



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
FACULTAD DE CIENCIAS EMPRESARIALES
DEPARTAMENTO DE GESTIÓN EMPRESARIAL

EFICIENCIA TÉCNICA DE LOS PRODUCTORES DE BERRIES
PERTENECIENTES A LA AGRICULTURA FAMILIAR CAMPESINA
(AFC) DE LA REGIÓN DEL MAULE, A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE
FRONTERA ESTOCÁSTICA

Memoria para optar a título de Ingeniero Comercial

Daniel Contreras Martínez

Marcelo Delgado Lara

Profesor Guía:
Ph.D Juan Cabas Monje

2015



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
FACULTAD DE CIENCIAS EMPRESARIALES
ESCUELA INGENIERÍA COMERCIAL

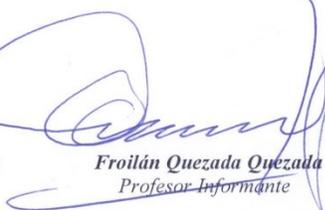
Chillán, 08 de enero de 2016.

Informe: Memoria de Título

En relación a la evaluación de la Memoria para optar al Título de Ingeniero Comercial, denominada "EFICIENCIA TÉCNICA DE LOS PRODUCTORES DE BERRIES PERTENECIENTES A LA AGRICULTURA FAMILIAR CAMPESINA (AFC) DE LA REGIÓN DEL MAULE, A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE FRONTERA ESTOCÁSTICA", de los alumnos Daniel Alejandro Contreras Martínez y Marcelo Antonio Delgado Lara. Teniendo en cuenta las exigencias de la Carrera de Ingeniería Comercial y en especial las referidas a la actividad de titulación, la comisión de examinación califica el presente informe con 6,9 puntos (escala de 1 a 7).

Atentamente,


Juan Cabas Monje
Profesor Guía


Froilán Quezada Quezada
Profesor Informante


Omar Acuña Monoga
Director de Escuela



CC. - Director de Escuela Ingeniería Comercial
- Alumnos(as)
- Archivo

Contenido

Resumen.....	4
I. INTRODUCCIÓN.....	6
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	13
Berries.....	13
Frambuesa.....	15
Arándanos.....	17
Frutilla.....	19
Mora (hibrida).....	20
Producción mundial.....	21
Exportación de Berries.....	25
Centros de Acopio (CA) y Plantas Procesadoras (PP) de Berries en la Región del Maule declaradas en la encuesta SAT predial.....	27
Medición de la eficiencia del sistema productivo.....	28
III. METODOLOGÍA.....	38
Regresión lineal simple.....	40
Medición de la eficiencia.....	43
Análisis de Frontera Estocástica.....	44
DEA (análisis envolvente de datos).....	48
IV. RESULTADOS.....	52
Descripción de los productores.....	52
Construcción del modelo de regresión.....	67
Modelo Cobb Douglas 1.....	73
Estimación de la eficiencia técnica mediante DEA.....	82
Comparación de las eficiencias SFA, DEA y COLS.....	85
V. CONCLUSIONES.....	88
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	91
VII. ANEXOS.....	94
Modelo lineal 1.....	94
Modelo lineal 2.....	96
Modelo Cobb Douglas 1.....	99
Modelo Cobb Douglas 2.....	101
Modelo Cobb Douglas 1 SFA (de frontera estocástica).....	103
Modelo DEA en R.....	105

Índice de tablas

Tabla 1 Participación de la AFC en la Producción nacional de Berries.....	8
Tabla 2 Superficie plantada en Hectáreas.....	14
Tabla 3 Superficie total mundial plantada de Arándanos (Hectáreas Ha)	23
Tabla 4 Aproximación paramétrica de perturbación aleatoria e ineficiencia.....	45
Tabla 5 Taxonomía de los métodos de frontera.....	50
Tabla 6 Promedio y desviación estándar de los costo	61
Tabla 7 variables dependientes e independientes analizadas	70
Tabla 8 significancia estadística de los modelos analizados	71
Tabla 9 problemas econométricos detectados en los modelos analizados.....	72
Tabla 10 coeficientes modelo cobb Douglas 1.....	73
Tabla 11 Test de residuos modelo cobb douglas 1	75
Tabla 12 Test de heteroscedasticidad.....	76
Tabla 13 test de Autocorrelación	76
Tabla 14 Coeficientes modelo Cobb Douglas sfa 1	78
Tabla 15 Coeficientes extrapar modelo cobb douglas sfa 1	79
Tabla 16 Coeficientes de DEA con Orientación de Salida	82
Tabla 17 Coeficientes de DEA con Orientación de Entrada	83
Tabla 18 Tabla de correlación (DEA, SFA, COLS)	85

Índice de figuras

Figura 1 Distribución de la superficie plantada con berries por región (%).....	14
Figura 2 Arandano <i>Vaccinium corymbosum</i>	19
Figura 3 Frambuesa (<i>Fragaria vesca</i>).....	20
Figura 4 Mora híbrida (<i>Rubus ulmifolius</i>).....	21
Figura 5 Superficie plantada con frambuesas (2010).....	22
Figura 6 Frontera de producción y eficiencia técnica	31
Figura 7 Tres aproximaciones para una función de producción	45
Figura 8 Análisis de frontera estocástica.....	47
Figura 9 Comunas de la base de datos.....	52
Figura 10 histograma edad de los productores	53
Figura 11 Relación años de nacimiento con nivel educacional de los productores.....	54
Figura 12 Estado civil.....	55
Figura 13 Número de hijos – número de adultos	55
Figura 14 Variedades.....	56
Figura 15 Hectáreas de riego	57
Figura 16 Ingreso rubro berries (M).....	58
Figura 17 Hectáreas – producción en kilos por variedad	59
Figura 18 Boxplot precios variedades	60
Figura 19 Ingresos mercado exportación – mercado interno.....	61
Figura 20 Boxplot costos	62
Figura 21 Boxplot costo mano de obra y costo de acondicionamiento post cosecha.....	63
Figura 22 Boxplot costo total	64
Figura 23 margen bruto berries	65
Figura 24 Año de plantación – rendimiento berries	66
Figura 25 promedio rendimiento plantación por año de plantación.....	66
Figura 26 Fases para la estimación de un modelo econométrico.....	67
Figura 27 Histograma residuos modelo cobb douglas 1	75
Figura 28 Histograma eficiencias individuales	81
Figura 29 plot Orientación de Entrada y plot Orientación de Salida	83
Figura 30 Plot Orientación de Entrada y Salida.....	84
Figura 31 Retornos constantes de escala (crs) y Retornos variables de escala (vrs).....	84
Figura 32 Plot Correlación SFA-DEA y Plot Correlación COLS-SFA	86
Figura 33 Boxplot DEA, SFA, COLS.....	87

Resumen

El estudio pretende generar un aporte importante al sector agrícola nacional, a los productores de Berries que durante los últimos treinta años han tenido un auge importante dentro de nuestro país, al segmento definido como agricultura familiar campesina (AFC). El presente estudio tiene como foco describir los productores, realizar una función de producción y finalmente concluir con una estimación del grado de eficiencia técnica de la producción de Berries para 452 pequeños productores de las Áreas INDAP de la Región del Maule, en base a la información capturada de los Diagnósticos de Unidad de Negocio de los SAT Predial para el periodo (2007/2008), con dicho análisis podremos verificar si los productores AFC son eficientes en su rubro.

Para estudiar el nivel de eficiencia técnica se utilizó el modelo de frontera estocástica (SFA) con el paquete “frontier” de R Project. Este modelo realiza una aproximación de la eficiencia a través de una metodología estocástica. Posteriormente se utilizó el paquete “benchmarking” y se compararon los tres modelos principales que miden la eficiencia, que son el SFA, el DEA un modelo no paramétrico, y el modelo de mínimos cuadrados ordinarios COLS.

La investigación se enfoca en el sistema de cultivo de la producción de Berries, la función de producción generada es del tipo Cobb-Douglas, la variable dependiente se define como la producción total de la temporada 2007-2008 (expresada en kilogramos), las variables independientes consideradas son el “Costo de Mano de Obra” (A), el “Costo de los Insumos” (B), y el “Total Hectáreas de Riego” (C).

En la construcción del modelo se consideraron los 452 datos iniciales, de estos fueron eliminados aquellos productores que no poseían la información necesaria para la construcción del modelo, y aquellos con datos inconsistentes, quedando un total de 144 encuestados analizados, de los cuales 111 corresponden a productores de Frambuesas, estos representan al 77,08% de los encuestados, le siguen 18 productores de mora representando

un 12,50% de los datos, 14 productores de arándanos equivalentes al 9,72% y finalmente un único productor de Frutillas con un 0.694%.

Es congruente que la mayoría de los datos correspondan a productores de frambuesas, ya que la séptima región del Maule es la mayor productora de Frambuesas del país. Como la mayor parte de los datos corresponden a productores de frambuesas se consideraron estos productores para construir la frontera de producción, ya que las tres principales frutas poseen capacidades productivas muy diferentes, rendimientos por hectárea, costos y precios.

Lo resultados del modelo estimado, nos dicen que la mayor parte de las desviaciones son explicadas por el ruido aleatorio y un menor porcentaje es explicado por el termino de ineficiencia, siendo la eficiencia media detectada para los productores de frambuesas en la séptima región del Maule un 99.86%.

Dado que los resultados obtenidos son atípicos se ha decidido aplicar un modelo adicional de eficiencia para contrastar los resultados. El modelo elegido es el DEA (Análisis envolvente de datos) el cual trabaja con una metodología diferente a la frontera estocástica, no paramétrica y que consideramos pertinentes dado las características de los datos. Adicional a ello generamos un análisis comparativo entre los dos modelos de eficiencia SFA y DEA más el método tradicional de OLS.

En relación al método DEA y siguiendo la literatura clásica de Bogetoft, al aplicar el modelo matemático, se debe generar bajo dos orientaciones, de entrada (in) o de salida (out), en donde los coeficientes de salida resultantes de la primera (orientación de entrada) corresponden a una salida más semejante a la de nuestro modelo de base frontera estocástica SFA. Además podemos concluir que los resultados obtenidos por DEA y SFA llegan a una misma conclusión, en donde la eficiencia media obtenida por ambas metodologías serían muy altas, en el caso de la orientación de entrada, la eficiencia media es de 97,1%.

Palabras claves: Berries, eficiencia técnica, productores INDAP

I. INTRODUCCIÓN.

La Agricultura familiar o pequeña agricultura es una sección productiva que presenta características o atributos particulares que los diferencian de la agricultura empresarial o empresa agrícola. También son varios los autores que definen a la Agricultura Familiar campesina (AFC) como la “producción agrícola predial por cuenta propia a pequeña escala”. De acuerdo con Apey y Barril (2006), estas características incluyen:

Tierra/Fuerza de Trabajo familiar. Es la característica más insigne, el uso de fuerza de trabajo familiar disponible en el hogar para lograr emplear productivamente la tierra de la cual disponen. En la actualidad también, contratar trabajo asalariado por ciertos periodos, dependiendo del tipo de producción y siempre que no exceda cierta proporción de la fuerza de trabajo familiar utilizada (en la empresa agrícola el trabajo asalariado es mayoritario y permanente).

Tierra y Capital. La agricultura familiar campesina tiene su raíz en el campo, la tierra, que genera una relación tierra-hombre muy estrecha e importante, para el desarrollo de las comunidades. Es menester mencionar que como norma en nuestro país las AFC acceden a predios de pequeño tamaño y ubicado en áreas de bajo potencial productivo relativo. Aunque el tamaño de la tierra es relativo y debe verse en función de la producción a la que se dedica (importante en la caracterización), por lo general, es escasa y asociada a la dificultad de acceder a capital para hacerla producir, lo que, a su vez, impide periodos de capitalización sostenidos.

Mercados y su acceso. En general se considera que se vinculan al mercado a través de excedentes productivos y con la venta de fuerza de trabajo por periodos; es decir, no solo son economías de auto subsistencia, también están vinculadas al mercado de productos y de trabajo.

Adicionalmente a estas tres características que permiten una rápida individualización de la agricultura familiar, podemos destacar que dado su condición y tamaño son capaces de

pasar en cortos periodos de tiempo, a estados distintos económicamente (mejores o peores) lo cual abalaría una alta capacidad de adaptación y reconversión en este mundo altamente globalizado para sobrevivir como unidad productiva, marcando un sello distintivo de este tipo de unidades productivas. Además se hace necesario recalcar que más del 60% de la población rural de Chile, depende directamente de la actividad agrícola primaria y que aquellas regiones que concentran una mayor proporción de población rural, son también las que padecen con mayor intensidad el flagelo de la pobreza y la desigualdad. Este hecho se manifiesta de forma especial en las regiones del Maule (21%), Araucanía (27%) y Los Lagos (incluyendo Los Ríos) (16,2%) (Oyarzun & Miranda, 2011).

De acuerdo a la Ley Orgánica del Instituto de Desarrollo Agropecuario INDAP (Ley N° 18.910 de 1990, modificada por la Ley N° 19.213 de 1993), son sus usuarios los pequeños productores agrícolas, los campesinos y sus organizaciones. Este mismo cuerpo de Ley define al pequeño productor agrícola como "aquél que explota una superficie no superior a las 12 Hectáreas de Riego Básico, cuyos activos no superen el equivalente a 3.500 Unidades de Fomento, que su ingreso provenga principalmente de la explotación agrícola y que trabaje directamente la tierra, cualquiera sea su régimen de tenencia" (Artículo 13 Ley N° 18.910 de 1990, modificada por la Ley N° 19.213 de 1993).

La Agricultura Familiar Campesina (AFC) es un sector altamente heterogéneo y de actividad multifuncional donde se distinguen dos sub-estratos: por un lado el “pequeño empresarial”, que se refiere al segmento de aquellos agricultores que manejan una explotación, cuya superficie productiva permite generar un ingreso mínimo mensual; y aquel de “subsistencia” que, como su nombre lo indica, corresponde al grupo que desarrolla una agricultura de subsistencia, más orientada a producir para el autoconsumo y volúmenes de excedentes muy modestos de acuerdo a Quinteros, 2003 citado por (Veloso, 2012).

A nivel nacional la AFC aporta entre el 25% y el 30% del PIB del sector agrícola (esto es alrededor del 1,2% del PIB nacional) y genera más de 600.000 puestos de trabajos directos e indirectos. Es fuente principal en la creación de empleos a nivel rural, representando el 49% del empleo sectorial y el 6,2% del empleo nacional. De acuerdo al tipo de trabajo, dos

tercios de los empleos generados corresponden a autoempleo y/o trabajo permanente no

Variable	Total Nacional	Subsistencia	Pequeño Empresarial	Total AFC	% AFC
N° de productores	Arándanos 201	1	61	62	30,8
	Frambuesa 3.140	368	2.028	2.396	76,3
	Frutilla 1.020	210	680	890	87,2
	Mora 63	2	27	29	46
	<hr/> Total 4.424	581	2.796	3.377	
Superficie (ha)	Arándanos 1179	0	163	163	13,8
	Frambuesa 7.256	127	2.847	2.973	40,9
	Frutilla 724	59	421	480	66,3
	Mora 166	1	39	40	24,1
	<hr/> Total 9.325	177	3.470	3.656	

remunerado; un tercio a trabajo remunerado y un 14% a trabajo temporal de acuerdo a Leporati, 2004 citado por (Oyarzun & Miranda, 2011).

Tabla 1 Participación de la AFC en la Producción nacional de Berries

Fuente: (Asagrin, 2007)

La AFC representa el 85% del total de explotaciones agrícolas y se distribuye a lo largo de todo el territorio nacional concentrándose entre la IV y X regiones. Un 47,2% se concentra en zonas agroecológicas de bajo potencial agrícola y de fragilidad ecológica (secano norte chico, secano costero, pre-cordillera andina y secano interior). Un 52% se localiza en zonas agroecológicas de mayor potencial agrícola y menor fragilidad ecológica (valles transversales, depresión intermedia, valles secano, ñadis y Chiloé insular) (ODEPA, 2000, citado por (Veloso, 2012).

Las AFC dedicadas a los Berries en la VII región del Maule se caracterizan por estar altamente concentradas en la producción de frambuesas acaparando 7256 hectáreas. Para el caso del arándano solo 201 productores declararon tener en total 1179 hectáreas las cuales crecerían de formar sorprendente para el año 2014.

La AFC contribuye de manera relevante a la producción agroalimentaria nacional. La participación de las pequeñas y medianas empresa agrícolas por cadena agrocomercial alcanza alrededor de 75.000 unidades, lo que representa cerca del 93% de las empresas

agrícolas vinculadas a cadenas agroalimentarias. Alrededor de 200 empresas asociativas están conectadas directa o indirectamente a mercados internacionales. Es posible encontrar desde grupos asimilables al segmento más dinámico del sector agrícola, con objetivos de maximización de utilidades y estrategias de negocios tendientes a la inserción competitiva en los mercados; hasta grupos con objetivos de minimización del riesgo con estrategias de subsistencia familiar, orientadas al autoconsumo y la comercialización de excedentes, estos últimos vinculados a sectores marginales y/o de culturas locales ancestrales (INDAP, 2004 citado por (Veloso, 2012)).

La agricultura en nuestro país dispone del 12% de la fuerza de trabajo en Chile, y proporciona alrededor de 700.000 empleos directos. En ese sentido la agricultura campesina o familiar es la que presenta los mayores problemas de viabilidad, puesto que muchas de las explotaciones obtienen rendimientos muy bajos¹, producto de los niveles de eficiencia con los que trabajan o porque los rendimientos que generan no son aptos para producir mayores escalas. Las características de este pequeño productor rural chileno se pueden resumir en función de los siguientes parámetros según Correa, 1995 y Amtmann, 1999 citado por (Oyarzun & Miranda, 2011)

- Escasa dotación de tierra, generalmente de calidad y ubicación marginal, con precarios derechos de tenencia.
- Limitados recursos de capital, situación que agrava las dificultades de accesibilidad a los insumos y medios modernos de producción.
- Abundante mano de obra, predominantemente de carácter familiar, en gran parte subempleada, cuya oferta para trabajar fuera del predio complementa sus ingresos de subsistencia.
- Explotaciones de carácter mixto con cultivos asociados y cría de animales para intentar asegurar la subsistencia del grupo familiar, minimizando los riesgos.

¹ Se estima que 177.000 familias dedicadas a esta actividad son pobres; es decir, disponen de muy poca superficie.

- Bajo rendimiento de sus explotaciones y baja calidad de los productos obtenidos que, además, están sujetos a grandes pérdidas por una deficiente conservación y comercialización.
- Producción para su subsistencia, ofreciendo al mercado sus excedentes sin añadir valor a sus productos, vendiendo en forma individual y a bajos precios.
- Rendimiento laboral y desempeño empresarial se ven afectados por sus precarias condiciones ambientales y de salud.
- Poca confianza en la organización comunitaria, siendo escasa e ineficiente la cooperación entre ellos para afrontar unidos sus problemas, aun cuando se muestran solidarios con el grupo al que pertenecen.
- Dificultades de acceso a la tecnología moderna y a los servicios del Estado que solo llegan a una minoría de ellos de forma parcial y descoordinada.
- Bajo nivel de capacitación que les impide utilizar racionalmente los recursos disponibles, adoptar tecnologías apropiadas y organizarse, usando servicios y recursos externos a sus predios y comunidades.

De acuerdo al censo agropecuario INE 2007 en las pequeñas unidades prediales se concentra la mayor cantidad de personas sin ningún nivel formal de educación (64,7%).

En consecuencia se hace necesario dotar a las personas y familias que se agrupan dentro de los AFC familiar campesina de mayores oportunidades para acceder a una educación elemental, de calidad y flexible que los incentive a participar de estas instancias como una forma de realizarse integralmente para mejorar su calidad de vida y el de sus familias. Además el estado debe ser capaz de generar políticas públicas focalizadas que apunten a llevar la academia al servicio de la comunidad campesina, facultades de Cs agrarias y económicas que empleen su conocimiento con los pequeños y medianos predios, que los apoyen, orienten y ayuden a producir los mejores productos posibles, al mejor precio y en el menor costo, siendo eficientes, eligiendo el cultivo adecuado para en definitiva ser competitivos en este mundo globalizado, dicha relación debe ser sistémica y garantizada por instituciones como INIA o INDAP para generar instancias de retroalimentación que los ayuden a ir mejorando en el tiempo, lo esencial es que los pequeños y medianos

productores del cultivo que sea, sean sustentables y viables económicamente en el tiempo, lo que se traducirá en mejores perspectivas de desarrollo, para derrotar la pobreza y el flagelo de la desigualdad y falta de oportunidades en este país.

Los principales problemas de los pequeños productores de Berries radica en problemas de rendimiento, es decir bajos rendimientos en plena producción que en general alcanzan los pequeños productores (arándano: 10 vs. 15 ton/ha; frambuesa: 6 vs. 12 ton/ha; frutilla: 25 vs. 50 ton/ha (Año1); mora: 12 vs. 20 ton/ha).

En relación a los rendimientos productivos por hectárea de la producción de Berries en la Región del Maule periodo 2007:2008 las empresas procesadoras coinciden en cifras de 7,62 ton/ha. Para el caso de la frambuesas, 7,44 ton/ha en arándanos; 14 ton/ha en moras y 36 ton/ha en frutillas, según información recopilada por Catastro Frutícola CIREN 2007 citada por ODEPA (2008) .

Objetivos

Objetivo General. El objetivo general de esta investigación es determinar la Eficiencia Técnica de los productores de Berries en la Región del Maule pertenecientes a la agricultura familiar campesina (AFC), usuarios de INDAP principalmente de los sectores de San Clemente, Retiro, Parral, Linares y Talca, Utilizando el Análisis de Frontera estocástica (SFA).

Objetivos Específicos. Como objetivos específicos se considera:

- Determinar los modelos econométricos que mejor representan la producción de Berries en la Región del Maule (AFC), usuarios de INDAP, sectores de San Clemente, Retiro, Parral, Linares y Talca,
- Identificar los factores o variables que afecten mayormente los niveles de Eficiencia técnica a los productores de Berries en la Región del Maule.

- Determinar la Eficiencia Técnica de los productores de Berries en la Región del Maule a través de un análisis de frontera estocástica.

El texto se organiza de la siguiente manera: se presenta en el capítulo siguiente una revisión de antecedentes de la producción de Berries, descripción de los principales Berries que cultivan los AFC en el país, la producción local y mundial de cada variedad, antecedentes de la determinación de funciones de producción y eficiencia técnica; luego el capítulo de metodología y resultados de las estimaciones y por último el capítulo de las conclusiones de la investigación.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

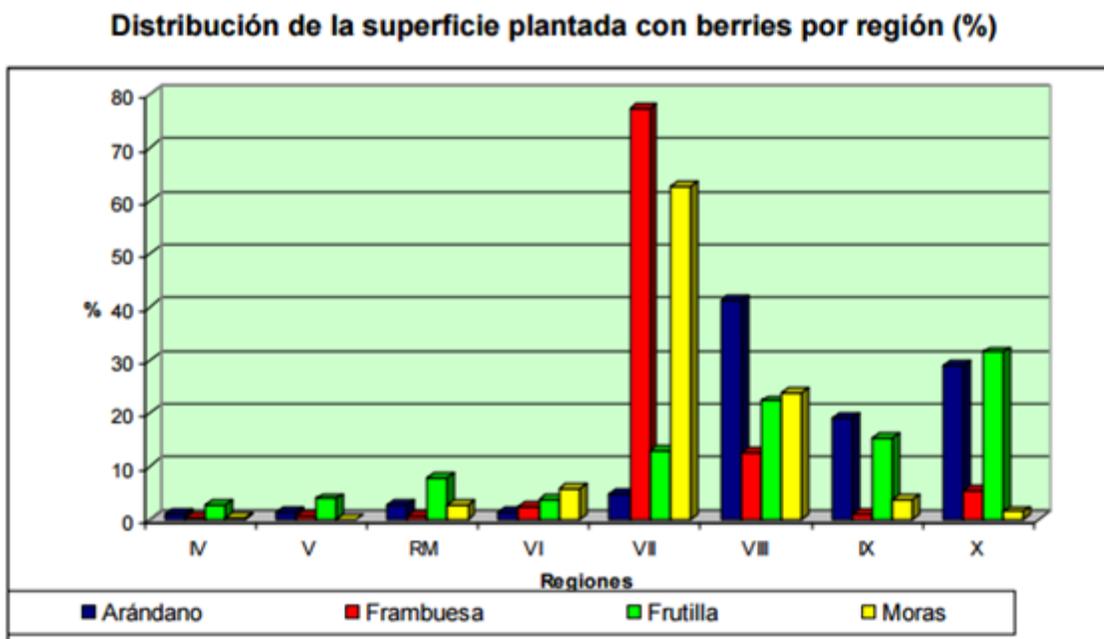
Berries

Se denomina Berries o frutos del bosque a un grupo de productos que comparten características similares, entre los que se destacan arándanos, frambuesas, frutillas, moras y cranberries. Ellos son conocidos, principalmente, por su alto valor nutricional, lo que ha impulsado su consumo, tanto en Chile como en el mundo. Entre sus cualidades se cuenta su gran contenido de antioxidantes, vitamina C y ácido fólico. Además de su bajo aporte en grasas y calorías, la evidencia científica señala que el consumo regular de estas frutas ayudaría a prevenir el desarrollo de distintas enfermedades, como cáncer, daños a la retina, al hígado, al sistema nervioso y al sistema cardiovascular, entre otros, gracias a sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y anticancerígenas. Chile, debido a sus favorables condiciones de suelo y clima, se presenta como un lugar ideal para la producción de Berries, tanto cultivados como silvestres. Durante las últimas décadas se ha invertido fuertemente en el desarrollo de estas especies, llegando a posicionar al país como primer exportador mundial de arándanos y segundo en frambuesas congeladas (Agrimundo, 2013).

