

Un estudio desarrollado por académicos del Departamento de Economía Agraria evaluó cuáles serían los posibles impactos del cambio climático en la agricultura nacional. Sus resultados permiten, entre otros aspectos, determinar aquellas inversiones e innovaciones que aprovechen mejor el nuevo escenario y desarrollar un programa de adaptación del sector silvoagropecuario.

Impacto socio-económico del **cambio climático en la agricultura**

# Información para enfrentar el cambio climático

Óscar Melo y William Foster<sup>1</sup>

Desde mediados de la década de 1990, la preocupación acerca del impacto del cambio climático sobre la producción agrícola ha ido creciendo. El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) plantea, en el Cuarto Informe de Evaluación de 2007, que el incremento de la temperatura promedio del aire y del océano, el deshielo generalizado y el aumento del nivel del mar, son fenómenos asociados al calentamiento del sistema climático global.

Asimismo, el IPCC indica que numerosos sistemas ecológicos se ven afectados por cambios en el clima regional, debido a las variaciones en los patrones de temperatura y precipitaciones. Con esto se espera que toda actividad dependiente de los fenómenos climáticos, como la agricultura, se vea afectada en algún sentido, por lo que resulta importante entender cuáles serán las implicancias en el desempeño económico del sector, de las distintas actividades agrícolas y de cada localidad.

Los posibles impactos socioeconómicos del cambio climático en el sector silvoa-

gropecuario nacional serían determinados tanto por los efectos probables en los rendimientos de las especies cultivadas, como por las reacciones de los agricultores en términos de su uso del suelo y de la composición de la producción.

Para poder evaluar este factible panorama se desarrolló un estudio que propone un modelo de asignación de las tierras agrícolas chilenas, que depende de la relación entre los ingresos netos por hectárea de las distintas especies cultivadas. Estos ingresos netos son determinados en parte por los rendimientos y ellos guían la decisión de uso de la tierra de los agricultores.

Las simulaciones presentadas se basan en dos escenarios de emisión de gases efecto invernadero, con dos periodos cada uno, que han dado origen a datos climáticos geográficamente detallados. Esta información ha permitido a expertos proyectar los rendimientos de varios cultivos usando modelos agronómicos que consideran, entre otros factores, las posibles restricciones de riego. El estudio tomó esas proyecciones de rendimientos para calcular los

<sup>1</sup> Profesores del Departamento de Economía Agraria.

Notas: Este texto es un extracto del estudio "Estimación del impacto socioeconómico del cambio climático en el sector silvoagropecuario de Chile" disponible en la web de Odepa.

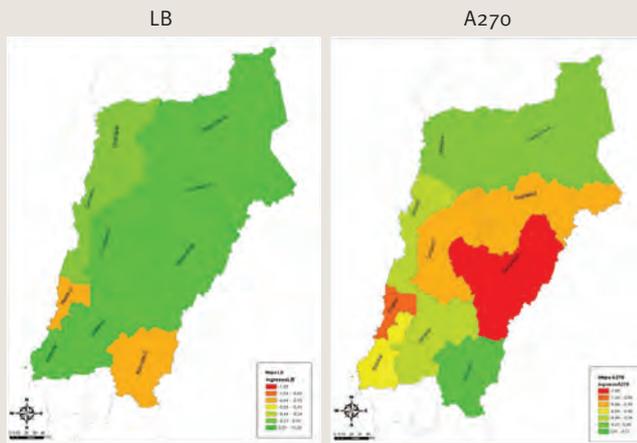


FIGURA 1. Ingresos netos de Línea Base y A270 - Región de Atacama (miles de millones de pesos de diciembre 2007). Se presenta un mapa con los ingresos netos en la línea base y el escenario A270 para la región de Atacama. En ella se puede observar cómo los ingresos disminuyen en forma generalizada en la región, excepto en la comuna Alto del Carmen.

Fuente: Elaboración propia, 2010.

