



**UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO**

FACULTAD DE CIENCIAS EMPRESARIALES  
DEPARTAMENTO DE GESTIÓN EMPRESARIAL  
MAGÍSTER EN DIRECCIÓN DE EMPRESAS

# **EFICIENCIA TÉCNICA-ECONÓMICA Y RIESGO EN LA PRODUCCION DEL CULTIVO DE ARROZ**

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN DIRECCIÓN DE EMPRESAS

AUTOR : MEDINA BENAVIDES, CLAUDIO

Profesor Guía: Dr. Cabas Monje, Juan

CHILLÁN, 2014

# Contenido

Síntesis.....	3
Introducción .....	5
Marco Teórico .....	7
Mercado del Arroz en Chile y el Mundo .....	7
Caracterización del cultivo. ....	11
Presentación del problema. ....	17
Definición de los objetivos e hipótesis.....	20
Metodología .....	21
Estimación de Eficiencia.....	21
Literatura en la medición de eficiencia y el riesgo.....	24
Metodología para medir la eficiencia. ....	26
Metodología para la determinación del riesgo, Just and Pope.....	32
Recopilación de datos. ....	34
Resultados y Análisis de la Investigación .....	38
Estimación de los parámetros.....	38
Diagnóstico de la regresión.....	40
Estimación de Eficiencia Técnica.....	42
Determinación del riesgo, Just and Pope.....	47
Conclusiones .....	49
Bibliografía .....	50
Anexo .....	53

## Síntesis

---

La siguiente investigación cuantifica la eficiencia técnica económica y el riesgo de las variables de producción del cultivo de arroz en la Región del Maule y la Región del Bío-Bío de Chile. Los determinantes de eficiencia técnica-económica y riesgo son analizados bajo la metodología de investigación Fronteras Estocásticas de Producción y una aproximación del modelo Just and Pope. El análisis empírico se realiza a través de datos de corte transversales, de los productores de arroz de la temporada 2012-2013 en cultivos regionales anteriormente nombrados. Las conclusiones más importantes indican que las variables que más aportan a la salida es la maquinaria y los fertilizantes por parte de los insumos, luego destaca la mano de obra como otro de los factores que aumentan la salida, aunque todas las variables aportan a la eficiencia técnica. Con todo la eficiencia media de los productores de arroz que son objeto de esta investigación alcanza un 82%. Cabe destacar que la mayoría de los productores de arroz se encuentran en el rango de eficiencia entre un 75% y un 95%. Los factores que disminuyen el riesgo son la Mano de obra y el Fertilizante, mientras los que lo aumentan son la Maquinaria y los Pesticidas.

## Abstract

---

The following research quantifies the economic technical efficiency and risk for rice production variables in the Chilean regions of Maule and Bío-Bío. The technical - economic determinants of risk and efficiency are analyzed under the research methodology called Stochastic Frontiers Production and an approximation of the model Just and Pope. The empirical analysis is done through cross sectional data of rice farmers in the 2012-2013 season in the previously mentioned regional crops. The key findings indicate that variables that contribute to the production functioning output the most importantly are the machinery and fertilizers for the concept of supplies, and then labor cost is demonstrated to appear as one of other essential factors that increase output, although all the variables increase the technical-economic efficiency. Yet the average efficiency of rice farmers who are subject of this investigation reaches 82%. It is necessary to note that most rice farmers are placed within the efficient range, achieving between 75% and 95% of efficiency. Factors that decrease risk include labor costs and fertilizers, while those that increase it are machinery

and

pesticides.

# Introducción

---

El arroz es una especie de la familia de las gramíneas, y se encuentra contenido en el grupo de los denominados cereales; se presenta como uno de los cultivos de mayor antigüedad en el mundo, teniendo como data de producción unos 6.000 años atrás, su origen se da en el continente asiático, en donde se concentra alrededor de la mitad de la población mundial por lo cual su producción y consumo se entiende lógicamente en este continente. China el mayor productor de este cultivo entiende el arroz como un componente básico en su dieta.

Con todo, a nivel mundial, el arroz es uno de los alimentos de mayor consumo masivo, y se consigna en varias mediciones como el segundo cultivo de mayor importancia a nivel internacional. Su alto valor alimenticio, así como en China, hace imprescindible también su presencia en la dieta de la mayoría de la población.

Como anteriormente se consigno, si bien la producción arroceras se centra a nivel mundial en los países asiáticos, e incluso un porcentaje no bajo del consumo nacional forma parte de la canasta de importaciones que entra al país, la importancia de la producción en territorio Chileno es alta, tanto social como económicamente.

En Chile la producción se enmarca en tres regiones del país, Libertador General Bernardo O'Higgins, el Maule y el Bío-Bío, y aunque en la primera ya casi no se consignan cultivos, se depende de este recurso contribuyendo en trabajo y alimento para la población. Muchos de los productores de arroz de estas regiones dedican la mayoría de sus esfuerzos en la consecución de este cultivo, por lo cual la producción arroceras es el mayor porcentaje de los ingresos que del agricultor forman parte.

He aquí la importancia de esta investigación, que toma los principales variables de la producción en el cultivo de arroz, y las analiza en torno a la eficiencia técnica- económica de esta y el riesgo que pueda presentar.

La investigación se basa en la encuesta soporte del estudio "Línea De Base Arroz, Resultados Encuesta de Producción y Comercialización de Arroz en la Región del Maule y Biobío" realizado por Instituto de Investigación Agraria en conjunto con el Centro de Agronegocios Universidad del Bío-Bío, el año 2012, en la cual se caracteriza y se consigna las mayores variables de producción y comercialización de los agricultores arroceros de la Séptima y Octava Región.

# Marco Teórico

---

## *Mercado del Arroz en Chile y el Mundo*

El arroz, semilla de la planta *Oryza sativa*, es uno de los elementos base en el composición de la alimentación mundial, cerca de 3.400 millones de personas basan su dieta en el arroz como elemento fundamental, principalmente en Asia, África y Oceanía. Características como la energía que entrega, su menor cantidad de grasas y riqueza en almidón, además de la presencia de vitamina B, calcio, Fosforo, potasio y magnesio hacen de este cultivo uno de los más importantes a nivel mundial. (Comisión Nacional del Arroz en Chile, 2009).

Como anteriormente se mencionaba, la producción arrocera se centra a nivel internacional principalmente en países asiáticos (90%), en 2009 según datos de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) la producción se elevo a 685 millones de toneladas en 158,3 millones de hectáreas cultivadas; con un 29% de participación en volumen y un 19% de superficie sembrada, China, se encumbra como su mayor productor de arroz planetario, y aunque India tiene mayor superficie de arroz (26%) produce menos que China, teniendo solo un 20% de producción mundial, en orden de importancia continúan Indonesia, Bangladesh y Vietnam con un 9%, 7%, 6% respectivamente de la producción. Luego de Asia que como claramente se mostro es el continente que domina la producción de arroz, América se toma el segundo lugar con un total de 6% de la producción mundial, que se reparte en 33% en Brasil, 26% Estados Unidos y 8% Perú y Colombia, finalmente con un 3,5% de producción continental se puede apreciar Ecuador, Argentina, Venezuela y Uruguay. África solo produce 24,5 millones de toneladas de arroz a pesar de de ser uno de los mas importante consumidores, en orden su principal exponente es Egipto de lejos lo siguen Madagascar y Nigeria (Mercados Agropecuarios, 2012).

En Septiembre de 2013 los precios mundiales reafirmaron un tendencia a la baja de los últimos meses, sin embargo tienden a estabilizarse, la demanda mundial debería mantenerse en 2014 gracias al aumento de la producción y de los países consumidores. Según la FAO en 2013 finalmente la producción debería aumentarse en un 1,1% a 744,3 millones de toneladas, esto debido principalmente al buen clima en el Asia del Sur, en el resto del mundo la producción aumenta, sin embargo China, Norteamérica, y Europa del Este muestran algunas bajas.

Promediando el 2013 el comercio mundial disminuye en un 2% a 37,8 Mt, principalmente por la reducción de la demanda asiática, en cuanto a los inventarios mundiales aumentan en un 8,3% y para el 2014 se pronostica un nuevo avance.

El mercado nacional se compone por cerca de 1500 productores (Censo Agropecuario 2007), los que dan paso al cultivo de 25.000 hectáreas aproximadas. El 2009 Chile obtuvo el puesto 81° con 23.680 hectáreas con respecto a la superficie ocupada y en el lugar 70° de producción con 127.311 toneladas de producción. el rendimiento promedio entre 2000 y 2011 es de 50 qqm/ha. Antes del año 1990 se cultivaban en Chile alrededor de 40.000 ha de arroz, luego la superficie ha ido disminuyendo, sin embargo los rendimientos han ido aumentando gracias a factores de manejo agronómico, uso de variedades, la tecnología, y la nivelación de suelos entre otros. La tendencia de la producción no ha sido permanente entre 2000 y 2005 fue estable, con 50 qq/ha, subiendo a 55 ha/qq en los cuatro años próximos, sin embargo , en el 2009 los rendimientos sufrieron una caída llegando a 38,6 qq/ha, el peor rendimiento en 25 años, debido principalmente a lo tardío de las siembras lo cual afectaron a los cultivos por pérdida de luminosidad y la baja de las temperaturas, que en consecuencia, generaron un crecimiento irregular, pérdidas de plantas, esterilidad floral y amarillez en el follaje. La temporada 2010-2011 se inicio tempranamente y sumadas a temperatura y humedad adecuadas, se produjo un rendimiento recuperado de 52 qq/ha. En 2011-2012 se aumento la superficie y se retraso la temporada, la siembra directa fue mayormente promovida. sin embargo no produjo los resultados esperados por la inexperiencia, la maquinaria inadecuada, y malas calibraciones, (Mercados Agropecuarios, 2012).

El mercado nacional no alcanza a abastecerse a través de su oferta por lo cual debe recurrir a la importación, en el 2011 la provisión nacional correspondió a un 45 %. Las importaciones se hacen principalmente desde Argentina y Paraguay con un 78 % y 19 % respectivamente, en total un aproximado de 84 mil toneladas de arroz a un valor CIF de 46,7 millones de dólares fueron importados. Los precios se basan en un indicador publicado por ODEPA sobre el costo de internación del arroz largo fino argentino y un equivalente teórico al arroz paddy.

Los precios pagados a productor cayeron un 21% entre 2010 y 2011 entre abril junio, los costos de internación en mayo 2011 fue \$ 14.211 por quintal, y el precio pagado a un productor de la región del Maule fue de \$ 15.000 por quintal, teniendo en cuenta bonificaciones por volumen y rendimiento industrial.

Describiendo la cadena del arroz en el país, este cultivo representa una alta importancia social y económica, con una oferta atomizada y una demanda industrial concentrada. Los productores en una gran parte son del segmento de pequeños productores, los cuales son heterogéneos con respecto a sus sistemas tecnológicos a la hora de producir, en contraste se homogenizan los problemas de acceso a capital y las presiones de liquidez en la cosecha. El pequeño productor posee un tamaño entre 8 y 10 hectáreas y la media nacional se sitúa en 14 ha, esta condición constituye una gran barrera para la comercialización de forma eficiente ya sea en el proceso de adquisición de insumos o la liquidación de excedentes fuera del proceso de cosecha. La producción de estos pequeños productores es baja, la gestión predial asociada a la calidad y manejo de suelo, el manejo hídrico, la aplicación racional y eficiente de fertilizante y plaguicidas y el acceso oportuno a la maquinaria de cosecha son problemas comunes que afectan los rendimientos del cultivo arrocero; todo esto lleva a que solo el 4% de la superficie total de cultivos en Chile se base en el arroz.

Con respecto a la disposición geográfica de los cultivos estos se concentran en la región del Maule y la región del Biobío, ambas con un 78% y 16% del total nacional. La oferta nacional se distingue por el número acotado de variedades (subespecies japónicas que por condiciones climáticas del país son viables en contraste con las variedades indicas).

El arroz diamante INIA es el más comercializado con un 85% además se pueden encontrar variedades Oro, Brillante INIA, de grano largo y ancho y Ámbar INIA, de variedad glutinosa. Considerando todas estas condiciones además de la fuerte dependencia con el sector procesador altamente concentrado, los productores presentan serias dificultades para obtener precios de compra que haga rentable el cultivo y que sean consistentes con los costos de internación.

El molinado del arroz nacional da lugar a un mercado oligopsónico compuesto por 10 empresas, dos empresas son referentes para fijar los precios de comercialización durante el periodo de cosecha, la relación entre oferentes y demandantes es directa y se compromete entre el 60% y 70% de la producción, los que se presenta principalmente en terreno disparate por el poder de negociación generado principalmente por la asimetría de información. El restante 20% o 30% de la producción se da a través de canales de venta intermediarios con servicios de maquila y luego de entrega a grandes industrias. Un elemento determinante en esta situación corresponde a la capacidad de acondicionamiento y almacenaje en la industria de secado además del procesamiento y guarda, con un nivel de uso de 70% aprox. Esto provoca una alta especificidad de los activos, sin uso alternativo alguno, estos son fuertemente dependientes del grado de procesamiento de la producción domestica, para entre otros amortizar sus costos fijos. Del total del arroz de mayoristas el 80% se destina a consumo privado de hogares, y el 20% restante a consumidores institucionales (sector público).

La existencia de déficit en el mercado interno obliga a usar un costo alternativo de importación como indicador relevante para el desarrollo del negocio, provocando controversias entre productores e industriales. La comercialización del cultivo está regulada por la Norma Chilena Oficial NCh 2033 de 2003, desconocida por las mayoría de los segmentos del mercado de este cereal. La industria avanza en regulación e información, entregando una referencia semanal de costo alternativo de importación, la cual se difunde desde 2009 por ODEPA. Este indicador es utilizado como referencia para un precio base, sobre el cual se aplican bonificaciones por rendimiento, volumen y antigüedad del proveedor (Comisión Nacional del arroz, 2009).