Situación de la producción de Berries de la AFC en la Región del Maule

En Chile la superficie con huertos frutales industriales se estima en 206.481 hectáreas. A nivel nacional las estadísticas sobre el cultivo de Berries dan cuenta que la Región del Maule se caracteriza por concentrar la mayor cantidad de superficie, alcanzando cerca de 15.000 Hectáreas INE, 2007. La Región del Maule concentra el 87% de productores de Berries a nivel nacional, el 77% de los Centros de Acopio y el 60% de Plantas Procesadoras-Exportadoras registros SAG 2007. En Maule, además, existen 14.885 hectáreas de Berries (frambuesas, arándanos, moras, frutillas y otros), equivalentes a un 53% de la superficie de Berries del país, representando la mayor zona en frambuesas con 12.485 hectárea. Así, la superficie destinada para cultivos de frambuesas en la Región del

Maule representa un 85% de la superficie nacional, les siguen las moras cultivadas (51%), frutillas (31%), arándanos (13%) y otros Berries (12%).



Fuente: Odepa - Ciren, 2005; Odepa, 2006.

Figura 1 Distribución de la superficie plantada con berries por región (%)

Tabla 2 Superficie plantada en Hectáreas

Región	Frambuesas	Arándanos	Mora	Frutilla	Otros	Total
VII	12.485	1.450	650	660	220	14.885

Además los productores vinculados a este rubro se caracterizan por estar fuertemente ligados al segmento de la Agricultura Familiar Campesina (AFC), quienes dado su condición no poseen competencias técnicas y de gestión adecuadas para su producción según datos de INIA (2009) citados por (Oyarzun & Miranda, 2011).

Chile es el principal exportador de Berries del hemisferio sur, en volumen y valor, y el quinto en volumen exportado a nivel mundial. Los Berries o bayas más exportados desde nuestro país son las frambuesas y arándanos, los cuales son originalmente de Estados

Unidos y Grecia. En la última década, sus exportaciones han crecido sostenidamente, tanto en valor como en volumen, siendo los principales destinos EE.UU., Canadá y algunos países de Europa. En 2012, el total exportado de Berries fue de 139.323 toneladas, con un valor de 550 millones de dólares. Esto incluye arándanos, frambuesas, frutillas, moras, zarzaparrillas, grosellas, murtas, mirtilos y otros. El 70% se exporta como congelado, mientras que el 20% se exporta en fresco y el 10% restante como jugo.

El atractivo de los Berries se evidencia en las cifras de crecimiento de su demanda mundial, que muestran un alza sostenida de 5,44% anual en los últimos cinco años.

En el período 2007-2010 las importaciones mundiales de Berries crecieron en un 34%, liderando el crecimiento entre todas las frutas frescas. En 2010 los Berries se ubicaron en el séptimo lugar del mercado mundial de fruta fresca, con un valor de importaciones de USD 3.808 millones al año.

Los principales Berries que comercializa Chile son la Frambuesa, el arándano la frutilla y la zarzamora.

Frambuesa

El frambueso es un arbusto frutal de cañas que pertenece a la familia de las Rosáceas del género (*Rubus idaeus* L.). Es originario de regiones templadas del Norte de Asia y de Europa Oriental. Los primeros registros de la especie proceden del monte Ida, en Grecia, de ahí el nombre *Idaeus* que significa “Del monte Ida” denominándose también “Frambueso Rojo Europeo”. Este fruto luego se extendió a Italia, a los Países Bajos, a Inglaterra y luego a América del Norte. A Chile supuestamente llegó con la colonización alemana del sur, a mediados del siglo XIX. En términos de mercado una de las razones que justifica el crecimiento de este cultivo es que esta fruta posee diversas propiedades nutricionales, entregando a sus consumidores comprobados beneficios para su salud, ya que es rica en vitamina C, potasio, magnesio y calcio. Además, contiene fibra y es baja en calorías. (Ramos, 2014)

El cultivo de la frambuesa lleva más de 30 años de producción comercial en Chile, siendo Heritage la variedad con mayor superficie en el país abarcando alrededor del 85%. De

acuerdo a los diagnósticos realizados por personal de INIA, la baja productividad de este fruto en nuestro país, se debe principalmente a la mala calidad de las plantas, que se deriva de un inadecuado sistema de propagación (obtención de plantas directamente de huertos comerciales)

Algunas variedades son:

Heritage: Es la variedad más usada en Chile, cubriendo cerca del 85% de la superficie plantada en la actualidad. Su producción y recolección se extiende por aproximadamente dos meses en cada floración. Los frutos son de tamaño medio, firmes y de excelente calidad para mesa. Planta vigorosa y productiva, con tallos erectos que le permiten incluso cultivarse sin tutores para una sola cosecha al año. Otras variedades disponibles en nuestro país a nivel comercial son Autumn Bliss, Amity y Ruby.

Siguiendo las cifras preliminares del VII Censo Nacional Agropecuario (2007), suman más de 7.474, los que cultivan la frambuesa en 7.550 ha. No obstante, se estima un mayor número de agricultores vinculados a la Frambuesa, cuyas superficies menores a 0,5 ha. Son considerados como huertos caseros. La Frambuesa es cultivada comercialmente desde la Región de Atacama hasta la de Los Lagos, siendo la Región del Maule la que reúne el 70% de los productores.

De acuerdo a INDAP son varios los factores que incidirían y afectarían positivamente a los productores de Berries en el país, siendo los más beneficiados los AFC que agrupan a más del 80% de los productores nacionales.

Dichos factores serían:

- Crecimiento sostenido del consumo de Berries a nivel mundial, en especial la demanda por productos frescos y congelados.
- Presencia de plantas procesadoras y exportadoras en regiones claves del cultivo, con larga trayectoria y buen posicionamiento a nivel exportador.
- De acuerdo a cifras del SAG, más del 85% de los productores de frambuesa pertenecen a la Agricultura Familiar Campesina.
- Cuentan con nivel organizacional a través de Redes regionales, Empresas Asociativas Campesinas (EAC) y agrupaciones especializadas.

- Mayor rentabilidad en relación con otros rubros, en la medida que se realice un buen manejo productivo.
- Uso de mano de obra familiar, que además ya posee experiencia en manejo productivo.
- Diversas instituciones públicas han apoyado durante estos años al rubro Frambuesas, destacándose los aportes a la Agricultura Familiar Campesina a través de INDAP, ProChile, Fundación para la Innovación Agraria (FIA) y la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO).

Arándanos

El arándano es un arbusto, pertenece a la familia Ericaceae y al género *Vaccinium*. Son arbustos nativos de Norteamérica y debido a que eran muy abundantes en forma silvestre. La familia Ericaceae se divide en cuatro subfamilias. La subfamilia Vaccinioideae incluye al género *Vaccinium* y dentro de este género está el subgénero *Cyanococcus* o arándano verdadero. Dentro del género *Vaccinium* hay aproximadamente 400 especies, la mayoría de las cuales son nativas de Asia, pero 26 provienen de Norteamérica, destacando los whortleberries, deerberries, bilberries, sparkleberries, cranberries, lingonberries y blueberries, siendo estos últimos los que han alcanzado mayor importancia comercial en el sector frutícola. Los arándanos se introdujeron a Chile a mediados de los años 80, y desde ahí han experimentado un enorme crecimiento en la superficie de sus plantaciones.

Tipos de arándano existentes

- Arándano “alto” (highbush), *Vaccinium corymbosum* L.
- Arándano gigante u “ojo de conejo” (rabitteye), *Vaccinium ashei* R.
- Arándano “bajo” (lowbush), *Vaccinium angustifolium*.

Arándano alto: Fue la especie que primero se cultivó a partir de selecciones provenientes de cruzamientos de *V. corymbosum* y *V. australe*, realizadas desde 1906 en Estados Unidos. Está en una planta tetraploide originaria de la Costa Este de América del Norte, que bajo condiciones de cultivo puede alcanzar alturas de hasta 2,5 metros. Debido al largo proceso

de mejoramiento a que ha sido sometido este tipo de arándano, es el que produce la fruta de mejor calidad.

Arándano gigante u ‘ojo de conejo’: Es una especie hexaploide, que alcanza alturas de hasta 4 metros y su domesticación es más reciente (1940). Es nativa del sur del continente norteamericano y ha ganado gran popularidad debido a que tolera suelos con pH más altos, tiene mayor resistencia a sequía y su cosecha es más tardía que arándano alto. Posee un mayor potencial productivo, mejor vida en post cosecha y menor requerimiento de frío (entre 400 y 800 HF) por lo que su adaptación es mejor en los estados del sur de Estados Unidos. Su desventaja está en la menor calidad organoléptica del fruto en relación al arándano alto (Buzeta, 1997). Algunos cultivares son Brightwell, Bonita, Powderblue, Centurión y otras.

Arándano bajo: Es un arbusto que no alcanza alturas mayores a 1 metro, formando generalmente colonias extensas debido a la habilidad de sus raíces rizomatosas de emitir brotes vegetativos. Este se encuentra básicamente en estado silvestre y tiene importancia económica debido al gran volumen de producción que se origina anualmente de la cosecha de esta flora nativa en el noreste de Estados Unidos. Además, esta especie ha contribuido al aporte genético para la selección de clones mejorados de arándano alto.

Las variedades plantadas en Chile son mayoritariamente del tipo Highbush (Bluecrop, Blueray, Bekeley) y en las zonas más templadas se cultivan las variedades Rabbiteye, aunque las más demandadas son O’Neal y Duke (tempranas) y Elliot (tardía). El periodo de producción en Chile se extiende desde noviembre hasta abril. Actualmente en Chile podemos encontrar más de 50 variedades de arándanos, las cuales han sido plantadas en estos más de 30 años desde la introducción del cultivo en Chile. De las antiguas variedades hoy no son más de 2 tipos las que podríamos rescatar Las plantaciones están concentrados en la zona sur de Chile, principalmente desde la Séptima a la Décima Región. Las variedades plantadas corresponden mayoritariamente al arándano alto.



Figura 2 Arandano Vaccinium corymbosum

Frutilla

La frutilla (*Fragaria ananassa*), pertenece al orden Rosales, familia de las Rosáceas, género *Fragaria*. Es una planta herbácea, perenne, aunque de vida productiva muy corta, hasta dos años en producción económica. La producción de frutillas en Chile se realiza en diversas condiciones climáticas y de manejo, por lo que es posible encontrar rendimientos desde 12 ton/ha a 50 ton/ha. Las variedades utilizadas en Chile son del tipo californiano y algunas de origen español, siendo Camarosa la variedad más cultivada en la actualidad, ocupando un 76% de la superficie nacional, seguida de lejos por Chandler con un 20%, otras variedades utilizadas en menor proporción son Seascape y Aromas.

Chile posee 1.498 hectáreas plantadas de frutillas, (según datos entregados por el Instituto Nacional de Estadística (INE, 2012), con los cuales produjo un total de 54.821 toneladas de frutillas de la temporada 2012. Además un 66% de la producción fueron para consumo del mercado interno, 33.000 toneladas se comercializo como congelado y 345 toneladas fueron destinadas a la elaboración de productos procesados para exportación. En términos de mercado debemos resaltar que el comercio internacional de frutillas, tanto frescas como procesadas, ha crecido en los últimos años. Según datos de Trade Map, en 2013 se registraron ventas mundiales por 1.533.000 toneladas, 29% más que lo transado en 2006.

En Chile la frutilla se produce principalmente en las regiones Metropolitana y del Maule. Según estimaciones del INE, estas regiones concentran casi 80% de la superficie nacional. Las variedades más utilizadas son Camarosa y Chandler.

En el país existen tres zonas productivas con clima de influencia marítima que les otorgan condiciones tan favorables como las de California en EE.UU. y Huelva en España, estas son San Pedro (Región Metropolitana), Santo Domingo (V Región) y Chanco (VII Región). (ODEPA, 2012).



Figura 3 Frambuesa (Fragaria vesca)

Mora (híbrida)

La mora es una fruta silvestre de la familia de las bayas que se consume principalmente preparada o procesada. Las dos especies de *Rubus* presentes en Chile de forma espontánea, *R. constrictus* Mueller et Lef. (Zarzamora, Mora) y *R. ulmifolius* Schott (Mora, Murra) son arbustos ramosos, de hasta 6 m de alto, con tallos de hasta 15 mm de diámetro, espinosos.

De acuerdo a cifras entregadas por la Worldwide production of blackberries, en el año 2005 se contaba con 20.034 hectáreas de moras, de las cuales 8.000 eran silvestres. El principal productor mundial era Serbia, abarcando el 26,5% de la superficie mundial, y la seguían Estados Unidos (24,0%), México (15,0%) y Hungría (8,0%). Según el mismo estudio, la superficie nacional alcanzaba a sólo 450 hectáreas. Actualmente, según cifras estimadas. A partir de los catastros frutícolas publicados por Cirén, la superficie de moras silvestres y cultivadas en Chile alcanza 1.798 hectáreas, lo que implicaría un crecimiento de 300%. Éstas se encuentran distribuidas entre las regiones de Valparaíso y Los Ríos, pero se concentran principalmente en la Región del Maule, con 1.545 hectáreas, lo que equivale al 86% de la superficie nacional.

Se estima que la producción mundial de moras e híbridos es de alrededor de 60.000 toneladas y en su mayor parte se destina a congelados (75%). La producción interna de Estados Unidos es cercana a los 13.000 tones y el resto de la producción mundial se reparte entre Europa y los países del Hemisferio Sur, tales como Nueva Zelandia, Chile y otros. Las exportaciones chilenas de moras frescas han disminuido drásticamente, desde 124 toneladas en 2003 a cero en 2012. Entre enero y julio de 2013, las ventas de esta fruta han alcanzado 20 toneladas, con Estados Unidos como único cliente. El precio promedio de las ventas alcanzó su peak en 2007, con 8,1 dólares por kilo, disminuyendo actualmente a 3,5 dólares por kilo.

Las exportaciones de moras congeladas, por su parte, han crecido de manera significativa durante los últimos diez años, alcanzando 16.386 toneladas, con ventas que bordearon 42,4 millones de dólares durante la temporada 2012.



Figura 4 Mora híbrida (Rubus ulmifolius)

Producción mundial

La producción mundial de frambuesas el año 2010 se estimó en 574.138 toneladas. Se encuentra liderada principalmente por países de Europa oriental, los cuales representan cerca de 72% de la producción. La Superficie plantada en Chile es de 12.000 hectáreas (fuente: IRO): 15.883 ha (SAG, 2010), la Producción 2011: fue estimada en 60 mil toneladas, los Productores a nivel nacional según el SAG son 19.610 productores, repartidos principalmente entre la Región del Maule y Bío-Bío.

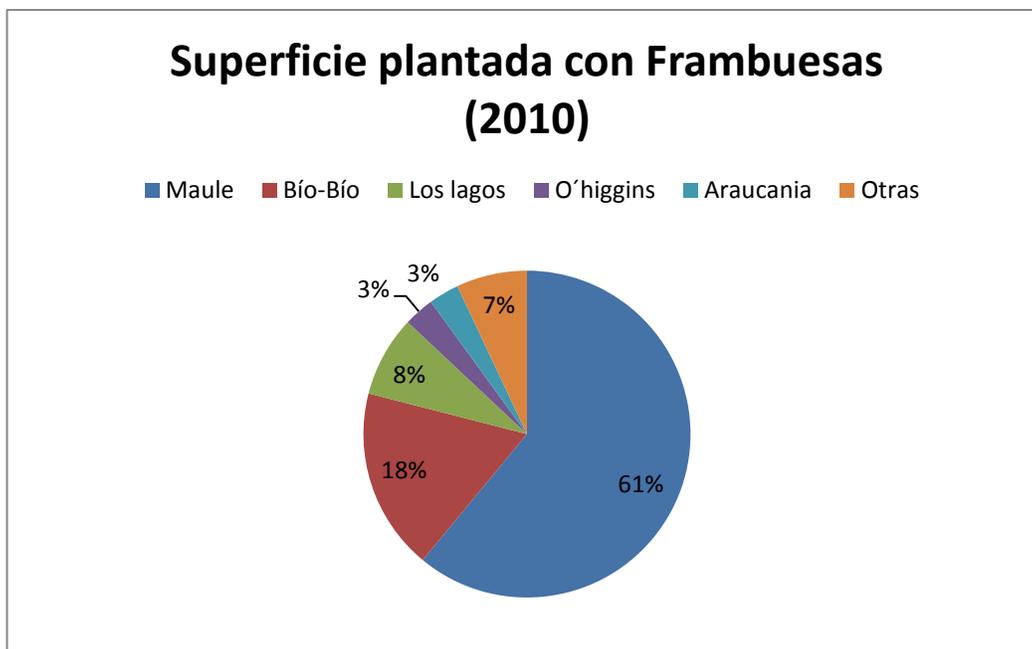


Figura 5 Superficie plantada con frambuesas (2010)

La superficie a nivel mundial de arándano (High bush) en 2012 fue de 85 mil hectáreas. “Si analizamos este número con la superficie de 2005, esta generó un crecimiento del 115%”, Respecto a los países que lideran la producción de Arándanos tenemos a EE.UU., que registró la mayor superficie con 38 mil hectáreas.

Las principales zonas productivas son Michigan, con un 25% de la superficie nacional, Georgia con un 19%, y los estados de Washington y Oregon, cada uno con un 10% de participación”, Chile, suma un total de 15 mil hectáreas, donde el 57% se concentra en la zona centro-sur, Maule y Bio-Bio, seguido de la zona sur con un 28% (Araucanía, Los Lagos y Los ríos).

La zona central (Región Metropolitana y Libertador Bernardo O’Higgins) un 9% y el norte con un 6% (La Serena y Valparaíso). Se espera que el crecimiento en superficie tenga una tasa muy baja entre 0,4 y 0,6% anual

Canadá registra al 2012 una superficie que supera las 10 mil hectáreas, siendo Columbia Británica (British Columbia – BC) la principal zona productora de arándano tipo Highbush.

En cuanto a la producción a nivel mundial, ésta superó las 380 mil toneladas en 2012. EE.UU. produjo cerca de 210 mil toneladas, de las cuales 126 mil se destinaron a fresco y el resto a congelado. En el caso de Canadá la producción fue de 52 mil toneladas, donde 22,5 mil toneladas se destinaron a fresco y el resto a congelado. Por otro lado, Chile en ese mismo año produjo cerca de las 95 mil toneladas. Aquí 25 mil toneladas fueron destinadas a la industria del congelado. Otros países productores del mundo son México, Polonia, España, Australia, Nueva Zelanda, Argentina y Perú.

Los últimos cuatro son países con los cuales Chile comparte el beneficio de la contra estación respecto de los más importantes consumidores de este fruto

El principal proveedor de arándano de Sudamérica y del Hemisferio Sur es por lejos Chile con el 81% de la oferta del hemisferio. EE.UU. es el mayor productor de arándanos (257 mil toneladas 2014 (USDA), además del principal consumidor mundial (Pro Chile 2014).

Respecto a los formatos en cómo se comercializa la producción de arándanos según datos entregados por la FAO² se caracteriza por estar un 60% con destino a la agroindustria y congelados, mientras que el 40% restante se consumió en fresco, de acuerdo a los datos entregados por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

Tabla 3 Superficie total mundial plantada de Arándanos (Hectáreas Ha)

País	2005	2010	2012	% Var.12	% Part
EE.UU	21.000	27.844	31.080	12%	36%
Chile	4.400	12.000	14.800	23%	17%
Canadá	5.200	8.400	10.200	21%	12%
Otros	9.216	22.378	29.788	33%	35%
Total Mundial	39.816	70.622	85.868		

² FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (Food and Agriculture Organization).

Respecto a la frutilla la producción de ha crecido 13% en los últimos cinco años, alcanzando 4.516.810 toneladas en el año 2012. El principal productor es Estados Unidos, con 1.366.850 toneladas. El valle de la Costa Central de California es llamado por algunos la “capital mundial del berrie”, debido a su producción de frutillas, frambuesas y moras. Allí se produce la mayor cantidad de frutillas en el mundo. En segundo lugar está México, con 360.426 toneladas, y muy cerca Turquía, con 353.173 toneladas. La sigue España, con 289.900 toneladas, en quinto lugar está Egipto, con 242.297 toneladas.

Para el caso de Chile en 2013, la superficie nacional de frutillas alcanzó las 1.272 hectáreas, con una producción total de 56.276 toneladas de frutillas, de las cuales el 65% se destinó al consumo interno (90% fresco y 10% congelado) y 35% fueron a exportación (77% como congelado, 16% en fresco y el resto en jugos y conservas). El 95% de la producción mundial de fresa se concentra en el hemisferio norte (Chilealimentos 2014). La producción de moras e híbridos se concentra principalmente en la costa Oeste de los Estados Unidos (Oregon y Washington) y Nueva Zelandia. Respecto a los Estados Unidos hay que decir que es el principal productor mundial y su producción interna, es de 13.000 toneladas, que es aproximadamente el 22% del total mundial. El resto de la producción mundial se encuentra dispersa principalmente en países del Hemisferio Sur. La principal variedad de moras en el oeste de Estados Unidos es la Evergreen Thomless y sólo existen pequeñas cantidades de Boysenberry y Marion. En California sólo se produce una pequeña cantidad de moras Ollalie.

Se estima que la producción mundial de moras e híbridos es de alrededor de 60.000 toneladas y en su mayor parte se destina a congelados (75%). Las principales abastecedoras del mercado de Estados, además de la producción interna proveniente de los estados de California, Washington, Oregon y Florida, son Guatemala, Colombia, Chile y Nueva Zelandia. Estados Unidos se autoabastece entre los meses de mayor y septiembre. Los países del hemisferio sur como Chile, Nueva Zelandia y Colombia compiten entre enero y marzo. La mayor parte de la producción mundial de mora se destina al procesamiento ya que por su sabor ácido característico, estas bayas no son populares como fruta de mesa.

La variedad más cultivada es la evergreen, que se produce en Estados Unidos y Chile. La variedad conocida como boysenberry es la más cultivada en Nueva Zelanda.

Exportación de Berries

Los Berries en general son exportados por vía marítima (más barato) principalmente por el puerto de San Antonio (Región de Valparaíso) hacia los diversos destinos del mundo, principalmente EE.UU y Europa. No obstante un pequeño porcentaje también es exportado por vía aérea, cuando los precios internacionales son favorables, usualmente al inicio de la temporada de cosecha. Además los Berries en general pueden ser enviados bajo distintos formatos de exportación pudiendo ser, en fresco, congelado unitario IQF (Individual Quick Frozen), W & B congelado en bloque, Crumble jugos, Block o Bloque, pulpas y mermeladas. A su uso para el consumo en fresco, se suman sus diversos usos industriales, como mermelada, jaleas, jugos concentrados, licores, yogurt, helados, repostería, etc., y la creciente demanda para usos medicinales. Los mejores precios de exportación se obtienen a través del envío de productos en fresco y ojala bajo el rotulo de ser 100% orgánicos con certificación internacional homologada y buenas prácticas agrícolas BPA (LEY N° 20.089).

En los últimos años la producción y exportación de los llamados Berries han experimentado una fuerte alza en nuestro país, en especial los arándanos, llamado también una de las súper frutas. Es así como en el año 1994 la superficie plantada con arándanos apenas alcanzaba las 400 hectáreas y actualmente el número de hectáreas plantadas ha sobrepasado las 15.000 y siguen en aumento. En cuanto a las perspectivas comerciales, se espera que el mercado internacional mantenga en los próximos años el alza del consumo de arándano fresco, principalmente debido a sus efectos benéficos para la salud, lo que lo convierte en un negocio interesante de analizar para futuros inversionistas. El consumo de Berries sigue aumentando debido a sus características de “superfrutas” y estar asociados a vida sana, Estados Unidos es el mayor productor e importador de arándanos en el mundo, el consumo per cápita de arándanos en Estados Unidos sobrepasa los 760 gramos. Respecto a los Berries en general podemos afirmar en perspectiva que es un mercado muy atractivo a nivel mundial que crece, que se puede seguir trabajando como país, y que se puede generar valor agregado. Con un universo cercano a los 70 millones de adultos con sobrepeso y enfermedades asociadas a una mala alimentación y sedentarismo, los consumidores están cada vez más conscientes de su auto-cuidado y buscan en el mercado aquellos productos que contribuyan a su salud y bienestar. Siguiendo esta tendencia, el consumidor está

recibiendo abundante información acerca de las propiedades “saludables” de los súper alimentos. Los “superfood” son en su mayoría originados a partir de especies que se encuentran sólo en determinadas regiones cercanas a Los Andes o el Amazonas u otras regiones que representan una diversidad única (Cruzat & Barrios, 2009). Resultados y Lecciones en Productos a Base de Berries Nativos.

En consecuencia es una tremenda oportunidad para nuestro país que ya los países desarrollados del hemisferio norte promueven fuertemente a través de políticas públicas la promoción de hábitos de alimentación saludables, la vida sana, el deporte y el consumo de los súper alimentos. Para el caso de nuestro país aún son varios los productos o frutos Berries que podemos transformar en un producto de exportación, tenemos por un lado el maqui (*Aristotelia chilensis*), la murtilla roja (*Ugni molinae*), la frutilla chilena (*Fragaria chiloensis rosada*), frutilla chilena (blanca), zarzaparrilla, boisenberry etc. Para el caso del maqui con la murtilla roja, está comprobado el tremendo valor agregado que significan sus altos niveles de antioxidantes y fibra dietética.

En términos de superficie, se estima que Chile cuenta con más de 15.506 hectáreas de arándano al 2014, Para la temporada 2014/15, se espera que las exportaciones aumentaran en un 41% con respecto al 2013/14, esto corresponde a 104.530 toneladas. Además Chile en las últimas 4 temporadas ya ha exportado más de 97 mil toneladas. Las Principales variedades de arándanos trabajadas en Chile son: Duke, Briggita, O'Neill, Legacy y Elliot.

Dentro de los Berries que se producen en Chile, el arándano es el más importante, tanto por la superficie plantada como por los retornos de divisas, pues está haciendo furor entre los comensales del hemisferio norte “Los arándanos, junto con las frambuesas, son los Berries que más se exportan, y eso se explica por las ventajas comparativas que tiene Chile en lo climático y geográfico, además de una mano de obra barata en comparación con otros países que lo producen

Centros de Acopio (CA) y Plantas Procesadoras (PP) de Berries en la Región del Maule declaradas en la encuesta SAT predial.

Linares.

