor láser MRL-101 (Marca MOBA)	
Imagen	Características
	Diámetro de trabajo: 300 m
	Rango de autonivelación: $\pm 5^\circ$
	Velocidad de rotación = 600/900/1200 rpm
	Fuente de luz: diodo láser
	Distancia máxima de trabajo de control remoto: 20 m
	Temperatura de trabajo: -20°C a 60°C
	Fuente de energía: DC 4. 8~6V (batería Ni-Mh)
	Tiempo de trabajo continuo: 25 h (aprox.)
	Resistente al agua
	Peso: 2.5 kg

Fuente: (MOBA, 2015). Elaboración propia.

Tabla 35. Características de receptor láser MOBA

Receptor láser CLS-3000 (Marca MOBA)	
Imagen	Características
	Precisiones milimétricas en todo el rango de 360°
	Se puede elegir el punto de trabajo en cualquier punto del rango de recepción y modificarlo en cualquier momento.
	Diámetro de trabajo: 600 m
	Consumo de corriente: 260 mA a 12 V / 135 mA a 24 V
	Temperatura de operación -20°C ~ 65°C
	Resistente al agua y al polvo
	Precisión: 1 mm
	Peso: 1.8 kg

Fuente: (MOBA, 2015). Elaboración propia.

Tabla 36. Características de tablero de control MOBA

Tablero de control Laser Matic (Marca MOBA)	
Imagen	Características
	Temperatura de trabajo: -40°C a 85°C
	Consumo de corriente: 300 mA a 24 V
	Ondulación residual admisible: 10 %
	Interfaz: ISO 11989 – 24 V
	Peso: 2.2 kg

Fuente: (MOBA, 2015). Elaboración propia.

Asumiendo que la nivelación se realiza con los equipos láser, además de mejorar la calidad del trabajo de nivelación, este se realizaría en menos tiempo. Según la entrevista realizada a un operador de tractor (especializado en trabajos agrícolas), considera que bajo esta

modalidad, y teniendo en cuenta que el sistema láser detectaría con precisión los desniveles y automáticamente haría el trabajo, sería suficiente que la niveladora recorra en promedio 5 veces todo el terreno para terminar el trabajo de nivelación, a diferencia de los 7 recorridos calculados en el capítulo 2. Por lo tanto:

$$5 \text{ recorridos} * 2941.18 \frac{m}{\text{recorrido}} = 14\,705.9 \text{ m}$$

Para recorrer 5 veces todo el terreno, el tractor con la rufa debe recorrer 14 705.9 m, lo cual implica un trabajo de 47 min 4 s como se muestra a continuación:

$$t = \frac{d}{v} = \frac{14\,705.9 \text{ m}}{15 \text{ km/h}} = 0.98 \text{ h} = 58 \text{ min } 49 \text{ s}$$

Según el control que manejan los agricultores, en promedio, una hora de trabajo de tractor implica el consumo de 3.92 galones de combustible. Por lo tanto el consumo de combustible para realizar la nivelación de una hectárea sería:

$$\text{Requerimiento (gal)} = \frac{3.92 \text{ gal} * 58 \text{ min } 49 \text{ s}}{60 \text{ min}} = 3.85 \text{ galones}$$

A continuación se muestra un resumen de las diferencias operativas entre la nivelación tradicional frente el sistema láser:

Tabla 37. Diferencias operativas entre la nivelación tradicional versus láser

	Tradicional	Láser	Diferencia	Var %
# Pasadas	7	5	2	28.57
Tiempo (min)	114	59	55	48.25
Consumo (gal)	5.49	3.85	1.64	29.87
Eficiencia real de trabajo* (%)	14.29	20.00	5.71	39.96

*Cálculo considera: 1 pasada = eficiencia máxima ideal.

Fuente: Elaboración propia.

Ante las múltiples ventajas que tiene la nivelación de suelos con el sistema láser, y además la existencia de los equipos necesarios para implementarse en los tractores agrícolas, se recomienda al grupo de agricultores propietarios de las parcelas de estudio, emplear esta tecnología para optimizar el trabajo de nivelación, obtener mejores resultados en rendimiento de grano, y sobre todo, reducción del tiempo que implica esta operación, tal como se muestra en la **tabla 37**.

3.2. Trasplante mecanizado de arroz

La siembra en el cultivo de arroz inicialmente se desarrollaba mediante la forma directa; es decir, voleando la semilla. Sin embargo, esto requería tener a disposición el recurso hídrico desde la etapa inicial del cultivo.

La tendencia posterior ha sido optar por el método de trasplante, ya que de esta forma la etapa inicial de desarrollo de la planta en almácigos (casi 20 % de todo el ciclo de vida del

cultivo) es controlada en tan solo el 5 % de área del terreno a cultivar, ahorrándose semilla, agua, fertilizantes, etc. y consiguiendo, en gran medida, mejora en el control de malezas y reduciendo costos de insumos.

Aun así, este método tiene ciertas particularidades que desalientan al agricultor, y es que el trasplante manual es tedioso, se realiza en condiciones no ergonómicas y requiere demasiada mano de obra, la cual cada año resulta más escasa y cara.

Ante esta situación, en los países asiáticos productores de arroz se optó por tecnificar el cultivo de arroz mediante la mecanización de la operación de trasplante, resolviendo las limitaciones y problemas de la situación del trasplante manual.

Conarroz (2011) define el trasplante mecanizado como el proceso de siembra de plántulas de arroz, las cuales ya están establecidas previamente en una bandeja¹⁹. Estas plántulas son sembradas con un espaciamiento predeterminado entre surcos, utilizando una máquina trasplantadora, la cual requiere de un terreno con una consistencia lodosa.”

El trasplante mecanizado ya se ha implementado en países del continente asiático (como Japón, China y Corea del Sur), que para el 2002 se sembró en total 10.53 millones de hectáreas, de las cuales 8.13 millones (77 %), fueron sembradas mediante esta forma. Por otro lado, en el año 2005, Taiwán empleó el sistema de trasplante mecanizado en un 99 % de la siembra del cultivo de arroz, y en el restante 1 % utilizó el mecanismo tradicional de siembra directa (Conarroz, 2015).

En el Perú, sobre todo en el valle de Jequetepeque, existe falta de información y capacitación en el sistema de siembra de arroz por trasplante mecanizado por lo que este estudio pretende dar una fundamentación de este método como una propuesta que ayudaría a resolver los problemas actuales en la etapa de siembra de arroz con trasplante, tal como se ha visto en el capítulo 2.

Así, con la implementación del sistema de trasplante mecanizado, se obtienen, entre otras, las siguientes ventajas: estabilidad y uniformidad en el rendimiento, control de malezas, reducción de la cantidad de semilla, producción de semilla de alta calidad, incremento radicular y producción a menor impacto ambiental.

Para este caso, la trasplantadora de arroz necesita de la alimentación de plántulas cultivadas en bandejas. Dicha siembra de plántulas es realizada en el campo a una profundidad y distancia uniforme.

La máquina trasplantadora manual es pequeña y fácil de operar con las manos, como se muestra en la **figura 66**, donde el operario debe jalar la máquina conforme recorre el terreno. Existen trasplantadoras de diferentes cantidades de filas o surcos de siembra. Pueden tener un rendimiento de siembra entre 1 a 2 ha de siembra por día, dependiendo de las condiciones del terreno y la habilidad del operador.

¹⁹ Cada bandeja tiene dimensiones: 58 cm x 28 cm x 2.5 cm y peso: 200 g.



Figura 66. Trabajo con trasplantadora manual de arroz

Fuente: Rice Knowledge Management Portal (2011)

Por otro lado, existen trasplantadoras de arroz autopropulsadas, en las que el operador va montado sobre la máquina, como se observa en la **figura 67**. Esta máquina puede abarcar entre 6 y 12 surcos, obteniendo un mayor rendimiento y eficiencia de trabajo, permitiendo la siembra de tres a cuatro hectáreas por día.



Figura 67. Trabajo con trasplantadora autopropulsada de arroz

Fuente: RitchieWiki

3.2.1. Funcionamiento

Cuando la trasplantadora de arroz entra en el campo, es alimentada manualmente con las bandejas de plántulas. La máquina obtiene las plántulas de las bandejas a través de unas pinzas especiales y las lleva hacia suelo insertándolas en la tierra, como se ilustra en la **figura 68**.

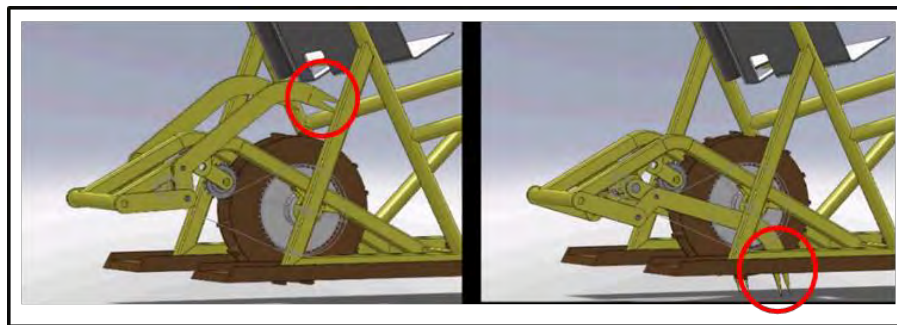


Figura 68. Funcionamiento del trasplante mecanizado

Fuente: *Mechanical Design* (2012)

3.2.2. Descripción del proceso de trasplante

Para el trabajo de trasplante, las pinzas del sistema de siembra de la máquina trasplantadora toma porciones de la alfombra de plántulas y las insertan al terreno lodoso, como se ilustra en la **figura 69**; según el distanciamiento seleccionado (de 10 cm a 30 cm entre golpe de siembra) y la distancia entre surco, la cual es fija (entre 20 cm a 30 cm según especificaciones de la máquina).

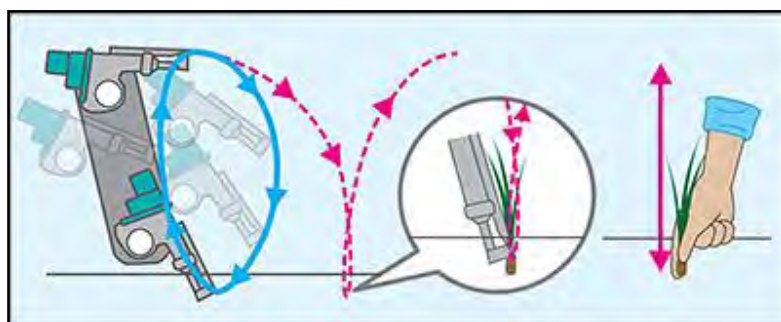


Figura 69. Accionamiento de pinza de máquina trasplantadora

Fuente: Kubota Agricultural Machinery India Ltd. (2015)

Conarroz (2011), recomienda la presencia de una pequeña lámina de agua (alrededor de 2 cm) al momento de realizar el trasplante, con el fin de que el barro no se adhiera al sistema de pinzas de la máquina. Por otro lado, un exceso de agua ocasionaría que las plántulas no sean correctamente sembradas y queden flotando. En la **figura 70** se muestra el trabajo que realiza la máquina trasplantadora.

Se pueden hacer ajustes para la calibración de la densidad de siembra en las máquinas trasplantadoras, permitiendo elegir el tamaño de la porción de la alfombra del semillero a colocar en el golpe de siembra.

De acuerdo a la calibración de la máquina, esta podría requerir entre 109 bandejas a 276 bandejas por hectárea. Por lo tanto, si se usan 160 gramos por bandeja de semilla, se podría estimar que el gasto de semilla por hectárea puede ser desde 18 kg/ha hasta 45 kg/ha. Empero, con una calibración promedio comúnmente utilizada se establece un consumo de 200 bandejas/ha, equivalente a 32 kg/ha de semilla (Conarroz, 2011).



Figura 70. Trabajo de máquina trasplantadora
Fuente: Kubota Agricultural Machinery India Ltd. (2015)

3.2.3. Requerimientos

Para la aplicación del sistema de trasplante mecanizado es necesario cumplir con los siguientes requerimientos:

a) Preparación de terreno

Es necesario contar con una óptima nivelación del terreno para facilitar el desplazamiento de la trasplantadora y sobre todo para que la profundidad en la que se insertan las plántulas de arroz sea lo más uniforme posible así también su crecimiento.

b) Semillero para trasplante mecanizado de arroz

La densidad de siembra de la bandeja debe ser la adecuada. Para ello se debe considerar que durante el trasplante, las pinzas del sistema de siembra de la máquina trasplantadora toman porciones de manera continua de la alfombra del semillero, por lo que, si en la bandeja existen huecos o ausencia de plántulas, ocurrirán fallos de siembra durante el trasplante.

Otros factores importantes a tomar en cuenta son el espesor de alfombra, la calidad del suelo, la textura adecuada, etc. Todos estos aspectos se tratarán con mayor detalle en las siguientes páginas.

c) Variedad para el trasplante mecanizado de arroz y momento óptimo del trasplante

Si bien no se tiene información de resultados de trasplante mecanizado en el Perú con la variedad IR-43 (NIR), se considera que la labor sí es factible ya que no presenta los impedimentos que tiene una variedad de semilla para no ser compatible con este método: que presente muy pobre desarrollo radicular, que sea muy susceptible a enfermedades y que tenga alto estrés al momento del trasplante.

El número de hojas será el criterio que defina, en mayor proporción, el momento óptimo de trasplante, siendo el indicado entre 2.5 hojas y 3 hojas como mínimo, tal como se representa en la **figura 71**.

En variedades de ciclo intermedio, el trasplante podría realizarse a los 15 días después del voleo, en variedades de ciclo largo, se puede realizar a los 17 días.

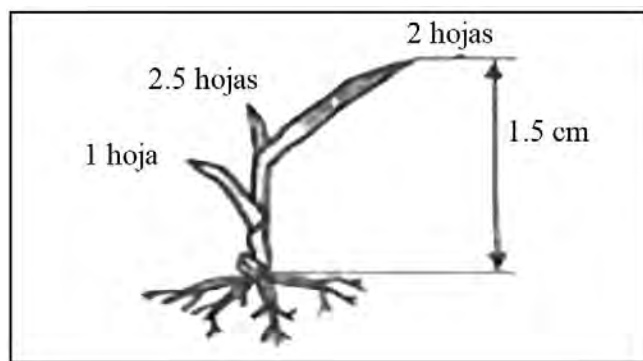


Figura 71. Número mínimo de hojas para trasplante
Fuente: Invernizzi, Casulani, Rossetti, s.f. Material audiovisual.

3.2.4. Ventajas

El trasplante mecanizado, además de cubrir las limitaciones actuales del trasplante manual, tiene las siguientes ventajas:

- a) Ahorro significativo de semillas.- Se requieren 32 kg en promedio de semilla por hectárea, frente a los 180 kg en el método de voleo ó 125 kg con trasplante manual a partir de almácigo.
- b) Mejor tratamiento de semillas.- Al reducir en 76 % la cantidad de semilla, se tiene un mejor control en la calidad de la semilla, e incluso podría comprarse de mejor calidad.
- c) Mayor capacidad para decidir la distribución y densidad del trasplante (distancia entre planta y planta y número de plántulas por golpe).
- d) Presencia de campos con densidades de siembra uniforme.
- e) Posibilidad de empleo de un escardador para el control de las malezas, en vista de la uniforme distancia entre surcos. Asimismo, cuando se realicen los abonamientos, el operario tendrá a los surcos como camino, así no aplastará las plántulas de arroz.
- f) Reducción del requerimiento de personal de mano de obra para trasplante.
- g) Reducción de la cantidad de agua requerida.
- h) Reducción de los costos de trasplante.
- i) Incremento de la rentabilidad por encima del 30 % respecto al sistema convencional.
- j) Incremento significativo en retoños (amacollo)
- k) Disminución del estrés en la plántula al momento de ser arrancada en la saca y trasplantada al campo definitivo.
- l) Mayor incremento radicular de la planta.

- m) Mayor resistencia al volcamiento.
- n) Incremento de granos por espiga.
- o) Mejoramiento de la calidad y características del grano e incremento en el peso del mismo.
- p) Reducción de la dosis de insecticidas, plaguicidas, fungicidas, etc. en la etapa de crecimiento.
- q) Mejorar las condiciones de trabajo de trasplante, ya que esta labor representa la más dura en el cultivo del arroz por las posiciones anti-ergonómicas.

Para la presente investigación se cotizó la máquina trasplantadora autopropulsada con 3 empresas, las cuales facilitaron la siguiente información:

3.2.5. Máquinas recomendadas

❖ Agroexportaciones del Perú US \$ 25 000

La empresa Agroexportaciones del Perú S.A. cotizó una máquina trasplantadora de la marca Kubota, de fabricación japonesa, la cual tiene las especificaciones detalladas en la **tabla 38**. Esta trasplantadora es una de las más completas que hay en el mercado, considerando su capacidad de carga.

Tabla 38. Características de trasplantadora marca Kubota

Máquina trasplantadora Kubota	
Imagen	Características
	Marca KUBOTA (Fabricación: Japón)
	Número de hileras de trasplante: 10
	Separación entre plántulas: ajustable entre 10 cm a 30 cm
	Separación entre surcos: 25 cm fijo
	Velocidad de trabajo: 3.0~4.5 ha/día en condiciones adecuadas del terreno
	Cantidad de ruedas: 4 para facilitar salida ante posible fangueo.

Fuente: Agroexportaciones del Perú (2015). Elaboración propia.

❖ Joselid Industrial S.A.C US \$ 18 960

Esta empresa propone la importación de una trasplantadora marca SWAN, de fabricación china. La **tabla 39** muestra las especificaciones de esta máquina.

Tabla 39. Características de trasplantadora SWAN

Máquina trasplantadora SWAN	
	
Características	
Modelo de motor: Z175F-1	
Potencia: 6HP/2600 rpm	
Combustible: Diesel	
Consumo: 0.5 galones por hectárea	
Sistema de transmisión: hidráulico	
Número de hileras de trasplante: 8 (25 cm de separación entre surcos)	
Velocidad de trabajo: 3 ha/día	
Distancias regulables entre plántulas: 10 cm a 20 cm	

Fuente: Joselid Industrial S.A.C. (2015). Elaboración propia.

❖ **Catron International (España) 19 000 € + IVA (precio FOB)**

Se cotizó, a modo referencial, una máquina trasplantadora marca Daedong, de fabricación coreana, las especificaciones de muestran a continuación:

Tabla 40. Características de trasplantadora DAEDONG

Máquina trasplantadora DAEDONG	
Imagen	Características
	Trasplante con brazo rotativo (doble engranaje)
	Intervalo de trasplante: 10 cm ~ 22 cm
	Profundidad de trasplante: 1.5 cm ~ 4.4 cm
	Capacidad de carga de semilleros: 18 ~ 26
	Velocidad de trabajo: 1.6 m/s
	Longitud total: 3100 mm
	Anchura total: 2095 mm
	Altura total: 1880 mm
	Despeje del suelo: 405 mm
	Peso: 660 kg
	Potencia: 11.4 HP/3600 rpm
	Combustible: gasolina
	Ppalanca de cambio con 2 velocidades

Fuente: Catron International (2015). Elaboración propia.

❖ **Zhengzhou Hento Machinery Co., Ltd. US \$5 000 (FOB)**

A través del portal web *Alibaba.com*, se cotizó una máquina trasplantadora marca Zhengzhou, cuyas especificaciones de muestran en la **tabla 41**.

Tabla 41. Características de trasplantadora Zhengzhou

Modelo	Hto-6300b
Dimensiones	2410*2132*1300 mm
Peso	290 kg
Modelo de motor diesel	170f
Potencia del motor diesel	3.23 kW/4.4 Hp
Velocidad de motor	2600 rpm
Número de hileras	6
Espaciamiento entre surcos	300 mm
Espaciamiento entre plántulas	120 mm, 140 mm, 160 mm, 190 mm
Eficiencia de trabajo	0.2 ha/h
Dimensiones de bandeja	2250*1760*600 mm
Peso con bandejas	350 kg

Fuente: Zhengzhou Hento Machinery Co. (2015)

Conociendo los beneficios, ventajas y requerimientos del trasplante mecanizado, se hará a continuación un análisis de esta operación.

Como se explicó anteriormente, la máquina trasplantadora requiere de un maquinista y un ayudante para abastecer de plántulas a la máquina, se conversó con algunos trabajadores de campo y se estableció, dada las características del trabajo, que se equivaldría a 1 tarea por hectárea para cada uno. Por otro lado, según especificaciones técnicas, la eficiencia de trabajo de la máquina trasplantadora es de 3 ha/día (se considera 8 h/día).

En la **tabla 42** se presenta un resumen comparativo entre el trabajo con trasplante manual vs mecanizado.

Tabla 42. Comparación de requerimientos según método de trasplante

Requerimiento	Tradicional	Mecanizado	Diferencia	Var %
n° Jornales	20	3	17	-85.00
Tiempo (min)	252	160	92	-36.51

Fuente: Elaboración propia.

El trasplante mecanizado reduce en un 85 % el requerimiento de mano de obra, además de reducir en la misma proporción los costos directos de esta operación. Al realizar este trabajo una máquina, se obtiene una reducción del tiempo de operación de 36.51 % respecto al sistema tradicional.

Para el trasplante mecanizado se ha considerado, como contingencia, 1 tarea de trasplante manual por si algunas plántulas no logran sembrarse adecuadamente, así como trasplantar el área que no cubre la máquina (por lo general las esquinas de la poza).

3.3. Diseño de nueva técnica para preparación de almácigo

El trasplante mecanizado supone una modificación en el método de preparación de almacigueras, ya que la máquina trasplantadora requiere obtener las plántulas de bandejas con medidas y características específicas. A continuación se explica el proceso de cómo elaborar un semillero de arroz, como se recomienda en la revista Conarroz (2011).

3.3.1. Preparación del sustrato

Aprovechando que el área que necesitaría el semillero para abastecer de plántulas al trasplante mecanizado es reducida, y para garantizar la disponibilidad de nutrientes en la etapa inicial del desarrollo de la planta, resulta más fácil fertilizar el suelo mediante la elaboración de sustrato.

a) Selección

Se recomienda la utilización de una mezcla de ceniza de cascarilla de arroz y suelo (Conarroz, 2011). El suelo a utilizar en la mezcla debe ser franco arenoso, franco, o franco arcilloso.

b) Secado y almacenamiento

A continuación se debe mezclar la tierra y la ceniza de cascarilla de arroz para luego dejar la mezcla en buena ventilación, y así permita secar ambas materias primas.

c) Tamizado del sustrato

Seguidamente, es necesario tamizar el sustrato con el fin de eliminar las partículas no deseadas, ya que estos objetos pueden afectar el óptimo funcionamiento de la máquina trasplantadora.

d) Cantidad y mezcla de sustrato por bandeja

Para cada bandeja del semillero se requiere de 3 a 4 litros de sustrato. En la capa inferior de la bandeja se coloca una mezcla de relación de volumen de 66 % de ceniza de cascarilla de arroz y 34 % de suelo y se agrega de 2 litros a 2.5 l de sustrato. En la capa superior (que tapa la semilla) se utiliza una mezcla de 75 % de ceniza de cascarilla de arroz y 25 % de suelo con la adición de 1 l a 1.5 l de sustrato (Conarroz, 2011).

3.3.2. Preparación de las bandejas

Se utilizan bandejas con las siguientes dimensiones interiores: 58 cm de largo, 28 cm de ancho, y 3 cm de profundidad (**figura 72**). Se recomienda esterilizar las bandejas antes de cada siembra. Debe tenerse cuidado de no exceder la cantidad de sustrato o tierra colocada dentro de las bandejas, ya que una mayor o menor cantidad a lo recomendado, trae como consecuencia un bajo rendimiento efectivo de siembra de la máquina trasplantadora.



Figura 72. Preparación de bandejas

Fuente: EcoRural (2012)

3.3.3. Preparación de la semilla

Conarroz (2011) presenta una adecuada secuencia de la preparación de la semilla:

a) Selección de la semilla con agua salada (gravedad específica)

Para seleccionar la semilla de mejor calidad se usa el método de la “solución salina”, que consiste en preparar una solución con 15 litros de agua y 3 kilogramos de sal común (bien disuelta) para obtener una densidad de 1.13 g/mL. Para comprobar si la densidad obtenida es la adecuada, un método sencillo es introducir un huevo de gallina en dicha solución, el cual debe permanecer flotando con la mitad sumergida en el líquido (Chaviano, 2001).

La semilla se sumerge en esta solución con el objetivo de escoger las semillas llenas y pesadas que se hundan hasta el fondo del recipiente, facilitando el descarte de las semillas mal formadas, dañadas y vacías, las cuales flotarían en la solución.

