

***Distribución espacial del costo de oportunidad de la conservación y restauración del bosque templado mediterráneo. Caso de Chile Central.***

***Felipe Vásquez L.<sup>1</sup>, Roberto Ponce O.<sup>2</sup>, Nélyda Campos R<sup>3</sup>.***

**Resumen**

En los países en desarrollo, el crecimiento económico y de la población han generado una constante presión sobre los bosques y hábitat naturales en relación al uso del suelo; por lo que los diversos planes de conservación o restauración de bosques que impulsen los gobiernos, deben generar los incentivos apropiados en los propietarios privados de las tierras. En este estudio se entrega evidencia sobre los costos de oportunidad económicos que enfrentan los propietarios privados de predios del Chile Central, empleando la técnica propuesta por Naidoo y Adamowicz (2006). Además, como una forma de generar información más precisa para la toma de decisiones, el análisis se realiza bajo un enfoque espacialmente explícito, basado en mapas de cobertura de suelos a partir de imágenes satelitales Landsat.

***Palabras clave:*** costo de oportunidad, planes de conservación, distribución espacial, cambio en uso de suelo, mapas de cobertura.

**1. Introducción**

En el XIV Congreso Forestal Mundial del año 2015, a través de la declaración de Durban, se concluye que *“los bosques son algo más que árboles”*, lo que hace patente la importancia de los bosques en el desarrollo mundial, en vista de su rol en la provisión de alimentos, energía, biodiversidad, y la lucha contra el cambio climático (UNFAO, 2015). No obstante, la permanente presión que se genera sobre estos ecosistemas, debido al crecimiento de la población y el crecimiento económico de las naciones, los han llevado a su continua degradación o a la conversión de sus bosques para otros usos del suelo, tales como el agrícola.

En particular, las zonas de bosque templado mediterráneo se caracterizan por constituir ecosistemas de alto valor al proveer una serie de servicios ecosistémicos, incluyendo biodiversidad, regulación del clima y del agua, captura de carbono, recreación, entre otros; y además por ser uno de los ecosistemas más vulnerables del planeta debido a los cambios en las condiciones climáticas, incendios forestales y la creciente actividad humana que provoca cambios en el uso del suelo (Echeverría *et.al.*, 2010; European Forest Institute, 2009; Millenium Ecosystem Assessment, 2005; Rotenberg y Yakir, 2010; Schimel, 2010). En el mundo existen solo cinco áreas de éste tipo de bosques, donde la zona central de Chile constituye una de ellas (Donoso, 2007), la

---

<sup>1</sup> Universidad el Desarrollo

<sup>2</sup> Universidad el Desarrollo

<sup>3</sup> Expositora. Universidad Católica de la Santísima Concepción.

cual se caracteriza por estar casi en su totalidad en manos de propietarios privados. De acuerdo a Schulz *et.al.* (2010), entre los años 1975 y 2008 se perdió alrededor de un 42% del bosque esclerófilo del Chile central, explicado principalmente por la actividad humana, al cambiar el uso de suelo de bosque nativo a otros usos como el agrícola o urbano, y a lo que se suma el fuerte incremento de las plantaciones forestales (principalmente por las especies pino y eucaliptus). A lo anterior, también se agrega un alto nivel de fragmentación y degradación del bosque nativo remanente, lo que genera un alto nivel de vulnerabilidad de dicha área (Echeverría *et.al.*, 2010).

La reducción y degradación de los bosques mediterráneos provoca una serie de efectos negativos, tales como erosión del suelo, pérdida de biodiversidad, reducción en la provisión del agua, pérdida de la regulación climática regional, entre otros, los que finalmente repercuten en el bienestar de la población (Echeverría *et.al.*, 2011; Millenium Ecosystem Assessment, 2005; Foley *et.al.*, 2005; Schulz *et.al.*, 2010). De ahí que las autoridades económicas tienen como misión diseñar mecanismos de conservación y restauración eficaces para estas áreas vulnerables.

En el caso chileno, la Ley N° 20.283 del año 2008 sobre la *Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal*, crea un fondo concursable para la conservación, recuperación o manejo sustentable del bosque nativo, y a través del Decreto Supremo N°95 del año 2009, "*Reglamento del fondo de conservación, recuperación y manejo sustentable del bosque nativo*", se cuenta con el principal instrumento legal que apoya dichas acciones, la entrega de bonificaciones para solventar los costos de actividades o proyectos relacionados al bosque nativo. Dichas bonificaciones se asignan por concurso público, a través del cual el propietario debe presentar un plan de manejo de preservación o de manejo forestal.