- Cooperativa Campesina Esperanza Campesina Ltda. (CA)
- Triage Chile S.A. (PP)
- Sociedad Comercial y Agrícola Kesco Chile y Cia. Ltda. (PP)
- Agrícola Nova Ltda. (PP)
- Copefrut S.A. (CA)
- Procesadora y Exportadora de Frutas y Vegetales Ltda. (PP)
- Agrícola San Antonio Ltda. (PP)
- Berries Chile UK S.A. (PP)
- Unifrutti Travels S.A. (CA)
- Sun Belle Berries S.A. (CA)
- Iceberries. (PP)
- Frigofrut. (PP)
- K2 Farms. (PP)

Parral.

- Sociedad Hortofrutícola La Orilla Ltda. (CA)
- Comercial Frutícola S.A. (CA)
- Exportación e Inversiones Agroberries Ltda. (CA)
- Soc. Agroindustrial y Comercial Porvenir Los Carros Ltda. (CA)

Retiro.

- Alimentos y Frutos S.A. (PP)
- Agroindustrial Ajial Valdivieso Ltda. (CA)
- Agroindustrial Ajial Ltda. (CA)
- Agroindustrial Romeral Ltda. (CA)
- Agroindustrial Las Camelias Ltda. (CA)
- Juan Carlos Ferrada. (CA)
- Sun Belle Berries S.A. (CA)
- Southern Extreme Ltda. (CA)
- Juhinej Ltda. (PP)
- Agrícola Caval Ltda. (CA)
- Agrícola y Comercial Los Robles Ltda. (CA)
- Prima Agrotrading S.A. (CA)

San Clemente.

- Agrofrutícola Corralones S.A. (CA)
- Agrofrutícola Pehuenche S.A. (PP)
- Agrofrutícola Cuenca del Maule S.A. (CA)
- Agrofrutícola Centro Norte S.A. (CA)
- Arcoriente S.A. (CA)
- Alimentos y Frutos S.A. (CA)
- Blu Valley S.A. (CA)
- Productores de Berries S.A. (CA)

Talca.

- Exportación e Importación Maule Ltda. (PP)
- Soc. Agrícola Agrofram Ltda. (PP).

Fuente: (ODEPA, 2008)

Medición de la eficiencia del sistema productivo

Un aspecto de gran importancia en la empresa agrícola es el análisis de la producción en términos de eficiencia; tanto técnica como económica, y de sustentabilidad. La actividad agrícola se sustenta en un entorno ecológico cambiante, con procesos interrelacionados, dinámicos e inestables, lo que hace que su estudio sea de gran complejidad. La planificación y toma de decisiones, en consecuencia, no debe efectuarse sin considerar la variabilidad que muestran los elementos que intervienen en su funcionamiento Acero et al., 2004 citado por Toro et al., (2010).

El objetivo de toda empresa es la creación de valor a través de la producción, siendo esta la generación de bienes o servicios. La producción puede ser descrita como el acto de transformar insumos o factores en productos. La relación que existe entre insumos (inputs) y productos (outputs) se formaliza mediante una función de producción. Esta función de producción establece el producto máximo que se puede obtener a partir de la combinación de factores o insumos utilizados de manera eficiente, considerando además la tecnología empleada.

La función de producción resume los que la empresa conoce acerca de la combinación de diferentes insumos para obtener el producto. Lo importante desde el punto de vista económico es la forma como la empresa utiliza sus insumos. Además, la función de producción resume las posibilidades tecnológicas de una empresa para la generación de un producto determinado (Coelli, Rao, & Battese, 2005). Surgen dos conceptos claves a considerar que están muy relacionados: la productividad y la eficiencia.

De acuerdo a (Coelli, 1995), un referente del análisis de eficiencia técnica en la economía agraria. Para ilustrar la distinción entre los términos de eficiencia y productividad, es útil imaginar una frontera de producción que define el estado actual de la tecnología en una industria. Las empresas de esta industria en la actualidad estarían operando ya sea en esa frontera, si son totalmente eficientes, o por debajo de la frontera si no lo son.

Además, Coelli plantea que los aumentos en Productividad pueden lograrse de dos maneras. En primer lugar, mejorando el estado de la tecnología al inventar nuevos arados, pesticidas, los planes de rotación, etc. Esto se conoce comúnmente como el cambio de tecnología y pueden ser representados por un desplazamiento hacia arriba en la frontera de producción. En segundo lugar implementando nuevos procedimientos, tales como la mejora de educación de los agricultores, para garantizar a los agricultores utilizar la tecnología existente de manera más eficiente. Esto es ilustrado por las empresas que trabajan más estrechamente a la frontera existente, empresas o entidades que están a la vanguardia en términos operacionales que ayudan a mejorar la producción. Por tanto, es evidente que el crecimiento de la productividad se puede lograr ya sea a través del progreso tecnológico o mejora de la eficiencia, y que las políticas necesarias para hacer frente a estas dos cuestiones es probable que sean muy diferentes.

Productividad. Es la relación que existe entre los insumos y los productos. La productividad de una empresa es la razón entre la cantidad total producida y todos los insumos utilizados en esa producción, medidos en las mismas unidades:

$$Productividad = \frac{Productos}{Insumos} \quad (1)$$

El producto es todo aquello que genere la propia empresa, y los insumos consideran todo lo consumido en la consecución del producto. Esto resulta un cálculo simple si consideramos un solo un producto y un insumo.

Eficiencia. La eficiencia puede ser definida como el adecuado uso o combinación de factores productivos para generar el máximo nivel de producto deseado, o tanto como sea factible producir (Coelli et al., 2005). Otra definición dada por Bueno y Morcillo (1993), citado por Toro et al., (2010a) establece que la eficiencia es la cualidad de “eficiente”, es decir, que se aplica a lo que realiza cumplidamente con las funciones a las que está destinado. En otras palabras, es hacer las cosas bien, es decir, con el mínimo esfuerzo y consumo de recursos (Toro et al., 2010a).

Gestión de la empresa. La evidencia nacional e internacional indica que los productores con mejor desempeño económico se caracterizan por realizar un mejor control de gestión. Planifican sus negocios en lo productivo, económico y financiero, que les permite poseer indicadores a través del tiempo, comparar el progreso y revisar sus planes futuros sobre la base de los resultados presentes (Veloso, 2012).

Farrell (1957) establece que una empresa es eficiente cuando su éxito en la producción radica en el mayor resultado posible generado dado un conjunto de insumos utilizados. La eficiencia de un sistema de producción hace referencia a la manera más adecuada de utilizar los recursos productivos con la tecnología de producción existente.

En la Figura N°6, la curva OF de representa la “frontera de producción” y corresponde a la máxima producción posible Y_i para cada nivel de insumos X_i en un tiempo t con un nivel tecnológico dado. Describe el conjunto factible de producción que corresponde a todas las combinaciones insumo-producto posibles de generar (área bajo la curva OF). Si la empresa se encuentra operando en los puntos B o C está produciendo a su máxima capacidad con

este nivel de insumos (sobre la frontera) y, por lo tanto, es técnicamente eficiente. En el punto A, la empresa produce de manera ineficiente ya que, para un mismo nivel de insumos (X_{AB}), la empresa podría aumentar su producción hasta la frontera o límite, el punto B. El punto C también representa un nivel más eficiente que el punto A ya que en este punto la producción de ambos es la misma (Y_{AC}) pero C es más eficiente ya que la genera con una menor cantidad de insumos (X_C). La eficiencia en entonces la podemos definir como el uso óptimo de los recursos disponibles para generar la mayor cantidad de producto posible.

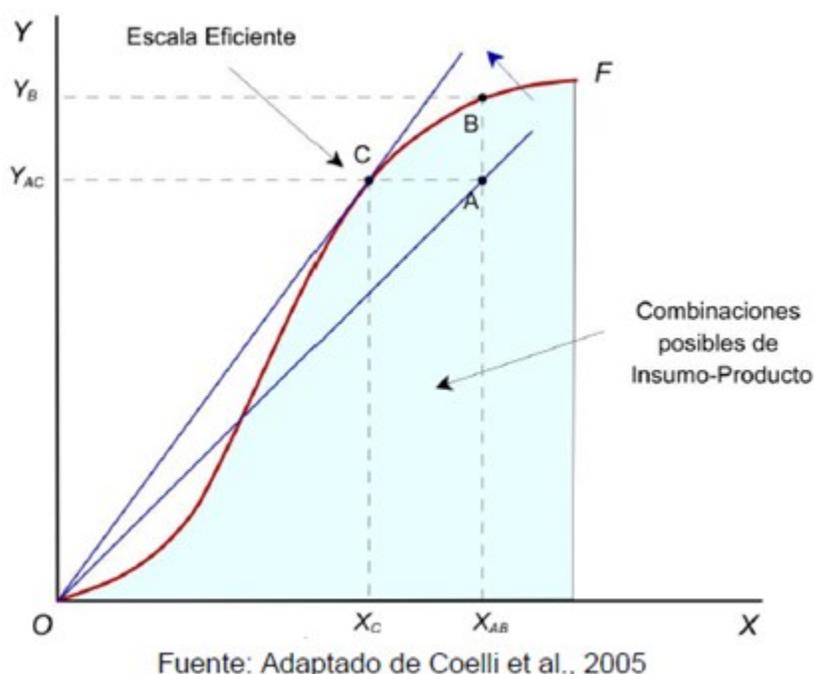


Figura 6 Frontera de producción y eficiencia técnica

La productividad es la relación que existe entre los insumos y los productos y corresponde a la relación entre cantidad de producto generado por unidad de insumo utilizado ($P_i = Y_i/X_i$). Si consideramos el mismo ejemplo, la productividad corresponde a la pendiente de un rayo (OA, OC) que parte del origen a cada punto del gráfico (Figura número 6). Como ya vimos, una empresa operando en el punto A es ineficiente (no se encuentra sobre la curva o frontera) y además su productividad no es la mejor: puede mejorar su eficiencia al pasar al punto C (uso eficiente de los insumos para un mismo nivel de producción) y además aumentar la productividad con un aumento de la pendiente del rayo OA a OC

($YC/XC > YA/XA$). Además, el punto C es el punto de escala óptima y corresponde al punto de máxima productividad posible ($YC/XC \text{ max}$). La empresa puede ser técnicamente eficiente y operar a través de toda la frontera de eficiencia técnica OF pero su productividad sólo será máxima en el punto C (máxima pendiente del rayo OC). Es decir, una empresa puede ser técnicamente eficiente (ejemplo punto B) pero puede mejorar su productividad a través de las economías de escala, y llegar al punto C. (Veloso, 2012).

La teoría de la eficiencia se remonta hasta los años 50, cuando Tjalling C. Koopmans y Gerard Debreu (1951) comienzan sus investigaciones con relación al uso eficiente de los recursos empresariales y al análisis de producción. En 1957 Michael J. Farrell, basado en los trabajos de Koopmans y Debreu, estudió la forma de medir la eficiencia, dividiéndola en eficiencia técnica y asignativa, citados por (Becerril, Álvarez, & Moral, 2010)

En la teoría económica una frontera de producción es una relación matemática que describe la cantidad máxima de salida que una entidad puede obtener de una entrada determinada de recursos dada la tecnología en uso. La medición de la eficiencia técnica tiene como objeto descomponer la eficiencia global de una producción en componentes técnicos y de asignación.

En relación a Michael James Farrell (1957) podemos destacar que fue pionero en utilizar técnicas de programación lineal primitivas para construir una frontera de producción de mejores prácticas. Según lo descrito por (Becerril et al., 2010) y (Velásquez, 2014) en (1977) el equipo de Dennis J. Aigner, CA Knox Lovell, y Peter Schmidt y el equipo de Wim Meeusen y Julien Van den Broeck utilizan técnicas estadísticas econométricas para desarrollar un concepto de frontera de producción de mejores prácticas que hoy se conoce como análisis de frontera estocástica. Un año más tarde, el equipo de Abraham Charnes, William W. Cooper, y Eduardo Rodas trabajaron refinando las técnicas de programación lineal de Farrell para construir un concepto de frontera de producción alternativa de mejor práctica conocida como análisis envolvente de datos, que funciona como un método para la evaluación de las unidades de toma de decisiones dentro de una organización, mediante el uso de precios sombra imputados. Ambos enfoques para la construcción de fronteras de

producción de mejores prácticas se han utilizado para proporcionar medidas empíricas de eficiencia técnica relativa. Ambos enfoques se han extendido a la construcción de las fronteras de costos de mejores prácticas y para la medición empírica de rentabilidad relativa.

El modelo teórico de análisis de frontera eficiente fue planteado por primera vez por Farrell (1957). La frontera eficiente de producción $f(x)$ define la cantidad máxima del producto que una determinada firma puede producir a partir de un conjunto dado de insumos x . La ineficiencia técnica corresponde a diferencias que surjan entre ese máximo teórico y lo que realmente produce la firma con esos insumos.

Estas diferencias reflejarían que la firma no ha minimizado del todo sus costos, por ejemplo al optar por proporciones inadecuadas en el uso relativo de distintos insumos. Por tanto, estimando esta frontera teórica de producción es posible definir indicadores de eficiencia para la unidad de producción bajo estudio.

Aigner et al., (1977), Meeusen y van den Broeck (1977) y Battese y Corra (1977) desarrollaron al mismo tiempo un modelo frontera estocástica (MFE) que, además de incorporar el término eficiencia en el análisis (al igual que el enfoque determinista) también capta los efectos de los shocks exógenos más allá el control de las unidades analizadas. Por otra parte, este tipo de modelo también cubre errores en las observaciones y en la medición de salidas. Para el caso Cobb-Douglas, y en términos logarítmicos, el modelo single-output de frontera estocástica se puede representar como

$$\ln Y_i = \beta_0 + \sum_{n=1}^N \beta_n \ln X_{ni} + v_i - u_i \quad (2)$$

Lo interesante es que el error se divide en dos partes. Es decir, el término $v_i - u_i$ es un término de error compuesto, donde v_i representa el azar (o ruido estadístico) y u_i representa la ineficiencia técnica. Se supone que el error que representa el ruido estadístico o aleatorio tiene que ser idéntico independiente e idénticamente distribuido. En cambio, el término de error relacionado con la ineficiencia sigue generalmente una distribución normal

truncada. En cualquier caso, para el análisis de medición de la eficiencia, el término de error compuesto tiene que ser separados. Jondrow, Lovell, Materov y Schmidt (1982) mostraron que para el caso medio-normal, el valor esperado de u_i condicional en el compuesto término de error es:

$$E[u_i|e_i] = \frac{\sigma\lambda}{(1 + \lambda^2)} \left[\frac{\phi(e_i\lambda/\sigma)}{\Phi(-e_i\lambda/\sigma)} - \frac{e_i\lambda}{\sigma} \right] \quad (3)$$

Uno de los estudios más importantes que hemos analizado es el caso de Niaz & Rahman, (2009) el cual tuvo como objetivo determinar la productividad y la eficiencia técnica en la producción de arroz en la zona rural de Bangladesh, una aldea con 140 hogares, y el cómo afectaba el nivel de educación en la menor o mayor nivel de productividad, los resultados fueron a grandes rasgos que la educación reduce significativamente las ineficiencias de producción, en consecuencia el estudio concluye que una de las formas de mejorar los niveles de productividad y eficiencia es por medio de una política pública en Bangladesh que genere por un lado programas de alfabetización para adultos y por el otro lado que el estado provea a la comunidad con nuevas herramientas de producción, sea maquinas nuevas o nuevos procesos más eficientes.

Otro de los estudios que consideramos importante mencionar es el estudio realizado por (Schilder & Bravo-Ureta, 1993). En compañía de uno de los autores más importante de Sudamérica en materia de análisis de eficiencia técnica Boris E. Bravo-Ureta el objetivo del estudio era analizar el caso de la cuenca lechera central Argentina, el estudio abarcó la Provincia de Santa Fe y el este de la Provincia de Córdoba, que es considerada la más importante del país y probablemente de toda Sudamérica. Con un total de 10.500 explotaciones, 600.000 vacas lecheras y una producción anual de leche cercana a los 1.600 millones de litros, el trabajo en sí buscaba identificar cual variable era pertinente mejorar para aumentar la productividad y la eficiencia técnica con lo cual se lograría niveles importantes de eficientes en materia económica, mejores márgenes y por lo tanto una mayor viabilidad de las operaciones lecheras. Los resultados en sí tuvieron por un lado que el nivel de eficiencia para los grandes productores eran buenos y que los márgenes de

mejora eran muy acotados, fruto de la tecnología que aplicaban, la economía de escala que generaban y los vastos terrenos en los que operaban con lo cual los animales tenían mayor y mejor áreas de pastoreo. Por otro lado los pequeños y medianos productores tenían un nivel de eficiencia intermedio y que por lo tanto tenían oportunidades de mejora, agregando a sus operaciones una mayor expansión física, generando economías de escala.

Desde los estudios pioneros de eficiencia realizados por (Farrell, 1957), un número importante de investigadores han validado esta metodología como una gran herramienta econométrica para estudiar la eficiencia de los distintos sectores de la economía. Podemos mencionar que en las investigaciones de eficiencia también se han utilizado los modelos no-paramétricos denominados Análisis Envolvente de Datos (DEA), sin embargo nos centraremos con especial énfasis en los modelos de frontera estocástica (SFA).

Dentro de los estudios que mencionaremos a continuación uno de los más antiguos es el de (Schilder & Bravo-Ureta, 1993) que fue publicado en Julio de 1993 y analizó la eficiencia técnica de la principal cuenca lechera de Argentina y una de las más importantes de Sudamérica, este concluyó que existía un alto grado de eficiencia técnica en la zona analizada (excluyendo el resto de argentina), con una muestra de 90 observaciones, con 7 que se descartaron por ser atípicas de una población total de 853 establecimientos en la provincia de Santa Fe. Después encontramos a (Lema & Delgado, n.d.), quienes realizaron un estudio a 57 apicultores argentinos con el objetivo de identificar los factores que afectan la eficiencia, también a través del método de frontera estocástica.

Bravo-Ureta et al., (2007), estudiaron el efecto de la técnica de estimación del modelo, la forma funcional del modelo y el tamaño de la muestra en las estimaciones de eficiencia técnica. Solís, Bravo-Ureta, & Quiroga, (2007), en una investigación realizada en El Salvador y Honduras, evaluaron y analizaron los niveles de eficiencia técnica para los agricultores de ladera bajo diferentes niveles de adopción de la conservación del suelo. La metodología consideró estimaciones de modelos de fronteras de producción estocástica separadas y corregidas por sesgo de selección para cada grupo, concluyendo que los hogares con adopción de conservación por encima del promedio muestran estadísticamente mayor promedio de Eficiencia técnica que aquellos con menor adopción.

También encontramos el aporte realizado por (Álvarez Pinilla & Del Corral Cuervo, 2008) quienes para el sector lechero asturiano aplicaron análisis de cluster y modelos de clase latentes antes de estimar las funciones de producción, con el objetivo de eliminar el sesgo de producción.

En Chile encontramos un estudio de eficiencia técnica para los pequeños productores de trigo en la región del Bío-Bío realizado por (Jaime & Salazar, 2011) quienes aplicaron un modelo de frontera estocástica de tipo translog, concluyendo que el promedio de eficiencia técnica obtenido para los pequeños productores de trigo de la Región del Bío-Bío es 61.01%. Los autores encontraron que el sector Laja-Diguillín poseen los niveles más altos de eficiencia técnica con un 67%, seguido por el sector Bío-Bío, Cordillera y Punilla con valores de 65% y 63%, respectivamente, y finalmente, Valle del Itata con un 50,4% el nivel más bajo de eficiencia técnica.

En Argentina (Ulmer, J. et al, 2011) encuestaron a 18 empresas apícolas de las cuales se recabó información técnico-económica y posteriormente se clasificaron en tres grupos, con el objetivo de buscar los principales problemas de eficiencia, finalmente concluyeron que en el estrato inferior, la mano de obra utilizada fue superior a la necesaria en todos los casos.

En Alberta (Canadá) encontramos un estudio ganadero realizado por (Samarajeewa, Hailu, Jeffrey, & Bredahl, 2012), donde la eficiencia técnica para la muestra de granjas de vacas y terneros oscilan entre el 16,3% y el 98,3% con una media de 83,3%. Esto reveló que en Alberta las granjas de vacas y terneros no son totalmente exitosas en lograr los máximos resultados posibles con los inputs y tecnologías dadas.

Finalmente uno de los estudios más recientes que hemos encontrado fue realizado en China por (Xiaobao, Zhongfu, Kangting, Liwei, & Puyu, 2015). En este artículo analizan la red inteligente de electricidad, bajo los modelos DEA y de frontera estocástica, además proponen un nuevo método para evaluar la eficiencia técnica y asignativa de la red inteligente basada en ambos modelos. Este estudio realiza un gran aporte para el sector, ya que uno de los principales objetivos de la planificación general de red inteligente es lograr una amplia gama de optimización de la asignación de recursos.

Así como hemos expuesto existen diversos estudios que aplican tanto la metodología de fronteras estocástica como la metodología de análisis envolvente de datos DEA, y cada uno de ellos realiza contribuciones a cada una de las áreas donde se apliquen, por lo general se pueden encontrar en el área de la agricultura artículos de arroz, trigo, maíz, en el sector lechero y también en el área de la ganadería con estudios de vacuno, en el área de la apicultura, pero no solo en este tipo de producciones como hemos visto los estudios de eficiencia técnica se pueden aplicar en cualquier área de producción, incluso de servicios. Con respecto a la producción de Berries en general, no hemos encontrado estudios que realicen un análisis de eficiencia técnica, pero si otro tipo de investigaciones como (Retamales et al., 2014) quienes realizaron una muy buena descripción de la producción de blueberry en Chile en la situación actual y con proyecciones hacia el futuro.

III. METODOLOGÍA

La base de datos trabajada fue proporcionada por El Instituto de Desarrollo Agropecuario INDAP, la cual nos brindó la información obtenida a través de la encuesta de Servicio de Asesoría Técnica (SAT predial), cosecha 2007-2008. La base de datos Berries tenía consigo a 454 productores AFC de la región del Maule, pero que al pasar las etapas estadísticas fue corregida y filtrada hasta obtener una muestra de 144 productores que cumplieran con el estándar que necesitábamos como insumo principal para el análisis.

Esta muestra tiene un nivel de significancia de 5%. Adicional a ello mencionamos que para cumplir el objetivo de determinar los modelos econométricos que mejor representen la producción de Berries en AFC, tuvimos que desagregar la plantación de frutillas, moras y arándanos, producto de estar generando una alteración importante al hacer el moldeamiento de datos, tanto lineal como log-log.

En relación a El Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) es una institución dependiente del Ministerio de Agricultura cuya creación y mandato están establecidos por la Ley Orgánica 18.910, modificada por la Ley 19.213 en mayo de 1993. Uno de los objetivos más trascendentales que posee esta institución es: “promover el desarrollo económico, social y tecnológico de los pequeños productores agrícolas y campesinos, con el fin de contribuir a elevar su capacidad empresarial, organizacional y comercial, su integración al proceso de desarrollo rural y optimizar al mismo tiempo el uso de los recursos productivos”. Respecto a la encuesta que aplica INDAP podemos afirmar que es una importante fuente de información que ayuda en definitiva a ver las carencias, defectos y potenciales capacidades que tienen nuestros pequeños y medianos productores. Con ello INDAP toma decisiones estratégicas, focaliza recursos económicos, técnicos, humanos y ayuda en definitiva a generar un proceso positivo de retroalimentación con los usuarios, tanto de aprendizaje, capacitaciones, circulares, etc.

Los objetivos del Servicio de Asesoría Técnica (SAT) es contribuir a mejorar de forma sostenible el nivel de competitividad del negocio o sistema productivo desarrollando las capacidades de los usuarios, por medio de acciones de transferencia técnica, asesoría en gestión y la articulación con otros programas de fomento.

Los objetivos específicos del programa son:

- Contribuir al aumento de la productividad de los negocios de los usuarios.
- Contribuir al aumento de la calidad de los productos de los usuarios.
- Contribuir a la agregación de valor de los productos de los usuarios.
- Facilitar la articulación con otros programas de fomento que busquen mejorar la competitividad, el uso sustentable de los recursos naturales y el acceso a mercados nacionales e internacionales. Fuente: INDAP 2015

El área de estudio del presente trabajo es la Microeconomía, en específico la teoría de la producción. La metodología se divide de la siguiente forma, primero una función de producción, con las variables más importantes según la literatura económica luego una descripción de los modelos elementales de la econometría, regresión lineal, múltiple y los supuestos que se deben cumplir al realizar el análisis, luego de ello abordaremos los modelos econométricos más usados por la literatura mundial para medir la eficiencia, sus cualidades más importantes, y posterior a ello definiremos nuestro modelo aplicado de frontera estocástica SFA mas un comparativo del modelo DEA para contrastar los resultados obtenidos.

La producción puede ser descrita como el acto de transformar insumos o factores en productos. La relación que existe entre insumos (inputs) y productos (outputs) se formaliza mediante una función de producción, expresión que representa la producción de un bien específico resultado del uso de una serie de insumos tales como capital, mano de obra, energía, materias primas, etc. durante un periodo de tiempo:

$$Q = f(K, L,..) \quad (4)$$

Donde Q refleja los bienes producidos; K, el insumo capital; L, el insumo trabajo.

Esta función de producción establece el producto máximo que se puede obtener a partir de la combinación de factores o insumos utilizados de manera eficiente, considerando además la tecnología empleada. El cómo asignamos adecuadamente los insumos para maximizar la generación de valor e incrementar la productividad es una interrogante que debe ser resuelta con un criterio económico.

La función de producción resume lo que la empresa conoce acerca de la combinación de diferentes insumos para obtener el producto. Lo importante desde el punto de vista económico es la forma como la empresa utiliza sus insumos.

