

Análisis de Co-impactos

Resultados Paneles de Expertos - Sector Uso de Suelo

Fecha: Marzo 2016

Cita sugerida: MAPS Chile, 2016. Análisis de Co-impactos. Resultados Paneles de Experto - Sector Uso de Suelo. Ministerio del Medio Ambiente y Gobierno de Chile, Santiago, Chile.

ADVERTENCIA: La responsabilidad principal de los contenidos de este documento es del equipo profesional de MAPS Chile. No obstante lo anterior, gran parte de los temas abordados han sido analizados gracias a la activa participación de diversos actores relevantes. . El Grupo de Construcción de Visión, así como los Paneles de Expertos, y el Comité Directivo del proyecto, han tenido la oportunidad de revisar estos contenidos y, en caso de discrepancias, éstas son descritas en las secciones correspondientes.

MAPS Chile

Opciones de mitigación del cambio climático para un desarrollo bajo en carbono

2011-2015

El proyecto MAPS Chile

MAPS es un acrónimo en inglés que quiere decir *Mitigation Action Plans and Scenarios*. El proyecto tiene su origen en Sudáfrica, en una iniciativa de investigación y participación de múltiples actores que investigó escenarios posibles para la reducción de emisiones de gases efecto invernadero (GEI) entre 2005 y 2008 y que se llamó LTMS, *Long Term Mitigation Scenarios*. Se han desarrollado proyecto MAPS en Brasil, Colombia, Perú y Chile; son iniciativas similares que cuentan con el apoyo técnico de Sudáfrica. MAPS ha buscado generar la mejor evidencia posible para informar la toma de decisiones sobre la mitigación del cambio climático y el desarrollo bajo en carbono en cada país. En particular, los proyectos MAPS han identificado y estudiado trayectorias probables -con distintos niveles de esfuerzo de mitigación-, analizado sus posibles consecuencias, y socializado esta información con actores clave. Estas iniciativas han contribuido significativamente a los respectivos países en sus procesos de negociación internacional, al amparo de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC, por su sigla en inglés).

MAPS Chile comenzó a fines de 2011, obedeciendo un mandato de seis ministros de Estado que requerían que el proyecto estudiara y entregara las mejores opciones que tiene el país para la mitigación de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI).

El proyecto ha ocurrido en tres fases. La primera, terminada a mediados de 2012, desarrolló la Línea Base de emisiones de GEI 2007-2030 (es decir, una proyección de la economía chilena situada en el año 2006 sin considerar esfuerzos para reducir emisiones de GEI, pero incluyendo la evolución tecnológica natural de los sectores económicos) y estudió además posibles trayectorias de las futuras emisiones de GEI del país que cumplan con las recomendaciones científicas que el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) hace para el mundo. A esto último se le llamó “dominio requerido por la ciencia”.

La segunda fase, terminada a fines de 2014, ha incluido: la Línea Base de emisiones de GEI 2013-2030, un conjunto de cerca de 100 medidas de mitigación, 9 escenarios de mitigación –como empaquetamiento de medidas específicas de mitigación-, junto a un análisis de los efectos macroeconómicos asociados a los distintos escenarios.

La tercera y última fase de MAPS Chile ha incluido, entre otros productos, una revisión y refinamiento de los resultados obtenidos en la segunda fase, una estimación de los co-impactos asociados a las principales medidas de mitigación, y un análisis de los posibles enfoques y medidas de mitigación para el largo plazo (2030-2050). Todos los resultados de MAPS Chile están disponibles en el sitio web del proyecto.

La dirección del proyecto ha estado en manos de un Comité Directivo interministerial, en el cual han participado representantes de siete ministerios del país: Relaciones Exteriores, Hacienda, Agricultura, Minería, Transporte y Telecomunicaciones, Energía y Medio Ambiente. Desde su inicio, el proyecto convocó a un Grupo de Construcción de Escenarios (en la Fase 3 este grupo se designó Grupo de

Construcción de Visión), instancia en la cual han trabajado continua y voluntariamente más de 60 personas de los sectores público, privado, académico y de la sociedad civil. Adicionalmente, más de 200 personas han sido parte de reuniones sectoriales de Grupos Técnicos de Trabajo. Con todo, se estima que más de 300 personas, incluyendo a los diversos equipos consultores de universidades y prestigiosas instituciones del país, han participado activamente en MAPS Chile. El financiamiento para la realización de MAPS Chile ha provenido de Children Investment Fund Foundation (CIFF), la Alianza Clima y Desarrollo (CDKN), los gobiernos de Suiza, Dinamarca y Chile, y ha totalizado cerca de 4 millones de dólares para los más de 4 años de trabajo.

El Ministerio de Agricultura desea hacer algunos comentarios generales sobre este documento.

1. Si bien el proceso MAPS Chile fue inclusivo, especialmente en su convocatoria a expertos del sector, queremos dejar constancia que nos parece que finalmente el panel de expertos que participó en la gestación de este documento tenía más experiencia y cercanía a los temas asociados al bosque nativo, por sobre las plantaciones forestales.
2. Constatamos que, por lo anterior, el documento a continuación hace juicios –no completamente sustentados en la experiencia y la ciencia disponible—que pueden resultar en detrimento de las plantaciones forestales, y a favor del bosque nativo, como alternativa de forestación, especialmente con fines de contribuir a mitigar las emisiones de gases efecto invernadero.
3. Mediante esta nota queremos dejar constancia y solicitar precaución al lector, en el sentido que los efectos definidos en este documento –los co-impactos--, especialmente aquellos negativos asociados a plantaciones forestales, deberían ser tomados con precaución y como una señal preliminar que debe ser investigada en mayor profundidad.
4. En el texto a continuación se incluyen algunas notas al pie con precisiones y/o comentarios del Ministerio de Agricultura a contenidos específicos de este documento.
5. Finalmente, el Ministerio de Agricultura de Chile, junto a todos sus reparticiones relevantes para efectos de la forestación, pone a disposición de los lectores todo el material y los antecedentes que dispone para quienes deseen investigar estos temas en mayor profundidad.

Índice de Contenidos

MAPS Chile: Análisis de Co-impactos

Resultados Paneles de Experto - Sector Uso de Suelo

A. Introducción	8
B. Principales resultados	10
1. Secuestro de carbono en suelos agrícolas por aplicación de materia orgánica.....	11
1.1 Descripción de la medida	11
1.2 Consideraciones generales y recomendaciones para su implementación	11
1.3 Diagrama de co-impactos.....	12
1.4 Análisis por cada co-impacto.....	13
1.4.1 Dimensión ambiental	13
Co-impacto 1. Mejora tratamiento de residuos orgánicos (subproductos).....	13
Co-impacto 2. Fomento a reducción de quemas	14
Co-impacto 3. Aumenta riesgo de contaminación con metales pesado por retención de ciertos tipos de materia orgánica.....	14
Co-impacto 4. Restauración de suelos	15
Co-impacto 5. Mejora capacidad de control hídrico y resiliencia de los suelos	17
1.4.2 Dimensión Sociocultural.....	18
Co-impacto 6. Aumenta riesgo de alteración para inocuidad alimentaria	18
1.4.2 Dimensión Socioeconómica	19
Co-impacto 7. Aumento de productividad agrícola	19
Co-impacto 8. Reducción de uso de insumos (de fertilizantes)	20
Co-impacto 9. Aumento de utilización de maquinaria agrícola	21
Co-impacto 10. Promueve generación de sellos productivos.....	21
1.4.4 Dimensión político-institucional.....	22
Co-impacto 11. Contribuye a objetivos de política sectorial	22
2. FOMENTO A LA FORESTACIÓN	22
2.1 Descripción de la medida	22
2.2 Consideraciones generales y recomendaciones para la implementación	23
2.3 Diagrama de co-impactos.....	24
2.4 Análisis por cada co-impacto referido a plantaciones con especies nativas	25
2.4.1 Dimensión ambiental	25
Co-impacto 1. Alteración del ciclo hidrológico.....	25

Co-impacto 2. Recuperación de suelos degradados	26
Co-impacto 3. Contribuye a la conservación/recuperación de la biodiversidad	27
2.4.2 Dimensión sociocultural	28
Co-impacto 4. Afecta la creación y mantención de servicios ambientales	28
Co-impacto 5. Afecta la calidad de vida de las poblaciones cercanas	28
2.4.3 Dimensión político-institucional.....	29
Co-impacto 6. Favorece la adaptación al cambio climático	29
2.5 Análisis por cada co-impacto referido a plantaciones con especies exóticas.....	30
2.5.1 Dimensión ambiental	30
Co-impacto 1. Alteración del ciclo hidrológico.....	30
Co-impacto 2. Recuperación de suelos degradados	31
Co-impacto 3. No contribuye a la conservación/recuperación de la biodiversidad	32
2.5.2 Dimensión sociocultural	32
Co-impacto 4. Afecta la creación y mantención de servicios ambientales	32
Co-impacto 5. Afecta la calidad de vida de las poblaciones cercanas	33
Co-impacto 6. Favorece la migración rural-urbana.....	35
2.5.3 Dimensión político-institucional.....	35
Co-impacto 7. No favorece la adaptación al cambio climático	35
C. BIBLIOGRAFÍA	36
D. ANEXO- listado de expertos.....	39

A. Introducción

Los esfuerzos que se realicen para la mitigación de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) – en términos de la implementación de acciones o medidas de mitigación-- dependerán no solo de costos y niveles de reducción de emisiones, sino también de otros efectos –positivos y negativos– que las medidas puedan tener sobre el desarrollo sustentable del país. Estos efectos positivos y negativos son los llamados “co-impactos”.

MAPS Chile ha realizado un esfuerzo de identificación y análisis *preliminar* de los co-impactos generales más relevantes de algunas medidas de mitigación seleccionadas (que resultaron de la segunda fase del proyecto). El propósito de este ejercicio es entregar información complementaria a los tomadores de decisiones –adicional a los resultados de Fase 2 sobre emisiones y costos asociados– para la eventual implementación de medidas de mitigación en el país.

Cabe destacar algunas limitaciones de este trabajo:

- **El concepto de evidencia.** MAPS Chile en sus Fases 1 y 2 ha generado cuantiosa información, la cual ha sido utilizada, en buena medida y fruto de la rigurosidad del análisis y de la participación de los diversos actores relevantes, como evidencia para alimentar la toma de decisiones, especialmente en lo relativo al INDC (*Intended Nationally Determined Contributions*). Por otra parte, el análisis de co-impactos –parte de la tercera fase del proyecto y que se presenta en este y otros documentos-- ha tenido un carácter más bien preliminar y piloto, en cuanto se trata de un ejercicio bastante inédito, con tiempos y recursos limitados; por lo mismo, no consideramos que la información expuesta aquí tenga el carácter de “evidencia” exhaustiva para la toma de decisiones ulteriores; más bien, asumimos que esta información es una señal que debería ser profundizada de modo de ser efectivamente útil para la toma de decisiones sobre medidas de mitigación en el país¹.
- **La diversidad de posiciones.** El análisis de co-impactos ha convocado a más de 50 expertos en distintas materias relevantes para la sustentabilidad –adicionales a quienes han sido parte del grupo de construcción de visión y de los grupos técnicos de MAPS Chile– y evidentemente hay situaciones en las cuales se manifiestan posiciones divergentes entre los expertos. El equipo MAPS Chile, en los resultados que siguen, ha hecho un esfuerzo por identificar y explicitar aquellas situaciones.

Las medidas de mitigación que son parte del análisis de co-impactos fueron seleccionadas en un proceso deliberativo con el Grupo de Construcción de Visión (GCV) y fueron zanjadas por el Comité Directivo de MAPS Chile (CD). Los co-impactos fueron originalmente identificados por el GCV. Mediante esta identificación preliminar, el equipo profesional de MAPS Chile identificó y convocó más de 50 expertos para 5 paneles sectoriales (generación de electricidad, transporte, residencial y residuos, industria y minería, y uso del suelo). Los paneles de expertos examinaron, modificaron y

¹ Cabe destacar el trabajo que CONAF está realizando actualmente mediante la formulación de la Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (ENCCRV), cuyo propósito central es apoyar la recuperación y protección del bosque nativo, formaciones xerófitas y potenciar el establecimiento de formaciones vegetacionales, contribuyendo de esta manera al cumplimiento de diversos compromisos que ha asumido el país en el ámbito forestal como el descrito en el INDC. En el contexto de la formulación participativa de la ENCCRV se están realizando talleres en todas las regiones del país, donde participan diversos especialistas y actores de la sociedad con pertinencia directa e indirecta en los recursos vegetacionales, con la finalidad de priorizar de manera consensuada las principales directrices que deberá contener la ENCCRV para evitar, mitigar y minimizar los potenciales impactos sociales y ambientales negativos, además de maximizar los beneficios para los potenciales beneficiarios directos e indirectos involucrados con la implementación de actividades estratégicas que se prioricen en el marco de la ENCCRV.

definieron la lista final de co-impactos analizados. El trabajo con los expertos incluyó 3 reuniones de medio día cada una, espaciadas por aproximadamente un mes. La primera reunión se centró en la metodología general y en la identificación de los co-impactos. En la segunda reunión se trabajó en la descripción de los co-impactos y en las condiciones determinantes para su manifestación. La tercera y última reunión agregó información asociada a fuentes de información y otras experiencias nacionales e internacionales. Entre cada reunión, el equipo de MAPS Chile preparó síntesis que fueron compartidas y comentadas por los expertos.