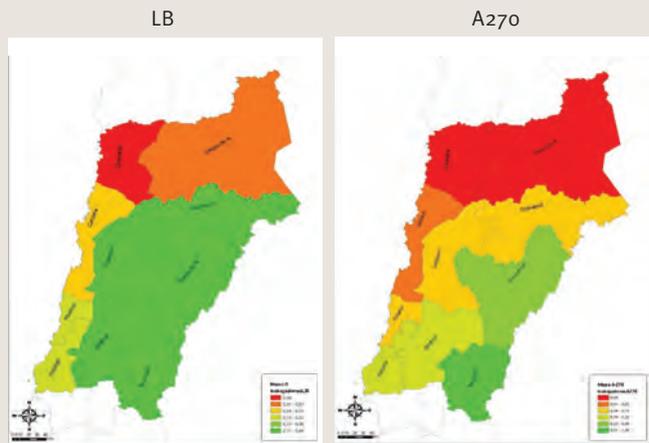


FIGURA 2. Requerimiento de mano de obra anual en línea base y A270 - Región de Atacama (miles de trabajadores equivalentes año). Se presenta un mapa con el requerimiento de mano de obra anual en la línea base y el escenario A270 para la región de Atacama. En ella se puede observar cómo el requerimiento de trabajo decae en forma generalizada en la región, a excepción de la comuna Alto del Carmen donde esta se mantiene en el mismo rango.

Fuente: Elaboración propia, 2010.

ingresos netos de varios cultivos, utilizando fichas técnicas y precios dados de productos e insumos. A su vez, los ingresos netos fueron utilizados para simular la asignación de la tierra por comuna en cada escenario y periodo, basándose en el principio de maximización de los retornos. Y las asignaciones que se obtuvieron se combinaron con coeficientes técnicos de uso de mano de obra para determinar la demanda por trabajadores en cada comuna, diferenciando por género.

La asignación de la tierra a nivel comunal, desde la región de Atacama hasta la región de Los Lagos<sup>2</sup>, se basa en una estimación econométrica de la respuesta del uso de suelo al cambio de los ingresos netos relativos de los diversos cultivos considerados. Los datos usados para esta estimación son las superficies registradas en los censos agropecuarios de 1997 y 2007, y los rendimientos observados en los censos y en otras fuentes, en los casos donde los censos no tienen información.

Tanto las estimaciones como las simulaciones se basan en un proceso de dos etapas de asignación de la tierra. La primera es la asignación entre cuatro rubros: cultivos anuales, frutales, praderas y forrajeras, y planta-

ciones forestales. La segunda etapa es la asignación entre especies dentro de cada rubro. Por ejemplo, dentro el grupo de cultivos anuales, la asignación de la tierra a la producción de trigo de riego depende del ingreso neto del trigo de riego relativo a otros cultivos como maíz, remolacha, etcétera. El modelo aplicado supone que la asignación de la tierra a nivel comunal depende solamente de ingresos netos esperados anuales, y supone que la productividad a nivel comunal de las especies consideradas se altera exclusivamente por los cambios climáticos, incluido su efecto en la disponibilidad hídrica. Asimismo, se supone que la disponibilidad total de tierras asignable entre cultivos anuales, frutales, praderas y forrajeras, y plantaciones forestales se mantiene constante a nivel comunal, y que los precios de los bienes transables no cambian. Para los productos no transables, los precios dependen de sus niveles de producción nacional. Los precios de los productos no transables son proyectados para cada escenario basado en una estimación de la flexibilidad de los precios respecto de la producción nacional y los niveles de producción proyectados.

El impacto socioeconómico del cambio climático se evalúa considerando que existe un rezago en la adaptación propia del sector silvoagropecuario. Los cambios en productividad debidos al cambio climático son percibidos por los agricultores de manera paulatina, lo que genera una reacción, en términos de la reasignación del uso del suelo, también gradual. La reasignación del uso de la tierra también es gradual. En este estudio se consideró dos periodos futuros, el año 2040 y el 2070. El impacto socioeconómico para un escenario en particular (ingresos netos y requerimiento de trabajo) se estima considerando el uso de suelo el periodo anterior. Por ejemplo, para el año 2070 se usa la asignación de uso de la tierra del año 2040 pero bajo las condiciones climáticas del año 2070.

## Resultados

Los resultados del estudio reflejan las tendencias de los impactos proyectados del cambio climático. Se consideran dos escenarios basados en las proyecciones del modelo de clima global *Hadley Centre Coupled Model*, versión 3 (HadCM3): un escenario "severo" (A2) y un escenario "moderado" (B2), de acuerdo a lo definido por el IPCC (2007). El escenario

<sup>2</sup> No se incluyeron las otras regiones ni la Provincia de Palena, ya que los datos disponibles no eran suficientes para hacer las estimaciones en forma adecuada.