La manera más básica de aterrizar una función de producción es a través de una regresión lineal simple que se puede describir de la siguiente forma:

Regresión lineal simple

$$\hat{Y}_i = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 X_i \quad (5)$$

donde \hat{Y} se lee Y-gorroo Y-sombrero

$\hat{Y}_i =$ estimador de $E(Y | X_i)$

$\hat{\beta}_1 =$ estimador de β_1

$\hat{\beta}_2 =$ estimador de β_2

Forma estocástica de la FRM³ $\hat{Y}_i = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 X_i + \hat{u}_i$

Residuo o error muestral \hat{u}_i

Yi observada en términos de FRM $Y_i = \hat{Y}_i + \hat{u}_i$

Una regresión lineal simple posee propiedades numéricas de los estimadores de MCO⁴

1. Los estimadores MCO están expresadas en términos de las cantidades observables (muestra)

³ Función de Regresión Muestral

⁴ Mínimos Cuadrados Ordinarios

2. Son estimadores puntuales-dada la muestra, cada estimador proporcionará un solo valor del parámetro poblacional relevante.
 - La recta de regresión muestral pasa por las medias de Y y X
 - El valor de la media de los residuos es cero
 - Los residuos no están correlacionados con el valor predicho Y_i
 - Los residuos no están correlacionados con X_i

Supuesto de la regresión lineal simple

A1: El Modelo de Regresión Lineal es lineal en los parámetros

A2: Los valores de X son fijos en repetidas muestras.

A3: La media de los términos de perturbación es cero u_i

A4: Homocedasticidad o igual Varianza de u_i .

A5: No Autocorrelación entre las perturbaciones

A6: Cero covarianza entre u_i e X_i

A7: El número de observaciones n es más grande que el número de parámetros a estimar

A8: Variabilidad en los valores de X

A9: El modelo de Regresión está Correctamente Especificado.

A10: Con la regresión Múltiple, se agrega el supuesto de no Perfecta Multicolinealidad entre las variables independientes o explicatoria.

Regresión múltiple

La ecuación básica para la regresión múltiple es:

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \dots + \beta_k X_{ki} + u_i \quad (6)$$

- Donde Y_i es la variable dependiente que deseamos explicar
- B_1 es el intercepto o término constante
- Cada X es una variable diferente, las β 's correspondientes a cada X 's son los impactos de la variable en Y (manteniendo todos los otros factores constantes)
- u_i es el termino de error

Supuestos de la Regresión Múltiple

Son similares al caso de dos variables

- Media de u_i es cero: $E(u_i|X_{2i}, X_{3i})=0$
- No serial correlación: $cov(u_i, u_j)=0$
- Homocedasticidad: $var(u_i)=\sigma^2$
- Cero covarianza entre u_i y cada X
- $Cov(u_i, X_{2i})=cov(u_i, X_{3i})=0$
- No existe sesgo de especificación
- Lineal en parámetros ($\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_k$)
- No perfecta Multicolinealidad

Tipos de Errores de Especificación

Existen 5 tipos de errores de especificación

- Exclusión de una variable relevante
- Inclusión de una variable irrelevante
- Forma funcional Incorrecta
- Errores de Medición

Regresión tipo Cobb Douglas

La función de producción Cobb Douglas es una función neoclásica ampliamente utilizada por economistas de todo el mundo dado su versatilidad, y fácil manejo. Sirve para representar las relaciones entre un producto y las variaciones de los insumos tecnología, trabajo y capital. Fue propuesta por Knut Wicksell (1851-1926) e investigada con evidencia estadística concreta, por Charles Cobb y el Matemático Paul Douglas en 1928.

$$Y_t = A K_t^\alpha L_t^\beta \quad \text{donde} \quad 0 < \alpha, \beta < 1 \quad (7)$$

Y_t : Producción

A : Progreso técnico exógeno

K_t : Stock de capital

L_t : número de empleados en una economía

En la práctica este tipo de regresión ampliamente utilizada se trabaja con linealizando la función con logaritmo natural de la siguiente forma:

$$\ln Y_t = \ln A + \alpha \ln K_t + \beta \ln L_t \quad (8)$$

Con esto se logra linealizar la función, con el objetivo de poder modelar una función que es exponencial de manera lineal y poder utilizar la metodología de mínimos cuadrados ordinarios (OLS). Esta forma funcional no solo considera solo variables en términos de unidades sino que el valor monetario de las variables analizadas.

Medición de la eficiencia

La eficiencia productiva o económica se determinan como la cantidad de realizada producción (de un determinado bien) mediante la utilización de la menor cantidad de insumos posible, bajo una estructura tecnológica dada, y para cuya estimación existen distintas metodologías posibles.

Dentro de la literatura clásica se suele diferenciar entre modelos paramétricos y no paramétricos, según Bogetoft & Otto, (2011) los “Modelos paramétricos se caracterizan por estar definido a priori, a excepción de un conjunto finito de parámetros desconocidos que se estiman a partir de datos” y los “Modelos no paramétricos se caracterizan por estar mucho menos restringido a priori” ya que estos están determinados por los datos observados, estos modelos suelen utilizarse cuando los datos no se ajustan a una distribución conocida.

Los modelos paramétricos son más flexibles en cuando a los supuestos que se pueden hacer sobre la calidad de los datos en cambio los modelos no paramétricos son más flexibles en términos de las propiedades económicas de producción.

Otra distinción importante es la separación entre los modelos deterministas y estocásticos. Los modelos estocásticos consideran el hecho de que las observaciones individuales pueden

estar afectadas por ruido aleatorio, en consecuencia tratan de identificar y separar la ineficiencia del ruido aleatorio. Los modelos deterministas no consideran el ruido aleatorio, por tanto todas las desviaciones de los datos se consideran parte de la eficiencia o ineficiencia de cada empresa.

Análisis de Frontera Estocástica

Para el Análisis de Frontera Estocástica es necesario suponer una determinada forma funcional explícita (y usualmente parametrizada) para dicha función de producción que puede tomar una forma funcional del tipo Cobb-Douglas, de Elasticidad de Sustitución Constantes (CES), funciones que incorporan términos cruzados como las Translog, entre otras (Schuschny, 2007). En una aproximación paramétrica se asume a priori que la función de producción presenta una forma funcional específica, pero que los detalles de esta función son definidos por los parámetros β que son desconocidos (Bogetoft & Otto, 2011). Considerando que la función de producción puede ser descrita con el modelo

$$y = f(x;\beta) \exp(\varepsilon) \quad (9)$$

donde y es el producto generado, x es el vector de insumos utilizados, β son los parámetros desconocidos a ser estimados, y (ε) puede ser considerado como perturbación aleatoria en un modelo de regresión ordinario, como una expresión de ineficiencia en un modelo determinístico, y por último, ser considerados ruido estadístico e ineficiencia en un modelo estocástico.

La función de producción frontera para la aproximación estocástica toma la siguiente forma:

$$y^k = f(x^k; \beta) \exp(\varepsilon), \text{ donde } \varepsilon = v - u, \text{ luego} \quad (10)$$

$$y^k = f(x^k; \beta) \exp(v^k) \exp(-u^k) \quad (11)$$

Donde se asume que

$$v^k \sim N(0, \sigma_v^2), u^k \sim N + (0, \sigma_u^2), k = 1, \dots k. \quad (12)$$

En la tabla siguiente se describe la aproximación paramétrica de ruido estadístico (v) e ineficiencia (u).

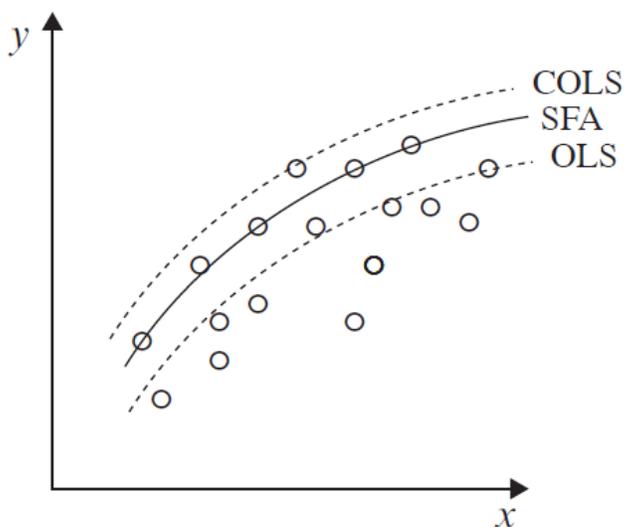
Tabla 4 Aproximación paramétrica de perturbación aleatoria e ineficiencia

Aproximación	Especificación multiplicativa
Regresión	$Y = f(x; \beta) \exp(v)$
Determinística	$Y = f(x; \beta) \exp(-u)$
Estocástica	$Y = f(x; \beta) \exp(v) \exp(-u)$

Fuente: Elaboración propia en base a (Bogetoft & Otto, 2011)

En la tabla $v \in \mathbb{R}$ es la perturbación aleatoria y $u \in \mathbb{R}^+$ es la perturbación atribuido a la ineficiencia. De acuerdo a la especificación multiplicativa (la medida de eficiencia postulada por Farrell son multiplicativas por naturaleza), v puede incrementar o reducir la producción, como $\exp(v) \leq 1$ cuando $v \leq 0$ y $\exp(v) \geq 1$ cuando $v \geq 0$, mientras que u siempre disminuye la producción, debido a que $\exp(-u) \leq 1$ cuando $u \geq 0$ (Bogetoft & Otto, 2011).

Bajo estas consideraciones podemos graficar las tres aproximaciones para una función de producción de un solo input (insumo).



Fuente: Bogetoft y Otto, 2010

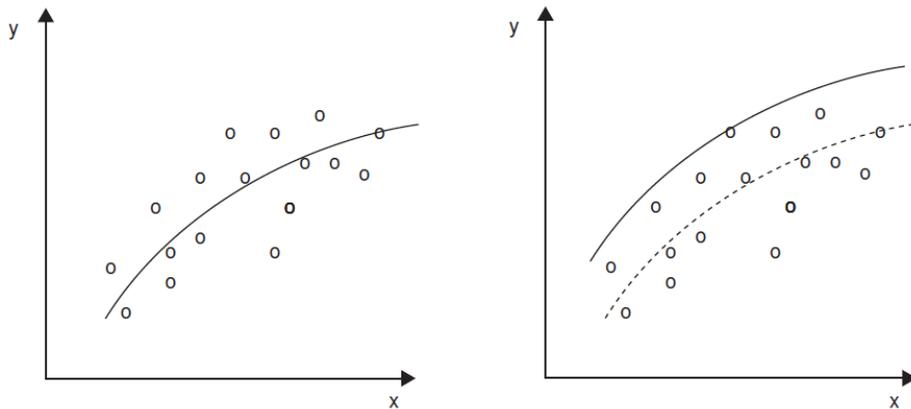
Figura 7 Tres aproximaciones para una función de producción

En la teoría microeconómica, la función de producción indica la cantidad máxima de salida para cada conjunto dado de entradas. Por lo tanto, en teoría, una observación no podría estar por encima de la función de producción, pero si por debajo de la función de producción y estas observaciones indicarían ineficiencia técnica. Como se muestra en la primera grafica de la figura número 6, la mitad de los datos se encuentran por debajo de la función de producción y la otra mitad se encuentra por sobre la función de producción lo que en teoría no debiera ocurrir.

Esto significa que todos los residuos deben ser negativos o cero. Una función de producción con solamente residuos no positivos podría ser:

$$\ln y = \ln f(x) - u \quad \text{con } u \geq 0, \quad (13)$$

Donde $-u \leq 0$ son los residuos no positivos. Una aproximación para lograr esto podría ser estimar una función de producción promedio por mínimos cuadrados ordinarios (OLS) y luego simplemente cambiar la producción función hasta todos los residuos son negativos o cero. Sin embargo, este procedimiento no tiene en cuenta el ruido estadístico y es muy sensible a outliers positivos.



Fuente: Bogetoft and Otto (2011)

Figura 8 Análisis de frontera estocástica

Una consideración importante a tener en cuenta, es que los estudios econométricos se basan fuertemente en contrastar los resultados estadísticos con la teoría económica, en este caso microeconómica, la llamada teoría del productor, por tanto se generara una dualidad en la interpretación por un lado la función de producción OLS contra la función de producción que genera la llamada frontera estocástica. En consecuencia se debe recalcar que para la teoría microeconómica la función de producción no es más que una forma de representar la cantidad máxima del bien que este puede producir utilizando distintas combinaciones de capital (k) y de trabajo (l) por tanto $q = f(k,l)$, en consecuencia se muestra la frontera máxima que puede alcanzar un productor dado un nivel dado de insumos k y l .

En contraposición a una función de producción OLS la metodología de frontera estocástica es una herramienta no determinística, basada en la estadística y que a través una función de producción promedio, dados los niveles de insumos k y l , separa el error en dos partes. La interpretación que se le da a esta última frontera de producción es que los productores que más se acerquen al límite frontera de producción son técnicamente más eficientes, puesto que esta representa los niveles máximos de producción posibles dados unos recursos determinados, pero considerando el error aleatorio de los datos. Por otro lado, los productores que están por debajo de ella serán técnicamente más ineficientes. Los puntos fuera de la frontera de producción representan volúmenes de producción que no son alcanzables a partir de los recursos con los que cuenta.

Este es un modelo (SFA) de enfoque paramétrico, utiliza más suposiciones a priori sobre su estructura que el método DEA, sin embargo este modelo considera la separación entre ruido netamente aleatorio e ineficiencia en las desviaciones de la frontera estimada. A diferencia de DEA que tiene sus raíces en la programación matemática SFA tiene sus raíces en la teoría econométrica.

Estudios como el realizado por (Ozkan, Ceylan, & Kizilay, 2009) concluyen que una estimación de frontera estocástica es la herramienta más adecuada para determinar la eficiencia técnica de producción, granjas y explotaciones agrícolas. Tras una revisión de la literatura y la aplicación de las metodologías en producciones agrícolas, específicamente el enfoque de frontera estocástica reveló una fuerte relación entre la ineficiencia de la producción agrícola y los agricultores, características agrícolas, las influencias ambientales y los factores socioeconómicos que influyen en el proceso de transformación de entrada.

DEA (análisis envolvente de datos)

El Análisis Envolvente de Datos, conocido como DEA (Data Envelopment Analysis), es una técnica no paramétrica para la medición de la eficiencia relativa de unidades organizacionales, en situaciones donde existen múltiples inputs y outputs. Los orígenes de DEA se remontan a los años 70, cuando Charnes, Cooper y Rhodes (1978) desarrollaron la técnica. El DEA a diferencia de los modelos de eficiencia econométricos como el SFA y el COLS, se estima mediante algoritmos de programación lineal, específicamente la optimización de un sistema dado de inecuaciones.

Al utilizar el DEA se establece la formulación del modelo y su resolución calcula la frontera de producción como una envolvente a los datos, determinándose para cada uno de los datos si pertenece o no a la frontera. Se adapta a contextos multiproductos, e incluso, de ausencia de precios. El DEA como metodología de análisis de eficiencia, no requiere la especificación de una forma determinada de curva, por ser una técnica no paramétrica. Además, permite asumir rendimientos variables a escala y medir la eficiencia de escala, lo cual no es posible con los métodos paramétricos. Una ventaja adicional del DEA es la

posibilidad de poder comparar cada empresa ineficiente con aquella empresa eficiente con similar mix de outputs e inputs, que actúa como referente (peer).

Ésta proporcionará información útil para guiar las decisiones de las empresas ineficientes que aspiren a mejorar. El modelo original de DEA fue desarrollado por Charnes (1978). Para calcular la eficiencia relativa de una firma, actualmente se prefiere resolver el problema dual, modelo que puede ser escrito de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 & \text{Min } \theta \lambda \theta && (14) \\
 & \text{S a:} \\
 & \quad -y_i + Y_\lambda \geq 0 \\
 & \quad \theta_{xi} - X_\lambda \geq 0 \\
 & \quad \lambda \geq 0
 \end{aligned}$$

Donde:

X = matriz de inputs Kx N

Y = matriz de outputs MxN

θ es un escalar, multiplica al vector de inputs

λ es un vector de constantes N x 1. Multiplica a la matriz de inputs y outputs

N = numero de firmas.

Los estudios de eficiencia se caracterizan por presentar una amplia gama de arquetipos econométricos, cada método posee sus ventajas y desventajas, por tanto el rol de investigador es ver qué modelo posee mayor capacidad para ser robusto y versátil con la naturaleza de los datos que se están estudiando.

Estas dimensiones de análisis de eficiencia son llevadas a la práctica por cuatro modelos distintos que se resumen en la siguiente tabla N°9.

Tabla 5 Taxonomía de los métodos de frontera

	Determinístico	Estocástico
Paramétrico	Mínimos cuadrados ordinarios corregidos (COLS) Aigner and Chu (1968), Lovell (1993), Greene (1990, 2008)	Análisis de Frontera estocástica (SFA) Aigner (1977), Battese y Coelli (1992), Coelli (1998a)
No Paramétrico	Análisis envolvente de datos (DEA) Chames (1978), Deprins (1984)	Análisis envolvente de datos estocásticos (SDEA) Land (1993), Olesen y Petersen (1995), Fethi (2001)

Fuente: (Bogetoft & Otto, 2011)

Mínimos cuadrados Ordinarios Corregidos (COLS):

Este es un modelo de estimación de Frontera determinista que se divide en dos etapas para estimar los parámetros. Primero se determinan los Mínimos cuadrados ordinarios (OLS) que básicamente es minimizar los errores al cuadrado y que permite obtener estimaciones consistentes e insesgadas en parámetros, también una estimación consistente, pero sesgada del intercepto. El segundo paso es corregir el intercepto, para asegurar que la frontera estimada limita los datos desde arriba para la regresión.

Análisis Envolvente de Datos (DEA):

El método DEA tiene sus orígenes en la programación matemática y estima las fronteras de producción bajo el principio de mejores prácticas, es decir toma la información de los datos históricos. DEA estima la tecnología óptima en función de la selección transversal de datos históricos reales de producción observados. Este también se caracteriza por reflejar y respetar las características de la industria, es un modelo flexible en su estructura capaz de adaptarse a los datos y no depende excesivamente de muchos supuestos, su desventaja se encuentra en que no es capaz de separar el ruido aleatorio.

Análisis Envolvente de Datos estocásticos (SDEA):

Este modelo combina la estructura flexible que posee el método DEA con la posibilidad de que algunas de las variaciones de los datos puedan ser el ruido aleatorio. Sin embargo este modelo requiere de un alto costo, la tarea de estimación es más grande, los datos necesarios son mayores además de que no se puedan evitar una serie de fuertes supuestos sobre la distribución del término de ruido. El que no siempre se pueda tener acceso a todos los datos necesarios, más el hacerle frente a la incertidumbre que nos obliga a prescindir un poco con la flexibilidad y viceversa, hacen que este ser una modelo un tanto más complejo de llevar a cabo. Esto significa que la utilización de métodos como DEA y SFA puede ser muy útil y que no siempre es necesario pasar a un modelo SDEA.

IV. RESULTADOS

Descripción de los productores

La Encuesta SAT estudiada tiene un universo de 144 productores, en su mayoría pequeños productores agrícolas que disponen en su mayoría de menos de 1 hectárea (Ha) de terreno. Además la encuesta tiene como foco analizar la población de la VII región del Maule, que es en definitiva la región más importante de Chile en la producción de Berries.

Respecto a las comunas analizadas de la región del Maule las más importantes dentro de la base de datos son la población de productores de la ciudad de San Clemente 61 encuestas (42,36%), Retiro 51 encuestas (35,42%), Parral 30 encuestas (20,83%), Talca y Linares una encuesta cada uno (0,69% c/u).

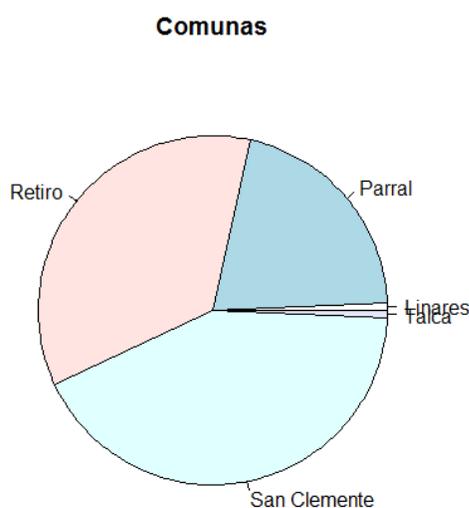


Figura 9 Comunas de la base de datos

Analizando la variable genero podemos constatar que del universo de 144 encuestas 40 pertenecen al sexo Femenino (27,78%) y 104 encuestas al sexo Masculino (72,22%)

Respecto al año de nacimiento de los encuestados el intervalo analizado empieza para los nacidos entre 1923 (85 años) y un máximo de 1983 (25 años), con una mediana de 1958 (50 años) y una media de 1957 (51 años), si analizamos el histograma verificamos que la mayoría de la población encuestada se encuentra entre 1950 y 1970.

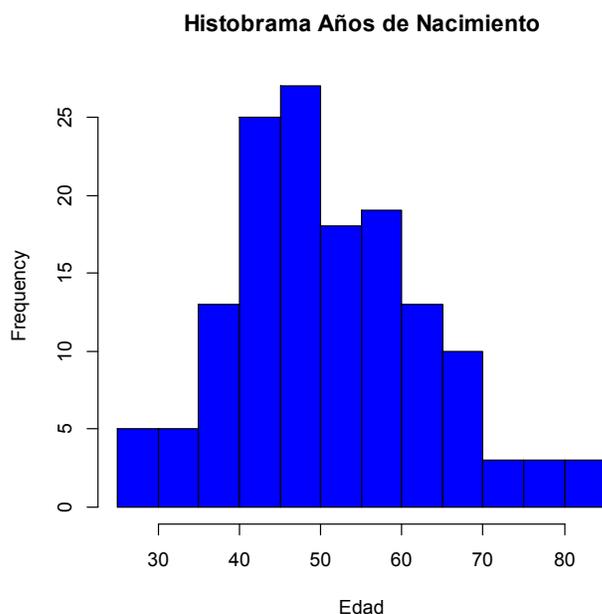


Figura 10 histograma edad de los productores

Nivel de educación

En el análisis estadístico se decidió relacionar la variable educación con el año de nacimiento. Para ello primero debemos definir que el nivel de educación fue encasillada en una escala de 0 a 2.

0 = Básica (completa e incompleta)

1 = Media (completa e incompleta)

2 = Educación Superior (Instituto profesional, técnico o universitario)

Por medio de esta relación verificamos que las personas nacidas entre 1923 y 1960 poseen un menor nivel educacional y que a medida que avanzan los años la población (población más joven) tienden a seguir estudios de nivel medio o superior, lo cual es muy positivo si

aplicamos el supuesto que mientras la población tenga un mayor y mejor nivel educacional se podría llegar a lograr mejores rendimientos en los cultivos, mejores resultados.

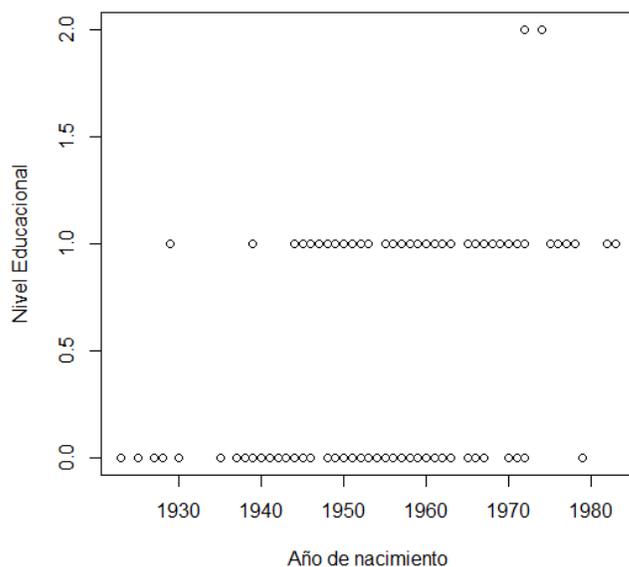


Figura 11 Relación años de nacimiento con nivel educacional de los productores

Estado civil

Del universo de los encuestados (144) la mayoría dice estar casado(a) 115 (79,86%), 28 declaran estar solteros (a) 19,44% y solo uno declara estar viudo (a) 0,695%.

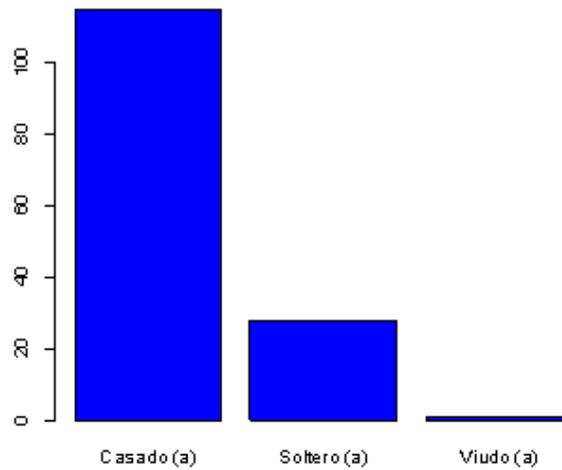


Figura 12 Estado civil

Familias

La composición de las familias se compone en su mayoría de un matrimonio con una mediana de 2 hijos por familia, un valor extremo superior de 3 hijos y un dato atípico de 4 hijos, que se presenta como outliers. Respecto a la edad mínima de los hijos es 3 años y la edad máxima encuestada de uno de los hijos es 48 años.

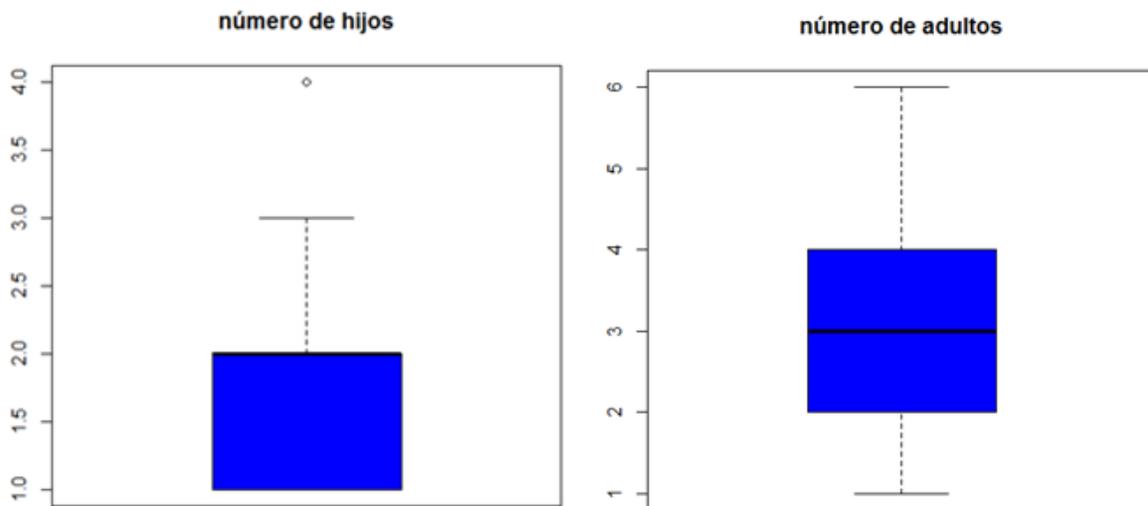


Figura 13 Número de hijos – número de adultos

El número de adultos que componen las familias de los encuestados tiene una mediana de 3 integrantes, si vemos el trasfondo de ello es porque básicamente son familias ya mayores que viven con sus hijos mayores de edad, o son familias que habitan con sus abuelos (a) si verificamos el primer cuartil de los datos (25%), esta nos presenta que los encuestados tienen a 2 adultos en su composición familiar, (casados), lo que si tiene mucho sentido dado que casi un 80% de los encuestados dice estarlo.