Cabe notar que cualquier política de conservación o restauración de predios, para ser costo-efectiva, debe considerar los costos de conservación, que incluyen (Naidoo *et.al.*, 2006):

- 1) Costos de adquisición: que involucran los costos de la adquisición de derechos de propiedad de un predio;
- 2) Costos de manejo: incluye todos los costos asociados al desarrollo del plan de manejo de conservación o restauración del bosque bajo protección;
- 3) Costos de transacción: incluye todos los costos, adicionales al precio de la propiedad, en que se debe incurrir producto de la transferencia de derechos de propiedad de un determinado predio;
- 4) Costos de daños: incluyen los costos sobre actividades económicas asociados a los planes de conservación, por ejemplo, las pérdidas que puedan enfrentar asentamientos humanos con cultivos o ganadería, producto de la acción de animales salvajes provenientes de las áreas protegidas cercanas; y
- 5) Costos de oportunidad: incluye los costos asociados a la mejor alternativa desechada producto de la decisión de conservación. Esto es, un dueño de un bosque nativo enfrenta distintas alternativas en relación a qué hacer con su predio, por ejemplo, puede decidir mantenerlo como bosque nativo, o puede destinarlo a otras actividades económicas, como cultivo, ganadería,

vivienda, arriendo, entre otras. Por tanto, la decisión de mantener el predio como bosque necesariamente implica haber dejado de realizar otra actividad con un determinado beneficio neto asociado.

En general, los primeros cuatro costos descritos son relativamente fáciles de observar a través de las transacciones de mercado, no obstante, el costo de oportunidad es un poco más complejo, principalmente debido a la escasez de información, lo que es más patente en países en desarrollo (Naidoo y Adamowicz, 2006).

La identificación de los potenciales usos alternativos del suelo y el valor económico asociado a dichas alternativas, permiten determinar el costo de oportunidad de la preservación de áreas naturales. Algunos trabajos, como el de Igari, Tambosi y Pivello (2009), Lyle, Bryan, y Ostendorf (2015), y Naidoo y Adamowicz (2006), han explorado en la determinación de estos costos de oportunidad, y a partir de ellos incluirlos como información adicional en la planificación del suelo. En particular, la consideración de los costos de oportunidad que enfrentan los dueños de predios a la hora de diseñar instrumentos de política de conservación o restauración, permitirá que estos instrumentos sean más efectivos y eficaces.

Lyle *et.al.* (2015) establecen que los modelos empleados en el cálculo de costos de oportunidad han carecido de resolución espacial o información económica actualizada, y cabe precisar que dichos costos pueden diferir en forma importante a razón de la distribución espacial de los predios, de ahí que el empleo de mapas de cobertura permite calcular costos de oportunidad diferenciados, y por tanto ayudar a los tomadores de decisiones a determinar medidas de incentivos también diferenciadas.

A pesar de que la zona mediterránea de Chile central es considerada uno de los 36 hotspots, gracias a su biodiversidad, endemismo y estatus crítico de conservación (Conservation Internacional, 2016), el desarrollo de estudios de carácter económico para la determinación de medidas costo-efectivas para la conservación y restauración de bosques es prácticamente nula.

En este escenario, el objetivo principal de este trabajo consiste en determinar medidas espacialmente explícitas de los costos de oportunidad asociados a la deforestación del bosque esclerófilo y matorral de la zona central de Chile, y con ello aportar a la escasa literatura actual en relación al tema. Adicionalmente, se propone establecer patrones de distribución de los costos de oportunidad y el cambio potencial de uso de suelo para establecer áreas sensibles de protección y focalización de los instrumentos de política de conservación.

## **2. Materiales y método**

### *2.1. Modelo de determinación del costo de oportunidad basado en Naidoo y Adamowicz (2006)*

Nuestro estudio es una adaptación del modelo teórico propuesto por Naidoo y Adamowicz (2006), quienes determinan el valor esperado de un conjunto de parcelas a partir de los distintos tipos de

usos agrícolas del suelo, obtenido como el producto entre la probabilidad de que una parcela  $i$  en el periodo  $t$  sea destinada a un determinado uso agrícola  $k$ , denotada por  $P_{itk}$ , y el rendimiento asociado con el uso  $k$ ,  $R_{itk}$ .

Con ello, el retorno anual (suponiendo que los costos de conversión del uso del suelo son cero y sin la existencia de valor no agrícola de la tierra) estará dado por:

$$R_t = \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^I P_{itk} R_{itk} \quad (1)$$

Si se relaja el supuesto sobre los costos de conversión ( $C_i$ ), permitiendo que pueden ser distintos de cero, y además se incorpora el valor no agrícola de la tierra ( $NR_{itk}$ ), la ecuación (1) se transforma en la ecuación (2):

$$R_t = \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^I P_{itk} R_{itk} - C_i + (1 - P_{itk}) NR_{itk} \quad (2)$$

Si bien los autores presentan esta extensión al modelo, admitiendo la existencia de otros usos no agrícolas del suelo, éstos son considerados en forma marginal dentro de la modelación.