La semilla se debe colocar dentro de la solución salina por cinco minutos en agitación, y una vez seleccionada, se enjuaga con agua para eliminar el contenido de sal. Siempre es indispensable realizar una prueba de germinación de la semilla antes de realizar la siembra, la cual debe ser mayor del 85 % (Wann y Román, 2006).

b) Pre-germinación de la semilla

Se debe sumergir las semillas durante 24 horas en un volumen de agua, de relación 1/2 (2 litros de agua por cada kilo de semilla). Luego la semilla se debe secar a la sombra por un periodo similar, alrededor de 30 horas.

3.3.4. Siembra

Se puede realizar de forma manual o mecánica (por medio de una máquina llenadora de bandejas, como se muestra en la **figura 73**).

La siembra mecánica tiene un mayor rendimiento ya que con la máquina se puede elaborar alrededor de 600 bandejas/hora; mientras que con una persona podría hacerse 10 bandejas/hora.



Figura 73. Máquina llenadora de bandejas

Fuente: Montero, O. (2008)

Conarroz (2011), explica detalladamente los pasos a seguir para elaborar los semilleros, como se detalla a continuación:

- a) Colocar y humedecer una hoja de periódico sobre la base de la bandeja.
- b) Se llenan las bandejas hasta casi 2 cm de altura, con 2 litros a 2.5 l de la mezcla del sustrato, luego se nivela y compacta levemente.
- c) Se procede luego a la dispersión uniforme de la semilla. En variedades de grano pequeño se recomienda sembrarlas a 180 g/bandeja y variedades de grano grande a 200 g/bandeja, considerando semillas pre-germinadas.
- d) Luego se debe agregar más sustrato en razón de 1 cm de altura, equivalente a 1 litro o 1.5 l de sustrato, a fin de cubrir la semilla.
- e) Finalmente, aplicar riego por aspersion de gota fina, con alrededor de 1 litro a 1.5 litros de agua por bandeja. Esto dependerá de la humedad del sustrato utilizado. La humedad excesiva puede causar dificultades en la germinación.

Para conseguir un adecuado semillero, es necesario que la densidad de siembra de la bandeja sea la óptima. Para esto, se debe considerar que durante el trasplante, las pinzas del sistema de siembra de la máquina trasplantadora obtienen porciones de manera continua de la alfombra del semillero, por lo que, si en la bandeja existen huecos o ausencia de plántulas, ocurrirían fallos de siembra durante la operación de trasplante.

Las ventajas de un semillero uniforme son:

- Establecimiento del cultivo con un crecimiento uniforme.
- Mayor eficiencia en el trabajo al disminuir las áreas a resembrar a mano y aumento del rendimiento del cultivo.

Mientras que un semillero no uniforme, además de requerir un tratamiento especial en cuanto a fertilización, presenta las siguientes desventajas:

- Fallos en golpes de siembra. Esto originará un crecimiento no uniforme del cultivo.

- Mayores costos al ser necesario la resiembra manual de las áreas descubiertas.
- Disminución del rendimiento del cultivo.

Con respecto a la profundidad adecuada del sustrato que debe tener cada bandeja del semillero, se mencionan los siguientes considerandos:

- Si la profundidad del sustrato es menor a 2 cm (**figura 74**), las raíces se cruzarán tanto que podrían ocasionar que se atasque el sistema de siembra de la máquina trasplantadora; y por tanto se sembrarán plántulas de forma inclinada y defectuosa.

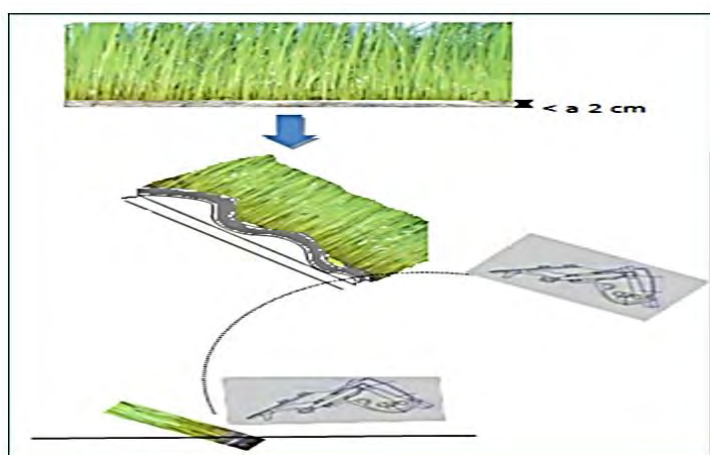


Figura 74. Efecto de la profundidad del sustrato del semillero menor a la óptima

Fuente: Revista Arrocerá (2011)

- Si la profundidad del sustrato es entre 2.5 cm y 3 cm (óptimo) como se muestra en la **figura 75**, permite una mayor eficiencia en el trabajo de la máquina trasplantadora, ya que se reduce el tiempo muerto de la misma, disminuyendo las áreas de resiembra manual y un establecimiento uniforme del cultivo.

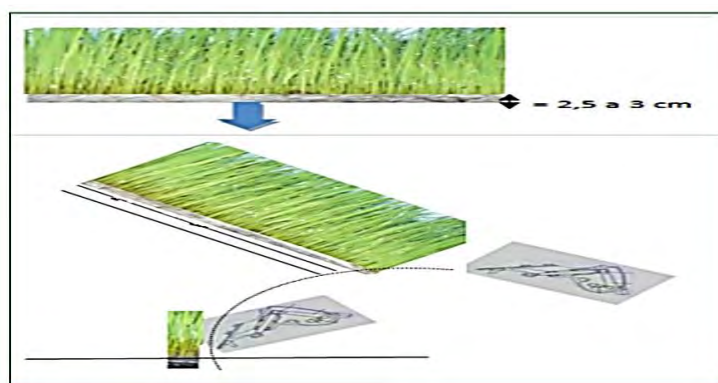


Figura 75. Efecto de la profundidad óptima del sustrato del semillero

Fuente: Revista Arrocerá (2011)

- Si la profundidad del sustrato es mayor a 3.5 cm (**figura 76**), las pinzas del sistema de siembra de la máquina trasplantadora, extraerá porciones de la alfombra de

plántulas, que son solamente sustrato (sin la presencia de plántulas), como se muestra en la **figura 76**. Esto ocasionaría fallos en los golpes de siembra, incurriendo en completar el trabajo de trasplante mediante una resiembra manual y todo esto podría disminuir el rendimiento del cultivo.

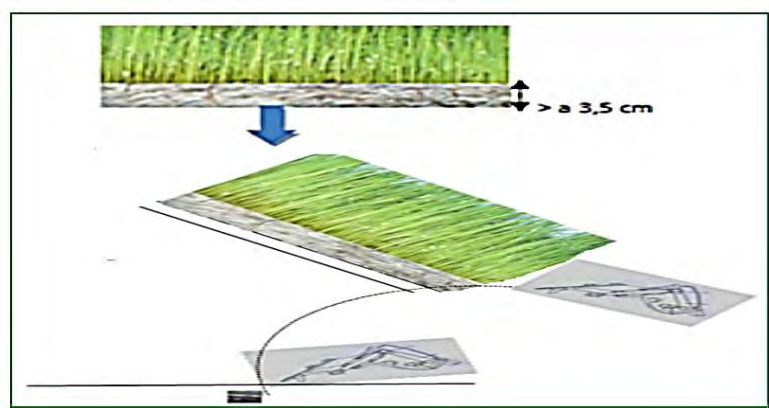


Figura 76. Efecto de la profundidad del sustrato del semillero mayor a la óptima

Fuente: Revista Arrocerá (2011)

El desarrollo radicular del semillero, es un aspecto muy importante, ya que permite una correcta textura de la base de la alfombra, mejorando la eficiencia de trabajo y aumentando el rendimiento efectivo de la máquina trasplantadora. El semillero debe salir de la bandeja como una alfombra totalmente íntegra, que permita una fácil y rápida manipulación (**figura 77a**).



Figura 77. a) Óptimo desarrollo radicular. b) Pobre desarrollo radicular de alfombra

Fuente: Conarroz (2011)

Por el contrario, si existe un desarrollo radicular pobre (**figura 77b**), tendría como consecuencia una menor eficiencia de trabajo de la máquina trasplantadora, además de golpes de siembra erróneos, requiriendo una mayor resiembra manual adicional.

3.3.5. Período de incubación

Esta actividad consiste en acomodar las bandejas en columnas de 20 y tapar la última, con el objetivo de evitar daños por agentes externos. El semillero se mantiene de esta forma durante 72 horas, sin adicionar riego y tapado, evitando la entrada de luz (Conarroz, 2011).

3.3.6. Preparación de la cama para la colocación de las bandejas

Asimismo, Conarroz (2011) sugiere que para la colocación de las bandejas, la superficie del semillero debe ser uniforme y plana, con las siguientes dimensiones: altura de 20 cm y un ancho de 1.2 metros, con el fin de permitir la colocación de dos bandejas.

Entre cada cama del semillero debe existir una distancia de 40 cm, como se detalla en la **figura 78**. Se puede colocar un plástico sobre la cama con el fin de facilitar la introducción y drenaje del agua.

3.3.7. Traslado del semillero a las camas de vivero

Cuando las plántulas tengan 1 cm de altura, se colocan al aire libre, protegiéndolas del sol y lluvia, adaptando una manta plástica como un pequeño toldo de no más de 0.5 m de altura. Este cambio de ubicación se recomienda realizarlo antes de las 10 a.m. o después de las 3 p.m. por factores de viento e intensidad de los rayos solares. (Wann y Román, 2006).

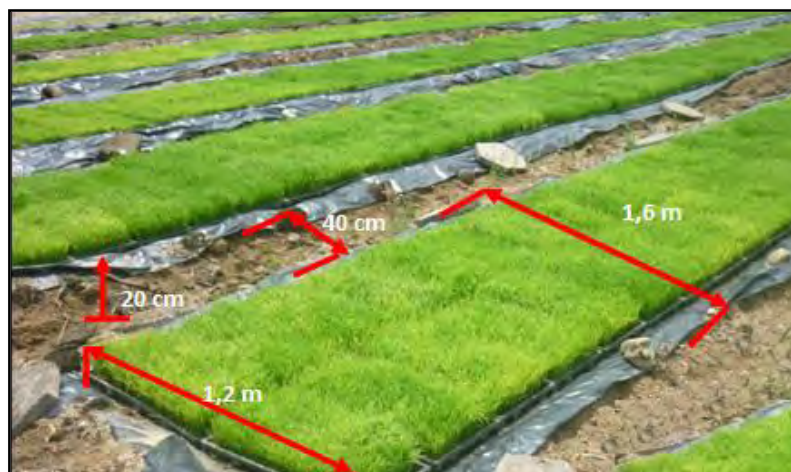


Figura 78. Preparación de la cama para la colocación de las bandejas

Fuente: Conarroz (2011)

Se debe evaluar el crecimiento uniforme de las plántulas del semillero, ya que esto es vital para el óptimo funcionamiento de la máquina trasplantadora. En caso aún hubiera secciones de la bandeja sin emerger, se recomienda mantenerlas en el área de incubación hasta lograr una mayor homogeneidad, permitiendo darle un manejo del riego exclusivo, evitando los excesos de humedad.

Otra labor importante es la aplicación de un riego por aspersión de gota fina con el fin de contrarrestar el levantamiento de la cobertura del sustrato de la capa que tapa la semilla. Con la aplicación de agua, suavemente se empuja la parte superior del sustrato hacia abajo, ya que el sustrato complica la emergencia y además ocasiona clorosis de las plántulas.

3.3.8. Manejo del semillero en las camas de vivero

a) Manejo del riego

Debe evitarse los excesos de humedad y contacto con agua de lluvia durante los primeros cinco días de la semilla del arroz, ya que se puede lavar el sustrato y pudrir la semilla. El semillero debe tener uno o dos días sin agua antes del trasplante, con el fin de facilitar el transporte y rendimiento de la máquina durante el trasplante (Conarroz, 2011).

b) Nutrición y combate de plagas

La fertilización en los semilleros se puede realizar de la misma manera que en el almácigo tradicional. Además, se podrán realizar aplicaciones de insecticidas o fungicidas. Sin embargo, se debe tener mucho cuidado con la dosis, equipo y momento de aplicación, ya que la aspersión debe ser por medio de una gota muy fina, por lo cual se recomienda aplicar con el cañón hacia arriba, para que la aplicación caiga suavemente en forma de rocío. Bajo condiciones normales de temperatura y humedad, las plántulas deberían estar listas para trasplante entre 20 días a 25 días después de sembradas las semillas (Conarroz, 2011).

3.3.9. Propuesta

Para este caso de estudio, considerando las condiciones actuales del proceso del cultivo de arroz en el valle de Jequetepeque, se plantea un método híbrido entre el semillero de arroz antes explicado y las almacigueras tradicionales.

La forma en que se plantea realizar la preparación de almácigos consiste en formar semilleros con dimensiones que faciliten la extracción de alfombras para abastecer a la máquina trasplantadora. Se ha encontrado información del *Cereal Systems Initiative for South Asia* (CSISA), que para el año 2013 plantea también un método híbrido. Los detalles de cómo realizar los semilleros en las mismas pozas de almaciguera se explican a continuación:

1. Dividir el área de la almaciguera de forma tal, que permita hacer semilleros de 1.2 m de ancho y con distancia entre ellos de 30 cm para facilitar de trabajo de control, aplicación de fertilizantes y demás operaciones. La longitud requerida por cada semillero y la cantidad de estos, se calcula a continuación:
 - Considerando que en promedio se requieren 200 bandejas por hectárea y cada bandeja tiene dimensiones: 58 cm * 28 cm * 2.5 cm.

$$(58 \text{ cm} * 28 \text{ cm}) * 200 = 324\,800 \text{ cm}^2 = 32.48 \text{ m}^2$$

- Se requieren 32.48 m^2 destinados a área útil de desarrollo de plántulas para abastecer una hectárea, pero se considerará una eficiencia de trabajo de la trasplantadora de 90 % de plántulas correctamente sembradas, por lo cual el área a sembrar para almácigo sería de 36.09 m^2 . Entonces el largo del semillero debe ser de 30.07 m. Para efectos prácticos se puede trabajar con semilleros de $30 \text{ m} * 1.2 \text{ m}$ como se ilustra en la **figura 79**.

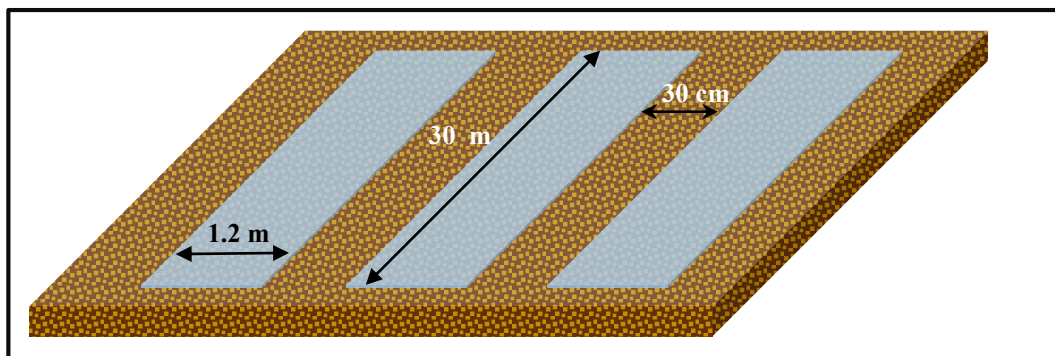


Figura 79. Dimensiones recomendadas para semillero

Fuente: Elaboración propia.

- En las condiciones actuales, las almacigueras tienen 500 m^2 , en esta misma área se podrían hacer al menos 9 semilleros para abastecer a 9 hectáreas de trasplante.
- Teniendo el terreno correctamente nivelado, cubrir el área destinada para semillero con mantas de plástico, con el fin de limitar el espesor de tierra que tendría la alfombra de plántulas. A continuación, en los bordes del área del semillero, colocar tablas delgadas de madera de 2.5 cm o máximo 3 cm de altura, para crear así una especie de poza, como se muestra en la **figura 80**.

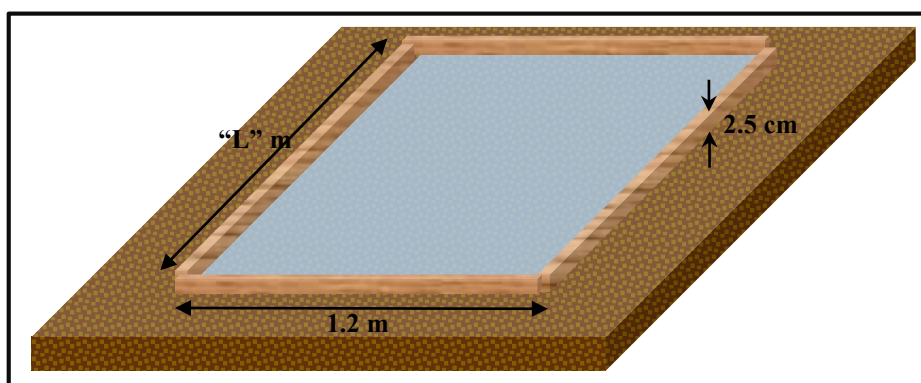


Figura 80. Preparación del semillero

Fuente: Elaboración propia.

- Se podría aprovechar la tierra de la misma almaciguera para mezclarla con ceniza de la cáscara de arroz, la cual proporciona una mejor textura a la alfombra, como recomienda Conarroz (2011). Teniendo ya hecho el sustrato, verterlo sobre la manta de plástico y esparcirlo, uniformizando la altura a lo largo del semillero (se puede emplear una tabla), procurando que la altura de la capa de sustrato sea menor a 2.5 cm.

Es necesario compactar levemente el sustrato, para esto basta aplastar (de forma ligera) el sustrato.

- Una vez llenado el sustrato, se procede a esparcir la semilla pre-germinada, cubriendo la totalidad del área del semillero, como se ilustra en la **figura 81**, teniendo en cuenta que, en promedio, se usaría 200 g en una bandeja.

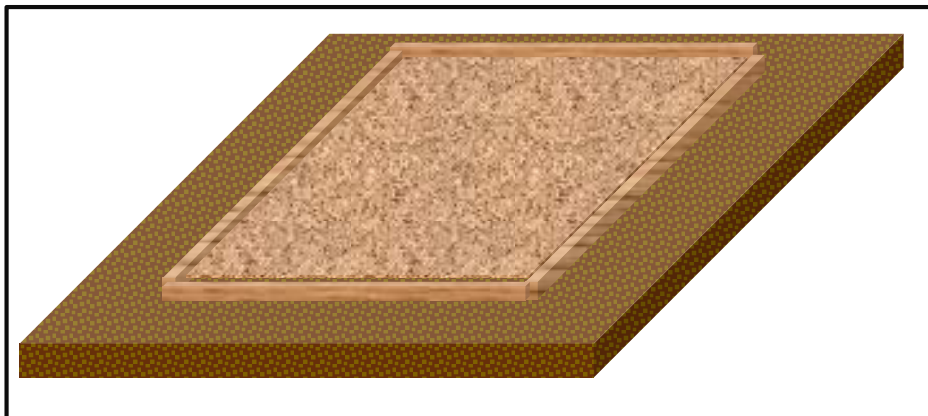


Figura 81. Esparcido de semilla en el semillero
Fuente: Elaboración propia.

- Adicionalmente, se recomienda esparcir una pequeña lámina de sustrato sobre la semilla, así como cubrir el semillero con otra manta de plástico (tal como se recomienda en la sección 3.3.7) para proteger aún más a la semilla del sol, lluvias, aves, etc.
- Cuando ya hayan crecido las plántulas y tengan un tamaño uniforme, se procede a retirarlas. Para esto, de los extremos del semillero, se levanta la alfombra de plántulas tal como se muestra en la **figura 82**, y se dobla la alfombra de tal manera que permita colocar un molde sobre ella (con las medidas de una bandeja de siembra vista en la sección 3.3.2) para cortarla y así proceder al abastecimiento de la máquina trasplantadora.



Figura 82. Extracción de alfombra de plántulas
Fuente: Quicksilver888 (2012)

En la **figura 83** se muestra la forma en que el CSISA planteaba la extracción de la alfombra.



Figura 83. Corte de la alfombra de plántulas según medidas de bandeja

Fuente: Project CSISA (2013)

Todos los demás aspectos para la gestión del semillero son iguales al método del acápite anterior (fertilización, gestión del agua, etc.). Siguiendo esta modalidad de preparación de semilleros, se obtienen las siguientes ventajas:

- Ahorro de transporte de bandejas desde el lugar de preparación, hacia el campo.
- Menor manipulación de las plántulas.
- No se requiere de bandejas, ahorrando el costo de este material
- El agricultor se adaptará mejor al cambio de sistema de elaboración de almácigo.
- Menor inversión al no requerir la máquina llenadora de bandejas.

Bajo esta nueva técnica de preparación de almácigos, se obtienen reducciones importantes de recursos y área de terreno, como se detalla en la **tabla 43**. Debido a que las plántulas salen en forma de alfombra (incluyendo la tierra), ya no se requiere la extracción de las mismas, ahorrándose el requerimiento de mano de obra para la operación de saca (10 tareas por almaciguera de 500 m² para abastecer una hectárea), a la vez se reduce la cantidad de carga de plántulas, ya que el área sembrada es menor.

Tabla 43. Comparación de requerimientos según método de almácigo

Requerimiento	Tradicional	Propuesta	Diferencia	Var %
Nº Jornales	16	5	11	-68.75
Área (m ²)	500	32.5	467.5	-93.50
Semilla (kg)	125	45	80	-64.00

Fuente: Elaboración propia.

Se considera que para extraer las plántulas en la dimensión de una bandeja, se cortará la “alfombra” con un molde con las medidas de la bandeja. Según las características de esta operación, y en función a una reunión con un grupo de operarios consultados, se estableció que se requeriría de una tarea de trabajo agrícola para la extracción de la alfombra de un semillero. Asimismo para la carga se requeriría de máximo 3 tareas, esto porque la cantidad de grupos de plántulas a transportar es reducida en comparación al método tradicional. Además se consideraría, para ambos métodos, 1 tarea por adaptación del terreno para almácigo; en el caso de la propuesta, para la adaptación de la manta plástica en la tierra.

Es preciso mencionar que este método debe ser estudiado con más detalle por expertos en el tema agronómico, para hacer una investigación de las implicancias en el desarrollo de la planta de arroz. Las condiciones que aportaría un vivero tal vez contribuyan a un mejor

cuidado de las plántulas en sus primeros días de desarrollo, sin embargo esto implicaría una mayor tecnificación por parte de los agricultores, quienes por lo general prefieren mantenerse en el sistema tradicional. Por otro lado, en cuanto a eficiencia de producción, lo ideal sería contar con una máquina llenadora de bandejas, pero implica una mayor inversión para el agricultor, tanto por la compra de la máquina como por la inversión en bandejas.

3.4. Determinación de plan de fertilización

La fertilidad es vital para que un suelo sea productivo, aunque un suelo fértil no necesariamente lo es, debido a que existen otros factores de tipo físico como mal drenaje, escasa profundidad, piedra superficial, déficit de humedad, etc. que pueden limitar la producción, aun cuando la fertilidad del suelo sea adecuada. El grado de potencial productivo de un suelo está determinado por sus características químicas y físicas.

Las características físico-químicas del suelo deben ser conocidas por el productor agrícola, ya que el crecimiento y desarrollo de los cultivos, así como la cantidad y calidad de las cosechas, están en relación directa con la disponibilidad de los nutrientes y las características de los suelos.

El rendimiento de un cultivo es afectado por diversos factores, entre los que ocupa un lugar importante la disponibilidad de los nutrientes esenciales para las plantas en el suelo; cuando estos no están en cantidades adecuadas, hay necesidad de adicionar fertilizantes minerales o enmiendas para suplir las necesidades y corregir las condiciones adversas. Desde este punto de vista, el análisis químico del suelo puede suministrar información muy valiosa para su manejo.

Cada terreno, aún dentro de la misma parcela, tiene proporciones de nutrientes diferentes, por lo que no se puede aplicar el mismo plan de fertilización a todos los terrenos de cultivo de arroz. Ante esta situación, lo que se recomienda es conocer las características del terreno mediante un estudio de análisis de suelo.

Con el análisis de suelo se pretende determinar el grado de suficiencia o deficiencia de los nutrientes, así como las condiciones adversas que pueden perjudicar a los cultivos, tales como la acidez excesiva, la salinidad, y la toxicidad de algunos elementos.

Los suelos agrícolas son muy heterogéneos y sus propiedades varían significativamente de un lugar a otro de la parcela. Por tanto, un análisis de fertilidad siempre debe realizarse sobre una muestra de suelo representativa del total de la parcela. Esto por cuanto una muestra de sólo 0.5 kg representa varios millones de kilogramos provenientes de varias hectáreas.

El muestreo de suelos debe estar basado en la toma de suficiente número de muestras de áreas no muy grandes para que garanticen la mejor representación posible y que permitan disminuir el error de muestreo por efectos de la variabilidad en la fertilidad del suelo.

