UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS CULTIVOS DE PALTO, OLIVO Y UVA PISQUERA INSERTOS DENTRO DE UN SISTEMA DE AGRICULTURA FAMILIAR CAMPESINA EN LA PROVINCIA DEL CHOAPA

PABLO CRISTÓBAL PERRY CAVIERES

Santiago, Chile

2015

UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS CULTIVOS DE PALTO, OLIVO Y UVA PISQUERA INSERTOS DENTRO DE UN SISTEMA DE AGRICULTURA FAMILIAR CAMPESINA EN LA PROVINCIA DEL CHOAPA

CLIMATE CHANGE EFFECTS ON AVOCADO, OLIVE AND PISCO GRAPE CROPS IN A FAMILY FARMING SYSTEM OF THE CHOAPA PROVINCE

PABLO CRISTÓBAL PERRY CAVIERES

Santiago, Chile

2015

UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS CULTIVOS DE PALTO, OLIVO Y UVA PISQUERA INSERTOS DENTRO DE UN SISTEMA DE AGRICULTURA FAMILIAR CAMPESINA EN LA PROVINCIA DEL CHOAPA

Memoria para optar al título profesional de:

Ingeniero en Recursos Naturales Renovables

PABLO CRISTÓBAL PERRY CAVIERES

Profesor Guía	**Calificaciones**
Fernando Santibáñez Q. Ingeniero Agrónomo, Dr. Es. Sci.	7,0
Profesores Evaluadores	
Maruja Cortés B. Ingeniero Agrónomo, Mg. Ph. D.	6,6
Juan Manuel Uribe M. Ingeniero Agrónomo	7,0

Colaborador

Pablo Morales P.
Ingeniero Agrónomo, M.S. Ph. D.

Santiago, Chile

2015

A Pilar y mi abuela querida

AGRADECIMIENTOS

Quisiera partir agradeciendo a mi familia: madre, padre, hermanas, hermano, tíos, tías, primos, primas, abuelos y abuelas, quienes en conjunto han sido el soporte y compañía en todo momento.

A Carolina, por su amor, compañía y compromiso, entregado durante todos estos años y los que vendran.

A los habitantes de la casa K, Juan José, André, Andrés, Diego C., Daniel, Valentina y Diego, por los inmemorables momentos vividos en estos 3 años de convivencia, amistad y comunidad.

A Bianca y Bojana por nuestra pollanca amistad.

A todos mis amigos que de una u otra forma fueron parte de esta etapa: Lucho, Claudio, Mico, Nico, Gabi, Consu, Coca, Lolo, Dani, Javi, Negro, David, Pancha, Maqui, Esteban, Marco. Pacha, Cano, Jota y Eli.

Al Proyecto de Desarrollo Social y Agropecuario TVV, por ayudarme en mí desarrollo como profesional al servicio de la ruralidad, y a sus integrantes por la amistad y compromiso con el mundo rural.

Al movimiento estudiantil y la FECh, por permitirme se parte del movimiento que inicio los cambios para construir un país justo.

A los integrantes del Centro AGRIMED, por la ayuda en el desarrollo de esta memoria, y la buena compañía.

A mis profesores guías, Fernando Santibañez y Pablo Morales, por su constante apoyo y dedicación en el desarrollo de este trabajo.

A Melchor, Gaspar, Baltazar, Jorge, Hugo, Branco, Negro, Mamon y Manchita, por su cariño incondicional.

Y a todos los que me han permitido ser feliz.

ÍNDICE

RESUMEN **13**
ABSTRACT **14**
INTRODUCCIÓN **15**
Objetivo General **17**
Objetivo Específicos **17**
MATERIALES Y MÉTODOS **18**
Lugar de Estudio **18**
Materiales **19**
Métodos **20**
Recopilación de información socio productiva 20
Generación de Escenarios 20
Evaluación de los impactos productivos 21
Evaluación de los impactos a nivel de los sistemas de producción. 22
Incorporación de medidas de adaptación 24
Generación de valores de costos y margen bruto, e indicador MB/CD UEA para todo el ciclo productivo 25
RESULTADOS **27**
Rendimientos potenciales **27**
Olivo 27
Uva Pisquera 28
Palto 29
Variación rentabilidad predial en diferentes escenarios de cambio climático **30**
Olivo 31
Uva Pisquera 33
Palto 35
Variación rentabilidad predial en diferentes escenarios de cambio climático incorporando mejoras tecnológicas y de adaptación **37**
Olivo 37

Uva pisquera 41
Palto 46
CONCLUSIONES 52
BIBLIOGRAFÍA 54
APÉNDICES 57
Apéndice 1. Entrevista de caracterización agrícola 57
Apéndice 2. Gráficos variación del índice MBT/CDT UEA versus los costos en los predios con olivos. 61
Apéndice 3. Gráficos variación del índice MBT/CDT UEA versus los costos en los predios con vides pisqueras. 65
Apéndice 4. Gráficos variación del índice MBT/CDT UEA versus los costos en los predios con paltos. 71

RESUMEN

Las variaciones en el clima producto del aumento de las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI), afectara fuertemente a la agricultura, debido a su alta dependencia de las condiciones climáticas para su desarrollo. En particular en zonas semi áridas como la Provincia del Choapa, en donde la disminución de las precipitaciones ha afectado fuertemente a la agricultura familiar campesina de la provincia, quienes al no tener las herramientas para hacer frente a estos eventos climáticos han visto disminuir sus producciones.

Para poder evaluar el impacto del cambio climático en las producciones de olivos, paltos y vides pisqueras, se evaluó con el modelo SIMFRUT, las variaciones en las productividades potenciales para la zona. Tomando como base un escenario de línea base y los escenarios de cambio climático para los periodos 2050 y 2070 con diferentes niveles de forzamiento radiativo (2,6 y 8,5 W/m^2) y disponibilidad hídrica.

Con el fin de analizar las mejores opciones para los agricultores en los escenarios planteados, se realizaron entrevistas semi-estructuradas con lo que se logró definir un perfil socio-productivo de cada uno de los agricultores, que sumado a la información productiva, permitió simular a través del modelo MODAP, los costos (CDU) y utilidades (MBU) de cada uno de los predios para todo el ciclo productivo, en diferentes escenarios climáticos, incorporando mediadas de adaptación o mejorando el nivel tecnológico.

Los mejores resultados al analizar los índices de CDU y MBU se observaron para el caso de los predios con paltos y olivos, en los escenarios con disponibilidad de agua y un fenómeno de cambio climático fuerte (8,5 W/m^2), en el caso de predios con vid pisquera los mejores resultados se obtuvieron en un escenario de cambio climático leve (2,6 W/m^2) y con disponibilidad de agua. Al momento de analizar la incorporación de medidas de adaptación, se apreció que no resultaron ser una buena opción para los predios con vides pisqueras y olivos; sólo en algunos predios con paltos resultaron ser una opción viable, lo cual se explica por la alta inversión requerida para su incorporación.

Mejores fueron los resultados al incorporar mejoras tecnológicas, en donde se logró aumentar las rentabilidades en todos los escenarios. Lo cual demostró que para este caso de estudio, inserto dentro de un contexto de agricultura familiar campesina, la adaptación al cambio climático debe enfocarse hacia mejorar la gestión agrícola de los predios.

Palabras Clave: Cambio Climático, Agricultura Familiar Campesina, MODAP, Modelación Predial, Provincia del Choapa.

ABSTRACT

Climatic variations due to an increase in greenhouse gases (GHG) emissions will strongly influence agricultural activities. In particular, semi-arid zones like the Choapa province, where the diminish of precipitations has badly affected the family farming systems that, not counting with the tools to resist climatic conditions, have seen their production decrease.

To evaluate the impacts of climate change in avocado, olives and pisco grape productive systems, variations in the potential productivities of the three types of crops were analyzed using the SIMFRUT model. For this, one baseline scenario was defined, and two climate change scenarios were projected for years 2050 and 2070, with different radiative forcing levels (2,6 and 8,4 W/m^2) and water availability.

With the aim of analyzing the best options for farmers in the different scenarios, semi-structured interviews were made in order to obtain a socio-productive profile of each farmer, which combined with the production information, allowed to simulate using the MODAP model, the costs (CDU) and utilities (MBU) of each one of the agricultural zones for all the productive cycle, in different climatic scenarios and incorporating adaptation measurements or improving the technological level.

The best results obtained from the analysis of the CDU and MBU indices were observed for the case of avocado and olives crops, in the scenarios with water availability and with a strong climatic change (8,5 W/m2). In the case of pisco grape crops, the best results were obtained in an scenario of light climate change (2,6 W/m^2) and with water availability. When the incorporation of adaptation measurements was analysed, the results showed that the measurements were not a good choice for the olives and pisco grape crops; and that only a few avocado crops managed to be a viable choice, which is explained by the high investment needed for it implementation.

Rentability increased for all crops and climatic scenarios when improvements were made to the technological level of the production systems. Which showed that for this study case, immersed in a family farming context, adaptation to climate change must be focused in the improvement of the production systems management.

Keywords: Climate Change, Family Farming, MODAP, Farming Modelling, Choapa Province.

INTRODUCCIÓN

Los cambios en el clima observados en los últimos años se pueden explicar a partir de la alta concentración de Gases con Efecto Invernadero (GEI), como el dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (NO_2), en la atmósfera terrestre, los cuales tienen la capacidad de absorber la radiación emitida por la superficie del planeta y aumentar la temperatura de la superficie (Garreaud, 2011). Este aumento de concentración de GEI según el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático IPCC (2013), se debe principalmente a causas antropogénicas. El fuerte crecimiento de la población a nivel mundial ha elevado el consumo de combustibles fósiles, generado cambios en el uso del suelo y una fuerte presión sobre los ecosistemas naturales, lo que ha llevado a incrementar las concentraciones de dióxido de carbono (CO2) en la atmósfera, desde 280 ppm, en la era preindustrial, a 379 ppm en el año 2005 (Baethgen, 2010).

Este proceso, según el IPCC (2007), ha elevado la temperatura promedio del aire y del océano, aumentado el nivel del mar y ha acelerado el deshielo de los glaciares a nivel mundial; asimismo se ha determinado que diversos ecosistemas se han visto afectados por las variaciones locales del clima, debido a las fluctuaciones en los patrones de lluvia, temperatura y concentraciones de CO2 (ODEPA, 2010).

En el caso de los efectos del cambio climático en Chile, según Falvey & Garraud (2009), desde 1979 la temperatura medida en las estaciones meteorológicas de la zona norte y centro del país han presentado en la costa y océanos una disminución de 0,15ºC por década, y en el caso del valle central han tenido un aumento de 0,15ºC por década. En el caso de las regiones al sur del río Bio-Bio, no se pueden establecer tendencias significativas. Tales tendencias han sido percibidas por los agricultores, quienes según Alvar (2014), en el valle del Choapa, un 100% de los entrevistados declaró que ahora llueve menos que en el pasado, y que los inviernos son más fríos y los veranos más cálidos.

Los efectos pronosticados para Chile han sido descritos por el Estudio de la Variabilidad Climática en Chile para el Sigo XXI, elaborado por el Departamento de Geofísica de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile (CONAMA, 2006). Éste establece a partir de los resultados entregados por el modelo de circulación atmosférica PRECIS, qué la temperatura promedio aumentaran entre 2º y 4ºC, acentuándose en las regiones andinas, y disminuyendo a medida que se avanza al sur. Para el caso de las precipitaciones, se espera que estas aumenten en las estaciones de primavera y verano en el sector del altiplano chileno, y en el otoño en el sector del norte chico, a excepción de la mitad norte del sector andino en donde este aumento de las precipitaciones sería en la estación invernal. En la zona central, se pronostica una disminución de las precipitaciones, a

excepción de la estación de otoño en latitudes al norte de los 33ºS. En la región sur, se estima una disminución de la pluviosidad en la estación de verano y primavera, siendo estas de un 40% y 25% respectivamente. Por último en la zona austral se prevén pérdidas de precipitaciones estivales de un 25%, normalizándose la situación en invierno, apreciándose también un leve aumento en el extremo sur, el cual se mantiene durante todo el año.

Los cambios antes mencionados significan una modificación relevante del escenario en que se desarrolla la pequeña agricultura. La cual durante largo tiempo ha constituido el sustento de un gran porcentaje de los hogares rurales en Chile, conformada por 260 mil explotaciones, representando actualmente un 90% de las unidades productivas en Chile (INDAP, 2014). Por otro lado, la agricultura familiar campesina es un modelo productivo que favorece el arraigo al medio rural; crea redes de protección social; preserva y potencia rasgos culturales; genera empleos directos e indirectos; favorece la preservación de especies animales y vegetales endémicas del lugar (Schneider, 2009 en FAO, 2012). En Chile, el Instituto de Desarrollo Agropecuario ha definido dentro de la agricultura familiar campesina, a quienes explotan una superficie no superior a las 12 hectáreas de riego básico, teniendo activos que no superen las 3.500 unidades de fomento y obtienen sus ingresos de la explotación agrícola, trabajando directamente la tierra, cualquiera sea su régimen de tenencia (Ley Nº 19.213, 1993).

La elevada vulnerabilidad que presenta la agricultura familiar de la provincia del Choapa frente al cambio climático (AGRIMED, 2008) y la necesidad estratégica que conlleva frenar el proceso de migración hacia la ciudad desde los sectores rurales (Universidad de Los Lagos, 2009), llevaron a plantear esta provincia como área de estudio. Definir esta zona, como área de estudio permitirá establecer las posibles consecuencias que podrá tener el cambio climático sobre los pequeños agricultores, dando la oportunidad de proponer, en función de los resultados obtenidos, medidas técnicas y políticas que apunten a aminorar las posibles consecuencias sobre la pequeña agricultura de las variaciones climáticas que se puedan presentar en un futuro cercano.

Según el Censo Silvoagropecuario (INE, 2008), actualmente en la provincia del Choapa, existe un total de 4.922 explotaciones agropecuarias, de las cuales un 90% presentan superficies menores a 20 hectáreas, predominando las plantas forrajeras con un 79% del total de las explotaciones, seguido por los frutales, viñas y parronales, con un 7% y 4% respectivamente. Dentro de los frutales con mayor presencia en la zona se encuentra el palto, nogal, damasco, vid de mesa, arándano americano, naranjo y olivo (ODEPA y CIREN, 2011)

Al momento de revisar los estudios hasta ahora realizados, estos se enfocan en una agricultura mayormente tecnificada, con altos niveles de inversión, teniendo como orientación un enfoque de análisis de la situación desde una visión técnica, pronosticando la situación por cultivo, alejándose del entorno socio-cultural en el cual se engloba el desarrollo de la pequeña agricultura, la cual juega un rol social de primer orden.

Esta investigación se focalizó en establecer los impactos económicos esperables en escenarios de cambio climático en la agricultura familiar campesina de la Provincia del Choapa, recopilando información en terreno de métodos de cultivos y estructura de la familia.

Para luego, en función de simulaciones productivas basadas en pronósticos de la situación futura de las condiciones climáticas del lugar, modelar económicamente cada uno de los predios seleccionados, lo que permitió evaluar las mejores opciones para el desarrollo futuro de la agricultura en el Choapa.

Objetivo General

Evaluar el impacto del Cambio Climático en los principales rubros productivos de la Provincia del Choapa, con focalización en cambios en productividad y producción esperados para los escenarios futuros

Objetivo Específicos

- Evaluar el impacto productivo del cambio climático en cada uno de los rubros seleccionados.
- Determinar el impacto económico del cambio climático en cada uno de los rubros seleccionados.
- Proponer alternativas técnicas de adaptación e identificar limitantes de orden socioeconómico y de riesgo para el proceso de adopción de tales técnicas por parte de la AFC de la Provincia del Choapa

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de Estudio

La provincia del Choapa se encuentra en la región de Coquimbo, entre las latitudes 31º 10`S y 32º 15`S, comprendiendo una superficie de 10.072 km2 y una población de 81.681 habitantes, de las cuales 32.563 habitan en zonas rurales según el censo 2002 (INE, 2005). Dentro de la provincia se encuentran las comunas de Los Vilos, Salamanca, Canela e Illapel.

El principal cauce de la cuenca es el río Choapa, el cual fluye de cordillera a mar en dirección SE a NO, alimentado por los tributarios Totoral, Leiva, del Valle, Cuncumen, Chalinga e Illapel, desembocando en el mar a unos 35km al norte de Los Vilos, en el sector de Huentelauquen. Por otro lado, la Provincia del Choapa también incluye la cuenca formada por el río Limarí.

La minería se considera como la principal actividad económica de la cuenca, seguida por la actividad agrícola. La primera se concentra principalmente en las comunas de Illapel y Salamanca, donde se extrae principalmente cobre y en menor proporción oro. En el caso de la agricultura, se caracteriza por cultivos pocos productivos como chacras y praderas naturales, sin embargo en los sectores que cuentan con riego canalizado, se pueden apreciar cultivos más intensivos como frutales y viñas (DGA, 2014).

En base a los datos entregados por INE (2005), obtenidos a partir del Censo de población y vivienda del año 2002 (INE 2002), la provincia cuenta con una fuerza de trabajo de 27.485 personas, de las cuales 22.718 se consideraron ocupados. Dentro de este grupo, un 16,2% se dedica al comercio al por mayor y menor, seguido por las actividades silvoagropecuarias, que representan un 15,2%. Tras estas se ubican las actividades de, inmobiliarias, con un 11,9% de la población ocupada. La minería, a pesar de ser la principal actividad económica en términos de PIB, solo genera un 8,5% de los empleos directos.

En zona agrícola de la Provincia del Choapa se pueden apreciar según Fuenzalida (1971) basado en el trabajo de Koeppen (1948), tres agrupaciones climáticas: el clima templado cálido con lluvias invernales ubicado en la parte alta de la cuenca, presentando una concentración de la lluvia en los meses de invierno y una estación seca prolongada, producto de un dominio anticiclónico interrumpido. En ésta agrupación, se puede apreciar temperaturas mayores que en el sector costero, no presenta abundantes precipitaciones y una baja frecuencia de ráfagas de viento.

En el sector costero se presenta la estepa con nubosidad abundante, influenciando hasta 40 kilómetros hacia el interior por los valles y quebradas, presenta una gran nubosidad, temperaturas moderadas y un promedio de precipitaciones de 150 mm anuales, con un periodo seco de 8 a 9 meses. Por ultimo entre estos dos climas se encuentra el clima de estepa con gran sequedad atmosférica, con cielos predominantemente despejados y humedades relativamente bajas. Las precipitaciones, temperaturas y oscilaciones térmicas son levemente superiores a las del sector costero manteniendo el mismo periodo seco de las clasificaciones anteriores.

Según Gajardo (2004), la provincia de Choapa presenta en la costa los tipos vegetacionales matorral estepario costero en la zona norte y matorral estepario boscoso en el sector sur; dentro de la depresión intermedia se encuentra presente el matorral estepario interior; en la precordillera se encuentran la estepa arbustiva de la precordillera de los Andes y el matorral escleróphilo andino; por ultimo en la zona andina, se puede apreciar la estepa altoandina de Coquimbo y la estepa altoandina de Coquimbo.

Materiales

- Información predial de tipo de cultivos y superficie
- Encuesta de caracterización predialshipo
- Línea base climática de la zona del régimen semiárido de Chile, elaborada por el centro AGRIMED
- Escenarios de cambio climático HadGEM2, generadas por el centro meteorológico inglés Met Office Hadley Centre en conjunto al Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais de Brasil, para los periodos 2050 (promedio entre los años 2041 y 2060) y 2070 (promedio entre los años 2061 y 2080, utilizando los forzamiento radiativos de 2,6 y 8,5 W/m^2.
- Modelación productiva para cultivos de paltos, olivos y uva pisquera (SIMPFRUT)

Métodos

Recopilación de información socio productiva

Para el desarrollo de los objetivos propuestos, se utilizó la información cuantitativa referente a aspectos socio productivos, e información de tipo cualitativa relacionada con la participación dentro de la comunidad y su actitud frente al cambio, recopilada a través de las entrevistas personales de carácter estructurada realizadas en terreno a 15 pequeños productores agrícolas de la provincia del Choapa (ver Apéndice 1), pertenecientes a algún programa del Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), las cuales fueron incorporados dentro de este estudio de caso, generando una base de datos que incorporo:

- Recursos de producción predial,
- Nivel de capacitación técnica de los agricultores,
- Uso actual del suelo
- Nivel tecnológico de producción de los sistemas por agricultor para cada uno de sus cultivos
- Mano de obra disponible
- Nivel de asociatividad

Esta base de datos permitió clasificar a los agricultores en 3 diferentes perfiles de producción agrícolas para las producciones de palta, olivo y uva pisquera, en cada uno de los sitios pilotos seleccionados dentro de la zona de estudio, los cuales estarán definidos por el capital, infraestructura, mano de obra y capacitación que posea el agricultor, agrupándose en 3 grandes perfiles: una situación agrícola de alta inversión, una de mediana inversión y otra de baja inversión, los cuales serán identificado dentro del estudio como “niveles tecnológicos”.

Generación de Escenarios

Como base climática para la generación de los escenarios de análisis, se utilizó la línea base generada por el Centro AGRIMED (2014), en base a la recopilación de información climática proveniente de las estaciones pertenecientes a la Dirección Meteorológica de Chile (DMC) y a la Dirección General de Aguas (DGA); en el caso de los escenarios de cambio climático se utilizaron las modelaciones HadGEM2, para los periodos 2050 y 2070, utilizando los escenarios de forzamiento radiativo de 2,6 y 8,5 W/m^2, definidos por el IPCC (2014) en Cambio climático 2014 impactos, adaptación y vulnerabilidad.

Para cada uno de los escenarios descritos anteriormente, se extrajo la información de temperaturas medias mínimas, temperaturas medias máximas y precipitaciones mensuales, para puntos representativos de los predios estudiados.

Evaluación de los impactos productivos

Una vez generados los escenarios climáticos, se obtuvieron los rendimientos potenciales a través del modelo de producción SIMFRUT (Santibáñez, et al. 1987), el cual a partir de variables climáticas y ecofisiológicas seleccionadas a nivel predial, pronostica las productividades esperadas en kilogramos por hectárea. Para tal fin, se tomó en cuenta cada uno de los métodos de producción identificados y se trabajó bajo los escenarios climáticos descritos anteriormente, incorporando a cada uno de los escenarios propuestos, una situación que incorpore la variación en la disponibilidad de agua, por lo que a través de la función de respuesta productiva de los cultivos en respuesta a la disponibilidad de agua, propuesta por Stewart et al. (1977) (Ecuación 1). Para lo cual se utilizaron diferentes valores en la relación de evapotranspiración real versus evapotranspiración potencial para un máximo rendimiento, estableciendo un valor de 0,5 para una situación de escasez hídrica, y 0,8 para una situación normal.

$$\left(1-\frac{Po}{Pr}\right)=K_y\left(1-\frac{ET_r}{ET_{mr}}\right)$$

$$Despejando\ Pr$$

$$Pr=Po\left(1-K_y\left(1-\frac{ET_r}{ET_{mr}}\right)\right)$$

$$Donde:$$

$$Pr: Rendimiento$$
$$Po: Rendimiento\ potencial$$
$$K_y: Coeficiente\ de\ reduccion\ de\ rendimiento$$
$$ET_r: Evapotransipiracion\ real$$
$$ET_{mr}: Evapotranspiracion$$

Ecuación 1. Función de respuesta productiva de los cultivos en respuesta a la disponibilidad de agua

Evaluación de los impactos a nivel de los sistemas de producción.

Para evaluar los efectos del cambio climático sobre los sistemas de producción y el ingreso de los agricultores, se usó un modelo de integración que combina, rendimientos, tecnología de producción, precios de insumos y productos, potenciales productivos, mano de obra familiar, Este modelo, genera una estimación de los costos directos de producción y los márgenes brutos generados por el sistema.

El Modelo del sistema de producción predial (MODAP) (Figura 1) (Santibáñez, 1993), estima la línea base del sistema de producción a partir de información recopilada en terreno sobre el tipo de tecnología empleada por el agricultor (uso de insumos, mecanización, semillas, sistema de siembra y de riego. Esto permite clasificar al agricultor en uno de tres niveles de uso de tecnología que usa el sistema. Cada uno de los niveles tecnológicos se asocia a una productividad, lo que permite calcular el ingreso bruto, en la medida de que se conozca el precio de venta de los productos. Paralelamente, a partir del nivel tecnológico, el sistema calcula los costos directos de producción, por cuanto dispone de una base de información de precios de los insumos. En la última etapa, el sistema calcula el margen bruto a partir de costos directos y valor bruto de la producción.