El equipo de MAPS Chile se atribuye la responsabilidad por la síntesis de la información generada en el trabajo con los expertos, así como la redacción de este documento. En el anexo se encuentra el listado de expertos que participaron en el análisis de co-impactos de este sector.

Este documento se estructura en torno a las medidas de mitigación bajo análisis. Para cada una de ellas se incluye: una recapitulación de sus principales características, de acuerdo a lo desarrollado en Fase 2 de MAPS Chile; un resumen de los principales temas relevantes para el análisis de co-impactos, tal como fueron acordados por el panel de expertos; un diagrama que representa las relaciones existentes entre los diversos co-impactos y sus respectivas dimensiones de la sustentabilidad asociadas; y un análisis de cada uno de los co-impactos, con énfasis en una descripción de los mismos, así como en los factores que determinarían la ocurrencia de cada uno.

B. Principales resultados

Las medidas analizadas en el sector Uso de Suelo son dos: Secuestro de carbono en suelos agrícolas por aplicación de materia orgánica y Fomento a la forestación. Esta última medida fue analizada considerando plantaciones con especies exóticas y nativas por separado, siguiendo la recomendación entregada por el panel de expertos en su primera reunión. En la siguiente tabla se presentan los co-impactos identificados para cada medida.

Medidas		Co-Impactos
Secuestro de carbono en suelos agrícolas por aplicación de materia orgánica		1. Mejora tratamiento de residuos orgánicos (subproductos)
		2. Fomento a reducción de quemas
		3. Aumento de productividad agrícola
		4. Reducción de uso de insumos (de fertilizantes)
		5. Restauración de suelos
		6. Mejora capacidad de control hídrico y resiliencia de los suelos
		7. Aumenta riesgo de contaminación con metales pesado por retención de ciertos tipos de materia orgánica
		8. Aumenta riesgo de alteración para inocuidad alimentaria
		9. Aumento de utilización de maquinaria agrícola
		10. Promueve generación de sellos productivos
		11. Contribuye a objetivos de política sectorial
Fomento a la forestación	Especies nativas	1. Alteración del ciclo hidrológico
		2. Recuperación de suelos degradados
		3. Contribuye a la conservación/recuperación de la biodiversidad
		4. Afecta la calidad de vida de las poblaciones cercanas
		5. Afecta la creación y mantención de servicios ambientales
		6. Favorece la adaptación al cambio climático
		1. Alteración del ciclo hidrológico

Especies exóticas	2. Recuperación de suelos degradados
	3. No contribuye a la conservación/recuperación de la biodiversidad
	4. Afecta la calidad de vida de las poblaciones cercanas
	5. Afecta la creación y mantención de servicios ambientales
	6. Favorece la migración rural-urbana
	7. No favorece la adaptación al cambio climático

A continuación se dan a conocer los principales resultados de los paneles de expertos realizados. Por cada medida se realiza una descripción general de su alcance, se señalan las consideraciones generales de la evaluación y se realiza un análisis de cada co-impacto.

1. Secuestro de carbono en suelos agrícolas por aplicación de materia orgánica

1.1 Descripción de la medida

Incorporación al suelo de materiales con alto contenido de carbón estabilizado en cantidades superiores a los niveles de mineralización que dicho suelo registra (acumulación deliberada). Con esto se logra el aumento de los contenidos de carbono orgánico estable en el perfil del suelo, lo que aumenta la captura de carbono en suelos agrícolas por sobre los valores base considerados en equilibrio (captura=emisión).

Implementación: El aumento en superficie con aplicación de materia orgánica estabilizada sigue la siguiente curva de adopción: 7.950 ha en 2015, 13.250 ha en 2020, 26.500 ha en 2030 y 166.000 ha en 2050.

Costos: Los costos de inversión consideran maquinaria compostera. Los costos de operación están asociados al manejo de los rastrojos de cultivos. Se considera un programa de difusión e investigación para determinar el potencial de captura en suelos nacionales.

1.2 Consideraciones generales y recomendaciones para su implementación

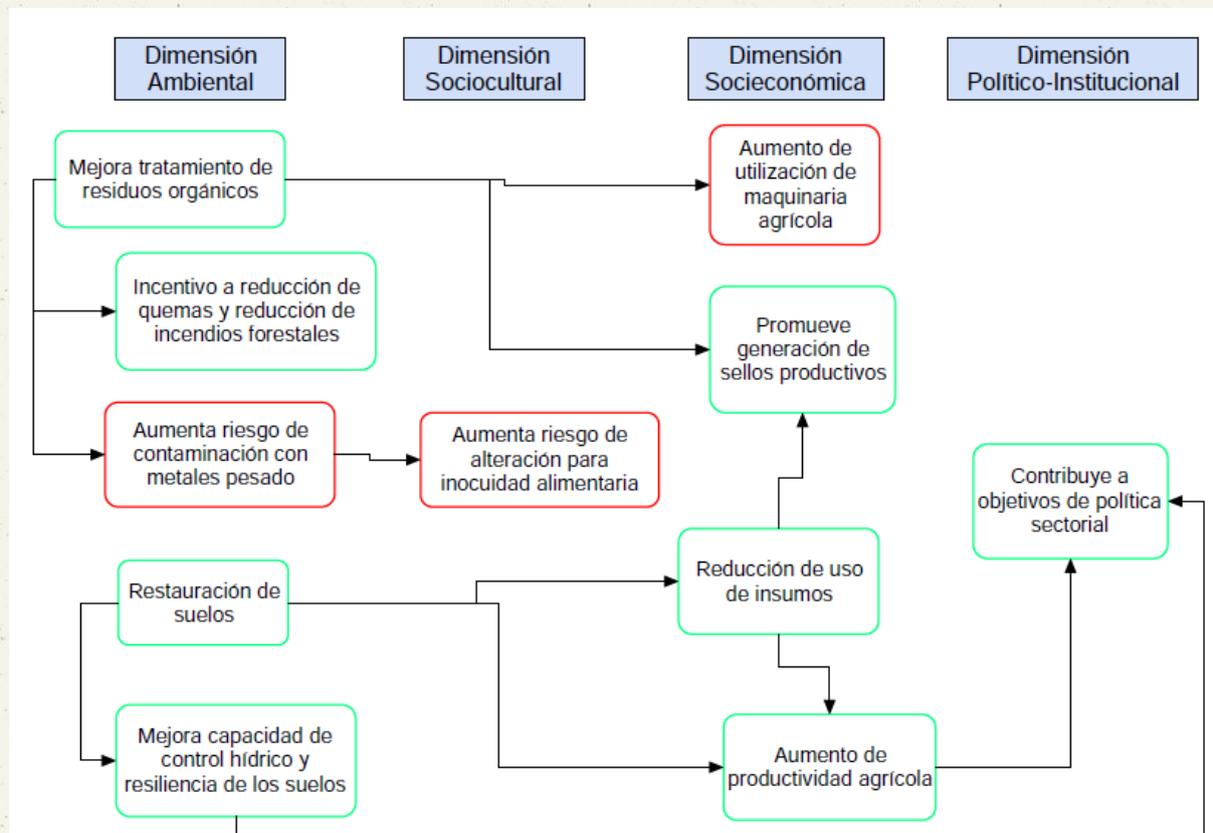
Para el análisis de la medida, el panel de expertos definió las siguientes consideraciones generales:

- a. Se recomienda que en la implementación de esta medida se incluyan múltiples prácticas de manejo del suelo, como el uso de cero o mínima labranza; manejo de residuos (incorporación del rastrojo después de la cosecha, o su aplicación en superficie); elaboración de compost y posterior aplicación, cultivo de abono verde, entre otras.

- b. Se requiere que se fomente el reciclaje, para que los agricultores produzcan sus propios biofertilizantes, y se logre así una reducción en la utilización de los químicos para fertilización. Estas prácticas permiten mejorar la absorción de los nutrientes (complementación), reduciendo los costos en el mediano y largo plazo.
- c. Para el éxito de la medida es necesario considerar condiciones de estabilización del carbono. En este contexto, se deberían incorporar ciertas consideraciones que son relevantes para que las medidas sean exitosas (ej. desarrollar capacidades profesionales) y además considerar algún instrumento de fomento, que genere incentivos que le den viabilidad en el tiempo.
- d. Finalmente, es fundamental tener claridad sobre la fuente de la materia orgánica que se utilice en la implementación de esta medida, para evitar la contaminación de los suelos. En este contexto, se identifica que para disminuir impactos negativos de la medida y favorecer los positivos, es fundamental generar regulaciones al respecto.

1.3 Diagrama de co-impactos

El diagrama presentado a continuación tiene por objetivo dar cuenta de los co-impactos analizados, haciendo especial hincapié en la dimensión de la sustentabilidad a la que pertenecen y en las relaciones que tienen entre sí. Además se indica con diferentes colores los valores asociados a los co-impactos: rojo es negativo, verde positivo y amarillo es neutro o ambiguo (positivo y negativo a la vez, dependiendo de la perspectiva).



1.4 Análisis por cada co-impacto

1.4.1 Dimensión ambiental

Co-impacto 1. Mejora tratamiento de residuos orgánicos (subproductos)

- Descripción

La incorporación de la materia orgánica a los suelos, es una práctica que permite disminuir la gran cantidad de residuos (los que en adelante serán tratados como subproductos) generados por los cultivos, ganadería, criaderos de aves, cerdos, entre otras. De esta forma los subproductos agrícolas adquieren valor y son reutilizados, disminuyendo la porción de desechos².

La agricultura moderna se caracteriza por el manejo de grandes poblaciones de plantas o de animales con espacios reducidos y altos volúmenes de alimentación. Esto se traduce en gran cantidad de subproductos que precisan ser tratados para mejorar su aprovechamiento como abono y evitar un impacto ambiental negativo³.

El manejo de los subproductos implica uso de tecnología y/o prácticas que disminuyen la contaminación del suelo, el agua y la atmósfera, incorporando en la cadena productiva todos los desechos y residuos prediales, incluyendo biomasa vegetal de los huertos, siembras; el chipeco de arbustos invasivos (ulex, quila y zarzamora); el guano animal, además de desechos domiciliarios. Se aumentan así los tratamientos de compostaje, la cero labranza y otros, que permiten su uso y posible comercialización.

- Condiciones bajo las cuales se genera

Para lograr que la medida se implemente exitosamente es necesario fomentar el uso de residuos orgánicos como fertilizante, con el objetivo de asegurar la rentabilidad y atractivo para los productores. Además deben existir mecanismos de incentivos que faciliten la adquisición de maquinarias adecuadas para el movimiento y aplicación de grandes volúmenes de materiales, como tractores, carros, picadoras de rastros, desparramadoras de purines, etc. Por último, para un mejoramiento efectivo del tratamiento de residuos es necesaria una transferencia de conocimientos y tecnologías a los productores primarios de residuos orgánicos.

- Información adicional

² Cuando la generación de subproductos excede la posible aplicación al suelo, alternativamente pueden ser utilizados en la generación de energía (un ejemplo es la producción de residuos en grandes planteles porcinos, ya que es imposible, en un manejo sustentable, aplicarlos al suelo en su totalidad).

³ En términos de emisiones de CO₂, lo más importante son los residuos que quedan sobre el suelo, especialmente los guanos/estiércoles animales (alrededor de un 60 y 80%). Por ende, su incorporación en el suelo es considerado un impacto importante.