Las posibilidades de destinar las tierras a actividades distintas a las agrícolas son muy variadas, e incluyen cambiar el bosque nativo por plantaciones, transformarlo al sector urbano, destinarlo a ganadería, entre otras. Por ello, nuestra adaptación al modelo, implica incluir esta gama de opciones de tipos de uso del suelo y aproximar el costo de oportunidad de la conservación para cada propietario, a través del valor del retorno anual esperado de las diversas alternativas de uso de suelo. Con ello, el costo de oportunidad de la conservación o restauración, está dado por:

$$CO_j = \sum_{n=1}^{N-1} P_{nj} R_n \quad (3)$$

donde  $j$  representa al  $j$ -ésimo propietario del predio o parcela;  $n$  representa todas las alternativas de uso del suelo;  $P_{nj}$  representa la probabilidad de destinar el predio a las  $N - 1$  alternativas (se excluye la opción de mantener como bosque); y  $R_n$  representa el rendimiento anual esperado de cada alternativa de uso de suelo.

## 2.2. Descripción del área de estudio

El área de estudio corresponde a la definida en el trabajo de Schulz *et.al.* (2010) que se encuentra localizada en la zona bioclimática mediterránea de Chile Central, y que abarca parte de las regiones de Valparaíso, Libertador Bernardo O'Higgins y Metropolitana, con una extensión de 13.175 Km<sup>2</sup> (Figura 1).

En general, el área se caracteriza por veranos secos e inviernos lluviosos. Su temperatura promedio anual es de 13°Celsius, mientras que su nivel de precipitaciones anuales promedio alcanza los 531 mm. En términos de paisaje, cuenta con planicies costeras, la cordillera de la costa cuya cota máxima alcanza los 2.260 metros de altura, y la zona del valle central, lo que da una variabilidad climática y vegetal bastante heterogénea. En las zonas de pendientes y de

drenaje predomina el bosque esclerófilo, mientras que en las laderas bajas lo hacen los matorrales, en donde prevalece el *Acacia caven*.

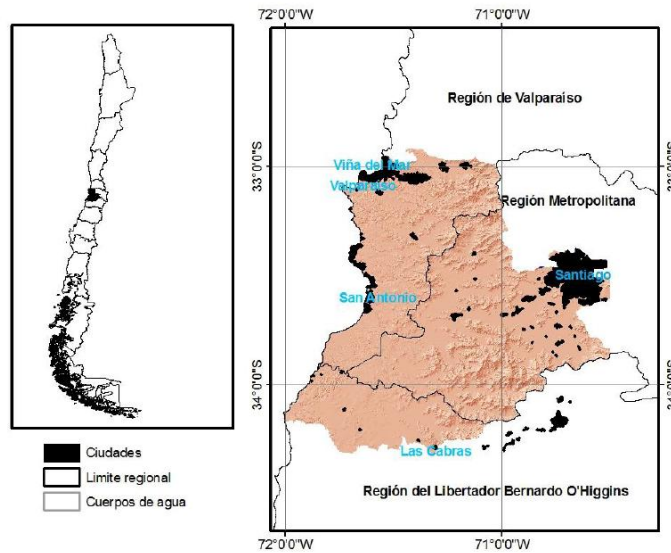


Figura 1. Área de estudio en base a Schulz *et.al.* (2010)

### 2.3. Usos del suelo en el área de estudio

A partir del análisis de imágenes satelitales Landsat, la zona de interés se estratificó espacialmente considerando las variables exposición, pendiente, y cobertura de bosque-matorral en los predios, de tal forma de orientar el estudio hacia los predios de interés de conservación y restauración (se consideraron los predios cuya suma de bosque-matorral sea superior a 1 hectárea, los que alcanzaron la cantidad de 7.201 predios).

En relación a su exposición, la distribución de los terrenos se realizó de acuerdo a si correspondían a terreno plano, con exposición norte, o exposición sur. En relación a la pendiente se dividieron los predios de acuerdo a si eran aptos para el cultivo, pastoreo, forestal, y dunas. Finalmente, en relación al tamaño se dividieron los predios en aquellos entre 1 – 3 hectáreas, 3 – 12 hectáreas, y mayores a 12 hectáreas de bosque-matorral. En el Cuadro 1 se presentan los resultados de esta clasificación para el universo de predios en la zona. A partir de estas tres dimensiones se procedió a generar los estratos para el muestreo aleatorio, y que dio como resultado un total de 36 estratos. Con los porcentajes de predios presentes en cada estrato, se estimó la cantidad de predios de la muestra en cada estrato y se seleccionan en forma aleatoria, generando un total de 521 predios en la muestra, cuyas características se presentan en las últimas dos columnas del Cuadro 1.