En síntesis el modelo MODAP procesa la información siguiente en cada predio:

- Productividad de los cultivos por predio en cada uno de los escenarios climáticos propuestos (los cambios en la productividad se proyectan con el modelo SIMFRUT-SIMPROC)
- Uso actual del suelo en el predio por tipo de cultivo
- Mano de obra familiar disponible
- Nivel de tecnología del agricultor (para clasificarlo en 3 grados)
- Precios de los insumos y labores requeridos por cada cultivo
- Cantidad de insumos requeridos por cada cultivo
- Mano de obra semanal requerida para cada cultivo, durante el año
- Valor de comercialización de cada producto

La ventaja de este modelo, es que puede simular situaciones hipotéticas de cambio de uso del suelo, cambio en la tecnología o cambio en el clima (productividad), permitiendo determinar la sensibilidad del margen bruto frente a estas variaciones. Con ello, entrega importantes orientaciones para trazar estrategias de intervención de los sistemas de producción, en orden a mejorar los ingresos, o disminuir los riesgos a nivel de agricultor.

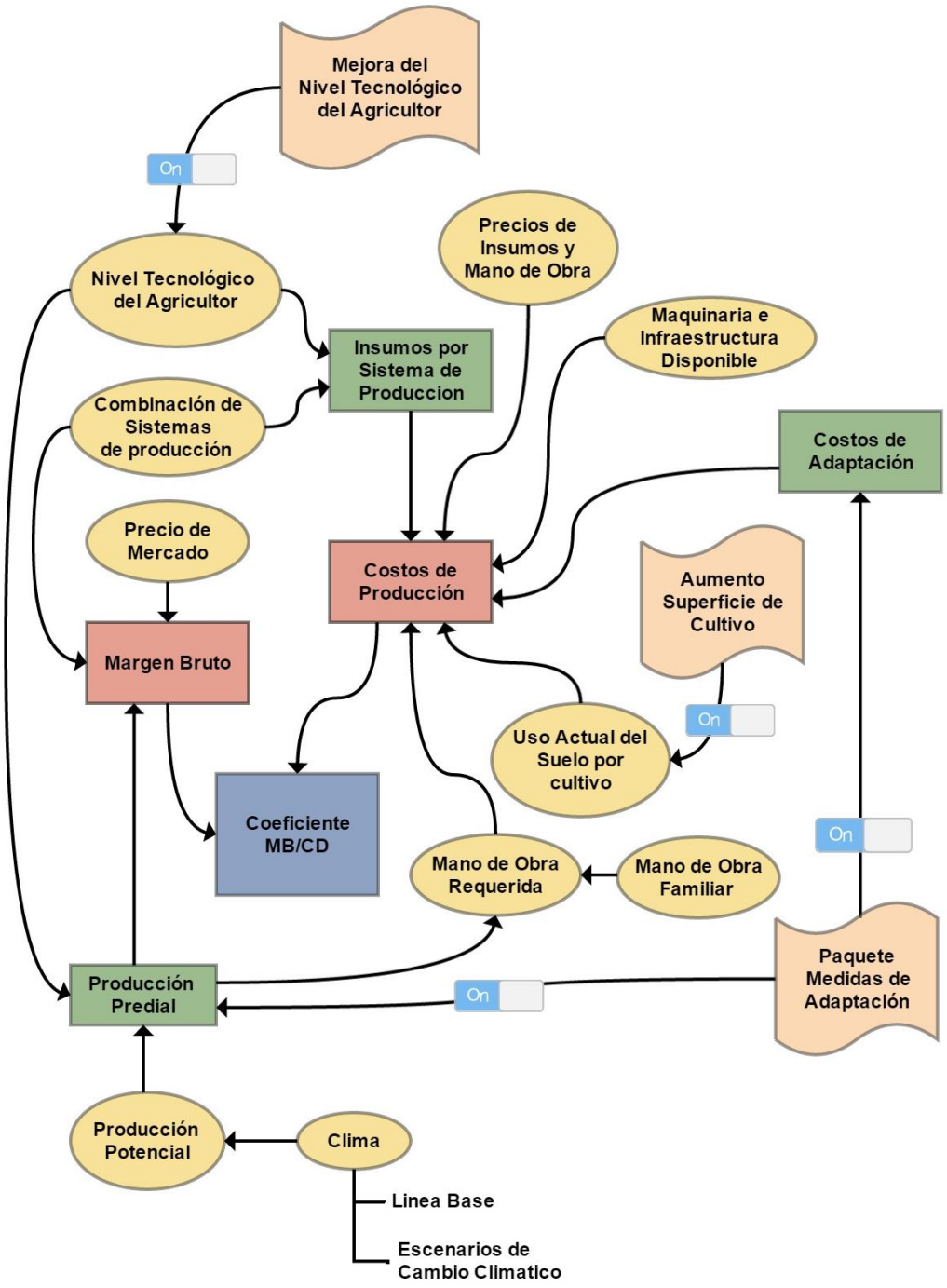

Figura 1. Modelo del sistema de producción predial (MODAP)

Incorporación de medidas de adaptación

En función del análisis de rentabilidad obtenido anteriormente y el análisis de los resultados obtenidos a partir de las encuestas procesadas, se propusieron medidas técnicas y de gestión, que apunten a aminorar los posibles efectos que el cambio climático pueda ocasionar en los diversos cultivos. Ello apunto a incorporar los cambios en los costos de producción y rendimiento que las medidas de adaptación modificarían, a partir de la modelación MODAP, obteniéndose un nuevo escenario, el cual incorporó las medidas mitigadoras, que generaron nuevos valores de costos y margen bruto, para cada predio, evaluando así la rentabilidad de cada uno de los cultivos en cada uno de los predios, una vez que se han incorporado las medidas de mitigación.

Como medida de adaptación se propusieron paquetes de 5 medidas de adaptación para los cultivos de olivos y uva pisquera, y 4 medidas para el caso de los paltos, los cuales se detallan en el Cuadro 3.

Debido a los bajos montos de inversión con que cuenta en general la agricultura familiar campesina, y al poco acceso al crédito en la banca privada (FAO. 2014), se propuso un sistema de crédito sin interés, y en la mayoría de los casos una subvención por parte del Estado de un 50% a un 80% de la inversión total.

Cuadro 1. Detalle de medidas de adaptación

Medida de adaptación	Costo total por hectárea	Condiciones	Cultivos
Techo malla raschel	$ 2.250.000	Crédito 4 años + subvención 50%	Olivos - Uva Pisquera
Torre de viento	$ 7.000.000	Crédito 10 años + subvención 50%	Olivos - Palto - Uva Pisquera
Cortaviento malla raschel	$ 242.500	Crédito 4 años + subvención 50%	Olivos - Palto - Uva Pisquera
Riego por goteo	$ 4.650.000	Crédito 10 años + subvención 80%	Olivos - Palto - Uva Pisquera
Micro Embalse	$ 5.500.000	Crédito 10 años + subvención 80%	Olivos - Palto - Uva Pisquera

Al incorporar el paquetes de medidas de adaptación, el modelo aumentaba la producción en un 55% en el caso de los predios con paltos, y en un 40% en el caso del palto y uva pisquera, e incorporo los costos asociados a las medidas de adaptación, en función de la superficie de cada uno de los predios.

Generación de valores de costos y margen bruto, e indicador MB/CD UEA para todo el ciclo productivo

Con el objetivo de hacer comparables los distintos rubros y las probables diferencias en los ciclos productivos en que se encuentran cada uno de los predios modelados, se consideraron todos los ingresos y costos directos proyectados para un ciclo productivo en los rubros considerados, los cuales fueron actualizados y uniformizados en un coeficiente margen bruto/costos directos uniforme equivalente anual de acuerdo a la Ecuación 2, para lo cual se ajustaron los valores de plena producción generados a partir de la modelación, a través de un coeficiente de ajuste para cada año de producción obtenidos a partir de curvas de margen bruto y costos para cada uno de los cultivos estudiados (Cuadro 2 y Cuadro 3). Los coeficientes utilizados fueron obtenidos a partir de la información entregada por la plataforma SEVERA (2013), generada por INDAP.

Cuadro 2. Factores de corrección del margen bruto para cada año productivo

Cultivo	Año									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Olivo	-0,17	-0,16	-0,14	0,22	0,62	1,01	1,04	0,00	1,02	1,00
Palta	-0,10	-0,12	-0,05	0,15	0,35	0,63	0,81	1,00	1,00	0,98
Uva	-0,04	-0,05	-0,08	0,27	0,50	0,53	1,00	1,00	1,00	1,00

Cuadro 3. Factores de corrección de los costos de producción para cada año productivo

Cultivo	Año									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Olivo	0,19	0,17	0,63	0,94	1,07	0,99	0,96	0,99	0,98	1,00
Palta	0,18	0,21	0,38	0,50	0,67	0,72	0,84	0,97	0,97	1,00
Uva	0,03	0,13	0,30	0,62	0,72	0,86	1,10	1,00	1,01	1,00

Para el cálculo de la sumatoria del margen bruto y costos directos, se seleccionó una tasa de descuento del 10%, de acuerdo a los rangos utilizados por INDAP, los cuales van entre un 10% a un 12% (Aguila y Nahuelhual, 2008).

A partir de la aplicación de los coeficientes para cada uno de los predios, y el posterior caculo de MBT_n, CDT_n y del índice MB/CD UEA, se obtuvieron los valores que permitio el posterior análisis del ingreso predial y su sensibilidad frente a cambios de uso del suelo, de tecnología y del contexto climático. Dejando de lado dentro de este análisis cualquier variación de los costos y precios de venta, considerándolos estáticos en el tiempo

$$\frac{MB}{CD}UEA = \left(\frac{\frac{MBT_n}{(1+i)^n}}{\frac{CDT_n}{(1+i)^n}}\right) * \left(\frac{(1+i)^n * i}{(1+i)^n - 1}\right)$$

$Donde$:

$MBT_n = \sum Margen\ Bruto\ \ de\ cada\ año\ actualizado\ a\ la\ taza\ de\ descuento\ i$

$CDT_n = \sum Costos\ Directos\ de\ cada\ año\ actualizado\ a\ la\ tasa\ de\ descuento\ i$

$i = Tasa\ de\ descuento\ pertinente$

$n = Años\ del\ ciclo\ productivo\ de\ cada\ rubro$

Ecuación 2. Margen Bruto/ Costos Directos Uniforme Equivalente Anual

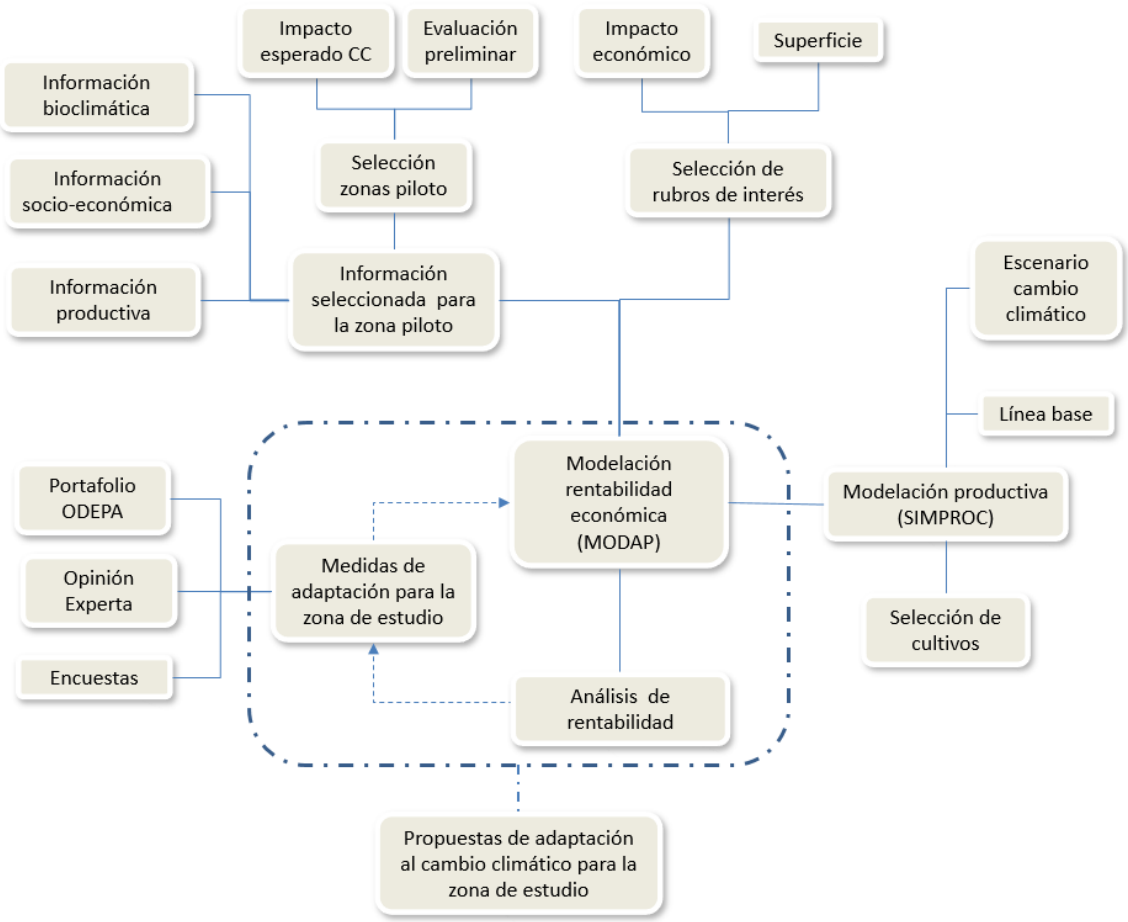

Figura 2. Resumen de la modelación de los efectos del cambio climático en la AFC

RESULTADOS

Rendimientos potenciales

A partir de la simulación productiva realizada por el modelo SIMFRUT corregida a partir de la función de respuesta productiva de los cultivos en respuesta a la disponibilidad de agua (Ecuación 1), propuesta por Stewart et al. (1977), se pudo obtener las producciones potenciales en Kg por hectárea para cada uno de los cultivos seleccionados, en cada uno de los escenarios generados.

Olivo

Dentro de los rendimientos potenciales obtenidos para el cultivo de olivos, se puede apreciar una diferencia de entre un 19% a un 25% de aumento en la productividad en el sector cordillerano (Los Vilos 2), al compararlo con los predios ubicados cercanos a la costa (Los Vilos 1), variando la magnitud de este aumento dependiendo del escenario (Figura 3). Por otro lado se observa un notorio aumento de las producciones a medida que se aumenta la intensidad del cambio climático, llegando a valores de 8.064 Kg/ha, para el escenario con un forzamiento radiativo de 8,5 W/m^2 y un disponibilidad normal de agua en el año 2070 en el sector Los Vilos 2, lo que significa un aumento de un 42% en comparación a la línea base.

Dentro de los mismos escenarios, diferenciándolos en la disponibilidad de agua, se observo en todos los escenarios una disminución de un 28,6 % en los rendimientos, siendo dentro de los el cultivo que menos disminuyo sus rendimientos al limitar la disponibilidad de agua.

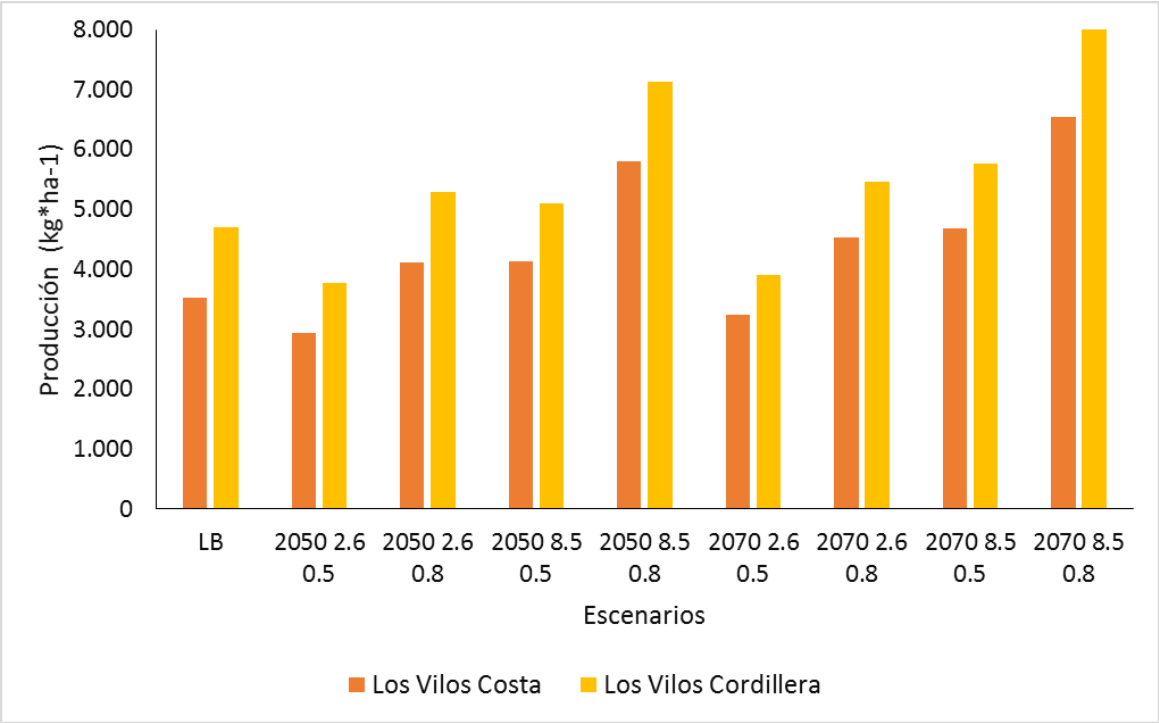

Figura 3. Variación rendimientos potenciales del olivo en las zonas de estudio, según escenario climático

Uva Pisquera

Los rendimientos observados en el sector cordillerano de la comuna de Salamanca, para el cultivo de variedades de uva destinadas a la producción pisquera, reflejan una disminución en la producción a medida que aumentan los valores de concentración de GEI en la atmósfera, disminuyendo en un 24% los rendimientos hacia el 2070 con un escenario de altas concentraciones de GEI con disponibilidad normal de agua, y en un 53% considerando un escenario de disminución en la disponibilidad hídrica (Figura 4).

Al comparar las diferencias de los rendimientos entre una situación de disponibilidad normal de agua y una condición de escasez hídrica, se aprecian en todos los escenarios climáticos una disminución de la producción de un 37,5%, al momento de contrastar entre escenarios.

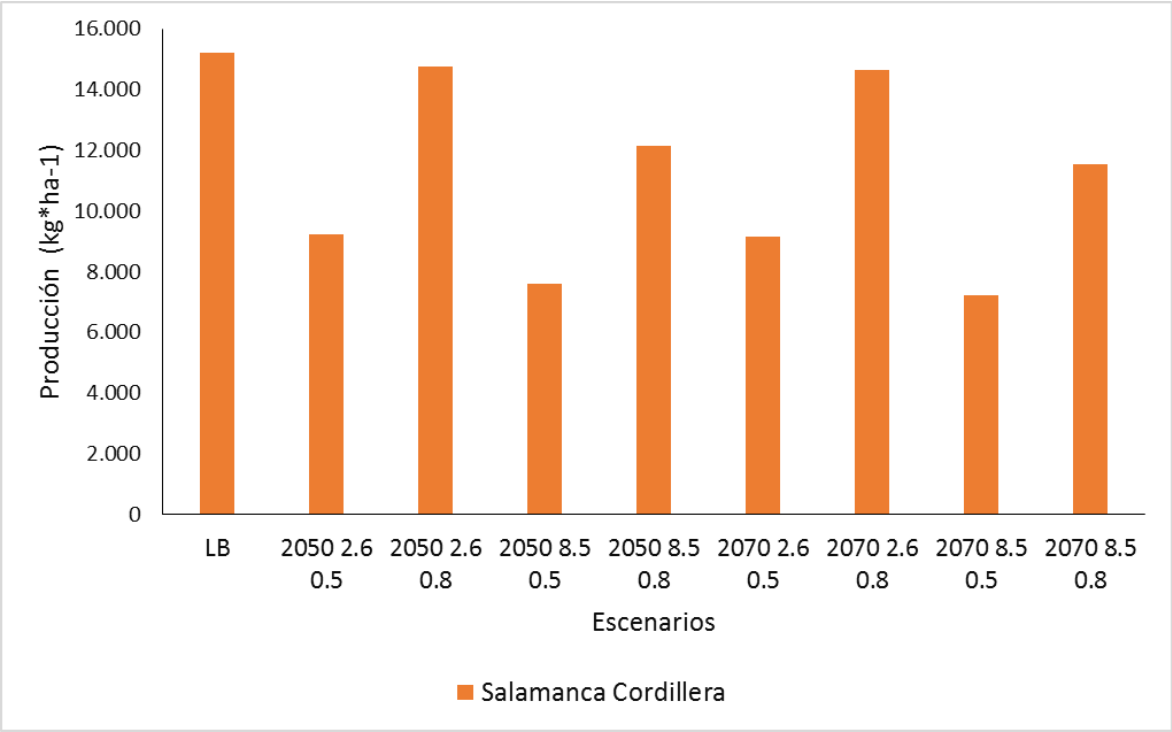

Figura 4. Variación rendimientos potenciales de vides pisqueras en la zona de estudio, según escenario climático

Palto

La variación en los rendimientos en el caso del palto, prevé un aumento en los rendimientos de los escenarios con disponibilidad hídrica a medida que se intensifica el proceso de cambio climático, llegando a aumentar en un 44% la producción potencial respecto a la línea base, en el caso del sector alto de Los Vilos y un 41% en el sector costero. El proceso descrito anteriormente se ve fuertemente afectado al incorporar un escenario de escasez hídrica, disminuyendo en un 47% los rendimientos en todos los escenarios (Figura 5).

Dentro de las localidades utilizadas en este estudio, Illapel en su sector bajo, presenta los mejores rendimientos en todos los escenarios, pero al mismo tiempo es la que presenta un menor incremento de productividad frente a los escenarios de cambio climático llegando a un 33% de aumento al comparar el rendimiento actual con disponibilidad de agua, con el rendimiento en el escenario 2070 8,5 W/m^2 (0.8). Siendo el sector cordillerano de Los Vilos el que presenta el mayor aumento al realizar la misma comparativa, produciéndose un aumento de 6.764 Kg/ha lo cual representa un incremento del 44% en la producción.

En los escenarios de escasez hídrica, la disminución en los rendimientos fue de un 47,4% al comparar con el mismo escenario, pero con disponibilidad hídrica.