Debido a que la aplicación de estiércol directamente al suelo no es tan eficiente, porque no es estable en el suelo, como en el caso del compost, se recomienda la mezcla de ambos materiales en proporciones de 1:6 (residuo animal: residuo vegetal), lo que permite obtener un compost de buena calidad cuyo producto es materia orgánica estabilizada.

Co-impacto 2. Fomento a reducción de quemas

- Descripción

En la agricultura tradicional del sur de Chile se genera gran cantidad de residuos, especialmente rastrojos de cereales, oleaginosas y algunas leguminosas. Estos subproductos constituyen un gran potencial de generación de beneficios en los suelos, mediante un manejo adecuado de reciclaje, por ejemplo a través de su incorporación en el suelo y/o elaboración de biofertilizantes. Es común observar en los meses de post-cosecha (marzo, abril), la quema de estos residuos, que en algunos casos derivan en incendios forestales. Gracias a esta medida, los residuos orgánicos no serían considerados desecho, por lo que métodos tradicionales de eliminación como la quema, serían mucho menos frecuentes.

- Condiciones bajo las cuales se genera

Cuando los beneficios del uso de residuos vegetales como fertilizante y mejoradores físicos son atractivos, permiten abordar los costos de trabajar con ellos en vez de eliminarlos en quemas. Además, se deben generar facilidades para el acceso a maquinarias adecuadas para la trituration de rastrojos, sobre todo a nivel de pequeños agricultores. También es importante el desarrollo de innovación o adaptación de maquinarias mediante la investigación.

Co-impacto 3. Aumenta riesgo de contaminación con metales pesados por retención de ciertos tipos de materia orgánica

- Descripción

La opinión generalizada es que la incorporación de materia orgánica no produce daño en el suelo, sin embargo, puede darse el caso que el uso de determinados residuos orgánicos que contengan metales pesados (como es el caso de algunos lodos provenientes del tratamiento de aguas servidas), genere algún tipo de contaminación. La capacidad de la materia orgánica de retener ciertos metales pesados variará dependiendo del pH, composición y fase mineral, entre otros. Además, dependiendo de la solubilidad de los metales pesados en el suelo será el grado de traspaso hacia los vegetales⁴.

- Condiciones bajo las cuales se genera

⁴ En los últimos años, como una manera de deshacerse de residuos, algunas empresas de Tratamiento de Aguas Servidas, han incentivado la incorporación de residuos en suelos forestales y agrícolas, lo que ha traído más problemas que beneficios. También hoy se pretende utilizar cenizas como fertilizante o encaladura, generada de la combustión de biomasa de empresas forestales, sin saber todavía los reales beneficios o daños que pueda ocasionar. Similar riesgo se corre con restos de materiales generados de la industria lechera o aquellas que utilizan insumos químicos en sus procesos productivos.

Este tipo de co-impacto solo se daría si se utilizan residuos como estiércoles y purines especialmente de la producción porcina o aviar. El riesgo se producirá en cultivos que tengan la capacidad de absorber metales pesados existentes en el suelo y sean de consumo directo. Por lo mismo, tiene menos importancia si los suelos a recuperar no tienen un fin productivo, reduciendo la exposición a los metales pesados.

Para evitar este co-impacto se debe conocer el origen de la materia orgánica, así como también su composición química antes de incorporarla al suelo o de utilizarla para la elaboración del compost⁵. Además se debe considerar que en suelos saturados con metales pesados, no se puede realizar aplicación de residuos con contenido de metales pesados.

- Información adicional

Dentro de la información requerida para la estimación de la magnitud del co-impacto se debe determinar el contenido de metales pesados en la materia orgánica que se va a aplicar al suelo, identificando la composición de la materia orgánica a incorporar y su origen. Para valorar el impacto ambiental de la contaminación en el sistema suelo-planta se deben conocer las características del contaminante, del medio receptor y su entorno y, los modelos que rigen el comportamiento del contaminante y su transferencia a las plantas. Una vez incorporado el contaminante, éste puede verse influenciado por procesos tales como transformación, retención y transporte.

Co-impacto 4. Restauración de suelos

- Descripción

Los suelos erosionados disminuyen su potencial productivo ya que se ven afectados física, química y biológicamente, perdiendo características de calidad como: estructura, textura, estabilidad de los agregados, infiltración y almacenaje de agua, biomasa microbiana, actividad biológica, disponibilidad de nutrientes, etc. A través de la incorporación de materia orgánica mejoran dichas características, ya que mejora la estructura del suelo y disminuye la compactación y el escurrimiento superficial, permitiendo que se desarrolle una nueva cubierta vegetal que ayuda a combatir la erosión⁶. La materia orgánica protege a las partículas de suelo de su remoción por agua o viento, minimizando los riesgos de compactación y encostramiento ('crusting') del suelo, disminuyendo el escurrimiento superficial (runoff).

A la materia orgánica se asocia una serie de microorganismos descomponedores que transforman los desechos en sustancias húmicas⁷ que colaboran en la estabilidad de los agregados y sirven de

⁵ El monitoreo debe ser permanente en el uso de estos tipo de subproductos y los estudios utilizados no deben ser menores a 5 años

⁶ La erosión de los suelos se traduce en la eliminación de los horizontes A y B, de mayor riqueza orgánica, por lo que la productividad de dicho suelo, entendida como la posibilidad de en él cultivar especies de interés económico, disminuye.

⁷ Si hablamos de sustancias húmicas, en general éstas son compuestos orgánicos de alto peso molecular, por lo tanto no disponibles para las plantas. Sin embargo la síntesis de estas sustancias por acción de los microorganismos y procesos químicos de condensación y polimerización conformarán el verdadero humus del suelo, el que tiene una importante influencia en la mejora de propiedades químicas y físicas del suelo.

sustrato a los microorganismos, que pueden ser enemigos naturales de plagas y enfermedades, fijadores de nitrógeno, entre varios otros. La materia orgánica, contiene también alrededor del 65% del fósforo total y provee cantidades significativas de azufre y otros nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. Por lo tanto, la utilización y aplicación de materia orgánica, tiene un efecto restaurador de los suelos dañados, mejorando su fertilidad y potenciando la biodiversidad.

- Condiciones bajo las cuales se genera

Para que esta medida sea efectiva, será necesario determinar mediante estudios previos el tipo de daño que sufre el suelo y determinar las causas. Esta información permitirá determinar las medidas concretas a aplicar. Por ejemplo, cuando se trate de suelos dañados por erosión severa, afectando distintos niveles, se deberán emplear estrategias particulares. Además, deberá existir disponibilidad de materia orgánica en las cantidades que se recomiende aplicar y con costos de transporte económicamente viables.

La implementación de esta medida requiere la existencia de incentivos y un proceso de concientización de los agricultores para que incorporen al suelo la materia orgánica. Por otra parte, debido a que el efecto es acumulativo, se debe favorecer un programa a largo plazo para poder obtener los beneficios de este co-impacto. Se recomienda combinar esta medida con otras estrategias, como por ejemplo con la producción en curvas de nivel, la construcción de zanjas de infiltración, los abonos verdes, los cultivos de cobertura, etc.⁸ Finalmente, el incluir Ordenamiento Territorial (OT) en esta medida permitiría focalizar recursos en áreas que hoy son menos productivas y por lo tanto ampliaría el campo de acción. Por ejemplo, sería interesante incluir zonas degradadas de uso de pastizales (ej. secano costero) y de esta forma mejorar su productividad.

- Información adicional

Dentro de la información requerida para la estimación de la magnitud del co-impacto está el perfil del suelo, la agregación estable al agua, las mediciones respecto del carbono orgánico presente en el suelo, la cuantificación de microorganismos del suelo, y la comparación con una situación anterior. De manera simple y sin estudios experimentales, la información de sitios con iguales condiciones edafoclimáticas que representen las dos situaciones, (erosionado v/s no erosionado o con erosión controlada) durante un tiempo mínimo transcurrido de años (al menos 5 años), pueden ser útiles en el muestreo de suelos para la determinación de parámetros básicos (C, N totales, textura, pH, P Olsen, N mineral extraíble, densidad aparente, estabilidad de agregados).

Los resultados de este muestreo y las determinaciones deben mostrar consecuentemente la influencia de la captura de C? y/o aumento de la MO? del suelo. En el caso de poco tiempo transcurrido, los indicadores biológicos tempranos como por ejemplo la determinación de biomasa microbiana y/o su actividad (v.g respiración), son más útiles que determinaciones de C orgánico. El uso de estos parámetros en modelos de C permitiría predicciones a largo plazo. Por ejemplo, el modelo Century; y su versión desarrollada para apoyar agricultores que por manejo secuestran C (Paustian et al., 2011).

⁸ Se debe considerar la información generada por el Sistema de incentivos de suelos degradados y sustentables SIRSDS, que ha generado este programa desde el año 1999-2009 y el actual desde el año 2010-2020, ya que tiene incorporada la superficie en donde se ha recuperado el suelo según las prácticas subsidiadas, por región.

En la literatura se ha identificado que los beneficios de la materia orgánica del suelo están vinculados estrechamente con el hecho de que actúa como almacén de nutrientes, que es una fuente de la fertilidad. La materia orgánica contribuye a la aireación del suelo reduciendo así su compactación, además es un cementante de las partículas primarias del suelo permitiendo una mejor cohesión y con ello la formación de agregados estables (Waters y Oades, 1991, Bearé et al., 1994). La actividad biológica del suelo favorece su fertilidad, resistencia, y supresión de plagas y enfermedades (Huber et al, 2001;. Kirchmann y Andersson, 2001).

Co-impacto 5. Mejora capacidad de control hídrico y resiliencia de los suelos

- Descripción

La materia orgánica integrada a las primeras capas de suelo mejora su estructura, con ello la porosidad y capacidad de retención de humedad, y favorece el drenaje del agua, brindando a la vegetación condiciones de humedad y aireación óptimas, lo que permite enfrentar de mejor forma situaciones de estrés hídrico. De esta forma se mejora la capacidad para sobrellevar los cambios del régimen hídrico provocados por el cambio climático, lo que se traduce en menores impactos para las actividades productivas que sostienen. Esto permite mejorar la resiliencia de los suelos ante cambios en el clima, generando sinergia entre esta medida y las medidas de adaptación al cambio climático.

- Condiciones bajo las cuales se genera

Las posibilidades de rehabilitación o restauración de los suelos dependerán principalmente de la existencia de políticas que favorezcan la implementación de técnicas adecuadas a las distintas realidades, sus causas y el nivel de gravedad de deterioro del suelo. Además, se deben generar condiciones para resguardar la primera capa de suelo contra agentes erosivos como la lluvia y los vientos, y debido a que el efecto es acumulativo, se debe favorecer un programa a largo plazo que permita obtener los beneficios de este co-impacto.

Esta medida fomentará la adaptación al cambio climático siempre cuando la recuperación de suelos sea acompañada de una visión de adaptación, donde se investigan los posibles impactos al cambio climático en la zona y en base a ello se realizan cambios (tecnológicos, de cultivo, etc.).

- Información adicional

Dentro de la información requerida para la estimación de la magnitud del co-impacto se encuentra una evaluación del estado inicial del suelo y del estado después de la aplicación de materia orgánica, además de la medición de la biomasa microbiana, la agregación estable al agua y las enzimas del suelo. En este contexto es necesario determinar las curvas de humedad, la infiltración, la conductividad hidráulica, los espacios porosos y el balance de agregados.

En la literatura se ha identificado beneficios relacionados con la mejora de las tasas de infiltración y el aumento de la capacidad de almacenamiento de agua, como consecuencia de una mejora en la estructura del suelo y por lo tanto de los espacios porosos que controlan los contenidos de aire y agua en el suelo. La materia orgánica también sirve como un amortiguador frente a los rápidos cambios en la reacción del suelo (pH) y actúa como fuente de energía para los microorganismos del

suelo (PECC, 2001). En general se establece que es clave la capacidad del suelo para retener y liberar agua y otros nutrientes que son esenciales para las plantas y sus sistemas de raíces para el crecimiento. El carbono del suelo también desempeña un papel importante en el mantenimiento de los hábitats bióticos que hacen sostenible la gestión de la tierra, además de resiliente y capaz de resistir la degradación (Banco Mundial, 2012).

1.4.2 Dimensión Sociocultural

Co-impacto 6. Aumenta riesgo de alteración para inocuidad alimentaria⁹

- Descripción

El posible daño a la inocuidad alimentaria, se relaciona con la mayor o menor capacidad de los metales pesados para fijarse al suelo. Mientras el cobre tiene una mayor capacidad de fijación, otros metales como cadmio, plomo, zinc, entre otros, no se fijan de igual forma al suelo. Por lo mismo, algunos pueden migrar a lo largo del perfil, ser absorbidos por las plantas y pasar a la cadena trófica. Algunas especies vegetales integran metales pesados a sus estructuras, siendo no aptas para el consumo.