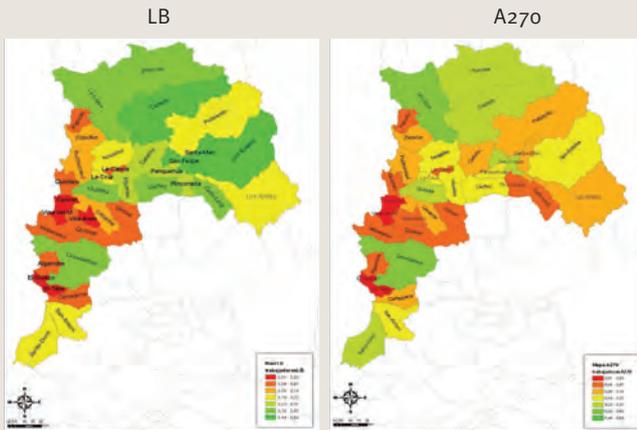


FIGURA 3. Ingresos netos de Línea Base y A270 - Región de Valparaíso (miles de millones de pesos de diciembre 2007). Se presenta un mapa con los ingresos netos de la línea base y del escenario A270 para la región de Valparaíso. En ella se puede observar cómo los ingresos disminuyen en forma generalizada en la Región, pero la caída es especialmente importante en las comunas de Cabildo, Hijuelas y Santa María.

Fuente: Elaboración propia, 2010.

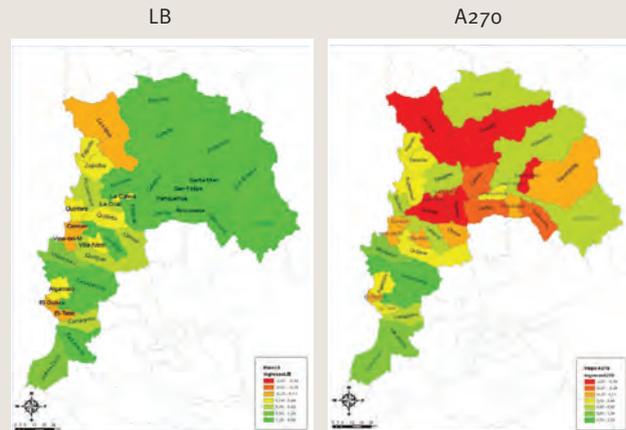


FIGURA 4. Requerimiento de mano de obra femenina anual en Línea Base y A270 - Región de Valparaíso (miles de trabajadoras equivalentes año). Se presenta un mapa con el requerimiento de mano de obra anual femenina de la línea base y del escenario A270 para la región de Valparaíso. En ella se puede observar cómo el requerimiento de trabajo decae en forma generalizada en la región, pero especialmente en las comunas al noreste de la región.

Fuente: Elaboración propia, 2010.

A2 considera un alto nivel de emisión de gases de efecto invernadero (GEI), mientras que el B2 considera un menor nivel de emisiones de GEI. Ambos, son evaluados en los años 2040 y 2070. De esta forma, se tienen cuatro escenarios: A240, A270, B240 y B270. Los resultados sobre el uso del suelo se presentan en la Tabla I. En ella se puede ver que, a nivel nacional: en el escenario A270, la superficie de cultivos anuales disminuye en un 0,6% respecto de la línea base; y en el escenario B270, se espera un incremento de un 4,3%. Lo que es más importante, ocurriría un desplazamiento geográfico de la superficie destinada a cultivos hacia la zona centro-sur del país (regiones del Maule y Biobío) y a la Región de Los Lagos, la que se convertiría en la zona con mayor incremento de superficie de cultivos. Por otra parte, la superficie destinada a cultivos disminuye de la Región de O'Higgins al norte y en las regiones de La Araucanía y de Los Ríos. La Región Metropolitana es la que presenta la mayor pérdida proporcional de superficie asignada a los cultivos.

Para el rubro frutal se visualiza que la superficie a nivel nacional disminuya en un 1,6% en el escenario A270, respecto de la línea base, mientras que en el escenario B270 se prevé un crecimiento de la superficie de un 5,3%. Los resultados a nivel regional señalan que

la superficie plantada disminuye de la Región de Valparaíso al norte, producto de los menores márgenes asociados a la pérdida de rendimientos para los frutales en la zona norte del país. Lo mismo se espera para la Región del Maule y la Región de Los Ríos. En las regiones Metropolitana, O'Higgins, Biobío y de Los Lagos se incrementa la superficie de frutales.