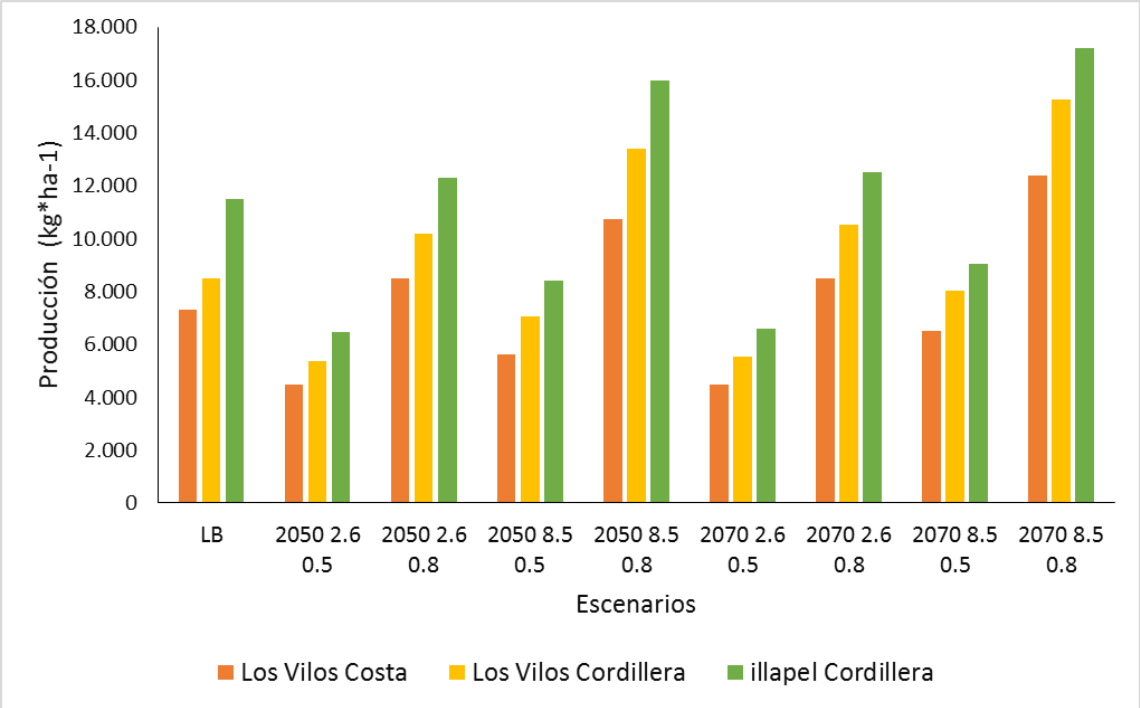

Figura 5. Variación rendimientos potenciales del palto en las zonas de estudio, según escenario climático

Variación rentabilidad predial en diferentes escenarios de cambio climático

El análisis de la rentabilidad predial en los diferentes escenarios de cambio climático generados, se enfocó en las variaciones que presento las sumatorias de 10 años de producción del margen bruto (MBT_n) y el costo directo (CDT_n) ambos actualizados a una tasa de descuento del 10%, respecto a su línea base, para cada uno de los predios seleccionados en este caso de estudio. Es importante destacar que en el caso de los CDT_n las variaciones se presentaron en casos particulares, relacionados principalmente a agricultores con poco apoyo del grupo familiar en el desarrollo de la producción agrícola. Lo cual se tradujo en un aumento de los costos de producción, debido a que la principal variación de

costos está dada en función de la necesidad de mano de obra para la cosecha, lo que en la mayoría de los casos estas necesidades fueron cubiertas por la mano de obra familiar.

Los resultados se dividieron por tipo de cultivo con el fin de establecer un análisis más detallado.

Olivo

En el caso de los huertos de olivos, al comparar los diferentes escenarios con la línea base utilizada, se presentaron disminución de las utilidades (MBT_n) solo en los escenarios con escasez hídrica y cambio climático leve (2,6 W/m^2), los cuales promediaron una disminución de un 35,8% en el pronóstico para el año 2050 y un 27,6% en el caso del año 2070. En los restantes escenarios todos presentaron un aumento en sus valores de MBT_n, siendo los escenarios para los periodos de años 2050 y 2070 con disponibilidad de agua y forzamiento radiativo de 8,5 W/m^2 los que presentaron los mayores aumentos, presentando un 107,3% y 145% respectivamente, siendo mucho mayores a los rendimientos reflejados en los escenarios con restricción hídrica, en donde los mayores valores se presentaron en los escenarios con un forzamiento radiativo de 8,5 W/m^2, aumentando en promedio sus MBT_n en un 21,9% y 49% para las estimaciones de los años 2050 y 2070 respectivamente.

Al comparar el efecto de la disminución del agua disponible para riego (Cuadro 4), encontramos que las mayores diferencias se encuentran en el escenario para el año 2070, con un forzamiento radiativo de 8,5 W/m^2, en donde el escenario con escases hídrica presenta un valor de MBT_n promedio 96% inferior al compararlo con el escenario con disponibilidad de agua. Diferencias similares podemos llegar a encontrar al comprar entre diferentes escenarios de forzamiento radiativo, comparando los escenarios de 2,6 W/m^2 y 8,5 W/m^2 en el año 2070 con disponibilidad de agua, la diferencia llega a un promedio de 107,6% aumento en el MBT_n para el escenario de 8,5 W/m^2.

Dentro de los predios estudiados solo uno presento variación constantes de sus CDT_n, lo que se puede explicar debido a las pequeñas superficies de los predios en estudio, en donde solo uno cuenta con más de 1 hectárea. El predio tuvo variaciones que van desde -11,6% en el escenario para 2050 con déficit hídrico y forzamiento radiativo de 2,6 W/m^2 a un 41,9% en el escenario para el año 2070 sin escasez de agua y un forzamiento radiativo de 8,5 W/m^2.

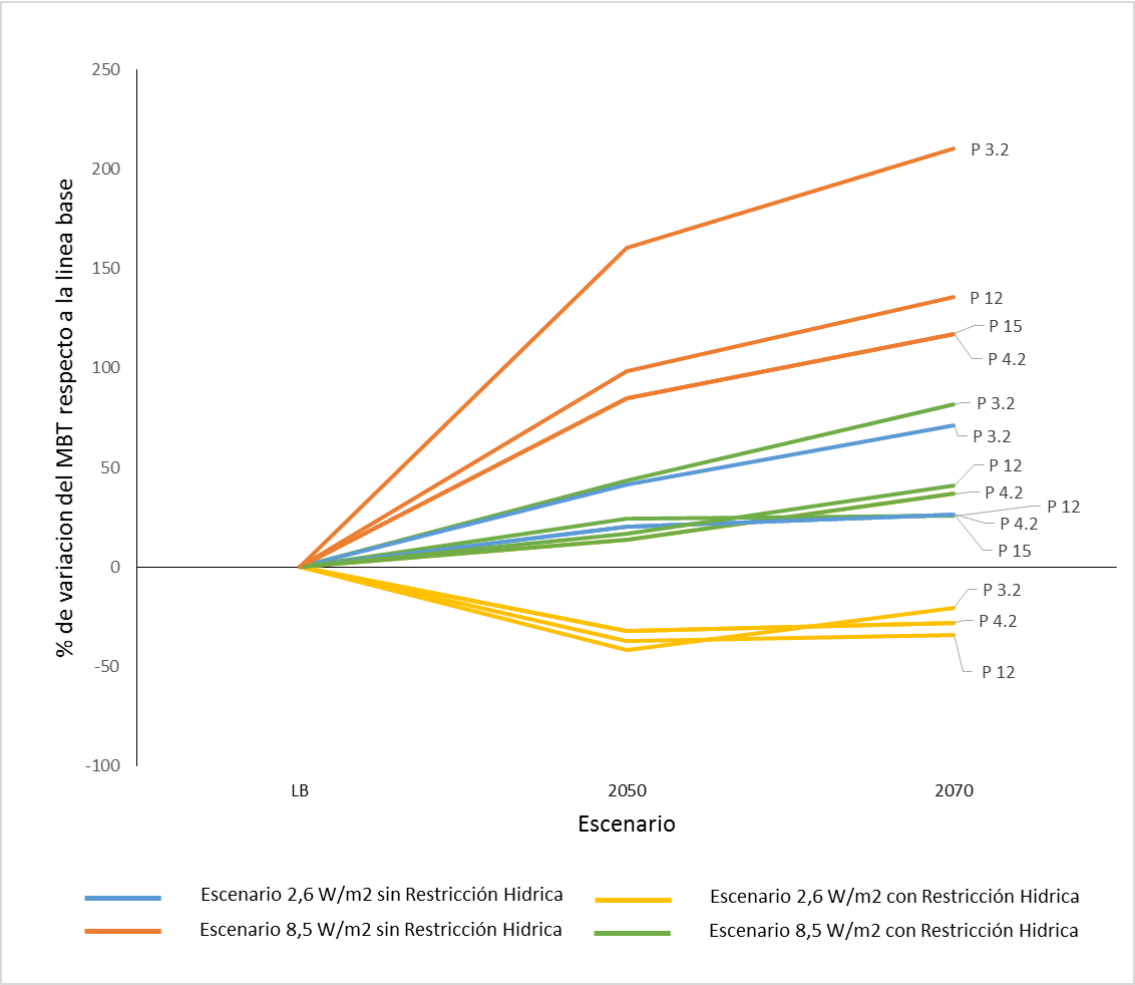

Figura 6. Variación del MBT para diferentes escenarios climáticos en predios con olivos

Cuadro 4. Porcentaje de variación de los diferentes escenarios respecto a la línea base del MBTn, de los predios con olivos.

Predios	Escenarios							
	2050 2.6 (0.5)	2050 8.5 (0.5)	2050 2.6 (0.8)	2050 8.5 (0.8)	2070 2.6 (0.5)	2070 8.5 (0.5)	2070 2.6 (0.8)	2070 8.5 (0.8)
Predio 3.2	-41,7	43,4	41,7	160,7	-20,4	81,6	71,4	210,2
Predio 4.2	-32,2	13,8	20,5	85,0	-28,0	36,8	26,4	117,2
Predio 12	-37,1	16,6	24,5	98,6	-34,0	40,9	25,7	135,7
Predio 15	-32,2	13,8	20,5	85,0	-28,0	36,8	26,4	117,2

Uva Pisquera

En la totalidad de predios estudiados con plantaciones de vides pisqueras, se apreció una disminución en la rentabilidad del cultivo para todos los escenarios de cambio climático. Las mayores disminuciones del margen bruto se observaron en el escenario 2070 con un forzamiento radiativo de 8,5 W/m^2, en donde la media fue un 70,7% de disminución del margen bruto, llegando a un 103% en el caso del predio de Jorge Osandon, al compararlo con la línea base. Al contrario las menores disminuciónes de las utilidades se presentaron en el escenario para el año 2050 con un forzamiento radiativo de 2,6 W/m^2 y sin restricción hídrica, en donde se promedió una baja del 5,7 %.

Al comparar los valores de márgenes brutos entre un cambio climático leve (2,6 W/m2) y uno intenso (8,5 W/m^2) (Cuadro 5), se pudo observar el aumento cuantitativo del impacto por el fenómeno de cambio climático. Se observan diferencias de hasta un 29,9% en los promedios de las utilidades al comparar el escenario sin déficit hídrico para el año 2070 con forzamientos radiativos de 2,6 y 8,5 W/m^2, siendo este último el que presenta menores utilidades. Mayores son las diferencias si comparamos entre diferentes escenarios de disponibilidad de agua, alcanzando diferencias de un 53,2% en el promedio de las utilidades al comparar el escenario pronosticado para el año 2050 con cambio climático leve, en donde el escenario sin restricción hídrica, presenta una disminución promedio del margen bruto de un 5,7% mientras que en el escenario de sequía esta disminución llega al 74,7%.

No se apreciaron diferencias significativas en entre los diferentes niveles tecnológicos ni en las superficies, que presentaron los diferentes agricultores consultados. Solo en el caso de Jorge Osandon, quien declaro que ninguna persona del grupo familiar se dedicaba al trabajo agrícola, presento grandes diferencias en las utilidades pronosticadas en todos los escenarios, llegando a tener una diferencia en el margen bruto de hasta 24,3% menos en comparación al promedio obtenido entre todos los productores de variedades de uva pisquera, llegando a tener $280.167 pesos de pérdidas en ese escenario.

Los costos ($CDT_{n)}$, no presentaron mayores variaciones, los cuales registraron variaciones que van entre una disminución de un 11,9% y un aumento de un 0,9%.

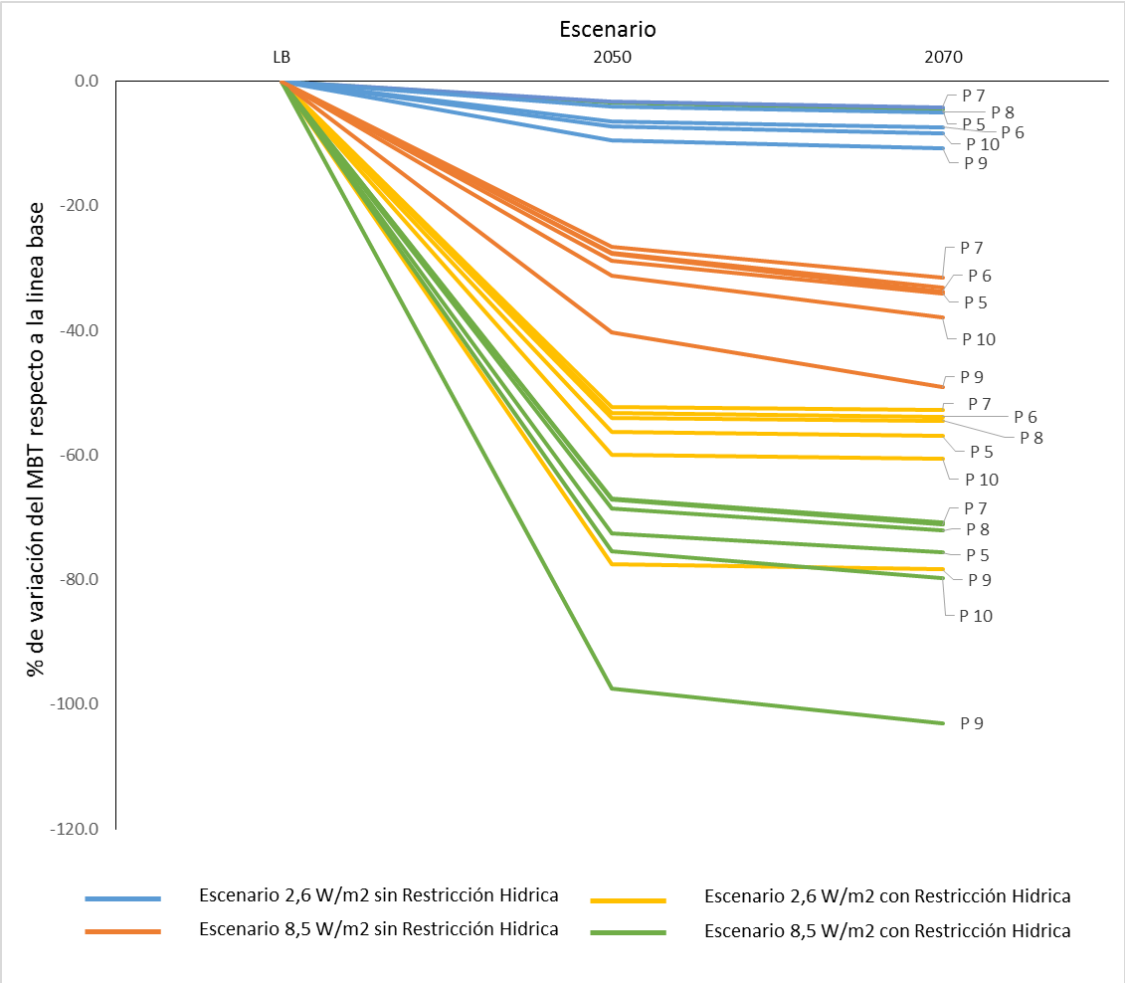

Figura 7. Variación del MBT para diferentes escenarios climáticos en predios con vides pisqueras

Cuadro 5. Porcentaje de variación de los diferentes escenarios respecto a la línea base del MBT_n, de los predios con uva pisquera.

Predios	Escenarios							
	2050 2.6 (0.5)	2050 8.5 (0.5)	2050 2.6 (0.8)	2050 8.5 (0.8)	2070 2.6 (0.5)	2070 8.5 (0.5)	2070 2.6 (0.8)	2070 8.5 (0.8)
Predio 5	-56,3	-72,5	-3,5	-28,7	-57,0	-75,6	-4,5	-34,1
Predio 6	-53,3	-67,0	-6,5	-27,7	-53,9	-70,8	-7,4	-33,7
Predio 7	-52,2	-67,2	-3,2	-26,6	-52,8	-71,1	-4,2	-31,6
Predio 8	-54,0	-68,6	-4,1	-27,5	-54,5	-72,1	-5,0	-33,1
Predio 9	-77,5	-97,5	-9,4	-40,2	-78,3	-103,0	-10,7	-49,1
Predio 10	-59,9	-75,4	-7,3	-31,1	-60,6	-79,7	-8,3	-38,0

Palto

Se observó una disminución de los MBT_n en los 4 escenarios con limitante hídrica, las cuales van desde un 49,6% de pérdidas en promedio para el escenario 2050 con un forzamiento radiativo de 2.6 W/m^2, a 13,2% de pérdidas al aumentar el forzamiento radiativo a 8,5 W/m^2 para el periodo 2070 (Cuadro 6). Contrario es el caso al evaluar los casos sin restricción de agua, en donde encontramos, un aumento de los MBT_n, a medida que intensifica el proceso de cambio climático, llegando a un aumento promedio de un 90,9% para el periodo 2070 con un forzamiento radiativo de 8,5 W/m^2.

Al igual que en los anteriores cultivos, al momento de comparar las diferencias del MBT_n entre diferentes escenarios de disponibilidad de agua, el escenario con restricciones hídricas presenta siempre una fuerte disminución en los promedios de MBT_n, las cuales van desde un 71,1 % a un 104,1% de diferencias al compararlo con un escenario sin restricción.

En el caso de los CDT_n solo el predio 2, presento variaciones en los diferentes escenarios, los cuales fueron desde una disminución de un 16,1% en el escenario 2050 con forzamiento radiativo de 2,6 W/m^2 y escasez hídrica, a un aumento de un 40,3% en el escenario 2070 con forzamiento radiativo de un 8,5 W/m^2.

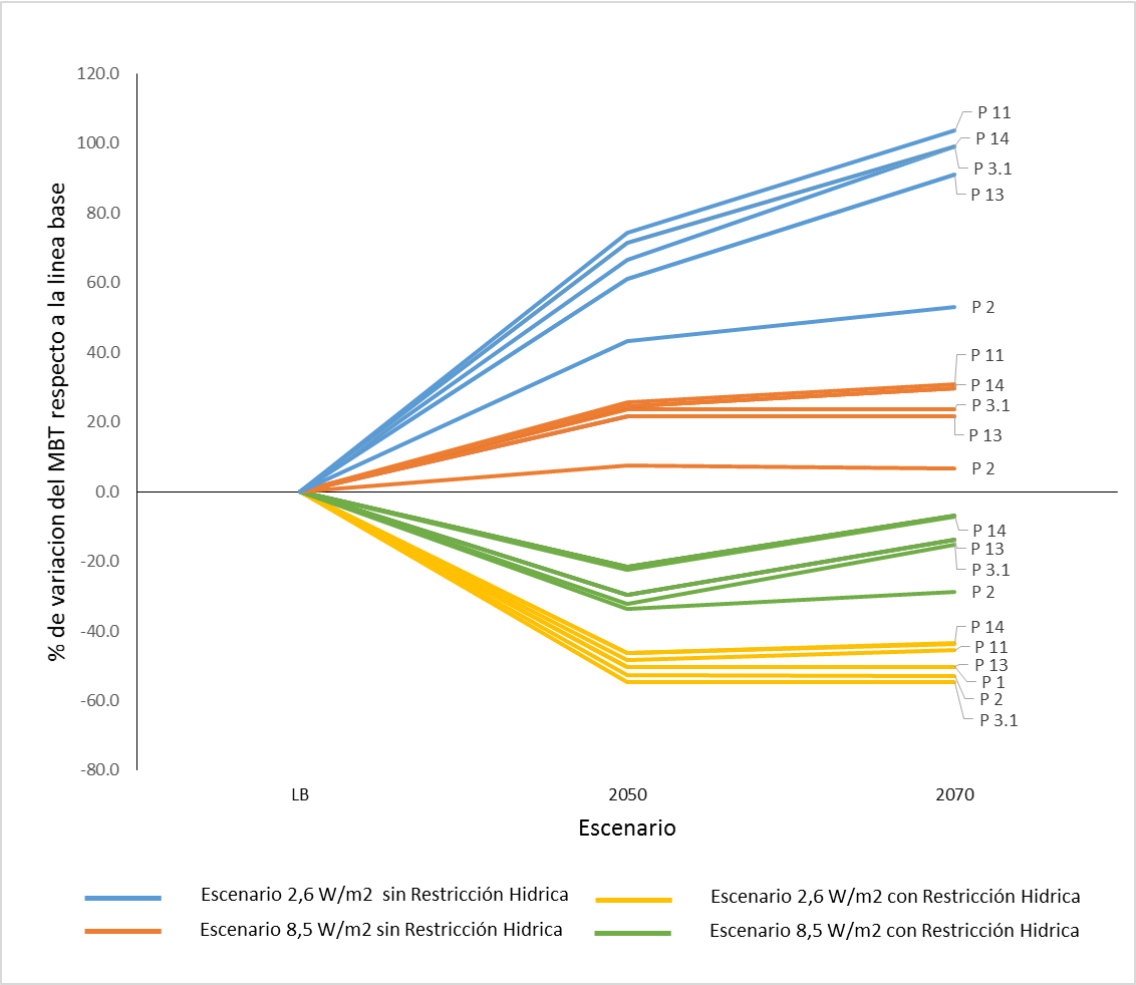

Figura 8. Variación del MBT para diferentes escenarios climáticos en predios con paltos

Cuadro 6. Porcentaje de variación de los diferentes escenarios respecto a la línea base del MBTn, de los predios con paltos.

Predios	Escenarios							
	2050 2.6 (0.5)	2050 8.5 (0.5)	2050 2.6 (0.8)	2050 8.5 (0.8)	2070 2.6 (0.5)	2070 8.5 (0.5)	2070 2.6 (0.8)	2070 8.5 (0.8)
Predio 1	-50,3	-29,6	21,7	61,1	-50,3	-13,9	21,7	90,9
Predio 2	-52,5	-33,7	7,6	43,3	-52,9	-28,7	6,7	53,1
Predio 3.1	-54,8	-32,2	23,7	66,5	-54,8	-15,1	23,7	99,0
Predio 4.1	-46,3	-21,6	24,5	71,4	-43,6	-6,9	29,6	99,3
Predio 11	-48,3	-22,5	25,6	74,5	-45,5	-7,2	30,8	103,6
Predio 13	-50,3	-29,6	21,7	61,1	-50,3	-13,9	21,7	90,9
Predio 14	-46,2	-21,6	24,5	71,4	-43,6	-6,9	29,6	99,2

Variación rentabilidad predial en diferentes escenarios de cambio climático incorporando mejoras tecnológicas y de adaptación

Con la finalidad de establecer las diferencias de rentabilidad entre los cultivos estudiados frente a diferentes escenarios climáticos, se calculó para cada uno de los predios el índice MB/CD UEA permitiendo evaluar las utilidades de un cultivo durante su ciclo productivo, frente a las inversiones requeridas.

Olivo

Al analizar las opciones con que cuentan los agricultores productores de olivos, nos damos cuenta al revisar los valores de MBTn (Figura 10) y del indicador MB/CD UEA (Cuadro 7, 8, 9 y Apéndice 2), de que la incorporación del paquete de medidas de adaptación propuesto, no logro ser rentable en ninguno de los predios simulados, debido a un aumento de hasta un 561% de los costos respecto a la línea base (Cuadro 10, 11 y 12). Lo cual se puede explicar a partir de las pequeñas producciones utilizadas en el estudio, las cuales se encontraban entre 0,07 ha a 1,6 ha, con utilidades en el escenario base, que van desde los $174.953 a los $783.352, limitando fuertemente la opciones de inversión.

Cuadro 7. Índices MB/CD UEA para los predios con olivos en escenarios de línea base.

Predio	Escenarios línea base		
	LB	LB AD	LB D1
Predio3.2	0,05	-0,04	0,05
Predio4.2	0,12	-0,03	0,09
Predio12	0,04	-0,03	0,03
Predio15	0,12	-0,03	0,09

Cuadro 8. Índices MB/CD UEA para los predios con olivos en escenarios para el periodo 2050.

Predio	Escenarios 2050											
	2.6 0.5	2.6 0.5 AD	2.6 0.5 D1	8.5 0.5	8.5 0.5 AD	8.5 0.5 D1	2.6 0.8	2.6 0.8 AD	2.6 0.8 D1	8.5 0.8	8.5 0.8 AD	8.5 0.8 D1
Predio 3.2	0,03	-0,04	0,03	0,07	-0,03	0,07	0,07	-0,03	0,07	0,13	-0,01	0,12
Predio 4.2	0,08	-0,04	0,06	0,14	-0,03	0,11	0,14	-0,03	0,11	0,22	-0,01	0,18
Predio 12	0,02	-0,04	0,02	0,04	-0,02	0,03	0,04	-0,02	0,04	0,05	-0,01	0,05
Predio 15	0,08	-0,04	0,06	0,14	-0,03	0,11	0,14	-0,03	0,11	0,22	-0,01	0,18

Cuadro 9. Índices MB/CD UEA para los predios con olivos en escenarios para el periodo 2070.