### *Caracterización del cultivo.*

Una condicionantes o características de la producción nacional es el clima del tipo mediterráneo mixto y mediterráneo marino, con noches frías en algunas temporadas , y con diferencias en las temperaturas medias del día y la noche que tienden a causar esterilidad floral, muchos de los suelos poseen un mal drenaje , debido a la estrata impermeable compuesta por tosca o fierrillo acumulado en el perfil y/o por su alto contenido de arcilla, la siembra se realiza a través de semilla pre-germinada bajo condiciones de inundación , mantenidas hasta la madures de la planta.

#### Etapas de Crecimiento

Desde la germinación hasta la madurez se distinguen tres grandes etapas:

❖ Etapa vegetativa.

Abarca desde la germinación al inicio del primordio floral. El periodo tiene gran importancia pues se determinan tanto el número de plantas como el numero de macollas por planta o superficie, debido a lo cual se determina a la larga el rendimiento del grano.

Este paso se entiende como determinante de éxito en la producción, los factores como las semilla de calidad, la fecha correcta, el manejo de agua, el control de malezas y la fertilización del cultivo son vitales para el objetivo planteado.

❖ Etapa reproductiva

Desde el inicio del primordio floral hasta la floración, en esta etapa del ciclo se determina el numero de granos por panícula. Un paso primordial de esta etapa es subir el agua del arrozal.

❖ Etapa de madurez

Desde la floración a la madurez del grano, esta etapa establece el peso del grano; se mantiene la lámina de agua para luego cortar su entrada al arrozal.

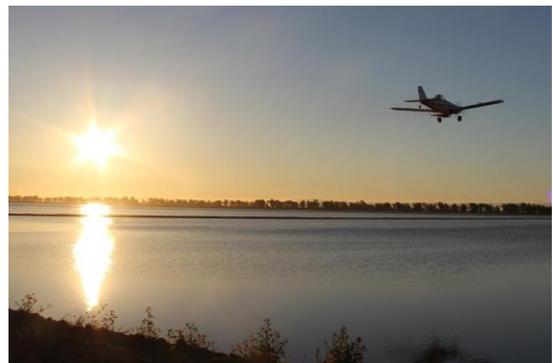
La importancia de conocer las etapas data en la toma de decisiones correctas y oportunas que afectan la productividad del cultivo, aunque se debe marcar que un buen manejo en la primera etapa, determina en una gran porcentaje el rendimiento final del cultivo.

En Chile uno de los factores que afecta la producción son las bajas temperaturas durante el periodo de desarrollo del arroz, ya que se presenta menor que la necesaria u optima en los estados de desarrollo, los periodos críticos que se presentan son la germinación y reproducción, y entre las nefastas consecuencias se pueden encontrar la mala germinación, perdida de plantas, amarillamiento de hojas, alargamiento del periodo de crecimiento o esterilidad floral, traduciendo todas estas desventajas en disminuciones del rendimiento en el cultivo.

Otro factor a considerar es la precipitación, uno de los mayores problemas provocados por esta, es el atraso en la preparación del suelo y por ende en la siembra, provocando pérdidas en el rendimiento del arroz.

#### Siembra.

El sistema de siembra utilizado es al voleo, con semillas pre germinadas sobre el suelo con una lamina de agua. las siembras se realizan manualmente y por avión, el primero es un sistema lento pues se hace a pie o a caballo, en cambio de forma aérea es más rápido y aunque exige al agricultor tener el suelo preparado e inundado en una fecha determinada sin embargo permite disminuir el tiempo de trabajo, la cantidad de semilla a utilizar y algunas veces el uso de mano de obra.

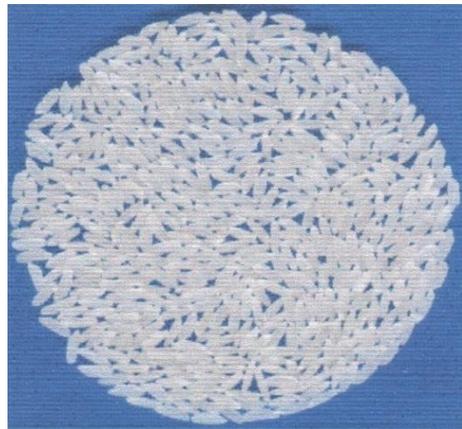
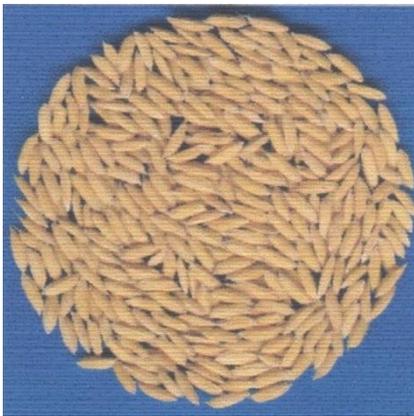


Variedades.

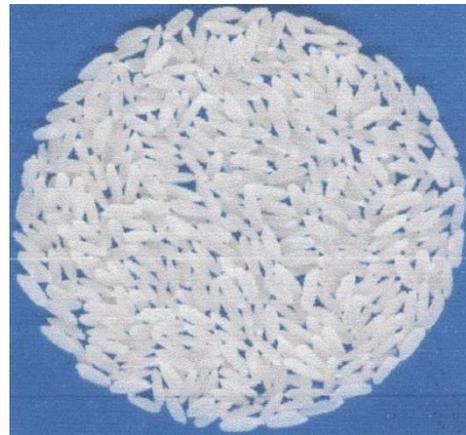
Las nuevas variedades aparecieron a lo largo de los años sesenta, después de la creación de programas de fitomejoramientos, luego de un proceso de selección y diferentes tipos de arroz que conformaron la variedad "Nacional", se culminó con la variedad oro, esta cubrió por un tiempo casi la totalidad de la superficie nacional, sin embargo con el tiempo disminuyó hasta hoy donde aún persiste pero en pequeñas cantidades.

Otra variedad con historia es la Diamante-INIA, que ha dominado la variedad arrocería desde la entrada del nuevo siglo. Desde eso hasta ahora, han pasado y persistido mucho, liberándose variedades, como la Brillante INIA, Ámbar INIA y Zafiro INIA, entre otras.

Zafiro INIA:



Brillante INIA:



Además de tales especificaciones existen aspectos técnicos a analizar en el caso de interés del proceso productivo del arroz tales como las épocas de siembra, el rendimiento asociado a demases variables como la misma época o semillas certificadas, además de temas como la precocidad, esterilidad y fechas de floración, la calidad industrial del grano, el manejo del agua en el arrozal, la preparación de los suelos y la nutrición y fertilización del cultivo de arroz, entre otros (INIA, 2007).

#### Limitantes del cultivo.

Como anteriormente ya se esbozó, y la Comisión Nacional del arroz en 2009, a través de la Agenda de Innovación del Arroz, corrobora la producción nacional se ve acotada a una serie de limitantes que disminuyen el potencial de crecimiento e innovación del sector. Esto por supuesto coarta las intenciones de lograr un producto competitivo y rentable en el ámbito interno y tentador para el desarrollo de mercados externos. Los factores que hacen de limitantes en la producción nacional se reparten principalmente en tres ejes, la producción, la gestión, y la comercialización.

Los limitantes en el área de producción y quizás los más relevantes en este trabajo, tienen que ver en general con problemas en la productividad, la limitada variedad en la oferta de arroz hace imposible que la producción nacional inserte nuevos productos en el mercado perdiendo la oportunidad de captar la diversificación de la demanda interna, además de ver disminuida la posibilidad de aspirar a captar nichos en mercado externos, en Chile se cultivan principalmente las variedades de Diamante INIA y Oro.

La insuficiente cantidad de semilla certificada y la falta de alternativas de abastecimiento es otro de los problemas, la baja calidad de otros tipos de semilla y la limitante de un solo proveedor de estas (INIA), fomentan un problema que no ha encontrado solución. Otro punto en contra es la falta de manejo productivo, pues existen problemas a la hora del cultivo con el manejo de “paquetes tecnológicos”, la preparación y nivel de suelo, fertilización, selección adecuada de la variedad, uso de semilla certificada, manejo del riego, control de maleza entre otras son puntos críticos que diferencia a un productor eficiente de uno ineficiente.

La ineficiencia a la hora de fertilizar y nutrir el cultivo es otros de los grandes problemas, si bien el alto impacto que tiene sobre los costos estos factores, existe y especialmente entre pequeños productores, desconocimiento de los niveles de nutrientes en los diferentes estados fenológicos del arroz, esto provoca pérdida de productividad y rentabilidad pero además deterioro del área arroceras y los recursos hídricos, además de enfermar el cultivo (manchado y pudrición del tallo, entre otras) y/o fomentar la presencia de plagas.

El cultivo arroceras produce gran cantidad de gases de efecto invernadero como el metano u óxido nítrico además eutrofiza las aguas y produce amoníaco, la minimización de los impactos negativos al medioambiente y el desconocimiento que existe entre los productores de estas condiciones hacen que este factor sea una potencial y real desventaja en el rubro.

La importancia que reviste el agua para el cultivo del arroz es inmensa, influye en el rendimiento del cultivo con temas como el n° de plantas por hectárea, de granos por panícula, de panículas por hectárea y la calidad de los granos, además ayuda al control de malezas y ayuda a controlar las bajas temperaturas que afectan al cultivo.

La escasez de este recurso vital deriva en problemas de crecimiento y rendimiento lo que trae consecuencias económicas desastrosas para los productores, es precisamente el manejo y uso inadecuado del recurso hídrico el que se configura como uno de los problemas de el cultivo de arroz.

Otro de los factores limitantes del cultivo de arroz es la gestión, factor que en general no es considerado a pesar de la importancia que este reviste, una gestión mal aplicada puede afectar el plano organizativo y económico de una producción, desajustando planificación, manejo técnico, comercialización y desempeño de sus recursos humanos. Este factor deficiente se debe a la falta de conocimientos e inconsciencia de lo trascendental del tema. La falta de capacitación, el bajo nivel de información de los productores y la cultura poco asociativa e individualista de estos mismo son los principales temas en este contexto.

El tercer factor limitante se produce en el ámbito del mercado y de la comercialización, y uno de los problemas que atienden este ámbito es el acceso limitado a centros de infraestructura de acondicionamiento y almacenaje por parte de los productores, a pesar de existir en el país la suficiente infraestructura para el acopio del volumen de producción nacional, la mayor parte de ellos son de propiedad de molineros e intermediarios, lo que afecta al productor por la necesidad inmediata de negociar su producto una vez terminada la cosecha, por lo cual la oferta es mayor y los precios menores, con la imposibilidad de esperar mejor condición comercial.

La falta de mecanización en los procesos de producción, cosecha e industrialización, en el momento oportuno, además el desconocimiento del concepto de calidad y la variables que afectan la producción, y también la fragilidad financiera, teniendo que depender del demandante, son otras de las limitantes (Comisión Nacional del Arroz, 2009).

### *Presentación del problema.*

Como anteriormente se acoto el arroz es uno de los cultivos de mayor importancia en el valle del centro sur Nacional, contiene actualmente una tasa de penetración de 98% en la canasta básica de los chilenos, encubre características especiales para el desarrollo de este cultivo y es que este se puede producir en tierras con limitaciones agrícolas y que otros cultivos tal vez no admitirían, además de que su origen basado en cosechas de pequeños y medianos agricultores en su mayoría, quiere decir que de este depende una gran parte de los ingresos que de estos son fuente.

Las zonas de mayor superficie son el Maule y el Bío-Bío, además de un pequeño porcentaje en O'Higgins, con un 79 %, 20% y 1% de superficie sembrada a nivel regional con este cereal, la cual como nuevamente se señalo ya, ha ido en disminución, aunque el aumento en el rendimiento ha sido lo destacable del sector, alcanzando un promedio nacional (2012-2013) de 62,4 qqm/ha.