Descripción de la producción

Del universo de los encuestados 144, damos cuenta de que la mayoría de los productores en la región del Maule se especializan en la producción de Frambuesas, 111 productores que representan al 77,083% de los encuestados, le siguen por importancia los productores de mora, 18 productores que representan un 12,5%, luego le sigue los productores de arándanos con 14 productores equivalentes al 9,722%, más atrás la frutilla con un productor equivalente a 0,694%. Respecto al peso al peso de la Frambuesa en la encuesta SAT, tiene mucho sentido dado que la VII región del Maule, es el mayor productor del país.

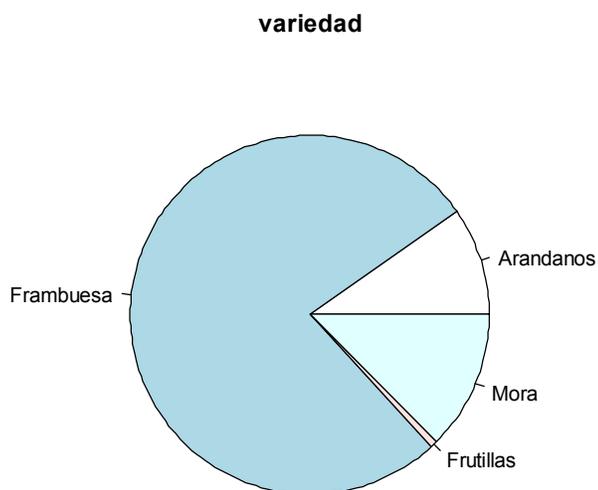


Figura 14 Variedades

La superficie plantada de Berries por los agricultores pertenecientes a los llamados AFC se caracteriza por considerar pequeños predios, la mayoría menor a una hectárea.

Al analizar estadísticamente la composición, verificamos que para el tercer cuartil es decir el 75% de los datos poseen menos de 1 hectárea (Ha) de terreno cultivado. Respecto a los outliers que se generan son básicamente 26 (18,05%) productores de un total de 144 que poseen de 1 a 4 hectáreas de terreno cultivado con Berries.

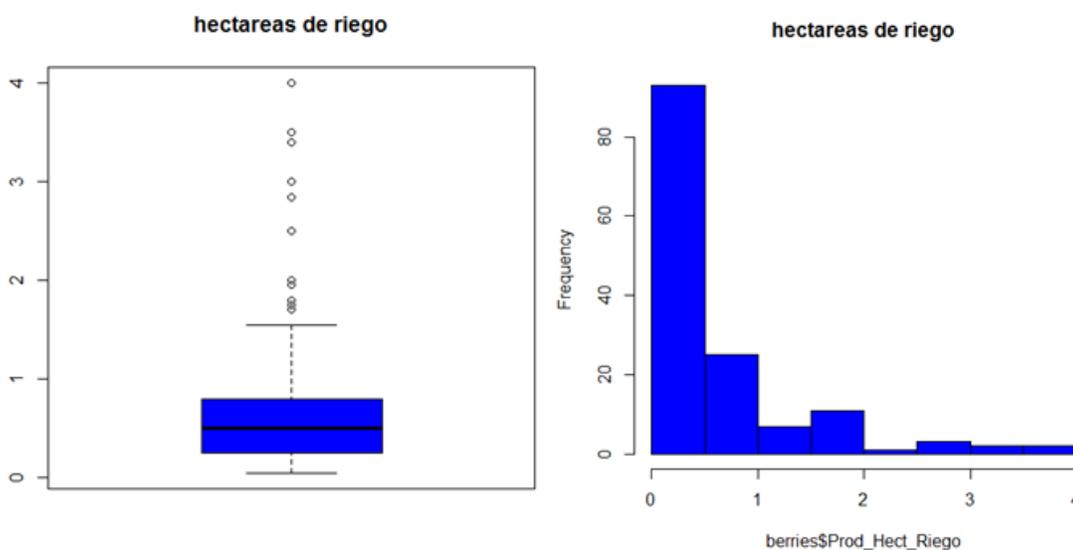


Figura 15 Hectáreas de riego

Al analizar el ingreso por cada tipo de Berries constatamos que los mayores ingresos totales se producen gracias a la mora híbrida, pudiendo alcanzar ingresos de \$6.000.000 x Ha, dado que el volumen de producción por hectárea es mayor que el resto de los frutos. Además tenemos que resaltar que a pesar de que la mora posee mayores ingresos por volumen, el margen o la utilidad que genera por cada kilo es bastante bajo comparado con la frambuesa o el arándano.

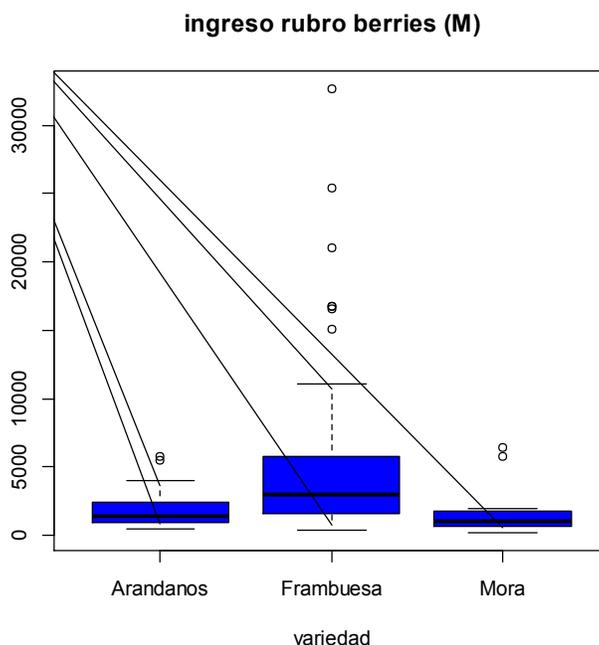


Figura 16 Ingreso rubro berries (M)

De esta base de datos se puede resaltar que para el 2008 aún era incipiente el cultivo de arándanos en la región del Maule, los AFC destinaban muy poco terreno para el cultivo de este famoso e importante berrie, no así con la mora y frambuesa que ocupaban mayores espacios dado de que para el caso de la mora se necesitaban muy pocos insumos como fertilizantes o herbicidas para hacerlas productivas, en el siguiente grafico damos cuenta de que los AFC de la región del Maule poseen terrenos de entre 0 y 4 Hectáreas y los cultivos que más acaparan superficie son la mora con la frambuesa. Respecto a la producción en kilos por hectárea (k/há), los mayores volúmenes de producción los alcanza la mora con un promedio de 7610 kilos entre todos los productores de este berrie, para el caso de la frambuesa los productores alcanzan un promedio de 5754 kilos, en el caso de los arándanos 2035 kilos que se explica debido a que este cultivo está todavía no alcanza la plena producción. Respecto a la frutilla podemos constatar que el único productor destino 2000 metros cuadrados y tuvo como cosecha 500 kilos de esta fruta.

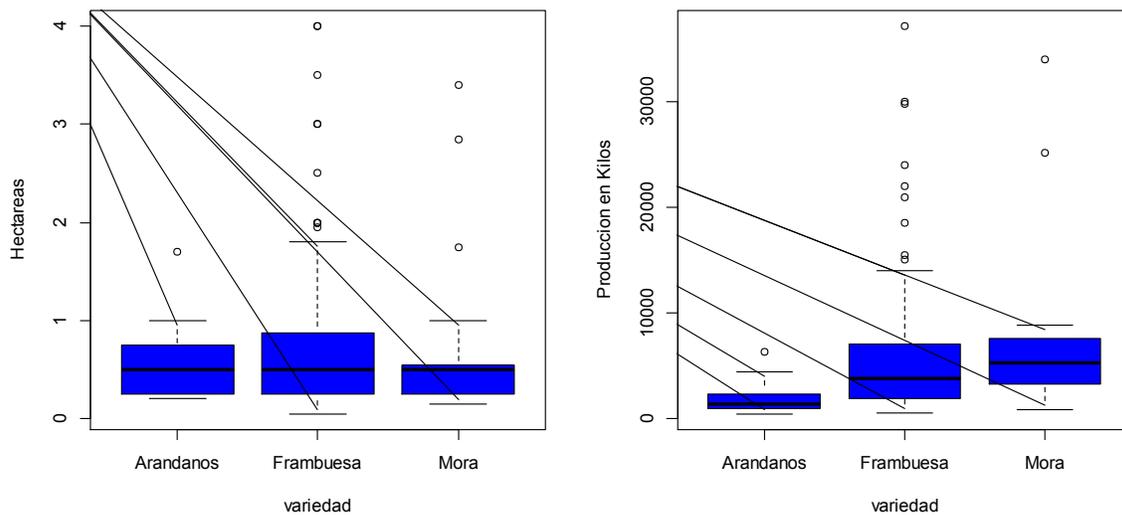


Figura 17 Hectáreas – producción en kilos por variedad

Analizando la variable precio respecto a los cuatro tipos de Berries, los datos dan cuenta que el precio de la frutilla IQF para la VII región del Maule fue de \$500 pesos, para el caso de la frambuesa fue distinto dado de que se generó un mercado más heterogéneo donde la oferta y la demanda se conjugaron de distinta forma en las distintas comunas, si vemos el grafico la mediana de los datos dan cuenta de que el precio fue de \$800 pesos y de que el precio más bajo pagado estuvo entorno a los \$600 pesos y el precio máximo pagado al productor llego a los \$1000 pesos presumiblemente debido a que era una producción orgánica de buena calidad.

El precio de la mora muestra que al 50% de los productores se les pago entorno a un rango de \$200 a \$220 pesos por kilo, y que además hubo un outlier que fue un productor al cual se le pago un precio de \$280 pesos por kilo.

El precio pagado por el kilo de arándanos fue mucho mejor teniendo como piso \$900 pesos y un precio máximo de \$2300 por kilo, dado el diferencial importante pudo haber sido producido en un huerto orgánico con certificación BPA.

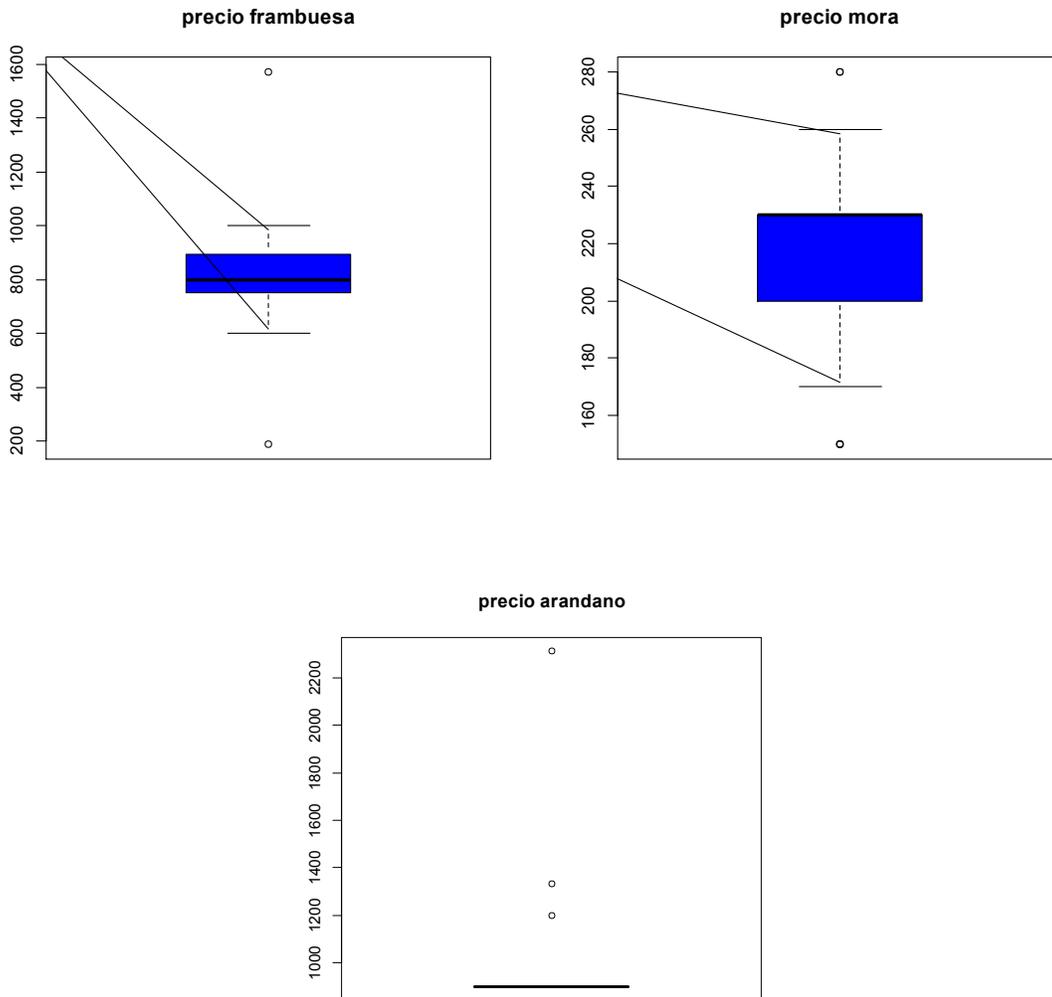


Figura 18 Boxplot precios variedades

Al verificar los ingresos totales debemos hacer una distinción entre la producción que se envía al extranjero, que es de mayor calidad y por consiguiente con mejores precios y la producción que se destina al mercado local. Los gráficos de caja muestran que el 50% de los datos (boxplot 1) genera un ingreso superior a la media del mercado interno, lo cual es correcto si entendemos que la producción que generan nuestros productores deben ser de buena calidad, buena pos cosecha y deben apuntar a llegar a los mercados internacionales lo que les generaría mayores márgenes.

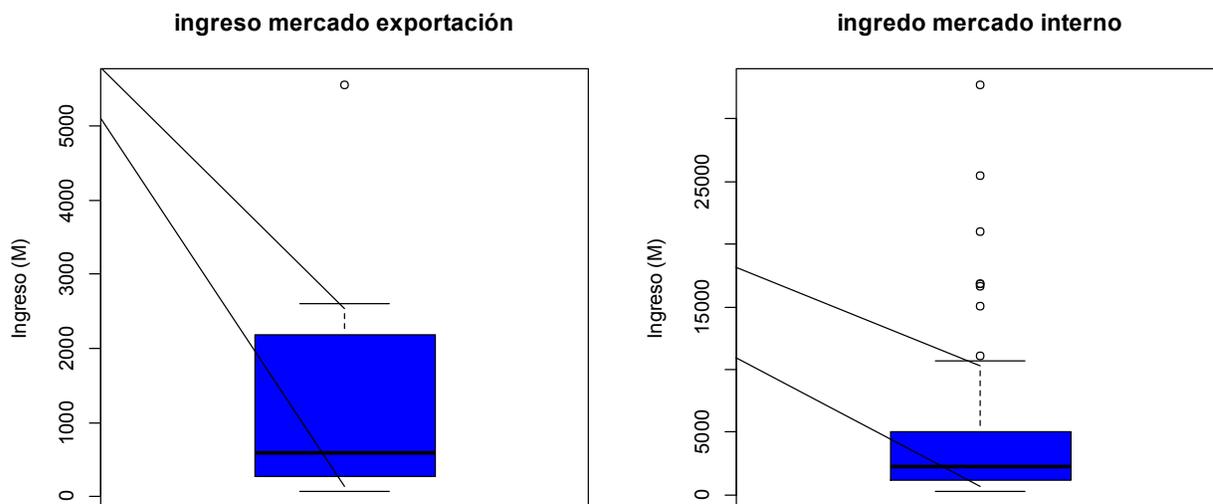


Figura 19 Ingresos mercado exportación – mercado interno

Al analizar los costos, debemos destacar que dentro de los principales costos identificados por los productores están el costo de fertilización, control de plagas, la asistencia técnica, costo de riego, mano de obra y acondicionamiento de post-cosecha.

Costos promedio de los productores AFC

Tabla 6 Promedio y desviación estándar de los costo

	Costo de Fertilización (pesos)	Control de Plagas (pesos)	Asistencia Técnica (pesos)	Costo de Riego (pesos)	Costo de Mano de Obra (pesos)	Acondicionamiento Post-cosecha (pesos)
Promedio	\$205,464	\$70,263	\$67,404	\$42,752	\$1,761,978	\$93,269
σ	\$418,659	\$109,055	\$93,066	\$42,456	\$2,180,496	\$92,451

El costo de fertilización fue bastante uniforme entre los productores dado la superficie con la cual trabajaban, para el caso del control de plagas un productor afirma haber gastado \$495 pesos en este ítem y el productor que más gasto fue de \$665.000 pesos. El costo de la asistencia técnica fue bastante acotado desde \$13.000 hasta el mayor productor que incurrió

en un gasto de \$180.000 pesos. En el caso del costo de riego uno de los encuestados afirmó haber gastado \$3000 pesos y el más incurrió en gasto fue un productor que gastó \$200.000 pesos. En términos de variabilidad la desviación estándar es bastante elevada para el costo de fertilización, control de plagas y costo de mano de obra con un $\sigma = \$2.180.496$.

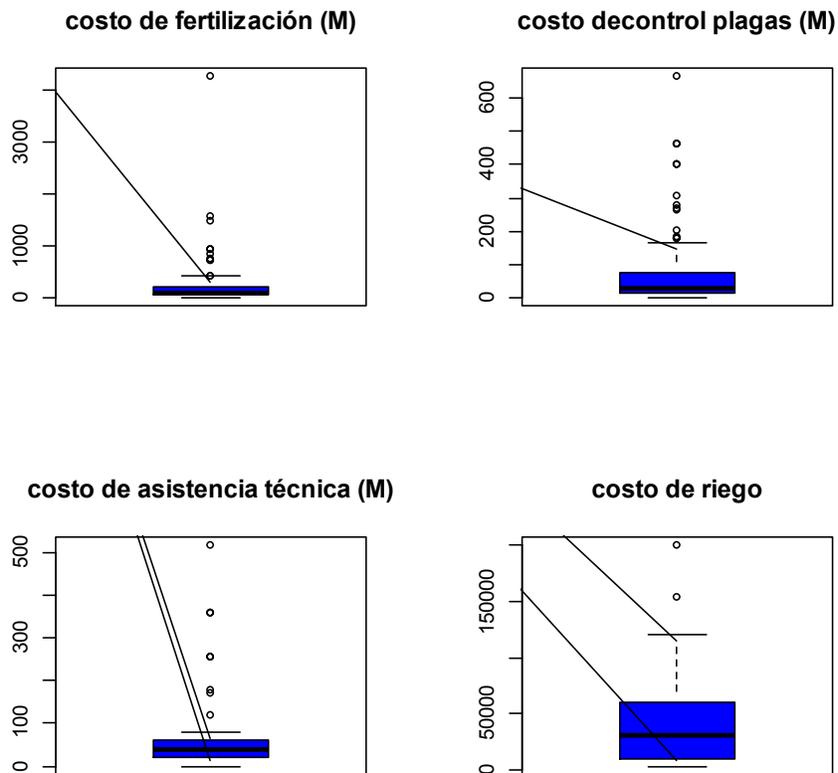


Figura 20 Boxplot costos

Al analizar los costos de producción de una plantación de Berries, uno de los ítems más importante y que se transforma en un costo variable es el costo de la mano de obra. El productor paga la productividad en la cosecha generando una relación directa entre producción en Kg y el ingreso para el trabajador. En este caso el costo de la mano de obra a nivel general de la encuesta tuvo un promedio de \$1.761.978 pesos, en el grafico se aprecian varios outliers que es debido a que en la encuesta fueron varios los productores que tenían el doble o triple de superficie cosechada, lo que aumentaba el costo directamente.

Al analizar el costo post- cosecha, debemos definir que el productor considera dentro de este ítem los materiales de cosecha, embalajes, fletes, packing, y frío. Para el caso de los productores que si lo declararon hubo un promedio de costos de \$93.269 pesos, no obstante dentro del grafico se generan datos atípicos pero es debido a que los productores manejan distintas escalas de producción.

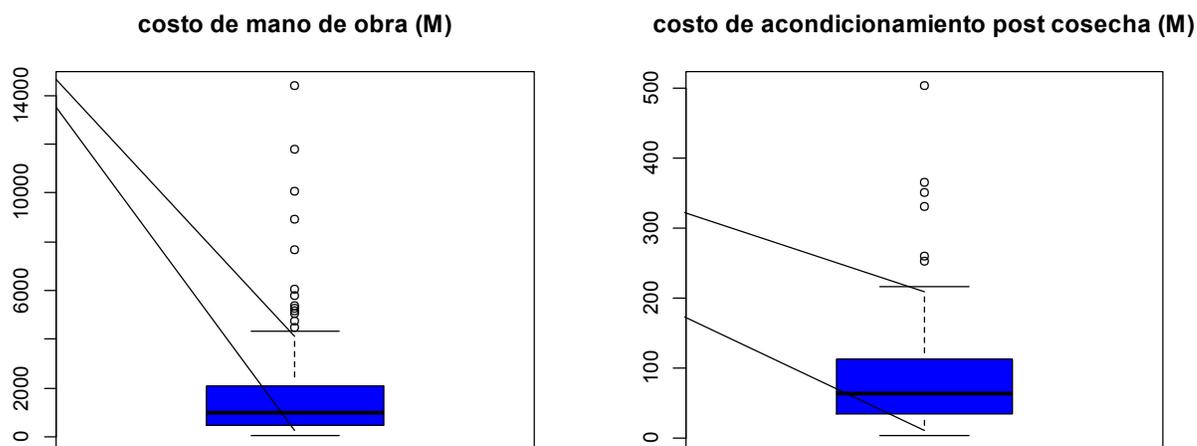


Figura 21 Boxplor costo mano de obra y costo de acondicionamiento post cosecha

En cuanto al costo total ubicado en la figura número 22, vemos que un 25% de los productores se encuentran en un rango inferior a los \$148.000 pesos además un 41,67% del

total analizado (144) declara tener un costo inferior a 1 millón de pesos, y el dato más atípico equivale a un productor que tuvo un costo total de \$19.227.032 pesos.

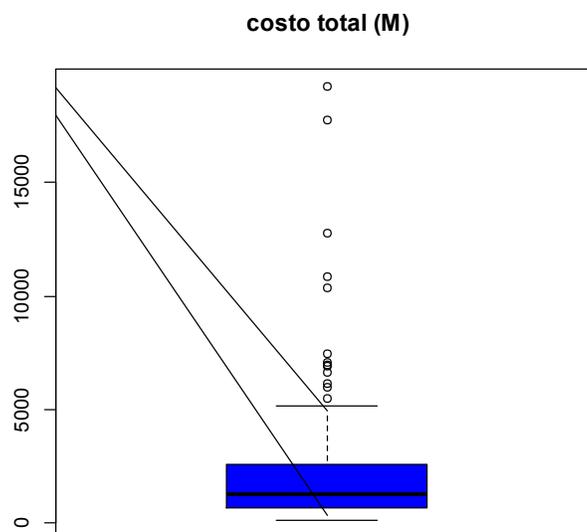


Figura 22 Boxplot costo total

Respecto a los resultados finales, el análisis estadístico consideró el margen bruto y el margen bruto por kilo con lo cual verificamos que las AFC generan un flujo de dinero promedio al término de la temporada 2007:2008 de \$1.718.292 pesos, el menor margen vino dado por un productor que obtuvo \$-405.767 pesos (perdida), debido a que solo contaba con 2000 m² y el rendimiento no fue capaz de cubrir los costos de mano de obra, además del año de plantación que también influye bastante. La otra cara de la moneda fue de un productor de Retiro que con 3,5 hectáreas logró un margen de \$13.425.468 pesos. En el margen bruto por kilo el promedio de todos los Berries estudiados estuvo en \$354 pesos por kilo, teniendo un peak de dato atípico de un productor de San clemente que decidió innovar y plantar 2500 m² de arándanos, la producción de ese predio fue de 2400 kilos con un precio de mercado de \$2313 pesos que generó un margen bruto por kilo de \$1491 pesos, un margen muy bueno para alguien que decidió arriesgarse con un cultivo no tradicional para ese entonces.