Predios	Escenarios 2070											
	2.6 0.5	2.6 0.5 AD	2.6 0.5 D1	8.5 0.5	8.5 0.5 AD	8.5 0.5 D1	2.6 0.8	2.6 0.8 AD	2.6 0.8 D1	8.5 0.8	8.5 0.8 AD	8.5 0.8 D1
Predio 3.2	0,04	-0,04	0,04	0,09	-0,02	0,09	0,09	-0,05	0,08	0,15	0,00	0,12
Predio 4.2	0,09	-0,04	0,06	0,16	-0,02	0,13	0,15	-0,06	0,12	0,26	0,00	0,21
Predio 12	0,03	-0,04	0,02	0,04	-0,02	0,04	0,04	-0,05	0,04	0,06	0,00	0,05
Predio 15	0,09	-0,04	0,06	0,16	-0,02	0,13	0,15	-0,06	0,12	0,26	0,00	0,21

Dentro de los escenarios con mejores resultados al observar las variaciones del $MBT_{n,}$ en ambos periodos futuros (2050 y 2070), encontramos que los escenarios en donde se subió en uno el nivel tecnológico y con un escenario de cambio climático de 8,5 W/m^2, fueron los que incrementaron en mayor medida sus utilidades (Figura 10), las cuales al compararlas con el mismo escenario sin mejora tecnológica fueron en promedio un 23,2% y un 47,2% en el periodo 2050, en los escenarios con restricción hídrica y sin restricción respectivamente, y un 23,2% y 50,6% para los mismos escenarios hídricos en el periodo 2070. Cabe destacar que los escenarios con restricción hídrica y un forzamiento radiativo de 8,5 W/m^2, en todos los escenarios con mejora tecnológica y sin ella, superaron las utilidades que presentan actualmente los predios utilizados.

Este aumento en las utilidades no se aprecia por si solo al revisar los valores del indicador MB/CD UEA (Cuadros 7, 8 y 9), ya que al comparar los valores de los escenarios con aumento del nivel tecnológico del agricultor, con el escenario base, esté en todos los casos presenta valores menores (ver Apéndice 2), lo cual se explica por el aumento en los costos que presenta este aumento en el nivel tecnológico, los cuales en promedio subieron entre un 41,3% a un 44,5% en los escenarios del periodo 2050, y entre un 41,9% a un 50,1% en el periodo 2070.

Los rendimientos observados del indicador, presentan los menores valores promedios de los 3 cultivos estudiados, lo cual se puede explicar de una manera general por factores de

diferencias en los precios de mercado, pero en este estudio de caso la explicación se puede deber al sistema de trueque utilizad en el sector, donde los agricultores entregan su cosecha a una planta productora de aceite, quienes por cada 100Kg de olivas, se entregan 7 litros de aceite.

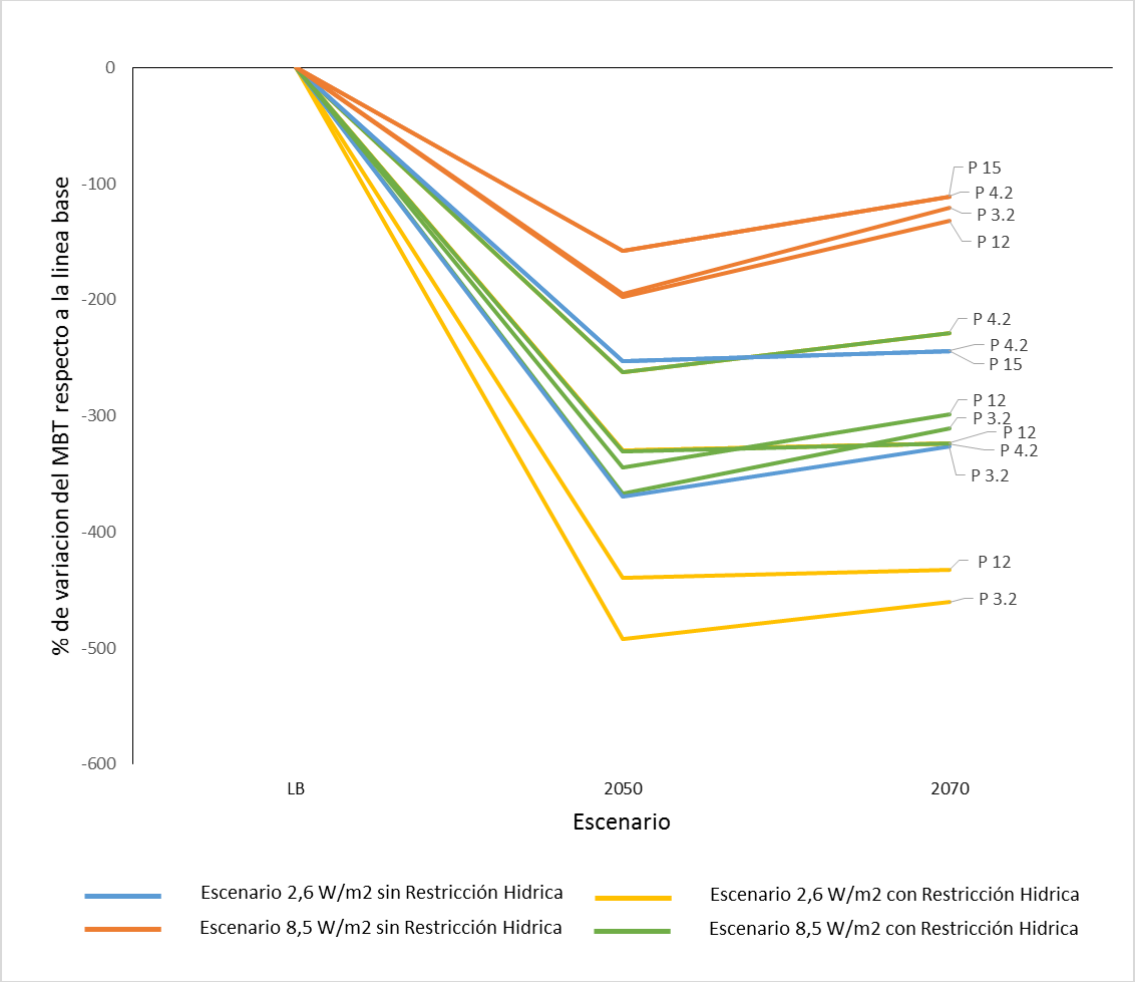

Figura 9. Variación del MBT para diferentes escenarios climáticos incorporando medidas de adaptación en predios con olivos

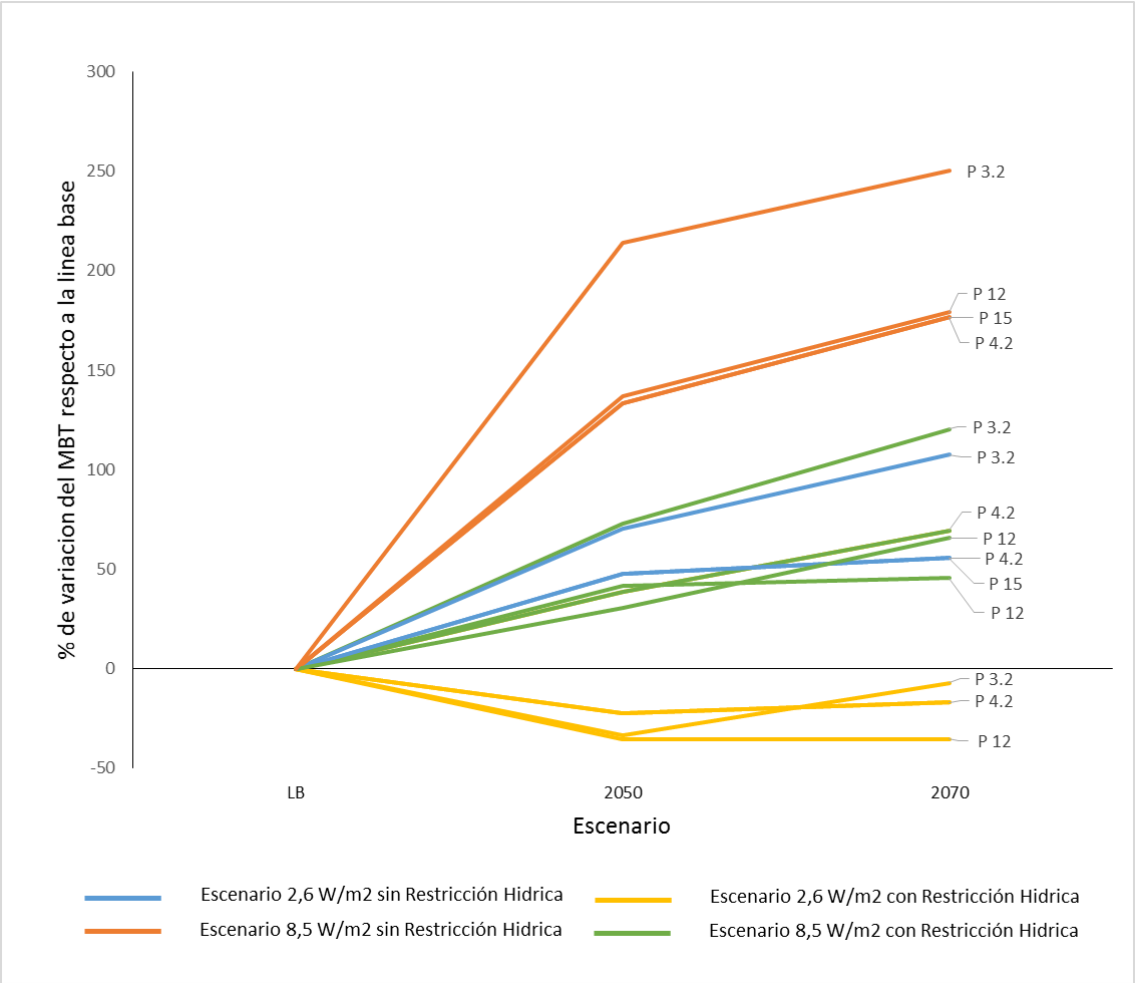

Figura 10. Variación del MBT para diferentes escenarios climáticos incorporando mejoras tecnológicas en predios con olivos

Cuadro 10. Porcentaje de variación de los escenarios de adaptación y aumento tecnológico respecto a la línea base del CDTn, de los predios con olivos

Predio	Escenarios línea base		
	LB	LB AD	LB D1
Predio 3.2	0,0	365,2	29,4
Predio 4.2	0,0	561,2	53,6
Predio 12	0,0	239,9	30,9
Predio 15	0,0	561,2	53,6

Cuadro 11 . Porcentaje de variación de los diferentes escenarios del periodo 2050 respecto a la línea base del CDTn, de los predios con olivos

Predios	Escenarios 2050											
	2.6 0.5	2.6 0.5 AD	2.6 0.5 D1	8.5 0.5	8.5 0.5 AD	8.5 0.5 D1	2.6 0.8	2.6 0.8 AD	2.6 0.8 D1	8.5 0.8	8.5 0.8 AD	8.5 0.8 D1
Predio 3.2	0,0	365,2	29,4	0,0	365,2	29,4	0,0	365,2	29,4	0,0	365,2	32,9
Predio 4.2	0,0	561,2	53,6	0,0	561,2	53,6	0,0	561,2	53,6	0,0	561,2	53,6
Predio 12	-11,6	0,0	17,0	4,7	244,5	37,9	7,0	246,8	40,2	30,3	270,1	68,2
Predio 15	0,0	561,2	53,6	0,0	561,2	53,6	0,0	561,2	53,6	0,0	561,2	53,6

Cuadro 12. Porcentaje de variación de los diferentes escenarios del periodo 2070 respecto a la línea base del CDTn, de los predios con olivos

Predios	Escenarios 2070											
	2.6 0.5	2.6 0.5 AD	2.6 0.5 D1	8.5 0.5	8.5 0.5 AD	8.5 0.5 D1	2.6 0.8	2.6 0.8 AD	2.6 0.8 D1	8.5 0.8	8.5 0.8 AD	8.5 0.8 D1
Predio 3.2	0,0	365,2	29,4	0,0	365,2	29,4	0,0	365,2	29,5	2,7	367,9	53,3
Predio 4.2	0,0	561,2	53,6	0,0	561,2	53,6	0,0	561,2	53,6	0,0	561,2	53,6
Predio 12	-9,3	230,6	21,6	14,0	253,8	47,2	11,6	251,5	44,9	41,9	281,8	84,5
Predio 15	0,0	561,2	53,6	0,0	561,2	53,6	0,0	561,2	53,6	0,0	561,2	53,6

Uva pisquera

En el caso del análisis de opciones para los predios con variedades de vides destinadas a la producción de pisco, se pudo observar que en los escenarios de cambio climático leve (2,6 W/m^2) el paquete de medidas de adaptación resulto ser una opción viable en los escenarios con disponibilidad hídrica para los periodos 2050 y 2070 (Figura 11)(ver Apéndice 3), lo cual se puede convertir en una opción real en la provincia del Choapa, ya que el agricultor, contaría con un micro embalse con un sistema de riego por goteo que permitiría la acumulación y aumentaría la eficiencia del riego.

Sin embargo la incorporación de estas medidas de adaptación generaron un aumento considerable en los costos asociados a la producción (ver Apéndice 3), que en los escenarios descritos anteriormente, van desde un 130,9% a un 264,7%, de aumento en comparación al mismo escenario sin medidas de adaptación (cuadros 16, 17 y 18). Esta situación plantea una fuerte traba a la incorporación de estas medidas por parte de los agricultores, pensando en que la inversión para la adopción de estas medidas de adaptación, ya se les había aplicado un fuerte componente de subvención (Cuadro 3) dentro de la modelación.

En el caso de la incorporación de mejoras tecnológicas, al observar los resultados de los escenarios con disponibilidad de agua y un forzamiento radiativo de 2,6 W/m^2, estos presentan valores de MB/CD UEA, similares a los de la línea base, pero aumentando sus costos al compararlos con la línea base, en casi todos los predios entre 11,6% y 39,3% en los periodo 2070 y 2050, a excepción del Predio 8, quien mantuvo el mismo nivel de costos obtenidos en la línea base. Al evaluar en una situación de escasez hídrica se observa una fuerte disminución de las rentabilidades en todos los predios, al comprarlo con el escenario actual (ver Apéndice 3), disminuyendo en promedio el índice MB/CD UEA 0,1 y 0,8 en los periodos 2050 y 2070 respectivamente (cuadros 13, 14 y 15), lo cual se explica principalmente por la disminución promedio del MBT_n en un 42,6% y 59,5% en los mismos periodos.

Aunque la restricción hídrica disminuye considerablemente las utilidades respecto de la situación actual, el mejoramiento tecnológico de los agricultores en todos los escenarios propuestos, muestra una mejora en las ganancias que puede llegar a obtener el agricultor, al incorporar mejoras técnicas en la producción, las que fueron en promedio, desde un 10% a un 31,3% de mejoras en el MBT_n, al comparar con el mismo escenario sin mejora tecnológica (Figura 12).

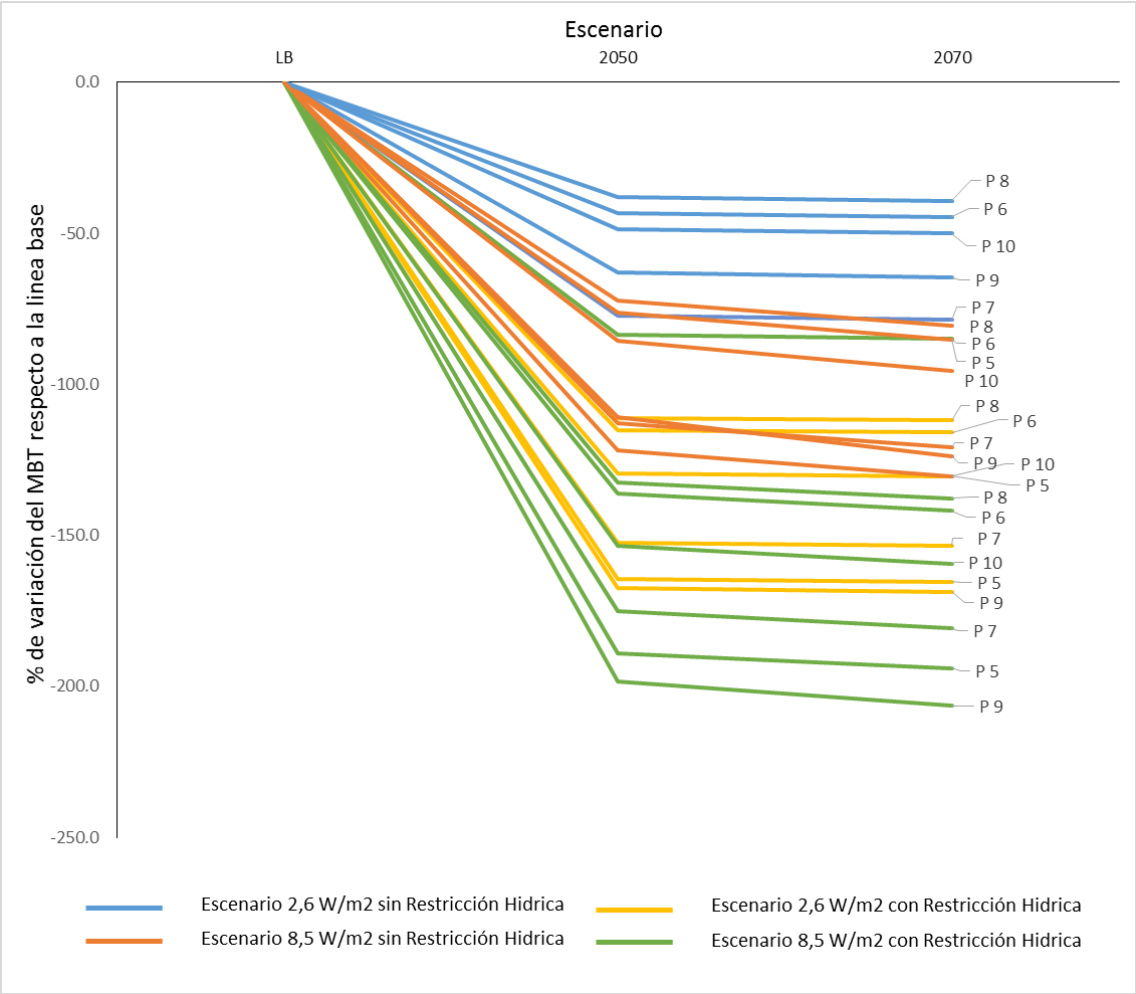

Figura 11. Variación del MBT para diferentes escenarios climáticos incorporando medidas de adaptación en predios con vides pisqueras

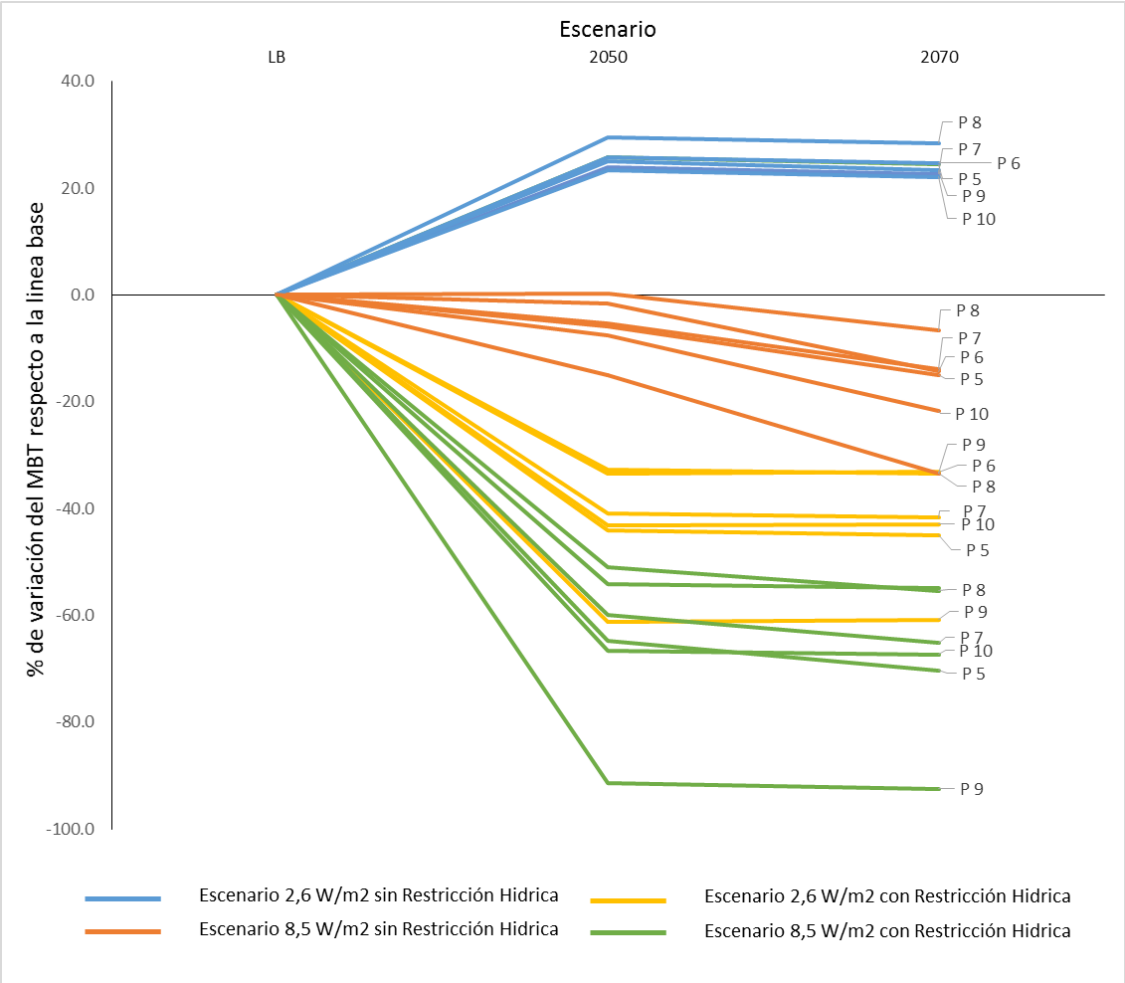

Figura 12. Variación del MBT para diferentes escenarios climáticos incorporando mejoras tecnológicas en predios con vides pisqueras

Cuadro 13. Índices MB/CD UEA para los predios con uva pisquera en escenarios de línea base.

Predios	Escenarios de línea base		
	LB	LB AD	LB D1
Predio 5	0,17	0,01	0,18
Predio 6	0,23	0,05	0,27
Predio 7	0,21	0,02	0,21
Predio 8	0,30	0,06	0,41
Predio 9	0,10	0,02	0,11
Predio 10	0,17	0,04	0,18

Cuadro 14. Índices MB/CD UEA para los predios con uva pisquera en diferentes escenarios para el periodo 2050.

Predios	Escenarios 2050											
	2.6 0.5	2.6 0.5 AD	2.6 0.5 D1	8.5 0.5	8.5 0.5 AD	8.5 0.5 D1	2.6 0.8	2.6 0.8 AD	2.6 0.8 D1	8.5 0.8	8.5 0.8 AD	8.5 0.8 D1
Predio 5	0,09	-0,03	0,08	0,06	-0,05	0,05	0,17	0,01	0,16	0,13	-0,01	0,13
Predio 6	0,12	-0,01	0,16	0,09	-0,03	0,11	0,21	0,04	0,26	0,18	0,02	0,22
Predio 7	0,12	-0,03	0,10	0,08	-0,04	0,07	0,21	0,01	0,19	0,17	-0,01	0,15
Predio 8	0,14	-0,01	0,21	0,10	-0,03	0,15	0,29	0,05	0,40	0,22	0,02	0,31
Predio 9	0,02	-0,03	0,03	0,00	-0,04	0,01	0,09	0,02	0,10	0,06	0,00	0,07
Predio 10	0,07	-0,02	0,09	0,05	-0,03	0,05	0,15	0,03	0,18	0,12	0,01	0,14

Cuadro 15. Índices MB/CD UEA para los predios con uva pisquera en diferentes escenarios para el periodo 2070.