- Condiciones bajo las cuales se genera

Este co-impacto ocurrirá en la medida que se realice una aplicación inadecuada de la materia orgánica, que no ha sido previamente tratada y el suelo sea utilizado para la producción de hortalizas (por ejemplo utilizando guano o estiércol directamente en la producción, contaminando los cultivos con coliformes fecales). Este riesgo se producirá en cultivos que tengan la capacidad de absorber los metales pesados existentes en el suelo. Si existe algún tipo de contaminación, se puede reducir el co-impacto al seleccionar especies con fines madereros, combustibles, o aquellas especies cuyas estructuras de consumo no se contaminen.

- Información adicional

Para la estimación de la magnitud de este co-impacto se requiere una medición de patógenos presentes en el compost y un análisis químico de trazas en carnes, granos y vegetales.

Para evitar este co-impacto se debe utilizar materia orgánica estabilizada y/o sin riesgo de contaminantes microbiológicos y conocer el origen de la materia orgánica, como también su composición química antes de incorporarlo al suelo. Además, para evitar este tipo de problemas se debería definir mediante reglamento el tipo y condiciones de materia orgánica que se debe utilizar. No se pueden utilizar lodos con metales pesados (residuos minería) y el proceso de compostaje debe ser completa y correctamente realizado (alcanzar altas T^o), ya que la inocuidad biológica del

⁹ El aumento es muy específico. Puede quedar la imagen de que pasa en muchos casos, y tiene que ver con ciertos tipos de materia orgánica. Los metales pesados no son tan relevantes (no debiese ser priorizado). Son pocas las materias orgánicas que están provocando problemas con metales pesados. Se cree que no es más de un 20% (con los lodos). Cuando se habla del campo no hay riesgo. Se debe mantener pero especificar su alcance (que es menor). Además, se debe hacer énfasis en su monitoreo.

compost, depende de la temperatura que alcance el material, pero también de la humedad, la aireación y el tamaño de partícula (FAO, 2013).

1.4.2 Dimensión Socioeconómica

Co-impacto 7. Aumento de productividad agrícola

- Descripción

La aplicación de materia orgánica al suelo permite disminuir los procesos de lixiviación, escurrimiento superficial y erosión; y aumenta la actividad biológica, la agregación estable al agua, la capacidad de intercambio catiónico, la retención (almacenamiento) de micro y macro nutrientes que quedan disponibles para los cultivos; es decir en el mediano plazo se logran mejoras en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (la calidad del suelo). Si con esta práctica se logra un nivel de materia orgánica óptimo, después de un período de tiempo sólo se requieren aplicaciones de mantenimiento. Al mejorar la condición del suelo, se aumenta la productividad agrícola, disminuyen los gastos en fertilizantes, lo que se traduce en una mayor producción a menores costos, aumentando las ganancias netas.

La materia orgánica, además de su aporte en macro y micro nutrientes, puede servir de vehículo de diversos micro-organismos benéficos de interés, como rhizobium, azotobacter, hongos micorrizicos, descomponedores, agentes de control biológico, entre otros, contribuyendo al control de determinadas enfermedades y plagas, y favoreciendo la disponibilidad de nutrientes esenciales para el crecimiento de los cultivos. Contribuye por tanto al mejoramiento de la productividad de los cultivos. Mejora no solo la calidad del suelo, sino la calidad de los productos que salen de ellos.

- Condiciones bajo las cuales se genera

Se logrará un aumento de productividad asociado a la incorporación de materia orgánica, si su composición permite reducir el uso de fertilizantes y es apta para el cultivo que se proyecta. Para que exista un efectivo aumento de productividad, se requieren en forma sostenida aplicaciones de materia orgánica y prácticas de manejo de residuos, sumado a otras prácticas de manejo del suelo (reducción de la labranza) y agronómicas (cultivos de cobertera, abonos verdes) que conserven o aumenten la materia orgánica del suelo.

La duración o tiempo para medir esta práctica es importante ya que se requiere de a lo menos 10 años para tener diferencias significativas. El efecto es acumulativo por lo tanto se debe favorecer un programa a largo plazo para poder obtener los beneficios de este co-impacto.

- Información adicional

Dentro de la información requerida para la estimación de la magnitud del co-impacto se debe considerar el tiempo que demora la materia orgánica aplicada en producir efectos sobre el mejoramiento de la producción de los distintos cultivos. Posteriormente se podría hacer una evaluación considerando la superficie y precio por cultivo, haciendo una comparación de la productividad en distintas situaciones, aquellas que promueven el aumento de la MO materia orgánica? y aquellas que no la conservan o la degradan.

Co-impacto 8. Reducción de uso de insumos (de fertilizantes)

- Descripción

Dada la composición de la materia orgánica, tanto en macro nutrientes (como Nitrógeno, Fósforo y Potasio), como en micro nutrientes disponibles para las plantas a través de la mineralización, se favorece el menor uso de fertilizantes en el largo plazo, especialmente porque la liberación de estos elementos es gradual, entonces la materia orgánica constituye un reservorio de nutrientes para las plantas. De esta forma, es una manera de adicionar nutrientes y si es compostada adecuadamente puede constituir un biofertilizante completo (que aporta todos los macro y micro nutrientes) a partir del uso de subproductos orgánicos intraprediales. Entonces, la materia orgánica aporta nutrientes esenciales disminuyendo la necesidad de utilizar fertilizantes sintéticos, en especial potasio, fósforo y nitrógeno (cuyo estado orgánico se encuentra casi en totalidad en la materia orgánica), azufre y micronutrientes (especialmente cationes metálicos)¹⁰. Por otra parte, prácticas de manejo de la fertilidad del suelo más integrado, a partir de un uso combinado de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, mejoran la sincronía de la oferta de nutrientes del suelo y la demanda de la planta.

- Condiciones bajo las cuales se genera

Se reducirá el uso de insumos en la medida que se produzcan suficientes desechos intraprediales y la materia orgánica entregue todos los nutrientes necesarios para cubrir las necesidades de la unidad productiva. Pero para lograr esta reducción, el Estado debe fomentar a través de sus instrumentos de apoyo a la pequeña agricultura, el uso de fertilizantes orgánicos. Además se requiere capacitación a los agricultores para apoyar en sus prácticas habituales, lo que se puede realizar mediante talleres. Por otra parte, los instrumentos de fomento deberán adaptarse a las características particulares de los territorios, diferenciar entre la agricultura de precordillera, valle central, secano interior y costero.

Debido a que el efecto es acumulativo se debe favorecer un programa a largo plazo para poder obtener los beneficios de este co-impacto. Se debe considerar un tiempo estimado para evaluar este co-impacto de al menos 3 años.

- Información adicional

En la literatura se ha identificado que la promoción de materia orgánica en tierras de cultivo (residuos de cultivos, cultivos de cobertura, estiércol de granja, compost y lodos) tiene una tendencia positiva, en el largo plazo, al dar una mejor fertilidad al suelo. Además, el uso combinado de fertilizantes orgánicos e inorgánicos mejora la sincronía suplemento de N y demanda del nutriente por la planta, mejorando la eficiencia de uso del N (Kong et al., 2011). No obstante, podía tener asociados costos en transporte y en la compra de material y compost, pero de menor magnitud que el costo en la adquisición de fertilizantes comerciales (Smith & Smith, 2000).

¹⁰ El principal costo de producción de la pequeña y mediana agricultura son los fertilizantes, en el contexto de esta medida incluso hay un costo de transporte de insumos que se reduce al tener producción propia de fertilizante.

Co-impacto 9. Aumento de utilización de maquinaria agrícola

- Descripción

Las actividades de trituración de rastrojos o restos vegetales en general, así como el traslado de residuos desde su origen, el procesamiento y la aplicación del compost al suelo, requieren del uso de maquinarias (como las chipeadoras, picadoras de rastrojos y mezcladoras de compost). Este aumento de uso de maquinaria aumenta los costos para el productor, las emisiones de CO₂, la compactación del suelo y con ello la retención de agua.

- Condiciones bajo las cuales se genera

Esta necesidad de maquinaria se presentaría con altos volúmenes de residuos, que no es posible manejar de otra forma. Pero si los beneficios del uso de residuos vegetales como biofertilizantes y mejoradores de la calidad del suelo son atractivos, permiten abordar los costos de trabajar con ellos.

Sería necesario generar mecanismos de apoyo a los pequeños agricultores para enfrentar los costos asociados a la elaboración y aplicación de compost. Si no hay incentivos del Estado (Ministerio de Agricultura, Ministerio de Economía, Corfo, Sercotec) para tener acceso a las maquinarias, no será posible generar iniciativas que permitan recuperar el suelo.

- Información adicional

Dentro de la información requerida para la estimación de la magnitud del co-impacto se debe considerar los aumentos en la utilización de maquinaria agrícola para la preparación del suelo y para el manejo de desechos agrícolas.

Co-impacto 10. Promueve generación de sellos productivos

- Descripción

Las hortalizas provenientes de las huertas abonadas con materia orgánica son productos más sanos, más equilibrados, que crecen a ritmo natural, los que cada vez tienen mayor demanda por su inocuidad y están asociados a un territorio y a una manera de producir que se puede visibilizar y relevar a través de sellos de origen de producción. Gracias a la valoración de los productos diferenciados, este tipo de producción limpia puede generar negocios que permitan ingresos importantes a los agricultores, si se asocian a algún tipo de certificación, ya sea por su carácter orgánico o por su huella de carbono.

- Condiciones bajo las cuales se genera

La generación de sellos funcionaría si los beneficios del uso de residuos vegetales como fertilizantes y mejoradores físicos son atractivos y marcan una diferencia en el mercado. Además funcionarían en la medida que los consumidores valoren los sellos y los distinguan, por lo tanto se requiere la realización de campañas de difusión para informar a la ciudadanía.

Se identifica que se promoverá la generación de sellos si se logra una homologación o equivalencia con sellos de productos orgánicos certificados de Estados Unidos y/o Europa, los cuales representan el 90% del mercado mundial de este tipo de productos. Por otra parte, es importante que exista desde el Estado una política que visibilice los sistemas productivos más amigables con el medio ambiente, con externalidades positivas, a través de la promoción de sellos que le permitan al consumidor elegir este tipo de producto.

1.4.4 Dimensión político-institucional

Co-impacto 11. Contribuye a objetivos de política sectorial

- Descripción

El aumento en la resiliencia y productividad de los suelos y la disminución en la aplicación de fertilizantes sintéticos son elementos que coinciden no sólo con las políticas de cambio climático, en mitigación y adaptación, sino que también con aquellas de carácter productivo para el sector, asociándose a lo que se entiende como agricultura sostenible.

- Condiciones bajo las cuales se genera

Esta medida contribuiría a los objetivos de la política sectorial, si se definen condiciones para su aplicación y se asocian a instrumentos ya existentes como el SIRSD.

2. FOMENTO A LA FORESTACIÓN

2.1 Descripción de la medida

La medida consiste en incentivar a través de la bonificación, el establecimiento de plantaciones forestales de pino radiata y Eucalyptus spp. y de especies nativas (p.e. roble, raulí) con fines productivos y de otras especies forestales, incluyendo las del bosque esclerófilo con propósitos de provisión de cobertura vegetal permanente y producción de biomasa. Para el presente análisis se asume que esto ocurriría en superficies de pequeños y medianos propietarios. El incentivo se traduce en una bonificación del 90% de los costos de forestación para los pequeños propietarios y 75% para los medianos. El análisis de esta medida ha incluido una evaluación de las tasas de forestación anual que se incorporarían al ciclo productivo, registrada por el instrumento de fomento forestal.

Implementación: El presupuesto anual inicial es de 35 millones de dólares, valor promedio dado para bonificación forestal entre el 2003 y el 2012. Se asigna un 50% del presupuesto a cada categoría de propietario. El presupuesto se mantiene estable durante todo el período. Los costos de forestación se presentan diferenciados por tipo de propietario, especie y macro región. La superficie a forestar se calcula considerando el presupuesto y el costo de forestación.