En las praderas y forrajeras, a nivel agregado, la superficie para el escenario severo - A270 disminuiría respecto de la línea base en un 1,3% y en un 1,8% para el moderado - B270. A nivel regional, se espera un desplazamiento geográfico de la superficie dedicada a praderas y forrajeras desde la zona sur del país (Región del Biobío al sur) hacia el norte (Región del Maule al norte).

Destaca el caso del rubro forestal, donde para los escenarios A270 y B270 se espera un incremento respecto de la línea base de un 6,4% y 4,9%, respectivamente. A nivel regional, ocurriría un desplazamiento geográfico de la superficie destinada a plantaciones forestales hacia la zona sur del país (región del Biobío al sur) y en la Región de O'Higgins, y se proyecta una disminución en la superficie forestal de la Región Metropolitana al norte.

Este nuevo patrón de uso del suelo tiene impactos sobre los ingresos netos

**Para el rubro frutal se visualiza que la superficie nacional disminuya en un 1,6% en el escenario A270, respecto de la línea base, mientras que en el escenario B270 se prevé un crecimiento de la superficie de un 5,3%.**

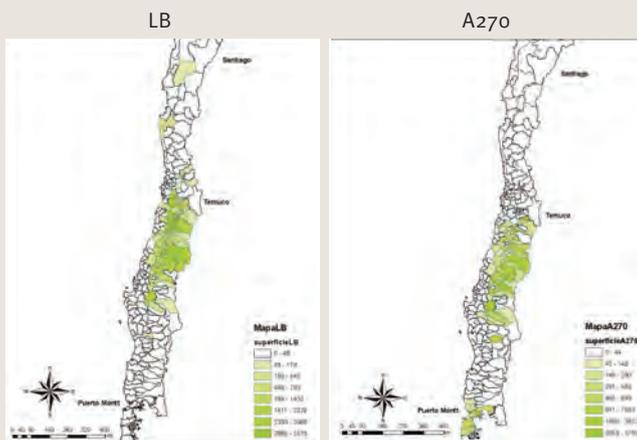


FIGURA 5. Uso de suelo en Línea Base y A270 - Maíz (hectáreas). Al analizar los resultados a nivel regional, se puede observar que las regiones de Atacama, Coquimbo, Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins y Maule, son las que presentan las mayores caídas en el uso de suelo, todas al escenario A270 y corresponden a 100%, 98%, 95%, 99%, 77% y 44%, respectivamente. Por otro lado, en las regiones del Biobío y La Araucanía hay alzas en superficie. La mayor alza en la Región del Biobío es de un 66%, en el escenario A270. En el caso de La Araucanía, es de un 319% provocada por el escenario B270. Finalmente, las regiones de Los Ríos y de Los Lagos, presentan un aumento en el uso del suelo en el escenario A270, insignificante (una hectárea) en el caso de Los Ríos, pero considerable en el caso de Los Lagos, pasando de cero a cinco mil 752 hectáreas.

Fuente: Elaboración propia, 2010.

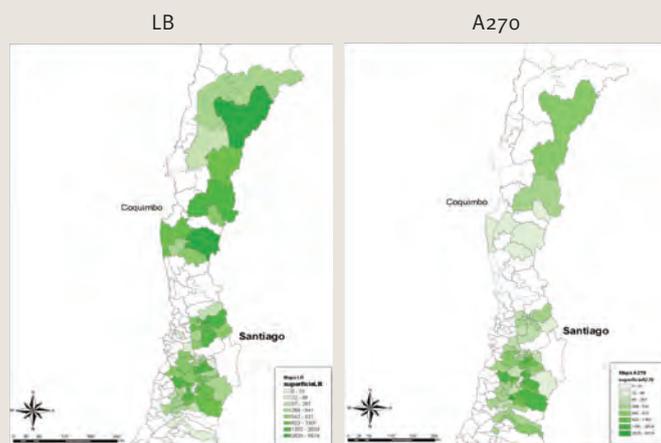


FIGURA 6. Uso de suelo en Línea Base y A270 - Uva de mesa (hectáreas). Muestra la superficie plantada con uva de mesa en la línea base y el escenario A270. Se aprecia que la superficie plantada con uva de mesa en el escenario A270 se contrae y desplaza hacia la zona sur del país.