Predios	Escenarios 2070											
	2.6 0.5	2.6 0.5 AD	2.6 0.5 D1	8.5 0.5	8.5 0.5 AD	8.5 0.5 D1	2.6 0.8	2.6 0.8 AD	2.6 0.8 D1	8.5 0.8	8.5 0.8 AD	8.5 0.8 D1
Predio 5	0,08	-0,03	0,08	0,05	-0,05	0,04	0,17	0,02	0,16	0,12	-0,02	0,12
Predio 6	0,12	-0,01	0,17	0,08	-0,03	0,12	0,21	0,08	0,26	0,16	0,01	0,18
Predio 7	0,12	-0,03	0,10	0,07	-0,05	0,06	0,20	0,03	0,18	0,16	-0,01	0,14
Predio 8	0,14	-0,01	0,20	0,08	-0,03	0,14	0,29	0,11	0,39	0,20	0,02	0,29
Predio 9	0,02	-0,03	0,04	0,00	-0,05	0,01	0,08	0,03	0,10	0,05	-0,01	0,05
Predio 10	0,07	-0,02	0,09	0,04	-0,04	0,06	0,15	0,06	0,17	0,11	0,00	0,11

Cuadro 16. Porcentaje de variación de los escenarios de adaptación y aumento tecnológico respecto a la línea base del CDTn, de los predios con vides pisqueras

Predios	Escenarios de linea base		
	LB	LB AD	LB D1
Predio5	0,0	235,3	30,1
Predio6	0,0	216,0	13,7
Predio7	0,0	267,3	34,2
Predio8	0,0	259,5	-1,1
Predio9	0,0	130,9	19,3
Predio10	0,0	175,5	19,7

Cuadro 17. Porcentaje de variación de los diferentes escenarios del periodo 2050 respecto a la línea base del CDTn, de los predios con vides pisqueras

Predios	Escenarios 2050											
	2.6 0.5	2.6 0.5 AD	2.6 0.5 D1	8.5 0.5	8.5 0.5 AD	8.5 0.5 D1	2.6 0.8	2.6 0.8 AD	2.6 0.8 D1	8.5 0.8	8.5 0.8 AD	8.5 0.8 D1
Predio 5	-13,7	221,6	18,6	-16,0	219,3	14,1	-2,3	233,0	34,6	-6,8	228,4	25,5
Predio 6	-10,5	205,5	-5,1	-14,7	201,3	-3,0	4,2	220,2	11,6	-4,2	211,8	3,3
Predio 7	-15,6	251,8	21,2	-18,2	249,2	16,0	-2,6	264,7	39,3	-7,8	259,5	29,0
Predio 8	0,0	259,5	-1,1	0,0	259,5	-1,1	0,0	259,5	-1,1	0,0	259,5	-1,1
Predio 9	-6,4	124,6	7,9	-8,9	122,0	9,1	2,5	133,5	18,0	-2,5	128,4	12,9
Predio 10	-8,5	167,0	4,3	-11,9	163,6	6,1	3,4	178,9	18,0	-3,4	172,1	11,2

Cuadro 18. Porcentaje de variación de los diferentes escenarios del periodo 2070 respecto a la línea base del CDTn, de los predios con vides pisqueras

Predios	Escenarios 2070											
	2.6 0.5	2.6 0.5 AD	2.6 0.5 D1	8.5 0.5	8.5 0.5 AD	8.5 0.5 D1	2.6 0.8	2.6 0.8 AD	2.6 0.8 D1	8.5 0.8	8.5 0.8 AD	8.5 0.8 D1
Predio 5	-13,7	221,6	18,6	-17,7	217,6	14,1	-2,3	233,0	34,6	-9,1	226,2	25,5
Predio 6	-10,5	205,5	-7,2	-14,7	201,3	-11,4	4,2	220,2	11,6	-4,2	211,8	13,7
Predio 7	-15,6	251,8	21,2	-18,2	249,2	16,0	-2,6	264,7	39,3	-10,4	256,9	29,0
Predio 8	0,0	259,5	-1,1	0,0	259,5	-1,1	0,0	259,5	-1,1	0,0	259,5	-1,1
Predio 9	-6,4	124,6	6,6	-8,9	122,0	4,1	2,5	133,5	18,0	-2,5	128,4	19,3
Predio 10	-8,5	167,0	2,6	-11,9	163,6	-0,8	3,4	178,9	18,0	-3,4	172,1	19,7

Palto

Dentro de los cultivos analizados en este estudio el palto fue el que presento mejores rendimientos frente a un fenómeno de cambio climático fuerte (8,5 W/m^2), los cuales están fuertemente condicionados a la disponibilidad de agua como se describió en el punto anterior (Cuadro 6). Por lo que la incorporación de medidas de adaptación en este cultivo lograron marcar diferencias notorias en los márgenes brutos, en comparación con los escenarios sin medidas de adaptación, aumentando en promedio entre un 13,6% y un 109,6% las utilidades, comparándolo con el mismo escenario, sin medidas de adaptación, siendo el escenario para el periodo 2070 con un forzamiento radiativo de 8,5 W/m^2, con disponibilidad hídrica, el escenario que logro el mayor aumento promedio (Figura 13)(ver Apéndice 4).

El aumento de los costos al igual que en el caso de la uva pisquera, sigue siendo una limitante al momento de abordar la incorporación de medidas de adaptación, en agricultura a pequeña escala. Dentro de los casos estudiados, el aumento de los costos por concepto de adaptación, aumentaron en promedio un 134,5% en todos los escenarios. Este aumento considera la inversión requerida para las medidas de adaptación, a lo que en este caso se le suma en algunos predios la necesidad de mano de obra adicional en el periodo de cosecha, debido al aumento de la productividad del palto en los escenarios de cambio climático.

Los escenarios de incremento tecnológico presentaron aumentos en sus valores MBT_n, en todos los escenarios a excepción de los que presentaban un forzamiento radiativo de 2,6 W/m^2 con restricción hídrica y el periodo 2050 con forzamiento radiativo de 8,5 W/m^2 y restricción hídrica. . Los mayores aumentos se dieron en el periodo 2070 con forzamiento radiativo de 8,5 W/m^2y sin restricción hídrica, en donde los predios aumentaron entre un 89,6% y 156,7% sus valores de MBT_n (Figura 14), similar fue la situación en el periodo 2050, incrementando entre un 75,3% y un 119,5%. En el caso de los escenarios con restricción hídrica, en el periodo 2050 con forzamiento radiativo, presentaron una leve disminución de sus valores del MBT_n, variando entre una disminución de un 4,3% y 21%, promediando un 12% de baja en las utilidades en comparación a la línea base, diferente fue la situación al analizar las variaciones en el periodo 2070 en la misma condiciones antes descritas, en donde se observó un aumento menor, pero de igual forma resulta ser interesante, debido a que este escenario hídrico se presenta como uno de los escenarios más probables, según CONAMA (2006) e IPCC (2013). Las variaciones del MBT_n, en este caso, para el periodo 2050 con forzamiento radiativo, variaron entre un -14% y 15%, con un promedio de un 6,2% de aumento, respecto a la línea base.

En el caso de los costos, estos variaron en promedio entre un 52,3% y 55,6% (Cuadros 22, 23 y 24) en comparación al mismo escenario sin mejoras tecnológica. Dado que los valores son menores que los observados en los escenarios con medidas de adaptación, esto permite tener un término medio, para mejorar las condiciones de los agricultores dedicados a la producción de paltos, frente a escenarios de cambio climático.

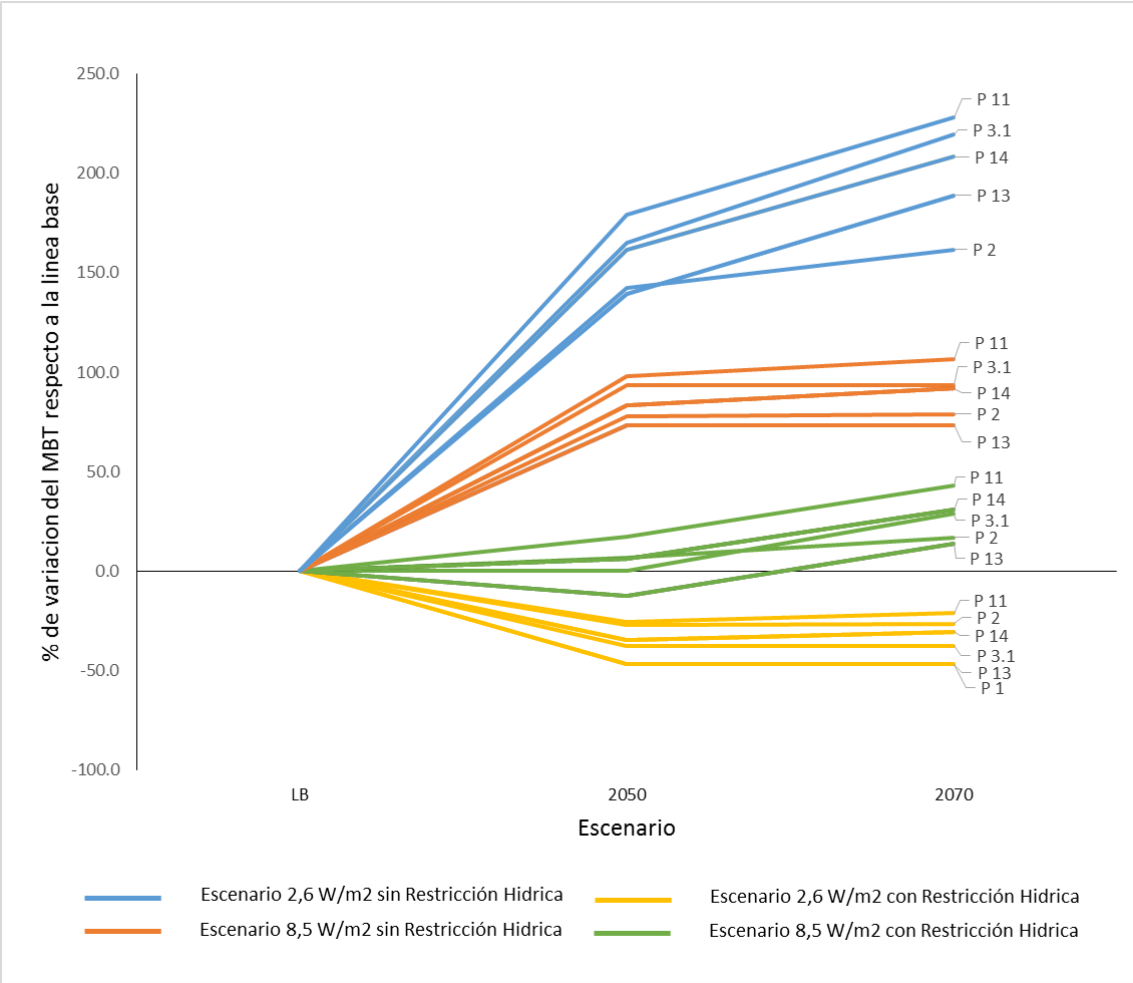

Figura 13. Variación del MBT para diferentes escenarios climáticos incorporando medidas de adaptación en predios con paltos

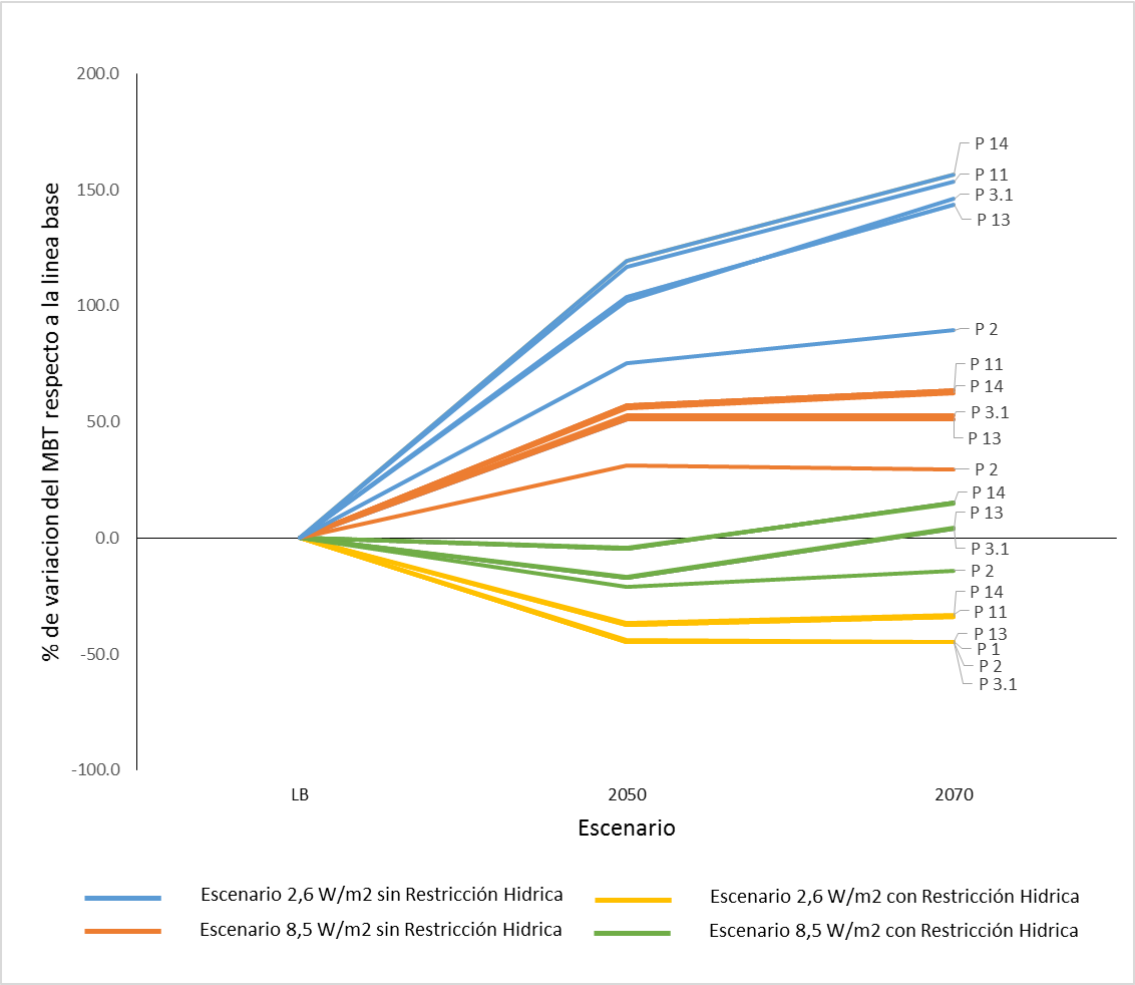

Figura 14. Variación del MBT para diferentes escenarios climáticos incorporando mejoras tecnológicas en predios con paltos

Cuadro 19. Índices MB/CD UEA para los predios con palto en escenarios de línea base

Predios	Escenarios línea base		
	LB	LB AD	LB D1
Predio 1	0,33	0,17	0,24
Predio 2	0,31	0,29	0,28
Predio 3.1	0,24	0,19	0,23
Predio 4.1	0,40	0,22	0,30
Predio 11	0,33	0,25	0,32
Predio 13	0,33	0,17	0,24
Predio 14	0,40	0,22	0,30

Cuadro 20. Índices MB/CD UEA para los predios con palto en diferentes escenarios para el periodo 2050.

Predios	Escenarios 2050											
	2.6 0.5	2.6 0.5 AD	2.6 0.5 D1	8.5 0.5	8.5 0.5 AD	8.5 0.5 D1	2.6 0.8	2.6 0.8 AD	2.6 0.8 D1	8.5 0.8	8.5 0.8 AD	8.5 0.8 D1
Predio 1	0,16	0,07	0,11	0,23	0,11	0,16	0,40	0,22	0,30	0,53	0,30	0,40
Predio 2	0,18	0,14	0,15	0,22	0,20	0,19	0,32	0,31	0,29	0,36	0,38	0,32
Predio 3.1	0,11	0,08	0,10	0,16	0,12	0,15	0,30	0,23	0,29	0,40	0,32	0,35
Predio 4.1	0,22	0,10	0,15	0,32	0,16	0,23	0,50	0,28	0,37	0,69	0,40	0,52
Predio 11	0,17	0,12	0,16	0,26	0,19	0,25	0,42	0,32	0,40	0,58	0,45	0,56
Predio 13	0,16	0,07	0,11	0,23	0,11	0,16	0,40	0,22	0,30	0,53	0,30	0,40
Predio 14	0,22	0,10	0,15	0,32	0,16	0,23	0,50	0,28	0,37	0,69	0,40	0,52

Cuadro 21. Índices MB/CD UEA para los predios con palto en diferentes escenarios para el periodo 2070.

Predios	Escenarios 2070											
	2.6 0.5	2.6 0.5 AD	2.6 0.5 D1	8.5 0.5	8.5 0.5 AD	8.5 0.5 D1	2.6 0.8	2.6 0.8 AD	2.6 0.8 D1	8.5 0.8	8.5 0.8 AD	8.5 0.8 D1
Predio 1	0,16	0,07	0,11	0,29	0,14	0,20	0,40	0,22	0,30	0,63	0,36	0,48
Predio 2	0,16	0,14	0,14	0,22	0,20	0,19	0,29	0,29	0,26	0,34	0,38	0,33
Predio 3.1	0,11	0,08	0,10	0,20	0,16	0,19	0,30	0,23	0,28	0,48	0,39	0,45
Predio 4.1	0,23	0,11	0,16	0,38	0,20	0,27	0,52	0,29	0,39	0,80	0,47	0,61
Predio 11	0,18	0,13	0,17	0,31	0,23	0,30	0,43	0,33	0,42	0,67	0,53	0,65
Predio 13	0,16	0,07	0,11	0,29	0,14	0,20	0,40	0,22	0,30	0,63	0,36	0,48
Predio 14	0,23	0,11	0,16	0,38	0,20	0,27	0,52	0,29	0,39	0,80	0,47	0,61

Cuadro 22. Porcentaje de variación de los escenarios de adaptación y aumento tecnológico respecto a la línea base del CDTn, de los predios con paltos

Predios	Escenarios línea base		
	LB	LB AD	LB D1
Predio 1	0,0	165,6	69,4
Predio 2	0,0	75,4	36,8
Predio 3.1	0,0	97,7	28,6
Predio 4.1	0,0	165,6	69,4
Predio 11	0,0	106,3	28,7
Predio 13	0,0	165,6	69,4
Predio 14	0,0	165,6	69,4

Cuadro 23. Porcentaje de variación de los diferentes escenarios del periodo 2050 respecto a la línea base del CDTn, de los predios con paltos

Predios	Escenarios 2050											
	2.6 0.5	2.6 0.5 AD	2.6 0.5 D1	8.5 0.5	8.5 0.5 AD	8.5 0.5 D1	2.6 0.8	2.6 0.8 AD	2.6 0.8 D1	8.5 0.8	8.5 0.8 AD	8.5 0.8 D1
Predio 1	0,0	165,6	69,4	0,0	165,6	69,4	0,0	165,6	69,4	0,0	165,6	69,4
Predio 2	-16,1	59,3	15,3	-5,4	70,1	30,1	5,4	80,8	42,2	25,5	100,9	69,0
Predio 3.1	0,0	97,7	28,6	0,0	97,7	28,6	0,0	97,7	28,6	0,0	97,7	39,4
Predio 4.1	0,0	165,6	69,4	0,0	165,6	69,4	0,0	165,6	69,4	0,0	165,6	69,4
Predio 11	0,0	106,3	28,7	0,0	106,3	28,7	0,0	106,3	28,7	0,0	106,3	28,7
Predio 13	0,0	165,6	69,4	0,0	165,6	69,4	0,0	165,6	69,4	0,0	165,6	69,4
Predio 14	0,0	165,6	69,4	0,0	165,6	69,4	0,0	165,6	69,4	0,0	165,6	69,4

Cuadro 24 Porcentaje de variación de los diferentes escenarios del periodo 2070 respecto a la línea base del CDTn, de los predios con paltos

Predios	Escenarios 2070											
	2.6 0.5	2.6 0.5 AD	2.6 0.5 D1	8.5 0.5	8.5 0.5 AD	8.5 0.5 D1	2.6 0.8	2.6 0.8 AD	2.6 0.8 D1	8.5 0.8	8.5 0.8 AD	8.5 0.8 D1
Predio 1	0,0	165,6	69,4	0,0	165,6	69,4	0,0	165,6	69,4	0,0	165,6	69,4
Predio 2	-10,7	64,7	23,4	2,7	78,1	38,2	16,1	91,5	57,0	40,3	115,7	81,1
Predio 3.1	0,0	97,7	28,6	0,0	97,7	28,6	0,0	97,7	29,4	0,1	97,8	31,3
Predio 4.1	0,0	165,6	69,4	0,0	165,6	69,4	0,0	165,6	69,4	0,0	165,6	69,4
Predio 11	0,0	106,3	28,7	0,0	106,3	28,7	0,0	106,3	28,7	0,0	106,3	28,7
Predio 13	0,0	165,6	69,4	0,0	165,6	69,4	0,0	165,6	69,4	0,0	165,6	69,4
Predio 14	0,0	165,6	69,4	0,0	165,6	69,4	0,0	165,6	69,4	0,0	165,6	69,4

CONCLUSIONES

La modelación a nivel predial, incorporando simultáneamente variables productivas y económicas, resulto ser una herramienta eficaz para cuantificar económicamente las variaciones en los diversos escenarios planteados en este trabajo. Generando información útil para la toma de decisión en políticas y planes de adaptación de la agricultura familiar campesina de la Provincia del Choapa frente a los cambios climáticos que se esperan.

Los escenarios climáticos futuros proyectan una disminución del agua disponible para riego, lo que afectará la productividad de las tres especies consideradas. El nivel de impacto de la restricción hídrica varío según las necesidades propias de riego de cada una de las especies.

Dentro de las especies estudiadas, el olivo es el que se presenta como la opción con menor sensibilidad en los rendimientos frente a una escasez de agua. Contrario es el caso, en el análisis de las variaciones en las temperaturas producto del cambio climático, lo cual se presenta como una oportunidad aumentando los rendimientos potenciales en los cultivos de olivo y palto.

Lo anterior, sugiere la necesidad de darle un especial énfasis, al mejoramiento de la gestión del agua, a nivel de cuencas y a nivel predial, mediante mejoras técnicas que apunten hacia el aprovechamiento del cambio climático, como una oportunidad de mejorar la rentabilidad de la agricultura regional. El aprovechamiento de esta oportunidad sólo sería posible si este proceso de adaptación se acompaña de una mejora en el acceso al agua, la que se ha visto limitada en las últimas décadas dejando a la agricultura familiar campesina, en desiguales condiciones, especialmente en épocas de escasez.

La mejora de las productividades en los diferentes escenarios de cambio climático, en el caso del palto y olivo, no se tradujeron necesariamente en mejoras significativas de los ingresos. Lo anterior se explica por las pequeñas superficies cultivadas de los predios estudiados, y el hecho de que la agricultora familiar campesina se caracteriza por un bajo nivel tecnológico. La baja intensidad de uso de la tecnología, no necesariamente conlleva una menor competitividad, por cuanto la mano de obra, uno de los principales itemes de costo, es aportada por la propia familia.

La incorporación de las medidas de adaptación propuestas en este trabajo, no resultaron ser económicamente efectivas en vid pisquera y olivo. En el caso del palto, estas resultaron ser una opción viable, en la medida de contar con subsidio estatal. Esto se origina principalmente en el fuerte aumento en los costos de producción que involucra la adopción medidas de adaptación, en predios con pequeñas superficies productivas.

Distinto fue el resultado cuando se evaluó una mejora en el nivel de la tecnología de producción, lo que no necesariamente se traduce en la adopción de nuevas tecnologías sino en la mejora de la gestión productiva por parte del agricultor. Lo anterior se materializa en mejores decisiones en términos del manejo del cultivo en general, que permitan aumentar los rendimientos, en los nuevos escenarios climáticos, sin aumentar significativamente los costos de producción.

Lo anterior sugiere que las soluciones planteadas por varios autores cercanos a la agroecología, quienes a través de la investigación en conjunto con las comunidades de técnicas locales utilizadas ancestralmente por ellos, para hacer frente a eventos climáticos extremos, han logrado demostrar a través de experiencias pilotos la efectividad de estos métodos como una alternativa de adaptación al cambio del clima.

De los resultados de este trabajo, se deduce que la mejor estrategia de adaptación al cambio climático, no necesariamente debiera basarse en incorporación de tecnologías de alto costo, sino más bien, en mejoras en la gestión de los sistemas de producción. Una adaptación con este enfoque tendrá mucho mayores posibilidades de ser adoptada con éxito por los pequeños agricultores del Valle del Choapa.

BIBLIOGRAFÍA

Alvar, J. 2014. Climate Change in Chile: Analysis of farmer's perception and metereological data. Tesis Master of Science in Sustainability (Climate Change). Leeds, Inglaterra: School of Earth and Environment, University of Leeds. 94p.