Cuadro 1. Cantidad y porcentaje de predios de acuerdo a exposición, pendiente, y cobertura para el universo y la muestra aleatoria.

Característica	Universo (7,201 predios)		Muestra (521 predios)	
	Cantidad	Frecuencia (%)	Cantidad	Frecuencia (%)
<b>Nivel de exposición</b>				
Terreno plano	3,176	44.10	210	40.31
Exposición norte	1,815	25.20	150	28.79
Exposición sur	2,210	30.70	161	30.90
<b>Pendiente</b>				
Apta para cultivo	4,695	65.20	266	51.06
Apta para pastoreo	1,421	19.73	137	26.30
Apta para forestal	772	10.72	88	16.89
Apta para dunas	313	4.35	30	5.76
<b>Cobertura bosque-matorral</b>				
Entre 1 y 3 hectáreas	2,481	34.45	89	17.08
Entre 3 y 12 hectáreas	2,291	31.82	157	30.13
Mayor a 12 hectáreas	2,429	33.73	275	52.78

Fuente: elaboración propia basada en datos de proyecto CONAF 091/2011

Para los 521 predios seleccionados en la muestra, se realizó un levantamiento de información predial a través de encuestas directas. La mayoría de los predios analizados (53%) cuenta con una cobertura de bosque-matorral superior a 12 hectáreas, el 40% cuenta con terreno plano y más del 50% se encuentra apto para el cultivo.

A partir de las encuestas se identificaron 14 tipos de uso de suelo, entre los cuales predomina el bosque-matorral, vivienda, praderas, frutales y viñas. En el Cuadro 2 se presenta la cantidad de predios que destina parte de sus hectáreas a determinados usos y el promedio de hectáreas para dichos usos.

Cuadro 2. Cantidad de predios y superficie de hectáreas promedio según tipo de uso

Tipo de uso	N° Predios	Media de hectáreas
Frutales y viñas	117	38.39
Hortalizas y flores	22	110.81
Bosque-matorral	512	175.63
Plantaciones	93	37.70
Agroforestería	4	47.51
Barbecho	70	14.12
Suelo desnudo	150	23.55
Vivienda	320	1.37
En arriendo	30	19.15
Chacras o huertos	80	1.39
Cultivo y forrajeras	68	23.27
Semilleros y viveros	11	26.29
Forrajeras permanentes	25	26.1
Praderas	241	38.80

Fuente: elaboración propia basada en datos de proyecto CONAF 091/2011

Finalmente, con la información del Cuadro 2, se agruparon algunos usos y se determinaron 5 categorías de uso de suelo para la determinación de los retornos esperados, y con ello los costos de oportunidad:

Tipo de uso de suelo 1: "Cultivo". Esta categoría agrupa los usos frutales y viñas, hortalizas y frutas, barbecho, chacras o huertos, cultivos y forrajeras, semilleros y viveros, y forrajeras permanentes.

Tipo de uso de suelo 2: "Vivienda". Esta categoría agrupa los usos suelo desnudo, vivienda, y terrenos en arriendo.

Tipo de uso de suelo 3: "Plantaciones". Esta categoría considera el uso de plantaciones de especies exóticas.

Tipo de uso de suelo 4: "Praderas".

Tipo de uso de suelo 5: "Bosque-matorral".

#### *2.4. Determinación de los retornos esperados por cada uso de suelo*

Con la encuesta aplicada en terreno a los 521 propietarios de la muestra, se determinaron los beneficios netos por cada tipo de uso de suelo definido para el área de estudio. A partir de dicha encuesta se recogió información de cantidad de cosecha durante el último periodo, precio de venta de la cosecha, mercados de destino, etc.; en el caso de plantaciones, se recogió información sobre los productos obtenidos, períodos de rotación y manejo forestal utilizado. Por otro lado, también se recogió información sobre los beneficios obtenidos a partir del bosque-matorral.

En el Cuadro 3 se presentan los beneficios anuales netos promedio calculados por hectárea, y que fueron generados para cada tipo de suelo de acuerdo a la encuesta aplicada. Se observa que los cultivos son el destino de suelo que produce mayores beneficios netos por cada hectárea destinada a este fin, seguido por las plantaciones forestales de especies exóticas como el pino y eucaliptus.