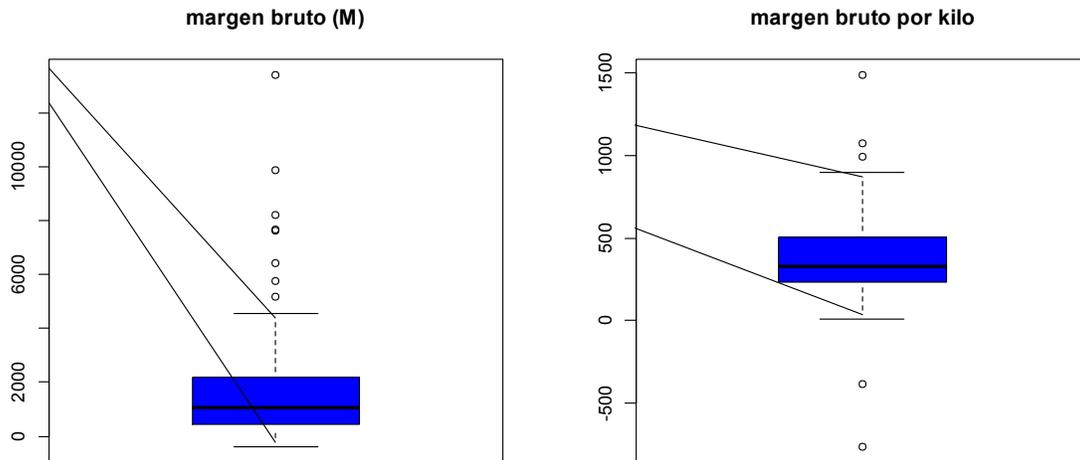


Figura 23 margen bruto berries

Al analizar la producción de Berries de los AFC de la región del Maule, se decidió hacer hincapié en la variable año de plantación, ya que gracias a esto se podría saber en términos de años, los plazos necesarios para que un cultivo estuviese produciendo a su máximo potencial productivo.

En este caso se llegó a una primera aproximación de los datos analizados, que los predios con plantaciones entre 2003 y 2004 son los que tienen una mayor frecuencia, los cuales se encuentran en una edad de maduración aproximada de 5 a 6 años.

En relación a los rendimientos promedio de las plantaciones, se usó un estándar de 1 hectárea (Ha), para estimar la producción promedio de los 144 agricultores si utilizaran 1 hectárea de terreno, los resultados muestran que el 75% de los productores potencialmente podrían tener una producción entre 5000 a 10.000 kg, con outliers de 20.000 a 30.000 kg, los que corresponden a los productores que habían minimizado sus costos y tenido mejores resultados finales.

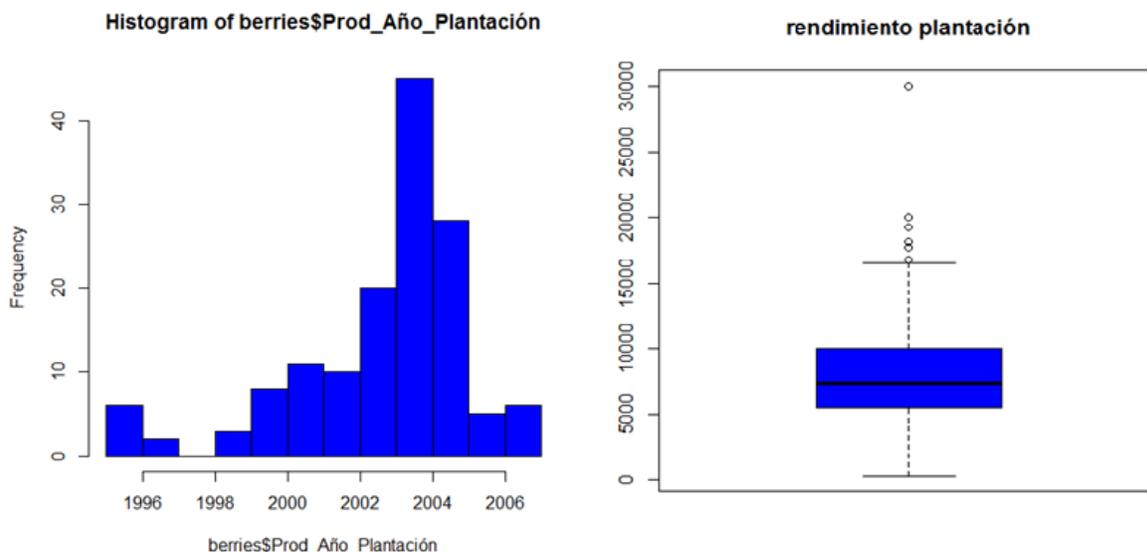


Figura 24 Año de plantación – rendimiento berries

```
> tapply(fram$Rend_Plantación_1, fram$Prod_Año_Plantación, mean)
 1995  1996  1997  1999  2000  2001  2002  2003
9450.000 8000.000 8266.500 8204.000 7957.125 9958.500 8346.100 8318.929
 2004  2005  2006  2007
7201.516 7780.389 8360.000 4728.667
```

Figura 25 promedio rendimiento plantación por año de plantación

Al analizar en detalle la variable año de la plantación, se separaron las plantaciones por año. Los resultados muestran que no existe evidencia significativa que el año de cultivo afecte el rendimiento final en kilogramos. Para los cultivos de Berries mayores a dos años se aprecia un rendimiento en kgs muy parejo cercano a 8.000 kgs, sin mostrar diferencias estadísticas significativas. Se recomienda aplicar modelos de eficiencia para una mayor muestra de AFC, ojalá considerando producciones mayores a una hectárea, de tal manera de estudiar con mayor propiedad el efecto tamaño en el rendimiento de los berries.

Construcción del modelo de regresión

Función de producción de Frambuesas de productores pertenecientes a la AFC

La función de producción tiene como objetivo estimar la relación que existe entre el producto obtenido y la combinación de factores que se utilizan en su obtención. Se encuentra enmarcada en el entorno de la empresa y/o explotación y las condiciones técnicas reinantes, por lo que, cualquier modificación en el proceso productivo va a modificar esta función (Toro et al., 2010b).

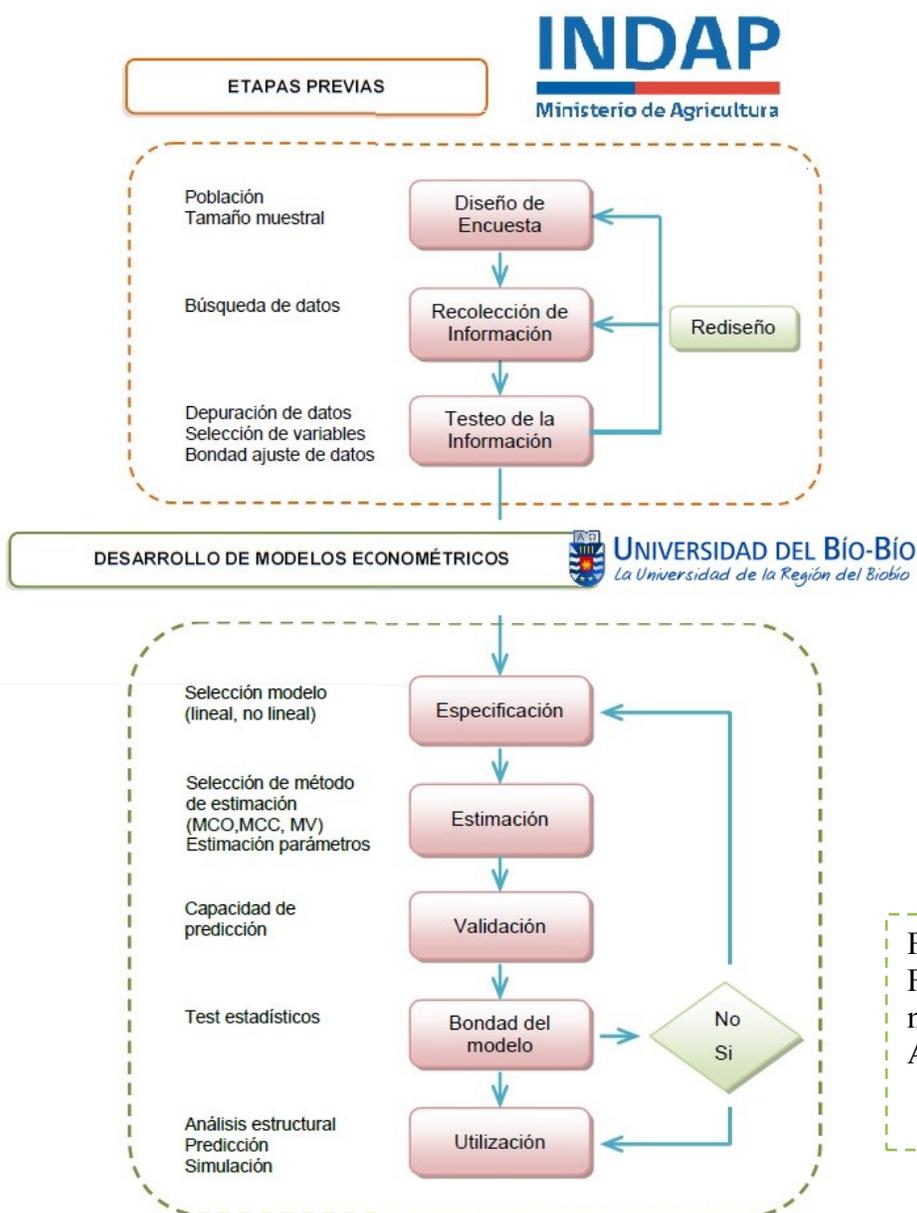


Figura N°26
Fases para la estimación de un modelo econométrico Fuente:
Adaptado de Toro et al., 2010a.

Figura 26 Fases para la estimación de un modelo econométrico

En la elaboración de un modelo es posible distinguir las siguientes fases:

- a). Recogida de información y contraste de hipótesis de los datos
- b). Especificación
- c). Estimación de los parámetros
- d). Contraste diagnóstico o de validación.
- e). Selección del modelo

Siendo posible, repetir algunas de las fases cuando ninguno de los modelos especificados inicialmente, se adaptan a los datos analizados, tal como se muestra en la Figura 5.

En la fase de especificación comienza con la formulación del arquetipo estructural, para lo que es necesario, inicialmente, definir que variable productiva se quiere determinar y seleccionar las variables endógenas que serán utilizadas para dicha estimación. Las variables de producción son estimadas en toneladas y kilos totales de producto. Posteriormente, se realiza un análisis descriptivo multidimensional que determine la correlación entre las variables, con el propósito de evitar la dependencia entre las mismas (Toro et al., 2010b).

a). Recogida de información y contraste de hipótesis de los datos. El objetivo principal de cualquier empresario debe ser organizar la producción, tal propósito implica la toma de decisiones respecto a la cantidad y calidad de los factores productivos controlables, su ordenamiento en el tiempo y lugar de aplicación dentro del proceso de producción a cambio de la obtención de un beneficio empresarial. Entre dichas decisiones se encuentran que factores de producción emplear y sus niveles de aplicación, ya sea en el corto plazo, al determinar qué factores consumir, o en el largo plazo disponiendo la aplicación de todos los factores Pérez, 2001, citado por Toro et al., (2010a).

La producción agrícola se compone de una amplia gama de actividades y uso de recursos.

Este estudio considera una base de datos de la encuesta SAT predial otorgada por INDAP, que cuenta con un universo de 454 datos, proveniente de los productores AFC de Berries de la Región del Maule, del total de datos se tuvieron que depurar 310 debido a que no contaban con la información relevante y necesaria para el estudio, quedando un total de 144 datos útiles y utilizados en la construcción de la función de producción.

b). Especificación. La literatura consultada referente a la determinación de función de producción para la actividad agropecuaria especifica variadas metodologías y forma funcional empleada. Bravo-Ureta y Schilder (1993) utilizan una forma funcional del tipo Cobb-Douglas para la estimación de función de producción y eficiencia técnica de explotaciones lecheras en Argentina con un método de estimación de Máxima Verosimilitud. (Bravo-Ureta et al., 2007), (Jaime & Salazar, 2011) analizan la eficiencia técnica de pequeños productores de trigo en la Región del Biobío utilizando una forma funcional del tipo Cobb-Douglas y una metodología de estimación de Máxima Verosimilitud. (Samarajeewa et al., 2012) determinan la eficiencia técnica y función de producción para la crianza de ganado de carne en Canadá donde utilizan la especificación Cobb-Douglas y la metodología de Máxima Verosimilitud.

Para la determinación de la función de producción de frambuesa (frontera estocástica) se utilizó la forma funcional del tipo Cobb-Douglas linealizada (log-log) y con una metodología de Máxima Verosimilitud. También se ajustó una función con Mínimos Cuadrados Ordinarios para su comparación.

c). Estimación de los parámetros. Se trabajaron diversas combinaciones de los factores productivos formas funcionales y se evaluó en cada una las posibilidades de viabilidad econométrica.

Para la realización del modelo econométrico existen diversas formas algebraicas que pueden dar origen a diferentes arquetipos, formas funcionales que deben estar estrechamente relacionadas con el modelo elegido, los más comunes son formas funcionales del tipo lineal, Cobb-Douglas, cuadrática, cuadrática normalizada, translog, Leontief generalizada y función CES (Coelli et al., 2005).

Para la determinación de la función de producción a utilizar se estimaron distintos modelos econométricos. Para ello se consideraron distintas variables dependientes y variables independientes que se resumen en la tabla número 11. Se sopesaron los distintos costos de los productores, considerándolos cada uno por separado, agrupados por categorías o como

costo total. Finalmente se determinaron las variables más significativas para la construcción de la función de producción.

Tabla 7 variables dependientes e independientes analizadas

variables dependientes	variables independientes
producción en kilos	costos de fertilización
	costos de control plagas
	costos de asistencia técnica
	costos de riego
	costos de mano de obra
ingreso del rubro berries	costos de acondicionamiento post cosecha
	otros costos
	costo total
	costo total sin el costo de mano de obra (insumos en general)
ingreso por hectárea del rubro Berries	tecnología de riego utilizada
	año de plantación
	edad de la plantación
	cantidad de hectáreas de riego

De acuerdo a la teoría se utilizaron en la construcción de la función de producción los modelos tradicionales con forma funcional lineal y los modelos de tipo log-log Cobb Douglas y de ellos se derivaron como modelos más significativos los que se presentaran a continuación:

Modelo lineal 1

Producción en Kilos = Costo Mano Obra + Costo de los Insumos + Cantidad Hectáreas de Riego

Modelo lineal 2

Ingreso Rubro Berries = Costo Mano Obra + Costo de los Insumos + Cantidad Hectáreas de Riego

Modelo Cobb Douglas 1

$$\log(\text{Producción en Kilos}) = \log(\text{Costo Mano Obra}) + \log(\text{Costo de los Insumos})$$

$$+ \log(\text{Cantidad Hectáreas de Riego})$$

Modelo Cobb Douglas 2

$$\log(\text{Ingreso Rubro Berries}) = \log(\text{Costo Mano Obra}) + \log(\text{Costo de los Insumos})$$

$$+ \log(\text{Cantidad Hectáreas de Riego})$$

A continuación en la tabla número 12 se presenta un resumen de los cuatro mejores modelos. En donde los cuatro modelos con globalmente significativos, los modelos lineales poseen todas sus variables independientes estadísticamente significativas al nivel del 1% en cambio el modelo tipo Cobb Douglas cuya variable dependiente es el ingreso del rubro berries no es estadísticamente significativa. También se observa claramente que todos los modelos poseen un R² ajustado mayor que 0.9 lo que es muy bueno considerando que son datos reales.

Tabla 8 significancia estadística de los modelos analizados

Modelo		significancia estadística			R ² ajustado	regresión globalmente significativa
forma funcional	variable dependiente	x1	x2	x3		
Lineal 1	Prod. En Kilos	1%	1%	1%	0.9260	1%
	Ingresos	1%	1%	1%	0.9266	1%
Cobb Douglas	Prod. En Kilos	1%	1%	5%	0.9355	1%
	Ingresos	1%	1%	X	0.9173	1%

A estos modelos se les realizó un diagnóstico completo econométrico, revisando la normalidad de los residuos, los problemas de Heteroscedasticidad, de Autocorrelación, de Multicolinealidad y de Forma Funcional. El diagnóstico arrojó que la mayoría de los modelos presentaba no normalidad en los residuos, problemas de Heteroscedasticidad y de Autocorrelación, siendo el más grave de estos el problema de Heteroscedasticidad. Por lo

tanto se tuvo que hacer uso de algunas herramientas econométricas para analizar los potenciales errores (como la función “influence.measures”) con ello se determinaron los outliers, que afectaban negativamente el modelo, además al realizar un plot de los residuos estos seguían una distribución atípica, en donde se apreciaba una mayor variabilidad en los productores más pequeños que en los productores más grandes, lo que se encuentra en contra de la teoría econométrica, puesto que lo normal es que en los productores más grandes se observe una mayor variabilidad en los residuos. En consecuencia que se decide eliminar los outlier y con ello lograr solucionar el problema de Heteroscedasticidad. A continuación en la tabla número 13 se presenta un resumen de los problemas econométricos de cada modelo, después de la eliminación de los outliers.

Tabla 9 problemas econométricos detectados en los modelos analizados

Modelo		Problemas de				
forma funcional	variable dependiente	Normalidad de los Residuos	Heteroscedasticidad	Autocorrelación	Multicolinealidad	Forma Funcional
Lineal	Prod. En Kilos	X	X			X
	Ingresos	X	X	X		X
Cobb Douglas	Prod. En Kilos					
	Ingresos			X		

En esta tabla se puede apreciar que los modelos Lineales son aquellos que presentan mayores problemas econométricos, siendo el peor de todos, el modelo que posee como variable dependiente el Ingreso del rubro Berries, ya que posee cuatro de los cinco problemas econométricos. En cambio los modelos tipo Cobb Douglas se encuentran mucho mejor, siendo el modelo que posee como variable dependiente la Producción en Kilos, que no posee ninguno de los problemas.

En consecuencia se seleccionó este último modelo como el mejor, por ello lo analizaremos a continuación con un poco más de detalle a continuación.

Modelo Cobb Douglas 1

PRODUCCIÓN EN KILOS COMO VARIABLE DEPENDIENTE

El detalle del mejor ajuste para la función de producción tipo Cobb Douglas es el siguiente:

$$\text{Log}(Y1) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(A) + \beta_2 \text{Log}(B) + \beta_3 \text{Log}(C) + \varepsilon \quad (15)$$

Dónde:

Y1 = Producción total del periodo 2007-2008 (en kilos)

A = Costo mano de obra frambuesa

B = Costo de los Insumos (Costo total menos el costo de Mano de Obra)

C = Total hectáreas de riego (Frambuesas)

ε = Error compuesto ($v - u$, donde v perturbación estocástica y u ineficiencias)

β_0 a β_3 = Parámetros estimados

En R project:

```
> fram<-read.delim("clipboard")
```

```
> logfram1<-
```

```
lm(log(fram$Ingreso_xh)~log(fram$Costo_Mano_Obra)+log(fram$CostoSinMO)+log(fram$Prod_Hect_Riego))
```

```
> summary(logfram1)
```

Call:

```
lm(formula = log(fram$Prod.en.Kilos) ~ log(fram$Costo_Mano_Obra) +
```

```
log(fram$CostoSinMO) + log(fram$Prod_Hect_Riego))
```

Tabla 10 coeficientes modelo cobb Douglas 1

Variable explicativa	Estimado	Error estándar	T-Value	Pr(> t)
β_0	-4.33082	0.79536	-5.445	4.63e-07 ***
A	0.77527	0.05215	14.866	< 2e-16 ***
B	0.12961	0.03455	3.751	0.000315 ***
C	0.13942	0.05876	2.373	0.019830 *

Significancia: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

Error estándar residual: 0.2276 con 88 grados de libertad

R-cuadrado múltiple: 0.9376

R-cuadrado ajustado: 0.9355

F-statistic: 440,7 con 3 y 88 gl, p-value: < 2.2e-16

$Y = -4.33082 + 0.77527 \text{ Ln (A)} + 0.12961 \text{ Ln (B)} + 0.13942 \text{ Ln (C)}$, donde $Y = \text{Ln (Y1)}$

Todas las variables estimadas son significativas y presentan signo positivo que está de acuerdo con la teoría económica.

Conclusión:

Considerando un nivel de significancia del 5%, todas las variables estimadas (Intercept, Fram\$Costo_Mano_Obra, Fram\$costosinMO, Fram\$Prod_Hect_Riego) poseen un p-value menor que 0.05, por lo tanto todas son significantes al nivel del 5%.

El R^2 ajustado es de 0.9355, por lo tanto el modelo se ajusta en un 93.55%, y el p-value de la regresión es mucho menor que 0.05 por lo tanto la regresión global es estadísticamente significativa el nivel del 5%.

Test de normalidad de los residuos

H_0 = distribución normal H_1 = distribución No normal

Hipótesis nula (H_0) es que hay una distribución normal y la alterna (H_1) es que no sigue una distribución normal

p-value probabilidad de cometer el error tipo 1

Cuando p-value es menor que 0.05 entonces rechazamos la hipótesis nula (H_0) al nivel del 5%

Cuando p-value es menor que 0.01 entonces rechazamos la hipótesis nula al nivel del 1%

Cuando p-value es menor que 0.1 entonces rechazamos la hipótesis nula al nivel del 10%

Rechazamos la hipótesis nula (que sigue una distribución normal) por lo tanto no se sigue una distribución normal

Tabla 11 Test de residuos modelo cobb douglas 1

Test de residuos	p-value
Shapiro-Wilk normality test	0.2009
One-sample Kolmogorov-Smirnov test	5.382e-09
Anderson-Darling normality test	0.1454
Cramer-von Mises normality test	0.1353
Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test	0.2336
Pearson chi-square normality test	0.4386
Shapiro-Francia normality test	0.2157

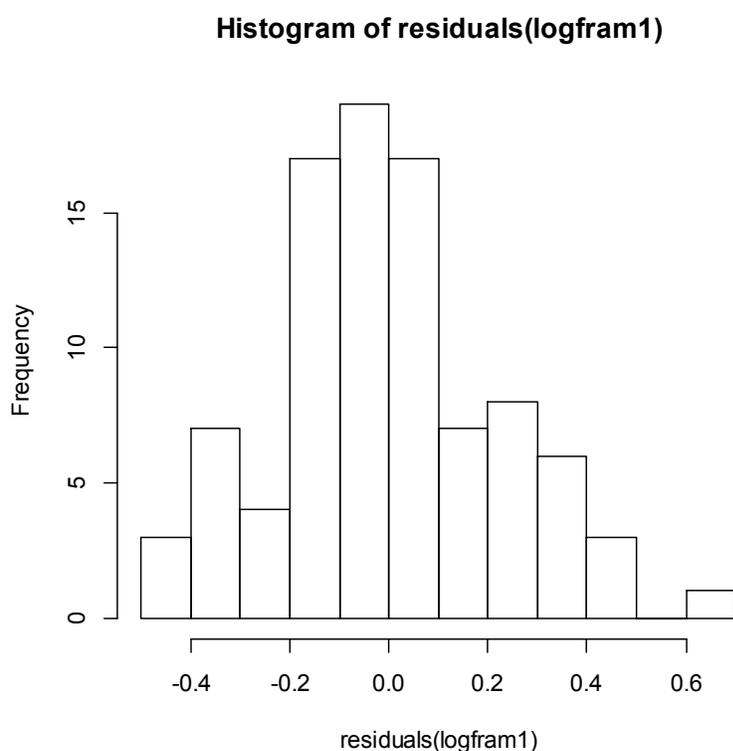


Figura 27 Histograma residuos modelo cobb douglas 1

Conclusión:

Considerando un nivel de significancia del 5% seis de los test de normalidad de los residuos arrojan un p-value mayor que 0.05 rechazando la hipótesis nula (distribución normal) y un test de normalidad de los residuos arrojan un p-value menor que 0.05 por lo

tanto no es posible rechazar la hipótesis nula (distribución normal) por lo tanto los residuos siguen una distribución normal.

Heteroscedasticidad Ho = Homocedasticidad; H1 = Heteroscedasticidad

Tabla 12 Test de heteroscedasticidad

Test	p-value
Non-constant Variance Score Test	0.1223405
studentized Breusch-Pagan test	0.06759

Conclusión:

Considerando un nivel de significancia del 5% el ncvTest arroja un p-value de 0.1234 mayor que 0.05 por lo tanto No se puede rechazar la hipótesis nula (Homocedasticidad) y se acepta la alterna (Heteroscedasticidad), y el Breusch-Pagan test arroja un p-value de 0.06759 mayor que 0.05 por lo tanto no es posible rechazar Ho, por lo tanto el modelo es Homocedastico.

Tests de Autocorrelación

Tabla 13 test de Autocorrelación

Test	p-value
Durbin-Watson test	0.01346
Breusch-Godfrey test	0.09493

Conclusión:

Considerando un nivel de significancia del 10% y el segundo al 5% se llega a la conclusión de que por lo tanto no se puede rechazar la hipótesis nula y por lo tanto no tiene problemas de Autocorrelación.

Test de Multicolinealidad

Test Vif

log(fram\$Costo_Mano_Obra) log(fram\$CostoSinMO) log(fram\$Prod_Hect_Riego)

3.766996

1.808517

3.788416

Conclusión:

Por medio del test VIF se demuestra que ninguna de las variables explicativas arroja un valor mayor que 10, por lo tanto no existe una fuerte correlación entre las variables explicativas (Multicolinealidad).

Test de Forma Funcional

H_0 = no hay variable omitida

RESET test p-value = 0.5831

Conclusión:

Considerando un nivel de significancia del 5%, este test arroja un p-value de 0.5831 mayor que 0.05, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula (variable omitida), y el modelo posee una correcta forma funcional.

Conclusión general:

El modelo de tipo logaritmo consideró la producción en kilos como la variable dependiente la conclusión general es que son globalmente significativos al 5% y que la bondad de ajuste del modelo es muy buena 93.5%, además al analizar los supuestos econométricos, se observó una Autocorrelación de los datos, producto de que la base de datos era de corte transversal, y se basaba en que el tipo de información que estábamos trabajando provenía de pequeños predios, que muchas veces compartían un entorno productivo, el mismo riego, la misma calidad de suelo, etc. Por tanto la Autocorrelación como síntoma puede ser grave pero en otro tipo de datos más complejos como las series de tiempo, datos que acaparan más información en más tiempo. Al analizar la normalidad de los residuos, se dio que de los siete test, seis fueron favorables por tanto se tomó la decisión de aceptar que los datos seguían una distribución normal de los residuos, y el modelo es perfectamente viable para aplicar la frontera estocástica (SFA).