Costos: El monto total de bonificación es de US\$35.000.000. Esta medida de forestación cubre un 75% de los costos de medianos propietarios y 90% de los costos de pequeños propietarios. Estos

costos varían por propietario, especie y macro región: pequeños propietarios entre 810 y 2.030 US\$/ha, y otros propietarios entre 670 y 2.030 US\$/ha. La proporción del presupuesto para los propietarios es igual a: pequeños propietarios: pino 15% del presupuesto, eucaliptus 50%, especies forestales con fines energéticos 30% y especies nativas 5%; y medianos propietarios: pino 19% del presupuesto, eucaliptus 44%, especies forestales con fines energéticos 28% y especies nativas 9%.

2.2 Consideraciones generales y recomendaciones para la implementación

El panel de expertos decidió hacer el análisis de la medida diferenciando plantaciones con especies nativas y con especies exóticas, y además definió las siguientes consideraciones generales:

- a. Para el caso de las plantaciones con especies nativas es importante que esta medida sea evaluada en el largo plazo y considere que no es sólo la captación directa de CO₂ por el bosque sino que también la hojarasca que va quedando y se va acumulando a lo largo de los años. También es interesante considerar que puede ser una herramienta potente para la restauración de las zonas que han sufrido incendios en los últimos años¹¹.
- b. Se menciona que al considerar especies nativas o exóticas los agricultores manifiestan una preferencia mayor hacia las plantaciones exóticas por fines económicos, considerando que las nativas no permiten generar recursos económicos en plazos reducidos de tiempo. Por lo mismo, pensar la plantación nativa sólo para fines ambientales puede no funcionar en la práctica, a menos que se desarrollen incentivos de parte del Estado para tales efectos. En este contexto, se debe considerar que el subsidio del fomento tiene que competir en el mercado. En esta línea, la agro-forestería podría ser una buena alternativa, entendida esencialmente como la interacción de plantas leñosas con cultivos y animales, con el propósito de diversificar y optimizar la producción para un manejo sostenible del suelo.
- c. Se recomienda revisar las especies nativas consideradas en la forestación y considerar los productos no maderables (ejemplo: Maqui - *Aristotelia chilensis*).
- d. Se debe considerar la incorporación de instrumentos de fomento para el mantenimiento plantaciones con especies nativas, ya que la falta de incentivos es una de las principales dificultades para que este tipo de plantación sea rentable para los propietarios. La medida solamente considera el incentivo a la plantación, sin embargo también se puede considerar la implementación futura de esquemas de pago por servicios ambientales que valoricen el manejo y conservación de bosque nativo, identificando posibilidades de recibir retribución por ello. Es fundamental considerar esta medida en el largo plazo, ya que hay una proporción de árboles que mueren antes del cuarto año y se debería buscar incentivos para asegurar la estabilización de la plantación al menos 10 años¹².
- e. Es fundamental destacar que actualmente no hay viveros suficientes para la forestación nativa. Para que los árboles se adapten adecuadamente al suelo donde son plantados, se debería contar

¹¹ Durante el 2016, bajo la Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (ENCCRV) se llevará a cabo un pilotaje con acciones contenidas en el Plan de Restauración acordado con la comunidad en relación al reciente incendio forestal que afectó el Complejo Malleco-Tolhuaca y China Muerta, con el objeto recuperar corredores biológicos, aumentar la captura de carbono, mejorar la disponibilidad de recursos hídricos y conservar el suelo.

¹² El Ministerio de Agricultura deja constancia que discrepa de esta afirmación.

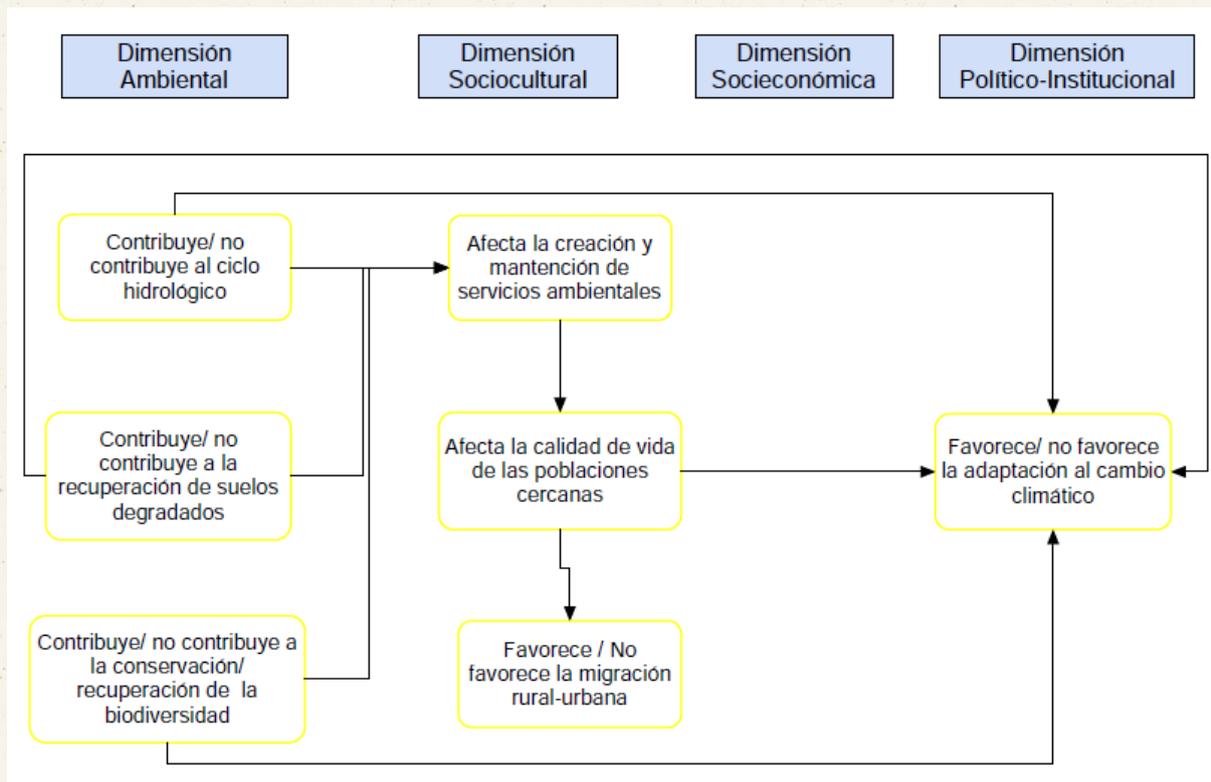
con viveros locales y con condiciones de suelo y clima semejantes a los suelos en donde se establecerán las plantaciones, ya que los suelos tienen propiedades distintas¹³.

- f. Para el caso de las plantaciones con especies exóticas, es importante destacar que no hay especies *per se* dañinas, y que los impactos sociales y ambientales que se les han asociado radican principalmente con la forma cómo se ha desarrollado la actividad forestal en las últimas décadas. Hay experiencias positivas en plantaciones con especies exóticas, siempre que se haga un manejo adecuado, por ejemplo en agroforestería o en plantaciones con densidades más bajas (en laderas). Esto permite mantener el suelo, garantizar el abastecimiento de leña y disminuir la presión sobre el bosque nativo. Mientras en la pequeña escala esto parece factible, en una escala mayor representa importantes desafíos.
- g. 20 hectáreas de riego básico implican una cobertura de hasta 400/500 hectáreas físicas. En el caso de plantaciones con especies exóticas esto podría generar una gran cantidad de co-impactos. Aunque bajo ciertas condiciones se pueden mitigar esos co-impactos, se sugiere que esta medida se enfoque en pequeñas comunidades o pequeños agricultores (relacionados con INDAP y CONAF).
- h. En general se recomienda ampliar la gama de especies exóticas y nativas a utilizar. Además la experiencia indica que es importante evitar el monocultivo en grandes extensiones de terreno. Por ejemplo, se podría otorgar un mayor puntaje o doble bonificación a aquellos planes que presenten junto a la plantación exótica la mantención o restauración de bosque nativo.
- i. Se recomienda tener especial cuidado con la densidad asociada a la forestación relacionada con la producción de biomasa. Hoy en día se considera la plantación de 3.000 hasta 6.000 árboles por hectárea para este destino. Se indica que este tipo de plantación puede tener diversos impactos ambientales, además de una baja productividad en el largo plazo (debido a la gran cantidad de fertilizantes que se requiere para mantener ese nivel de plantación).
- j. Por otra parte, es fundamental avanzar en una planificación territorial donde se indique las ventajas y desafíos para realizar tanto plantaciones exóticas como nativas en los diferentes territorios (a través de sus políticas de fomento).
- k. Por último, se establece que es fundamental para el éxito de la medida el que la población sea parte de la definición de los sectores a ser plantados y que éste proceso contemple herramientas de divulgación (respeto a cultura y realidad local).

2.3 Diagrama de co-impactos

El diagrama presentado a continuación tiene por objetivo dar cuenta de los co-impactos analizados, haciendo especial hincapié en la dimensión de la sustentabilidad a la que pertenecen y en las relaciones que tienen entre sí. Se indican los co-impactos en neutro (contorno amarillo), debido a que el análisis se realizó de forma diferenciada entre plantaciones con especies exóticas y con especies nativas, teniendo diferentes valoraciones por parte de los expertos.

¹³ El Ministerio de Agricultura discrepa de esta afirmación, dado que actualmente se producen las plantas mayoritariamente en contenedores usando sustratos sobre la base de corteza, ubicándose los viveros en zonas de clima no necesariamente semejante a donde serán posteriormente instaladas; para adaptar las plantas a su sitio existen otras técnicas, que generan mejores resultados, a las nombradas en este documento.



2.4 Análisis por cada co-impacto referido a plantaciones con especies nativas

2.4.1 Dimensión ambiental

Co-impacto 1. Alteración del ciclo hidrológico

- Descripción

Las plantaciones nativas no afectan negativamente el ciclo hidrológico, ya que estas especies se encuentran adaptadas al régimen hídrico natural del territorio y por lo tanto tienen una menor demanda que las especies introducidas de rápido crecimiento. La forestación en cabeceras de cuenca favorece la conservación de recursos hídricos al mejorar las condiciones de drenaje del suelo, aumentando su capacidad de retención e infiltración de las aguas lluvias, enriqueciendo las napas freáticas y liberando estas aguas hacia los ríos y esteros de manera pausada, especialmente en la época estival. Las plantaciones nativas disminuyen además el escurrimiento superficial captando e incorporando el agua al interior del suelo, esto debido a la contribución que hacen a la formación y conservación de un sustrato rico de suelo (ver siguiente co-impacto). En definitiva, las especies nativas, al tener características que les permiten adaptarse mejor a las condiciones de las zonas donde pertenecen, regulan la entrega de agua de una cuenca, así como también contribuyen a la disminución de los efectos más extremos de las lluvias, vientos y sequía.

- Condiciones bajo las cuales se genera

Este co-impacto positivo se lograría en la medida que la reforestación asegure el establecimiento de los individuos y se realice en las cabeceras de cuenca, reforestando además zonas buffer en torno a

ríos y esteros. Además, se debe considerar que los co-impactos son a largo plazo ya que primero se debe establecer un bosque. Los primeros años no habrían efectos positivos, incluso se podría requerir apoyo con riego a las plantaciones en la época de verano dependiendo las zonas donde se establezcan. Este co-impacto depende además de los requerimientos hídricos de la especie, que deben ser adecuados a las condiciones climáticas del lugar. De lo contrario la plantación podría incluso reducir el agua subterránea disponible y afectar negativamente el ecosistema.

- Información adicional

Dentro de la información requerida para la estimación de la magnitud del co-impacto se destacó la necesidad de contar con mapas hidrológicos, catastros de vertientes, medición de caudales e identificación de disminución de la escorrentía, definición de superficie de la cuenca cubierta por bosque nativo, plantaciones y praderas, percepción local de cambios en la disponibilidad de agua y superficies históricas de regadío predial según percepción local.

En la literatura se ha identificado que los bosques nativos afectan de manera positiva al ciclo hidrológico, especialmente cuando se encuentran cercanos a cursos de agua permanente, a diferencia de las plantaciones con especies exóticas (Oyarzún et al, 2011).

Co-impacto 2. Recuperación de suelos degradados

- Descripción

Las plantaciones con especies nativas contribuyen a la recuperación de suelos degradados, protegiendo la capa superficial de suelo del arrastre por lluvias, mejorando la estructura y fertilidad del suelo con el aporte de materia orgánica, especialmente en zonas de protección degradadas como quebradas, bordes de ríos, zonas afectadas por incendio, entre otras. Este tipo de plantaciones aumentan la biomasa disponible en el suelo, mejorando las condiciones físicas, químicas y de humedad en él retenida. La gran cantidad de plantas arbustivas y herbáceas que crecen bajo especies de mayor tamaño, sus hojas y raíces contribuyen a controlar el escurrimiento de las aguas evitando por tanto el daño que produce especialmente la erosión de los suelos.