Aguila, C. y Nahuelhual, L. 2008.Cultivo de murtilla (*Ugni molinae* Turcz.) como alternativa de diversificación productiva para la agricultura familiar campesina de la cordillera de la costa. Agro Sur, 36 (3): 158-167.

Baethgen, W. 2010, mar. Climate risk management for adaption to climate variability and change. Crop Science 50: 70-76.

AGRIMED (Centro de Agricultura y Medio Ambiente), Chile. 2008, dic. Análisis de Vulnerabilidad del Sector Silvoagropecuario, Recursos Hídricos y Edáficos de Chile frente a Escenarios de Cambio Climático en Chile: Capitulo I – Estudio Final Impactos Productivos en el Sector Silvoagropecuario de Chile frente a Escenarios de Cambio Climático. Santiago, Chile: Centro AGRIMED, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Chile. 181p.

AGRIMED (Centro de Agricultura y Medio Ambiente), Chile. 2014. Atlas del cambio climático en las zonas del régimen árido y semiárido: Regiones de Coquimbo, Valparaíso y Metropolitana Chile. Santiago, Chile: Centro AGRIMED, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Chile. 136p.

CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente), Chile. 2006, dic. Estudio de la variabilidad climática en Chile para el siglo XXI. Santiago, Chile: Departamento de Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile 63p.

DGA (Dirección General de Aguas), Chile. 2004. Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua Según Objetivos de Calidad. Cuenca del Rio Choapa. Santiago de Chile: Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas. 131p.

Falvey, M. & R. Garreaud. 2009, feb. Regional cooling in a warming world: Recent temperature trends in the SE Pacific and along the west coast of subtropical South America (1979-2006). Journal of geophysical research 114: 1-16.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), Chile. 2012, mar. Marco estratégico de mediano plazo de cooperación de la FAO en agricultura familiar en América Latina y el Caribe: 2015-2015. FAO. Santiago, Chile. 45p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), Chile. 2014. Agricultura familiar en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de Política. FAO. Santiago, Chile. 497p.

Fuenzalida, H. 1971. Climatología de Chile. Santiago, Chile: Departamento de Geofísica y Geodesia, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. 73p.

Gajardo, R. 1994. La vegetación natural de Chile. Santiago, Chile: Editorial Universitaria. 165p.

Garreaud, R. 2011, mar.-abr. Cambio Climático: Bases físicas e impactos en Chile. Revista Tierra Adentro –INIA, (93): 13-19.

INE (Instituto Nacional de Estadísticas), Chile. 2002. XVII Censo Nacional de Población y VI de Vivienda. [En línea]. Recuperado en: <http://www.ine.cl/cd2002/> Consultado el: 24 de Septiembre de 2013.

INE (Instituto Nacional de Estadísticas), Chile. 2005. Análisis demográfico IV región de Coquimbo Censo 2002. Santiago, Chile: INE. 52p.

INE (Instituto Nacional de Estadísticas), Chile. 2008. Censo Silvoagropecuario 2007. [En Línea]. Santiago, Chile: INE. Recuperado en: <http://www.censoagropecuario.cl/index2.html>, Consultado el 6: de septiembre de 2013.

INDAP (Instituto de Desarrollo Agropecuario), Chile. 2014, oct. Lineamientos Estratégicos 2014 - 2018. Por un Chile Rural Inclusivo. Santiago, Chile: INDAP. 94p.

IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático), Suiza. 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el cambio Climático. Ginebra, Suiza: IPCC. 104p.

IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático), Suiza. 2013. Cambio Climático 2013 Bases físicas Resumen para responsables de políticas: Contribución del Grupo de Trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra, Suiza: IPCC. 27p

IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático), Suiza. 2014. Cambio climático 2014 impactos, adaptación y vulnerabilidad Resumen para responsables de políticas: Contribución del Grupo de Trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra, Suiza: IPCC. 32p.

Koeppen, W. 1948. Climatología. Con un estudio de los climas de la tierra. Ciudad de México, México: Fondo de la Cultura Económica. 478p.

Ley Nº 19.213. Modifica ley orgánica del Instituto de Desarrollo Agropecuario. Valparaiso: INDAP, 1993. 2p. [Publicada en el Diario Oficial el: 4 de mayo de 1993].

ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias), Chile. 2010, ene. Estimación del impacto socioeconómico del cambio climático en el sector silvoagropecuario de Chile: Informe Final. Santiago, Chile: ODEPA, Ministerio de Agricultura. 146p

ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias), Chile. y CIREN (Centro de Información de Recursos Naturales), Chile. 2011. Catastro frutícola IV Región de Coquimbo Principales Resultados. Santiago, Chile: EDIMAR Editorial. 40p.

Universidad de Los Lagos, Chile. 2009, abr. Experiencias Nacionales e Internacionales de Articulación de Actores: Estudio articulación y actores para la descentralización en tres regiones de Chile. Santiago, Chile: Universidad de Los Lagos. 76p.

Santibáñez F.; H. Marlet y V. Garcia de Cortazar. 1987. Estudio Agroclimatico Proyecto Maipo: Distritos Agroclimáticos, Potencial de Producción y Requerimientos Hídricos de Culticos, Hortalizas y Frutales Seleccionados. Santiago, Chile: Laboratorio de Agroclimatologia, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile.

Santibáñez, F. 1993. MODAP: Modelo de Diagnostico Agrícola y Predial. Santiago, Chile: Centro AGRIMED, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile. 2p.

SEVERA (Sistema de Evaluación Económica de Rubros Agropecuarios). 2013. [En línea]. Santiago, Chile: Instituto de Desarrollo Agropecuario. Recuperado en: <http://severa.indap.cl> Consultado el: 4 de Octubre de 2013.

Stewart, J.; R. Hagan; W. Pruitt; R. Danielson; W. Franklin; R. Hanks. et al. 1977, sep. Optimizing crop production through control of water and salinity levels in the soil.(Report Paper n° 67). Logan, Estados Unidos: Utah Water Research Laboratory, College of Engineering, Utah State University. 191p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Entrevista de caracterización agrícola

Nombre	
Edad	
Superficie total	
Superficie de riego	
Tipo de tenencia de la propiedad	
Nº de personas del grupo familiar	

1. ¿Cuántas integrantes del grupo familiar se dedican al trabajo dentro del predio?

2. ¿Qué superficie y con qué cultivo tiene actualmente plantado o sembrado su predio? (Que especifique para cada uno de los potreros).

Cultivo	Superficie	Tipo de riego

3. ¿Qué maquinaria agrícola utiliza dentro de sus faenas?

Maquinaria	Si/No	Observaciones
Tractor		
Arado		
Sembradora melgadora		
Rastra orilladora		
Rastra de clavos		
Rastra de discos		
Sembrador segadora		
Pulverizadora		
Cultivadora		
Sembradora cultivadora		
Trilladora automotriz		
Trilladora estacionaria		
Coloso		
Motobomba		

4. ¿Qué insumos utiliza en sus cultivos?

Cultivo	Insumo	Rendimiento	Precio

5. ¿De qué forma vende sus productos, y cuanto le pagaron por ellos la última temporada?

Cultivo	Tipo de venta	Precio

6. ¿Utiliza animales en sus labores agrícolas? En caso de si, preguntar ¿Por qué los utiliza?

7. ¿Es usuario de algún programa estatal de apoyo al agricultor (PRODESAL, PDTI, INDAP, etc.)?

8. ¿Han existido cambios en la forma de producir en los últimos años?

9. ¿Siente usted la necesidad de incorporar cambios tecnológicos en sus labores?

10. ¿Cree usted que es necesario más capacitación a los agricultores de la zona?

11. ¿Participa en alguna organización comunitaria (Junta de vecinos, asociaciones de canalistas, agua potable rural, etc.)?

Apéndice 2. Gráficos variación del índice MBT/CDT UEA versus los costos en los predios con olivos.

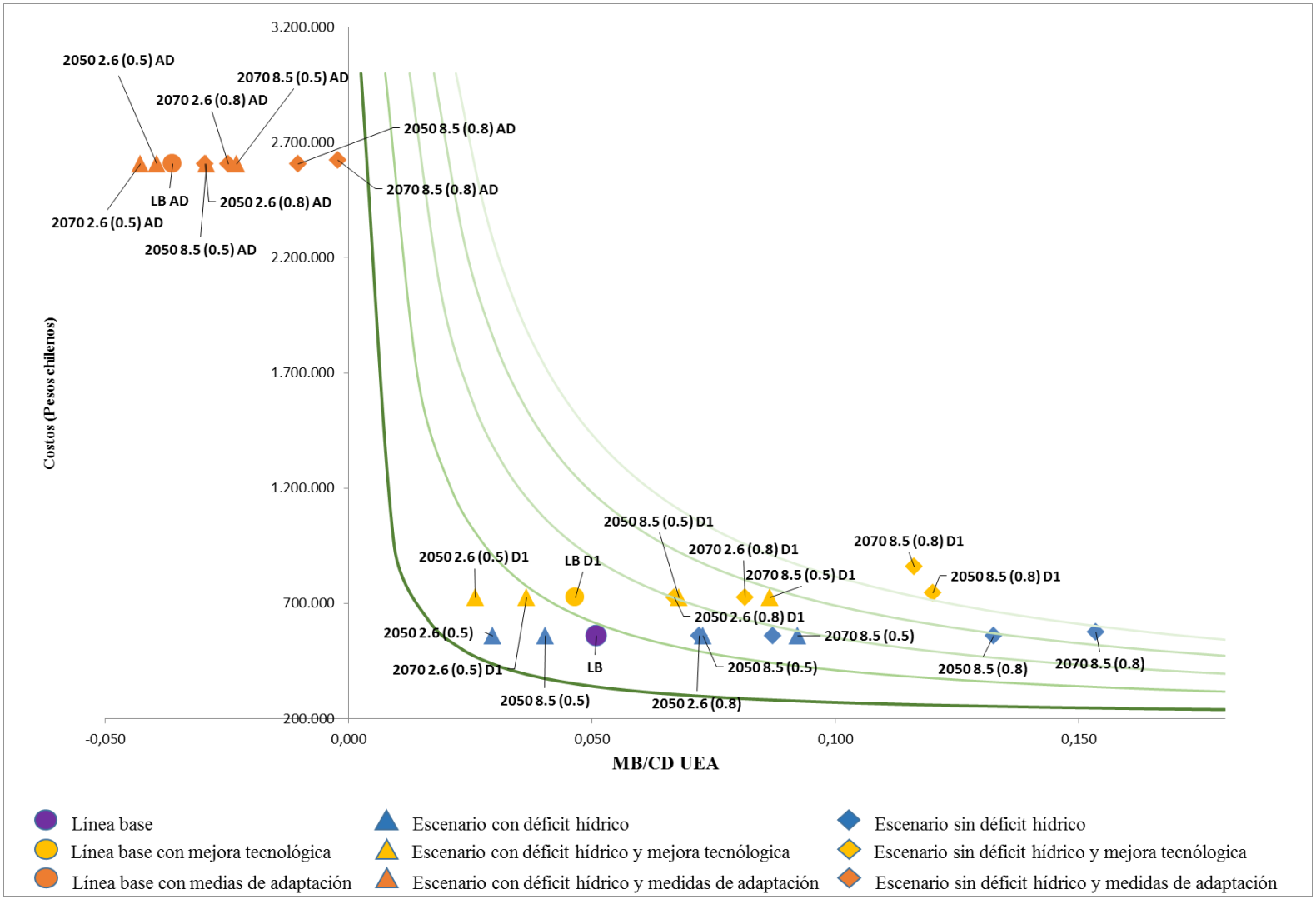

Figura 15 Variación MB/CD UEA en función de los costos para el Predio 3,2 (Olivo)

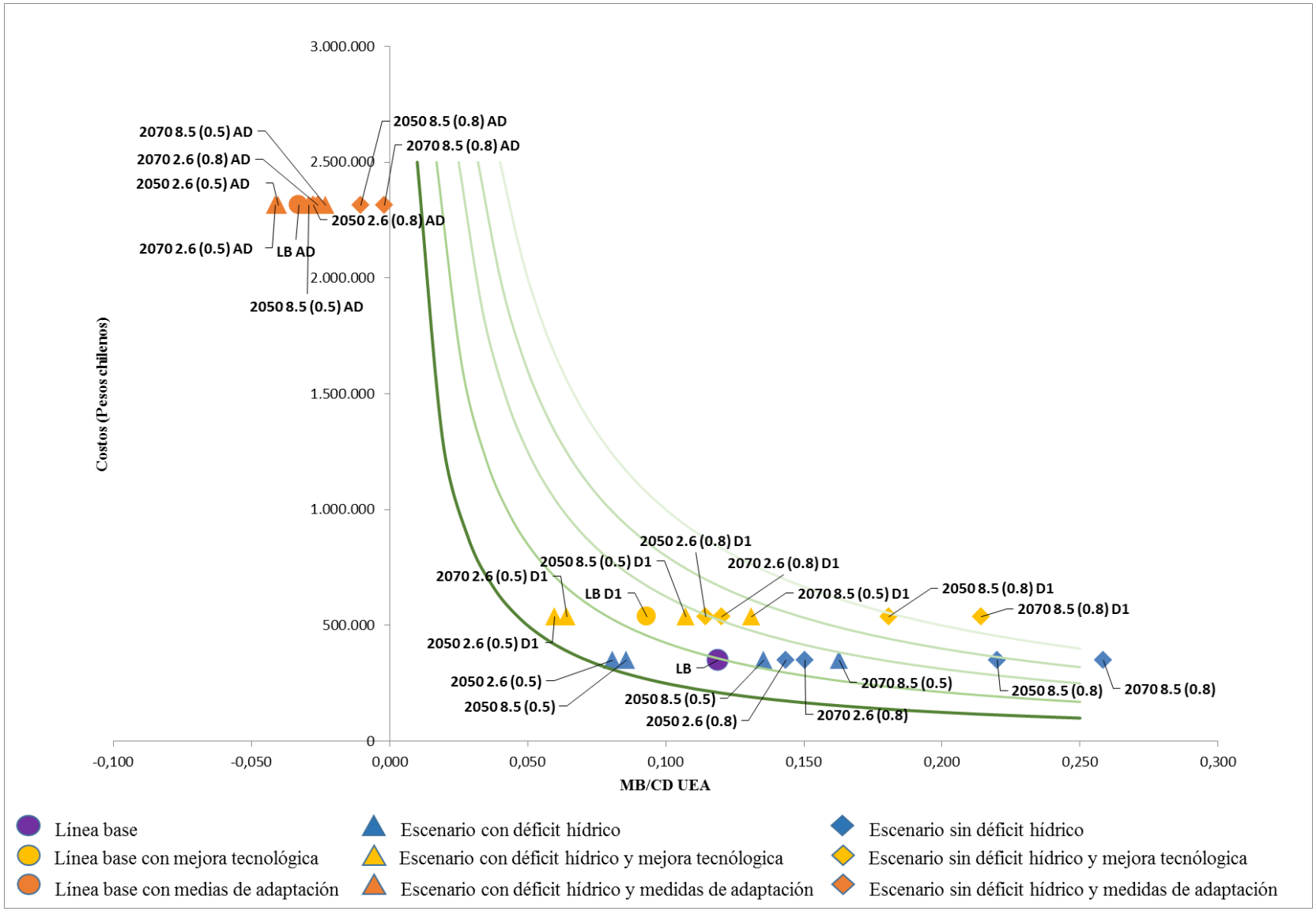

Figura 16 Variación MB/CD UEA en función de los costos para el Predio 4,2 (Olivo)

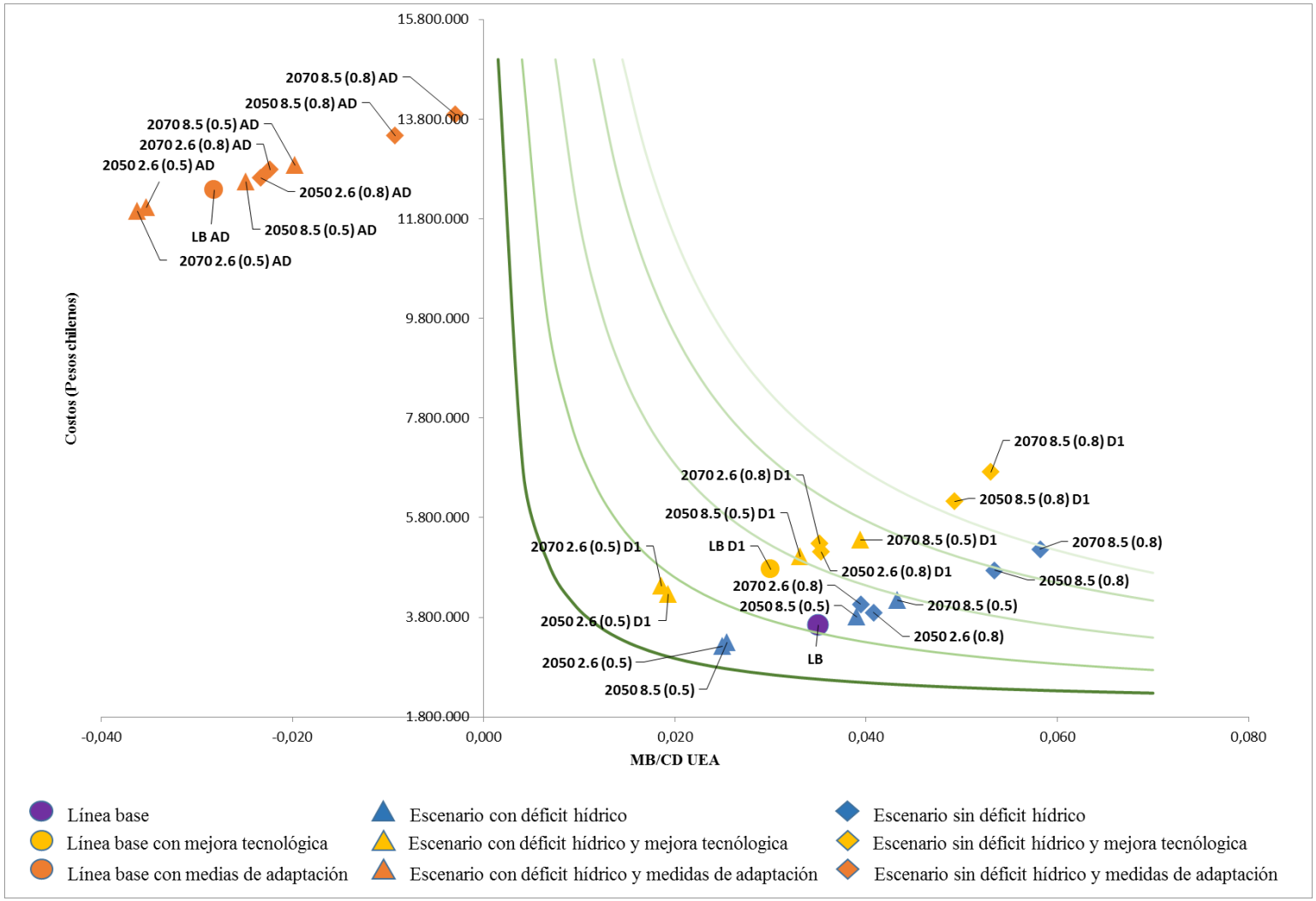

Figura 17 Variación MB/CD UEA en función de los costos para el Predio 12 (Olivo)

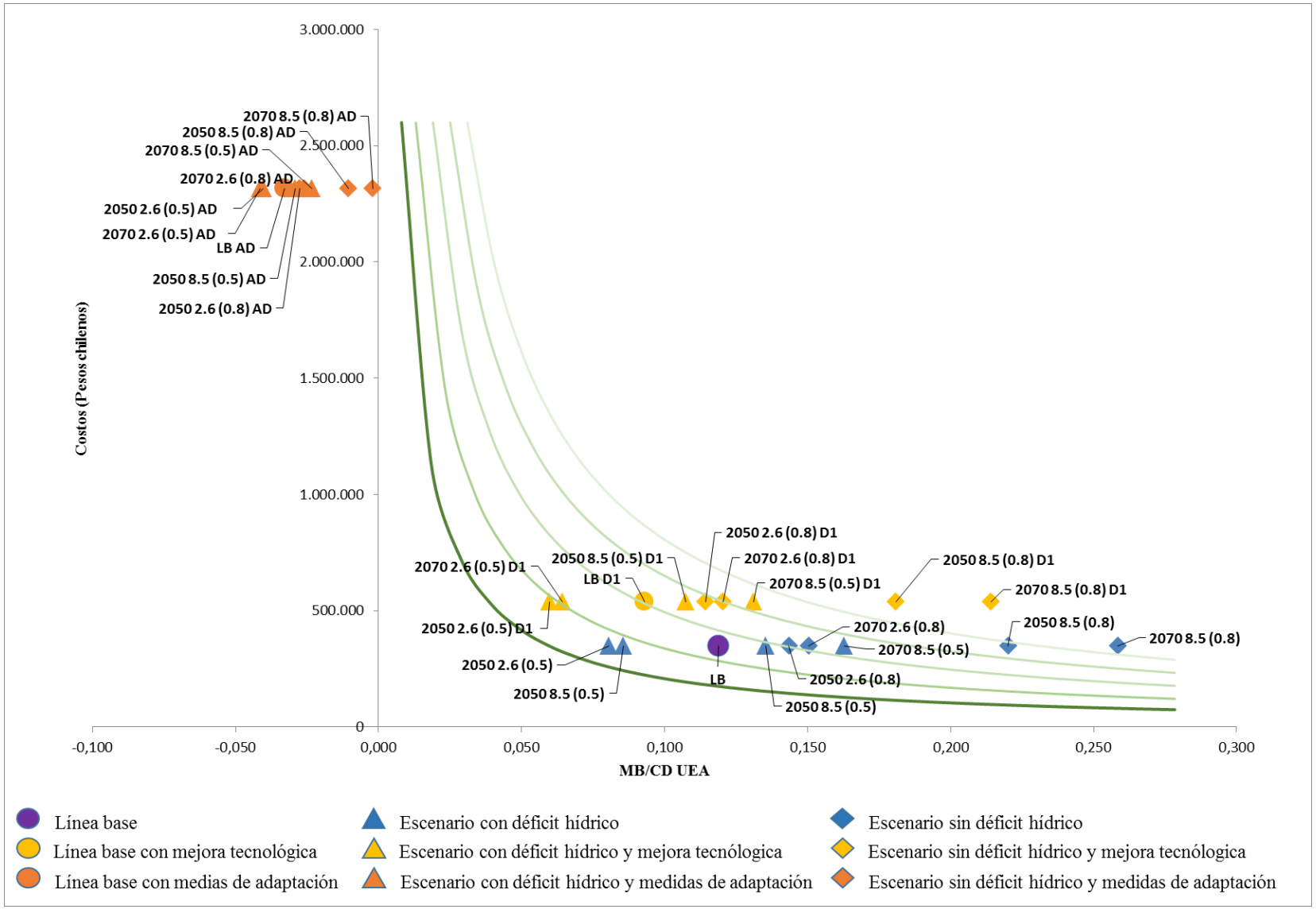

Figura 18 Variación MB/CD UEA en función de los costos para el Predio 15 (Olivo)

Apéndice 3. Gráficos variación del índice MBT/CDT UEA versus los costos en los predios con vides pisqueras.