Para conseguir mayor representatividad y aleatoriedad de las muestras, estas se toman haciendo un recorrido en zigzag por el terreno y extrayendo tierra de profundidades entre 15 cm a 30 cm, ya que esta es la profundidad promedio a la que llegan las raíces de las

plantas de arroz. Se considera que los primeros 5 cm no se toman en cuenta, ya que por lo general tiene alto contenido de materia orgánica por los residuos que deja la cosecha,

Se deben mezclar bien todas las muestras hasta lograr una muestra homogénea y enviar a analizar aproximadamente 1 kg (o según requerimiento del laboratorio). Asimismo, se debe depositar las muestras en doble bolsa plástica e identificarlas según terreno de procedencia y así enviarlas a laboratorio.

Es muy importante tener en cuenta que las muestras deben tomarse después de la recolección y siempre antes de enterrar los restos de cultivo y de abonar. Si se ha abonado con fertilizantes fosfóricos o potásicos, debe posponerse el muestreo al menos 1 ó 2 meses. Sin embargo, los abonos simples nitrogenados, no interfieren en un análisis típico de fertilidad. Si se han aplicado abonos orgánicos, enmiendas o se han enterrado abundantes restos vegetales, debe retrasarse el muestreo un mínimo de 4 a 6 meses.

Dado que los agricultores consultados nunca han realizado un análisis de suelo de sus parcelas, no tienen conocimiento de las condiciones y características de los mismos, por lo que aplican la fertilización según como vienen aplicando año tras año o según las recomendaciones de sus caporales, quienes a su vez son motivados por los vendedores de los productos.

Como ejemplo, se ha tomado dos muestras de suelo (constituidas por 10 pequeñas muestras cada una), elegidas por ubicación geográfica, como se detalla en la **tabla 44**.

Tabla 44. Muestras de suelo en parcelas seleccionadas

Muestra	Sector de procedencia	Característica
1	J-01	Recién preparado para cultivo
2	SJ-02	Parcela ya cultivada

Fuente: Elaboración propia.

La muestra 1 corresponde a una parcela que no se ha cultivado en los últimos 5 años y se ha reducido el nivel del terreno en más de 1 m. La muestra 2 corresponde a una parcela en la que todos los años se cultiva arroz, con rendimiento promedio de 9 800 kg/ha.

Los parámetros aconsejados para planificar una adecuada fertilización son: textura, pH, conductividad, materia orgánica, nitrógeno total, relación C/N, carbonatos totales, caliza activa, fósforo asimilable, cationes asimilables (Ca, Mg, Na, K), hierro extraíble, capacidad de intercambio catiónico (CIC), etc.

En la **tabla 45** y **tabla 46** se detallan los resultados obtenidos de los análisis realizados en las parcelas experimentales.

Tabla 45. Análisis de caracterización de muestras de suelos seleccionados

Parámetro		Muestra	
		1	2
pH (1:1)		8.07	7.70
Conductividad eléctrica (1:1) (dS/m)		2.12	2.09
Análisis granulométrico	Arena (%)	91.66	61.48
	Arcilla (%)	2.54	21.72
	Limo (%)	5.80	16.80
Clase textural		Arena	Franco arenoso
CaCO ₃ (%)		5.50	2.50
Materia orgánica (%)		0.85	1.84
P (ppm)		5.56	3.91
K (ppm)		35.60	111.00
CIC (meq/100 g)		12.81	11.05
Cationes cambiables (meq/100 g)	Ca ²⁺	11.12	3.53
	Mg ²⁺	1.56	7.16
	Na ⁺	0.07	0.16
	K ⁺	0.06	0.19
Suma de cationes (meq/100 g)		12.81	11.05

Fuente: Laboratorio de suelos, aguas y plantas – TECSUP Trujillo (2015)

Tabla 46. Análisis de salinidad de muestra de suelos seleccionados

Parámetro		Muestra	
		1	2
pH (pasta)		7.61	7.68
Conductividad eléctrica (1:2) (dS/m)		3.76	2.14
Cationes (meq/l)	Ca ⁺⁺	6.80	34.56
	Mg ⁺⁺	1.11	6.58
	K ⁺	0.05	0.10
	Na ⁺	1.10	3.15
Suma de cationes (meq/l)		9.06	44.40
Aniones (meq/l)	NO ₃ ⁻	0.33	0.57
	CO ₃ ⁻	0.75	0.00
	HCO ₃ ⁻	2.73	1.50
	SO ₄ ²⁻	- 0.21	36.32
	Cl ⁻	3.70	3.00
Suma de aniones (meq/l)		7.31	41.39
B ppm		0.91	0.78
Sodio intercambiable (PSI) (%)		0.13	0.13

Fuente: Laboratorio de suelos, aguas y plantas – TECSUP Trujillo (2015)

Interpretación de resultados

El mismo laboratorio proporcionó los rangos de referencia para algunos parámetros analizados, los cuales se detallan en la **tabla 47**, **tabla 48**, **tabla 49** y **tabla 50**.

Tabla 47. Rangos de referencias para parámetros analizados

Clasificación del suelo según pH	
Fuertemente ácido	menor a 5.5
Moderadamente ácido	5.6 ~ 6.0
Ligeramente ácido	6.1 ~ 6.5
Neutro	7.0
Ligeramente alcalino	7.1 ~ 7.8
Moderadamente alcalino	7.9 ~ 8.4
Fuertemente alcalino	mayor a 8.5

Fuente: TECSUP Trujillo (2015)

Tabla 48. Clasificación del suelo según grado de salinidad

Conductividad eléctrica (dS/m)	Clasificación
menor a 2	Muy ligeramente salino
2 ~ 4	Ligeramente salino
4 ~ 8	Moderadamente salino
mayor a 8	Fuertemente salino

Salas solubles totales (TDS) en ppm: 640 x C.E. (1:2)

Fuente: TECSUP Trujillo (2015)

Tabla 49. Clasificación del suelo según compuestos

Clasificación del suelo	Materia orgánica (%)	Fósforo disponible (mg/kg)	Potasio disponible (mg/kg)
Bajo	menor a 2	menor a 7.0	menor a 100
Medio	2 ~ 4	7.0 ~ 14.0	100 ~ 240
Alto	mayor a 4	mayor a 14.0	mayor a 240

Fuente: TECSUP Trujillo (2015)

Tabla 50. Clasificación del suelo según relaciones catiónicas

Condición	K/Mg	Ca/Mg
Normal	0.2 ~ 0.3	5 ~ 9
Deficiencia Mg	mayor a 0.5	-
Deficiencia de K	mayor a 0.2	-
Deficiencia de Mg	-	mayor a 10

Fuente: TECSUP Trujillo (2015)

Si el contenido de un elemento es bajo, se espera respuesta a la aplicación de un fertilizante que contenga dicho elemento. Si el valor del pH es bajo, se recomienda la aplicación de encalado.

Si el contenido es medio o intermedio, se asume que la respuesta a la aplicación de un fertilizante que contenga dicho elemento no es significativa en un incremento en producción. La respuesta al fertilizante aplicado que contiene el elemento evaluado puede ser errática y no responde, necesariamente, a la cantidad de fertilizante aplicado. Si el contenido es óptimo o alto significa que no requiere aplicación adicional del fertilizante que contenga este elemento.

Los resultados para la parcela J-01 nos dicen que este terreno es moderadamente alcalino (pH = 8.07), pero es ligeramente salino (C.E. = 2.12 dS/m). Esto se explica en gran medida por el hecho que a este terreno se le disminuyó 1 m de altura, según el agricultor propietario del terreno, para tener mejor acceso al agua por infiltración y así solucionar parcialmente su problema de agua; sin embargo por la gran cantidad de altura disminuida y filtración proveniente de la napa freática, salinizó ligeramente el terreno, el cual ahora presenta 91 % de arena, elevando el pH del terreno y solo 2.54 % de arcilla y 5.8 % de limo, cuya materia orgánica es muy deficiente (0.85 %). Incluso la disponibilidad de Zn se ve afectada en suelos de bajo nivel de materia orgánica, particularmente si el suelo presenta un pH alcalino.

El propietario del terreno de la parcela SJ-2, considera que esta parcela tiene buena producción en t/ha; sin embargo, la calidad del grano no es la ideal para el proceso de pilado, por lo que presenta *tiza*²⁰ y tiene mayor porcentaje de quebrado. Este terreno es ligeramente alcalino (pH = 7.7) y ligeramente salino; sin embargo la textura franco arenosa del terreno tiene condiciones normales para el cultivo de arroz, ya que tiene 21.72 % de arcilla y 16.8 % de limo. Un aspecto a considerar es que este terreno presenta deficiencia de materia orgánica (1.84 %).

Para determinar un plan de fertilización, es necesario conocer, además de las condiciones actuales del terreno, los requerimientos del cultivo para poder suplir las deficiencias. Estos valores se pueden calcular a través de los estudios de absorción de los cultivos, es decir, mediante los valores de extracción o cantidad de nutrientes absorbida por un cultivo para producir un rendimiento dado, en un tiempo definido.

La interpretación de los análisis se basa en estudios de correlación y calibración con la respuesta de las plantas a la aplicación de una cantidad dada del nutriente. El análisis de suelos está basado en la teoría de que existe un “nivel crítico” en relación al procedimiento analítico utilizado y a la respuesta del cultivo cuando se aplica un determinado nutriente. Cuando el nivel de un nutriente se encuentra debajo o por encima del nivel crítico, el crecimiento de la planta se verá afectado en forma negativa o positiva según dicha concentración.

Para este informe, dado que no se realizó un estudio de absorción de nutrientes (por el requerimiento de múltiples análisis y varias muestras por campaña), se trabajará en función a los datos (**tabla 51**) de estudios ya realizados.

²⁰ Término usado por los agricultores para referirse a las manchas blancas que aparecen en el grano después del proceso de pilado. El precio del arroz con esta característica se deprecia hasta la mitad.

Tabla 51. Requerimientos nutricionales del arroz

Nutriente	Requerimiento (kg/tonelada de grano)	Índice de Cosecha	Rendimiento de 6000 kg/ha	
			Necesidad (kg/ha)	Extracción (kg/ha)
Nitrógeno	22.20	0.66	133	88.00
Fósforo	3.10	0.84	19	16.00
Potasio	26.20	0.10	157	16.00
Calcio	2.80	0.04	17	1.00
Magnesio	2.40	0.42	14	6.00
Azufre	0.94	0.64	6	4.00
Boro	0.02	0.50	0	0.05
Cloro	9.70	0.43	58	25.03
Cobre	0.03	0.92	0	0.15
Hierro	0.35	0.57	2	1.20
Manganeso	0.37	0.16	2	0.36
Zinc	0.04	0.50	0	0.12
Silicio	51.70	0.19	310	59.00

Fuente: *International Plant Nutrition Institute* (IPNI, 2009)

Con estos datos se puede tener una referencia muy aproximada del requerimiento del cultivo en una campaña. Sin embargo, siempre existirá pérdida de nutrientes, ya sea por erosión, salinización, compactación, contaminación química, etc. de los suelos. Resulta importante conocer más a detalle el comportamiento de absorción de los principales nutrientes del arroz, es decir datos más aproximados del consumo total de N, P, K, como se detallan en la **tabla 52**.

Tabla 52. Consumo total de N, P, K por la planta de arroz

Rendimiento de grano	Cantidad de nutrientes absorbidos			Referencia
	N	P	K	
t/ha	kg/ha			
0.6	11	2	17	Kanapathy, 1976
1.1	45	8	67	Kanapathy, 1976
1.5	42	8	28	Sánchez, 1978
3.0	50	11	66	FIAC FAO 1980
3.0	84	14	89	Malavolta, 1979
3.2	91	10	59	FAO 1970
4.5	75	15	88	BASF, 1980
6.0	100	22	133	FIAC FAO 1980
6.0	100	22	150	BASF, 1980
7.8	125	30	137	Malavolta, 1979
8.0	141	37	90	Sánchez, 1978

Fuente: Misti Fertilizantes (2008)

Estos datos fueron extraídos de distintas fuentes (para el estudio realizado por Misti Fertilizantes), y con ellos se pudo determinar una ecuación que permite conocer la cantidad más exacta de cada nutriente que requiere el arroz, como se muestra a continuación:

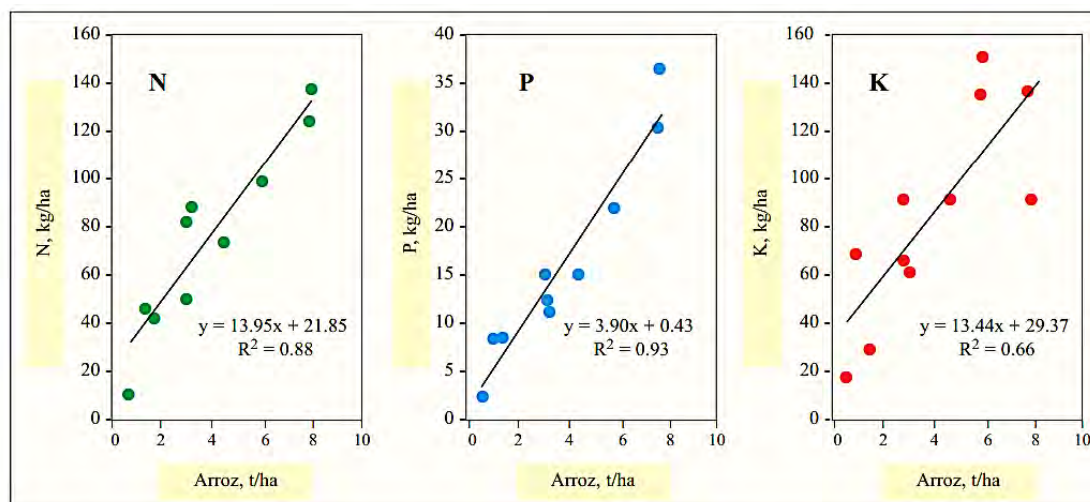


Figura 84. Ecuaciones de consumo de N, P y K en el cultivo de arroz

Fuente: Misti Fertilizantes (2008)

De esta manera se obtienen valores más cercanos a lo real, así para una producción esperada de 10 toneladas por hectárea, se necesitarían:

Ecuación del N:	$y = 13.95 x + 21.85$	→	161.35 kg de N
Ecuación del P:	$y = 3.9 x + 0.43$	→	39.43 kg de P
Ecuación del K:	$y = 13.44 x + 29.37$	→	163.77 kg de K

Se considera que el requerimiento de nitrógeno por parte del terreno agrícola debe ser suministrado casi en su totalidad mediante fertilizantes sintéticos, esto se debe a que hasta el momento de siembra, gran parte del nitrógeno asimilable que contenía el suelo, se perdió por volatilización o por procesos químicos. Por lo tanto se recomienda aplicar el fertilizante, pero para mejor aprovechamiento de los nutrientes por parte de la planta, es mejor distribuir las dosis.

Actualmente los agricultores consultados aplican (en promedio) 400 kg de urea (184 kg de N), 150 kg de fosfato diamónico (27 kg de N y 69 kg de P₂O₅), 400 kg de sulfato de amonio (84 kg de N y 96 kg de S) y 50 kg de sulfato de potasio (25 kg de K₂O y 9 kg de S). Por lo tanto, se obtiene como resultado una aplicación aparentemente excesiva de N (100 kg más del requerimiento normal).

En cuanto al fósforo requerido por la planta de arroz, resulta una cantidad no muy alta, con posibilidades de aplicarse mediante fertilización, sin embargo en el caso del requerimiento de potasio, actualmente los agricultores consultados sólo aplican 50 kg de sulfato de potasio, y aun considerando los aportes de potasio por parte de los demás fertilizantes, no se alcanza a cubrir lo necesario. Esto último se explica por el elevado costo por kg del sulfato de potasio, lo que hace que el agricultor no proporcione este nutriente a la planta, y erróneamente, al no ver resultados adecuados en su cultivo, aplicará mayor nitrógeno u otro producto de menor precio.

3.5. Sistema de recolección de cosecha a granel

Para la recolección del arroz en cáscara, es necesario ensacarlo en el campo, transportarlo, y volver a descargar y vaciar los sacos en el molino. Esto representa doble trabajo y mayor tiempo de operación, incrementando la mano de obra necesaria. Se plantea ante esta situación, realizar la cosecha con recolección y transporte a granel.

La cosecha a granel es aquella donde el productor solo requiere la utilización de una máquina *combinada*²¹, que recolecta la cosecha y la deposita en una tolva o directamente al remolque o camión recolector, el cual se haya acondicionado para almacenar el producto, sin necesidad de utilizar empaque. De esta manera se consiguen las siguientes ventajas:

- El manejo directo del grano hace más ágil y eficiente el proceso.
- Se logra un uso más racional de la maquinaria.
- Se usa más eficientemente el equipo de transporte, agilizando la entrega del producto en el molino.
- Se evita la mano de obra ocupada en el llenado, amarre, carga y descarga de sacos.
- Se reducen los costos por mano de obra.
- Menor manipulación y pérdida de los granos.
- Se elimina el uso del empaque y por tanto su costo.
- Reducción de un costo ecológico al disminuir o eliminar la producción de costales.

El producto es llevado en camiones acondicionados al molino. Estos camiones se acondicionan mediante la instalación de cortinas a base de costales o sacos de polipropileno, alrededor de las barandas o rejas. La descarga de producto se hace instalando una rampa inclinada a donde sube el camión para provocar el deslizamiento del producto por las puertas traseras del camión.

En la **figura 84** se explican las diferencias entre el método tradicional de recolección de arroz en cáscara y el método que se propone de cosecha a granel.

Se debe tener en cuenta que el método de cosecha a granel implica que el molino también adapte algunas de sus operaciones, sin embargo para reducir estos cambios, se plantea que el tratamiento a granel del arroz se limite hasta la etapa de vaciado de éste en el molino, sobre todo porque el agricultor no tiene un control estricto de su producción dentro de las instalaciones del molino.

De esta manera, posterior al secado del arroz, se procedería al proceso de almacenamiento en sacos, esto permite facilitar el control de la cantidad de arroz del agricultor, el molino no necesita tener bodegas de almacenamiento a granel y por tanto no hace falta una planificación de recepción y almacén. El transporte interno se realizaría en las mismas condiciones actuales, debido principalmente, a que el agricultor no tiene poder sobre las operaciones internas que realiza el molino.

²¹ Término empleado para describir a las máquinas cosechadoras autopropulsadas.

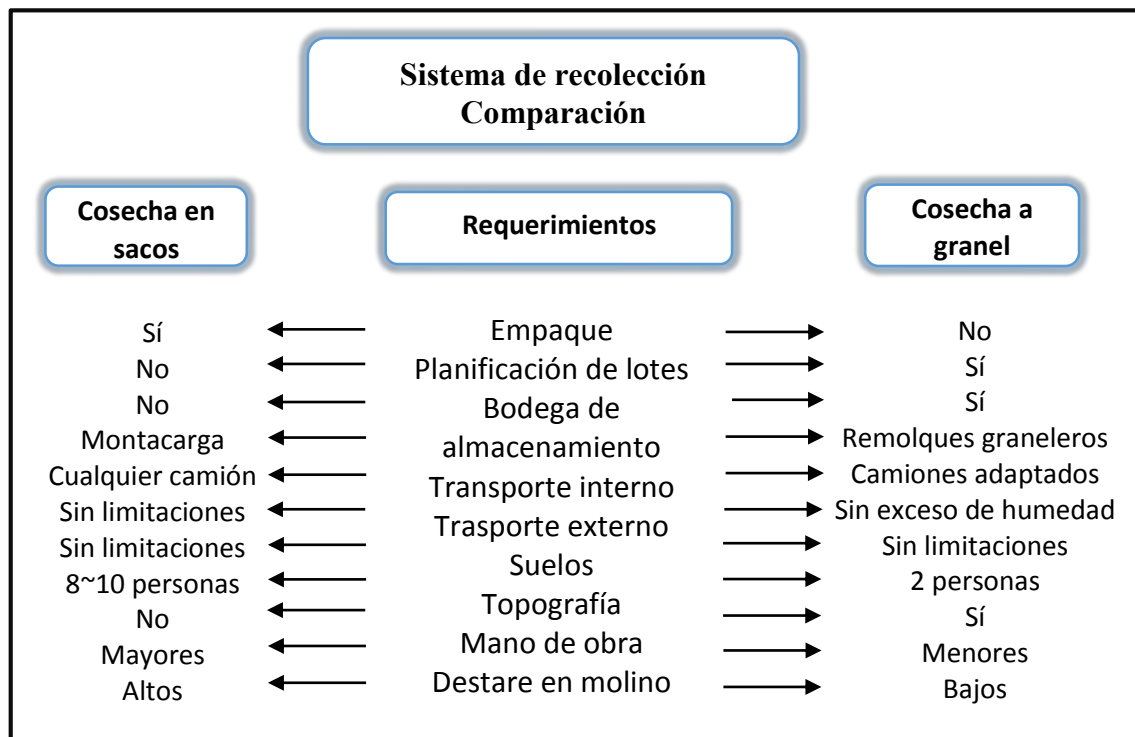


Figura 85. Comparativo de sistemas de recolección

Fuente: Garcés, A. (2009)

En cuanto a las modificaciones que se necesitarían hacer para implementar este método, se reduciría a la necesidad de adaptación del camión, como se muestra en las **figura 86** y **figura 87**. La operación de descarga consiste en abrir las compuertas (trasera y laterales) y dejar caer el arroz (**figura 86**), sin embargo se plantea, mediante el diseño de la **figura 87** una solución para facilitar la descarga del arroz que por gravedad no cae.



Figura 86. Camión con estructura para carga a granel

Fuente: Voanews (2014)

La modificación extra consiste en instalar un “falso piso” a la plataforma del camión (**figura 87**), de tal manera que el arroz se deslice por esta superficie, la cual debe procurarse que tenga un coeficiente de fricción bajo. Las compuertas deben mantener un ángulo de inclinación para vaciar el arroz lo más alejado posible de las ruedas, para evitar que cuando el camión se retire del lugar, aplaste los granos de arroz.

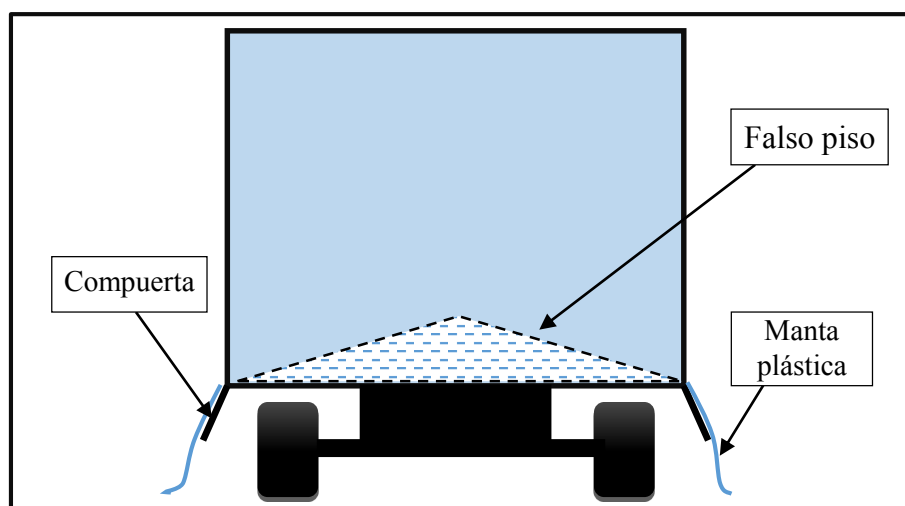


Figura 87. Diseño de estructura para adaptación de camión
Fuente: Elaboración propia.

Como medida de apoyo para la situación antes mencionada, se recomienda adaptar una pequeña manta plástica a la compuerta, que llegue hasta el piso cuando la compuerta esté abierta; esto limitará y mantendrá al arroz alejado de las llantas del camión. Si bien los camiones suelen acondicionarse con mantas plásticas o a base de costales alrededor de las barandas, se recomienda hacer la estructura con planchas metálicas para garantizar la seguridad de la carga.

En la **figura 88** se muestra la comparación del flujo de operaciones para la cosecha en sacos y a granel.