Fuente: Elaboración propia, 2010.

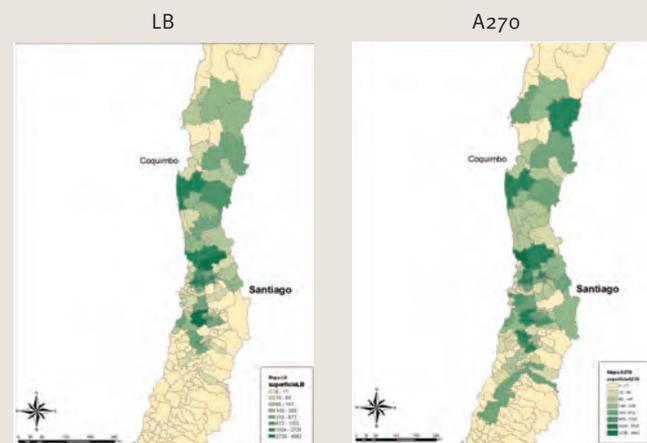


FIGURA 7. Uso de suelo en Línea Base y A270 - Palto (hectáreas). Presenta la superficie plantada con palto en la línea base y el escenario A270. Se aprecia que la superficie plantada con palto en el escenario A270 se expande respecto de la línea base.

Fuente: Elaboración propia, 2010.

del sector silvoagropecuario. Para el escenario A270, a nivel nacional, se plantea una caída de un 14,2%, mientras que para el escenario B270 no se proyecta una variación significativa de los ingresos netos (tabla II). Los ingresos netos generados por el sector silvoagropecuario se desplazan hacia el sur, generándose aumentos en la participación de las regiones del Biobío al sur, especialmente en los escenarios severos (A2). Las regiones con mayores pérdidas relativas son Coquimbo y Atacama, pero la Metropolitana y la de Coquimbo son las que tienen las mayores pérdidas económicas en términos absolutos. Por otra parte, las regiones de La Araucanía y de Los Lagos son las que presentan los mayores aumentos en ingresos netos relativos bajo los distintos escenarios, y las regiones del Biobío y La Araucanía las que presentan los mayores aumentos en términos absolutos.

Del mismo modo, el nuevo patrón de uso de suelo tiene impactos sobre el requerimiento de trabajo. En el escenario A270, disminuye respecto de la línea base en un 18%, mientras que en el escenario B270 se espera una caída de un 10% (Tabla III). Estas caídas se explican por una sustitución del uso del suelo por actividades menos intensivas en mano de obra. A nivel regional, en la mayoría se presentan caídas a excepción de la Región de O'Higgins, la que presenta aumentos entre 4 y 13% dependiendo del escenario. Las principales disminuciones ocurren en las regiones de Coquimbo y Valparaíso, pero en términos relativos la más afectada es la Región de Atacama.

El comportamiento de la demanda de trabajadoras agrícolas sigue un patrón similar al del total de trabajadores (hombres y mujeres). Así, el requerimiento anual de trabajadoras disminuye respecto de la línea base en todos los escenarios, proyectándose una caída de un 17,3% y un 9,3% para el A270 y B270, respectivamente (ver Tabla IV). Adicionalmente, la Región de O'Higgins es la única que aumenta su demanda por trabajadoras para todos los escenarios aumentando su participación de un 13,4 a cerca de un 18,7% en el escenario A270.

## Conclusiones

Si bien el impacto agregado del cambio climático a nivel nacional e incluso regional podría considerarse moderado, se debe tener en cuenta que éste no refleja el rango completo de los cambios posibles a nivel comunal ni del agricultor individual. Es decir, si bien hay zonas que compensan parcialmente las pérdidas que ocurren en otras zonas, para el diseño de políticas se debe considerar que esta redistribución de beneficios puede traer importantes consecuencias de bienestar, especialmente si la capacidad de adaptación no es homogénea entre distintos agricultores y trabajadores. En este sentido, se debe estudiar en mayor detalle cómo los distintos estratos de la población ligados al sector agrícola se verán afectados por los cambios del clima.