Precisamente para continuar con el camino de crecimiento, es necesario superar ciertos desafíos, tanto productivos como comerciales, mejorar su rentabilidad, desarrollo de nuevos productos y mercados, y limitar los factores que agronómicamente limitan la producción, son variables a superar en este horizonte a nivel nacional (Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 2013)

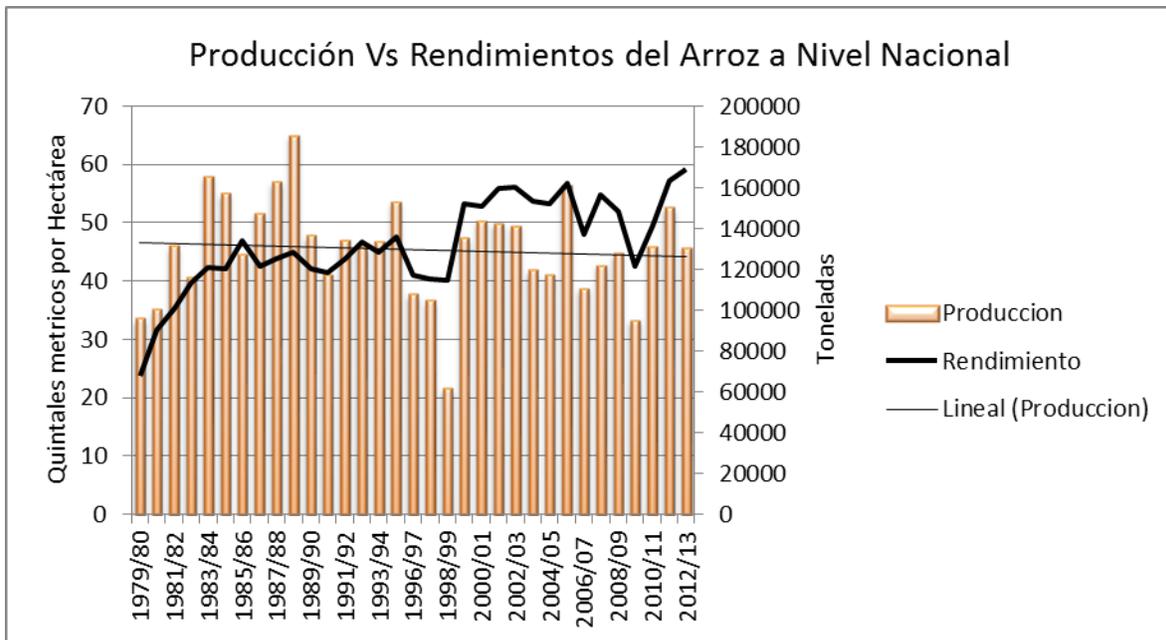


Gráfico N° 1 Estimación de Producción y Rendimiento de Cultivos Nacionales, Anuales. Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos en Odepa con información de INE

Como se puede notar y como anteriormente se nombró, en el año 1990 en el país se cultivaban alrededor de 40.000 hectáreas de arroz con un promedio de 136.000 toneladas aproximadamente. Desde este tiempo la superficie de siembra ha bajado, sin embargo los rendimientos han ido aumentando gracias al manejo el avance en distintas variable que afectan el rubro. Desde la temporada 2000 a la 2005 los cultivos se mantuvieron relativamente inalterables, bordeando 50 qq/ha, lo que en las próximas cuatro temporadas aumento a 55 qq/ha, el 2009 esta tendencia tuvo una abrupta caída llegando a un rendimiento de 38,6 qq/ha, (el peor de los últimos 25 años), debido a lo tardío de la siembra lo que afecto al cultivo en cuento a las temperaturas y luminosidad, además del frio. El 2011 por el terremoto también hubo daños inter-prediales y en infraestructura, (Mercados Agropecuarios, 2012).

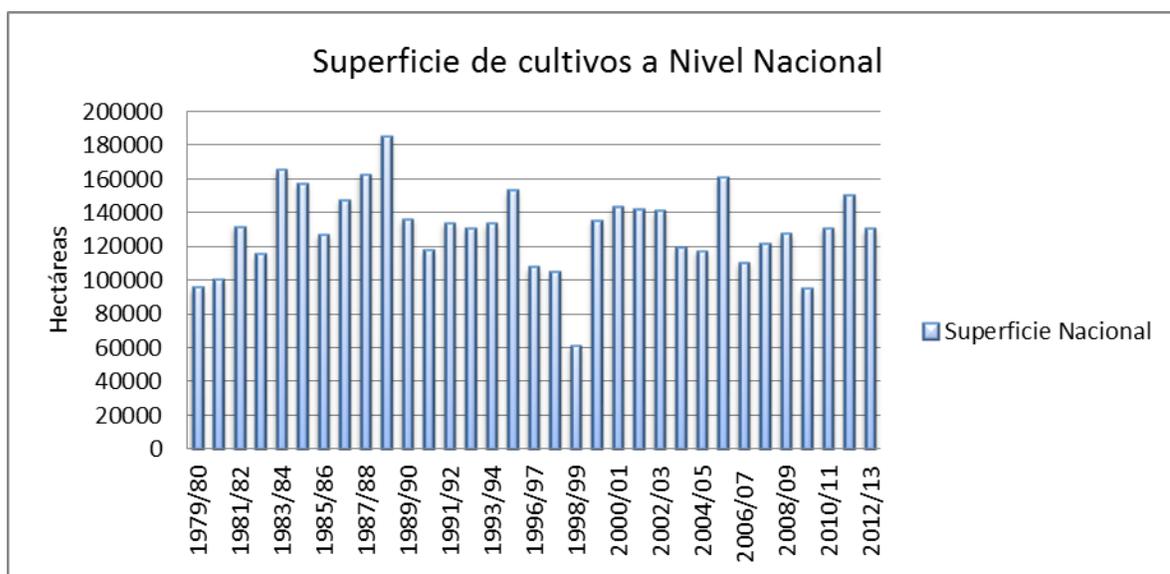


Gráfico N° 2 Estimación de superficie regional sembrada de cultivos anuales Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos en Odepa con información de INE

Como se puede observar en los gráficos N° 1 y N° 2, la superficie de los cultivos a nivel nacional ha decrecido con el paso de los años, y junto a esta la producción en niveles menores, cambios que si bien no son abismantes se marcan notoriamente, sin embargo y como se observa en el grafico N° 1, el rendimiento, a pesar de tener un par de caídas en su nivel puntuales debido a problemas que en esas circunstancias exactas se han suscitado, muestra una tendencia a aumentar, por lo cual se podría especular y bajo esta información que la eficiencia de los productores a nivel nacional ha aumentado.

## Definición de los objetivos e hipótesis

---

Dada la información planteada en el Marco teórico, se obtiene un contexto que muestra preliminarmente que la eficiencia de los productores Chilenos, a pesar de los impedimentos y problemas que se suscitan en torno al cultivo de arroz, ha crecido, lo que lleva a esta conjetura es que a pesar de que la superficie cultivada con arroz se ha visto disminuida durante los años, y la producción se ha visto afectada, el rendimiento a ido en aumento, este contenido se conjetura de base para la hipótesis:

### *Hipótesis*

" Los productores de arroz de la Séptima y Octava región poseen sistemas productivos que logran alcanzar altos niveles de eficiencia"

### *Objetivos*

#### **Objetivo General**

- ❖ Determinar la eficiencia técnica-económica y el riesgo de las variables de producción de los cultivos de arroz en la Séptima y Octava Región de Chile

#### **Objetivos específicos.**

- ❖ Determinar contexto de la producción de arroz a nivel nacional.
- ❖ Establecer determinantes de producción del cultivo de arroz.
- ❖ Estipular la ineficiencia técnica-económica de los productores de arroz.
- ❖ Establecer el riesgo de los factores en el cultivo de arroz.

# Metodología

---

## *Estimación de Eficiencia.*

Muchas veces no es posible obtener rendimientos idénticos con la utilización de la misma calidad y cantidad de insumos, las diferencias o discrepancias de estos rendimientos por lo general apuntan en su gran mayoría a heterogéneos niveles de eficiencia productiva, de aquí resulta obvio que las empresas o producciones agrícolas que tienen eficiencia productiva tienen la oportunidad de generar mayores ingresos y por lo tanto un mayor nivel de bienestar en los trabajadores agrícolas. (Ozkan et al, 2009).

Toda empresa nace para crear valor, produciendo para generar bienes o servicios. Es decir la producción se encarga de transformar factores en productos, la relación entre inputs y outputs se realizan mediante la función de producción:

$$Q=f(K,L,M,\dots)$$

Donde Q representa la producción de bienes o servicios, k representa el capital, L el trabajo, M las materias primas, f(x) es la tecnología que interfiere en el logro de Q. la función establece un punto máximo a obtener, combinando los insumos eficientemente, considerando la tecnología empleada (Coelli et al., 2005)

La microeconomía, como ya se expreso anteriormente, en uno de sus conceptos básicos estudia la teoría del productor, en esta ocupan un lugar importante la tecnología y la medida de eficiencia, incluso obtener medidas de eficiencia es uno de los principales motivadores de relacionar la producción con los insumos. El medir la eficiencia se entiende como encontrar una referencia sobre lo que se debe producir, dados determinados insumos a disposición, referencia la cual será comparada con el resultado real del proceso productivo, y de esta relación se vería cuan eficiente es el proceso, es decir, una medida de eficiencia técnica. Para explicar esta diferencia se debe hablar sobre la base de que las empresas o diferentes producciones, dado un conjunto de insumos, obtienen determinados niveles de salidas o productos, sin embargo existen ciertos niveles que no son alcanzables.

De la misma manera algunas combinaciones de producto se pueden obtener con ciertos insumos, sin embargo con otros no, esta relación entre insumos y productos se denomina como tecnología. La forma de representar la tecnología es la función de producción, que forma la frontera de producción y que es la referencia para llegar a la eficiencia.

En este momento, viene a caso, diferenciar los tres tipos de eficiencia, pues la eficiencia económica se descompone de la eficiencia técnica, la eficiencia asignativa y la eficiencia de escala. Dada ya esta base y considerando el caso más sencillo en el que una empresa produce un único bien “y”, y que para ello emplea  $n$  insumos  $x$  ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ), además se supone que existe en un ambiente perfectamente competitivo, con precios fijos tanto de sus insumos como de sus productos. La transformación de los insumos a productos se caracteriza por la función de producción  $f(x)$ . En este caso, la compañía tiene un plan de producción  $(x_0, y_0)$ . Si  $y_0 = f(x_0)$ , la producción es técnicamente eficiente así como si  $y_0 < f(x_0)$ , la producción es técnicamente ineficiente. Se asume que dado un conjunto de insumos  $(x_0)$ , no es posible producir un nivel superior a  $y_0$ , es decir  $y_0 > f(x_0)$  no es factible. La razón  $0 \leq y_0 / f(x_0) \leq 1$  da una medida de la eficiencia técnica planeada. Por lo cual la ineficiencia técnica se da al uso excesivo de insumos, lo cual considera mayores costos (García et al, 2003).

La eficiencia técnica se utiliza para la realización de comparación entre explotaciones, a través de la asignación de un índice de eficiencia a cada empresa analizada. Dado que todas las empresas en la frontera son eficientes desde el punto de vista técnico, la medida de ET dependerá de la empresa elegida como referencia para su comparación, en este sentido las alternativas para determinar la eficiencia son:

Eficiencia técnica orientada al insumo: con esta opción se puede determinar la cantidad de insumo que puede ser reducida sin afectar el nivel de producción, por otra parte, también es necesario poseer una medida del grado en que una firma usa los diversos factores de producción, desde el punto de vista de los precios, teniendo conocimiento de estos es posible medir la eficiencia de asignación de la firma bajo consideración (Coelli et al, 2005).

Eficiencia técnica orientada al producto: se puede determinar la cantidad de producción que posiblemente pueda ser aumentada sin incrementar la cantidad de insumos utilizados, es decir mide el aumento proporcional de la producción que se podría generar dado un conjunto de insumos utilizados (Fatherstone et al, 1997, citados en Vergara, 2012).

Cabe destacar que un plan de producción puede ser técnicamente eficiente, pero no necesariamente económicamente eficiente, pues la primera es solo parte de esta última.

La ineficiencia asignativa se da cuando los insumos se utilizan en proporciones erróneas, generando mayores costos.

Sabemos que una planificación puede ser técnica y asignativamente eficiente y así y todo no ser económicamente eficiente, se busca entonces la eficiencia de escala, las condiciones anunciadas hasta el momento no garantizan la maximización de beneficios por lo cual este objetivo implica que se cumplan las siguientes condiciones  $f_i(x)/f_j(x) = w_i/w_j = p$ , para todo  $i \neq j$ , que son parte de los insumos, con lo cual podemos afirmar la eficiencia de escala (García et al, 2003).

Aparte de la eficiencia la productividad es otro concepto a considerar, esta se define como la relación entre los insumos y los productos, la productividad es la relación entre cantidad total producida y los insumos utilizados, (en mismas unidades).

Una mejora en la productividad significa un aumento en la cantidad producida para iguales insumos, o el uso de una menor cantidad de insumos para la misma producción (Veloso, 2012).

### *Literatura en la medición de eficiencia y el riesgo.*

Existen variadas investigaciones que como objetivo buscan medir la eficiencia y riesgo en la agricultura, así es desde décadas atrás, trabajos en los cuales se utilizan distintas metodologías, distintos cultivos, formas funcionales y modelos entre otros siendo el arroz uno de los cultivos mas esgrimidos para este propósito.

Es así como en 1995, Battese & Coelli trabajaron en un modelo para determinar la eficiencia técnica con datos de panel en India para el cultivo de arroz, en este el impacto del cambio tecnológico en el tiempo fue uno de los principales objetos de estudio, cabe destacar además que se utilizo una Cobb-Douglas como forma funcional y el método de máxima verosimilitud para su determinación.

Es preciso acotar que así como anteriormente se determinó, son una gran cantidad de trabajos los cuales utilizan el ajuste de la máxima verosimilitud para conseguir el objetivo de la investigación, por ejemplo en 2011 Nay Myi Aung en su investigación intenta estimar la eficiencia de los beneficios en hogares agrícolas en zonas de la Republica de Myanmar, estudiando el cultivo de arroz a través de datos de panel con Cobb Douglas como forma funcional la cual también es uno de los puntos en común de las investigaciones, en esta como resultados se puede ver que los cultivos obtienen un 16% de ineficiencia en promedio, además se destaca como variable determinante en el aumento de la eficiencia para los productores con respecto al nivel educacional que estos mostraron, además de la concentración en este cultivo, es decir no tener mayores ingresos por otros cultivos, aumenta o a lo menos no reduce la eficiencia de las producciones del cereal en cuestión. Mokhtarul Wadud et. al. en 2004 también utiliza el ajuste de máxima verosimilitud además como modelo para la construcción de la frontera estocástica utiliza a Battese & Coelli (1995) el cual es otro de los aspectos frecuentemente usados en estas investigaciones, la forma funcional utilizada esta vez es una Translogarítmica y su nivel de ineficiencia encontrado en los productores de arroz de Bangladesh es de 31%, ciertamente mayor a la anterior investigación, se describen como aspectos fundamentales para superar esta situación el acceso a información y la dependencia familiar para con el cultivo.