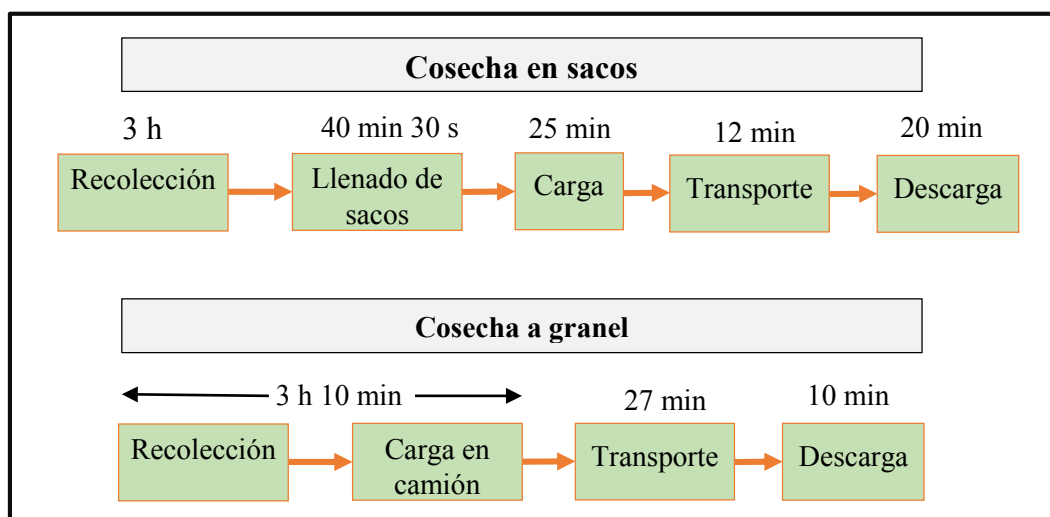


Figura 88. Comparación de flujo de operaciones de cosecha en sacos vs a granel
Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la cosecha a granel, el llenado de arroz en cáscara al camión, está incluido dentro del tiempo de cosecha, ya que en lugar de vaciar el arroz a una manta (método tradicional), lo haría al camión, aun así se considerará 10 min adicionales.

La distancia promedio al molino no varía, sin embargo el tiempo promedio de transporte aumenta 15 min ya que se considera, si así requiere el agricultor, pesar y destarar el

camión, con el fin de conocer la cantidad exacta de arroz que transporta. El costo del servicio de balanza es S/. 15 por camión. La descarga es más rápido porque se hace por gravedad y no saco por saco.

Las mejoras en la operación de cosecha con recolección a granel se resumen en la **tabla 53**.

Tabla 53. Resumen diferencias operativas cosecha en sacos vs a granel

	Sacos	Granel	Diferencia	Var %
n° Operarios	8	2	6	-75.00
Tiempo (min)	277	217	60	-21.66

Fuente: Elaboración propia.

Para ambos casos se requiere de un maquinista de la cosechadora y un chofer de camión, sin embargo la recolección con sacos requiere de 4 llenadores y al menos 2 cargadores.

En cuanto al vehículo de transporte, lo ideal sería emplear un camión volquete, sin embargo, hay muy poca disponibilidad de este vehículo en el valle de Jequetepeque, y tal como se pudo conversar con un propietario de un volquete, para ellos no les resulta rentable alquilar sus camiones para cosechas agrícolas, porque sólo demandaría algunas horas de carga, mientras que en el rubro de construcción tienen trabajo para todo un día.

Además menciona, que las ubicaciones de los campos agrícolas no siempre están cercanas a la población, por lo que se verían obligados a cobrar un extra por el transporte al campo. Como referencia, un viaje de carga con camión volquete cuesta S/. 70, cuyo volumen de tolva es 4 m³.

Indagando por las opiniones de los agricultores, ellos comentan, ante la propuesta antes expuesta, que las limitaciones que ellos encuentran en la cosecha a granel, se basan, sobre todo, en la seguridad y control. Esto debido a que no tendrían un control del peso que llevaría el vehículo, mientras que con la modalidad de llenado de sacos, sólo deben conocer la cantidad de estos. Ante esta situación se plantea la necesidad, si fuera el caso, de realizar para cada viaje una tara del camión, la cual servirá también para un control de la cantidad de arroz en cáscara llevado al almacén o molino.

3.6. Gestión de residuos de cosecha

Luego de las labores de cosecha, debido a que la máquina cosechadora sólo extrae los granos de arroz, en el campo quedan las demás partes de la planta no aprovechadas (paja de arroz, raíces, etc.), conocidas como *rastrojos*. Sin embargo, no sólo hay presencia de esta materia orgánica en el suelo, sino que también remanentes de malezas, contaminación bacteriana y microorganismos que se desarrollaron a lo largo del cultivo.

Ante esta situación, una práctica generalizada por los agricultores en los arrozales de todo el mundo, es quemar los rastrojos, procurando reducir el potencial de inóculo de enfermedades de la campaña agrícola anterior. Con la quema se pretende disminuir el porcentaje de riesgo de infección de las plántulas después de la siembra directa o el trasplante (Garrido y Benítez, 2011).

La quema física es una práctica errónea desde el punto de vista agronómico, pues libera los nutrientes que contiene la paja a la atmósfera, la cual se podría incorporar al terreno, actuando como abono natural y ahorrando dinero en fertilizantes sintéticos. Además el rastrojo es un residuo orgánico que puede utilizarse como fuente de energía (Asociación ecologista “Jaedilla”, 2012).

Es así que existe la idea de evitar la quema y aprovechar el rastrojo del arroz como un elemento natural de mitigación del cambio climático, a través de la fijación de carbono en su biomasa, en este caso, en la paja y la cascarilla del arroz. Si la paja no se puede quemar, existen principalmente dos opciones de eliminación: mediante triturado e incorporación con el suelo, y retirándola del lote para su aprovechamiento.

En ambos casos, es necesario hacer un estudio profundo de los impactos a largo plazo, sobre las parcelas dedicadas al cultivo de arroz en particular y el medio ambiente en general. También es necesaria una valoración económica de todos los elementos que intervienen en cada caso, para determinar cuáles son los costos reales de una eventual retirada masiva de paja de los campos.

Opción A: Quemado de rastrojo

Cuando se quema la paja se consigue aportar a la tierra una pequeña cantidad de potasio, pero se pierde la capa superior del suelo, con lo que desaparece el coloide y con él, la capacidad hídrica conseguida, favoreciendo la desertización. Junto con el humus, escapa el nitrógeno retenido por las raíces de muchas plantas y el fijado por las bacterias que viven en simbiosis con las leguminosas. Se estima que la quema de media hectárea de rastrojo hace desaparecer 100 kg de nitrógeno, que luego deberán ser añadidos a modo de abono para que crezca una nueva cosecha (Asociación ecologista “Jaedilla”, 2012).

Además, calcinamos el suelo, destruyendo toda una fauna y flora invisible al ojo humano y que es la encargada de que el suelo sea fértil (escarabajos, hormigas, gusanos, protozoos, etc.). Estos microorganismos intervienen directamente en los procesos de descomposición de la materia orgánica, enriqueciendo el suelo con sus excrementos y con sus propios restos (Asociación ecologista “Jaedilla”, 2012).

Al quemarse la paja de arroz, los gases producidos son principalmente dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y otros en trazas como: óxido nitroso (N_2O), monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x) y agua. El CO_2 es el principal gas resultante. En un período de quema normal, todo el CO_2 liberado pasará de nuevo a ser materia vegetal en el período de crecimiento del año próximo. Por tanto, la quema de residuos de cosecha en los campos no se considera una fuente neta de dióxido de carbono (Universidad de Caldas, 2009).

El metano (CH_4), es el segundo gas de efecto invernadero en importancia después del dióxido de carbono. Las fuentes emisoras de metano son en gran parte antropogénicas, como: las ciénagas, el cultivo de arroz, animales de granja, la quema de biomasa, entre otras. El metano contribuye a la formación de ozono troposférico, por tanto, su potencial como gas de efecto invernadero es superior al CO_2 . La combustión de la paja también genera metano, aunque muy poco en términos relativos (Fitzgerald, 2000), además de ser una fuente importante de dióxido de nitrógeno (NO_2) a nivel local.

Opción B: Incorporación de rastrojo al suelo

Considerando la incorporación directa de la paja, existirían 3 alternativas: i) incorporar la paja sin añadir fertilizante químico; ii) no incorporar paja y abonar con fertilizante químico (típicamente N, P₂O₅, y K₂O como se realiza actualmente), y iii) una combinación de las dos anteriores. Por reducción de costos pero sobre todo por requerimientos de nutrientes consideraremos la última alternativa.

La paja de arroz debería ser incorporada por su gran contenido de potasio para que aporte este elemento al siguiente ciclo de producción, sin dejar de aplicar fertilizante que contenga este elemento porque para que el potasio contenido en la paja sea disponible, este primero tiene que descomponerse (Mc culloch y Bernal , 2012).

Por lo tanto, si se opta por enterrar el rastrojo, hay que evitar que esto genere enfermedades en el suelo, por eso se recomienda labrar el suelo lo menos posible. Con ello ahorramos energía, disminuimos los costos y la erosión del terreno (por lluvias, viento, etc.). Al mantener el terreno con restos vegetales, se evita la erosión y se enriquece la materia orgánica (Asociación ecologista “Jaedilla”, 2012).

Como se explica en el boletín informativo de la Asociación Ecologista Jaedilla, las diferencias que se presentan entre los suelos donde se quema el rastrojo y aquellos en los que se incorpora, son fundamentalmente dos: la elevada temperatura de los primeros durante la quema y la diferencia en materia orgánica en ambos. El diferente contenido en materia orgánica hace que el suelo quemado retenga menos agua y esté menos aireado que aquel en el que se incorporó el rastrojo.

La quema tiende a incrementar las cosechas en los primeros años, pero tiende a disminuirlas a más largo plazo. La quema mineraliza la materia orgánica y de esta manera se aporta nitrógeno, fósforo y potasio al terreno. Así, se logra una fertilización inmediata, pero a medio y largo plazo se reduce la materia orgánica del terreno.

Sin embargo, no se debe dejar de lado la evaluación de las consecuencias a largo plazo de cada una de las opciones. Si bien con la incorporación del rastrojo se evita la emisión de gases producto de la combustión, se debe evaluar también y con mucho más cuidado la emisión de metano, ya que tiene efectos más perjudiciales como gas de efecto invernadero. Existen diversos estudios sobre la medición de metano que se produce en el cultivo de arroz, como se muestra en la **figura 89**.

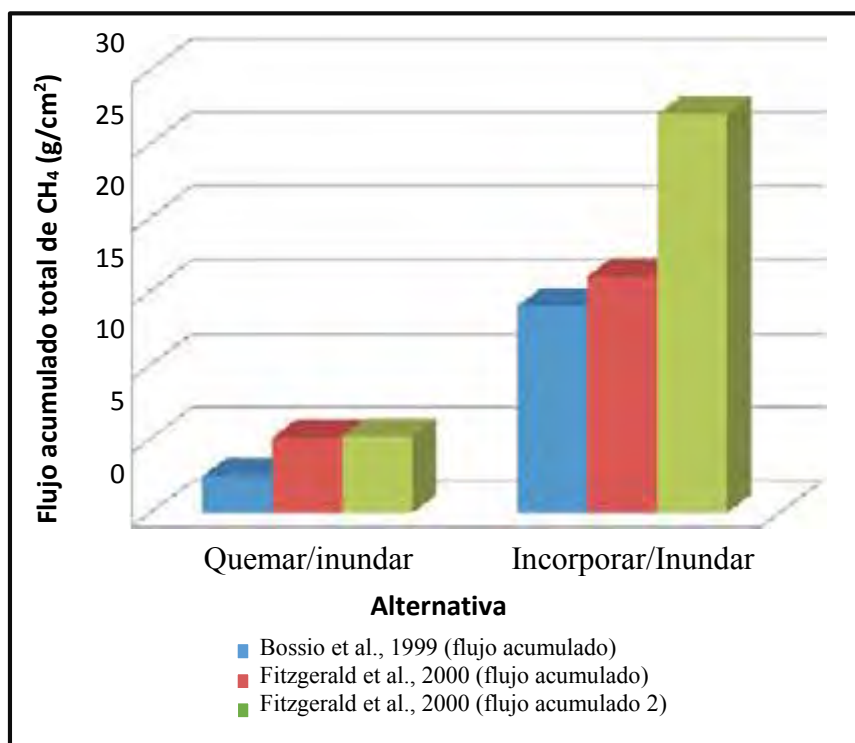


Figura 89. Generación de metano

Fuente: Universidad de Caldas, Colombia (2009)

Como muestra el gráfico anterior, con respecto a la generación y emisión de metano entre las alternativas de quemar o incorporar la paja al suelo, los tres estudios reportados indican que la alternativa de enterrar la paja genera entre 2.5 y 4.5 veces más metano que la de quemarla, por lo que esta alternativa tampoco es recomendable.

Opción C: Retirar el rastrojo del campo

El retiro de la paja de arroz del suelo implicaría la extracción de nutrientes, fundamentalmente N, P, K, haciendo necesaria su reincorporación con la fertilización y por lo tanto aumentado costos. También se retira silicio en forma de dióxido de silicio amorfo (Datnoff et al., 1997). Según un análisis de los nutrientes que se encuentran en los residuos de la cosecha, se obtuvo los porcentajes detallados en la **tabla 54**.

Desde la última campaña, los agricultores consultados han optado por aplicar un producto adicional en los abonamientos: “MagSil”, que principalmente contiene Si (11 %) y Mg (8 %) y otros micronutrientes en proporciones menores. Como se muestra en la **tabla 54**, el rastrojo contiene nutrientes que los fertilizantes tradicionales no aportan, por lo que retirar el rastrojo del campo implica tener que abastecer dichos nutrientes mediante fertilizantes químicos.

Tabla 54. Composición de nutrientes en los residuos de la cosecha

Composición (%) peso seco	N	P	K	Ca	Mg	SiO ₂	FE	Mn	Zn	Cu	B
Paja (*)	0.41	0.053	1.56	0.49	-	15.0 ~ 23.0	-	-	-	-	-
Hojas/Paja(**)	2.74	0.140	1.53	0.56	0.17	17.3 ~ 19.2	140	135	19	12	20
Cascarilla(**)	-	-	-	-	-	19.3 ~ 20.3	-	-	-	-	-

* Ma & Takahashi (2002).

** Navarro (2008).

Fuente: Universidad de Caldas, Colombia (2009)

Propuesta

Evaluando las 3 opciones sobre el manejo del rastrojo, se ve que ninguna representa beneficios totales, ya que si bien resulta conveniente en unos aspectos, tiene desventajas en otros.

De esta manera se plantea establecer un método que rescate lo mejor de cada una de estas opciones para conseguir mejores resultados en cuanto a aumentar los nutrientes disponibles en el suelo, evitar o disminuir la contaminación ambiental y reducir los costos.

Por motivos fitosanitarios se tendría que recurrir al quemado para eliminar el remanente de malezas, bacterias, hongos, enfermedades, etc. perjudiciales al cultivo de arroz; pero esto en la menor proporción de área posible.

Por ejemplo en California, EE.UU. se determinó que se requiere quemar al menos el 25 % del rastrojo en el terreno para contrarrestar los aspectos perjudiciales antes mencionados. (CARB, 1997; Wong, 2003).

La compañía mercantil Estudios, Dirección e Investigación de Fermentaciones Especiales (EDIFESA), explica que en la mayor parte de los sistemas de cultivo, si no se aporta materia orgánica de ningún modo, se produce una progresiva disminución del nivel de humus del suelo. Esta pérdida conlleva a diversos problemas como erosión acelerada, deterioro de las propiedades físicas, físico-químicas, químicas y biológicas del suelo y una pérdida genérica de fertilidad en sentido amplio.

La utilización de los residuos vegetales incorporados al suelo, puede contribuir a disminuir las pérdidas por erosión, además que incrementa la tasa de incorporación de materia orgánica. La producción de compost a partir de residuos de cosecha, desechos domésticos, estiércoles y otros residuos orgánicos, también disponibles localmente, constituye otra estrategia para el reciclaje de nutrientes. El compost es el producto final de la descomposición de la materia orgánica por los microorganismos del suelo, y constituye un fertilizante orgánico que cumple doble función: contribuye a mejorar su estructura y provee de nutrientes y sus ácidos orgánicos hacen a los nutrientes del suelo más disponibles para la planta (Izquierdo y Rodríguez).

El reciclaje de nutrientes en la tierra se realiza mediante la incorporación del *tamo* (mezcla de pajilla y hierbas en descomposición obtenidas de los residuos de la cosecha y que actúa como compostaje), lo cual valoriza la importancia del residuo de cosecha como mejorador de la materia orgánica de suelo y como aporte de nutrientes para la nutrición de la planta

de arroz. Es conveniente picar los residuos porque entre más pequeños sean, su descomposición será más rápida (Garcés, 2009).

Ante todo lo antes mencionado, se plantea la siguiente gestión de residuos de cosecha:

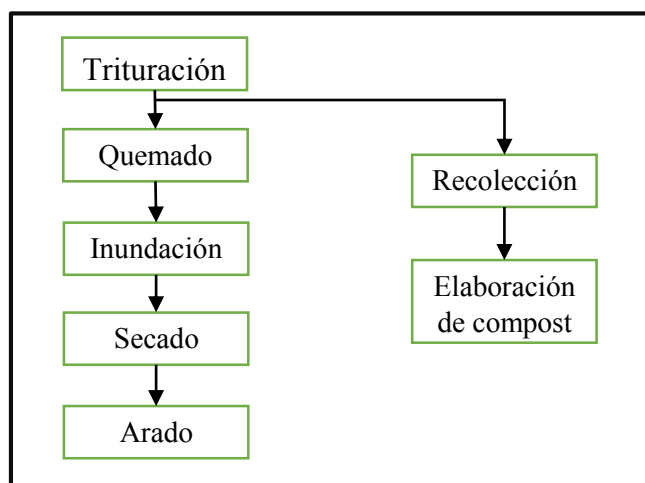


Figura 90. Diagrama de operaciones para gestión de residuos post-cosecha

Fuente: Elaboración propia.

Mediante la trituración del rastrojo se facilita su recolección, la cual debe ser en una proporción de terreno que pueda manejar el agricultor, de tal forma que esta operación no incremente demasiado sus costos de producción. Este rastrojo servirá para hacer compost y utilizarlo posteriormente como abono para el terreno de cultivo y como materia orgánica para la preparación de sustrato en los semilleros.

Como se comentó antes, y debido a que ya se extrajo una parte del rastrojo, se procede a quemar máximo el 20 % del rastrojo presente en el terreno, seleccionando áreas específicas de forma tal que se distribuya estas pequeñas áreas de quemado en el terreno. Como medida de facilitación de la descomposición de los residuos que aún quedan, se procede a llenar la poza con la mínima cantidad de agua necesaria para sumergir los restos de rastrojo y se deja algunos días hasta que se consuma el agua.

Con el terreno húmedo, es conveniente realizar un trabajo de arado para oxigenar el terreno, con la intención de eliminar las condiciones propicias para el desarrollo de microorganismos perjudiciales al cultivo de arroz, y con el objetivo principal de incorporar toda la materia orgánica al suelo.

3.7. Gestión del agua de riego

Para tener una correcta gestión del recurso hídrico, como principal requerimiento del cultivo de arroz, es necesario conocer los componentes del gasto de agua que implica cualquier cultivo: evapotranspiración, percolación, pérdidas laterales y manejo del agua. La Universidad de la República – Uruguay (2006), explica cada uno de estos conceptos:

La evapotranspiración de un cultivo es el proceso por el cual el agua es transferida desde el suelo hacia la atmósfera, e incluye la evaporación desde el suelo, la lámina de agua y la planta; y transpiración desde la planta. Está influenciada por diversos factores climáticos

como radiación, humedad relativa, temperatura y viento; factores de suelo como la disponibilidad de agua y factores de cultivo como tipo y estado fenológico del cultivo.

Se denomina percolación o infiltración, al agua que se pierde por gravedad a las capas más profundas del suelo. Depende fundamentalmente de las características texturales del suelo (principalmente del contenido de arcilla) y de la presencia de un horizonte B textural que impida el pasaje del agua.

Las pérdidas laterales son provocadas por las filtraciones a través de los bordos, o a las roturas de los mismos. Estas pérdidas están muy asociadas a la topografía de la chacra, los campos con mayor pendiente son los que presentan mayores niveles de pérdidas.

El manejo del agua es el aspecto más importante para determinar la eficiencia del riego y es la única variable que maneja el agricultor, cuando determina qué sistema de riego va a utilizar. Se relaciona también con la calidad y tipo de preparación de suelos que hará (en terreno seco o por fangueo), tipo de siembra, momento de finalización del riego, etc. De esta manera, existen 3 opciones de gestión del agua en el cultivo: inundación permanente, riego intermitente y cultivo en seco. Las ventajas y desventajas de cada método se muestran en la **tabla 55**.

Tabla 55. Cualidades positivas y negativas de los sistemas de riego en arroz

Atributo	Técnicas tradicionales de inundación permanente	Técnicas intermitentes de cultivo en seco y húmedo (lámina de inundación)	Cultivo en seco (secano y bajo riego) - sin inundación
Ventajas	Costos compartidos de manejo del agua entre muchos usos del agua	Ahorro de agua, pero solamente para el cultivo	No se requiere de un suministro adicional de agua o solo de manera suplementaria
	Generar múltiples usos del agua	Cronograma flexible del cultivo	
	Control de malezas		Ahorro de agua a nivel de campo
Inconvenientes	Poca flexibilidad en el cronograma de cultivo (organización en bloques)	Requiere de un servicio de agua de alta calidad	Técnica de conservación de agua (cobertura)
	Riesgo potencial de contaminación por lixiviación de productos químicos	Alto costo del manejo de agua asumido solo por agricultores	Requiere de excesivo deshierbo
	Alta extracción de agua	Requiere mayor deshierbo	

Fuente: FAO (2004). Elaboración propia.

Para tomar una decisión del método más aconsejable para las condiciones del valle de Jequetepeque, se explicará los requerimientos de disponibilidad de agua de la planta y los efectos que conlleva reducir este recurso.

En el riego hay que cuidar que el nivel del agua tenga la altura debida en relación con el desarrollo de la planta. En los primeros estadios, el nivel ha de ser alto para proteger del frío a la plántula, entorpecer el desarrollo de las malas hierbas, impedir que el movimiento superficial del agua por el viento arranque a las plántulas, aún no suficientemente arraigadas, y si se usan determinados herbicidas, impedir su degradación (Franquent y Querol, 2011).

Según que la planta vaya creciendo, conviene rebajar estos niveles para permitir un mejor desarrollo y respiración de las hojas. Una vez implantado el cultivo, se mantiene el nivel de agua con ligeras variaciones, siendo conveniente la renovación de la misma para conseguir la mejor oxigenación, lavado o lixiviación de sales y temperatura adecuada (Franquent y Querol, 2011).

Cuando se implementan los sistemas de riego intermitente, se está al límite de que la planta sufra un estrés hídrico y se han encontrado diferentes respuestas según el material genético, la intensidad y duración del estrés, y el momento del ciclo del cultivo en el que se da.

Los efectos del estrés hídrico pueden darse cuando los niveles de agua en el suelo caen por debajo de saturación.

Bouman y Tuong (2000) citan los efectos del estrés hídrico sobre el crecimiento y el rendimiento se manifiesta de las siguientes formas:

- a) Enrollamiento de las hojas e inhibición de la producción de la misma, que conlleva a la reducción del área efectiva para la intercepción de luz.
- b) Las raíces crecen más, a expensas de los macollos durante el desarrollo vegetativo ya que las raíces más profundas son efectivas en explorar las capas más profundas en busca de agua.
- c) La falta de agua en las etapas vegetativas reduce la altura, el macollaje y el área foliar.
- d) Cierre estomático, llevando a reducir la tasa transpiratoria y la fotosíntesis.
- e) Macollaje limitado o hay muerte de macollos. La sequía antes o durante el macollaje reduce el número de macollos y de panículas. Además causa retraso de la floración.
- f) Reducción del número de espiguillas con estrés hídrico entre primordio y floración, resultando en un menor n° de granos por panoja.
- g) La planta de arroz es muy sensible a la sequía desde la etapa de la iniciación de la panoja hasta la generación de espiga, por lo que incrementa la esterilidad de espiguillas cuando el estrés se da en floración y llenado de grano temprano, resultando en menor porcentaje de espiguillas llenas y, por lo tanto, en menor número de granos por panoja.
- h) Disminuye el peso de los granos con estrés luego de la floración.

Los puntos 1 y 4 pueden ser revertidos tras desaparecer el estrés de la plántula, o pueden ser compensados en etapas posteriores del ciclo de vida del cultivo, como el punto 5. Los factores críticos son los puntos 6 y 7, ya que representan una pérdida irreversible del rendimiento. En general se producirán perjuicios irreversibles si las plántulas están bajo estrés hídrico durante el desarrollo de la panícula, ya que en esta etapa, la planta está en su máxima tasa de crecimiento y por tanto requiere de abundante agua.

En el valle de Jequetepeque se depende casi totalmente del agua de riego, y considerando los problemas que conlleva el estrés hídrico del agua, se descarta la opción de cultivo en

seco. Es así que si se busca reducir la cantidad de agua ($14\ 000\ \text{m}^3$), la mejor opción sería implementar el sistema de riego con secas intermitentes, teniendo especial cuidado en evitar la saturación extrema de las plántulas con demasiadas situaciones de estrés hídrico.

El riego intermitente se realiza por medio de baños, los cuales consisten en la aplicación de una lámina de 5 cm a 10 cm de agua, en este momento se detiene la entrada de agua a la chacra y se deja secar el terreno (fase de recesión) hasta que el suelo llega al punto de saturación, momento en que se aplica nuevamente la lámina de agua. El tiempo transcurrido entre la aplicación de una lámina y la siguiente varía según las condiciones climáticas, los requerimientos del cultivo, tasa de infiltración y las pérdidas laterales (Bouman y Tuong, 2000).