- Condiciones bajo las cuales se genera

Dependiendo del grado de erosión, las especies nativas podrán o no ser indicadas para contribuir a la recuperación de suelos. Posiblemente serán más aptas cuando la recuperación se haya iniciado de manera natural, los primeros procesos de establecimiento se hayan hecho con especies colonizadoras nativas, y las condiciones climáticas sean aún favorables para su crecimiento. La plantación se debe realizar con especies nativas que ayuden a recuperar suelos degradados y que sean de rápido crecimiento, cuyas raíces se pueden desarrollar en suelos pobres entregando una cobertura y estabilizando la erosión. Además, se requiere que la plantación se acompañe de siembra de especies menores y hierbas junto a las especies de mayor crecimiento. Además se recomienda establecer especies pioneras para incorporar gradualmente especies más exigentes de las condiciones ambientales, comenzando con especies locales más rústicas adaptadas a condiciones adversas.

Este co-impacto sería mayor si la plantación se realiza en suelos con pendientes o laderas, ya que en ellas la erosión es generalmente más intensa. Adicionalmente, este tipo de medidas será más

efectiva si está enmarcada en un ordenamiento territorial que permita identificar previamente qué zonas tienen prioridad

- Información adicional

Será necesario determinar mediante estudios previos el tipo de daño que sufre el suelo y determinar las causas; a partir de ello, surgirán las medidas concretas a aplicar, así por ejemplo serán muy particulares las medidas cuando se trata de suelos con daño físico, causado por la erosión en sus distintos niveles o intensidad, o si se trata de suelos contaminados por salinidad, u otros agentes, sean metales, compuestos inorgánicos, hidrocarburos, plaguicidas, otros.

Dado que las plantaciones se realizan especialmente en suelos con pendientes, generalmente con daños por la erosión, es necesario coordinar con instrumentos públicos que permitan combinar las plantaciones con otras medidas, tales como la protección de los suelos por ejemplo con zanjas de infiltración, los canales de desviación, los diques de pistas y piedras, los gaviones o empalizadas, los fajines, las microterrazas, etc.

Co-impacto 3. Contribuye a la conservación/recuperación de la biodiversidad

- Descripción

La forestación con especies nativas, promueve la creación de bosques o la restauración de éstos, lo que lleva en el corto y mediano plazo a la creación de hábitat para las especies nativas, favoreciendo la conservación de ecosistemas, generando la oportunidad para que múltiples especies co-habiten las áreas naturales, ya que junto a las especies nativas se desarrollan un conjunto de especies menores tanto arbustivas como herbáceas. Además, la vegetación nativa es refugio de especies (insectos, aves y animales) que influyen o están relacionadas con la existencia de otras especies que favorecen incluso a la agricultura (por ejemplo la dependencia del copihue y quintral con el picaflor).

- Condiciones bajo las cuales se genera

Para que este co-impacto efectivamente se logre, es importante que las zonas plantadas no sean reforestadas por monocultivo nativo sino que se respeten las asociaciones propias de cada ecorregión. Además es necesario la siembra de especies menores y hierbas junto a las especies de mayor crecimiento. Por otra parte, se destaca que la creación de corredores biológicos es importante para fortalecer este co-impacto y que deben mitigarse las amenazas a la reforestación tales como el ganado, por lo que este tipo de actividades debiera tener un desarrollo más relevante en modificaciones futuras a instrumentos normativos sectoriales.

- Información adicional

El impacto positivo puede no reflejarse en un corto plazo, dado que los ecosistemas requieren de un conjunto de condiciones para (re-) establecerse en un área. Dentro de la información requerida para la estimación de la magnitud del co-impacto se destaca la identificación de mayor diversidad de especies de flora y fauna asociadas la presencia de bosque nativo, además un mayor conocimiento en torno a los procesos de floración, polinización y distribución de semillas de diversas especies, dentro de otros servicios ambientales asociados a los bosques.

2.4.2 Dimensión sociocultural

Co-impacto 4. Afecta la creación y mantención de servicios ambientales

- Descripción

La reforestación con especies nativas puede generar diversos servicios ambientales de regulación, provisión o de carácter cultural. Por otra parte, ésta puede favorecer la regulación hídrica con parámetros normales para el territorio y el desarrollo de otros servicios asociados a la retención del suelo, a la conservación de la biodiversidad, al aumento de la presencia de polinizadores, el embellecimiento del paisaje, el fomento del turismo y de la recreación.

- Condiciones bajo las cuales se genera

Este tipo de medida debe considerar el seguimiento a mediano y largo plazo, ya que debido a la dificultad de desarrollar estas plantaciones con un interés productivo, una vez realizada la bonificación, no existe necesariamente el interés en que se consolide el bosque, lo que es fundamental para lograr los servicios ambientales. Para facilitar esto sería importante otorgar un beneficio permanente en el tiempo asociado a la mantención de la plantación realizada. Por otra parte, para lograr este co-impacto positivo, se requiere avanzar en un ordenamiento territorial donde la comunidad local participe en la toma de decisiones respecto de las fuentes de agua que hay que proteger, los corredores biológicos, el tipo de turismo que quieren desarrollar, entre otras necesidades.

- Información adicional

Dentro de la información requerida para la estimación de la magnitud del co-impacto se destaca el número de fuerza de trabajo vinculada a los productos forestales no madereros (en adelante PFNM), los volúmenes de recolección de PFNM, la medición de caudales hídricos, y el número de visitantes asociados a actividades turísticas.

Co-impacto 5. Afecta la calidad de vida de las poblaciones cercanas

- Descripción

Es posible identificar un mejoramiento del bienestar de la población en la medida que la calidad del ecosistema en el que habitan mejora. Las plantaciones con especies nativas mejoran la estabilidad en la disponibilidad de agua, aumentan la calidad del aire (por menor número de partículas en suspensión), y regulan el microclima local. Además se reduce el riesgo de aluviones o deslizamientos de suelo, ya que aumenta el roce superficial y la sujeción a través del enraizamiento. Por otra parte, mejora la calidad de vida al conservar el patrimonio natural que otorga múltiples servicios ecosistémicos, entre ellos crea oportunidades de recreación, mejorando el paisaje. Asimismo provee una mayor oferta de productos de recolección de uso alimenticio, medicinal y artesanal, lo que puede ser un importante aporte a las economías locales y a la mantención de modos de vida ancestrales. En general, la recolección es una labor precaria, informal y son los sectores más vulnerables los que dependen en mayor medida de la estacionalidad de estos productos. La realidad indica que hay una pérdida de estos productos, haciendo cada día más difícil su obtención, lo que se podría contrarrestar con la presencia de plantaciones de este tipo. Por último, las plantaciones

nativas tienen mayores posibilidades de integrar la visión del territorio de las comunidades aledañas, generando una reintegración de la zona a la cosmovisión de las comunidades.

- Condiciones bajo las cuales se genera

Para que efectivamente la plantación tenga un impacto en la calidad de vida de la población, se debe priorizar en una forestación enmarcada dentro de un plan de ordenamiento territorial que incorpore a la comunidad. Se debiera considerar los requerimientos y necesidades de la comunidad local en general, incluir procesos de consulta en el diseño de las intervenciones. Además, se identifica que se lograría mejor este co-impacto si se promueve la plantación de especies nativas, maderables y medicinales para las comunidades indígenas, complementadas con especies de doble propósito. También se pueden incorporar en esta medida los productos forestales no maderables como por ejemplo el maqui, calafate, rosa mosqueta etc. Finalmente, para que la población más vulnerable se vea beneficiada y adopte esta medida es importante la divulgación de la medida y la educación de la comunidad, además de subsidiar a los propietarios forestales por especies que puedan tener doble propósito para que permita la mantención de estas especies en el tiempo.

- Información adicional

Dentro de la información requerida para la estimación de la magnitud del co-impacto se destaca la identificación de la recuperación de espacios degradados y de vertientes, la disminución de probabilidades de deslizamiento de tierras y erosión, el aumento y estabilidad en las fuentes de agua y la existencia de productos y servicios vinculados a servicios ambientales para la población, como turismo, recolección, paisaje, etc.

2.4.3 Dimensión político-institucional

Co-impacto 6. Favorece la adaptación al cambio climático

- Descripción

Las especies nativas, al poseer demandas factibles a ser suplidas por las condiciones climáticas de su entorno, son menos vulnerables a cambios en el clima, por lo que pueden adaptarse de mejor manera. Además, dada sus características, favorece la adaptación al cambio climático de múltiples formas, por ejemplo a través de la reducción de riesgos de aludes e inundaciones al proteger quebradas, restauración de riveras, en el aumento de la biodiversidad y la regulación del ciclo hidrológico local.

- Condiciones bajo las cuales se genera

Para que efectivamente se favorezca la adaptación al cambio climático, hay que tener especial cuidado en la selección de especies, que sean nativas locales o adecuadas a las nuevas condiciones climáticas que presenten los sitios, de manera que presenten la mayor plasticidad ambiental en relación al contexto climático para poder responder de mejor forma a los cambios en el clima. Además, para lograr este co-impacto se requiere que se asegure el establecimiento de las plantaciones y con ello se fortalezcan los ecosistemas. Finalmente, se recomienda que este tipo de medida también vaya acompañado de un perfeccionamiento de programas de prevención y control de incendios forestales así como medidas de fomento a la conservación.

2.5 Análisis por cada co-impacto referido a plantaciones con especies exóticas

2.5.1 Dimensión ambiental

Co-impacto 1. Alteración del ciclo hidrológico

- Descripción

Se observa que el establecimiento de algunas plantaciones de grandes extensiones de pinos y eucaliptus han afectado negativamente los cursos de aguas superficiales y subterráneas, disminuyendo la disponibilidad del agua total disponible, afectando a las poblaciones locales vecinas. Esto se podría deber a la disposición inadecuada dentro de la cuenca, a su extensión, y requerimientos hídricos en el caso de los eucaliptus, ya que son especies que requieren cantidades considerables de agua, lo que afecta las fuentes de recursos hídricos (dependiendo de la zona climática).

- Condiciones para evitar este co-impacto

Para disminuir este co-impacto es necesario regular la densidad de la plantación, la diversidad de especies y la diversidad de usos, considerando la capacidad de carga del sitio en cuestión. Por otra parte, es necesario aumentar los estudios y su distribución geográfica que permitan clarificar y contextualizar bajo qué condiciones las plantaciones generan estos efectos negativos y comunicarlas de manera adecuada a la población, especialmente las colindantes con estas plantaciones. Además se recomienda buscar otras alternativas para las plantaciones y evitar las especies de alto requerimiento hídrico como el eucaliptus. Finalmente, el Estado bajo estas nuevas condiciones y requerimientos, debe regular la gestión general de las plantaciones sean con especies exóticas o nativas para evitar futuros inconvenientes e incompatibilidades con el uso sustentable en el manejo de cuenca para la provisión de agua.

- Información adicional

Para hacer una evaluación con mayor profundidad de este co-impacto es necesario considerar la cobertura de plantaciones con especies exóticas establecida en la cuenca, la ubicación de la plantación dentro de la cuenca (parte alta, media o baja), la población asociada a la cuenca y sus actividades productivas (ej. superficie bajo riego), las operaciones de manejo y cosechas en quebradas y las prácticas de manejo de desechos de explotación (ordenamiento de desechos que obstruyen circuitos de escurrimiento y permitan infiltración del agua, contaminación de las aguas por fumigación), y además determinar un benchmark a nivel de cuencas para poder monitorear el desempeño real de las actividades y plantaciones con relación al balance hídrico.

En la literatura se ha documentado el impacto que tienen este tipo de plantaciones en el ciclo hidrológico, por ejemplo identificando claras diferencias entre las plantaciones de eucaliptos y los bosques naturales debido a la mayor pérdida de agua que se registra en las hojas de los eucaliptos de crecimiento rápido (Palmberg-Lerche, 2002). En este sentido, se afirma que el ritmo de crecimiento de los árboles es proporcional a la cantidad de agua que utilizan. En consecuencia, si el objetivo de la plantación es producir un gran volumen de madera, debe esperarse que los árboles consumirán

inmensas cantidades de agua (Poore et al, 1987). Además, la infiltración de agua sería mayor en áreas con bosque nativo que en plantaciones (Oyarzún et al, 2011), lo que influiría en la recarga de los acuíferos.