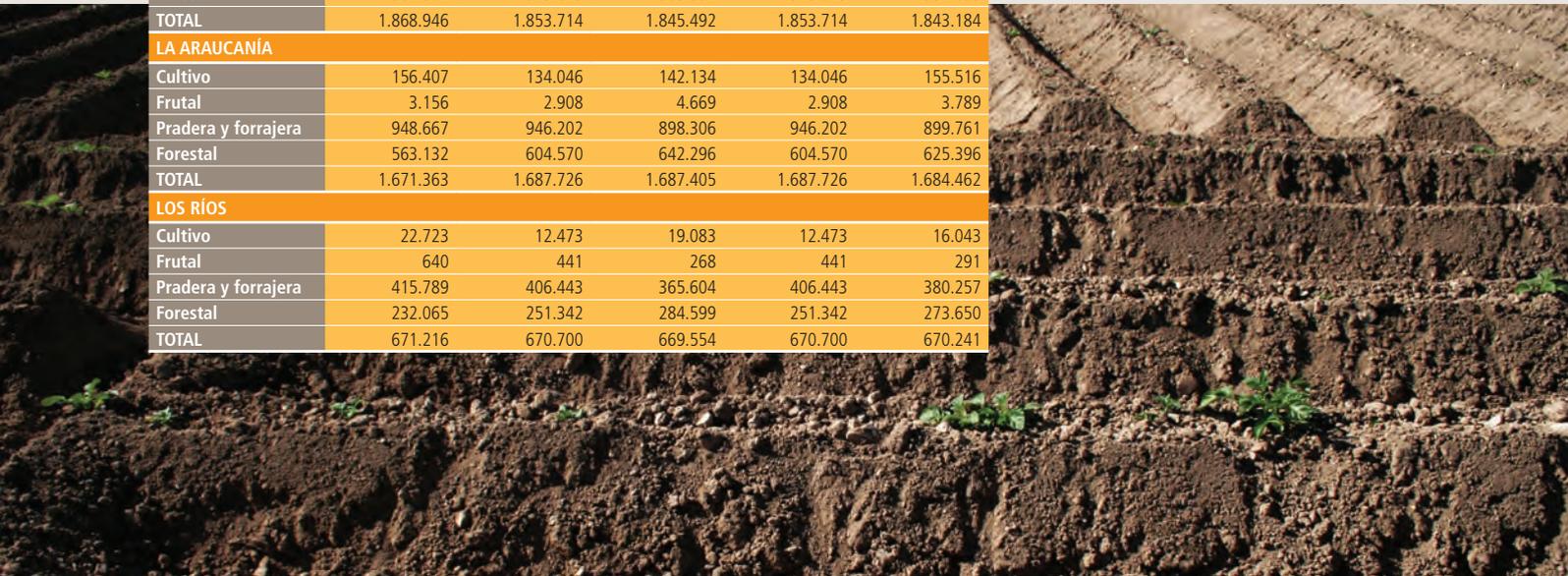
TABLA I  
Uso del suelo según región, rubro y escenario de cambio climático (hectáreas).