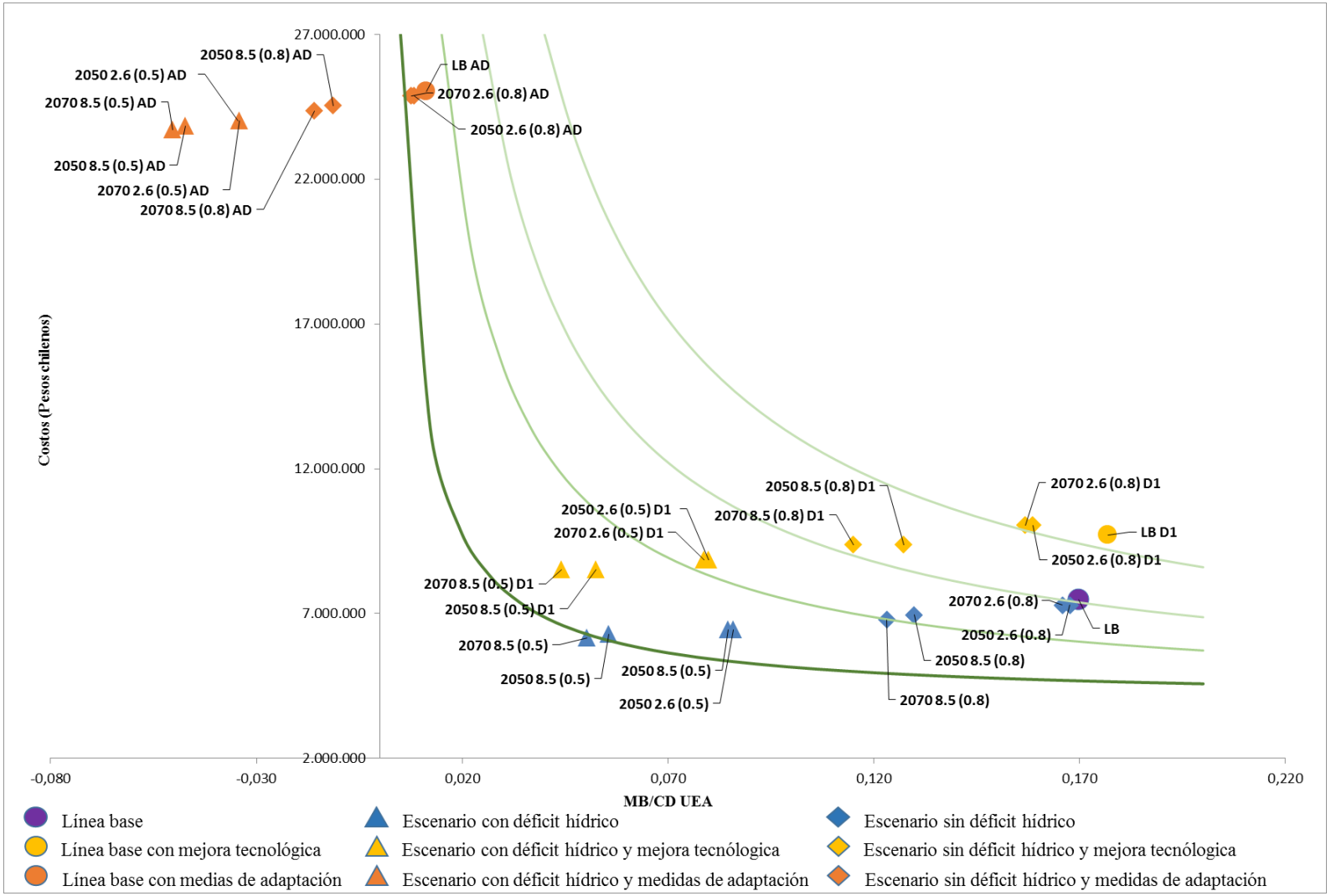

Figura 19 Variación MB/CD UEA en función de los costos para el Predio 5 (vid pisquera)

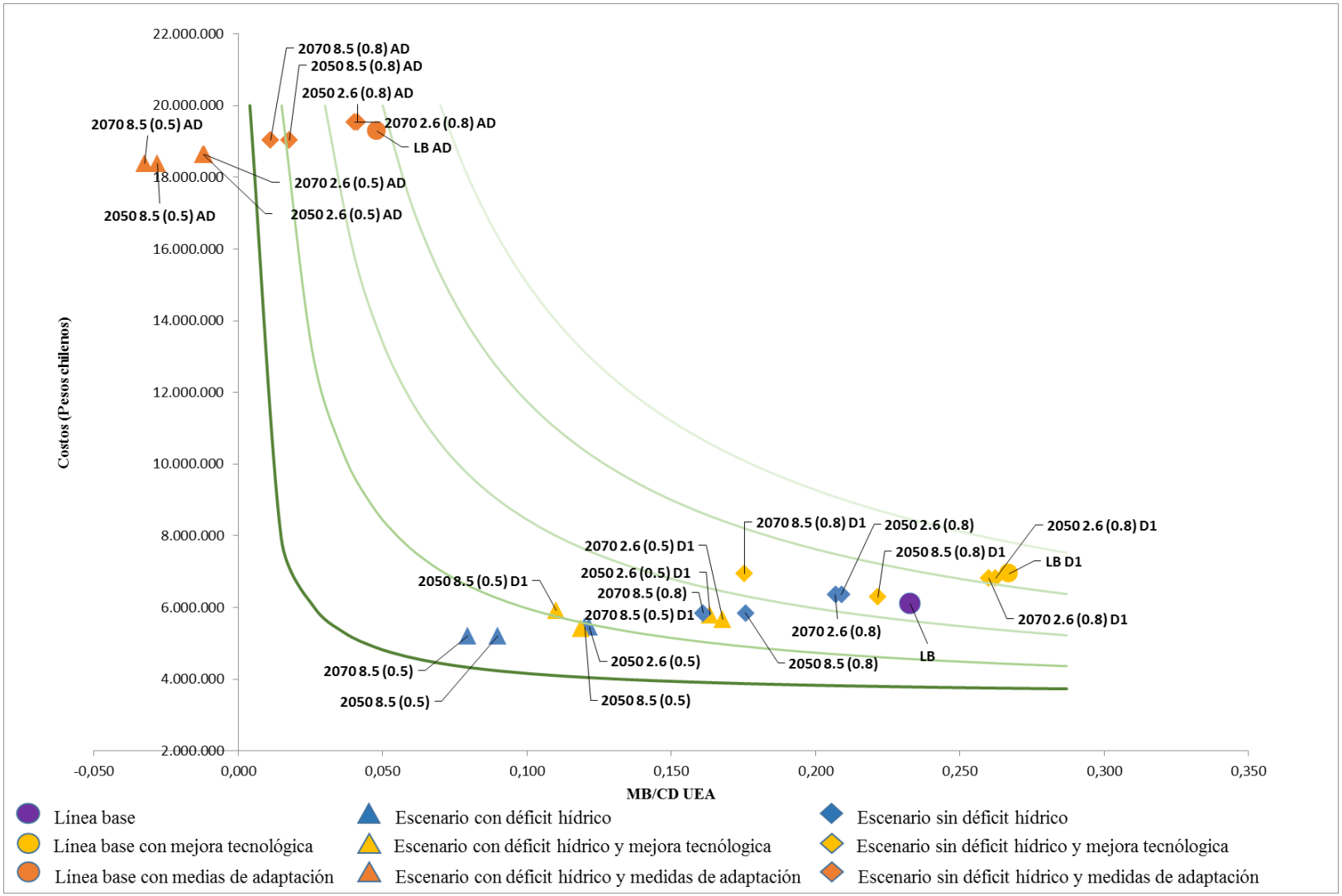

Figura 20 Variación MB/CD UEA en función de los costos para el Predio 6 (vid pisquera)

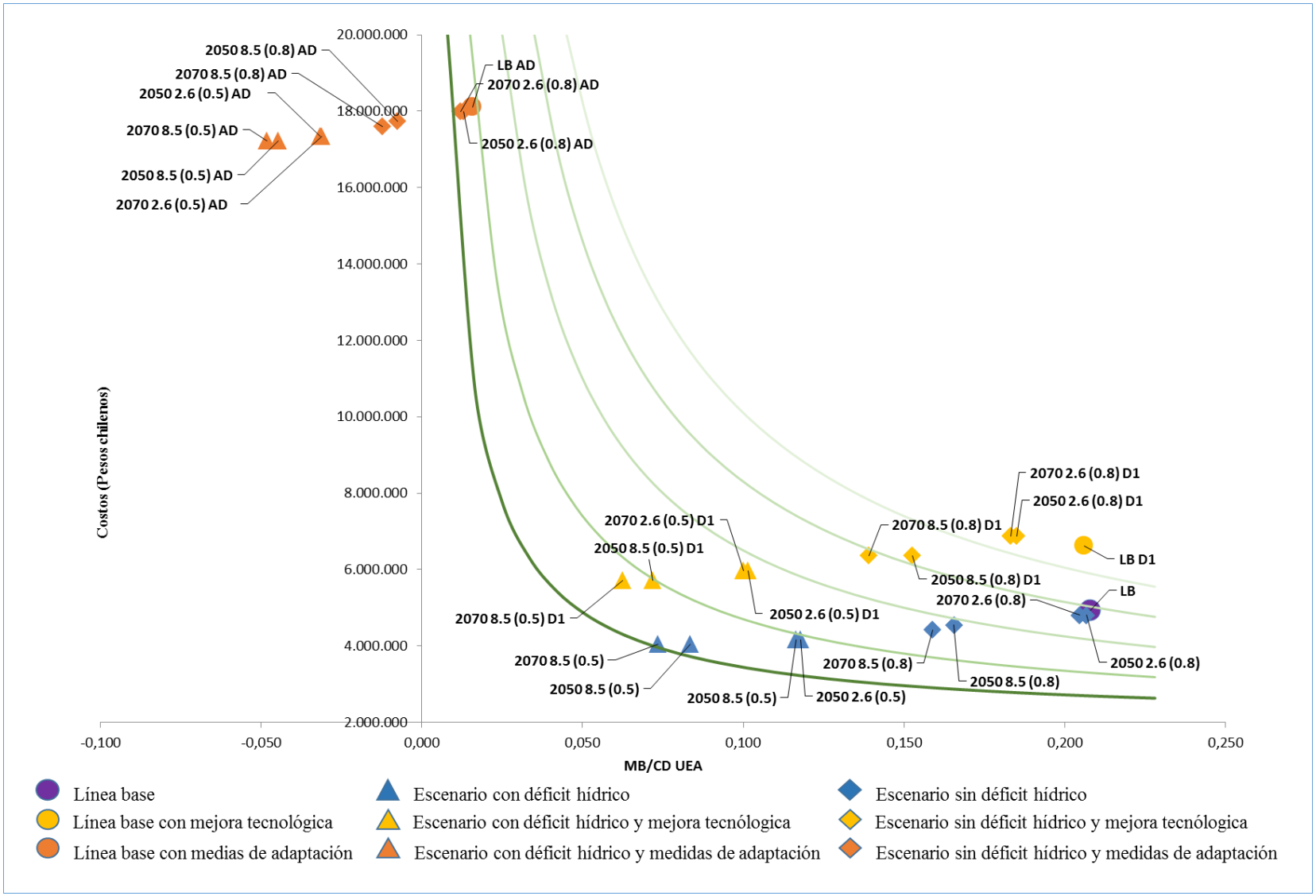

Figura 21 Variación MB/CD UEA en función de los costos para el Predio 7 (vid pisquera)

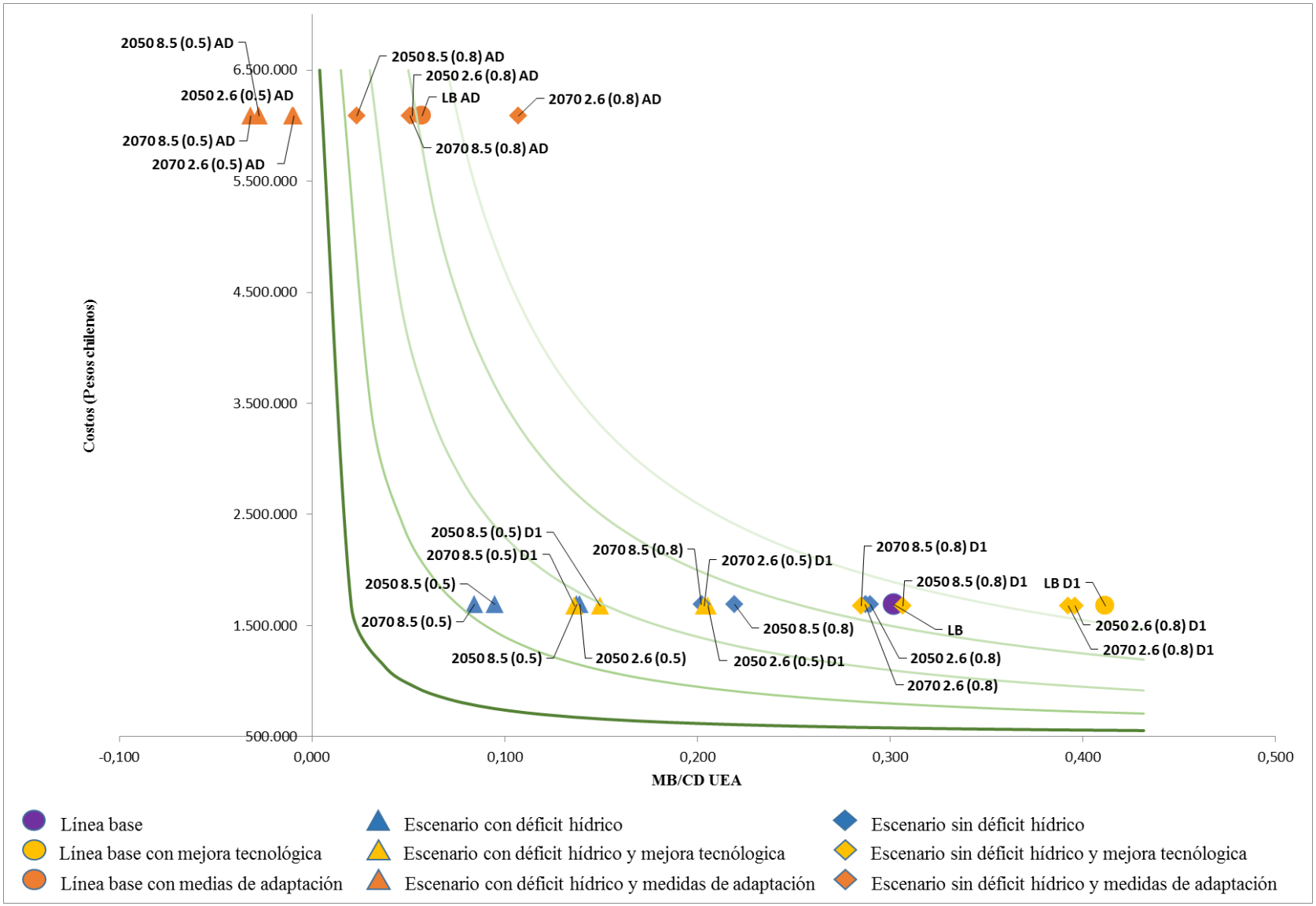

Figura 22 Variación MB/CD UEA en función de los costos para el Predio 8 (vid pisquera)

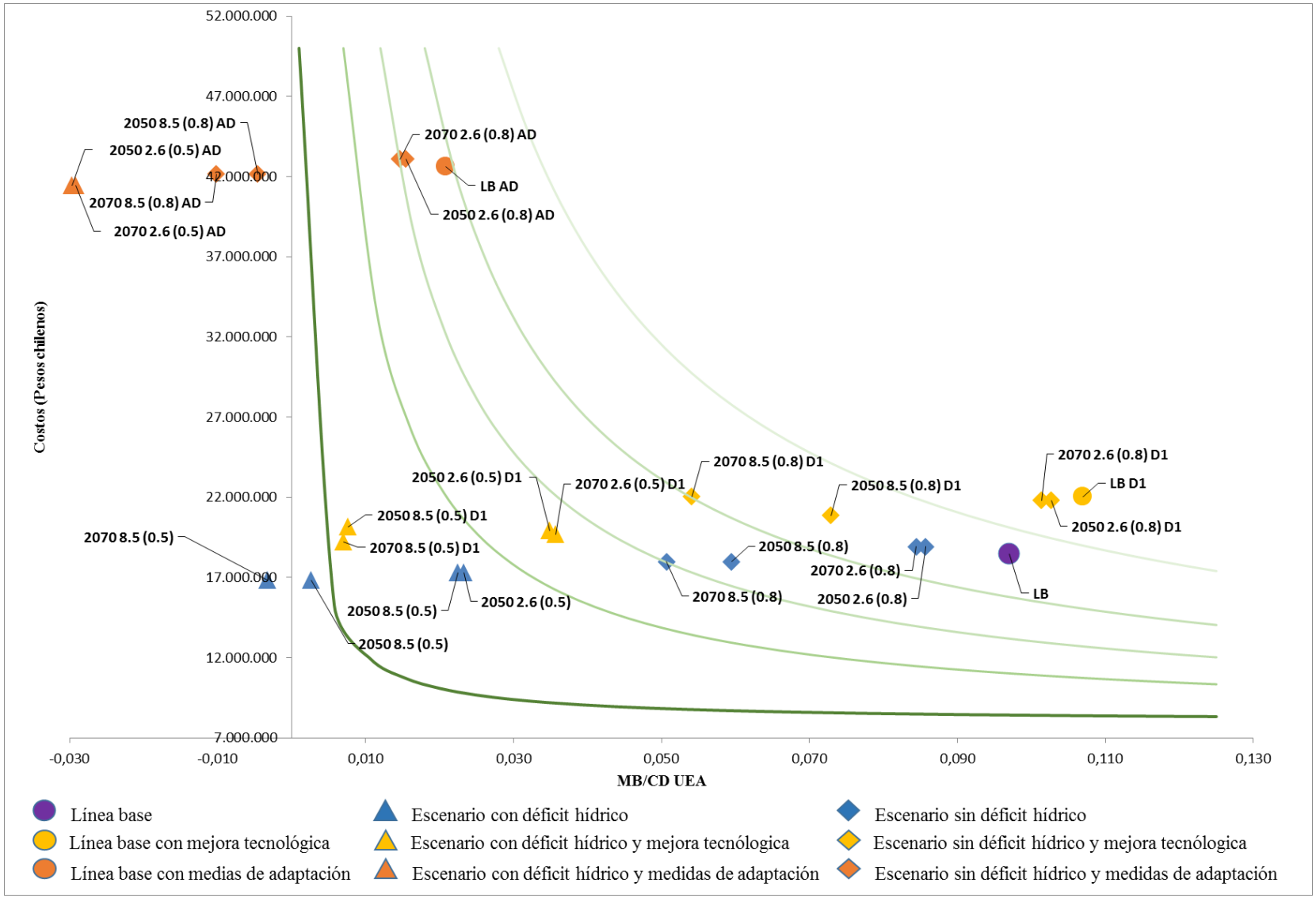

Figura 23 Variación MB/CD UEA en función de los costos para el Predio 9 (vid pisquera)

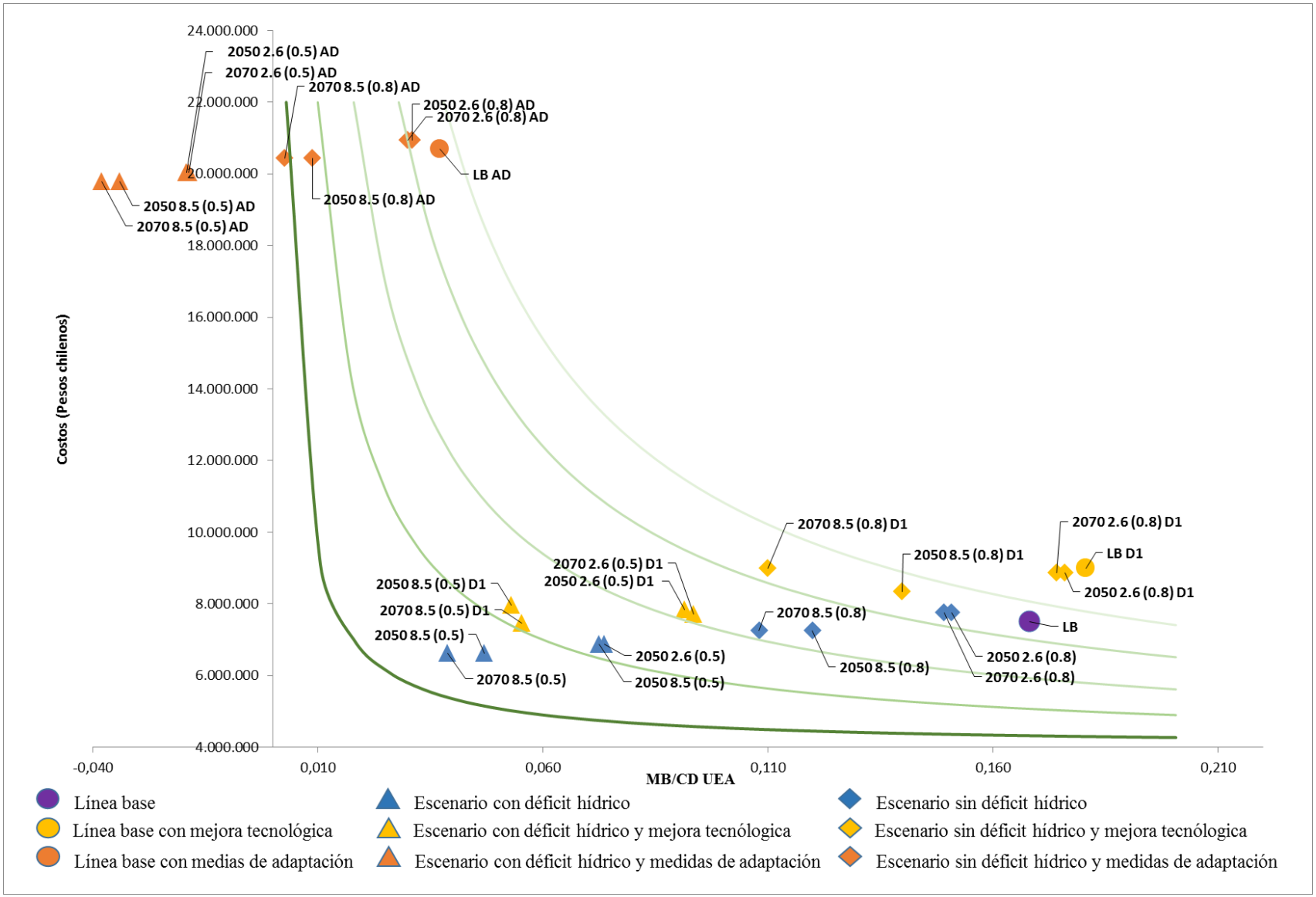

Figura 24 Variación MB/CD UEA en función de los costos para el Predio 10 (vid pisquera)

Apéndice 4. Gráficos variación del índice MBT/CDT UEA versus los costos en los predios con paltos.