Modelo Cobb Douglas 1 SFA (de frontera estocástica)

Para la determinación de la frontera estocástica y cálculo de las ineficiencias se consideró la metodología de máxima verosimilitud con la misma forma funcional, utilizando el software estadístico R (R-Project for Statistical Computing) versión 2.15.0, Package “Benchmarking” (Bogetoft & Otto, 2011), y el Package “Frontier” (Battese & Coelli 1992) citado por (Henningsen, 2014).

```
logframsfal <- sfa (log(Producción en Kilos) ~ log(Costo Mano Obra) + log(Costo Insumos) + log(Total Hectáreas de Riego))
```

$$\text{Log}(Y1) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(A) + \beta_2 \text{Log}(B) + \beta_3 \text{Log}(C) + \varepsilon \tag{16}$$

Dónde:

Y1 = Producción total del periodo 2007-2008 (en kilos)

A = Costo mano de obra frambuesa

B = Costo de los Insumos (Costo total menos el costo de Mano de Obra)

C = Total hectáreas de riego (Frambuesas)

ε = Error compuesto ($v - u$, donde v perturbación estocástica y u ineficiencias)

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

Tabla 14 Coeficientes modelo Cobb Douglas sfa 1

Variable explicativa	Estimado	Error estándar	T-Value	Pr(> t)
β_0	-4.3295e+00	8.0115e-01	-5.4041	6.515e-08 ***
A	7.7527e-01	4.8730e-02	15.9097	< 2.2e-16 ***
B	1.2961e-01	3.3128e-02	3.9124	9.138e-05 ***
C	1.3942e-01	5.5228e-02	2.5245	0.01159 *
sigmaSq	4.9536e-02	7.5933e-03	6.5237	6.860e-11 ***
gamma	5.8346e-05	2.2857e-02	0.0026	0.99796

Eficiencia media: 0.998645

De acuerdo a la salida del modelo de frontera estocástica, los resultados muestran que la eficiencia media de los productores AFC es de un 99,86%. Al ejecutar un análisis microeconómico vemos que si sumamos los escalares β generan retornos crecientes de escala > 1 (0,77+ 0,12+ 0,13) y la interpretación de los β es que para β_1 un aumento de un 1% en los costos de Mano de Obra, la producción en kilos aumenta un 0.77527%, para el caso de β_2 un aumento de un 1% en los costos de los insumos, la producción en kilos aumenta un 0,12961%, y para el caso de β_3 un aumento de un 1% en el total de hectáreas de riego, la producción en kilos aumenta un 0,13942%.

Además para analizar en detalle la frontera estocástica se deben interpretar dos indicadores que son γ y λ . Si el valor de γ se acerca a cero esto quiere decir que el termino de ineficiencia (u) es irrelevante, y los resultados deben ser igual a una función OLS, por el contrario si se acerca más a 1, esto quiere decir que el termino de ruido es irrelevante y la mayor parte de las desviaciones de la frontera de producción se explican por la ineficiencia técnica. En este caso la salida de la frontera estocástica de los productores de frambuesas arroja un número bastante pequeño y cercano a cero (0.000058346), por lo tanto el término de ineficiencia es irrelevante para explicar las desviaciones de la frontera de producción.

Resumen extraPar = TRUE

Frontier (see Battese & Coelli 1992)

Tabla 15 Coeficientes extrapar modelo cobb douglas sfa 1

Variable explicativa	Estimado	Error estándar	T-Value	Pr(> t)
β_0	-4.3295e+00	8.0115e-01	-5.4041	6.515e-08 ***
A	7.7527e-01	4.8730e-02	15.9097	< 2.2e-16 ***
B	1.2961e-01	3.3128e-02	3.9124	9.138e-05 ***
C	1.3942e-01	5.5228e-02	2.5245	0.01159 *
sigmaSq	4.9536e-02	7.5933e-03	6.5237	6.860e-11 ***

gamma	5.8346e-05	2.2857e-02	0.0026	0.99796
sigmaSqU	2.8902e-06	1.1323e-03	0.0026	0.99796
sigmaSqV	4.9533e-02	7.5419e-03	6.5677	5.109e-11 ***
sigma	2.2257e-01	1.7058e-02	13.0474	< 2.2e-16 ***
sigmaU	1.7001e-03	3.3301e-01	0.0051	0.99593
sigmaV	2.2256e-01	1.6944e-02	13.1354	< 2.2e-16 ***
lambdaSq	5.8350e-05	2.2859e-02	0.0026	0.99796
lambda	7.6387e-03	1.4963e+00	0.0051	0.99593
varU	1.0503e-06			
sdU	1.0248e-03			
gammaVar	2.1203e-05			

Eficiencia media: 0.998645

El valor de λ (lambda) representa la proporción entre la desviación estándar de la ineficiencia (u) con respecto a la desviación estándar del ruido aleatorio (v), por lo tanto un valor igual a uno representa que tanto el ruido aleatorio como la ineficiencia son igualmente importantes, un valor sobre uno representa que la desviación estándar del ruido aleatorio es más importante, y un valor menor a uno representa que el termino de ruido aleatorio es más importante. En este caso los resultados arrojan un valor de λ de 0.0076387, en consecuencia el término de ineficiencia es prácticamente irrelevante, puesto que la mayor parte de las desviaciones de la frontera son producto del ruido aleatorio.

$$\lambda = \frac{\sigma_u}{\sigma_v} \tag{17}$$

El valor de “gamma Var” nos indica que un 0.00212% es explicado por el termino de ineficiencia y el 99.9788% es explicado por el ruido aleatorio, por lo tanto el modelo de frontera estocástica se asemeja mucho al modelo de mínimos cuadrados ordinario o OLS, puesto que este estaría explicando la mayoría de las desviaciones de la frontera de producción.

$$\gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_v^2 + \sigma_u^2} \tag{18}$$

Como la mayor parte de las desviaciones de la frontera estocásticas son explicadas por el ruido aleatorio, el término de ineficiencia arrojado por el modelo es relativamente alto, en este caso la eficiencia media de los productores de frambuesas de la región del Maule es de 99.8645%. En la figura número 7 se grafica un histograma con las eficiencias individuales de los productores, y estas varían entre un 99.8635% y un 99.8655%, como se ve prácticamente no hay dispersión entre las eficiencias individuales de los productores.

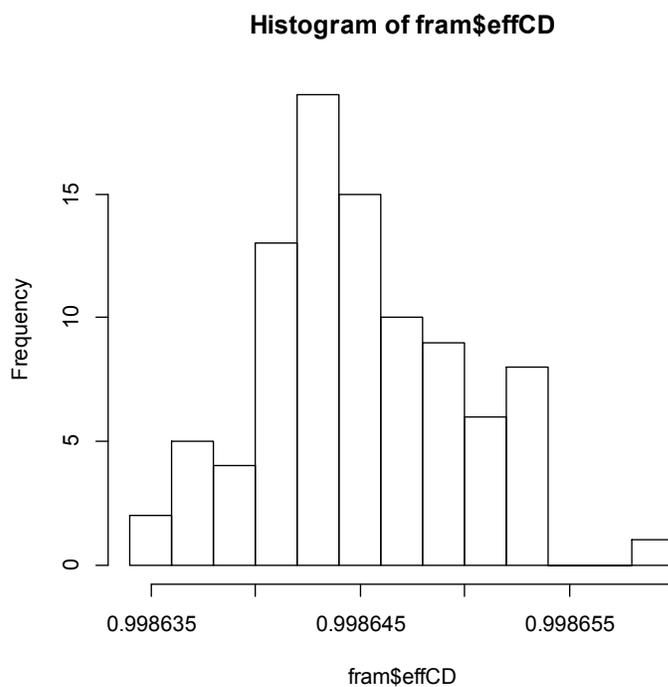


Figura 28 Histograma eficiencias individuales

Estimación de la eficiencia técnica mediante DEA

Utilizando el paquete “Benchmarking” del software R, calculamos la eficiencia a través del método de Análisis Envolvente de Datos (DEA), hay que considerar que este paquete trabaja de forma distinta, ya que considerara una orientación de entrada (in) y de salida (out), a continuación realizaremos las estimaciones de ambas formas, primero bajo una orientación de salida y luego de entrada con los siguientes comandos:

```
> x <- with(fram, cbind(fram$Costo_Mano_Obra, fram$CostoSinMO, fram$Prod_Hect_Riego))
> y <- matrix(fram$Prod.en.Kilos)
```

Orientación de Salida

```
> framDEAout <- dea(log(x), log(y), ORIENTATION="out")
> summary(framDEAout)
```

Eficiencia Media: 1.04

Tabla 16 Coeficientes de DEA con Orientación de Salida

Rango de eficiencia		#	%			
F ==1		15	16.3			
1< F =<1.1		73	79.3			
1.1< F =<1.2		4	4.3			
Min	1er Qu.	Mediana	Media	3er Qu.	Max.	
1.000	1.014	1.041	1.042	1.06	1.12	

De esta manera se considera un nivel de salida dado, que vendría siendo la variable y (producción en kilos) y se calcula el nivel de eficiencia de las entradas utilizadas (x). Este modelo establece que 15 de los productores correspondientes al 16.3% se encuentran con un nivel de eficiencia de las entradas igual a 1.

Orientación de Entrada

```
> framDEAin <- dea(log(x), log(y1), ORIENTATION="in")
> summary(framDEAin)
```

Eficiencia Media: 0.971

Tabla 17 Coeficientes de DEA con Orientación de Entrada

Rango de eficiencia	#	%			
0.9<= E <1	77	84			
E ==1	15	16			
Min.	1er Qu.	Median	Mean	3er Qu.	Max.
0.9241	0.9577	0.9685	0.9709	0.9866	1

Como se observa en ambos casos, los niveles de eficiencia técnica obtenidos por los productores de frambuesas bajo la metodología DEA son muy altos, en el caso de la orientación de entrada, la eficiencia media es de 97,1% semejante a los resultados obtenidos bajo la metodología SFA. Sin embargo bajo la metodología DEA se obtienen 15 productores con una eficiencia del 100% por encontrarse sobre la frontera óptima de producción, el 84% restante de los productores poseen un nivel de eficiencia entre 90% y 100%.

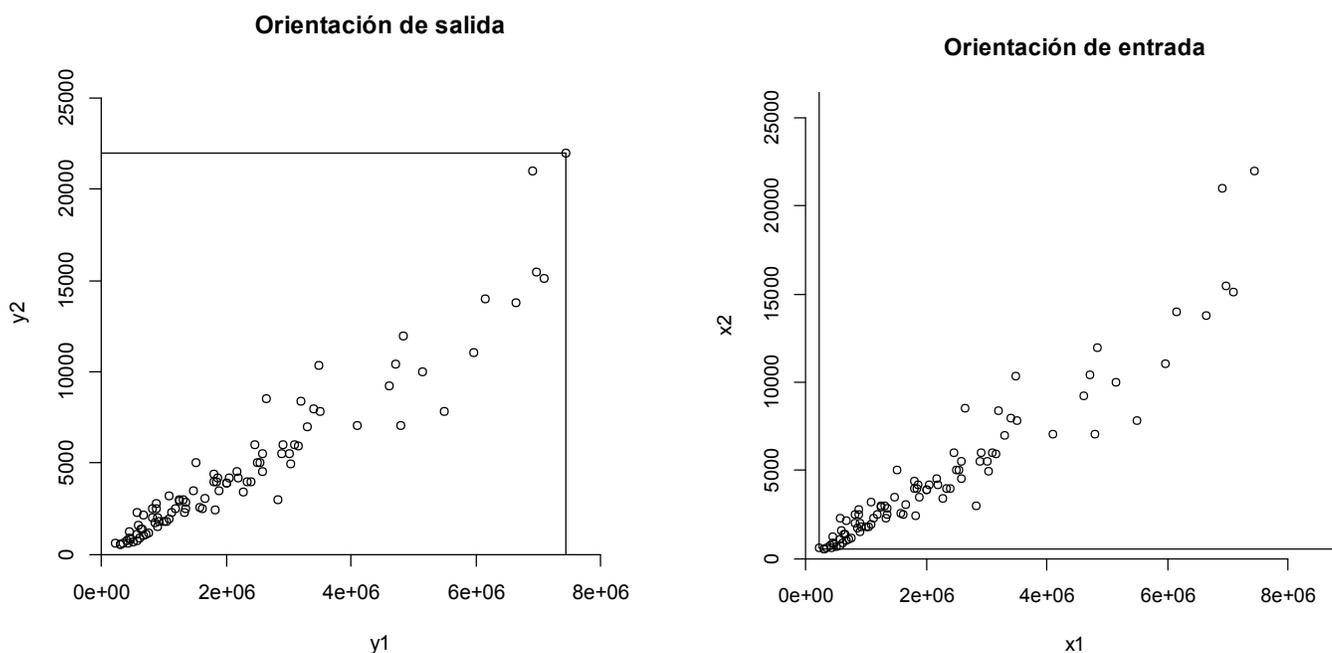


Figura 29 plot Orientación de Entrada y plot Orientación de Salida

En la figura número 29 se observa la representación gráfica de las eficiencias obtenidas por la metodología de DEA, con Orientación de salida y orientación de entrada.

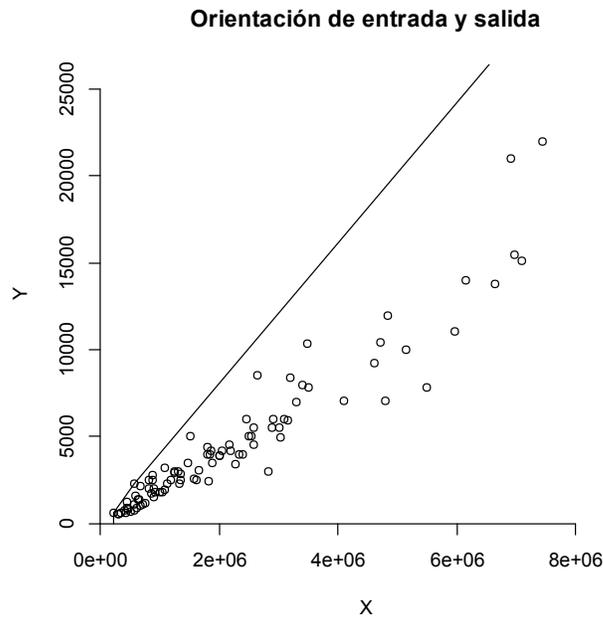


Figura 30 Plot Orientación de Entrada y Salida

En la figura número 30 se grafican las eficiencias con retornos crecientes de escala, considerando la orientación de entrada y la de salida al mismo tiempo.

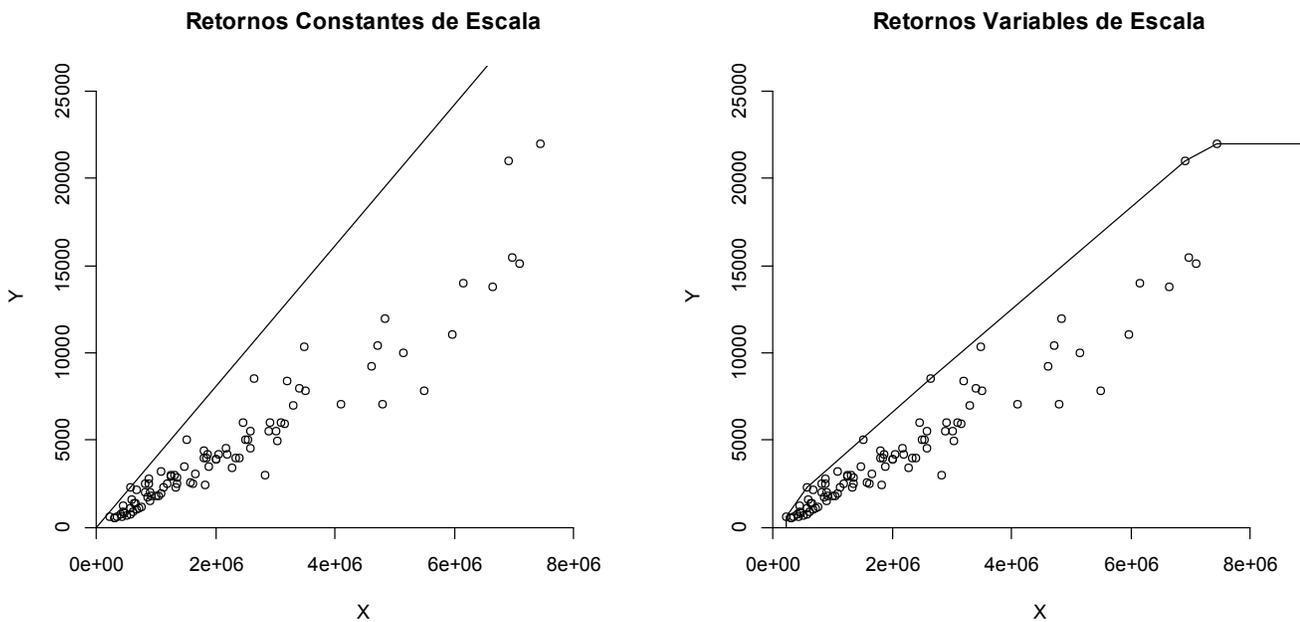


Figura 31 Retornos constantes de escala (crs) y Retornos variables de escala (vrs)

En la figura número 31 se muestran dos gráficos considerando la orientación de entrada y salida, el primero de ellos bajo retornos constantes de escala, y el segundo bajo retornos variables de escala, que es una función que nos permite utilizar el paquete “benchmarking”.

Comparación de las eficiencias SFA, DEA y COLS

Ahora realizaremos una comparación entre las tres principales metodologías. Las siguientes líneas de comandos en R estiman eficiencia bajo DEA, SFA y COLS para poder realizar diversas comparaciones gráficas.

```
> teSfa<-te.sfa(framSfa)
> teDea<-1/eff(framDEA)
> ols<-lm(log(y1)~log(x))
> cols<- -residuals(ols) + max(residuals(ols))
> teCols<-exp(-cols)
> cor(cbind(teDea, teSfa, teCols))
```

Tabla 18 Tabla de correlación (DEA, SFA, COLS)

	teDea	teSfa	teCols
teDea	1.0000000	0.7321513	0.7056945
teSfa	0.7321513	1.0000000	0.9886579
teCols	0.7056945	0.9886579	1.0000000

En la tabla número 18 se grafican las correlaciones entre la eficiencia de los tres modelos, en donde la correlación entre la eficiencia DEA y la eficiencia SFA es de 0,73; es decir, los dos tipos de eficiencias están altamente correlacionadas, pero no están perfectamente correlacionadas. Esto también puede verse en el panel izquierdo de la figura número 32, donde hay una pendiente positiva y conexión en los puntos. En cambio la correlación entre el modelo SFA y el COLS es de 0.98 mucho mayor, es decir, que se encuentran casi perfectamente correlacionados como se muestra en el panel derecho de la figura número 32.

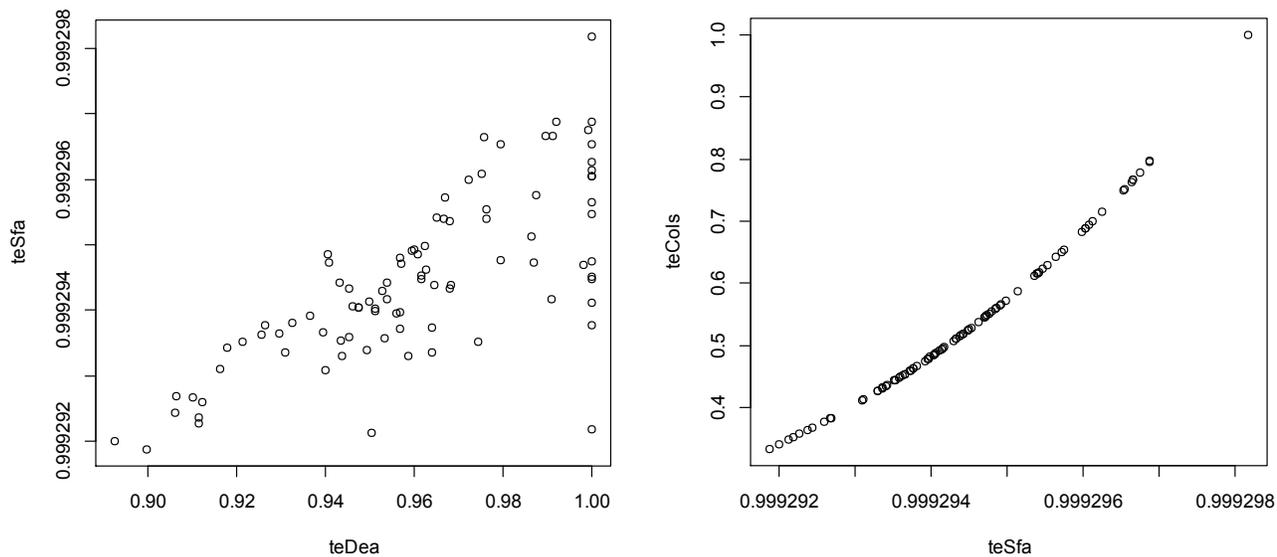


Figura 32 Plot Correlación SFA-DEA y Plot Correlación COLS-SFA

En la figura número 33 se muestran un gráfico tipo boxplot con las eficiencias de los tres modelos analizados, en donde el modelo DEA, posee eficiencias entre 0.9 y 1, el modelo SFA mantiene niveles de eficiencia muy cercanos a 1, y el modelo COLS es el único que posee mayor dispersión entre 0.1 y 0.8 aproximadamente.

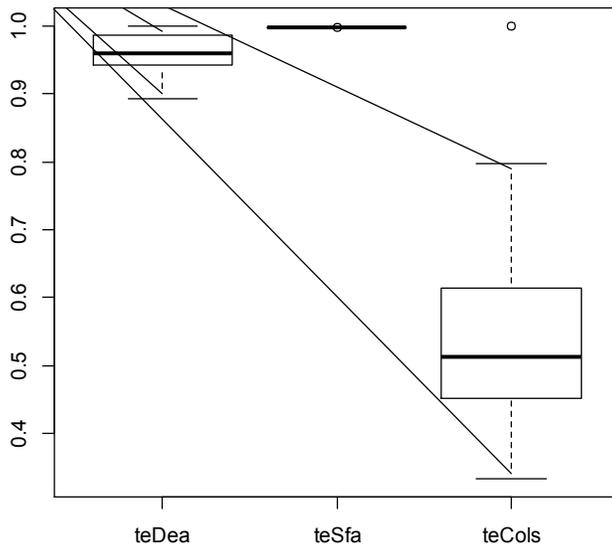


Figura 33 Boxplot DEA, SFA, COLS

Sin embargo, también es claro que hay varias empresas con una eficiencia SFA de 1 que tienen mucha menor eficiencia DEA, de igual manera ocurre con la eficiencia de COLS.

V. CONCLUSIONES

Este estudio tuvo como fin estimar el grado de eficiencia técnica de la producción de Berries para 452 pequeños agricultores usuarios de INDAP Región del Maule, de las Áreas INDAP de los sectores de San Clemente, Retiro, Parral, Linares y Talca en base a la información capturada de los Diagnósticos de Unidad de Negocio de los SAT Predial.

La función de producción (SFA) fue estimada desde los productores de frambuesas debido a que en la base de datos total representaba al 77,083%, luego de esto se genera una función de producción de tipo Cobb-Douglas, que presentó una distribución normal de los residuos, homocedasticidad de la varianza, no presenta problemas de autocorrelación y tampoco presenta problemas de multicolinealidad. Junto con eso, la función cumple las propiedades de no negatividad, y signos de los coeficientes adecuados de acuerdo a la teoría económica. Las variables predictoras que resultaron significativas consideran el Costo mano de obra frambuesa (A), Costo de los Insumos (B), Total hectáreas de riego intensivo en capital (C), presentando una mayor influencia en el modelo las variables A y C que se refleja en las elasticidades producto.

Respectos a los rendimientos de escala, la suma de los coeficientes de la función establece un valor de $1,02 > 1$ lo que refleja rendimientos crecientes a escala, es decir, el producto aumenta más que el cambio proporcional de los factores productivos.

La determinación de la eficiencia técnica total del rubro Berries (Frambuesa) para productores pertenecientes a la AFC de las Áreas de INDAP de los sectores de San Clemente, Retiro, Parral, Linares y Talca establece que al analizar en detalle la frontera estocástica se deben interpretar dos indicadores que son gamma var (γ) y lambda (λ). Si el valor de gamma se acerca a cero esto quiere decir que el termino de ineficiencia (u) es irrelevante, y los resultados deben ser muy semejantes a una función OLS, por el contrario si se acerca más a 1, esto quiere decir que el termino de ruido es irrelevante y la mayor parte de las desviaciones de la frontera de producción se explican por la ineficiencia técnica. En este caso la salida de la frontera estocástica de los productores de frambuesas

arroja un número bastante pequeño y cercano a cero (0.000058346), por lo tanto el término de ineficiencia es irrelevante para explicar las desviaciones de la frontera de producción.

Por lo tanto de acuerdo a la estimación de la frontera estocástica del modelo analizado, los resultados son que la eficiencia técnica media de los productores AFC es de un 99,86%. es decir, los productores de frambuesas son muy exitosos en producir lo máximo posible dado el conjunto de insumos y la tecnología disponible, sin embargo las desviaciones en su producción se pueden ver fuertemente influenciadas por las desviaciones aleatorias. Para generar una conclusión más robusta decidimos aplicar tres modelos en paralelo de medición de eficiencia que fueron el modelo frontier SFA, Benchmarking SFA y el modelo DEA (Análisis envolvente de datos) el cual a pesar de ser con una metodología distinta al frontera estocástica, igualmente arrojó un grado de eficiencia técnica media de un 97.1% (con orientación de entrada) similar a los dos análisis frontera estocástica antes estimados.

Al comparar los resultados estimados por las tres metodologías se concluyó que existe una fuerte correlación (0.73) entre los resultados del modelo DEA con SFA, y una correlación casi perfecta (0.98) entre los resultados de SFA con los COLS, que corroboran las conclusiones del modelo de frontera estocástica. En primer lugar tanto el modelo SFA con el DEA ratifica que existe un elevado nivel de eficiencia técnica de los productores AFC de frambuesas en la región del Maule temporada 2007-2008, y en segundo lugar que la estimación de una función de producción con el modelo de mínimos cuadrados ordinarios (OLS) corresponden a una buena estimación de la frontera de estos productores.