Otros de los trabajos analizados y que trata el riesgo es el de Tiedemann et al. (2013) el cual cuantifica la importancia del riesgo en la producción y además estima la eficiencia técnica y a ambos los trata con fuentes de variabilidad en un contraste de la producción agrícola alemana orgánica y convencional, utiliza las fronteras de producción estocásticas y a metodología Just and Pope con datos de panel, en sus resultados cabe destacar que tanto tierra como la mano de obra se identifican como incrementadores del riesgo mientras la semilla, el capital y la calidad de suelo tienen efectos en la reducción del riesgo.

Otro de los estudios que busca medir la eficiencia de los productores de arroz se desarrolla en Nepal y es realizado por Tewodros Aregie Kebede (2010), en los cuales se trabaja sobre una muestra de 200 hogares en tres aldeas de Nepal que practican el cultivo de arroz, alcanzando un 71% de eficiencia, dejando amplia espacio a mejoras, uno de los aspectos destacables es que uno de los factores más preponderantes en la consecución de la eficiencia es el del trabajo o mano de obra además de la experiencia y la educación.

El riesgo y la eficiencia en los cultivos de arroz en Filipinas es examinado en el estudio de Villano y Fleming (2005), en este se establece que la producción de arroz es inherentemente riesgosa, el estudio analiza la eficiencia a través de una función estocástica con error heterocedástico que permite el análisis del riesgo en la producción, el análisis se basa en datos de panel de ocho años recogidos por 46 agricultores del secano de arroz, la eficiencia técnica promedio se estableció en un 79 % y si bien la salida se ve altamente influenciada por la superficie plantada, la mano de obra y la cantidad e fertilizante usada, sin embargo se encontró que mientras estos insumos aumentaban el riesgo el herbicida disminuía el riesgo.

### *Metodología para medir la eficiencia.*

En 1957 Farrell (citado en Coelli et al., 2005), propuso que la eficiencia de una empresa consta de dos partes, la eficiencia técnica la cual refleja la capacidad de una empresa para lograr el máximo de producción con un conjunto determinado de insumos y la eficiencia de asignación, que refleja la capacidad de una empresa para utilizar las entradas en proporciones óptimas dado los precios y tecnologías de producción respectivas. Este, bajo ciertas condiciones, planteaba en un ejemplo sencillo que consistía en que el conocimiento de una isocuanta unitaria de una empresa totalmente eficiente permite la medición de la eficiencia técnica, además en la presencia de la información de precios de entrada, representada en la pendiente de la recta de una isocuanta de costos o isocostes, entonces la eficiencia asignativa y técnica puede ser calculada.

Gran número de los modelos de frontera se desarrollan en base a trabajo de Farrell, el cual expresa que existen dos variantes de estas mediciones: las Paramétricas y no paramétricas. Las fronteras paramétricas se basan en una determinada forma funcional, en tanto las no paramétricas no lo hacen. Otra diferencia se da entre los modelos deterministas y las fronteras estocásticas, mientras los primeros afirman que cualquier desviación de la frontera es causa de la ineficiencia, los segundos permite capturar el ruido estadístico además de la ineficiencia por su puesto (Bravo-Ureta et al., 1993).

Al mismo tiempo la técnica econométrica es de carácter paramétrico lo que lleva a confundir los efectos de una mala especificación funcional con la ineficiencia, contrariamente, la programación, que es no paramétrica, es menos propensa a este tipo de error. Otro punto de disonancia son los supuestos impuestos sobre los datos; la forma funcional de la frontera (restrictiva para métodos paramétricos y menos restrictiva para los métodos no paramétricos), si es tomado en cuenta o no el error aleatorio y si existe el error aleatorio, la distribución asumida para la ineficiencia utilizada para separarla de éste. Es decir, la metodología utilizada difiere una de otra, en la forma funcional impuesta, los supuestos distributivos del error aleatorio y la ineficiencia.

Ambas metodologías pueden categorizarse por el tipo de datos que emplean, transversal o de panel, el tipo de variables, si son solo cantidades o a estas se le agregan precios, etc., el número de ecuaciones del modelo y el objeto de análisis. Correspondientemente se utilizará una función de costos o de beneficios si se desea investigar economías de escala potenciales o cuán bien se maximizan los beneficios dados insumos y productos óptimos (Vergara 2006 citado en Veloso 2012).

Análisis envolvente de datos.

El modelo DEA fue desarrollado por Charnes, Cooper y Rhodes en 1978, utilizando técnicas de programación lineal, el método compara la eficiencia de un conjunto de unidades que producen outputs similares a partir de una serie de inputs comunes. Se considera por autores entre ellos Ganley y Cubbin (1992), como una extensión de ratios de output/input. La eficiencia de una unidad se define como el ratio de la suma ponderada de salida con respecto a las entradas. El problema que nace es encontrar el mejor conjunto de ponderaciones de inputs y outputs para la unidad analizada teniendo en cuenta que utilizando el mismo conjunto de ponderaciones ninguna otra unidad de producción obtenga un ratio mayor a 1, considerando esto, y cuando sea posible encontrar un conjunto de ponderaciones con las que el ratio de eficiencia sea igual a 1, este será eficiente; contrariamente se dará la ineficiencia, cuando incluso con el conjunto de ponderaciones más favorables pueda encontrarse otra unidad que obtiene un ratio de eficiencia mayor. En fin el DEA no asume una forma funcional predeterminada, ni especifica valores a priori para las ponderaciones que se aplican sobre inputs y outputs, diferenciándolos de métodos paramétricos y análisis de ratios tradicionales, respectivamente (Pedraja et al., 1994).

Algunas ventajas del método DEA:

- 1- No requiere usar formas funcionales predeterminadas.
- 2- No supone necesariamente pleno empleo de factores productivos
- 3- Es posible trabajar con diversos insumos y productos que poseen distintos sistemas de unidades.

4- las unidades de decisión se comparan con las mismas pero de carácter ideal formada a partir de desempeño de unidades de decisión pares reales, productivamente más eficientes, calculando linealmente estas últimas.

Algunas desventajas:

- 1- Sensible a errores de medición, los outliers pueden afectar la construcción de la frontera.
- 2- se pueden determinar ineficiencias o errores por exclusión de variables.
- 3- su naturaleza no paramétrica entorpece la formulación de hipótesis estadísticas
- 4- No es buen estimador de eficiencias absolutas, que puedan obtener objetivos potenciales o ideales.

(Schuschny, 2007).

Análisis de fronteras estocástica.

En la idea de capturar los shocks exógenos que afectan a una empresa, además de los errores de medición que puede producirse, surge el modelo de frontera estocástica de producción, o modelo de error compuesto, este fue desarrollado por Aigner Lovell y Schmidt así como por Meeusen y Van der Broek en 1977.

La idea principal en la que se basan estos modelos es que el error está compuesto de dos partes: un componente simétrico que captura los errores de medición además de los shocks externos y que permite una variación estocástica, y un componente unilateral que captura la ineficiencia. (García et al 2003).

Es necesario para el análisis de frontera de producción estocástica, suponer una determinada forma funcional, que puede ser tipo Cobb-Douglas, CES o elasticidad de Sustitución, Translogarítmica u otras.

La frontera estocástica de producción se da de la siguiente forma:

$$y^k = f(x^k; \beta) \exp(\varepsilon), \text{ donde } \varepsilon = v - u, \text{ luego}$$

$$y^k = f(x^k; \beta) \exp(v^k) \exp(-u^k)$$

asumiendo que:

$$v^k \sim N(0, \sigma_v^2), u^k \sim N^+(0, \sigma_u^2), k=1, \dots, k$$

Dentro de la función de producción  $x$  es el vector de insumos,  $y$  representa la producción,  $\beta$  parámetros de factores estimados,  $f(x)$  es la función creciente y obligatoriamente cóncava, en esta la producción real se desvía de la teóricamente posible por  $-u$  que captura los efectos de ineficiencia técnica y  $v$  que captura los efectos aleatorios, ambos independientes entre sí. Si  $u=0$  la compañía es 100% eficiente, si  $u>0$  entonces existe ineficiencia, su distribución se asume semi-normal, truncada en 0 con una distribución concentrada en el semi-intervalo  $[0, \text{infinito}]$  (Coelli et al., 2005; Aigner et al., 1977; Meeusen and Van den Broeck, 1977, Bogetoft y Otto, 2010).

La eficiencia puede ser medida a través de cociente entre la producción observada vs la frontera estocástica de producción:

$$ET^k = \frac{y^k}{f(x^k; \beta) \exp(v^k)} = \frac{f(x^k; \beta) \exp(v^k) \exp(-u^k)}{f(x^k; \beta) \exp(v^k)} = \exp(-u)$$

La cual representa la producción de la  $k$ -ésima empresa relativa a la producción generada por la compañía 100% eficiente utilizando el mismo vector de insumos.

Para medir la eficiencia técnica se propone la estimación simultánea de un modelo con datos de corte transversal con un modelo de ineficiencia. Para lo cual requiere estimar la frontera eficiente de producción a través de una función de un conjunto de variables explicativas como factores productivos y otras variables influyentes en la producción.

$$y^k = f(x^k; \beta) \exp(v^k) \exp(-u^k)$$

Donde  $y^k$  es la producción de la  $k$ -ésima observación,  $x$  es un vector de variables explicativas relacionadas con los insumos de producción y otras variable explicativas de la  $k$ -ésima observación,  $\beta$  es un vector de parámetros,  $v$  representa las variaciones aleatorias en la producción debido a errores de muestra y o factores fuera de alcance entre otros, donde  $v^k \sim N(0, \sigma_v^2)$ ;  $u^k$  es una variable aleatoria no negativa la cual mide la ineficiencia técnica de producción en la  $k$ -ésima observación.

Luego procede la estimación de la función en la cual las medidas de ineficiencia desde la primera etapa se regresionan con un conjunto de variables explicativas, de acuerdo a la siguiente especificación:

$$u^k = Z\delta^k + w^k$$

donde  $u^k$  puede ser especificado a partir de una distribución normal truncada en 0 con media y varianza constante, o una distribución media normal. Se recomiendan alternativas, cuando el término  $u^k$  corresponde a una variable aleatoria no negativa desde una distribución normal truncada en 0, con media  $Z\delta^k$  y varianza  $\sigma_u^2$ .  $Z^k$  se define como vector de variables explicativas de la ineficiencia técnica de producción de la  $k$ -ésima observación como por ejemplo variables ambientales o tamaño de la granja,  $\delta$  es un vector de parámetros a estimar,  $w$  corresponde a una variable aleatoria definida por la truncación de la distribución normal con media cero y varianza  $\sigma^2$ , tal que le punto de truncación es  $Z\delta^k$  (Battese y Coelli 1993, 1995; Samarajeewa et al.,2012; citados en Veloso 2012)

A través del método de máxima verosimilitud se propone para la estimación simultanea de los parámetros de la frontera estocástica y el modelo de ineficiencia. Los parámetros de varianza de la función de máxima verosimilitud son estimados a partir del modelo de varianza definido como:

$$\sigma_s^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$$

insumo para determinar el parámetro  $\gamma = \sigma_u^2 / \sigma_s^2$  el cual considera la proporción de la varianza total que es explicado por la varianza de las ineficiencias y considera valores entre 0 y 1, en su descripción y se considera el parámetro  $\lambda = \sqrt{\sigma_u^2 / \sigma_v^2}$  que da una relación entre las varianzas componentes del error .

Para terminar la ineficiencia técnica de producción para k-esima observación es definida como (Veloso,2012) :

$$ET^k = \exp (-u^k) = \exp (z\delta^k + w^k)$$

*Metodología para la determinación del riesgo, Just and Pope.*

Sabemos que las Fronteras Estocásticas de producción es un método de análisis de eficiencia, que consta de una salida de producción ( $y$ ), vectores de parámetros de la tecnología de producción ( $\beta$ ) y las cantidades de insumos que es esta se utilizan ( $x$ ).

$$y_i = f(x_i; \beta) + (v_i - u_i)$$

Lo característico de esta, es que su término de error es compuesto por dos partes,  $v$  describe las desviaciones de la frontera como resultados de efectos aleatorios, en tanto  $u$  se centra en la parte en que las desviaciones se provocan por la ineficiencia técnica.

A pesar de esto esta metodología asume que un producto marginal positivo en una entrada aumenta automáticamente la variabilidad del producto, en este contexto la metodología generada por Just and Pope demuestran que tal afirmación no es del todo cierta, pues pueden haber variables que a pesar de aumentar los rendimientos reduzca los riesgos y por ende la variabilidad de la función.

El modelo que siguen Just and Pope consta de dos etapas

$$Y = f(x; \beta) + \varepsilon = f(x; \beta) + g(z; \gamma) v.$$

Donde  $f(x; \beta)$ , es la función de producción determinista habitual, mientras  $g(z; \gamma)$  representa el componente estocástico que refleja la relación entre el nivel de entrada de la función y la variabilidad de esta, además claro de  $v$  que es el término de error estándar con distribución normal (Kumbhakar, 2002). Por lo cual la función presenta un término de error heterocedástico. Las variables  $z$  se utilizan a la hora de explicar la variabilidad de la salida o producto y puede ser idéntica a la entrada de variables de  $x$ . Una entrada  $x$  podría tener diferentes influencias tanto de nivel y de la varianza de salida, ya que la salida esperada se da por  $E(y) = f(x; \beta)$  y la varianza por  $V(y) = V(\varepsilon) = g^2(z; \gamma)$ . La influencia marginal de esta entrada, es decir, la derivada parcial de la varianza con respecto a la entrada puede ser positiva, negativa o cero.