Cuadro 3. Retornos anuales por hectárea de acuerdo a tipo de uso de suelo

<b>Tipo de uso</b>	<b>Valor medio (\$)</b>
Cultivo	22.400.000
Vivienda	526.465
Plantaciones	5.089.715
Praderas	2.973.097
Bosque-matorral	274.887

Fuente: elaboración propia basada en datos de proyecto CONAF 091/2011

## 2.5. Determinantes de la probabilidad de cambio de uso de suelo

Los factores que influyen en la deforestación o cambio de uso de suelo de bosques a otras actividades han sido estudiados en distintos trabajos, tales como el Angelsen y Kaimowitz (1999) quienes realizan una amplia revisión de más de 140 artículos que modelan los determinantes de la deforestación; a ellos se suman otros trabajos posteriores como el de Geist y Lambin (2001), y Naidoo y Adamowicz (2006). En general, los determinantes pueden agruparse en factores del tipo demográficos (tales como niveles de migración, densidad población, y distribución de la población), factores económicos (tales como crecimiento del mercado, comercialización, e industrialización), factores tecnológicos (tales como cambios agro tecnológicos), factores institucionales (tales como políticas formales, y derechos de propiedad), factores culturales (tales como comportamientos individuales), y otros factores (tales como los factores de predisposición ambiental, y de carácter biofísicos).

De acuerdo a la información obtenida mediante la clasificación de imágenes satelitales del trabajo de Schulz *et.al.* (2010), las variables consideradas para explicar la probabilidad del cambio en el uso del suelo en la zona mediterránea de Chile Central son descritas en el Cuadro 4, en donde se presentan variables del tipo biofísico y de accesibilidad. En las primeras están la pendiente, el tipo de exposición del terreno (norte, sur o plano) y la existencia de fuentes de agua; mientras que en las segundas están el tamaño del bosque, la distancia al camino más cercano, y la distancia a la ciudad más cercana.

Cuadro 4. Descripción de variables explicativas de la probabilidad del uso de suelo

Variable	Descripción de la variable	Media	SD	Min	Max
Pendiente	Grado de pendiente, en %	3.39	2.27	0	7
Exposición_N	Dummy que toma valor 1 si tiene exposición norte; 0 otro caso	0.29	0.45	0	1
Exposición_S	Dummy que toma valor 1 si tiene exposición sur; 0 otro caso	0.31	0.46	0	1
Exposición_P	Dummy que toma valor 1 si tiene terreno plano; 0 otro caso	0.40	0.49	0	1
Fuente_agua	Dummy que toma valor 1 si existen fuentes de agua; 0 otro caso	0.65	0.47	0	1
Tamaño bosque	Tamaño del bosque en hectáreas	2.36	0.76	1	3
Dist_camino	Distancia al camino más cercano	3.82	3.08	0	14
Dist_ciudad	Distancia a la ciudad más cercana	12.62	4.46	0	19

Fuente: elaboración propia basada en datos de proyecto CONAF 091/2011

## 3. Resultados

La estimación de las probabilidades de conversión espacialmente explícita para los tipos de uso son presentados en el Cuadro 5 mediante la estimación de un modelo logit multinomial. Como era de esperar, el tamaño del bosque-matorral presente en el predio es altamente significativo y está



inversamente relacionado con el cambio de uso de suelo, lo que implica que mientras mayor sea el tamaño del bosque-matorral, la probabilidad de cambiar su uso, ya sea a cultivo, vivienda, praderas o plantaciones, se reduce.

Cuadro 4. Estimación modelo logit multinomial para los distintos usos de suelo (n = 521)  
Variable dependiente: uso de suelo (categoría base: bosque-matorral)

	CULTIVO		VIVIENDA		PLANTACIONES		PRADERA	
	Coef.	SE	Coef.	SE	Coef.	SE	Coef.	SE
Pendiente	0.436*	0.225	-0.811	0.581	-0.286	0.747	-0.310	0.292
Exposición_N	-0.223	0.451	-0.075	0.574	0.031	0.943	-0.767*	0.461
Exposición_S	-0.879*	0.517	-1.824*	1.079	-0.918	1.224	-1.287**	0.540
Fuente_agua	-0.372	0.385	-1.044*	0.549	-1.203	0.902	-0.362	0.366
Tamaño bosque	-0.767***	0.187	-0.775***	0.266	-1.544***	0.533	-0.575***	0.178
Dist_camino	-0.127*	0.073	0.015	0.093	-0.269	0.203	0.056	0.059
Dist_ciudad	-0.019	0.031	-0.038	0.044	0.037	0.067	-0.043	0.030
<i>Log likelihood</i>	-313.59							
<i>Chi-square</i>	464.17	<i>df</i>	28	<i>P-value</i>	<0.000			

Nota: \*\*\*significativo al 1%; \*\*significativo al 5%; \*significativo al 10%

Fuente: elaboración propia basada en datos de proyecto CONAF 091/2011

La exposición sur de los predios también resulta ser estadísticamente significativa para todos los usos de suelo, excepto en plantaciones. Su signo es el esperado, es decir, cuando se tienen terrenos con exposición sur, la probabilidad de cambiar el uso del suelo de bosque-matorral a cultivo, vivienda o pradera, se reduce en relación a si el terreno fuese plano. Para el caso de las praderas, también tiene este mismo efecto la exposición norte en relación a terrenos planos. A partir de ello, se puede establecer que el peligro de deforestación de suelos con estas características es más bajo que en terrenos planos.