Las herramientas para esto son la reducción de la profundidad de lámina de inundación, mantenimiento del suelo en punto de saturación o alternancia de inundación-secado, es decir, permitir secar la chacra hasta cierto punto antes de realizar otro baño. Se han realizado varios ensayos en China y Filipinas, donde los tratamientos de ahorro de agua que mantienen el suelo en saturación, o los que permiten que la lámina infiltre antes de reaplicar el agua, fueron efectivos en reducir el gasto de agua, manteniendo altos niveles de rendimiento, cuando la media de ahorro de agua fue de 23 % (+/-14), mientras que la reducción de rendimiento es de solo 6 % (+/-6) (Universidad de la República – Uruguay, 2006).

En la **figura 91** se presentan los gastos de agua que presentaron los sistemas de riego durante todo el periodo de riego. Como se observa en la misma, el sistema de riego intermitente utilizó $1\ 350\ \text{m}^3/\text{ha}$ menos que el sistema continuo, lo que significa un 12 % de reducción del gasto.

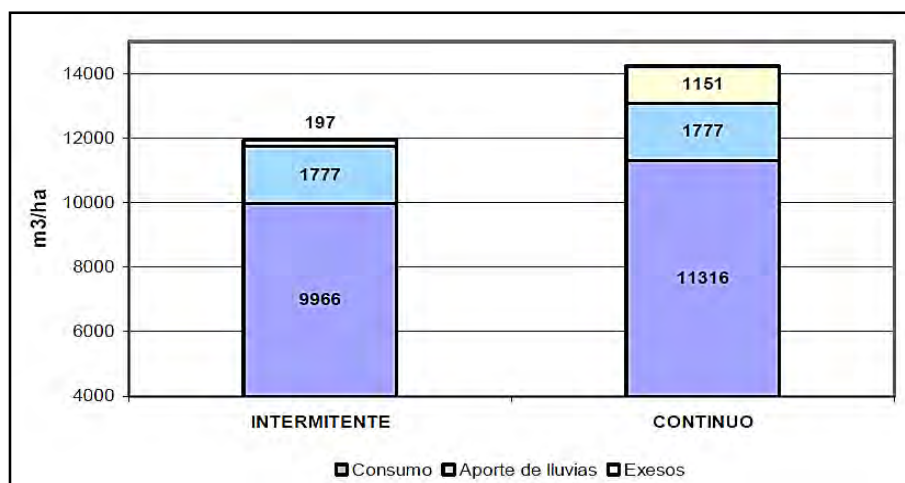


Figura 91. Consumo de agua según sistema de riego
Fuente: Universidad de la República, Montevideo - Uruguay (2006)

El cálculo de consumo de agua se realizó restandole a la entrada total de agua, el volumen medido en los aforadores de salida de cada sistema de riego que se consideraban excesos. Asimismo, se realizaron mediciones de la cantidad de materia seca (MS) en distintos momentos del desarrollo del cultivo, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 56. Mediciones de materia seca en etapas del cultivo del arroz

Rendimiento MS (kg/ha)		
Etapa del cultivo	Sistema de riego	
	Intermitente	Continuo
Macollamiento	2431	3215
Primordio	8557	9014
Floración	24104	24869
Cosecha	17889	19515

Fuente: Universidad de la República, Montevideo - Uruguay (2006)

Algunos investigadores como Bouman y Tuong (2000), han registrado que las diferencias entre el rendimiento de los sistemas intermitente y continuo se deben a las pérdidas de nitrógeno que ocurren cuando el suelo comienza a secarse y oxigenarse. Estas pérdidas son atribuidas a los procesos de nitrificación-desnitrificación.

El Ministerio de Salud del Perú comenzó un proyecto piloto en el 2006, cuyo fin era reducir la población del vector de la malaria mediante la implementación del riego con secas intermitentes. Los resultados obtenidos en la campaña del año 2007 se muestran en la **tabla 57**.

Tabla 57. Resultados del método de secas intermitentes en el Perú

Región	Distrito	Reducción de larvas de zancudo (%)	Reducción de uso de agua (%)	Incremento en producción (%)
Lambayeque	Pítipo	72.0	-40.0	19.5
	Mochumí	70.0	-36.7	28.3
	Chongoyape	54.0	--	29.1
	Promedio	70.0	-38.4	25.6
San Martín	Morales	62.3	-27.0	13.0
Piura	La Arena	72.0	-40.0	19.5

Fuente: MINSA (2008). Elaboración propia.

Los resultados fueron muy satisfactorios en todo sentido según datos del MINSA, a diferencia de los resultados de producción obtenidos en China y Filipinas.

En una entrevista para RPP, la bióloga Elena Ogusuku del área de vigilancia y control de vectores de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) explicó que después de secado el terreno (aproximadamente 5 días después de inundación), comienza el conteo de los 8 días de terreno seco, y al noveno día se aplica la misma cantidad de agua. Según el terreno, se puede llegar hasta 3 veces de seca antes del periodo de maduración. A pesar de los excelentes resultados en el cultivo de arroz, no se ha dado mayor importancia a este método. Se puede explicar esto, debido a que en las principales regiones productoras de arroz no se presenta riesgo de malaria (**figura 92**), por lo que los agricultores prefieren continuar con el sistema tradicional de cultivo.

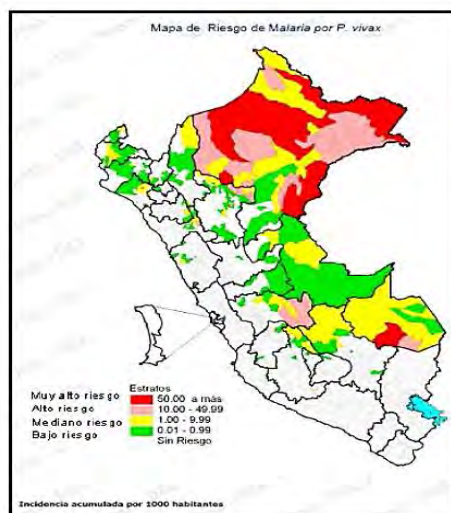


Figura 92. Mapa de riesgo de malaria en el Perú

Fuente: MINSA (2009)

Por esta razón, mediante la presente investigación se pretende concientizar a los agricultores, desde la perspectiva agraria y de producción, del impacto ambiental que se podría evitar con la reducción de la cantidad de agua, además de mostrar los beneficios del método de riego con secas intermitentes. En la **figura 93** se detalla, a modo descriptivo y como ejemplo, un calendario agrícola con sistema de riego con secas intermitentes.

Tal como se muestra en la **figura 93**, hay posibilidad de realizar las secas en distintos momentos, pero este calendario es referencial y el agricultor debe ajustarlo a las condiciones de su terreno, ya que si el terreno es arenoso, la cantidad de días que tarda para absorber el agua será menor, comparado a un terreno arcilloso. De igual manera se debe tener especial cuidado en evitar que el terreno llegue a un punto de saturación muy elevado; las grietas profundas en el terreno son una clara muestra de la situación antes mencionada, esto debe evitarse porque se incrementa la pérdida de nutrientes aportados por fertilizantes y además favorece al desarrollo de malezas.

Si bien los resultados obtenidos en la **tabla 57** muestran reducciones de hasta 40 % de uso de agua con el sistema de secas intermitentes, para efectos de trabajar con datos que garanticen sus resultados, se considerará el menor valor de reducción de agua, es decir el 12 %, como se muestra en la **figura 91**. En la **tabla 58** se muestra la variación de agua empleada en cada método.

Tabla 58. Requerimiento de agua según método de riego

	Riego continuo	Secas intermitentes	Diferencia	Var %
Agua (m ³)	14 000	12 320	1 680	-12

Fuente: Elaboración propia.

Un ahorro del 12 % de uso de agua equivale a 1.68 millones de litros de agua por hectárea, cantidad importante y que podría utilizarse para abastecer de este recurso a las comunidades aledañas.

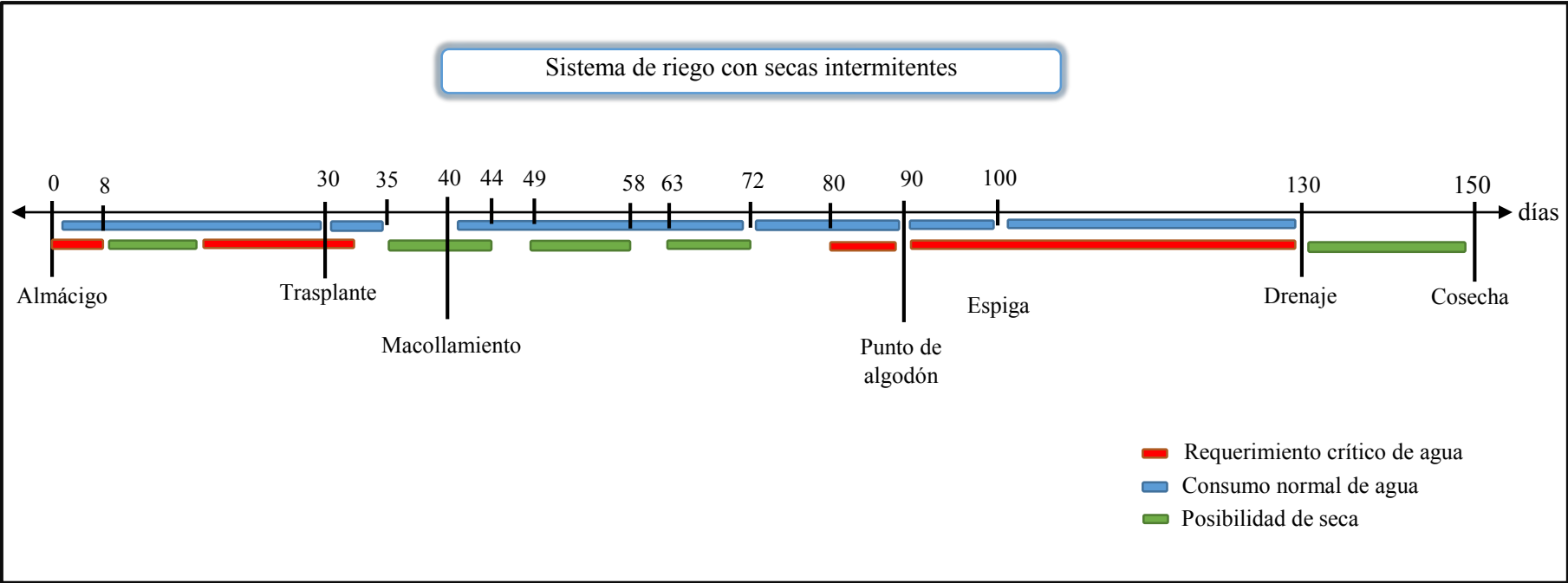


Figura 93. Calendario agrícola con sistema de riego con secas intermitentes para el cultivo de arroz
 Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 4

Análisis económico-financiero para la implementación de propuestas

4.1. Análisis de la situación actual

En el capítulo 2, se elaboró una estructura de costos para el cultivo de una hectárea de arroz. A partir de la **tabla 30**, se hace un análisis detallado de costos para cada etapa del cultivo, así como un análisis general de todo el proceso.

4.1.1. Labores, trabajos y procesos

Las operaciones de preparación de suelos implican, básicamente, el trabajo con maquinaria agrícola. En la **tabla 59** se detallan los costos en los que se incurre para estas labores.

Tabla 59. Costos de preparación de terreno

Preparación de terreno				
Operación/Recurso	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario (S/.)	Costo total (S/. por ha)
Maquinaria agrícola				
Aradura	Hora-máq.	2	130.00	260.00
Nivelación	Hora-máq.	1.25	120.00	150.00
Cruzado	Hora-máq.	1.5	130.00	195.00
Batido	Hora-máq.	2	85.00	170.00
Labores culturales				
Limpieza bordos y canales	tarea	4	24.00	96.00
TOTAL				S/. 871.00

Fuente: Elaboración propia.

La cantidad de semilla para abastecer una hectárea depende de la cantidad que decida aplicar el agricultor. El promedio aplicado por los agricultores consultados, fue de 250 g/m². Los costos de preparación de almácigos se muestran en la **tabla 60**.

Tabla 60. Costos de preparación de almácigos

Preparación de almácigos				
Operación/Recurso	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario (S/.)	Costo total (S/. por ha)
Semilla				
Semilla	kg	125	4.00	500.00
Mano de obra				
Preparación de terreno	tarea	1	24.00	24.00
Voleo de semilla	tarea	0.5	24.00	12.00
TOTAL				S/. 536.00

Fuente: Elaboración propia.

Toda la operación en el trasplante tradicional se realiza con mano de obra, solo en algunas ocasiones es necesario transportar las plántulas en vehículo para llevarlas hasta el terreno definitivo. En la **tabla 61** se detallan los costos totales de trasplante para una hectárea.

Tabla 61. Costos de trasplante

Trasplante				
Operación/Recurso	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario (S/.)	Costo total (S/. por ha)
Labores culturales				
Saca	tarea	10	24.00	240.00
Carga	tarea	6	24.00	144.00
Trasplante	tarea	20	24.00	480.00
Transporte				
Transporte	garba	220		15.00
TOTAL				S/. 879.00

Fuente: Elaboración propia.

En las parcelas evaluadas, la cosecha se realiza de forma mecanizada, es decir, mediante las combinadas (máquina cosechadora autopropulsada), pero las operaciones de manipulación del arroz cáscara es totalmente manual. En la **tabla 62** se muestran los costos de cosecha, recolección y transporte.

Tabla 62. Costos de cosecha del arroz

Cosecha				
Operación/Recurso	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario (S/.)	Costo total (S/. por ha)
Maquinaria agrícola				
Combinada	ha	1	700.00	700.00
Mano de obra				
Llenado	saco	140	0.50	70.00
Carga y descarga	saco	140	0.50	70.00
Secado	saco	140	1.20	168.00
Transporte				
Transporte	saco	140	0.50	70.00
TOTAL				S/. 1 078.00

Fuente: Elaboración propia.

La Junta de Usuarios de Riego del valle de Jequetepeque, realiza el cobro del derecho de agua como un monto fijo por hectárea, teniendo como límite de uso, 14 000 m³ de agua por hectárea. En la gestión del recurso hídrico para el cultivo de arroz, se requiere además, de mano de obra para la habilitación de los canales por donde se recibe el agua para las parcelas. En la **tabla 63** se explica lo antes mencionado.

Tabla 63. Costos gestión del recurso hídrico

Recurso hídrico				
Operación/ Recurso	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario (S/.)	Costo total (S/. por ha)
Agua				
Agua	m ³	14 000	-	303.00
Mano de obra				
Riego	tarea	5	24.00	120.00
TOTAL				S/. 423.00

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente a las operaciones de preparación de suelos y siembra en general, a lo largo del cultivo se requiere la aplicación de fertilizantes y demás productos agrícolas para combatir malezas, plagas y enfermedades. Esta operación es muy importante para garantizar el adecuado desarrollo de la planta. En la **tabla 64** se detallan los productos y costos de esta operación.

Tabla 64. Costos de fertilización y control fitosanitario

Fertilización y control fitosanitario				
Operación/Recurso	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario (S/.)	Costo total (S/. por ha)
Fertilizantes				
Urea	saco	8	64.00	512.00
Fosfato di amónico	saco	3	90.00	270.00
Sulfato de amonio	saco	8	36.00	288.00
Sulfato de potasio	saco	1	153.00	153.00
Magsil	saco	2	78.00	156.00
Agroquímicos				
Herbicida pre-emergente	litro	4	16.00	64.00
Herbicida post-emergente	litro	1.5	70.00	105.00
Insecticida	litro	1.6	55.00	88.00
Fungicida	litro	0.75	173.30	130.00
Abono foliar	litro	4	15.00	60.00
Adherente	litro	0.8	20.00	16.00
Labores culturales				
Abonamiento	tarea	5	24.00	120.00
Control fitosanitario	tarea	5	24.00	120.00
Deshierbo manual	tarea	13	24.00	312.00
TOTAL				S/. 2 394.00

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Costo por campaña de arroz

En la **tabla 30** del capítulo 2 ya se analizó y determinó una estructura de costos para la situación actual del cultivo de arroz en las parcelas de referencia del valle de Jequetepeque. En la **tabla 65** se muestra un resumen de los costos.

Tabla 65. Distribución de costos de producción de arroz según rubro

Recurso	Costo (S/.)	Porcentaje (%)
1. Insumos	2342.00	38.15
1.1. Semilla	500.00	8.15
1.2. Fertilizantes	1379.00	22.46
1.3. Agroquímicos	463.00	7.54
2. Maquinaria agrícola y equipo	1 432.50	23.34
2.1. Preparación de terreno	732.50	11.93
2.2. Cosecha	700.00	11.40
3. Mano de obra	1976.00	32.19
3.1. Almácigo	36.00	0.59
3.2. Labores culturales	1632.00	26.59
3.3. Cosecha	308.00	5.02
4. Agua	303.00	4.94
5. Transporte	85.00	1.38
Costo total promedio de producción	S/. 6 138.50	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la **tabla 65**, los insumos agrícolas representan más de la tercera parte de los costos totales de producción; otro de los rubros a considerar es la mano de obra, la cual se requiere en una gran cantidad (poco más de 32 %), y se explica por la forma muy rudimentaria en que se maneja el cultivo de arroz y por una muy baja tecnificación en sus procesos.

4.2. Análisis económico de futura propuesta

En esta sección se realizan los cálculos para determinar los costos de operación de una hectárea si en ella se implementara cada una de las propuestas de esta investigación. Además se presentará una estructura de costos que incluya la implementación de todas las propuestas en conjunto.

4.2.1. Labores, trabajos y procesos

a) Nivelación láser

Como se explicó, los costos de operación para el trabajo de nivelación de suelos se ven afectados básicamente por los costos de maquinaria agrícola. Como se calculó en el capítulo 3, con el sistema de nivelación láser se requeriría 58 min 49 s de trabajo con rufa, incurriendo en los costos que se muestran en la **tabla 66**.

Tabla 66. Costos de operación de nivelación láser

Recurso	Cantidad	Costo referencial (S/.)	Costo recurso (S/.)
Combustible	3.85 gal	11/gal	42.35
Operario	58 min 49 s	400/semana	8.33
Tractor	58 min 49 s	16/h	16.00
Costo total			S/. 66.68

Fuente: Elaboración propia.

En la **tabla 67** se muestra, a modo comparativo, los costos de operación de cada uno de los métodos de nivelación de suelos.

Tabla 67. Costos de operación de cada método de nivelación

Costo de operación (S/.)	Tradicional	Láser	Diferencia	Var %
	150	66.68	83.32	-55.55

Fuente: Elaboración propia.

Con el sistema láser se consigue reducir un 55.55 % el costo operativo de nivelación, con respecto a la forma tradicional de nivelación de suelos. Si bien no se cuantifica económicamente, el tiempo de operación también se reduce, a poco más de la mitad.

b) Trasplante mecanizado y diseño de técnica de preparación de almácigos

Con el uso de la máquina trasplantadora se elimina casi por completo la necesidad de mano de obra en la operación de trasplante, pero se crean nuevas necesidades. Como se detalla en la **tabla 68**, debido a que la máquina es autopropulsada, se necesita de combustible y dos operarios: un maquinista y un ayudante.

Tabla 68. Recursos necesarios para trasplante mecanizado

Recurso	Cantidad	Costo referencial (S/.)	Costo recurso (S/.)
Combustible	1 gal	11/gal	11.00
Maquinista	1 tarea	24/jornal	24.00
Ayudante	1 tarea	24/jornal	24.00
Transporte	200 bandejas	5/viaje	5.00
Costo total			S/. 64.00

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, la máquina trasplantadora requiere de un formato específico para recolección de las plántulas y poder insertarlas en el terreno. Es por eso que se hace la evaluación económica en conjunto con la propuesta de una nueva técnica de preparación de almácigos, ya que se incurre en ciertas modificaciones, y por tanto en otros costos, como se explica en la **tabla 69**.

Para los requerimientos de mano de obra en las operaciones de saca, corte y carga de las alfombras de plántulas, se ha establecido una cantidad de tareas agrícolas en función de la carga de trabajo a realizar.

Tabla 69. Recursos necesarios para nuevo diseño de almaciguera

Operación/Recurso	Cantidad	Costo unitario (S/.)	Costo recurso (S/.)
Preparación de suelo	1 tarea	24/jornal	24.00
Manta plástica	70 m ²	1.5/m ²	105.00
Semilla	45 kg	4/kg	180.00
Voleo	0.5 tarea	24/jornal	12.00
Saca y corte	1 tarea	24/jornal	24.00
Carga	2 tarea	24/jornal	24.00
Costo total			S/. 369.00

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, el costo total de operación para la propuesta de trasplante mecanizado y preparación de almácigos con la nueva técnica resulta S/. 433 por hectárea. En la **tabla 70** se detalla la diferencia de costos entre el método tradicional y el sistema mecanizado con adaptación de las almacigueras.

Tabla 70. Comparación entre métodos de siembra

Costo de operación (S/.)	Tradicional (S/.)	Mecanizado (S/.)	Diferencia (S/.)	Var %
		1 415.00	433.00	982.00

Fuente: Elaboración propia.

Con el trasplante mecanizado y el nuevo diseño de almácigos, se ahorra S/. 982 por hectárea, lo cual representa una reducción de casi 70 % de los costos actuales con respecto al trasplante manual.

c) Cosecha a granel

Como ya se ha explicado en el sub capítulo 3.5, la cosecha a granel implica la adaptación del camión con mantas plásticas y planchas de fierro. En la **tabla 71** se detallan los costos de operación para la propuesta de cosecha a granel.

Tabla 71. Costos de operación de cosecha a granel

Recurso/Operación	Cantidad	Costo unitario (S/.)	Costo recurso (S/.)
Combinada	1 ha	700/ha	700.00
Secado	140 sacos	0.5/saco	70.00
Transporte	140 sacos	0.5/saco	70.00
Pesaje	1 camión	15/camión	15.00
Costo total			S/. 855.00

Fuente: Elaboración propia.

En la **tabla 72** se detallan los recursos necesarios para implementar el camión para la cosecha a granel. Se cotizó la adaptación del camión en un taller de soldadura del distrito de San José, quienes se encargarían de comprar los materiales, construir y

adaptar la estructura en el camión, incluido el falso piso. El monto cotizado fue de S/. 2 000.00.

Tabla 72. Requerimientos de la estructura del camión

Materiales	Costo aproximado (S/.)
Tubos (2.5 pulg)	400
Templadores de tubos	100
Planchas de fierro	700
Soldadura	300
Mano de obra	500
Total	S/. 2 000

Fuente: Elaboración propia.

Las diferencias de costos para cada modalidad de recolección del arroz cáscara se muestra en la **tabla 73**, donde se aprecia una reducción del 20.69 % con respecto a los costos de operación en la recolección mediante sacos.

Tabla 73. Comparación entre métodos de cosecha

Costo de operación (S/.)	Sacos (S/.)	Granel (S/.)	Diferencia (S/.)	Var %
	1 078.00	855.00	223.00	-20.69

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Costo por campaña de arroz

Suponiendo que se implementaran todas las propuestas, la estructura de costos y los costos en sí, cambiarían con respecto a los establecidos en la **tabla 30**. Se detalla en la **tabla 74** la nueva estructura de costos.

Tabla 74. Estructura de costos, incluidas las propuestas

Costos directos	Unidad de medida	Cantidad por hectárea	Costo unitario (S/.)	Costo total (S/.)
1. Insumos				2 002.00
1.1. Semilla				180.00
Semilla	kg	45	4.00	180.00
1.2. Fertilizantes				1 379.00
Urea	saco	8	64.00	512.00
Fosfato diamónico	saco	3	90.00	270.00
Sulfato de amonio	saco	8	36.00	288.00
Sulfato de potasio	saco	1	153.00	153.00
Magsil	saco	2	78.00	156.00
1.3. Agroquímicos				463.00
Herbicida pre-emergente	litro	4	16.00	64.00
Herbicida post-emergente	litro	1.5	70.00	105.00
Insecticida	litro	1.6	55.00	88.00
Fungicida	litro	0.75	173.30	130.00
Abono foliar	litro	4	15.00	60.00
Adherente	litro	0.8	20.00	16.00
2. Maquinaria agrícola y equipo				1 268.14.00

Costos directos	Unidad de medida	Cantidad por hectárea	Costo unitario (S/.)	Costo total (S/.)
2.1. Preparación de terreno				553.14.00
Aradura	Hora-máq.	2	130.00	260.00
Planchado	Hora-máq.	1	66.68	66.68.00
Cruzado	Hora-máq.	1.5	130.00	195.00
Batido	Hora-máq.	0.68	85.00	57.8.00
2.2. Cosecha				700.00
Combinada	ha	1	700.00	700.00
2.3. Trasplante				15.00
Maquina trasplantadora	ha	1	15.00	15.00
3. Mano de obra				994.00
3.1. Almácigo				36.00
Preparación de terreno	tarea	1	24.00	24.00
Voleo de semilla	tarea	0.5	24.00	12.00
3.2. Labores culturales				888.00
Limpieza bordos y canales	tarea	4	24.00	96.00
Abonamiento	tarea	5	24.00	120.00
Control fitosanitario	tarea	5	24.00	120.00
Deshierbo manual	tarea	13	24.00	312.00
Riego	tarea	5	24.00	120.00
Saca y carga	tarea	3	24.00	72.00
Maquinista y ayudante	tarea	2	24.00	48.00
3.3. Cosecha				70.00
Secado	saco	140	0.50	70.00
4. Agua				303.00
	m ³	14 000		
5. Transporte				90.00
5.1. Alfombra de plántulas	bandeja	200		5.00
5.2. Arroz cáscara	saco	140	0.50	70.00
5.3. Pesaje	Camión	1	150	15.00
Costo promedio total de producción por hectárea (S/.)				4 642.14

Fuente: Elaboración propia.