El criterio de utilidad esperada se utiliza para explicar las decisiones de producción de bajo riesgo, a un vector de entrada y cantidad de la misma dados se elije el menor riesgo, respondiendo al nivel de aversión, conociendo cual es la tecnología más riesgosa. Para maximizar la utilidad esperada se utiliza la función de utilidad indirecta (Tveteras et al, 2011):

$$U^* = U^* [E(\pi), \text{Var}(\pi)] ;$$

$$\partial U^* / \partial E(\pi) > 0$$

$$\partial U^* / \partial \text{Var}(\pi) < 0$$

donde U = utilidad máxima, E(π) = Beneficio esperado, Var(π): Varianza del Beneficio.

La función de utilidad indirecta refleja el equilibrio individual del productor entre beneficio esperado y la varianza del beneficio. En presencia de la metodología de riesgo Just and Pope existe una relación lineal positiva entre la producción (salida) y el beneficio:

$$E(\pi) = p * E(y) - rx = p * f(x ; \beta) - rx$$

$$\text{Var}(\pi) = p^2 * \text{Var}(y) = p^2 * g^2(z ; \gamma)$$

Para un productor neutral al riesgo  $\partial U$  (U=utilidad maximizada) /  $\partial \text{Var}(\pi) = 0$ . En cambio un productor entre mas adverso al riesgo más tiene en cuenta el efecto de la variabilidad de la salida con respecto a la selección de cantidad de entradas.

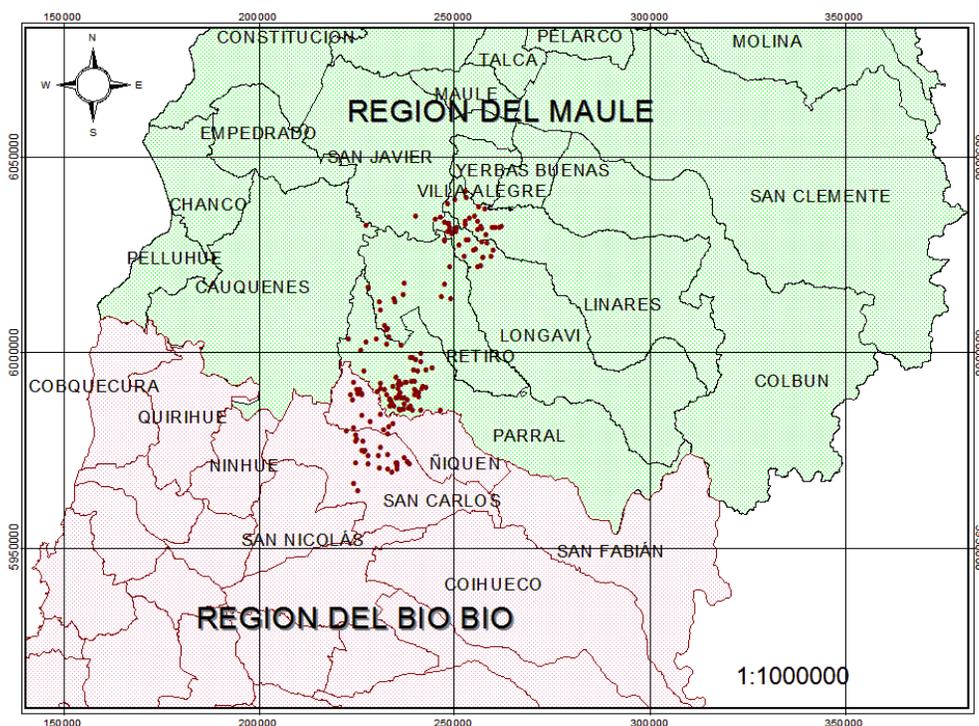
A pesar de existir tres manera de utilizar el Just and Pope, aparte del mostrado anteriormente contenido en Kumbhakar (2002), se dará a conocer el que emana de Battese et al. (1997) en una formulación en la cual el termino de ineficiencia se anexa a la suma formulada en la parte estocástica del modelos mediante la adición del término de ineficiencia para el termino de error general:

$$Y = f(x ; \beta) + \varepsilon = f(x ; \beta) + g(z ; \gamma)(v - u).$$

(Tiedemann et al, 2013)

### Recopilación de datos.

La investigación se basa, en una extensa investigación documental, así como en la Encuesta de Producción y Comercialización de Arroz en la Región del Maule y Biobío, del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA en colaboración del Centro de Investigación y Desarrollo en Agronegocios UBB de la Facultad de Ciencias Empresariales de la Universidad del Biobío. En esta se caracteriza el sector arrocero nacional, mediante la aplicación de una encuesta de productores de arroz en la Región del Maule y del Bío-Bío, en estas regiones se consideraron las comuna más importantes para la producción de arroz, e la Séptima región se seleccionaron las comunas de Linares, Longaví, Parral y Retiro, en la Octava región San Carlos y Ñiquén fueron las comuna involucradas.



Fuente: Línea Base Arroz, Centro de Agronegocios UBB, 2012.

La encuesta se realizó en un universo de 1439 productores de arroz, asumiendo un nivel del 95% de confianza y un error aproximado final de 7 %.

El muestreo fue del tipo aleatorio estratificado, de acuerdo a zonas geográfica, el sector norte, centro y sur. El norte correspondiente a las comunas de Linares, Retiro y Longaví. El sector centro se encuentra representado por Parral y las comunas del sur son San Carlos y Ñiuke, además se considero la estratificación por tamaños de producción, los pequeños productores con menos de 10 hectáreas, un productor mediano entre 10 y 50 hectáreas y un productor grande con una explotación mayor a 50 hectáreas.

La aplicación de la encuesta logro recabar información relevante con respecto a antecedentes propios del productor y la explotación, antecedentes productivos del arroz, de ganadería y otros cultivos, además de características de financiamiento e ingresos, comercialización y gestión además de los costos de producción.

La eliminación de alguna encuestas mal procesadas e incompletas hace que el error aumente de un 6.5% inicial a 7% final, lo que no representa problemas serios.

Los resultados de la encuesta muestran ciertos criterios de especificación, la edad promedio de los agricultores de de 55,2 años, , mientras la mediana corresponde a 55 años, si en cambio se observa la distribución por sexo de los agricultores, alta mayoría es del sexo masculino con un 94%.

Según su nivel de escolaridad los agricultores de arroz muestran que un 68% de ellos cuentan con educación básica como máximo nivel de escolaridad, mientras un 22,5% muestran un nivel de educación media, los niveles técnicos y universitarios presenta una baja presencia con un 5,5% y un 4% respectivamente.

Los productores en su mayoría se encuentran casados con familias en promedio de 4 miembros, solo el 35.5 % de las casas tienen agua potable, un 22% posee fosa séptica. la electricidad llega a el 85 % de las viviendas y el uso del computador llega en un 97% a los hogares de los agricultores sin embargo el 25 % presenta acceso a internet, al contrario de la telefonía móvil presente en un 98% de los encuestados.

La superficie de los terrenos donde se realizan los cultivos arroceros presentan una mediana de 26.5 hectáreas y una mediana de 78.77 hectáreas totales, la distribución dedicada propiamente a arroz tiene una mediana de 15 hectáreas y un promedio de 32,5 hectáreas de arroz, con rangos que varían desde 2.5 a 400 hectáreas de cultivos.

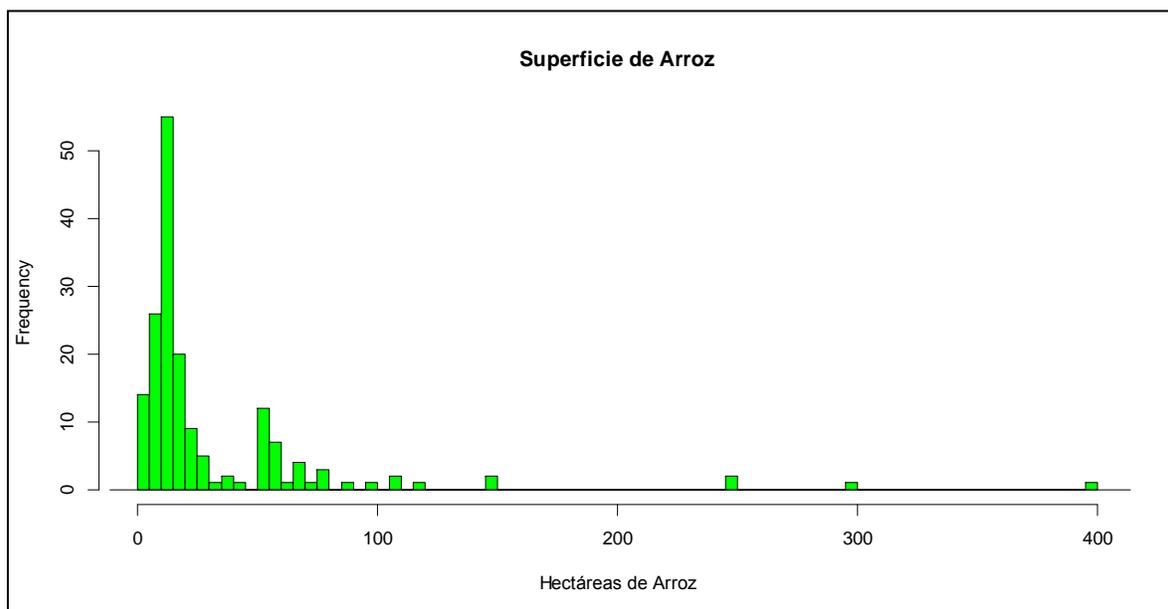


Gráfico N° 3: Distribución de superficie de arroz. Fuente: Línea base de arroz, 20120, INIA, Centro de Agronegocios UBB.

La variedad mas cultivada es la denominada "Diamante", con una superficie promedio de 28,4 hectáreas y mediana de 14 hectáreas. la segunda variedad de mayor cultivo es la de "Zafiro", con una superficie promedio de 19,08 hectáreas y un rango de 0,5 a 150 hectáreas. Otra de las variedades encontradas es la llamada "brillante".

A pesar de existir variadas fuentes de ingreso de los productores arroceros , el cultivo del arroz marca la principal fuente de ingreso de estos, si bien la ganadería presenta altos valores de ingreso la participación de esta en los agricultores de arroz alcanza tan solo un 45% en tanto otros cultivos participan en tan solo un 30% de los productores arroceros encuestados, además cabe destacar que el 17% de estos agricultores obtiene ingresos desde fuentes provenientes de trabajos como temporeros u otros.

El ingreso total por hectárea promedio por hectárea es de \$706.200, con mediana de \$697.300, desviación estándar de \$328499, con un máximo de \$ 1.810.000 y un mínimo de \$ 130.600 , en tanto el ingreso solo correspondiente al arroz alcanza un promedio de \$ 1.021.000 con una mediana de \$ 1.008.000 y una desviación estándar de \$ 225.224 todo por hectárea. el siguiente gráfico presenta en la distribución por ingreso según el tipo de productor, en donde los productores de gran tamaño alcanzan las mayores entradas.

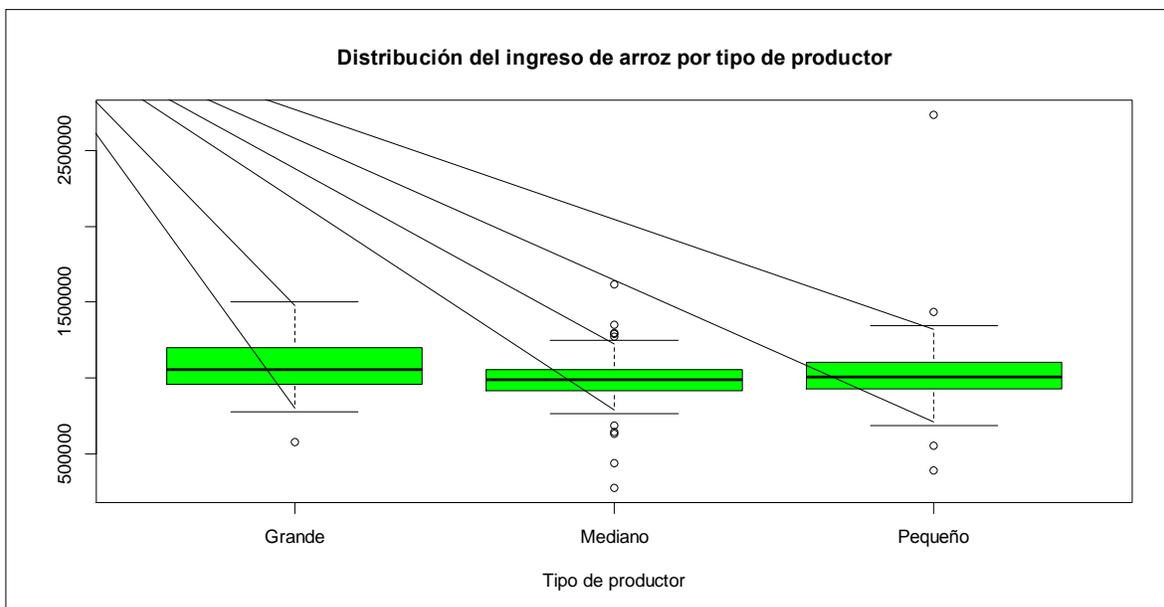


Grafico N° 4 : Distribución del Ingreso por tipo de productor, Fuente: Línea base de arroz, 20120, INIA, Centro de Agronegocios UBB.

Cabe destacar que la base de datos utilizada en la investigación varia en un mínimo porcentaje con respecto a los datos utilizados en la línea base de arroz, ya que se utilizaron la mayor cantidad de datos que contenían las variables de interés para la investigación teniendo así finalmente 178 datos en comparación de los 174 que son alero del anterior instrumento.