Para la variable fuente de agua, solamente resulta estadísticamente significativa cuando el cambio de uso es hacia vivienda, y presenta signo negativo, indicando que la presencia de fuentes de agua en el predio reduce la probabilidad de cambiar el uso de suelo de bosque-matorral a vivienda.

En relación a las variables asociadas al efecto de las distancias de caminos y ciudades en la probabilidad de cambiar el uso de suelo, es interesante notar que la distancia al camino más cercano afecta solamente a la probabilidad de cambiar el bosque-matorral por cultivos en términos inversos, es decir, a medida que se está más cerca de un camino, menor es la probabilidad de deforestar.

A partir de esta información y la contenida en los rendimientos estimados para cada uso potencial del suelo, se obtuvo el costo de oportunidad del bosque esclerófilo para cada predio, el cual en promedio alcanzó un valor de \$189.708 anual por hectárea, pero cuya desviación estándar es de \$292.157. En el Cuadro 6 se presenta un detalle de las distribuciones de los costos de oportunidad, el cual se generó eliminando el 5% de las colas de las observaciones.

Cuadro 6. Distribución del costo de oportunidad en percentiles

<b>Percentil</b>	<b>Costo de Oportunidad</b>
1%	\$3.207
5%	\$5.349
10%	\$8.692
25%	\$28.409
50%	\$75.265
75%	\$230.096
90%	\$500.966
95%	\$744.367
99%	\$1.595.223

Fuente: elaboración propia basada en datos de proyecto CONAF 091/2011

Para el bosque esclerófilo de la zona central de Chile, el 1% de los costos de oportunidad son menores a \$3.607, mientras que el 50% de los costos de oportunidad está por debajo de los \$75.264.

En términos espaciales, la Figura 2 muestra la distribución de los valores del costo de oportunidad en la zona de estudio, a partir del cual se puede observar que los predios con mayor costo de oportunidad tienden a estar más cercano a la costa (oeste), lo que los hace altamente susceptibles a la deforestación.

Si además se observa el patrón de comportamiento de los predios respecto a su uso de suelo y se relaciona con los costos de oportunidad, se observa que los terrenos que han realizado más cambios en los usos de suelo son aquellos que enfrentan mayores costos de oportunidad (Figura 3).

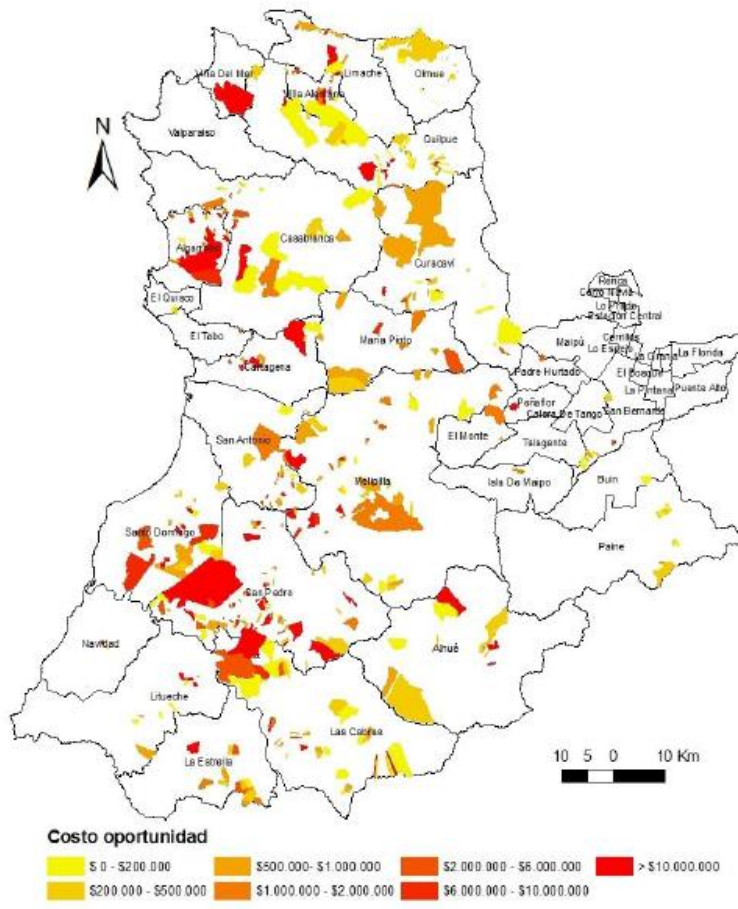


Figura 2. Distribución espacial del costo de oportunidad.