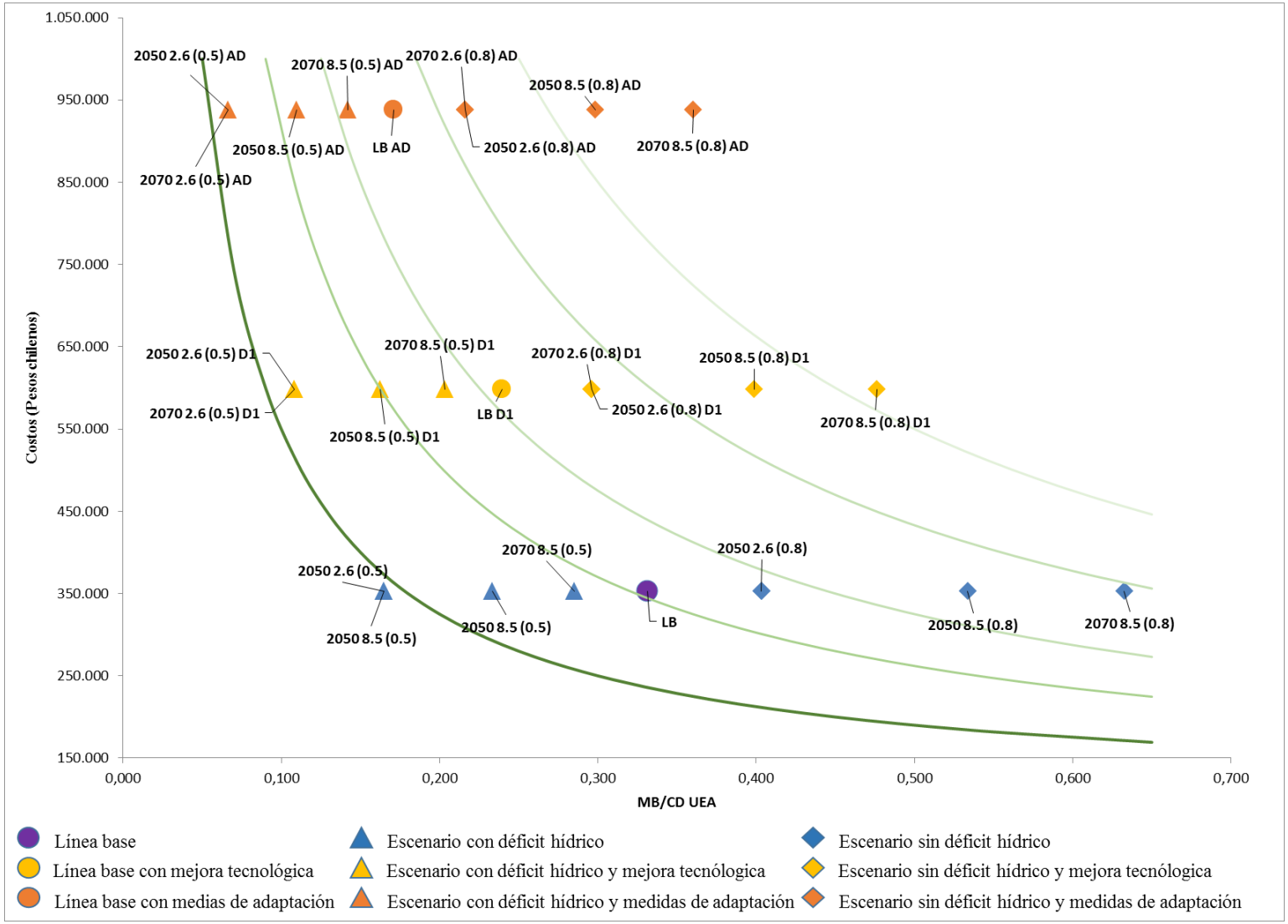

Figura 25 Variación MB/CD UEA en función de los costos para el Predio 1 (palto)

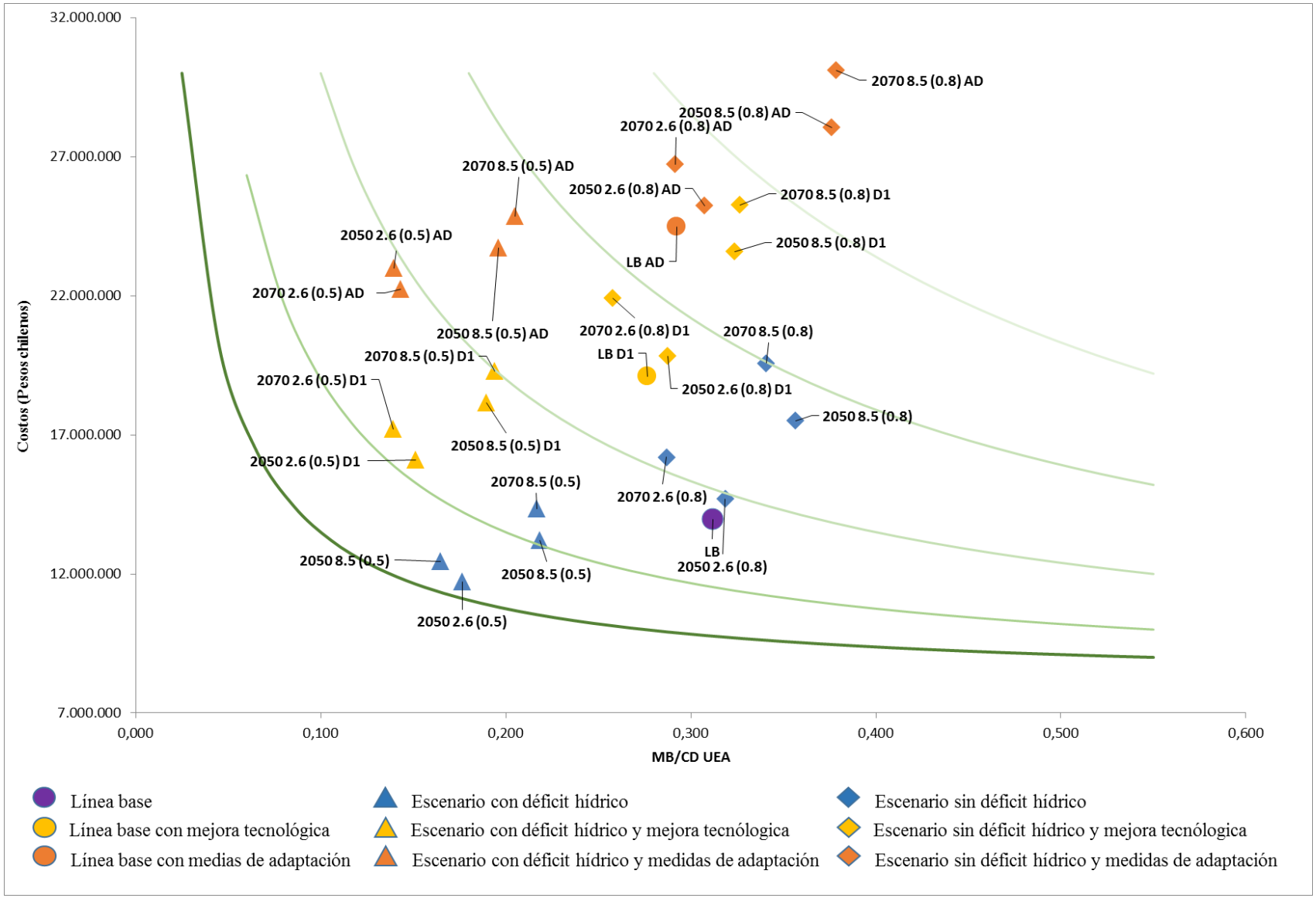

Figura 26 Variación MB/CD UEA en función de los costos para el Predio 2 (palto)

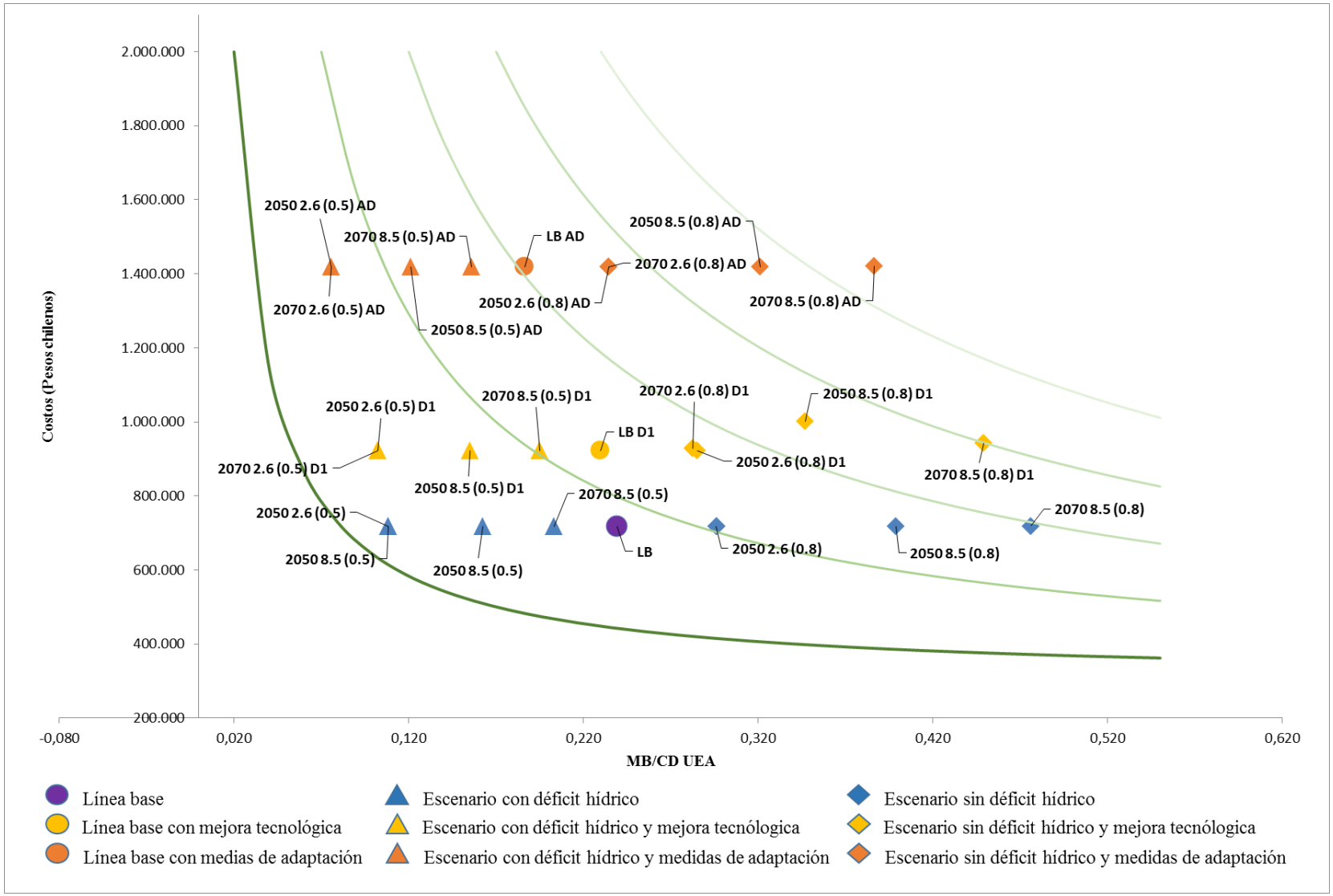

Figura 27 Variación MB/CD UEA en función de los costos para el Predio 3,1 (palto)

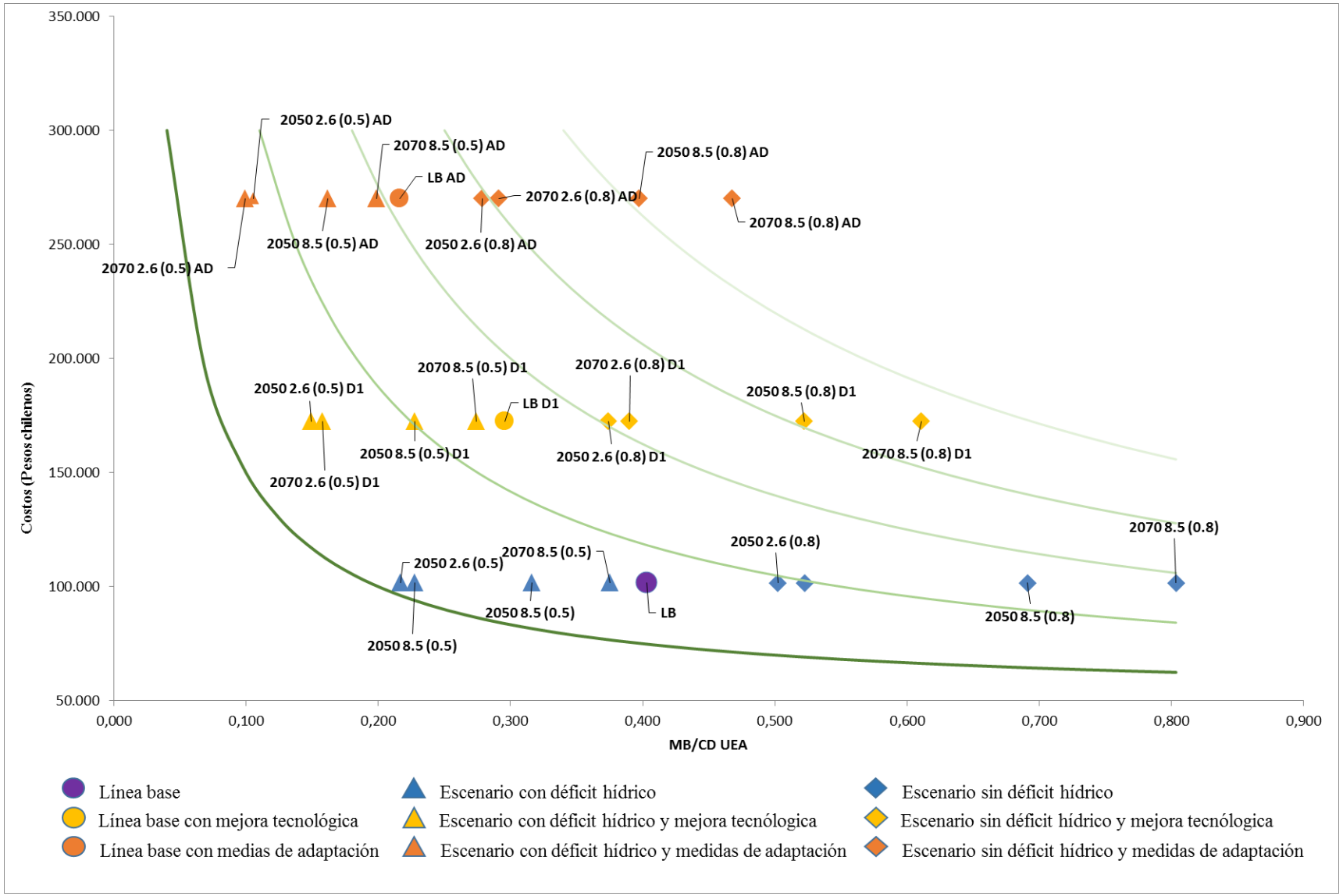

Figura 28 Variación MB/CD UEA en función de los costos para el Predio 4,1 (palto)

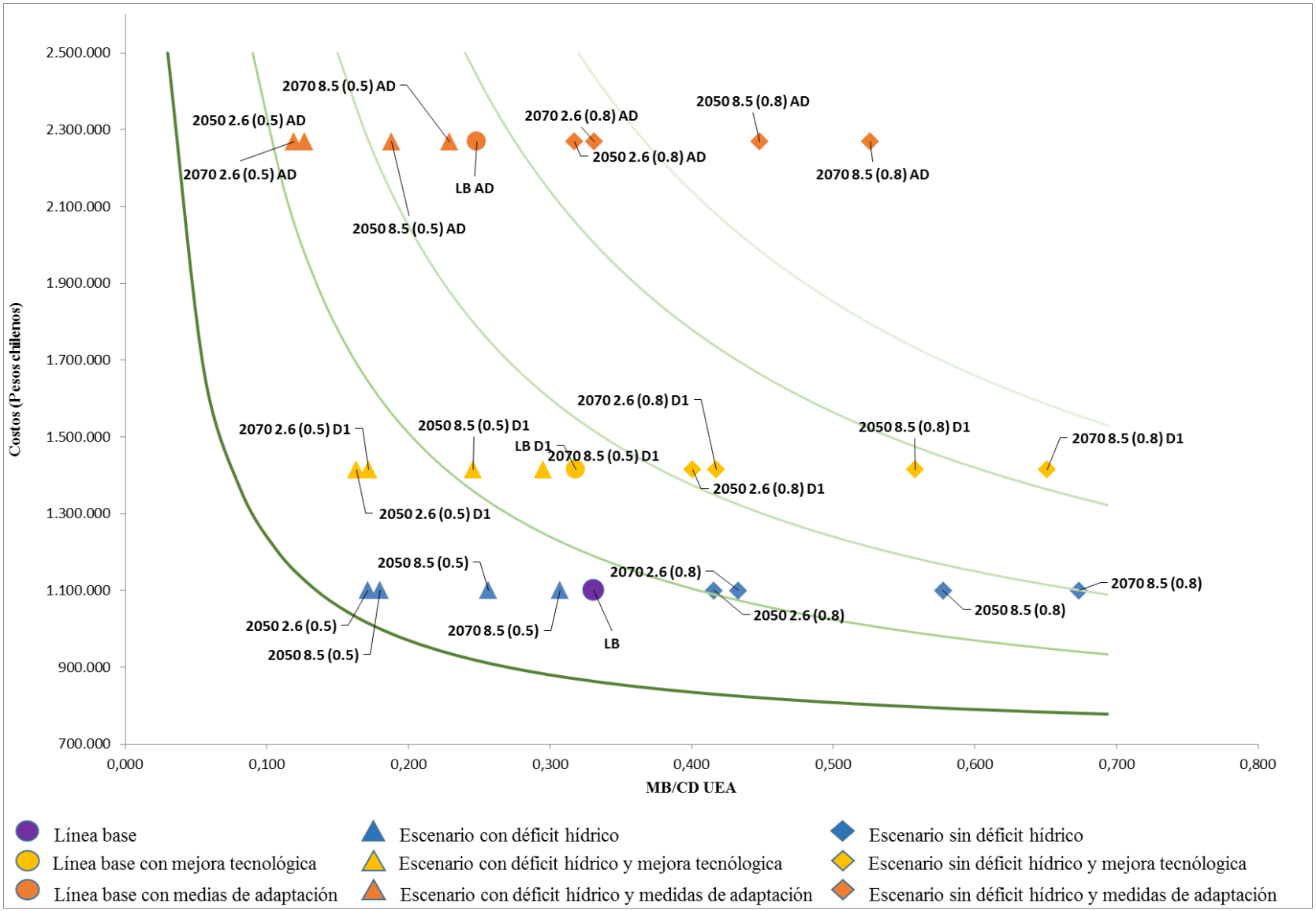

Figura 29 Variación MB/CD UEA en función de los costos para el Predio 12 (palto)

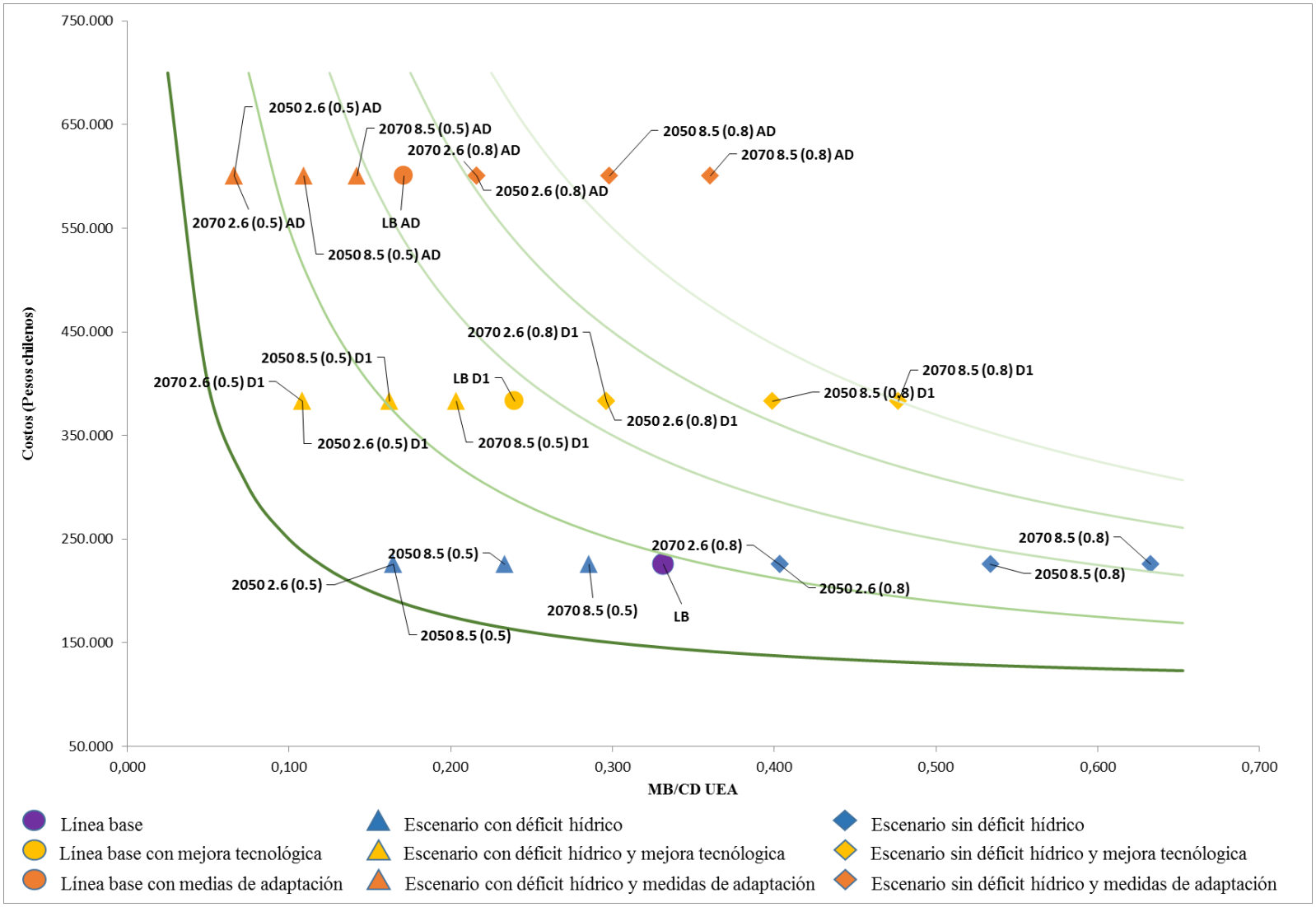

Figura 30 Variación MB/CD UEA en función de los costos para el Predio 13 (palto)

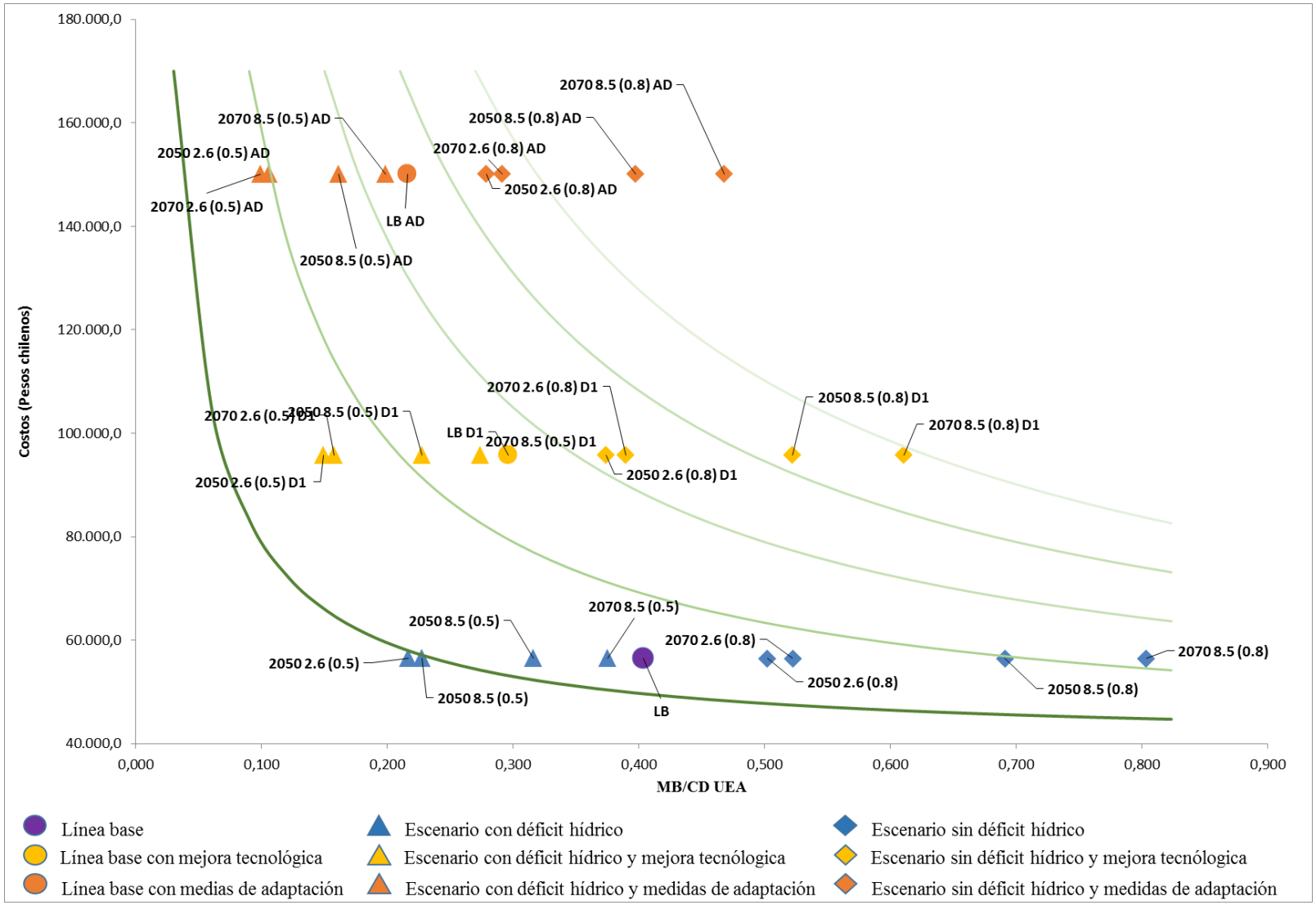

Figura 31 Variación MB/CD UEA en función de los costos para el Predio 14 (palto)