Con esta nueva estructura de costos, se consigue reducir el costo promedio total de producción por hectárea en S/. 1 435.02 (-23.38 %) respecto al método tradicional.

4.3. Análisis costo/beneficio

Es conveniente realizar un análisis de la inversión necesaria para la implementación de cada una de las propuestas. Para esto, se calculará los flujos de caja de todo el proceso (campaña agrícola) y flujos de caja diferenciales (considerando solo las variaciones de costos entre la propuesta y la situación actual).

Se tomará como referencias los cálculos realizados en el acápite 4.2.1.

A continuación se detalla la estructura del flujo de caja actual de una campaña de arroz para 1 hectárea, considerando 3 escenarios, según datos registrados en los últimos 4 años: 1) precio más bajo; 2) precio promedio y 3) precio más alto. Se considera un

rendimiento promedio de 9 800 kg/ha de arroz cáscara y el impuesto a la renta en este caso es de 15 %.

Flujo de caja actual (S/.)

S/. por kg :	<u>Escenario 1</u> S/. 0.89	<u>Escenario 2</u> S/. 1.12	<u>Escenario 3</u> S/. 1.30
(+) Ingresos	8 722.00	10 976.00	12 740.00
(-) Costos de producción	6 138.50	6 138.50	6 138.50
Utilidad bruta	2 583.50	4 837.50	6 601.50
(-) Gastos administrativos	2 000.00	2 000.00	2 000.00
(-) Tasa predial	40.00	40.00	40.00
Utilidad operativa	543.50	2 797.50	4 561.50
(-) Impuestos	81.53	419.63	684.23
Utilidad neta	461.98	2 377.88	3 877.28
Rentabilidad	5.30 %	21.66 %	30.43 %

Como se demuestra, en las campañas agrícolas donde el precio es muy bajo, los agricultores apenas cubren los costos de producción, mientras que cuando el precio del arroz en cáscara está alto, los agricultores consiguen un 30.43 % de rentabilidad.

a) Propuesta 1: Nivelación láser

Según las fuentes consultadas, con una nivelación idónea, se puede alcanzar un incremento de hasta 1 000 kg/ha, sin embargo para efectos prácticos y cercanos a la realidad, se considerará un 12 % de esta cantidad, es decir, un incremento de 120 kg de arroz en cáscara por hectárea cuando se usa el sistema láser para nivelación de suelos.

Considerando los datos calculados en la **tabla 67** y precio promedio de arroz en cáscara de S/. 1.20/kg, se obtienen los siguientes flujos de caja:

Flujo de caja (S/.)		Flujo de caja diferencial (S/.)	
(+) Ingresos	11 110.40	Ingreso diferencial	134.40
(-) Costos de producción	6 055.18	Costo diferencial	83.32
Utilidad bruta	5 055.22	Utilidad bruta	217.72
Gastos		Gastos diferenciales	-
(-) administrativos	2 000.00	Utilidad operativa	217.72
(-) Tasa predial	40.00	Impuestos	-32.66
Utilidad operativa	3 015.22	Utilidad neta	185.06
(-) Impuestos	452.28		
Utilidad neta	2 562.94		

Con la implementación del sistema láser, se obtendría una utilidad neta adicional de S/. 185.06 por hectárea

b) Propuesta 2: Trasplante mecanizado y nuevo diseño de almácigos

En el trasplante mecanizado se considera que al menos la producción incrementaría 50 kg/ha debido a las mejores condiciones y distribución de las plántulas en el terreno, además que al no arrancar manualmente la plántula, se cuida la integridad de las raíces. Los flujos de caja para esta propuesta se muestran a continuación, y se obtienen a partir de datos de la **tabla 70**.

Flujo de caja (S/.)		Flujo de caja diferencial (S/.)	
(+) Ingresos	11 032.00	Ingreso	56.00
(-) Costos de producción	5 156.50	Costo	982.00
Utilidad bruta	5 875.50	Utilidad bruta	1 038.00
(-) Gastos administrativos	2 000.00	Gastos diferenciales	-
(-) Tasa predial	40.00	Utilidad operativa	1 038.00
Utilidad operativa	3 835.50	Impuestos	-155.70
(-) Impuestos	575.33	Utilidad neta	882.30
Utilidad neta	3 260.18		

Implementando el trasplante mecanizado, se obtendría una utilidad neta adicional de S/. 882.30 por hectárea.

c) Propuesta 3: Cosecha a granel

La cosecha a granel contribuye a una reducción de costos básicamente por reducir la mano de obra necesaria. Con los datos de la **tabla 73**, se calculan los flujos de caja cuando se implementa esta modalidad de cosecha.

Flujo de caja (S/.)		Flujo de caja diferencial (S/.)	
(+) Ingresos	10 976.00	Ingreso diferencial	-
(-) Costos de producción	5 915.50	Costo diferencial	223.00
Utilidad bruta	5 060.50	Utilidad bruta	223.00
(-) Gastos administrativos	2 000.00	Gastos diferenciales	-
(-) Tasa predial	40.00	Utilidad operativa	223.00
Utilidad operativa	3 020.50	Impuestos	-33.45
(-) Impuestos	453.08	Utilidad neta	189.55
Utilidad neta	2 567.43		

Implementando la cosecha a granel, se obtendría una utilidad neta adicional de S/. 189.55 por hectárea. En el caso que se implementen todas las propuestas en conjunto, los flujos de caja serían los siguientes:

Flujo de caja (S/.)		Flujo de caja diferencial (S/.)	
(+) Ingresos	11 110.40	Ingreso diferencial	134.40
(-) Costos de producción	4 850.18	Costo diferencial	1 288.32
Utilidad bruta	6 260.22	Utilidad bruta	1 422.72
Gastos administrativos	2 000.00	Gastos diferenciales	-
(-) Tasa predial	40.00	Utilidad op. diferencial	1 422.72
Utilidad operativa	4 220.22	Impuestos	-213.41
(-) Impuestos	633.03	Utilidad neta	1 209.31
Utilidad neta	3 587.19		

La utilidad neta cuando se implementan todas las propuestas, se incrementa en S/. 1 209.31, es decir un aumento de 50.86 % en la utilidad neta por hectárea. Asimismo la rentabilidad pasa de 21.66 % en la situación actual, a 32.29 % con las propuestas.

Si bien los costos de operación se reducen significativamente con cada una de las propuestas, es necesario también hacer la evaluación económico-financiera considerando los costos de maquinaria, equipos e implementación de estos, lo cual se considera como una inversión inicial y se puede evaluar desde la perspectiva de proyectos de inversión.

A continuación se harán los análisis de rentabilidad y liquidez, considerando que entre el grupo de agricultores, cultivan al menos 45 hectáreas por campaña y obteniendo los datos a partir de los análisis de flujo de caja antes calculados para cada propuesta.

4.3.1. Indicadores de rentabilidad

Para todas las propuestas, se considera un horizonte de planeamiento (HP) de 5 años, esto porque contablemente los equipos y máquinas se deprecian en este intervalo de tiempo, además se considera tipo de cambio US\$ 1 = S/. 3.00.

a) Propuesta 1: Nivelación láser

Se considera que la propuesta de la empresa Isetek S.A. es la que más se ajusta a los requerimientos de nivelación para las parcelas analizadas, además de tener el mejor precio (US\$ 8 000 por todos los equipos e implementación)

Tabla 75. Flujos de caja con inversión en nivelación láser (S/.)

Inversión	F.C. 1	F.C. 2	F.C. 3	F.C. 4	F.C. 5
-24 000.00	8 327.79	8 327.79	8 327.79	8 327.79	8 327.79

VAN =	S/. 20.01
TIR =	21.70 %

Fuente: Elaboración propia

Si se implementan solo los equipos para nivelación con tecnología láser, el promedio de rentabilidad durante los primeros 5 años de trabajo con los equipos, es de 21.70 %, ligeramente superior al promedio de rentabilidad actual (21.66 %).

b) Propuesta 2: Trasplante mecanizado y nuevo diseño de almácigos

Entre las máquinas trasplantadoras cotizadas, se eligió la que recomienda la empresa Agroexportaciones del Perú S.A., ya que la marca Kubota tiene más años de experiencia en la fabricación y desarrollo de estas máquinas. El precio de esta máquina es de US\$ 25 000.00.

Tabla 76. Flujos de caja con inversión en trasplante mecanizado (S/.)

Inversión	F.C. 1	F.C. 2	F.C. 3	F.C. 4	F.C. 5
-75 000.00	39 703.50	39 703.50	39 703.50	39 703.50	39 703.50

VAN =	S/. 39 517.60
TIR =	44.55 %

Fuente: Elaboración propia

Si solo se implementa el trasplante mecanizado con la compra de la máquina trasplantadora y además se adopta la nueva técnica de preparación de almácigos, se obtiene una rentabilidad promedio de 44.55 %, muy por encima de la rentabilidad promedio actual; esto se explica por la gran reducción de requerimiento de mano de obra.

c) Propuesta 3: Cosecha a granel

Tal como ya se mencionó en la **tabla 72**, la adaptación del camión implicaría una inversión de S/. 2 000.00.

Tabla 77. Flujos de caja con inversión en cosecha a granel (S/.)

Inversión	F.C. 1	F.C. 2	F.C. 3	F.C. 4	F.C. 5
-2 000.00	8 529.75	8 529.75	8 529.75	8 529.75	8 529.75

VAN =	S/. 22 602.53
TIR =	426.4 %

Fuente: Elaboración propia

Cuando se adopta el método de cosecha con recolección a granel, debido al monto proporcionalmente mínimo que implica adaptar una nueva estructura al camión, se obtiene una rentabilidad promedio de 426.4 %.

d) Todas las propuestas**Tabla 78. Flujos de caja con inversión en todas las propuestas (S/.)**

Inversión	F.C. 1	F.C. 2	F.C. 3	F.C. 4	F.C. 5
-101 000.00	54 419.04	54 419.04	54 419.04	54 419.04	54 419.04

VAN =	S/. 55 961.93
TIR =	45.66 %

Fuente: Elaboración propia

Cuando se implementan todas las propuestas, se requiere de una inversión total de S/. 101 000.00, obteniendo una rentabilidad promedio de 45.66 % por cada año. El valor del VAN significa, a valores actuales, que obtendría una utilidad con S/. 55 961.93 adicionales a lo que esperaría.

4.3.2. Indicadores de liquidez

Para determinar el plazo de recuperación de capital (PRK), es necesario actualizar los flujos de caja.

a) Propuesta 1: Nivelación láser

En la **tabla 79** se muestran los cálculos de actualización de los flujos de caja, así como la cantidad que falta recuperar en cada año.

Tabla 79. Cálculo de PRK con equipos láser

PRK	Monto actualizado (S/.)	Por recuperar (S/.)
Inversión	-24 000.00	-24 000.00
FC 1 actualizado	6 844.89	-17 155.11
FC 2 actualizado	5 626.05	-11 529.06
FC 3 actualizado	4 624.24	-6 904.82
FC 4 actualizado	3 800.82	-3 104.01
FC 5 actualizado	3 124.02	20.01

Recuperación del capital	
Años	4
Meses	0

Fuente: Elaboración propia

La inversión que implica la implementación del sistema láser, se recuperaría en 4 años y 2 meses.

b) Propuesta 2: Trasplante mecanizado y nuevo diseño de almácigos

Tabla 80. Cálculo de PRK con trasplante mecanizado

PRK	Monto actualizado (S/.)	Por recuperar (S/.)
Inversión	-75 000.00	-75 000.00
FC 1 actualizado	32 633.64	-42 366.36
FC 2 actualizado	26 822.69	-15 543.66
FC 3 actualizado	22 046.48	6 502.81

Recuperación del capital	
Años	3
Meses	5

Fuente: Elaboración propia

La inversión necesaria para implementar el trasplante mecanizado se recuperaría en 3 años 5 meses.

c) **Propuesta 3: Cosecha a granel****Tabla 81. Cálculo de PRK con cosecha a granel**

PRK	Monto actualizado (S/.)	Por recuperar (S/.)
Inversión	-2 000.00	-2 000.00
FC 1 actualizado	7 010.89	5 010.89

Recuperación del capital	
Meses	5

Fuente: Elaboración propia

La metodología de recolección a granel de la cosecha, no implica una fuerte inversión, es por eso que en 5 meses se tendría recuperado el capital invertido.

d) **Todas las propuestas****Tabla 82. Cálculo de PRK con todas las propuestas implementadas**

PRK	Monto actualizado (S/.)	Por recuperar (S/.)
Inversión	-101 000.00	-101 000.00
FC 1 actualizado	44 728.84	-56 271.16
FC 2 actualizado	36 764.14	-19 507.01
FC 3 actualizado	30 217.69	10 710.68

Recuperación del capital	
Años	2
Meses	7

Fuente: Elaboración propia

Cuando se implementan todas las propuestas, la inversión inicial es relativamente alta, sin embargo por la reducción de costos que se obtiene, se recuperaría dicha inversión en tan solo 2 años 7 meses. Esto quiere decir que desde la cuarta campaña agrícola, se empieza a percibir un aumento neto de utilidades.

Conclusiones y recomendaciones

A continuación se enumeran las principales conclusiones de esta investigación:

- El cultivo del arroz en el valle de Jequetepeque, se desarrolla de manera tradicional y con elevados costos de producción, además, debido a las grandes fluctuaciones de los precios del arroz en cáscara, hacen que el agricultor obtenga rentabilidades que varían desde 5 % hasta cerca del 30 % en el mejor de los casos. Esto genera inestabilidad a largo plazo para los pequeños y medianos agricultores.
- Existe muy baja tecnificación en el proceso de producción agrícola de arroz, es así que los costos por mano de obra superan el 30 % del costo total de producción. Además, se considera que las condiciones de trabajo en el campo, en algunas de las tareas, no se realizan en posiciones ergonómicamente apropiadas, como sucede en la operación de trasplante.
- El agricultor no tiene conocimiento de las propiedades físicas y químicas de sus terrenos, ante esto, aplica la misma cantidad de fertilizantes a todas las parcelas, obteniendo por tanto, rendimientos variados.
- El rendimiento promedio en el valle de Jequetepeque es de 9 800 kg/ha, superior al rendimiento promedio en el Perú, sin embargo se considera que actualmente no se están aprovechando todas las oportunidades de mejora en el cultivo de arroz.
- Ante lo mencionado en el punto anterior, se propone la implementación de un sistema láser para la nivelación de suelos, con el cual se obtendrían mejores resultados de producción (hasta 1 000 kg/ha adicionales), y económicos (incremento de la utilidad neta en S/. 185.06 por hectárea, en promedio). Además se reduce el requerimiento hídrico y se mejora la calidad del grano.
- Asimismo, abarcando el problema del exceso de mano de obra que requiere el cultivo de arroz, se propone la implementación del trasplante mecanizado, con el cual los requerimientos de mano de obra se reducen en un 85 %; pero si además se considera el cambio en el método actual de preparación de almácigos, por el de semilleros (que de por sí requiere el trasplante mecanizado), se reduciría el requerimiento de mano de obra de toda la etapa de siembra en 77 %.

- Un aspecto también importante es que con la máquina trasplantadora se reduce el tiempo de operación en 36 %, y que siempre se tendría la disponibilidad de la máquina para realizar el trasplante, sobre todo, en el momento óptimo que requiera la planta. Por otro lado, al conseguir un trasplante uniforme (distancia entre surcos y entre plántulas), permite emplear un escardador y optimizar la operación de deshierbo, ya que no tendría que buscarse donde apareció la maleza, sino simplemente recorrer los surcos y extrayéndolas a la vez.
- Con el nuevo método de siembra se reduce además, el área de terreno necesario para la preparación de almácigos, pasando de 500 m² actualmente, a 35 m² con los semilleros. Este cambio, también implica de por sí, una reducción de la cantidad de semilla, requiriendo solo 45 kg de semilla, a comparación de los 125 kg actuales, permitiendo comprar menor cantidad pero con mayor calidad. Todos estos aspectos, hacen que tanto el trasplante mecanizado con el nuevo método de siembra que se propone, permitan un ahorro de S/. 982/ha en toda la operación de siembra (reducción en 69.4 %).
- En la operación de cosecha y recolección se han encontrado trabajos repetitivos, ya que actualmente se llenan sacos con arroz cáscara para transportarlos hasta el lugar de almacenamiento o a los molinos donde se vende el producto. Ante esta situación, se plantea la recolección y transporte a granel del arroz en cáscara, pero para esto es necesario adaptar los camiones con una estructura de tubos y planchas metálicas.
- Con la cosecha a granel, se consigue reducir los costos de operación en 20.69 %, permitiendo un aumento en la utilidad neta de S/. 189.55 por hectárea.
- Un aspecto muy importante que se consideró en esta investigación, es el reducir el impacto ambiental que podría producirse en el manejo del cultivo de arroz; es por eso que se analizó las implicancias de la actual gestión de residuos de cosecha, los cuales se queman. Se determinó que, si bien el quemar los rastrojos produce CO₂, el incorporar la totalidad del rastrojo al terreno tendría implicancias peores para el medio ambiente, considerando que se generaría 3 veces más metano que con la quema, teniendo en cuenta que el metano tiene mayor potencial de efecto invernadero que el CO₂.
- Si bien se puede considerar que es necesario hacer un quemado del terreno para eliminar todo remanente de insectos, plagas, bacterias, etc. perjudiciales para el arroz y que todo el CO₂ liberado con la quema, pasará a ser materia vegetal en el período de crecimiento del año siguiente, se propone reducir el área de quemado de rastrojo a máximo un 20 %, como ya se ha establecido en los campos agrícolas de California, EE.UU. Además, para aprovechar el rastrojo, siendo también materia orgánica, se plantea extraer del terreno la mayor cantidad posible y hacer con este, compost que puede emplearse en la próxima campaña agrícola como sustrato para los semilleros. La cantidad de rastrojo que quede en el campo, debe ser incorporada al terreno mediante trabajo de aradura.
- El cultivo de arroz tiene un alto requerimiento de agua, llegando incluso hasta los 20 000 m³ en el valle del Chira y a 18 000 m³ en la selva. Ante esta situación, se plantea el sistema de riego con secas intermitentes, con el cual ya se ha tenido

experiencia en el Perú, si bien con el objetivos de reducir el impacto de la malaria, pero que permite la reducción de al menos un 12 % del requerimiento de agua.

- Si se considera un 12 % de reducción de agua para riego, estaríamos ante un ahorro de cerca de 1.6 millones de litros de agua por hectárea (en el valle de Jequetepeque), y si este sistema de riego se implementara en las parcelas analizadas para la presente investigación, equivaldría a una reducción de cerca de 168 millones de litros de agua al año, sólo en estos campos; agua que podría destinarse a abastecer a las comunidades aledañas a los campos agrícolas.
- Suponiendo que se implementaran todas las propuestas que se han planteado, el costo total de producción de una hectárea de arroz se reduciría a S/. 4 703.48, reducción de un 23.4 % de los costos actuales de producción.
- Debido a que si el propio agricultor compra en los equipos, maquinaria y demás aspectos necesarios para la implementación de las propuestas, implica una inversión, se realizó un análisis económico financiero y se estableció que, considerando 45 hectáreas de terreno, se obtiene un VAN = S/. 55 961.93 y un TIR = 45.66 %, y que además toda la inversión se recuperaría en tan sólo 3 campañas agrícolas.
- La implementación de las propuestas de esta tesis implica una reducción de la mano de obra requerida, sobre todo en las operaciones de trasplante y cosecha; sin embargo, considerando el aspecto social, se recomienda llevar a cabo la tecnificación progresivamente y en función a la baja disponibilidad del recurso humano.
- Actualmente el agricultor decide el inicio de las operaciones para la campaña agrícola, no solo en función del Plan de Cultivo y Riego, sino también por el “mejor momento” para alcanzar la temporada de precios altos del arroz en cáscara; no obstante, deberían también ajustar su calendario agrícola en función de los meses con mayor intensidad de lluvias o de temperatura, en función de los requerimientos climáticos de cada etapa del cultivo, consiguiendo así un mejor desarrollo de la planta y por tanto mejor rendimientos de producción.
- La capacitación de los administradores y caporales de las parcelas es muy importante desde el punto de vista competitivo, ya que siempre surgen nuevas técnicas agrícolas, avances tecnológicos en maquinaria e implementos y mejoramiento de los productos fertilizantes. Estar actualizados en información permitirá a los agricultores optimizar su sistema de producción, reduciendo costos e incrementando los rendimientos.
- Se recomienda a los agricultores trabajar con estructuras de costo por hectárea, separando las demás labores de campo como preparación de nuevos terrenos, y establecer los requerimientos promedio de mano de obra, fertilizantes, maquinaria agrícola, etc. Esto facilitará un mejor control de los recursos para el cultivo.
- Para garantizar un buen trabajo en el trasplante mecanizado, primero se debe asegurar de hacer un buen semillero, sobre todo de densidad y tamaño uniforme, ya que la máquina trasplantadora extrae partes de la alfombra de almácigo sin diferenciar la calidad de esta.

- Para la propuesta de cosecha a granel se recomienda, ya conociendo el peso del camión, pesar el camión cargado. De esta manera se consigue, si el agricultor lo requiere, tener un control exacto de la cantidad de producto transportado.
- Cambiar al sistema de riego con secas intermitentes supone que la planta esté afectada por mayor estrés hídrico y las consecuencias que conlleva esto; es por eso que se recomienda al agricultor tener un mayor control en el consumo de agua por parte del terreno, ya que el tiempo variará en cada parcela debido a las condiciones de suelo de cada una. Es así que se debe evitar llegar al punto de saturación del suelo, en el que llegue a presentarse rajaduras por donde podría generarse mayor desarrollo de malezas.

Bibliografía

- Abril, D.; Navarro, E. y Abril, A. (2009). La paja de arroz. Consecuencias de su manejo y alternativas de aprovechamiento. En *Revista virtual Agronomía* 17 (2). Recuperado de:
http://agronomia.ucaldas.edu.co/downloads/Agronomia17%282%29_7.pdf
Consultado el 14 de diciembre de 2014.
- Agencia Agraria Pacasmayo –AAP- (2010). Exigencias de cultivo de arroz. *Boletín Informativo El Labrador*. Año III N° 6. Dic. 2010. Recuperado de:
http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/BOLETIN%20EL%20LABRADOR_6_2011_AVANCE%20DE%20CAMPA_INFO%20TECNICA%20DEL%20ARROZ.pdf
Consultado el 9 de noviembre de 2014.
- Agroservicios (2015). *Niveles Láser Leica. Control de maquinaria*. Recuperado de:
<http://www.agroservicios.com.ar/control-de-maquinaria/excavadoras/22-control-de-excavacion-con-leica-basic-digging-systems>
Consultado el 3 de enero de 2015.
- Alimentos (2014). Arroz: propiedades. Recuperado de: <http://alimentos.org.es/arroz>
Consultado el 14 de noviembre de 2014.
- Amador, J.C.; Bernal, I.E. (2012). *Curva de absorción de nutrientes por cultivo de arroz (Oriza sativa L.) Variedad Venezuela 21, en un suelo vertisol bajo condiciones del valle de Sébaco, Nicaragua*. Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria. Zomorano. Recuperado de:
<http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1101/1/T3392.pdf>
Consultado el 5 de diciembre de 2014.
- American Association of Cereal Chemists (1985). *Rice: Chemistry and technology* (2^a ed.). Minnesota.
- Asociación Peruana de Productores de Arroz (2010). *Presente y futuro del arroz: una mirada desde el productor*. Lima: APEAR.
- Average FAOSTAT (2014). Prices. <http://faostat.fao.org/site/703/default.aspx#ancor>
Consultado el 22 de diciembre de 2014.