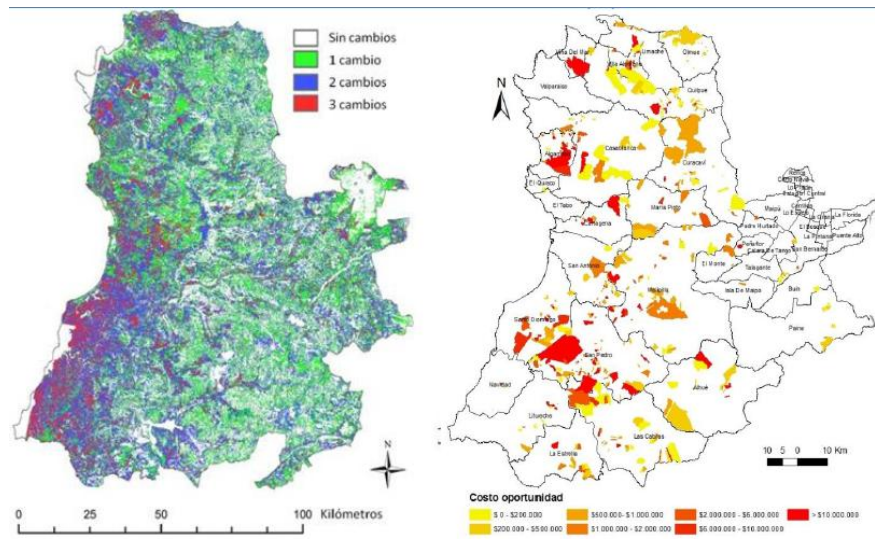


Figura 3. Comparación de costo de oportunidad y cambio de uso de suelo de Schulz *et.al.* (2010)

#### **4. Discusión y conclusiones**

La distribución espacial de los costos de oportunidad permite generar información extremadamente valiosa para los tomadores de decisiones que buscan determinar estrategias o políticas de conservación o recuperación de los bosques nativos.

En el caso de aplicación estudiado, claramente los propietarios de terrenos más cercanos a la costa, enfrentan una fuerte presión por transformar sus terrenos hacia otro tipo de actividades que les reporten mayores retornos, tales como son los cultivos o las plantaciones, lo cual se refleja en que estos terrenos son los que presentan mayores costos de oportunidad. Además, se comprueba que estos terrenos han sido los que más cambios en uso de suelo han experimentado en el tiempo.

Terrenos con exposición sur tienen menos probabilidad de transformar su uso a otro que no sea bosque-matorral, lo que es interesante al considerar que cerca de 1/3 de los predios tienen ésta característica.

También en relación al tamaño del bosque en los predios, más del 50% cuenta con más de 12 hectáreas, y siendo baja la probabilidad de transformar terrenos de este tipo a cultivos, viviendas, plantaciones o praderas, es una buena señal de conservación.

Con esta información, hemos podido establecer que los costos de oportunidad son el reflejo del comportamiento de los dueños de terreno a la hora de decidir cambiar el uso del suelo, y al observar que estos valores son diferenciados entre los distintos tipos de predio y su ubicación, los incentivos económicos que se determinen para la conservación (por ejemplo, la entrega de subsidios o pagos por servicios ambientales) deberían ser definidos de tal magnitud que sean capaces de cubrir estos costos de oportunidad en forma diferenciada. Con ello, si la autoridad económica establece un plan de incentivos para la conservación o recuperación del bosque nativo, a los propietarios con mayor costo de oportunidad y mayor rotación en el uso del suelo se les debe generar mayores incentivos que a los propietarios cuyo costo de oportunidad es menor.

Actualmente, la ley chilena establece bonificaciones para distintas actividades de recuperación y protección del bosque nativo, diferenciando solamente por las regiones en que se desarrollan (III a X regiones; y XIV, I, II, XI y XII regiones, incluyendo Palena), pero no diferencia de acuerdo a los costos de oportunidad que enfrentan los propietarios. Esto lleva a que muchos propietarios no se adhieran al programa, al contar con un costo de oportunidad superior a la bonificación otorgada por el estado para la conservación del bosque.