Escenario					
REGIÓN Y RUBRO	LB	A240	A270	B240	B270
<b>ATACAMA</b>					
Cultivo	445	194	18	194	69
Frutal	13.026	9.818	7.074	9.818	10.240
Pradera y forrajera	92.021	95.857	100.201	95.857	95.968
Forestal	297	290	320	290	293
<b>TOTAL</b>	<b>105.788</b>	<b>106.159</b>	<b>107.613</b>	<b>106.159</b>	<b>106.570</b>
<b>COQUIMBO</b>					
Cultivo	5.912	2.239	292	2.239	1.436
Frutal	35.460	27.461	20.530	27.461	31.816
Pradera y forrajera	3.192.798	3.212.115	3.231.230	3.212.115	3.212.237
Forestal	3.263	3.495	3.994	3.495	3.809
<b>TOTAL</b>	<b>3.237.432</b>	<b>3.245.311</b>	<b>3.256.046</b>	<b>3.245.311</b>	<b>3.249.298</b>
<b>VALPARAÍSO</b>					
Cultivo	5.707	1.331	371	1.331	737
Frutal	53.211	44.106	44.157	44.106	49.135
Pradera y forrajera	355.771	375.824	384.172	375.824	372.924
Forestal	53.670	51.404	51.708	51.404	52.090
<b>TOTAL</b>	<b>468.358</b>	<b>472.665</b>	<b>480.409</b>	<b>472.665</b>	<b>474.885</b>
<b>METROPOLITANA</b>					
Cultivo	20.143	5.269	376	5.269	2.308
Frutal	50.836	57.970	50.989	57.970	73.213
Pradera y forrajera	191.754	207.287	234.465	207.287	200.232
Forestal	7.168	6.320	6.115	6.320	6.026
<b>TOTAL</b>	<b>269.902</b>	<b>276.846</b>	<b>291.945</b>	<b>276.846</b>	<b>281.779</b>
<b>O'HIGGINS</b>					
Cultivo	57.743	32.301	18.460	32.301	25.483
Frutal	99.957	110.192	132.275	110.192	121.872
Pradera y forrajera	430.416	433.950	431.373	433.950	427.224
Forestal	131.918	141.625	144.848	141.625	147.004
<b>TOTAL</b>	<b>720.034</b>	<b>718.068</b>	<b>726.956</b>	<b>718.068</b>	<b>721.583</b>
<b>MAULE</b>					
Cultivo	84.109	87.267	86.055	87.267	92.990
Frutal	78.968	54.502	60.430	54.502	58.939
Pradera y forrajera	1.038.704	1.072.152	1.069.793	1.072.152	1.058.937
Forestal	485.826	477.697	469.571	477.697	475.975
<b>TOTAL</b>	<b>1.687.607</b>	<b>1.691.617</b>	<b>1.685.849</b>	<b>1.691.617</b>	<b>1.686.841</b>
<b>BIOBÍO</b>					
Cultivo	125.870	132.013	153.667	132.013	153.397
Frutal	20.388	21.731	27.824	21.731	23.612
Pradera y forrajera	761.185	726.141	700.409	726.141	711.476
Forestal	961.502	973.829	963.592	973.829	954.699
<b>TOTAL</b>	<b>1.868.946</b>	<b>1.853.714</b>	<b>1.845.492</b>	<b>1.853.714</b>	<b>1.843.184</b>
<b>LA ARAUCANÍA</b>					
Cultivo	156.407	134.046	142.134	134.046	155.516
Frutal	3.156	2.908	4.669	2.908	3.789
Pradera y forrajera	948.667	946.202	898.306	946.202	899.761
Forestal	563.132	604.570	642.296	604.570	625.396
<b>TOTAL</b>	<b>1.671.363</b>	<b>1.687.726</b>	<b>1.687.405</b>	<b>1.687.726</b>	<b>1.684.462</b>
<b>LOS RÍOS</b>					
Cultivo	22.723	12.473	19.083	12.473	16.043
Frutal	640	441	268	441	291
Pradera y forrajera	415.789	406.443	365.604	406.443	380.257
Forestal	232.065	251.342	284.599	251.342	273.650
<b>TOTAL</b>	<b>671.216</b>	<b>670.700</b>	<b>669.554</b>	<b>670.700</b>	<b>670.241</b>



El impacto socioeconómico del cambio climático se evalúa considerando que existe un rezago en la adaptación propia del sector silvoagropecuario. Los cambios en productividad debidos al cambio climático son percibidos por los agricultores de manera paulatina.

Continúa en la siguiente página.



LOS LAGOS					
Cultivo	28.719	62.754	84.249	62.754	81.925
Frutal	725	1.457	2.255	1.457	2.361
Pradera y forrajera	751.657	705.660	652.526	705.660	667.719
Forestal	83.771	94.951	119.219	94.951	107.474
<b>TOTAL</b>	<b>864.873</b>	<b>864.822</b>	<b>858.249</b>	<b>864.822</b>	<b>859.479</b>
TOTAL NACIONAL					
Cultivo	507.778	469.887	504.705	469.887	529.904
Frutal	356.367	330.587	350.472	330.587	375.267
Pradera y forrajera	8.178.763	8.181.631	8.068.080	8.181.631	8.026.734
Forestal	2.522.611	2.605.523	2.686.262	2.605.523	2.646.417
<b>TOTAL</b>	<b>11.565.520</b>	<b>11.587.628</b>	<b>11.609.519</b>	<b>11.587.628</b>	<b>11.578.322</b>