Al identificar los factores o variables que afectan el grado de eficiencia técnica de la producción de Berries AFC para las Áreas de INDAP de San Clemente, Retiro, Parral, Linares y Talca Región del Maule se identifica el costo de la mano de obra como la variable más importante a considerar para el productor, donde un aumento de costos mayor a lo esperado podría afectar considerablemente los márgenes de la explotación. Los insumos también son una variable importante en la producción de Berries, dado de que se necesita una serie de herbicidas, fertilizantes, insecticidas, fungicidas, para mantener productivo el predio.

El indicador de eficiencia técnica media 99,86%, es muy elevado, en este caso debemos tener presente que el rubro frambuesas en Chile lleva más de 25 años, y para el caso de la Región del Maule, hay un importante conocimiento de las mejores prácticas a seguir para hacer productivos los terrenos el llamado Know-How. Además, los productores conocen y pueden manejar correctamente predios de menores tamaños, sumado a la experiencia de los productores, donde la edad de los dueños de los predios se encuentran entre 25 años y un máximo de 85 años con una mediana (50 años) y una media de (51 años). Ahora bien para lograr que los productores de Berries AFC alcancen mejores márgenes, y sean más sustentables y viables en el tiempo, la única y gran solución que nosotros estimamos es que dispongan de mayores espacios físicos para plantar en este caso Berries de tipo frambuesas, que poseen retornos crecientes de escala o mejorando la tecnología de riego actual (de surco).

Se sugiere realizar investigaciones con datos actuales, con modelos de eficiencia distintos y aplicados a las principales regiones productoras de berries Maule y Bío-Bío, de manera tal que se pueda verificar si esta explicación corresponde y es congruente a los resultados obtenidos en la presente memoria de título.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Agrimundo. (2013). *Estudio Sobre Nuevos Procesos Industriales Que Permitan Ampliar Las Alternativas De Uso Para Los Berries En Chile*.
- Aigner, D., Lovell, C. a. K. L., & Schmidt, P. (1977). Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models. *Journal of Econometrics*, 6, 21–37.
- Álvarez Pinilla, A., & Del Corral Cuervo, J. (2008). ¿Ineficiencia O Diferencias Tecnológicas En El Sector Lechero? *Revista de Economía Aplicada*, 16(48), 69–88.
- Asagrín. (2007). Estrategias Regionales de Competitividad por Rubro “Berries Región del Maule,” 56.
- Becerril, O., Álvarez, I., & Moral, L. (2010). Eficiencia técnica de las entidades federativas de México. *Red de Revistas Científicas de América Latina, El Caribe, España Y Portugal*, X(33), 485–511.
- Bogetoft, P., & Otto, L. (2011). *Benchmarking with DEA, SFA, and R*. Springer Science & Business Media.
- Bravo-Ureta, B. E., Solís, D., Moreira López, V. H., Maripani, J. F., Thiam, A., & Rivas, T. (2007). Technical efficiency in farming: a meta-regression analysis. *Journal of Productivity Analysis*, 27(1), 57–72. <http://doi.org/10.1007/s11123-006-0025-3>
- Coelli, T. (1995). Recent Developments in Frontier Modelling and Efficiency Measurement. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 39(3), 219–245.
- Coelli, T., Rao, D. S. P., & Battese, G. E. (2005). *An Introduction to Efficiency Analysis*. (S. S. Media, Ed.) (2° ed). Nueva York, EUA.
- Cruzat, R., & Barrios, E. (2009). *Resultados y lecciones en productos agroindustriales ricos en antioxidantes, a base de berries nativos*. *Serie Experiencias de Innovación para el Emprendimiento Agrario*. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Resultados+y+Lecciones+en+Productos+Agroindustriales+Ricos+en+Antioxidantes,+a+Base+de+Berries+Nativos#0>
- Farrell, M. J. (1957). *The Measurement of Productive Efficiency*. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)* (Vol. 120). [http://doi.org/10.1016/S0377-2217\(01\)00022-4](http://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00022-4)
- Henningsen, A. (2014). *Introduction to Econometric Production Analysis with R (Draft Version)*.

- Jaime, M., & Salazar, C. (2011). Participation in Organizations, Technical Efficiency and Territorial Differences: a Study of Small Wheat Farmers in Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 71(March), 104–113. <http://doi.org/10.4067/S0718-58392011000100013>
- Lema, D., & Delgado, G. (n.d.). *Productividad y Fuentes de Eficiencia Técnica en Apicultura: Estimación de Fronteras Estocásticas de Producción con Datos de Panel*.
- Niaz, M., & Rahman, S. (2009). Farm productivity and efficiency in rural Bangladesh: the role of education revisited. *Applied Economics*, 41, 17–33.
- ODEPA. (2008). *Informe final “Estudio de frío Región del Maule.”*
- ODEPA. (2012). *Panorama de la Agricultura Chilena*. Retrieved from <http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/publicaciones/Panorama2012.pdf>
- Oyarzun, E., & Miranda, B. (2011). La economía rural en Chile : entre la pobreza y el desarrollo. *Estudios de Economía Aplicada*, 29(1), 31–55. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30120835002>
- Ozkan, B., Ceylan, R. F., & Kizilay, H. (2009). A Review of Literature on Productive Efficiency in Agricultural Production 1. *Journal of Applied Sciences Research*, 5(7), 796–801.
- Ramos, A. (2014). *Análisis Macrosectorial: PIB 2013 y Agricultura*. Odepa. Retrieved from www.odepa.gob.cl
- Retamales, J. B., Palma, M. J., Morales, Y. a., Lobos, G. a., Moggia, C. E., & Mena, C. a. (2014). Blueberry production in Chile: current status and future developments. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36(1), 58–67. <http://doi.org/10.1590/0100-2945-446/13>
- Samarajeewa, S., Hailu, G., Jeffrey, S. R., & Bredahl, M. (2012). Analysis of production efficiency of beef cow/calf farms in Alberta. *Applied Economics*, 44(3), 313–322. <http://doi.org/10.1080/00036846.2010.507173>
- Schilder, E. D., & Bravo-Ureta, B. E. (1993). *Análisis de la Eficiencia Técnica Mediante Funciones Estocásticas De Frontera : El Caso De La Cuenca Lechera Central Argentina*. Córdoba.
- Solís, D., Bravo-Ureta, B. E., & Quiroga, R. E. (2007). Soil conservation and technical efficiency among hillside farmers in Central America: A switching regression model. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 51, 491–510. <http://doi.org/10.1111/j.1467-8489.2007.00394.x>

- Toro, P., García, A., Aguilar, C., Acero, R., Perea, J., & Vera, R. (2010a). *Determinación de la Eficiencia Técnica en Agroecosistemas. Documentos de trabajo producción animal y gestión* (Vol. 2).
- Toro, P., García, A., Aguilar, C., Acero, R., Perea, J., & Vera, R. (2010b). *Modelos Econométricos Para El Desarrollo De Funciones De Producción. Documentos de trabajo producción animal y gestión* (Vol. 1).
- Ulmer, J., Travadelo, M., Caporgno, J., & Castignani, H. (2011). Caracterización de los modelos de producción apícola representativos de la zona central de la provincia de santa fe. *Ciencias Agronómicas*, XVIII, 043–049.
- Velásquez, R. (2014). *Estimación de la Eficiencia Técnica de las Empresas que Conforman el Sector Terciario Venezolano para el año 1997 Mediante el uso de Fronteras Estocásticas*. Universidad de los Andes. Retrieved from http://www.americanbanker.com/issues/179_124/which-city-is-the-next-big-fintech-hub-new-york-stakes-its-claim-1068345-1.html
- 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.
- Xiaobao, Y., Zhongfu, T., Kangting, C., Liwei, J., & Puyu, H. (2015). Efficiency Evaluation for Smart Grid Management Based on Stochastic Frontier Model and Data Envelope Analyses Model, 2015, 9.

VII. ANEXOS

Salidas de R

Modelo lineal 1

Producción en Kilos = Costo Mano Obra + Costo de los Insumos + Cantidad Hectáreas de Riego

```
> fram<-read.delim("clipboard")
> modelofram1<-
lm(fram$Prod.en.Kilos~fram$Costo_Mano_Obra+fram$CostoSinMO+fram$Prod_Hect_Riego)
> summary(modelofram1)
```

Call:

```
lm(formula = fram$Prod.en.Kilos ~ fram$Costo_Mano_Obra + fram$CostoSinMO +
fram$Prod_Hect_Riego)
```

Residuals:

```
    Min     1Q  Median     3Q     Max
-3206.4 -435.8   1.2  448.1 3460.6
```

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-3.755e+02	1.939e+02	-1.936	0.0561 .
fram\$Costo_Mano_Obra	1.509e-03	1.542e-04	9.784	1.00e-15 ***
fram\$CostoSinMO	2.534e-03	3.521e-04	7.196	1.97e-10 ***
fram\$Prod_Hect_Riego	1.924e+03	3.674e+02	5.237	1.10e-06 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1169 on 88 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.9284, Adjusted R-squared: 0.926
F-statistic: 380.5 on 3 and 88 DF, p-value: < 2.2e-16

Test de normalidad de los residuos

```
> res1<-residuals(modelofram1) # Ho = distribución normal # H1 = dist no normal
> shapiro.test(res1)
```

```
Shapiro-Wilk normality test
data: res1
W = 0.9313, p-value = 0.0001175
```

```

> ks.test(res1,"pnorm")
One-sample Kolmogorov-Smirnov test

data: res1
D = 0.4891, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: two-sided

> ad.test(res1)
Anderson-Darling normality test
data: res1
A = 2.3735, p-value = 4.718e-06

> cvm.test(res1)
Cramer-von Mises normality test
data: res1
W = 0.4279, p-value = 1.307e-05

> lillie.test(res1)
Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test
data: res1
D = 0.1309, p-value = 0.0005114

> pearson.test(res1, adjust=T)
Pearson chi-square normality test
data: res1
P = 26.1304, p-value = 0.003569

> sf.test(res1)
Shapiro-Francia normality test
data: res1
W = 0.9266, p-value = 0.0001601

```

Test de Heteroscedasticidad

```

> ncvTest(modelofram1)
Non-constant Variance Score Test
Variance formula: ~ fitted.values
Chisquare = 57.79881   Df = 1   p = 2.903457e-14

> bptest(modelofram1)
studentized Breusch-Pagan test
data: modelofram1
BP = 38.9385, df = 3, p-value = 1.789e-08

```

Test de Autocorrelación

```
> dwtest(modelofram1)
Durbin-Watson test
data: modelofram1
DW = 1.7419, p-value = 0.09502
alternative hypothesis: true autocorrelation is greater than 0

> bgtest(modelofram1)
Breusch-Godfrey test for serial correlation of order up to 1
data: modelofram1
LM test = 1.447, df = 1, p-value = 0.229
```

Test de Multicolinealidad # >10 problema

```
> vif(modelofram1)
fram$Costo_Mano_Obra    fram$CostoSinMO    fram$Prod_Hect_Riego
          3.389514          1.840689          3.312460
```

Test de Forma Funcional

```
> reset(modelofram1)
RESET test
data: modelofram1
RESET = 18.9497, df1 = 2, df2 = 86, p-value = 1.519e-07
```

Modelo lineal 2

Ingreso Rubro Berries = Costo Mano Obra + Costo de los Insumos + Cantidad Hectáreas de Riego

```
> modelofram2<-
lm(fram$Prod_Ing_Rubro_Berries~fram$Costo_Mano_Obra+fram$CostoSinMO+fram$Prod_Hect_Riego)
> summary(modelofram2)
```

Call:

```
lm(formula = fram$Prod_Ing_Rubro_Berries ~ fram$Costo_Mano_Obra +
    fram$CostoSinMO + fram$Prod_Hect_Riego)
```

Residuals:

```
   Min      1Q  Median      3Q     Max
-2587905 -373371 -153060  445851 3250941
```

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.062e+05	1.453e+05	0.731	0.467
fram\$Costo_Mano_Obra	1.232e+00	1.155e-01	10.659	< 2e-16 ***
fram\$CostoSinMO	1.410e+00	2.638e-01	5.347	6.99e-07 ***
fram\$Prod_Hect_Riego	1.543e+06	2.752e+05	5.606	2.34e-07 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
 Residual standard error: 875400 on 88 degrees of freedom
 Multiple R-squared: 0.929, Adjusted R-squared: 0.9266
 F-statistic: 383.9 on 3 and 88 DF, p-value: < 2.2e-16

Test de normalidad de los residuos

```
> res2<-residuals(modelofram2)
> shapiro.test(res2)
  Shapiro-Wilk normality test
data:  res2
W = 0.9432, p-value = 0.0005615

> ks.test(res2,"pnorm")
  One-sample Kolmogorov-Smirnov test
data:  res2
D = 0.6087, p-value = 3.331e-16
alternative hypothesis: two-sided

> ad.test(res2)
  Anderson-Darling normality test
data:  res2
A = 1.6497, p-value = 0.0002881

> cvm.test(res2)
  Cramer-von Mises normality test
data:  res2
W = 0.2898, p-value = 0.0004199

> lillie.test(res2)
  Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test
data:  res2
D = 0.1113, p-value = 0.006831

> pearson.test(res2, adjust=T)
  Pearson chi-square normality test
data:  res2
P = 20.1957, p-value = 0.02746
```

```
> sf.test(res2)
Shapiro-Francia normality test
data: res2
W = 0.9341, p-value = 0.0003547
```

Test de Heteroscedasticidad

```
> ncvTest(modelofram2)
Non-constant Variance Score Test
Variance formula: ~ fitted.values
Chisquare = 26.67407 Df = 1 p = 2.408321e-07

> bptest(modelofram2)
studentized Breusch-Pagan test
data: modelofram2
BP = 47.0066, df = 3, p-value = 3.464e-10
```

Test de Autocorrelación

```
> dwtest(modelofram2)
Durbin-Watson test
data: modelofram2
DW = 1.0717, p-value = 7.076e-07
alternative hypothesis: true autocorrelation is greater than 0
```

```
> bgtest(modelofram2)
Breusch-Godfrey test for serial correlation of order up to 1
data: modelofram2
LM test = 19.4328, df = 1, p-value = 1.042e-05
```

Test de Multicolinealidad

```
> vif(modelofram2)
fram$Costo_Mano_Obra    fram$CostoSinMO    fram$Prod_Hect_Riego
      3.389514           1.840689           3.312460
```

Test de Forma Funcional

```
> reset(modelofram2)
RESET test
```

data: modelofram2
 RESET = 6.3641, df1 = 2, df2 = 86, p-value = 0.002645

Modelo Cobb Douglas 1

$\log(\text{Producción en Kilos}) = \log(\text{Costo Mano Obra}) + \log(\text{Costo de los Insumos}) + \log(\text{Cantidad Hectáreas de Riego})$

```
> logfram1<-
lm(log(fram$Prod.en.Kilos)~log(fram$Costo_Mano_Obra)+log(fram$CostoSinMO)+log(fra
m$Prod_Hect_Riego))
> summary(logfram1)
```

Call:

```
lm(formula = log(fram$Prod.en.Kilos) ~ log(fram$Costo_Mano_Obra) +
  log(fram$CostoSinMO) + log(fram$Prod_Hect_Riego))
```

Residuals:

```
   Min     1Q   Median     3Q      Max
-0.44687 -0.14464 -0.01648  0.16004  0.65009
```

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-4.33082	0.79536	-5.445	4.63e-07 ***
log(fram\$Costo_Mano_Obra)	0.77527	0.05215	14.866	< 2e-16 ***
log(fram\$CostoSinMO)	0.12961	0.03455	3.751	0.000315 ***
log(fram\$Prod_Hect_Riego)	0.13942	0.05876	2.373	0.019830 *

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.2276 on 88 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.9376, Adjusted R-squared: 0.9355

F-statistic: 440.7 on 3 and 88 DF, p-value: < 2.2e-16

Test de normalidad de los residuos

```
> res3<-residuals(logfram1)
```

```
> shapiro.test(res3)
```

Shapiro-Wilk normality test

data: res3

W = 0.981, p-value = 0.2009

```
> ks.test(res3,"pnorm")
```

One-sample Kolmogorov-Smirnov test

data: res3

D = 0.3275, p-value = 5.382e-09

alternative hypothesis: two-sided

```
> ad.test(res3)
```

Anderson-Darling normality test

```

data: res3
A = 0.5582, p-value = 0.1454

> cvm.test(res3)
  Cramer-von Mises normality test
data: res3
W = 0.0937, p-value = 0.1353

> lillie.test(res3)
  Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test
data: res3
D = 0.0747, p-value = 0.2336

> pearson.test(res3, adjust=T)

  Pearson chi-square normality test
data: res3
P = 10.0217, p-value = 0.4386

> sf.test(res3)
  Shapiro-Francia normality test
data: res3
W = 0.9824, p-value = 0.2157

```

Test de Heteroscedasticidad

```

> ncvTest(logfram1)
Non-constant Variance Score Test
Variance formula: ~ fitted.values
Chisquare = 2.387098  Df = 1  p = 0.1223405

> bptest(logfram1)
  studentized Breusch-Pagan test
data: logfram1
BP = 7.1391, df = 3, p-value = 0.06759

```

Test de Autocorrelación

```

> dwtest(logfram1)
  Durbin-Watson test
data: logfram1
DW = 1.5615, p-value = 0.01346
alternative hypothesis: true autocorrelation is greater than 0

> bgtest(logfram1)
  Breusch-Godfrey test for serial correlation of order up to 1
data: logfram1
LM test = 2.7887, df = 1, p-value = 0.09493

```

Test de Multicolinealidad

```
> vif(logfram1)
log(fram$Costo_Mano_Obra)    log(fram$CostoSinMO) log(fram$Prod_Hect_Riego)
                3.766996                1.808517                3.788416
```

Test de Forma Funcional

```
> reset(logfram1)
RESET test
data: logfram1
RESET = 0.5428, df1 = 2, df2 = 86, p-value = 0.5831
```

Modelo Cobb Douglas 2

$\log(\text{Ingreso Rubro Berries}) = \log(\text{Costo Mano Obra}) + \log(\text{Costo de los Insumos})$
 $+ \log(\text{Cantidad Hectáreas de Riego})$

```
> logfram2<-
lm(log(fram$Prod_Ing_Rubro_Berries)~log(fram$Costo_Mano_Obra)+log(fram$CostoSinM
O)+log(fram$Prod_Hect_Riego))
```

```
> summary(logfram2)
```

Call:

```
lm(formula = log(fram$Prod_Ing_Rubro_Berries) ~ log(fram$Costo_Mano_Obra) +
log(fram$CostoSinMO) + log(fram$Prod_Hect_Riego))
```

Residuals:

```
Min      1Q  Median      3Q      Max
-0.47746 -0.14296 -0.01931  0.15588  0.79780
```

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	3.16647	0.83176	3.807	0.00026 ***
log(fram\$Costo_Mano_Obra)	0.74194	0.05454	13.604	< 2e-16 ***
log(fram\$CostoSinMO)	0.10800	0.03614	2.989	0.00363 **
log(fram\$Prod_Hect_Riego)	0.09690	0.06145	1.577	0.11838

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.238 on 88 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.92, Adjusted R-squared: 0.9173

F-statistic: 337.4 on 3 and 88 DF, p-value: < 2.2e-16

Test de normalidad de los residuos

```
> res4<-residuals(logfram2)
```

```
> ks.test(res4,"pnorm")
```

One-sample Kolmogorov-Smirnov test

```

data: res4
D = 0.3177, p-value = 9.311e-09
alternative hypothesis: two-sided

> ad.test(res4)
Anderson-Darling normality test
data: res4
A = 0.33, p-value = 0.5104

> cvm.test(res4)
Cramer-von Mises normality test
data: res4
W = 0.0548, p-value = 0.439

> lillie.test(res4)
Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test
data: res4
D = 0.0755, p-value = 0.2213

> pearson.test(res4, adjust=T)
Pearson chi-square normality test
data: res4
P = 11.7174, p-value = 0.3044

> sf.test(res4)
Shapiro-Francia normality test
data: res4
W = 0.9807, p-value = 0.1661

```

Test de Heteroscedasticidad

```

> ncvTest(logfram2)
Non-constant Variance Score Test
Variance formula: ~ fitted.values
Chisquare = 1.525404 Df = 1 p = 0.2168036

> bptest(logfram2)# este dio 0.2
studentized Breusch-Pagan test
data: logfram2
BP = 7.0536, df = 3, p-value = 0.07021

```

Test de Autocorrelación

```

> dwttest(logfram2)
Durbin-Watson test
data: logfram2
DW = 1.2237, p-value = 3.539e-05
alternative hypothesis: true autocorrelation is greater than 0

```

```
> bgtest(logfram2)
Breusch-Godfrey test for serial correlation of order up to 1
```

```
data: logfram2
LM test = 12.0847, df = 1, p-value = 0.0005084
```

Test de Multicolinealidad

```
> vif(logfram2)
log(fram$Costo_Mano_Obra)    log(fram$CostoSinMO)
                3.766996                1.808517
log(fram$Prod_Hect_Riego)
                3.788416
```

Test de Forma Funcional

```
> reset(logfram2)
RESET test
data: logfram2
RESET = 0.587, df1 = 2, df2 = 86, p-value = 0.5582
```

Modelo Cobb Douglas 1 SFA (de frontera estocástica)

```
> logframsfa1<-
sfa(log(fram$Prod.en.Kilos)~log(fram$Costo_Mano_Obra)+log(fram$CostoSinMO)+log(fra
m$Prod_Hect_Riego))
```

Mensajes de aviso perdidos

```
1: In sfa(log(fram$Prod.en.Kilos) ~ log(fram$Costo_Mano_Obra) + log(fram$CostoSinMO)
+ : the residuals of the OLS estimates are right-skewed; this might indicate that there is
no inefficiency or that the model is misspecified
2: In sfa(log(fram$Prod.en.Kilos) ~ log(fram$Costo_Mano_Obra) + log(fram$CostoSinMO)
+ : the parameter 'gamma' is close to the boundary of the parameter space [0,1]: this
can cause convergence problems and can negatively affect the validity and reliability of
statistical tests and might be caused by model misspecification
```

```
> summary(logframsfa1)
Error Components Frontier (see Battese & Coelli 1992)
Inefficiency decreases the endogenous variable (as in a production function)
The dependent variable is logged
Iterative ML estimation terminated after 45 iterations:
log likelihood values and parameters of two successive iterations
are within the tolerance limit
```

final maximum likelihood estimates

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-4.3295e+00	8.0115e-01	-5.4041	6.515e-08 ***
log(fram\$Costo_Mano_Obra)	7.7527e-01	4.8730e-02	15.9097	< 2.2e-16 ***

```
log(fram$CostoSinMO)      1.2961e-01  3.3128e-02  3.9124  9.138e-05 ***
log(fram$Prod_Hect_Riego) 1.3942e-01  5.5228e-02  2.5245  0.01159 *
sigmaSq                  4.9536e-02  7.5933e-03  6.5237  6.860e-11 ***
gamma                    5.8346e-05  2.2857e-02  0.0026  0.99796
---
```

```
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
log likelihood value: 7.691701
cross-sectional data
total number of observations = 92
mean efficiency: 0.998645
```

```
> summary(logframsfa1,extraPar = TRUE)
```

```
Error Components Frontier (see Battese & Coelli 1992)
Inefficiency decreases the endogenous variable (as in a production function)
The dependent variable is logged
Iterative ML estimation terminated after 45 iterations:
log likelihood values and parameters of two successive iterations
are within the tolerance limit
```

```
final maximum likelihood estimates
```

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-4.3295e+00	8.0115e-01	-5.4041	6.515e-08 ***
log(fram\$Costo_Mano_Obra)	7.7527e-01	4.8730e-02	15.9097	< 2.2e-16 ***
log(fram\$CostoSinMO)	1.2961e-01	3.3128e-02	3.9124	9.138e-05 ***
log(fram\$Prod_Hect_Riego)	1.3942e-01	5.5228e-02	2.5245	0.01159 *
sigmaSq	4.9536e-02	7.5933e-03	6.5237	6.860e-11 ***
gamma	5.8346e-05	2.2857e-02	0.0026	0.99796
sigmaSqU	2.8902e-06	1.1323e-03	0.0026	0.99796
sigmaSqV	4.9533e-02	7.5419e-03	6.5677	5.109e-11 ***
sigma	2.2257e-01	1.7058e-02	13.0474	< 2.2e-16 ***
sigmaU	1.7001e-03	3.3301e-01	0.0051	0.99593
sigmaV	2.2256e-01	1.6944e-02	13.1354	< 2.2e-16 ***
lambdaSq	5.8350e-05	2.2859e-02	0.0026	0.99796
lambda	7.6387e-03	1.4963e+00	0.0051	0.99593
varU	1.0503e-06	NA	NA	NA
sdU	1.0248e-03	NA	NA	NA
gammaVar	2.1203e-05	NA	NA	NA

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
log likelihood value: 7.691701
cross-sectional data
total number of observations = 92
mean efficiency: 0.998645
```

Modelo DEA en R

```
> framDEA <- dea(log(x), log(y1),ORIENTATION="out")
> summary(framDEAout)
```

Summary of efficiencies

The technology is vrs and output orientated efficiency

Number of firms with efficiency==1 are 15

Mean efficiency: 1.04

Eff range	#	%
F ==1	15	16.3
1 < F =<1.1	73	79.3
1.1 < F =<1.2	4	4.3

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
1.000	1.014	1.041	1.042	1.060	1.120

```
> framDEAin <- dea(log(x), log(y1),ORIENTATION="in")
> summary(framDEAin)
```

Summary of efficiencies

The technology is vrs and input orientated efficiency

Number of firms with efficiency==1 are 15

Mean efficiency: 0.971

Eff range	#	%
0.9 <= E < 1	77	84
E ==1	15	16

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0.9241	0.9577	0.9685	0.9709	0.9866	1.0000

```
> teSfa <- te.sfa(framSfa)
> teDea <- 1/eff(framDEA)
> ols <- lm(log(y1)~log(x))
> cols <- -residuals(ols) + max(residuals(ols))
> teCols <- exp(-cols)
> cor(cbind(teDea, teSfa, teCols))
      teDea      teSfa      teCols
teDea 1.0000000 0.7321513 0.7056945
teSfa 0.7321513 1.0000000 0.9886579
teCols 0.7056945 0.9886579 1.0000000
```