- Beltrán, A. y Cueva, H. (2003). *Evaluación privada de proyectos*. (2ª ed.). Lima: Universidad del Pacífico.
- Bruzzone, C. y Heros, E. (2011). Manejo integrado en producción y sanidad del arroz. Piura: UNALM – Agrobanco. Recuperado de:
http://www.agrobanco.com.pe/pdfs/CapacitacionesProductores/Arroz/Manejo_integrado_en_la_produccion_y_sanidad_del_arroz.pdf
Consultado el 9 de noviembre de 2014.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical –CIAT- (2005). *Morfología de la planta de arroz*. Cali: CIAT. Recuperado de:
http://www.betuco.be/rijst/Morfologia_planta_arroz.pdf
Consultado el 7 de diciembre de 2014.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical –CIAT- (2005). *Morfología de la planta de arroz*. Cali: CIAT.
- Chaudhary, R., Nanda, J. y Tran, D. (2003). Guía para identificar las limitaciones de campo en la producción de arroz. Recuperado de:
<http://www.fao.org/docrep/006/y2778s/y2778s02.htm#TopOfPage>
Consultado el 15 de diciembre de 2014.
- Chambers Dictionary of Etymology (1988). *Rice. History*. Recuperado de:
<http://www.etymonline.com/index.php?term=rice>
Consultado el 10 de diciembre de 2014.
- Chen, T., Franklin, B. (2007). *Evaluación del comportamiento agronómico de 18 materiales genéticos del cultivo de arroz*. Tesis. Guatemala: Universidad San Carlos de Guatemala.
- Chen, B. (2007). *Trabajo de graduación realizado en la comunidad Playitas, del municipio de Chizec, Alta Verapaz en la evaluación del comportamiento agronómico de 18 materiales del cultivo genético del arroz (Oriza sativa L.)*. Tesis. Guatemala: Facultad de Agronomía. Recuperado de:
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_1472.pdf
Consultado el 30 de noviembre de 2014.
- Coronado, L.M. (2012). *Estudio del modelo de asociación para una cadena de suministro de productos agrícolas*. Tesis. Piura: Universidad de Piura.
- Corporación Nacional Arrocera de Costa Rica –CONARROZ- (2015). *Seguimiento de la producción de arroz*. Recuperado de:
http://www.conarroz.com/UserFiles/File/Revista_X.pdf
Consultado el 2 de febrero de 2015.
- Corporación Nacional Arrocera de Costa Rica –CONARROZ- (2015). Material audiovisual. *Revista Arrocera*. Recuperado de:
http://www.conarroz.com/UserFiles/File/Revista_X.pdf
Consultado el 6 de febrero de 2015.

- Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria –DICTA- (2003). *Manual técnico para el cultivo de arroz*. Honduras.
- Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria de la Secretaría de Agricultura y Ganadería de Honduras –DICTA- (2003). *El cultivo de arroz*. Recuperado de: <http://www.dicta.hn/files/Manual-cultivo-de--ARROZ,-2003.pdf>
Consultado el 16 de diciembre de 2014.
- Dirección Regional de Agricultura (2014). *Calendario agrícola nacional*. Trujillo: DRA La Libertad.
- Ecured (2014). *Arroz*. Recuperado de: <http://www.ecured.cu/index.php/Arroz>
Consultado el 1 de diciembre de 2014.
- EUMED -Enciclopedia virtual- (2015). *Nivelación de terrenos por regresión tridimensional*. Franquet, J.M. y Querol, A. Recuperado de: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2011b/967/nivelacion%20con%20rayo%20laser.html>
Consultado el 9 de enero de 2015.
- EcoRural (2012). *Preparación de bandejas*. [Archivo de video]. Video publicado en: www.youtube.com/watch?v=ZO7nJtqfk0o. Consultado el 23 de febrero de 2015.
Consultado el 2 de febrero de 2015.
- FAGRO, Uruguay. (2006). *Informe de producción del arroz*. Recuperado de: <http://biblioteca.fagro.edu.uy/iah/textostesis/2006/3365mar2.pdf>
Consultado el 28 de diciembre de 2014.
- Fernández, M. (2012). *Arroz y esperanza alimentaria para las nuevas generaciones*. Bogotá: Fuente azul.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations –FAO- (1999). *Rice: Post-harvest operations*. Philippines.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations -FAO- (2003). *Guía para identificar las limitaciones de campo en la producción del arroz*. Departamento de Agricultura- FAO.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations –FAO- (2006). *Arroz. Imágenes*. Departamento de Agricultura – FAO.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations –FAO- (2014). *Seguimiento de Mercado del arroz de la FAO SMA*. Recuperado de: <http://www.fao.org/economic/est/publications/publicaciones-sobre-el-arroz/seguimiento-del-mercado-del-arroz-sma/es/>
Consultado el 17 de enero de 2015.
- Fontana (2014). *Equipos aptos para la nivelación y compactación del terreno*. Recuperado de: <http://www.fontanasrl.com/niveladoras/attrezzi-adatti-condizioni-particolari.htm>
Consultado el 15 de enero de 2015.

- Frequet, J.M.; Borrás, P. (2006). *Economía del arroz: Variedades y mejora*. s/l.: EUMED.
- Garcés, A. (2010). *Diagnóstico de gestión tecnológica del cultivo del arroz en la región de Venadillo, Tolima*. Tesis. Universidad Javeriana. Recuperado de: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/economia/tesis192.pdf>
Consultado el 3 de diciembre de 2014.
- Impulso de Cambio (2013). *Arroz, historia y necesidades*. Recuperado de: <http://www.impulsodecambio.org/2014/09/arroz-historia-y-propiedades.html>
Consultado el 29 de noviembre de 2014.
- InfoAgro (2013). *Cultivo del arroz*. Recuperado de: <http://www.infoagro./arroz.htm>
Consultado el 7 de diciembre de 2014.
- InfoAgro (2014). *Cultivos, herbáceos, arroz: cultivo del arroz*. Recuperado de: <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>
Consultado el 16 de diciembre de 2014.
- Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias –INIAP- (2007). *Recomendaciones para el manejo integrado del cultivo del arroz*. Recuperado de: <http://www.iniap.gob.ec/web/difunde-recomendaciones-para-el-manejo-integrado-del-cultivo-de-arroz/>
Consultado el 10 de diciembre de 2014.
- Instituto Nacional de Innovación Agraria –INIA- (2007). *Nivelación de suelos: Una tarea pendiente en el cultivo de arroz*. Chile.
- Instituto Nacional de Innovación Agraria –INIA- (2010). *Presentación resultados experimentales de arroz, zafra 2009 – 2010*. Serie de Actividad de difusión N° 612. Recuperado de: <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/14432300810113637.pdf>
Consultado el 9 de noviembre de 2014.
- Instituto Nacional de Innovación Agraria –INIA- (2014). *Sistematización (adecuación) y nivelación de suelos en el campo arrocero*. Recuperado de: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR28137.pdf>
Consultado el 5 de enero de 2015.
- International Center for Tropical Agriculture –ICTA- (2010). *Producción Eco-Eficiente del arroz en América Latina* (Tomo I). Colombia.
- International Plant Nutrition Institute –IPNI- (2013). *Calculation of nutrients requirements*.
- International Plan Nutrition Institute –IPNI- (2015). *Nutrient Uptake & Removal Resources*. Recuperado de: <http://www.ipni.net/article/IPNI-3295>
Consultado el 6 de enero de 2015.

- Kafka, F. (2006). *Evaluación estratégica de proyectos de inversión* (2ª ed.). Lima: Universidad del Pacífico.
- Kubota Agricultural Machinery India Pvt. Ltd. (2015). *Kubota rice transplanters specifications*. Recuperado de:
<http://www.kubota.co.in/products/transplanter/index.html>.
Consultado el 18 de enero de 2015.
- Microsoft Encarta Dictionary (2014). *Arroz*. Microsoft Corporation ®
Consultado el 3 de diciembre de 2014.
- Ministerio de Agricultura (2010). *Arroz en el Perú*. Lima: Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos.
- Misti Fertilizantes (s/f). *Cultivo de arroz*. Lima.
- Ministerio de Agricultura del Perú –MINAG- (2000). *Requerimientos agroclimáticos del cultivo de arroz. Programa presupuestal 0089*. Recuperado de:
http://agroaldia.minag.gob.pe/biblioteca/download/pdf/agroclima/efenologicos/2014/arroz_2000.pdf
Consultado el 1 de diciembre de 2014.
- Ministerio de Agricultura del Perú –MINAG- (2009). *El arroz. Principales aspectos de la cadena agroproductiva*. Recuperado de:
<http://agroaldia.minag.gob.pe/biblioteca/download/pdf/agroeconomia/agroeconomiaarroz3.pdf>
Consultado el 30 de noviembre de 2014.
- Mechanical Design (2012). *Rice transplanter linkage*. [Archivo de video]. Video publicado en: www.youtube.com/watch?v=ynqZ_R_kpKM. Consultado el 24 de febrero de 2015.
Consultado el 1 de febrero de 2015.
- Ministerio de Agricultura del Perú –MINAG- (2012). *Informe de producción del arroz, campañas 2011, 2012 en el Perú*. Recuperado de:
<http://agroaldia.minag.gob.pe/biblioteca/download/pdf/informe2012.pdf>
Consultado el 21 de diciembre de 2014.
- Ministerio de Agricultura del Perú –MINAG- (2013). *El arroz. Principales aspectos de la cadena agroproductiva a nivel nacional*. Recuperado de:
<http://agroaldia.minag.gob.pe/biblioteca/agroeconomiaarroz3.pdf>
Consultado el 14 de diciembre de 2014.
- Ministerio de Agricultura del Perú –MINAG- (2013). *Actividades estadísticas. Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias*. Recuperado de:
<http://siea.minagri.gob.pe/siea/?q=publicaciones/anuarios-estadisticos>
Consultado el 28 de diciembre de 2014.

- Ministerio de Agricultura del Perú –MINAG- (2014). *Cultivo de arroz en barrizal*. Recuperado de: http://agroaldia.minag.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manuales-boletines/arroz/arroz_en_barrizal.pdf
Consultado el 26 de diciembre de 2014.
- Ministerio de Salud del Perú (2006). *Reducción del vector de la malaria mediante la implementación del riego con secas intermitentes*. Recuperado de: <http://bvs.minsa.gob.pe/local/minsa/1597.pdf>
Consultado el 27 de enero de 2015.
- Mobile Automation –MOBA- (2015). *Receptor láser*. Recuperado de: <http://www.moba.de/receptorlaser/fr/y>
Consultado el 13 de diciembre de 2014.
- Novoarroz (2014). *Mundo arroz. Oríem da cultura do arroz. Asia neolítica*. Recuperado de: <http://novarroz.pt/es/mundo-do-arroz/historia-do-arroz/a-origem-da-cultura-do-arroz-asia-neolitica/>
Consultado el 2 de diciembre de 2014.
- Nutrición y Alimentación (2012). *Arroz*. Recuperado de: <http://nutricion.nichese.com/arroz.html>
Consultado el 2 de diciembre de 2014.
- Olmos, S. (2007). *Apunte de morfología, fenología, ecofisiología y mejoramiento genético del arroz. Acpaarrozcorrientes*. Recuperado de: <http://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/academico/Apunte-MORFOLOGIA.pdf>
Consultado el 27 de noviembre de 2014.
- Olo, M. (2015). El arroz en el mundo. *Salud y Vida*. Recuperado de: <http://www.sld.cu/saludvida/temas.php?idv=4369>
Consultado el 5 de diciembre de 2014.
- Perú Top Tours (s/f.) Mapa de la provincia de Pacasmayo. Recuperado de: http://www.perutoptours.com/index12pa_mapa_provincia_pacasmayo.html
Consultado el 5 de marzo de 2015.
- Proceedings of the National Academy of Sciences –PNAS- (2013). *Historia del arroz*. Recuperado de: <http://www.pnas.org/search?fulltext=arroz+historia&submit=yes&x=20&y=14>
Consultado el 17 de diciembre de 2014.
- Project CSISA (2013, 16 de setiembre). BAMETI – CSISA extensión video on Machine Transplanting of Rice. [Archivo de video]. Video publicado en: <https://www.youtube.com/watch?v=mTE2R3JzIso>
Consultado el 17 de enero de 2015.
- Quintero, C.E. (2013). *Factores limitantes para el crecimiento y productividad del arroz. En Entre Ríos, Argentina*. Tesis. Universidad Da Coruña. Recuperado de: http://ruc.udc.es/bitstream/2183/5680/1/Quintero_Cesar.tesis.pdf
Consultado el 23 de diciembre de 2014.

- Quicksilvers888 (2012, 2 de julio). Rice Transplanter Testing in Calapan. [Archivo de video]. Video publicado en: <https://www.youtube.com/watch?v=sF4tJ5oAed8>. Consultado el 26 de enero de 2015.
- Red de Aulas Virtuales – Ecured- (2014). *Historia del arroz*. Recuperado de: http://www.ecured.cu/index.php/Anexo:Historia_del_arroz
Consultado el 1 de diciembre de 2014.
- Reyes, N. (2003). *Cultivo de arroz. Manual técnico para agricultores y productores*. Honduras: DICTA. Recuperado de: <http://www.dicta.hn/files/Manual-cultivo-de--ARROZ,-2003.pdf>
Consultado el 14 de diciembre de 2014.
- Rice Knowledge Management Portal (2015). *Trabajo con trasplantadora ligera de arroz*. Recuperado de: <http://www.rkmp.co.in/> Trabajo con trasplantadora ligera de arroz.
Consultado el 7 de febrero de 2015.
- RitchieWiki (s/f). *Rice Transplanter*. Recuperado de: http://www.ritchiewiki.com/wiki/files/thumb/Rice_Transplanter.jpg/400px-Rice_Transplanter.jpg
Consultado el 12 de febrero de 2015.
- Rodríguez, H. y Nass, H. (1991). Las enfermedades del arroz y su control. *Revista Divulga* N° 35. Enero – Marzo 1991. FONIAP. Recuperado de: http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd35/texto/enfermedades.htm
Consultado el 4 de diciembre de 2014.
- SITECH España (2015). *Equipos de control de nivel para maquinaria. Emisión de luz láser*. Recuperado de: http://www.sitech.es/productos/control_de_nivel_para_maquinaria.jsp?
Consultado el 30 de diciembre de 2014.
- Syandrea (s/f). *Origen, Taxonomía y morfología del arroz*. Recuperado de: <http://es.slideshare.net/syandrea/origen-taxonmay-morfologa-arroz-8>
Consultado el 30 de noviembre de 2014.
- SapagChaín, N. (2011). *Proyectos de inversión: Formulación y evaluación* (2ª ed.). Santiago: Prentice Hall.
- Secretaría de Agricultura y Ganadería –SAG- (2003). *Manual técnico para el cultivo de arroz*. Comayagua, Honduras.
- Topografía –Material Topográfico Levante S.L.- (2015). Recuperado de: http://www.topografia.es/emisor_laser
Consultado el 18 de diciembre de 2014.
- Topolanski, E. (1975). *El arroz: Su cultivo y producción*. Buenos Aires.

Via Rural (2015). *Agricultura, ganadería, maquinaria. Maquinaria para nivelación de suelos*. Recuperado de:
<http://www.viarural.com.ar/viarural.com.ar/insumosagropecuarios/agricolas/agricultura-de-precision/agroservicios/nivelacion-de-suelos.htm>.
Consultado el 9 de enero de 2015.

Anexos

Anexo A – Estadísticas del sector agrario, cultivo de arroz

A1. Área, rendimiento y producción mundial de arroz

Área, rendimiento y producción mundial de arroz																
País/Región	Área (millones de hectáreas)				Rendimiento (t/ha)				Producción (millones de toneladas)				Cambio en producción			
	2012/13	2013/14	2014/15 Proy.		2012/13	2013/14	2014/15 Proy.		2012/13	2013/14	2014/15 Proy.		Respecto al mes pasado		Respecto al año pasado	
			Nov	Dic			Nov	Dic			Nov	Dic	MMT*	%	MMT	Porcentaje
Mundo	158.20	160.90	160.90	160.60	4.45	4.42	4.40	4.41	471.90	476.90	475.10	475.20	0.19	0.04	-1.62	-0.34
Estados Unidos	1.08	1.00	1.18	1.18	8.37	8.62	8.51	8.51	6.35	6.12	7.07	7.07	0.00	0.00	0.95	15.60
Total Extranjeros	157.10	159.90	159.70	159.40	4.42	4.39	4.37	4.38	465.50	470.70	468.00	468.20	0.19	0.04	-2.57	-0.55
Este de Asia																
China	30.14	30.31	30.60	30.31	6.78	6.72	6.72	6.81	143.00	142.50	144.00	144.50	0.50	0.35	1.97	1.38
Japón	1.58	1.60	1.59	1.59	6.74	6.73	6.65	6.65	7.76	7.83	7.70	7.70	0.00	0.00	-0.13	-1.69
Korea del Sur	0.85	0.83	0.82	0.82	6.37	6.76	6.83	6.91	4.01	4.23	4.18	4.24	0.06	1.44	0.01	0.24
Korea del Norte	0.58	0.57	0.57	0.57	4.62	5.07	4.63	4.63	1.74	1.88	1.70	1.70	0.00	0.00	-0.18	-9.57
Sur de Asia																
India	42.41	43.94	43.50	43.50	3.72	3.64	3.52	3.52	105.20	106.50	102.00	102.00	0.00	0.00	-4.54	-4.26
Bangladesh	11.65	11.77	11.80	11.80	4.35	4.38	4.40	4.40	33.82	34.39	34.60	34.60	0.00	0.00	0.21	0.61
Pakistán	2.40	2.76	2.76	2.76	3.63	3.64	3.53	3.53	5.80	6.70	6.50	6.50	0.00	0.00	-0.20	-2.99
Sur Este de Asia																
Indonesia	12.19	12.10	12.16	12.16	4.72	4.72	4.79	4.73	36.55	36.30	37.00	36.50	-0.50	-1.35	0.20	0.55
Vietnam	7.86	7.79	7.78	7.77	5.60	5.79	5.80	5.82	27.54	28.16	28.20	28.25	0.05	0.18	0.09	0.32

Área, rendimiento y producción mundial de arroz																
País/Región	Área (millones de hectáreas)				Rendimiento (t/ha)				Producción (millones de toneladas)				Cambio en producción			
	2012/13	2013/14	2014/15 Proy.		2012/13	2013/14	2014/15 Proy.		2012/13	2013/14	2014/15 Proy.		Respecto al mes pasado		Respecto al año pasado	
			Nov	Dic			Nov	Dic			Nov	Dic	MMT*	Porcentaje	MMT	Porcentaje
Tailandia	10.84	10.92	10.90	10.90	2.82	2.84	2.85	2.85	20.20	20.46	20.50	20.50	0.00	0.00	0.04	0.20
Burma	7.04	7.05	7.07	7.07	2.60	2.65	2.69	2.69	11.72	11.96	12.15	12.15	0.00	0.00	0.19	1.61
Filipinas	4.70	4.80	4.89	4.89	3.86	3.92	3.96	3.96	11.43	11.86	12.20	12.20	0.00	0.00	0.34	2.88
Camboya	2.98	2.97	3.05	3.05	2.45	2.49	2.51	2.51	4.67	4.73	4.90	4.90	0.00	0.00	0.18	3.70
Laos	0.93	0.87	0.90	0.90	2.81	2.68	2.73	2.73	1.66	1.47	1.55	1.55	0.00	0.00	0.09	5.80
Malasia	0.69	0.69	0.69	0.69	3.79	3.91	4.02	4.02	1.69	1.76	1.80	1.80	0.00	0.00	0.05	2.56
Sur América																
Brasil	2.39	2.40	2.45	2.45	4.95	5.09	5.01	5.01	8.04	8.30	8.35	8.35	0.00	0.00	0.05	0.60
Perú	0.39	0.41	0.40	0.40	7.72	7.72	7.61	7.61	2.10	2.16	2.10	2.10	0.00	0.00	-0.06	-2.60
África Sub Sahariana																
Nigeria	2.00	2.50	2.30	2.30	1.88	1.76	1.76	1.76	2.37	2.77	2.55	2.55	0.00	0.00	-0.22	-8.01
Madagascar	1.55	1.30	1.45	1.45	2.94	2.78	2.97	2.97	2.91	2.31	2.75	2.75	0.00	0.00	0.44	19.08
UE-27	0.44	0.44	0.43	6.73	6.46	6.46	6.53	2.10	1.97	1.95	1.95	0.00	0.05	-0.01	-0.56	
Italia	0.24	0.22	0.22	0.22	6.60	6.60	6.30	6.49	1.09	1.00	0.97	1.00	0.03	3.42	0.00	0.10
España	0.11	0.11	0.11	0.11	7.96	7.53	7.68	7.61	0.63	0.60	0.60	0.59	-0.01	-1.84	-0.01	-1.68
Egipto	0.77	0.77	0.65	0.65	8.80	8.94	10.03	10.03	4.68	4.75	4.50	4.50	0.00	0.00	-0.25	-5.26

Área, rendimiento y producción mundial de arroz																
País/Región	Área (millones de hectáreas)				Rendimiento (t/ha)				Producción (millones de toneladas)				Cambio en producción			
	2012/13	2013/14	2014/15 Proy.		2012/13	2013/14	2014/15 Proy.		2012/13	2013/14	2014/15 Proy.		Respecto al mes pasado		Respecto al año pasado	
			Nov	Dic			Nov	Dic			Nov	Dic	MMT*	Porcentaje	MMT	Porcentaje
Irán	0.53	0.59	0.60	0.60	4.43	4.24	4.25	4.25	1.54	1.65	1.68	1.68	0.00	0.00	0.03	2.00
Otros	12.17	12.47	12.35	12.36	3.10	3.16	3.07	3.08	24.99	26.05	25.11	25.19	0.08	0.31	-0.87	-3.32

*MMT: *million metric tons* (millones de toneladas)

Fuente: Cotrisa S.A. (2015)

A2. Precios internacionales de arroz elaborado (US\$/tonelada)


Precios internacionales de arroz elaborado 15 % grano partido FOB, Bangkok, Tailandia													
US\$/tonelada													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
1991	287.7	318.0	316.8	291.1	281.9	285.0	289.2	294.3	292.0	280.4	291.5	271.8	291.6
1992	268.0	270.0	270.0	270.5	272.0	273.2	275.4	278.1	273.7	262.3	260.0	260.0	269.4
1993	265.0	264.5	253.5	239.1	219.3	215.7	215.0	215.0	215.9	259.1	305.9	327.8	249.6
1994	372.4	378.5	355.9	344.0	323.4	283.9	255.0	255.0	262.7	260.8	269.1	266.8	302.3
1995	265.2	270.8	271.5	275.0	276.1	307.1	328.1	335.4	342.9	367.5	373.3	359.5	314.4
1996	361.8	365.0	361.7	339.8	335.4	341.0	353.6	344.0	340.0	340.0	340.0	340.0	346.9
1997	343.6	360.0	350.5	324.1	320.0	320.0	320.0	304.3	274.1	273.9	252.0	267.5	309.2
1998	291.4	296.5	290.0	292.9	300.0	302.1	319.8	320.0	320.0	305.7	279.0	270.0	299.0
1999	282.8	278.0	246.5	226.0	231.2	236.1	240.0	239.1	227.3	214.5	213.0	217.4	237.7
2000	219.3	227.9	221.3	202.8	195.0	194.3	185.0	185.0	178.8	170.0	172.3	170.0	193.5
2001	173.9	172.3	169.7	153.8	150.0	150.0	155.0	156.3	165.5	167.0	163.1	171.8	162.4
2002	177.4	182.0	181.6	177.0	181.0	187.0	184.6	183.7	187.1	187.3	184.0	186.0	183.2
2003	192.1	194.0	190.8	187.4	189.2	196.5	195.9	192.8	191.5	189.1	188.7	192.1	191.7
2004	204.4	209.0	232.5	239.2	229.8	225.8	225.9	232.5	229.9	232.0	249.6	263.0	231.1
2005	275.4	279.8	280.7	282.3	283.7	274.9	268.2	270.9	273.0	274.4	267.1	266.9	274.8
2006	275.1	283.2	286.3	287.5	290.3	293.1	295.0	296.8	297.9	291.9	288.8	295.2	290.1
2007	298.2	303.4	311.1	308.2	307.5	314.3	320.9	315.8	314.1	317.8	329.3	346.1	315.5
2008	374.5	432.8	529.7	793.3	911.6	826.2	771.7	723.2	693.0	618.4	528.7	517.7	643.4
2009	528.6	542.6	547.9	526.0	495.5	508.2	513.3	496.1	488.2	467.6	475.8	550.8	511.7
2010	541.9	522.3	480.6	445.9	422.4	421.6	422.4	430.8	466.9	480.0	491.1	519.3	470.4
2011	503.1	509.3	494.6	480.4	476.9	485.1	511.4	541.5	577.5	581.2	609.4	601.4	531.0
2012	556.5	540.6	548.3	551.0	586.5	595.8	588.6	557.0	568.3	571.7	574.3	575.9	567.9
2013	584.4	592.0	583.0	566.8	561.4	540.2	521.8	493.0	437.1	433.5	422.2	426.0	513.4
2014	416.5	423.0	404.7	374.7	371.6	375.6	396.7	417.1	422.5	425.5	407.6		403.2