## Resultados y Análisis de la Investigación

---

La literatura asociada al análisis en cuestión, especifican varias metodologías y formas funcionales a utilizar en función de esto se y del la prueba de diversas formas funcionales con los datos a disposición se determino utilizar la forma funcional Cobb Douglas linealizada (log-log) y la metodología de máxima verosimilitud para el ajuste de la frontera.

para estimar los parámetros se trabajaron distintas variables predictivas, y se evaluaron en cuanto a su grado de asociación, luego de ajustar las variables a al modelo y a dos variables predictivas, donde se seleccionaron aquellos ajustes acordes a la teoría económica y con ajuste aceptado de estos.

### *Estimación de los parámetros*

$$\text{Log (Ing)} = \beta_0 + \beta_1 \text{Log(Mo)} + \beta_2 \text{Log (Maq)} + \beta_3 \text{Log (Sem)} + \beta_4 \text{Log(Fert)} + \beta_5 \text{Log(Pest)} + \varepsilon$$

Ln (Ing) = Ingresos totales producción arrocerá temporada 2012.

Mo = Mano de Obra total requerida en la producción (valorizada en \$)

Maq = Valor maquinaria (valorizada en \$)

Sem = Semilla (valorizados en \$)

Fert = Fertilizante (valorizado en \$)

Pest = Pesticidas (valorizado en \$)

$\varepsilon$  = Error Aleatorio

$\beta_{0 \text{ a } 3}$  = Parámetros estimados

Cuadro N° 1: Resultados de la Función de Producción.

VARIABLES	Estimate	Std.Error	t-value	Pr(> t )
(Intercept)	285.529	0.28490	10.022	<2e-16***
log(Mo)	0.18729	0.04333	4.323	2.60e-05***
log(Maq)	0.20668	0.04132	5.001	1.40e-06***
log(Sem)	0.13827	0.06074	2.276	0.0241*
log(Fert)	0.31101	0.05841	5.325	3.13e-07***
log(Pest)	0.13187	0.05124	2.574	0.0109*

Códigos de Significancia: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

R-Cuadrado Múltiple: 0.9445

R- Cuadrado Ajustado: 0.9429

P-value: < 2.2e-16

$$Y = 285.529 + 0.18729 \log(\text{Mo}) + 0.20668 \log(\text{Maq}) + 0.13827 \log(\text{Sem}) + 0.31101 \log(\text{Fert}) + 0.13187 \log(\text{Pest}).$$

Todas las variables son estadísticamente significativas para el modelo y presentan signos positivos de acuerdo a la teoría económica.

Esto significa que cuando las variables aumentan individualmente en un 1% el ingreso emanado de la producción de arroz aumenta en los valores porcentuales estimados con todas las demás variables constantes, es así que cuando la mano de obra aumenta en el porcentaje indicado el ingreso crece en un 0.18729%, al igual que la maquinaria la que al aumentar en un 1% amplía el ingreso en un 0.20668%, del mismo modo el insumo de semilla hace crecer el ingreso en un 0.13827%, en cambio si el fertilizante aumenta en un 1% el ingreso lo hace en un 0.31101%, además claro del pesticida que al aumentar en el mismo porcentaje que los demás factores consigue acrecentar el ingreso en 0.13187%.

Como anteriormente se menciona estos resultados se encuentran en coherencia con la teoría, en donde se explica que los factores productivos aumentan la producción y por ende los ingresos, mas aun cuando variables como la mano de obra o maquinaria son de uso intensivo en la agricultura.

El coeficiente de determinación de la ecuación se observa bastante alto, el valor de este alcanza un 0.94, lo que quiere decir que la ecuación de regresión explica en alrededor del 94% la variación total en los ingresos de la producción de arroz, por lo cual presenta una alta capacidad explicativa.

### *Diagnóstico de la regresión.*

#### Multicolinealidad.

La existencia de una alta relación entre las variables independientes que afecten la función y sus resultados es la situación que se evalúa en este apartado. Para este cometido se utiliza el test de factor de inflación de Varianza, el cual propone que valores mayores a 10 diagnostican considerar problemas de multicolinealidad en las variables. El test muestra los siguientes valores para cada variable,  $\log(\text{Mo})= 4.859397$ ,  $\log(\text{Maq})= 7.505377$ ,  $\log(\text{Sem})= 9.878913$ ,  $\log(\text{Fert})= 11.913853$ ,  $\log(\text{Pest})= 9.352405$ .

A pesar de que dos de las cinco variables muestran valores cercanos al crítico y una de las cinco lo sobrepasa, tales valores no se evalúan como preponderantes pues la relación existente entre estas variables no son impedimento para lograr una alta significancia estadística en la totalidad lo que asegura su alta contribución individual al modelo, además de un  $r^2$  alto lo que indica un alto valor explicativo de la función.

#### Homocedasticidad.

La homocedasticidad de los residuos se evalúa a través del test Breusch-Pagan-Godfrey, que tiene como hipótesis nula que la distribución de los residuos tiene varianza homogénea, en su ausencia se encuentra la Heterocedasticidad.

Test Breusch-Pagan-Godfrey: BP = 5.4089, p-value = 0.368

El valor p confirma que se acepta la hipótesis nula por lo cual los residuos tiene una varianza homogénea.

Auto correlación:

Para evaluar la auto correlación se utiliza el test de Durbin-Watson.

Test Durbin-Watson:  $DW = 2.022$ ,  $p\text{-value} = 0.5214$

La hipótesis nula plantea una auto correlación de los residuos igual a 0, por lo cual en atenuante al presente valor p se acepta la hipótesis nula de auto correlación 0.

Omisión de variables

El test de Ramsey plantea como hipótesis nula que no existen variables omitidas en el modelo, con un valor P alto no se puede rechazar la hipótesis nula, por lo cual no tendría problemas de dicha índole.

Por último se especifica que la función de producción es del tipo Cobb-Douglas y representa el ingreso total generado por la producción arrocera en la 7ma y 8va región. Con todo los rendimientos a escala entregados por la suma de los coeficientes (0.97512) de la función de producción indican rendimientos decrecientes a escala, que revela que el producto aumenta en menor medida que el cambio proporcional de los factores productivos.

*Estimación de Eficiencia Técnica.*

Para obtener la eficiencia técnica individual de cada productor de arroz, se conoce que la frontera estocástica tiene un modelo del tipo  $\ln y = \ln f(x;\beta) + \varepsilon$  donde  $\varepsilon = v - u$ , que es el termino de error compuesto por dos variables, una de carácter aleatoria y otra que responde a la ineficiencia. Para obtener los parámetros necesarios en la frontera estocástica se utilizara la metodología de máxima verosimilitud.

En función de de obtener la frontera estocástica de producción se utilizo el paquete Frontier (Tim Coelli and Arne Henningsen, versión 1.0, 2013) del software R. La forma funcional es la dada anteriormente que se determino en la función de producción.

Cuadro N° 2: Ajuste de modelo de la frontera estocástica.

Variables	Estimate	Std.Error	z-value	Pr(> z )
(Intercept)	31.077.654	0.2653930	117.100	<2.2e-16***
log(Mo)	0.1648502	0.0400436	41.168	3.842e-05***
log(Maq)	0.2141651	0.0382966	55.923	2.241e-08***
log(Sem)	0.1380019	0.0533821	25.852	0.0097331**
log(Fert)	0.2944473	0.0510697	57.656	8.137e-09***
log(Pest)	0.1615061	0.0459068	35.181	0.0004346***
sigmaSq	0.0996023	0.0168747	59.025	3.581e-09***
gamma	0.7428881	0.0879034	84.512	<2.2e-16***
sigmaSqU	0.0739933	0.0200969	36.818	0.0002316***
sigmaSqV	0.0256089	0.0060513	42.320	2.316e-05***
sigma	0.3155982	0.0267345	118.049	<2.2e-16***
sigmaU	0.2720171	0.0369405	73.637	1.789e-13***
sigmaV	0.1600279	0.0189069	84.640	<2.2e-16***
lambdaSq	28.893.572	13.297.242	21.729	0.0297879*
lambda	16.998.109	0.3911389	43.458	1.388e-05***
varU	0.0268877	NA	NA	NA

sdU	0.1639747	NA	NA	NA
gammaVar	0.5121797	NA	NA	NA

Códigos de Significancia: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Valor log likelihood: 12.49004

mean efficiency: 0.8192481

Las estimaciones o elasticidades varían relativamente en torno a la función de producción estimada anteriormente, y cabe destacar que la totalidad de las variables son estadísticamente significativas para el modelo de eficiencia; el valor de lambda se encuentra entre cero y uno e indica la importancia del término de ineficiencia. Si lambda es cero el término de ineficiencia es irrelevante y la estimación de mínimos cuadrados ordinarios sería igual, al contrario cuando lambda tiende a uno se vuelve irrelevante el término de ruido estocástico.

Dado que en esta oportunidad lambda muestra un valor de 0.74288 se puede observar que tanto el ruido estadístico y el factor de ineficiencia están presentes en las desviaciones de la función de producción, pero la mayor preponderancia es para la ineficiencia.

En términos más cercanos la proporción estricta de la varianza total que se debe a la ineficiencia es de 51.22% aproximado.

La eficiencia promedio de la industria es la media de la eficiencia individual de los productores la cual alcanza un 81.92 %, la cual se estructura como la eficiencia media de los productores de arroz en la 7ma y 8va región. Los valores de la eficiencia de los 178 datos van desde un mínimo de eficiencia de un 33.93 % hasta el valor máximo de un 95.05% de eficiencia.

Para corroborar la significancia de la eficiencia técnica se utiliza el lr-test, el cual plantea una comparación entre el método de frontera estocástica y el de los mínimos cuadrados ordinarios (con una hipótesis nula que plantea solo ruidos estocásticos y no ineficiencias, la prueba estadística plantea que sigue asintóticamente una distribución chi cuadrado mixta).

El valor-P del test alcanza un 0.0004071 el cual se plantea bajo, lo que indica que los datos rechazan claramente el modelo de MCO a favor del modelo de Frontera estocástica de producción, lo que concluye que existe ineficiencia técnica significativa, validando los datos anteriormente obtenidos.

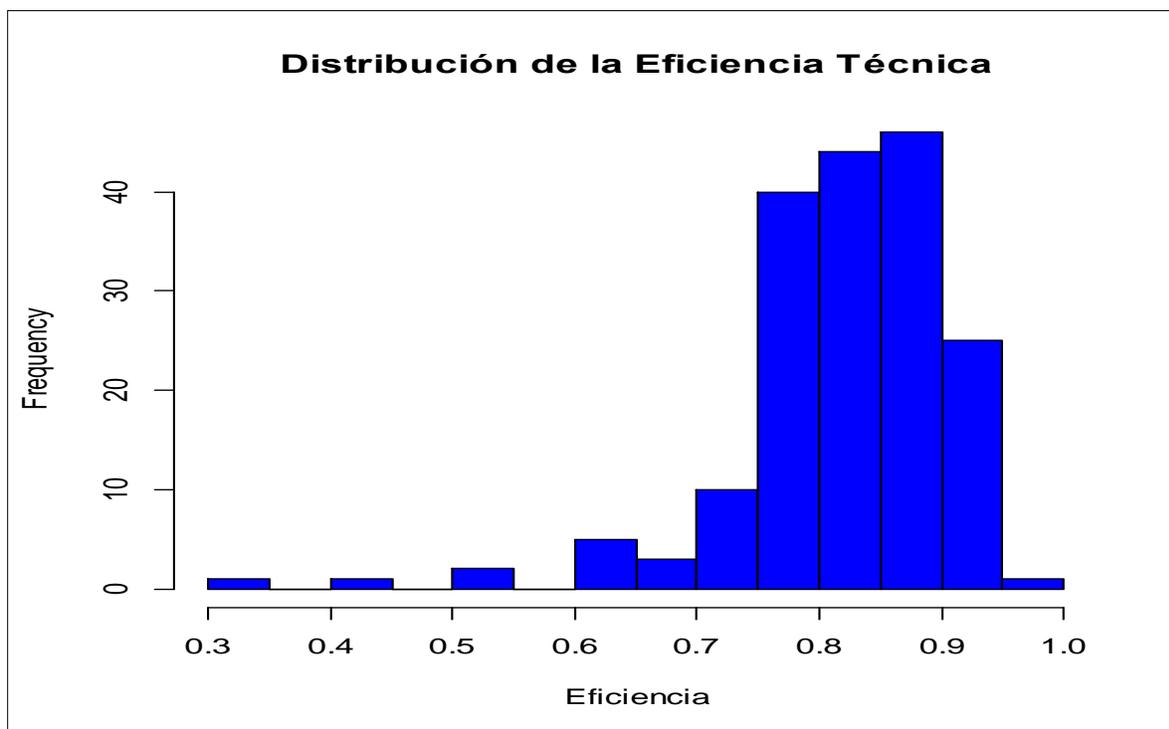


Gráfico N° 4: Distribución de la Eficiencia Técnica. Fuente: Elaboración Propia en Base a los Resultados.

El gráfico muestra el alto nivel de eficiencia que se genera en los productores de arroz de la séptima y octava regiones de Chile, en donde se puede observar que la mayoría de los datos se encuentran agrupados entre el 75 % y el 95% de valores de eficiencia técnica.

En los Plots de eficiencia vs la variable de salida se puede ver como el alto nivel de eficiencia no discrimina en cuanto al tamaño de ingreso, a pesar de que la mayoría de los productores tiene un nivel de ingreso menor quienes muestran un ingreso medio o mayor no tiene una clara tendencia a una mayor eficiencia, por lo cual no se establece un patrón determinado.

Plots de eficiencia.