La posibilidad de contar con costos de oportunidad espaciales, que permitan establecer mapas de cobertura, podría priorizar las zonas de protección y establecer incentivos económicos diferenciados. Por ello, una extensión de este trabajo es determinar un nivel de incentivos óptimo (costo-efectivo) utilizando la información provista por el mapa de cobertura de costos de oportunidad.

## 5. Referencias

- Angelsen, A. y D. Kaimowitz. 1999. Rethinking the causes of deforestation: lessons from economic models. *World Bank Research Observer* 14: 73 – 98.
- Conservation Internacional. 2016. *The biodiversity hotspots*. Disponible en <http://www.cepf.net/resources/hotspots/Pages/default.aspx> (rescatado el 26 mayo 2016).
- Decreto Supremo N°95. 2009. Reglamento del fondo de conservación, recuperación y manejo sustentable del bosque nativo. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, BCN. Disponible en [https://www.leychile.cl/Consulta/listado\\_n\\_sel?\\_grupo\\_aporte=&sub=697&agr=1053&comp=](https://www.leychile.cl/Consulta/listado_n_sel?_grupo_aporte=&sub=697&agr=1053&comp=) (rescatado el 26 Mayo 2016)
- Donoso, C. 2007. Los bosques de Chile en el contexto mundial. Importancia y Valor. *Revista Bosque Nativo*, 41: 14 – 15.
- Echeverría, C., Schiappacasse, I., Urrutia, R., Cárcamo, M., Becerra, P., Smith, C., y Homgren, M. 2010. Manual de restauración de ecosistemas dañados para la conservación de la biodiversidad y el desarrollo rural de la zona semiárida de Chile central. Proyectos REFORLAN y CONICYT RUE-33, Valdivia, Chile.
- Echeverría, C., Kitzberger, T., Rivera, R., Manson, R., Vaca, R., Crsitóbal, L., Machuca, G., González, D., y Fuente, R. 2011. Assessing fragmentation and degradation of dryland forest ecosystem. In: A.C. Newton (ed.). Principles and practice of forest landscape restoration: Case studies from the drylands of Latin America. IUCN Cambridge, UK.
- European Forest Institute (2009). A mediterranean forest research agenda 2010 – 2020. European Forest Institute, Mediterranean Regional Office. 32p.
- Foley, J., DeFries, R., Asner, G., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S., Chapin, F.S., Coe, M., Daily, G., Gibbs, H., Helkowski, J., Holloway, T., Howard, E., Kucharik, C., Monfreda, C., Patz, J., Prentice, I., Rumankutty, N., y Snyder, P. 2005. Global consequences of land use. *Science*, 309: 570 – 574.
- Geist, H. y E. Lambin. 2001. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *BioScience* 52: 143 – 150.
- Igari, A., Tambosi, L., y Pivello, V. 2009. Agribusiness opportunity costs and environmental legal protection: Investigating trade-off on hotspot preservation in the state os Sao Paulo, Brazil. *Environmental Management* 44: 346 – 355.
- Ley N° 20.283. 2008. Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, BCN. Disponible en <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=274894> (rescatado el 26 Mayo 2016)

- Lyle, G., Bryan, B., y Ostendorf, B. 2015. Identifying the spatial a and temporal variability of economic opportunity costs to promote the adoption of alternative land uses in grain growing agricultural areas: An Australian example. *Journal of Environmental Management*, 155: 123 – 135.
- Millenium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and human well-being: Current state and trends. Island Press, Washington D.C.
- Naidoo, R. y W.Adamowicz. 2006. Modeling opportunity costs of conservation in transitional landscapes. *Conservation Biology* 20(2): 490 – 500.
- Naidoo, R., Balmford, A., Ferraro, P., Polasky, S., Ricketts, T., y Rouget, M. 2006. Integrating economic costs into conservation planning. *TRENDS in Ecology and Evolution*, 21(12): 681 – 687.
- Rotenberg, E., y Yakir, D. 2010. Contribution of semi-arid forest to the climate system. *Science*, 327: 451 – 454.
- Schimel, D. 2010. Drylands in the Earth System. *Science*, 327: 418 – 419.
- Schulz, J., Cayuela, L., Echeverria, C., Salas, J., y Rey, J.M. 2010. Monitoring land cover change of the dryland forest landscape of Central Chile (1975 – 2008). *Applied Geography*, 30: 436 – 447.
- UNFAO (2015). Durban Declaration: 2050 vision for forests and forestry. 7 – 11 september 2015. Durban, South Africa. WCF2015 XIV World Forestry Congress. Disponible en <http://www.fao.org/about/meetings/world-forestry-congress/en/> (rescatado el 26 Mayo 2016)