Fuente: Cotrisa S.A. (2015)


A3. Calendario agrícola del departamento de La Libertad

La Libertad: Calendario de siembras (%)												
Producto/Mes	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Arroz cáscara	0.5	0.2	1.0	8.2	24.8	41.1	19.1	3.4	1.4	0.1		0.2
Cebada grano	0.4		1.4	7.1	21.7	33.3	22.2	11.0	2.0	0.7	0.2	
Frijol grano seco	4.4	2.4	3.5	8.4	10.7	6.4	7.9	8.8	14.4	9.4	13.3	10.4
Maíz amarillo duro	4.4	2.7	2.6	3.1	7.6	8.5	9.0	12.4	16.4	10.7	12.0	10.6
Maíz amiláceo	0.3	1.0	20.0	42.4	22.9	8.2	2.4	1.3	0.8	0.2	0.3	0.2
Papa	4.6	6.7	18.9	28.2	15.6	5.8	4.0	1.0	1.3	2.4	5.4	6.1
Trigo	0.3		0.8	4.6	16.3	35.4	28.2	10.9	1.5	0.9	0.8	0.3

La Libertad: Calendario de cosechas (%)												
Producto/Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Arroz cáscara	0.4	0.3	0.6	6.1	22.8	39.4	23.1	6.3	0.2	0.4	0.1	0.3
Caña de azúcar	9.3	7.8	8.0	7.1	7.4	7.0	7.7	8.4	8.7	9.2	9.8	9.6
Cebada grano	0.2			3.2	2.6	15.7	35.0	31.7	7.2	3.4	0.7	0.3
Espárrago	7.8	7.8	8.0	7.4	7.7	9.4	8.8	9.0	8.6	8.5	8.1	8.9
Frijol grano seco	3.0	2.6	5.5	5.3	7.2	8.9	11.6	16.8	9.6	10.5	12.8	6.2
Maíz amarillo duro	4.3	2.6	2.2	3.9	6.7	10.0	11.1	11.6	10.4	12.6	13.2	11.4
Maíz amiláceo	0.2	0.3	7.4	12.2	16.2	26.2	24.5	8.9	2.3	1.0	0.5	0.3
Papa	2.8	5.0	8.9	17.8	19.6	16.5	11.1	4.4	1.9	2.8	4.1	5.1
Sandía	16.3	10.4	14.7	6.9	5.5	5.4	3.1	1.7	4.6	9.8	11.0	10.6
Trigo	0.2		0.1	1.7	4.3	16.1	33.6	30.7	9.6	3.0	0.6	0.1
Vid	11.3	10.5	7.1	7.5	8.1	8.4	9.7	9.3	7.6	5.8	7.8	6.9

 Menor a 5 %

 De 5 % a 15 %

 De 15 % a más

Fuente: Dirección Regional de Agricultura – Región La Libertad (2007)

A4. Costo mínimo de jornal agrícola según departamento

Costo mínimo de jornal agrícola 2007 - 2013							
Departamento	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Promedio Nacional	8.94	10.53	12.38	14.83	17.60	19.84	21.34
Amazonas	10,00	10,00	10,00	12,00	19,00	20,00	20,00
Ancash	10,00	13.0 0	15.0 0	18.0 0	18,00	18,00	20,00
Apurímac	10.0 0	13.0 0	14.0 0	14.0 0	19,00	20,00	20,00
Arequipa	11.0 0	14.0 0	17.0 0	19.0 0	25,00	25,00	25,00
Ayacucho	10.0 0	10.0 0	13.0 0	15.0 0	19,00	20,00	20,00
Cajamarca	5.0 0	10.0 0	10.0 0	11.0 0	15,00	19,00	19,00
Cusco	5.0 0	7.0 0	8.0 0	11.0 0	14,00	15,00	15,00
Huancavelica	6.0 0	9.0 0	11.0 0	14.0 0	14,00	19,00	17.92
Huánuco	5.0 0	7.0 0	8.0 0	10.0 0	13,00	15,00	15,00
Ica	12.0 0	14.0 0	15.0 0	20.0 0	20,00	20,00	25,00
Junín	12.0 0	13.0 0	15.0 0	20.0 0	20,00	20,00	25,00
La Libertad	7.0 0	8.0 0	10.0 0	11.0 0	15,00	18,00	20,00
Lambayeque	8.0 0	8.0 0	15.0 0	15.0 0	17,00	20,00	20.58
Lima	10.0 0	11,00	14,00	15,00	15,00	18,00	20,00
Loreto	12.0 0	12.0 0	15,00	15,00	15,00	16,00	15,00
Madre de Dios	12,00	17,00	17,00	17,00	24,00	25,00	30,00
Moquegua	13,00	15,00	15,00	17,00	17,00	20,00	22.50
Pasco	10.0 0	13,00	15,00	17,00	17,00	23,00	23,00
Piura	10.0 0	11,00	13,00	13,00	14,00	18,00	20,00
Puno	14,00	11,00	11,00	13,00	16,00	19,00	22,00
San Martín	10.0 0	10.0 0	13,00	13,00	14,00	18,00	18,00
Tacna	18,00	15,00	20,00	25,00	25,00	29,00	30,00
Tumbes	20,00	18,00	23,00	25,00	25,00	25,00	31,00
Ucayali	10,00	10.0 0	10.0 0	15,00	16,00	21,00	21.83

Fuente: Gerencias/Direcciones Regionales de Agricultura - Sub Gerencia/Dirección de Estadística/Dirección de Información Agraria.

Elaboración: MINAGRI - DGESEP - Dirección de Estadística Agraria

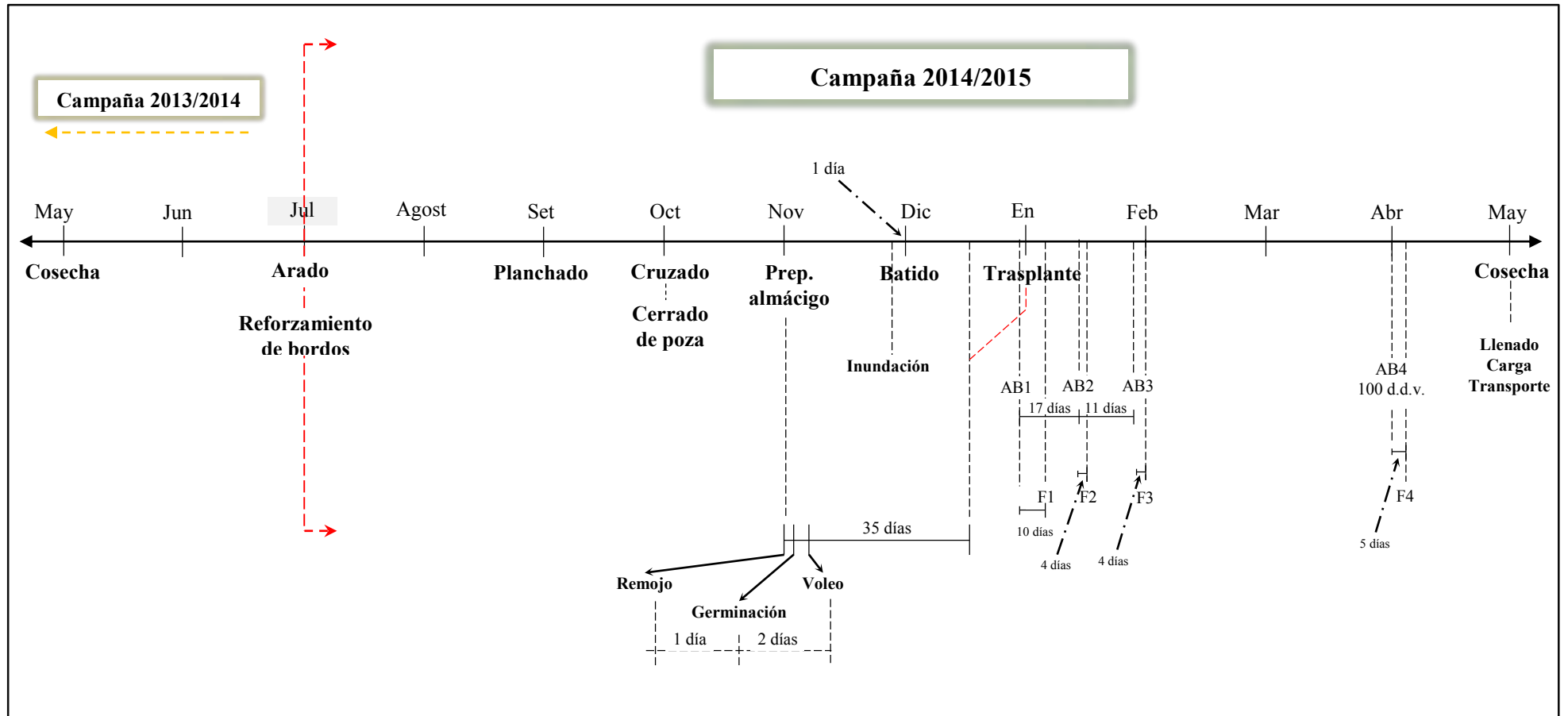
A5. Costo máximo de jornal agrícola según departamento

Costo máximo de jornal agrícola 2007 - 2013							
Departamento	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Promedio Nacional	20.07	24.71	29.08	32.00	35.21	39.65	42.37
Amazonas	20,00	20,00	20,00	20,00	29,00	30,00	33,00
Ancash	20,00	20.0 0	28.0 0	34.0 0	40,00	43,00	47,00
Apurímac	15.0 0	22.0 0	28.0 0	30.0 0	35,00	48,00	50,00
Arequipa	30.0 0	43.0 0	51.0 0	57.0 0	62,00	68,00	68,00
Ayacucho	25.0 0	25.0 0	27.0 0	31.0 0	35,00	40,00	45,00
Cajamarca	20.0 0	24,00	24.0 0	25.0 0	31,00	38,00	40,00
Cusco	18,00	23.0 0	30.0 0	30.0 0	41,00	46,00	50,00
Huancavelica	20.0 0	30.0 0	30.0 0	34.0 0	34,00	30,00	30,00
Huánuco	21.0 0	26.0 0	30.0 0	30.0 0	37,00	45,00	45,00
Ica	19.0 0	23.0 0	29.0 0	32.0 0	37,00	44,00	45,00
Junín	20.0 0	20.0 0	27.0 0	30.0 0	33,00	38,00	42,00
La Libertad	17.0 0	23.0 0	26.0 0	30.0 0	33,00	38,00	39,00
Lambayeque	23.0 0	26.0 0	21.0 0	21.0 0	26,00	30,00	30.33
Lima	20.0 0	23,00	29,00	30,00	31,00	40,00	42,00
Loreto	15.0 0	18.0 0	21,00	20,00	20,00	21,00	20,00
Madre de Dios	22,00	28,00	29,00	30,00	33,00	37,00	40,00
Moquegua	32,00	38,00	43,00	40,00	45,00	49,00	58,00
Pasco	16.0 0	32,00	35,00	35,00	34,00	40,00	45,00
Piura	20.0 0	30,00	28,00	30,00	31,00	32,00	35,00
Puno	14,00	18,00	23,00	27,00	35,00	42,00	42,00
San Martín	20.0 0	20.0 0	24,00	26,00	27,00	33,00	33,00
Tacna	18,00	20,00	25,00	35,00	45,00	55,00	61,00
Tumbes	20,00	27,00	29,00	30,00	30,00	35,00	40,00
Ucayali	17,00	27.0 0	27.0 0	27,00	32,00	35,00	39.08

Fuente: Gerencias/Direcciones Regionales de Agricultura - Sub Gerencia/Dirección de Estadística/Dirección de Información Agraria.
Elaboración: MINAGRI - DGESEP - Dirección de Estadística Agraria

Anexo B – Calendario agrícola campaña 2014/2015 de las parcelas analizadas

A continuación se muestra, a modo referencial, el calendario de operaciones agrícolas para el cultivo de arroz, basado en las fechas en que se llevaron a cabo los trabajos en los campos analizados para esta investigación.



Anexo C – Cotización de sistema láser

Lima, 19 de Enero de 2015.

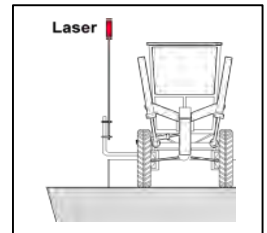


Atte. Sr. Mario Alegria.

Asunto: Cotización de Sistema de control para nivelación laser. Marca: MOBA. Mobile Automation.

De nuestra consideración:

En atención a su solicitud ponemos a su consideración nuestra cotización No. 191 - 2015 por lo siguiente:



1.- PRECIO POR 01 SISTEMAS DE NIVELACION MOBA:

CANT.	DESCRIPCION	PAIS DE ORIGEN	PRECIO UNIT \$	TOTAL
01	Sistema de control para nivelación en agricultura	ALEMANIA	\$6,990.00	\$6,990.00

- PRECIOS NO INCLUYEN IGV

Sistema de control y monitoreo incluye:

ITEM	PART NUMBER	DESCRIPCION	CANTIDAD
COMPONENTES ELECTRONICOS:			
1	04-25-10470	Handset-controller "Laser-matic" 1S	1
2	04-60-11320	Laser receiver CLS 3000 CAN/PWM interface	1
3	04-06-00230	Maletín de transporte para Laser matic	1



COMPONENTES MECANICOS:			
4	04-05-00610	Bracket, Digi controller-MOBA Matic	1
5	04-05-00621	Universal bracket	1
CABLES:			
7	04-02-02567	Power cable, Laser-matic; 4m	1
8	04-02-02631	Cable; 3/10m, with bus resistor	1
04-60-13000 MOBA ROTATION LASER – SET MRL-101. INCLUYE:			
9	04-60-13001	MOBA RotationLasertransmitter	1
10	04-60-00330	Case for lasertransmitter MRL-101 & accessories	1
11	04-03-10322	Charger for MRL 101	1
12	02-12-10325	Accu-Pack for MRL-101	2
13	04-03-10331	Remote Control for MRL-101	1
14	04-03-10609	Laser detector for MRL-101	1
15	S/N	Tripode de aluminio	1
16	04-03-10612	Clamp for laser detector (MRL-101)	1
16		Operation manual	1

NOTA.- Moba rotation laser emisor (part number: 04-60-13000) tiene un alcance de radio de 300 mtrs



Av. Alberto Alexander No. 2201 – Lince

CENTRAL TELEFONICA: 205-3000

E-mail :

CONDICIONES COMERCIALES:

- **TIEMPO DE ENTREGA:** 3 semanas a partir de la recepción de la orden de compra.
- **GARANTIA:** 1 año
- **VALIDEZ DE LA OFERTA:** 30 DÍAS.
- **CONDICION DE PAGO:** 50% anticipado. 50% Contra entrega.
 - **Cta. BBVA US\$:** 011-194-0100012711-86.
 - **Cta. BCP US\$:** 002-193-0724402101-15
- **Precio incluye instalación de equipos.**
- **Precio NO incluye traslado, hospedaje y alimentación del técnico encargado de la instalación.**
- **Precio NO incluye el traslado de los equipos fuera de Lima.**

Atentamente,

Fernando Marcone Rojas
Ejecutivo de ventas



Anexo C.1. – Correos electrónicos de cotizaciones de maquinarias y equipos

Trasplantadora de Arroz

Luis García <luisgarcia@joselid.com>

Para: Mario Alegría <mario.alegriar@gmail.com>

10 de febrero de 2015, 1:34 p.m.

Estimado señor Alegría,

Adjunto catálogo de trasplantadora de arroz.

Trabaja en todo terreno donde se siembra arroz.

La trasplantadora es fácil de maniobrar, fácil de transportar y se acondiciona a todo tipo de terreno.

Precio: US\$ 18,960.00

Estamos a sus órdenes

Atentamente

JOSELID INDUSTRIAL SAC

Trasplantadora de Arroz Catron

CATRON INTERNACIONAL (Christian Latour) <clatour@catron.es>

Para: mario.alegriar@gmail.com

13 de febrero de 2015, 10:49 a.m.

Estimado Señor Alegría,

Por favor consultar la ficha técnica de nuestra trasplantadora en www.catron.es.

El precio de dicha trasplantadora es 19 000€ + IVA (portes incluidos en cualquier lugar de la península).

Si tiene cualquier duda me puede llamar al 679 17 55 35.

Atentamente,

Christian Latour.

Delegado comercial

tel: 679 17 55 35.

Re: Trasplantadora de Arroz

De: **pablo@agroexportacionesdelperu.com**

Enviado: viernes, 13 de febrero de 2015 09:20:26 a.m.

Para: Mario Alegría (mario_ar17z@hotmail.com)

Estimado Sr. Mario Alegría

En Perú es muy poca la gente como usted que piensa en el futuro y tecnificación del agro, por eso, al no tener un mercado de este tipo de máquinas, optamos por trabajar sólo por pedido a

cualquier equipo que se usted solicite. Los equipos japoneses de 10 líneas en las marcas Kubota, Mitsubishi, Yanmar o Izeki cuestan nuevas 35 000 dólares y repotenciadas 25 000.

Las de 12 líneas nuevas, cuestan 38 000 y repotenciadas 30 000.

Una vez desaduanado, te entregamos y facturamos. Recuerda que un envío desde Japón tarda unos 60 días en llegar a Perú. Si tienes interés dame un número de teléfono para comunicarnos y vemos alguna forma de trabajar.

Espero tu respuesta.

Un abrazo

Correo electrónico en alemán

Von: Theresa Aumüller [mailto:Theresa-Aumueller@web.de]

Gesendet: Mittwoch, 25. Februar 2015 12:23

An: Marx, Bernhard [mailto:BMarx@moba.de]

Betreff: MOBA Laser Matic

Guten Tag Herr Marx,

vor einigen Tagen haben Sie eine Email von Herrn Mario Alegria Rios bekommen. Er kommt aus Peru und schreibt gerade an seiner Studienabschlussarbeit. Er hat mich nun gebeten, mich mit Ihnen in Kontakt zu setzen, weil er nähere technische Informationen zu den folgenden Dingen bräuchte, weil er seine Abschlussarbeit im Bereich der Landwirtschaft verfasst und auch Geräte aus dem europäischen Raum zum Vergleich mit einbeziehen möchte. Es handelt sich hierbei um die MOBA Laser Matic:

1. Laser transmitter MRL-101
2. Laser receiver LS 3000
3. Control box Laser Matic

Es wäre sehr nett, wenn Sie mir damit weiterhelfen könnten. Gerne können Sie mir Informationen per Email zuschicken. Von Vorteil wäre es, wenn sie in englischer Sprache sind.

Mit freundlichen Grüßen,

Theresa Aumüller

----- **RESPUESTA** -----

Von: Marx, Bernhard [mailto:BMarx@moba.de]

Gesendet: 2. März 2015 – 15:47

An: Theresa Aumüller [mailto:Theresa-Aumueller@web.de]

Betreff: MOBA Laser Matic

Sehr geehrte Frau Aumueller,
im Anhang einige Dokumente zu unseren Produkten. Ich hoffe Sie helfen Ihnen weiter.
Mit freundlichen Grüßen,

Bernhard Marx

(Traducción del mensaje anterior)**De:** Theresa Aumüller [mailto:Theresa-Aumueller@web.de]**Enviado:** Mittwoch, 25 Febrero 2015 12:23**Para:** Marx, Bernhard [mailto:BMarx@moba.de]**Asunto:** MOBA Laser Matic

Estimado Señor Marx:

Hace unos días, Mario Alegría Ríos le escribió un email. Es un estudiante de Perú y actualmente está realizando su tesis. Me preguntó si yo podría ponerme en contacto con usted, ya que necesita obtener más información técnica, así como las especificaciones de sus productos y equipos. La tesis comprende aspectos del sector de la agricultura, es así que sería conveniente comparar también los equipos agrícolas de fabricación europea; en este caso, especialmente sobre el sistema MOBA Laser Matic:

1. Laser transmitter MRL-101
2. Laser receiver LS 3000
3. Control box Laser Matic

Sería muy amable de su parte poder ayudarme. Siéntase libre de enviarme la información vía email. Sería beneficioso si la información está en inglés.

Atentamente,

Theresa Aumüller

----- **RESPUESTA** -----**De:** Marx, Bernhard [mailto:BMarx@moba.de]**Enviado:** 2 Marzo 2015 – 15:47**Para:** Theresa Aumüller [mailto:Theresa-Aumueller@web.de]**Asunto:** MOBA Laser Matic

Adjunto documentos con las especificaciones de los equipos.

Espero le ayude la información.

Atentamente,

Bernhard Marx

Anexo D. – Resultado de análisis de suelo

Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas



ANALISIS DE SUELOS-CARACTERIZACION

Contacto : Mario Alegria Rios
 celular: 948144236
 Lugar: Pacasmayo
 RUC: 71960643

Código: TS2.002.15
 Fecha recepción: 16-01-15
 Fecha entrega: 30-01-15

N° muestra	Código empresa	pH (1:1)	C.E.(1:1) (dS/m)	Análisis granulométrico			Clase textural	CaCO3(%)	Materia orgánica (%)	P (ppm)	K (ppm)	CIC (meq/100 g)	Cationes cambiabiles (meq/100 g)					Suma de cationes	Saturación de bases (%)
				Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)							Ca+2	Mg2+	Na+	K+	Al3+ + H+		
1	lache	8.07	2.12	91.66	2.54	5.8	arena	5.5	0.85	5.56	35.6	12.81	11.12	1.56	0.07	0.06	0	12.81	100
2	san jose	7.7	2.09	61.48	21.72	16.8	Franco arenoso	2.5	1.84	3.91	111	11.05	3.53	7.16	0.16	0.19	0	11.05	100

Ing. Anny Davila Mestanza
 Jefe de Laboratorio

ANALISIS DE SUELOS-SALINIDAD

Contacto : Mario Alegria Rios
celular: 948144236
Lugar: Pacasmayo
RUC: 71960643

Código: TS2.002.15
Fecha recepción: 16-01-15
Fecha entrega: 29-01-15

N° muestra	pH (pasta)	C.E.es (dS/m)	Cationes (meq/l)				Suma de cationes (meq/l)	Aniones (meq/l)					Suma de aniones (meq/l)	B ppm	PSI(%)
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺		NO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄	-			
1	7.61	3.76	6.8	1.11	0.05	1.1	9.06	0.33	0.75	2.73	-0.21	3.7	7.31	0.91	0.13
2	7.68	2.14	34.56	6.58	0.1	3.15	44.4	0.57	0	1.5	36.32	3	41.39	0.78	0.13

Ing. Anny Davila Mestanza
Jefe de Laboratorio

Interpretación de Análisis de Suelos

Clases texturales	Abreviatura
Arena	A
Arena Franca	AF
Franco Arenoso	FA
Franco	F
Franco Limoso	FL
Limoso	L
Franco arcillo arenoso	FArA
Franco arcilloso	FAr
Franco arcilloso limoso	FArL
Arcilloso arenoso	ArA
Arcilloso limoso	ArL
Arcilloso	Ar

Clasificación del suelo según pH	
Fuertemente ácido	menor a 5.5
Moderadamente ácido	5.6-6.0
Ligeramente ácido	6.1-6.5
Neutro	7.0
Ligeramente alcalino	7.1-7.8
Moderadamente alcalino	7.9-8.4
Fuertemente alcalino	mayor a 8.5

Clasificación del suelo según grado de salinidad C.E.	
Muy ligeramente salino	menor a 2
Ligeramente salino	2-4
Moderadamente salino	4-8
Fuertemente salino	mayor a 8

C.C. (es) (dS/m) = C.E. (1:1) x 2

Sales solubles totales (TDS) en ppm : 640 x C.E. (es)

Clasificación del suelo	Materia Orgánica (%)	Fósforo disponible (ppm)	Potasio disponible (ppm)
Bajo	menor a 2	menor a 7	menor a 100
Medio	2-4	7.0-14.0	100-240
Alto	mayor a 4	mayor a 14.0	mayor a 240

1 ppm : 1 mg/Kg

Clasificación del suelo según relaciones catiónicas		
	K/Mg	Ca/Mg
Normal	0.2-0.3	5-9
Deficiencia Mg	mayor a 0.5	
Deficiencia de K	mayor a 0.2	
Deficiencia de Mg		mayor a 10

Anexo E – Fotos tomadas en diferentes actividades

1. Recolección de muestras de tierra para análisis de suelo



2. Operación de rotura de “cabezas” para facilitar el ingreso de maquinaria agrícola



3. Transporte de tractor batidor



4. Operación de “saca” de plántulas



5. Trabajo de trasplante en terreno definitivo – fuente: Fedearroz (2011)



6. Garbas marchitadas



7. Operación de fumigación



8. Grano vano (vacío) debido a que algunas aves se alimentan de arroz



9. Rastrojo de cosecha