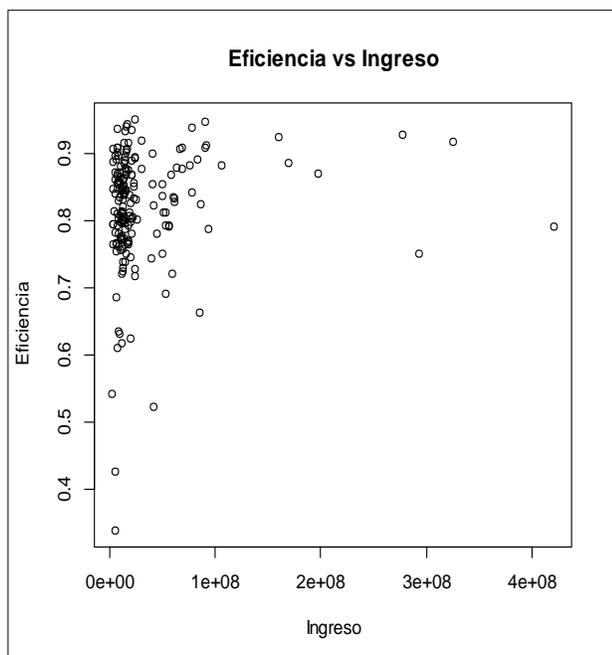


Grafico N° 5: Eficiencia vs Ingreso, Elaboración Propia.

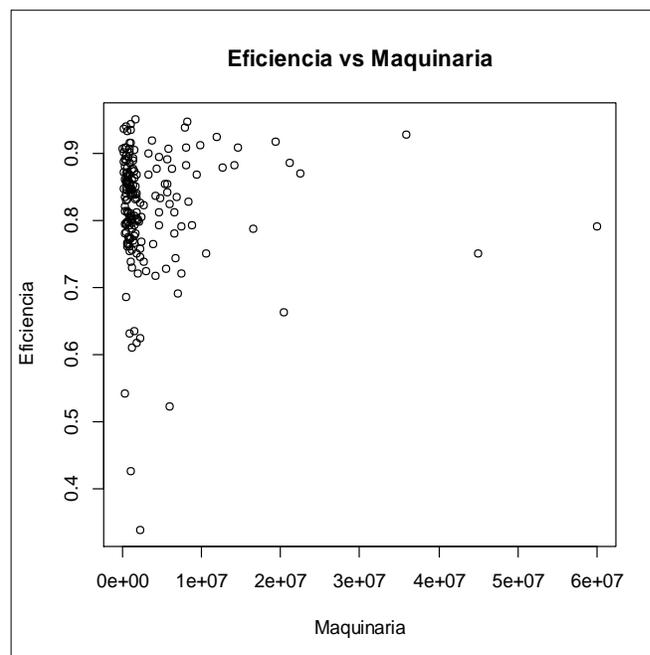


Grafico N° 6: Eficiencia vs Maquinaria Elaboración Propia

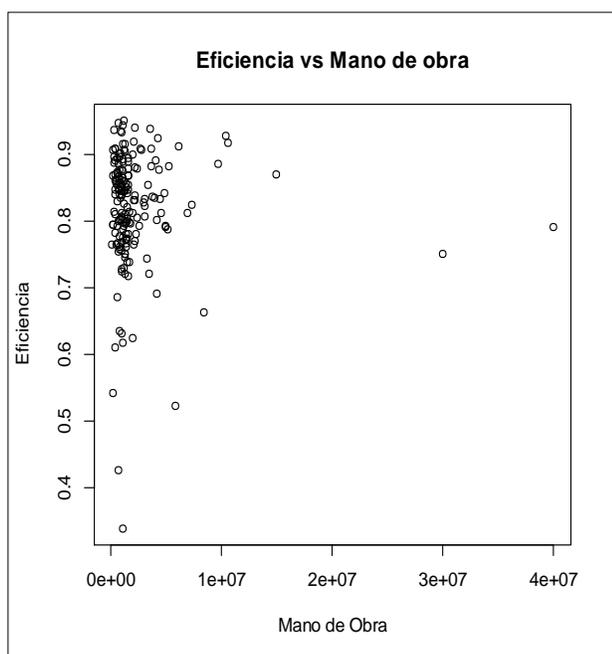


Grafico N° 7: Eficiencia vs M. de Obra Elaboración Propia

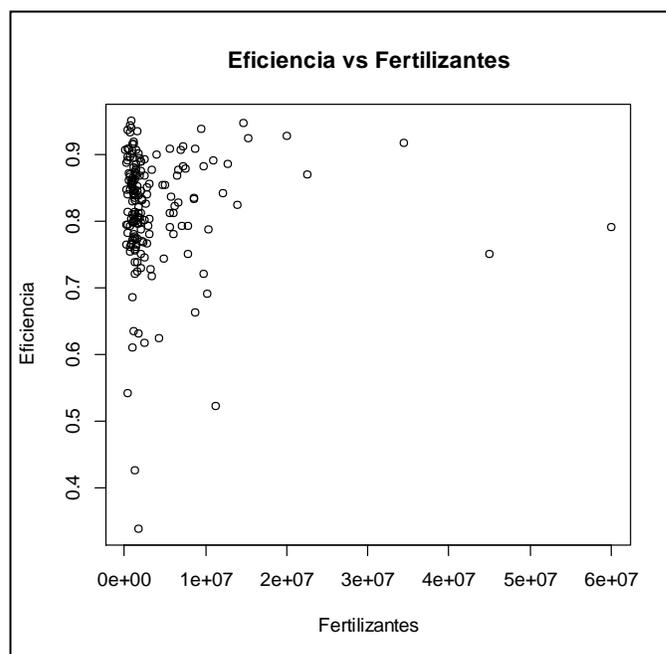


Grafico N° 8: Eficiencia vs Fertilizantes Elaboración Propia

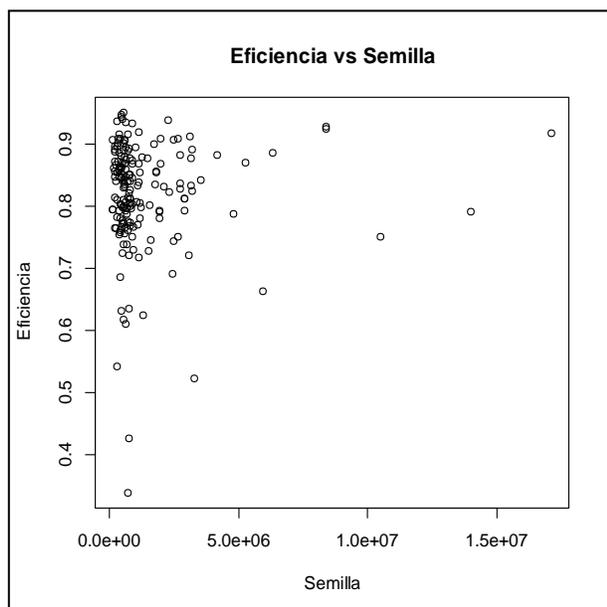


Grafico N° 9: Eficiencia vs Semilla Elaboración Propia

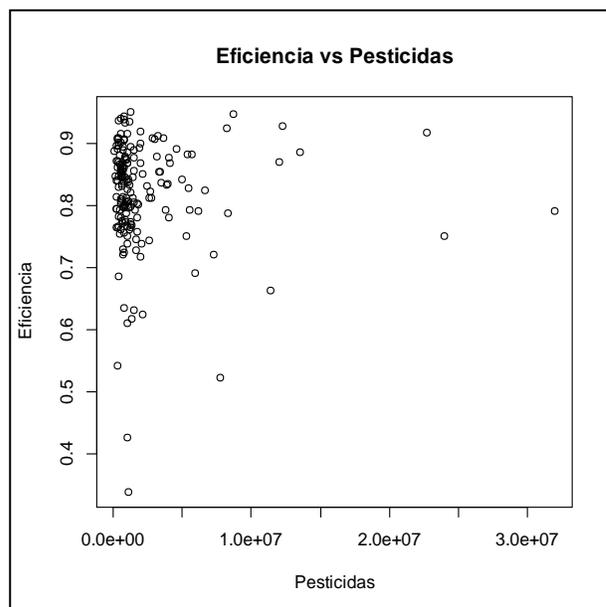


Grafico N°10: Eficiencia vs Pesticidas Elaboración Propia

Cabe destacar que bajo el paquete Benchmarking (Bogetoft y Otto, 2012), los resultados son similares a los mostrados para este efecto.

Cuadro N° 4: Salida Paquete Benchmarking

Variables	Parameters	Std.err	t-value	Pr(> t )
(Intercept)	31.075	0.28292	10.984	0.000
xMo	0.1649	0.04451	3.704	0.000
xMaq	0.2142	0.04559	4.698	0.000
xSem	0.1381	0.06434	2.146	0.033
xFert	0.2944	0.05696	5.168	0.000
xPest	0.1615	0.05722	2.823	0.005

Si bien la eficiencia media de los productores, emanada a través del Benchmarking es mayor logrando un valor de 92,60 %, en el presente cuadro se muestran los valores estimados de las variables y en el cual se pueden apreciar la exacta similitud con respecto a los valores estimado a través del Frontier.

*Determinación del riesgo, Just and Pope.*

Como anteriormente se había especificado desde el modelo de fronteras estocásticas de producción se puede obtener una aproximación al modelo de Just and Pope, el cual muy simplemente expresado, postula que cada entrada en un modelo puede tanto aumentar o disminuir los rendimientos reduciendo o aumentando el riesgo.

Cuadro N° 5 Salida Determinantes de Riesgo

Variables	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-19.911	24.447	-0.814	0.4165
log(Mo)	-0.6541	0.3718	-1.759	0.0803 .
log(Maq)	0.7492	0.3546	2.113	0.0361 *
log(Sem)	-0.1791	0.5212	-0.344	0.7315
log(Fert)	-0.8845	0.5012	-1.765	0.0794 .
log(Pest)	0.8084	0.4397	1.839	0.0677 .

Códigos de Significancia: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Bajo la anterior premisa podemos analizar la salida del modelo que toma los residuos ( $\hat{\epsilon}$ ) de la regresión base (SFA) estimada y la convierte en la variable de salida, es decir se realiza una regresión con las varianzas del modelo estimado.

En este sentido se puede empezar por descartar la variable que representa el insumo "semilla", ya que este no es estadísticamente significativo para influir en el análisis y conclusiones. Así las demás variables independientes tiene suficiente significancia estadística al 10 % y al 5 %.

Ya caso a caso se puede observar que la Mano de obra en la producción de arroz disminuye el riesgo, se entiende tal aspecto por su importancia para la agricultura especialmente en el arroz, lo que podría indicar una mayor dependencia aún de este factor de producción.

En caso contrario se encuentra la maquinaria pues muestra un efecto de aumento del riesgo en el cultivo del cereal en estudio, donde los altos costos de la maquinaria sea uno de los principales responsables en este sentido.

Recordando que la semilla no presentaba efectos significativos, para continuar se encuentran los fertilizantes, los cuales contribuyen a la disminución del riesgo esto debido a la importancia de la calidad del suelo y la ayuda que estos prestan a la nutrición de los cultivos teniendo un papel bastante preponderante hoy en día. Para terminar los pesticidas muestran un contribución negativa a el cultivo aumentando el riesgo a que este se expone, y aunque se utilicen para eliminaciones de plagas por lo general, ya conocido es el efecto negativo de este por el uso desmesurado que se plantea en circunstancias actuales, eliminando muchas veces seres vivos que son necesarios para la mantención del status quo ecológico, la mantención del medio-ambiente y la generación de resistencias en las plagas, además del conllevado daño medioambiental que pueda provocar o la contaminación a el cultivo roseado, en los casos del abuso de este a pesar de todas estas indeseables consecuencias cualitativas, es factible concluir que el aumento del riesgo se deba por la baja contribución a la salida y los altos costos que esta variable presenta.

## Conclusiones

En esta investigación se examina el nivel de eficiencia técnica-económica y riesgo de las variables económicas de producción. El objetivo principal era establecer en qué nivel estas afectaban a las explotaciones agrícolas de la Séptima y Octava Regiones de Chile. El estudio se realizó sobre la encuesta de la Línea base de Arroz realizada en las localidades de Linares, Parral, Retiro, Longaví, San Carlos y Ñiquén, de las regiones antes nombradas.

Primeramente se puede observar las elasticidades positivas de los factores con respecto al cambio en la salida de la función Cobb-Douglas, en este sentido cabe destacar que bajo este análisis todas las variables en estudio, es decir la Mano de obra, la Maquinaria, la Semilla, los Pesticidas y Fertilizantes generan sobre la salida de la función, la cual es el Ingreso generado por los cultivos de arroz, en diferentes proporciones, un aumento con respecto a su variación. Destacando por sobre las demás la maquinaria y los fertilizantes además de la mano de obra en menor medida.

Luego las metodologías utilizadas en el estudio de la eficiencia y riesgos son las fronteras estocásticas de producción y Just and Pope respectivamente, bajo la primera metodología a la hora de analizar las eficiencias todas las variables suman a la función, y son estadísticamente significativas logrando un nivel de eficiencia media de los productores de arroz de la séptima y octava región de 82% con valores mínimos que van desde 33.93 % hasta el valor máximo de un 95.05% de eficiencia. Si bien existen valores marcadamente bajos de eficiencia cabe destacar que la mayoría de los productores se posan sobre los niveles de 75% a 95% de eficiencia técnica-económica, en fin se establece que todas las variables en análisis tiene efectos positivos en la eficiencia agrícola.

El ajuste del modelo Just and Pope permite establecer el riesgo de los determinantes en la investigación en este sentido las variables de mano de obra y fertilizantes disminuyen el riesgo, es decir la mayor dotación de los insumos antes nombrados tiene efectos de reducción de riesgo. En caso contrario la maquinaria y los pesticidas son identificados como variables que incrementan el riesgo en la explotación.