Co-impacto 2. Recuperación de suelos degradados

- Descripción

Dependiendo del grado de erosión, las especies exóticas podrán ser un elemento relevante para contribuir a la recuperación de suelos. Sin embargo, dada la característica de las especies exóticas tradicionalmente utilizadas en esta medida (pino, eucaliptus), los daños provocados por la erosión se ven aminoradas en una primera etapa, pero no controlados totalmente. Este tipo de plantaciones evita la erosión por retención mecánica pero es altamente extractiva de nutrientes. Por otro lado, en aquellos suelos ácidos, el problema se podría ver acentuado. Si la plantación se establece y se compone de plantas caducas, se aumenta la biomasa disponible en el suelo, mejorando las condiciones físicas, químicas y de humedad en él retenida. Sin embargo, cuando se aplican prácticas silviculturales como tala rasa se favorece la erosión del suelo, lo cual no es atribuible a un tipo de cobertura en especial. Posiblemente estas especies serán más aptas en procesos donde se necesite de un resultado rápido, por ejemplo para frenar los procesos de desertificación.

- Condiciones bajo las cuales se genera

El comportamiento positivo o negativo de las especies exóticas en la recuperación de suelos degradados dependerá de los objetivos de la recuperación de suelos y de las prácticas que se establezcan para ello, ya que características propias de las especies, adecuadamente manejadas pueden ser propicias para usos productivos y ambientales.

Para que una plantación con especies exóticas contribuya a la recuperación de suelos se debe definir las especies más apropiadas para la zona geográfica y el tipo de suelo, regular el manejo (por ejemplo no realizar tala rasa en grandes superficies de suelos degradados sino a través de una explotación parcializada con superficies máximas según la condición geográfica y tipo de suelos), hacer las plantaciones en suelos de pendientes o laderas de ríos y combinar las plantaciones exóticas con especies nativas en franjas, y regular las extensiones en cada situación, entre otras consideraciones técnicas y sociales.

- Información adicional

Dentro de la información requerida para poder estimar la magnitud del co-impacto se encuentra un análisis de la modificación en la composición química y la estructura de los suelos, además es necesario considerar el objetivo productivo de la superficie, si se trata de plantaciones con cobertura permanente, las especies que se utilizarán, la densidad de la plantación y el manejo. Si el predio es productivo se deben analizar los ciclos de rotación, donde se asocia a períodos de retención y de pérdida.

Algunos estudios identifican que hay una pérdida de nutrientes tanto en el proceso de explotación maderera, como también asociado a la mayor escorrentía y erosión del suelo, donde esto se podría relacionar con la frecuencia de las extracciones (Palmberg-Lerche, 2002). En el caso de los eucaliptos, la fertilidad del suelo depende primordialmente del estado del suelo antes de la

plantación, la tasa de crecimiento y los intervalos entre extracciones. En este contexto, si los eucaliptos se utilizan para remplazar, por ejemplo, un bosque húmedo natural que no ha sido alterado por el hombre, la escorrentía y el empobrecimiento del suelo probablemente aumentarán. Por el contrario, si los eucaliptos se plantan en tierras degradadas descubiertas de vegetación, o con una cubierta arbórea escasa, cabe esperar una disminución de la escorrentía y del empobrecimiento del suelo (Palmberg-Lerche, 2002).

Co-impacto 3. No contribuye a la conservación/recuperación de la biodiversidad

- Descripción

La reforestación con especies exóticas afecta a los ecosistemas endémicos y al ser mono específicas disminuyen la biodiversidad presente. Esto se debe a que en las plantaciones con especies exóticas, se observan escaso desarrollo de otras especies. Debido al corto tiempo que transcurre entre plantación, cosecha y nuevas plantaciones, en el mismo terreno, el desarrollo de otras especies es menor. Además, el uso de elementos químicos que se suele aplicar en estas plantaciones hace más difícil el establecimiento de especies nativas que puedan crecer. Sin embargo, cuando contribuyen al establecimiento de corredores biológicos, pueden ser favorables para el desplazamiento de macrofauna y el anidamiento de aves, además si la plantación se establece en un sector que estaba previamente erosionado y sin vegetación, la plantación permitirá que aumente la diversidad biológica del sector.

- Condiciones para evitar este co-impacto

Para evitar este co-impacto es necesario gestionar bajo otros parámetros el establecimiento de monocultivos forestales de especies exóticas, además de considerar la incorporación de otras especies exóticas y nativas, o multipropósito en plantaciones comerciales, aumentando las consideraciones ambientales para su establecimiento y manejo. Se recomienda evaluar las funciones ecosistémicas necesarias y forestar con especies que cumplan con dichas funciones.

- Información adicional

En la literatura se ha identificado que si bien las plantaciones pueden tener efectos adversos en la biodiversidad, la forestación en tierras gravemente degradadas puede proporcionar beneficios netos tanto en captura de carbono como en biodiversidad (Parrota et al., 2012). Mientras, un estudio sobre los efectos de la forestación en los países nórdicos dio como resultado que este proceso afecta fuertemente la composición de especies en todos los grupos funcionales (algunas especies desaparecen y otras colonizan un nuevo hábitat). Estos cambios también se producen por la especie introducida y la gestión de los árboles seleccionados. Hay casos de hongos e invertebrados que aumentaron su número (Elmarsdottir et al., 2008).

2.5.2 Dimensión sociocultural

Co-impacto 4. Afecta la creación y mantención de servicios ambientales

- Descripción

Las plantaciones exóticas entregan significativamente menos servicios ecosistémicos que las nativas. Por otra parte, se registra una pérdida de los servicios culturales y de recolección, además de cambios del paisaje (turismo) cuando éstas reemplazaron cobertura vegetación endémica, pero no así cuando fueron establecidas en tierras degradadas por un uso histórico intensivo por parte de la agricultura.

- Condiciones para evitar el co-impacto

Para evitar este co-impacto es necesario evaluar detalladamente las especies exóticas, su extensión y la ubicación de las tierras a forestar, evitando además el desarrollo de plantaciones en áreas de importancia ambiental o cultural.

- Información adicional

Dentro de la información requerida para poder estimar la magnitud del co-impacto se relevó la necesidad de construir una matriz de servicios asociados, incluyendo información de biodiversidad, cambios en la cobertura, monitoreo de parámetros sobre recursos hídricos, suelo y carbono que sean de utilidad para determinar una correcta evaluación de las intervenciones en el tiempo, así como registrar el cambio en territorios con potencial turístico, en el paisaje y belleza escénica, entre otros.

Co-impacto 5. Afecta la calidad de vida de las poblaciones cercanas

- Descripción

Actualmente el impacto de las plantaciones no es del todo positivo hacia las poblaciones cercanas, por cuanto no requieren de gran cantidad de mano de obra y la que se ocupa, además de ser escasa²⁴, es de carácter temporal. Además, las poblaciones colindantes a grandes extensiones de plantaciones se han visto afectadas por la menor disponibilidad de servicios ambientales, por los efectos colaterales de las operaciones forestales alteración en los espacios de recolección o cambios en el paisaje. Por otra parte, de la forma como se han establecido las plantaciones forestales con especies exóticas, no han considerado aspectos relacionados con las cosmovisiones indígenas, ni tampoco con el ordenamiento territorial. Las condiciones de vida de la población más vulnerable al cambio climático se pueden ver empeoradas, especialmente la población indígena, por cuanto este tipo de plantaciones establecidas sin considerar parámetros socioambientales podrían dificultar el crecimiento de especies utilizables para alimentación, medicina, u otros usos que afecten su bienestar. Sin embargo, paralelamente, este tipo de plantaciones puede reducir el riesgo de aluviones o deslizamientos de suelo, ya que se aumenta el roce superficial y la sujeción a través del enraizamiento

- Condiciones para evitar este co-impacto

Para evitar este co-impacto es fundamental establecer nuevas regulaciones en los instrumentos de fomento sectoriales que definan el manejo de este tipo de plantaciones y la gestión de sus eventuales impactos negativos, así como potenciar y ampliar los potenciales beneficios. Para este

²⁴ Existen posiciones divergentes frente a este tema, algunos expertos consideran que las plantaciones forestales si son importantes generadoras de empleos y que incluso en algunos países las grandes plantaciones se hicieron en época de recesiones económicas, para reducir la cesantía.

motivo, es importante desarrollar instancias de diálogo y evaluaciones permanentes con las comunidades locales y pueblos indígenas, así como avanzar hacia un ordenamiento territorial que permita orientar estos nuevos requerimientos y escenarios, para así contrastarlos con aspectos ambientales de forma espacial. Asimismo es relevante que se promuevan ajustes a la tributación local de las empresas para que parte de los beneficios que se perciben por las actividades forestales a gran escala puedan quedarse en una mayor proporción a nivel local, ya sea como inversión o bien para mejorar y financiar instancias de diálogo y seguimiento de las actividades forestales. Además de que se priorice la mano de obra local. Finalmente, es importante definir una política forestal diferenciada en las regiones con comunidades locales y población indígena de manera de no alterar su bienestar significativamente.

- Información adicional

Dentro de la información requerida para poder estimar la magnitud de los co-impactos se debe considerar una evaluación de los requerimientos de agua para uso agrícola y ganadero, del aumento o disminución de los servicios ambientales, de los cambios en las fuentes de empleo y otros parámetros sociales, así como pérdidas en territorios con potencial turístico y de terrenos para otras actividades productivas.

En la literatura se ha identificado que las plantaciones con especies exóticas (particularmente las de rápido crecimiento) han sido criticadas durante décadas por los fuertes impactos en las comunidades locales (Charnley, 2005; Gerber, 2011; Barr and Sayer, 2012). Sin embargo, en otros estudios también se observan beneficios económicos asociados a este tipo de plantaciones, relacionadas con un aumento de oportunidades locales, mejora de incentivos financieros, nuevos puestos de trabajo y mejora en la disponibilidad de bienes y servicios (Oviedo, 2005; Mansourian et al., 2005b; Rands et al., 2010).

Para el caso chileno, estos antecedentes contrastarían con los índices de pobreza que se observan en los territorios de expansión de la industria forestal, los cuales corresponden a los más altos del país, en particular en aquellas regiones donde la presencia demográfica indígena es mayor. Sin embargo, se debe aclarar que estos parámetros no responderían sólo a los impactos de las plantaciones forestales con especies exóticas⁴⁵. Por ejemplo, la Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional, CASEN 2009, refleja que la provincia de Arauco en la Región del Biobío presenta índices de pobreza que se elevan sobre el 25% de la población, mientras que en las provincias de Malleco y Cautín, en la Región de La Araucanía, éstos son del orden del 25% y 35,1%, respectivamente (CASEN, 2009). La tasa de desempleo sigue esta misma tendencia, y se observa que en la Región del Biobío los desocupados alcanzan el 12,8% y en La Araucanía el 13,2% (CASEN, 2009). Finalmente, respecto a la eventual capacidad de la industria forestal de constituirse en una alternativa de absorción de empleo en la región, estudios realizados por un equipo multidisciplinario, a petición de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), descartan esta posibilidad. En ellos se sostiene que las plantaciones no constituyen una alternativa para generar empleo en forma permanente y estable, debido a la baja capacidad de absorción de mano de obra por unidad de superficie, la que alcanza un promedio de 13.7 a 13.8 días de trabajo/ha/año en la primera rotación, cuando se trata de pino radiata, y es aún menor en el caso del eucalipto (Unda y Stuardo, 1996).

⁴⁵ Hay múltiples estudios que coinciden en que las comunas forestales presentan mayores índices de pobreza, sin embargo no hay consenso en que la causa sean las plantaciones, de hecho estas comunas ya estaban entre las más pobres del país antes de que se iniciaran las plantaciones.

Co-impacto 6. Favorece la migración rural-urbana

- Descripción

El empeoramiento del bienestar en las zonas rurales genera incentivo para su abandono. De acuerdo a lo que se observa en los territorios aledaños a las plantaciones con especies exóticas esta situación no es distinta. En la actualidad, el proceso migratorio campo-ciudad de las personas, especialmente de jóvenes no ha disminuido y puede que aumente en algunos sectores de no mediar políticas públicas que reviertan esta situación.