Fuente: Elaboración propia, 2010

TABLA II Ingresos netos por región y escenario de cambio climático (miles de millones \$ de dic. 2007)					
ESCENARIO					
REGIÓN	LB	A240	A270	B240	B270
Atacama	11,10	-8,46	-3,22	-0,11	-7,82
Coquimbo	27,10	-18,19	-26,25	-3,03	-17,25
Valparaíso	60,76	27,62	7,28	49,24	36,60
Metropolitana	75,03	36,85	2,40	80,34	48,48
O'Higgins	165,97	174,94	127,58	172,45	189,08
Maule	244,83	238,02	216,36	243,01	238,58
Biobío	236,75	249,61	258,49	249,23	260,26
La Araucanía	192,59	228,66	234,53	228,41	245,10
Los Ríos	103,51	106,20	109,10	105,24	106,78
Los Lagos	83,99	103,69	104,24	92,34	101,87
<b>TOTAL</b>	<b>1.201,62</b>	<b>1.138,94</b>	<b>1.030,52</b>	<b>1.217,12</b>	<b>1.201,67</b>

Fuente: Elaboración propia, 2010

Si bien el cambio climático traerá pérdidas a la agricultura en Chile, es posible que también conlleve oportunidades. Es decir, algunos sectores y regiones experimentarán importantes caídas en sus ingresos o requerimientos de trabajo, mientras que en otros sectores y regiones podrían tener importantes aumentos en éstos. Es posible que estos cambios y los que ocurran en otras regiones del mundo generen nuevas ventajas comparativas para el país, especialmente al tener en cuenta todos los cambios en precios relativos a nivel internacional que no podemos anticipar. Sin embargo, para aprovechar las oportunidades en los sectores o regiones favorecidas, se requerirá de inversiones que permitan capturar las mejores condiciones climáticas. De esta manera se debiera elaborar una agenda para determinar aquellas inversiones e innovaciones que pudieran aprovechar mejor estas nuevas oportunidades.

Por otra parte, en los rubros o regiones perjudicadas con el cambio climático, se requerirá de políticas que permitan paliar los efectos negativos, considerando de manera más formal los mecanismos de adaptación que tendrían disponibles los agricultores y los costos asociados a éstos, lo que permitirá orientar de mejor manera un programa de adaptación del sector silvoagropecuario en respuesta al cambio climático. 



TABLA III  
Requerimiento anual de trabajadores (miles de personas).

ESCENARIO					
REGIÓN	LB	A240	A270	B240	B270
Atacama	7,00	3,72	2,43	4,43	3,53
Coquimbo	54,65	43,98	39,44	44,81	44,22
Valparaíso	27,36	19,08	17,50	20,60	20,62
Metropolitana	26,93	23,47	18,35	26,48	25,24
O'Higgins	39,20	42,28	40,87	41,78	44,23
Maule	30,94	28,06	28,72	28,28	29,20
Biobío	49,26	44,68	43,58	45,17	44,51
La Araucanía	30,11	27,33	25,49	27,92	27,34
Los Ríos	12,43	10,29	9,07	10,62	9,71
Los Lagos	17,72	18,07	16,92	17,64	17,22
TOTAL	295,60	260,96	242,38	267,73	265,83

Fuente: Elaboración propia, 2010

TABLA IV  
Requerimiento anual de trabajadoras (miles de personas).

ESCENARIO					
REGIÓN	LB	A240	A270	B240	B270
Atacama	1,88	0,97	0,62	1,16	0,91
Coquimbo	12,68	10,07	9,05	10,28	10,21
Valparaíso	7,08	4,64	4,30	5,03	5,03
Metropolitana	6,28	5,51	4,35	6,23	6,09
O'Higgins	9,08	10,19	10,49	10,08	11,16
Maule	6,45	5,98	6,10	6,04	6,18
Biobío	10,77	9,75	9,55	9,86	9,71
La Araucanía	6,75	6,10	5,77	6,24	6,12
Los Ríos	2,80	2,31	2,03	2,39	2,18
Los Lagos	3,98	4,03	3,76	3,94	3,84
TOTAL	67,75	59,57	56,02	61,25	61,44

Fuente: Elaboración propia, 2010

Para aprovechar las oportunidades en los sectores o regiones favorecidas, se requerirá de inversiones que permitan capturar las mejores condiciones climáticas.