## Bibliografía

---

Danty, J., & Muñoz, (2010). M. Mercado del Arroz: Situación Mundial y Nacional, Santiago; Odepa.

Comision Nacional del Arroz. (2009). Agenda de Innovación Agraria para la Cadena del Arroz en Chile, Santiago: Autor.

Odepa. (2012). El Mercado del arroz. Mercads Agropecuarios, 235°.

Kumbhakar, S. C. (2002). Risk preference and productivity measurement under output price uncertainty, 27, 461-472.

Coelli, T., Rao, P., O'Donnell, Ch., Battese, G. 2005. An introduction to efficiency and productivity analysis. 2° ed. Nueva York, EUA, Springer Science+Business Media.

Farrell, M.J. 1957. The measurement of productive efficiency. Journal of the Royal Statistical Society, 120(3):253-281.

Bravo-Ureta, B.; Solis, D.; Moreira, V.; Maripani, J.; Abdourahmane, T.; Rivas, T. 2007. Technical efficiency in farming: a meta-regression analysis. Journal of Productivity Analysis (2007) 27:57-72.

Bravo-Ureta, B; Moreira, V., Amilcar, A.; Schilder, E.; Alvarez, J.; Molina, C. 2008. Technological change and technical efficiency for dairy farms in three countries of South America. Chilean Journal of Agricultural Research, 68.

Veloso, F. (2012). Eficiencia Técnica de Productores Bovinos Pertenecientes a la Agricultura Familiar Campesina (AFC) de la Provincia de Ñuble, Región del Biobío, a través del Análisis De Fronteras Estocásticas. Universidad del Bío-Bío. Chillán-Chile.

Just, R. & Pope, R. (1978). Stochastic Specification of Production Functions and Economic Implications. Journal of Econometrics, 7, 67-86.

Villano, R. & Fleming, E. (2006), Technical Inefficiency and Production Risk in Rice Farming: Evidence from Central Luzon Philippines. *Asian Economics Journal*, 20, 29-46.

Revilla-Molina, I., Bastiaans, L., Van Keulen, H., Mew, T., Zhu, Y., & Villano, R. (2000), Improvement of technical efficiency in rice farming through interplanting: a stochastic frontier analysis in Yunnan, Filipinas: Social Sciences Division, International Rice Research Institute.

Rahman, S., (2003), Profit efficiency among Bangladeshi rice farmers. *Food Policy*, 28, 487-503.

Kebede, T. (2001). Farm Household Technical Efficiency: A Stochastic Frontier Analysis: A Study of Rice Producers in Mardi Watershed in the Western Development Region of Nepal. Department of Economics and Social Sciences, Agricultural University of Norway. Noruega.

Battese, G. E. & Coelli, T. J. (1993), A stochastic frontier production function incorporating a model for technical inefficiency effects, Working Papers in Econometrics and Applied Statistics. Department of Econometrics, University of New England, Armidale. No. 69.

Battese, G. E. and T. J. Coelli, 1995, A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. *Empirical Economics*, 20, pp. 325–32.

Tiedemann, T., & Latacz-Lohmann, U., (2012). Production Risk and Technical Efficiency in Organic and Conventional Agriculture – The Case of Arable Farms in Germany. *Journal of Agricultural Economics*. 64, 73-96.

Calatrava, J., & Cañero, R. (2001). Funciones de producción frontera en invernaderos almerienses: identificación de factores relacionados con la eficiencia técnica. *Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 193°, 9-26.

Cabas, J., Weersink, A., & Olale, E. (2009). Crop yield response to economic, site and climatic variables. *Climatic Change* (2010) 101:599–616.

Viet Khai, H., & Yabe, M. (2011). Technical Efficiency Analysis of rice production in Vietnam, J ISSAAS, Vol. 17, 135-146.

Aung, N. (2011), Agricultural Efficiency of rice farmers in Myanmar: A case study in selected Areas. IDE Discussion Papers, Institute of Developing Economies, N° 306.

Instituto de Investigacion Agraria & Centro de Agronegocios Universidad del Bío-Bío. (2012). Linea De Base Arroz, Resultados Encuesta de Producción y Comercialización de Arroz en la Región del Maule y Biobío, Chillán: Autor.

Coelli, T., & Henningsen, A., (2013). Stochastic Frontier Analysis, Package Frontier. Recuperado (08.01.2014), de <http://frontier.r-forge.r-project.org/>

Instituto de Innovación Agraria. (2013). Programa de Arroz INIA: Transfiriendo ciencia y tecnología para fortalecer la competitividad del sector, 104, Santiago: Autor.

Instituto de Investigaciones Agropecuarias. (2007). Arroz, Manejo Tecnológico. Chillán, 2007: Autor.

# Anexo

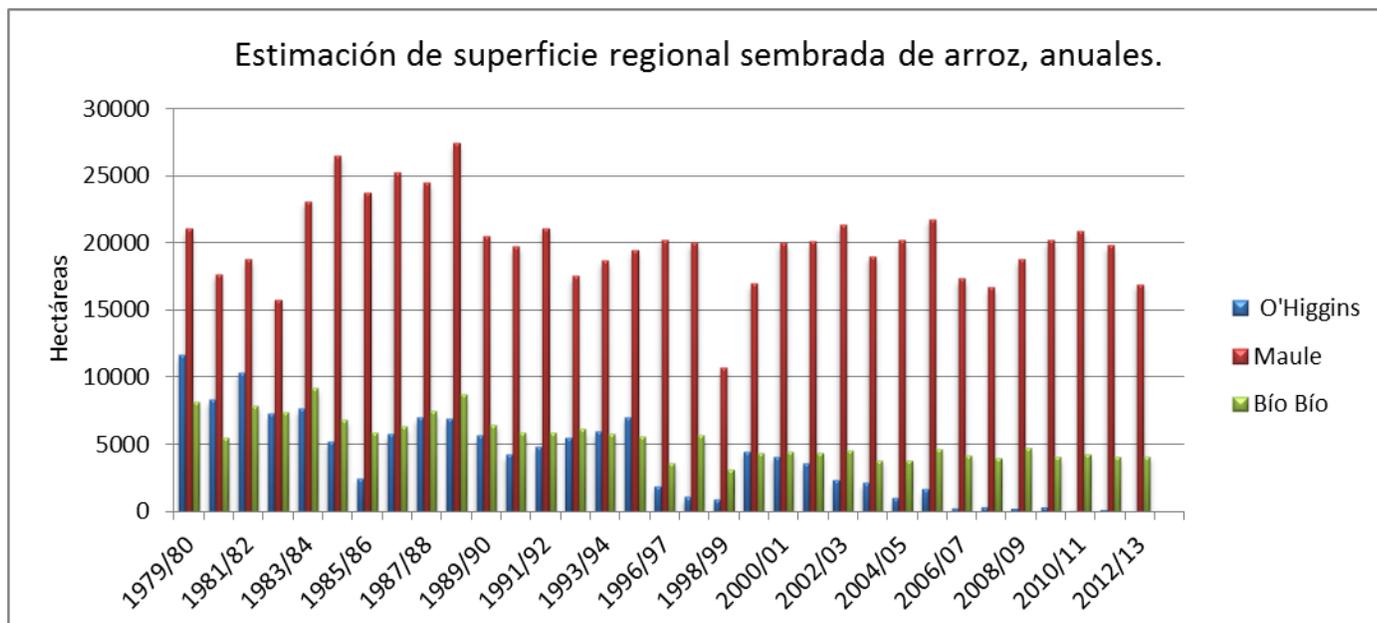


Gráfico N° 11 Estimación de la Superficie Regional sembrada por cultivo arroz , Anuales. Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos en Odepa con información de INE.

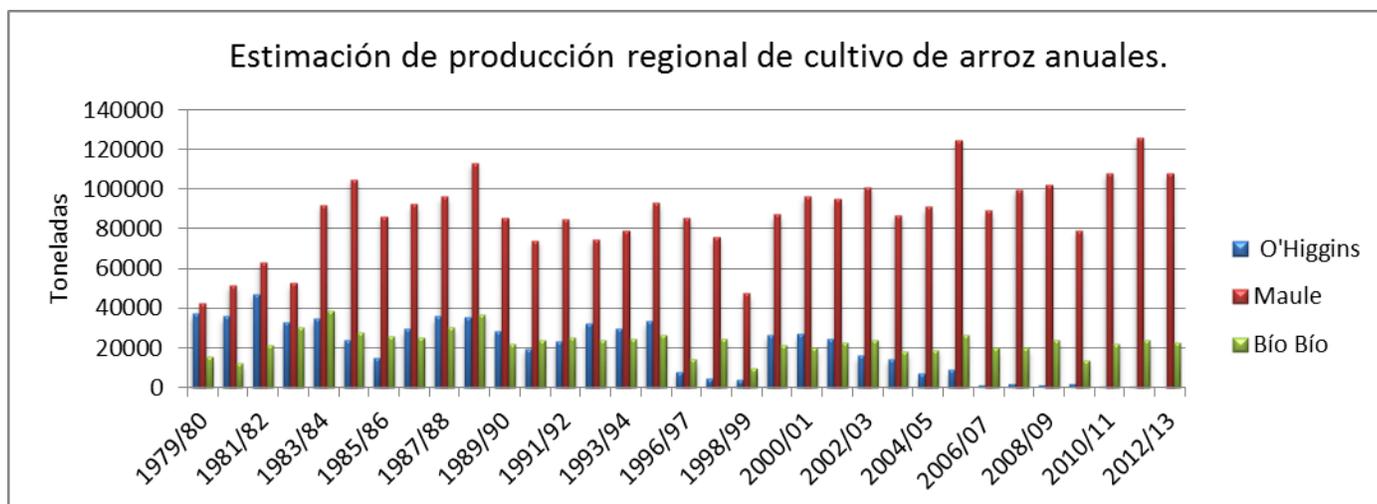


Gráfico N° 12 Estimación de producción regional de cultivo de arroz anuales. Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos en Odepa con información de INE.

Registro de la Eficiencia individual de los Productores.

Registro	Eficiencia	Registro	Eficiencia	Registro	Eficiencia
1	0.8892593	61	0.8545923	121	0.8717741
2	0.8414159	62	0.8786286	122	0.9024798
3	0.8918946	63	0.9084695	123	0.8347841
4	0.8244466	64	0.7509424	124	0.8296597
5	0.5236804	65	0.7916765	125	0.8572748
6	0.8859554	66	0.9073706	126	0.6860556
7	0.8875120	67	0.7929446	127	0.9066357
8	0.5414883	68	0.8130535	128	0.8146221
9	0.8099025	69	0.8119718	129	0.8617989
10	0.9365808	70	0.8341062	130	0.7725529
11	0.8120735	71	0.8282232	131	0.8450845
12	0.8606733	72	0.8373951	132	0.8425812
13	0.8694166	73	0.8769669	133	0.8057333
14	0.9339031	74	0.9054679	134	0.7776170
15	0.9434216	75	0.8000709	135	0.7982475
16	0.9088951	76	0.9399353	136	0.8522864
17	0.6112398	77	0.8472360	137	0.7608084
18	0.8722541	78	0.8945433	138	0.8897228
19	0.8403489	79	0.8904175	139	0.8217772
20	0.8928403	80	0.7978633	140	0.7431005
21	0.9160453	81	0.8409265	141	0.8378417
22	0.9346813	82	0.7933894	142	0.7760112
23	0.8039079	83	0.7549744	143	0.8797427
24	0.6179456	84	0.7610136	144	0.9060860
25	0.4263151	85	0.7947734	145	0.7970956
26	0.9020507	86	0.7814507	146	0.7686570
27	0.7929331	87	0.8471446	147	0.8228985
28	0.8449953	88	0.7977332	148	0.8762016
29	0.8501264	89	0.8951860	149	0.8539051
30	0.6253555	90	0.8675301	150	0.3393193
31	0.7798807	91	0.9168229	151	0.8634526
32	0.8565430	92	0.6904749	152	0.6354677
33	0.7957862	93	0.9379564	153	0.7818037
34	0.8021593	94	0.7216938	154	0.8148507
35	0.7994048	95	0.9477840	155	0.8481620
36	0.8778991	96	0.9190251	156	0.7665868
37	0.8122162	97	0.7245767	157	0.7653298
38	0.7870852	98	0.6311079	158	0.8595364

39	0.8310651	99	0.8310185	159	0.7448849
40	0.8045777	100	0.7580787	160	0.8679827
41	0.8067562	101	0.7642242	161	0.8098013
42	0.7380381	102	0.7654494	162	0.8801627
43	0.8074598	103	0.8551278	163	0.8016492
44	0.8377934	104	0.8667645	164	0.7503942
45	0.7561706	105	0.7739047	165	0.8473626
46	0.8763800	106	0.9094556	166	0.8501646
47	0.7669470	107	0.8330334	167	0.7209860
48	0.8407498	108	0.7385975	168	0.9505079
49	0.8968127	109	0.8568680	169	0.9003271
50	0.8679825	110	0.8587654	170	0.7693963
51	0.7287657	111	0.8690563	171	0.9150851
52	0.7167662	112	0.8830786	172	0.8041283
53	0.8692481	113	0.7806880	173	0.8447508
54	0.7507733	114	0.9278188	174	0.8649935
55	0.7911104	115	0.8828291	175	0.7291063
56	0.6637457	116	0.7884490	176	0.8729578
57	0.8852883	117	0.7927219	177	0.8266816
58	0.8347409	118	0.9245892	178	0.7739317
59	0.9126894	119	0.7943794		
60	0.9094608	120	0.8971694		

Cuadro N° 13. Eficiencia Individual del Productor.