- Condiciones para evitar este co-impacto

Para contribuir a la mitigación de este co-impacto es necesario que se promuevan diversos incentivos para que la juventud permanezca en los campos, por medio del apoyo a iniciativas productivas que generen fuentes de empleo agrícola, artesanal o de agregación de valor a la producción maderera, tanto para hombres como mujeres. Además, es posible fortalecer la permanencia de pequeños y medianos propietarios con instrumentos de apoyo complementarios a sus actividades, a través de la mejora en la infraestructura productiva, servicios, y acceso a centros urbanos.

2.5.3 Dimensión político-institucional

Co-impacto 7. No favorece la adaptación al cambio climático

- Descripción

La forestación con especies exóticas podría afectar la presión por los recursos hídricos, intensificando los efectos del cambio climático y repercutiendo en la capacidad de adaptación del entorno, especialmente al constituirse en grandes extensiones de monocultivos en áreas claves al interior de las cuencas. Sin embargo, los niveles de adaptación y demandas hídricas de estas especies son conocidas y si se consideran las proyecciones climáticas en la ubicación de las plantaciones, las especies exóticas pueden ser más flexibles constituyéndose en una alternativa económica factible para nuevas áreas, donde producto del cambio en los parámetros climáticos locales la presión por el uso del bosque nativo aumente.

- Condiciones para evitar este co-impacto

Es necesario realizar plantaciones de especies exóticas combinadas con especies nativas y otras multipropósito bajo nuevos parámetros y requerimientos sociales y ambientales.

C. BIBLIOGRAFÍA

- Alistair Allen and Deborah Chapman. *Hydrogeology Journal*. August 2001, Volume 9, Issue 4, pp 390-400
- Asrun Elmarsdottir, Arne Fjellberg, Gudmundur Halldorsson, Maria Ingimarsdottir, Olafur K. Nielsen, Per Nygaard, Edda Sigurdís Oddsdóttir, Bjarni D. Sigurdsson. 2008. Effects of afforestation on biodiversity. In *AFFORNORD: Effects of afforestation on ecosystems, landscape and rural development*. Edited by G. Halldórsson, E.S. Oddsdóttir, and B.D. Sigurdsson. *TemaNord 2008:562*, Nordic Council of Ministers, Copenhagen. pp. 37-47.
- Barr, C.M. and Sayer, J.A., 2012. The political economy of reforestation and forest restoration in Asia–Pacific: Critical issues for REDD+. *Biological Conservation* 154:9-19.
- Binggeli, P. (2001). The human dimensions of invasive woody plants. In McNeely, J.A. (ed.). *The Great Reshuffling: Human Dimensions of Invasive Alien Species*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, United Kingdom.
- Charnley, S., 2005. Industrial Plantation Forestry, Do Local Communities Benefit? *Journal of Sustainable Forestry* 21(4):35-57.
- Christel Palmberg-Lerche. *Los Efectos Ambientales, Sociales y Económicos de los Eucaliptos*. Documento de Trabajo Fp/17s. FAO, Roma (Italia), 2002.
- Christensen, B.T. (1996.) The Askov long-term experiments on animal manure and mineral fertilizers. In: Powlson DS, Smith P, Smith JU (eds) *Evaluation of Soil Organic Matter Models Using Existing, Long-Term Datasets*, pp. 301-312. NATO ASI 138, Springer-Verlag, Heidelberg.
- Chang, E., Chung, R., Wang, F. 2008. Effect of Different Types of Organic Fertilizers on the Chemical Properties and Enzymatic Activities of an Oxisol Under Intensive Cultivation of Vegetables for 4 years. *Soil Science & Plant Nutrition* 54: 587–599.
- ECCP Working Group 7 - Agriculture (2001). *Mitigation potential of Greenhouse Gases in the Agricultural Sector*
- Fronning, E., Thelen, D., and Min, H. 2008. Use of Manure, Compost, and Cover Crops to Supplant Crop Residue Carbon in Corn Stover Removed Cropping Systems. *Agronomy Journal* 100 (6): 1703–1710.
- Feng, Y. and X. Li. 2002. A tool to Determine Long-term Sustainable Manure Application Rate for Alberta Soils. Report to Canadian-Alberta Beef Industry Development Fund. p120.
- Frêne, C. 2010. Hacia un nuevo Modelo Forestal en Chile. *REVISTA BOSQUE NATIVO* 47: 25 - 35, 2010.
- Gerber, J.-F., 2011. Conflicts over industrial tree plantations in the South: Who, how and why? *Global Environmental Change*, 21(1):165-176.
- Guo, L.B. and Gifford, R.M., 2002. Soil carbon stocks and land use change: a meta-analysis. *Global Change Biology* 8(4): 345-360.
- Goudriaan J, Unsworth MH (1990) Implications of increasing carbon dioxide and climate change for agricultural productivity and water resources. In: *Impact of carbon dioxide, trace gases, and climate change on global agriculture* (ed Kimball BA), pp. 111-130. ASA Special Publication Number 53.
- Goyal, S., Chander, K., Mundra, M. C., & Kapoor, K. K. (1999). Influence of inorganic fertilizers and organic amendments on soil organic matter and soil microbial properties under tropical conditions. *Biology and Fertility of Soils*, 29(2), 196–200. <http://doi.org/10.1007/s003740050544>
- Huber, S., B. Syed, A. Freudenschuß, V. Ernstsén and P. Loveland (2001). Proposal for a European soil monitoring and assessment framework. European Environment Agency, Technical report 61, 58 pp., Copenhagen, May 2001.
- Infanti, L. 2008. Danos Hoy el Agua de Cada Día. Carta Pastoral, Obispo Vicario Apostólico de Aysén.

- Ilstedt, U.; Malmer, A.; Verbeeten, E.; Murdiyarso, D. *Forest Ecology & Management*; Oct 2007, Vol. 251 Issue 1/2, p45-51, 7p
- Jenkinson, D.S., D.D. Harkness, E.D. Vance, D.E. Adams and A.F. Harrison, 1992. Calculating net primary productivity and annual input of organic matter to soil from the amount and radiocarbon content of soil organic matter.
- Jenkinson, D.S., P.B.S. Hart, J.H. Rayner, and L.C. Parry, 1987. Modeling the turnover of organic matter in long-term experiments at Rothamsted. *INTECOL Bulletin*, 15:1-8.
- Jobbagy, E., and Jackson, R. 2003. "Patterns and Mechanisms of Soil Acidification in the Conversion of Grasslands to Forests." *Biogeochemistry* 64: 205-229.
- Kirchmann, H. and R. Andersson (2001). The Swedish system for quality assessment of agricultural soils. *Environmental Monitoring and Assessment* 72: 129-139.
- Kimble, J. M., R. Lal and R. R. Follett, 2002. Agricultural Practices and policy options for carbon sequestration: what we know and where we need to go. In *Agricultural practices and policies for carbon sequestration in soil* eds by Kimbel, J.M., R. Lal, and R.F. Follett. New York, Lewis Publishers, p 512.
- Kolenbrander, G.J. (1974). Efficiency of organic manure in increasing soil organic matter content. In: *Transactions of the 10th Congress of the International Society of Soil Science, Moscow, Vol. II*, pp. 129-136.
- León, J., González, M., Gallardo, J. 2011. Ciclos biogeoquímicos en bosques naturales y plantaciones de coníferas en ecosistemas de alta montaña de Colombia. *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744)* Vol. 59 (4): 1883-1894.
- Leyton, J. Tenencia forestal en Chile.
- Lilienfein, J., Wilcke, W., Ayarza, M., Vilela, L., Lima, S., and Zech, W. 2000. "Soil Acidification in Pinus Caribaea Forests on Brazilian Savanna Oxisols." *Forest Ecology and Management* 128: 145-157.
- Mansourian, S., Aldrich, M. and Dudley, N., 2005b. A Way Forward: Working Together Toward a Vision for Restored Forest Landscapes. In: *Forest Restoration in Landscapes: Beyond Planting Trees*, edited by S. Mansourian, D. Vallauri and N. Dudley. New York: Springer.
- Matsumoto, N., Paisancharoen, K., and Hakamata, T. 2008. "Carbon Balance in Maize Fields Under Cattle Manure Application and No- Tillage Cultivation in Northeast Thailand." *Soil Science and Plant Nutrition* 54: 277-288.
- M.E.D. Poore y C. Fries. *Efectos Ecológicos de los Eucaliptos*. FAO. 1987.
- Mortimer, D. (1998). Current land management and stewardship schemes in the EU and their implications for land use. Working Paper No. 1, Jackson Environment Institute, University College London, pp. 24.
- Orlando, B., Baldock, D., Canger, S., Mackensen, J., Maginnis, S., Socorro, M., Rietbergen, S., Robledo, C. and Schneider, N. (2002). *Carbon, Forests and People: Towards the integrated management of carbon sequestration, the environment and sustainable livelihoods*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. vi + 42 pp.
- Oviedo, G., 2005. Land Ownership and Forest Restoration. In: *Forest Restoration in Landscapes: Beyond Planting Trees*, edited by S. Mansourian, D. Vallauri, and N. Dudley. New York: Springer.
- Oyarzún C., Frêne C., Lacrampe G., Huber A., Hervé P.. Propiedades hidrológicas del suelo y exportación de sedimentos en dos micro cuencas de la Cordillera de la Costa en el sur de Chile con diferente cobertura vegetal. *BOSQUE* 32(1): 10-19, 2011.
- Pimentel, D. (1995). *Environmental and Economic Costs of Soil Erosion*. *Science*, 267, 1117-1123. <http://doi.org/10.1126/science.267.5201.1117>
- Plantinga, A.J., & Wu, J. (2003). Co-benefits from carbon sequestration in forests: Evaluating reductions in agricultural externalities from an afforestation policy in Wisconsin. *Land Economics*, 79(1), 74-85.

- Rands, M.R.W., Adams, W.M., Bennun, L., Butchart, S.H.M., Clements, A., Coomes, D., Entwistle, A., Hodge, I., Kapos, V., Scharlemann, J.P.W., Sutherland, W.J. and Vira, B., 2010. Biodiversity Conservation: Challenges Beyond 2010. *Science* 329(5997): 1298-1303.
- Resh, S.C., Binkley, D. and Parrotta, J.A., 2002. Greater Soil Carbon Sequestration under Nitrogen-fixing Trees Compared with Eucalyptus Species. *Ecosystems* 5(3): 217-231.
- Román, P., Martínez, M. Pantoja, A. MANUAL de COMPOSTAJE del AGRICULTOR, Experiencias en América Latina. FAO, 2013.
- Strahm, W. and Rietbergen, S. (1999). Green invaders. *World Conservation* 3-4/99: 11. IUCN, Gland, Switzerland.
- SAG. Agricultura Orgánica Nacional. Bases técnicas y situación Actual.
- Smith, W.N. Desjardins, R.L. and Patty, E. (2000). The net flux of carbon from agricultural soils in Canada 1970-2010. *Global Change Biology*. 6, 557 - 568.
- Smith P. (2001). Verifying Sinks under the Kyoto Protocol. VERTIC Briefing Paper 01/3, July 2001.
- Smith, P., Smith, J.U. & Powlson, D.S. (1996). Soil Organic Matter Network (SOMNET): 1996 Model and Experimental Metadata. GCTE Report 7, GCTE Focus 3, Wallingford, Oxon, 259pp.
- Song, Z., Gao, H., Zhu, P., Peng, C., Deng, A., Zheng, C., ... Zhang, W. (2015). Organic amendments increase corn yield by enhancing soil resilience to climate change. *The Crop Journal*, 3(2), 110–117. <http://doi.org/10.1016/j.cj.2015.01.004>
- Waters, A.G., and J.M. Oades. (1991). Organic matter in water stable aggregates. In: W.S. Wilson (Ed), *Advances in Soil Organic Matter Research: The Impact on Agriculture and the Environment*. R. Soc. Chem., Cambridge: 163-174.
- Zhang, H., Xu, M., and Zhang, F. 2009. "Long-Term Effects of Manure Application on Grain Yield Under Different Cropping Systems and Ecological Conditions in China." *Journal of Agricultural Science* 147 (1): 31.

D. ANEXO- listado de expertos

Experto/a	Afiliación institucional
Carol Ramírez	SAG
Cecilia Céspedes	INIA
Erick Zagal	Universidad de Concepción
Francisca Alvear	SAG
Mario Rivas	Departamento de acción Social de Temuco (DAS).
Mauricio Huenschulaf	ONG Lonko Kilapan
Paulina Aldunce	Universidad de Chile
Pablo Palma	Secretario Técnico de Corporación Certificación de Leña y otros productos del bosque, Biobío
Victoria Alonso	Consultora Templado