



VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN LAS VÍAS DE SACA DE COSECHA FORESTAL

Larocca, Federico¹; Dalla Tea Fernando², Neifert, Miguel¹ y Luna Ayrton¹.

¹Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia. Salta 277. Concordia. Argentina. n.p.utnconcordia@gmail.com

²Forestal Argentina S.A. Parque Industrial Concordia. Concordia. Argentina.

RESUMEN

El tránsito de maquinaria en el aprovechamiento forestal modifica propiedades físicas del suelo y conlleva consecuencias en la productividad posterior del suelo y en funciones vinculadas al agua alterando el microambiente, entre otros efectos. El objetivo del trabajo es contribuir a la valorización económica del impacto de las huellas de vías de saca por el tránsito de maquinaria en condiciones de suelo inadecuadas. Se evalúan Parcelas Permanentes de Medición en los años siguientes a un raleo comercial en lotes forestales de *Eucalyptus grandis* del sudeste de Corrientes. Para valorizar el impacto, se emplean tres métodos: 1. Merma de productividad 2. Costo de reparación y 3. Valoración contingente.

En los 30 meses analizados, se registraron mermas en el crecimiento del 16% en las parcelas con huellas respecto a las sin huella que significan 8.885 \$/ha (pesos argentinos por hectárea) si se valora por el método de pérdida de productividad. De acuerdo al cálculo del costo de reparación, las labores que podrían recuperar propiedades del suelo, costarían 3.527 \$/ha, mientras que la valoración contingente determinó la pérdida estimada por los entrevistados de un 15% del valor de mercado de la tierra lo que significó 7.575 \$/ha. Se concluye que: se producen pérdidas importantes que son valoradas con diferencias según el método utilizado, la estimación de pérdida de productividad arrojó el mayor valor, el costo de reparación un valor sensiblemente menor a los otros dos; mientras la valoración contingente dio respuestas medias comparables con el método de pérdida de productividad, pero las grandes variaciones según el rol que ocupan los actores consultados, indican que se debe tener especial cuidado en la selección y el balance de respuestas de los entrevistados.

Palabras claves: valor, suelo, compactación

INTRODUCCIÓN

De alrededor de 1.200.000 ha de forestaciones implantadas en la Argentina, más del 75% se encuentran en la Mesopotamia, especial importancia ha tomado la provincia de Corrientes en las últimas dos décadas debido al crecimiento exponencial de su superficie forestada que se estima supera las 420.000 ha (más del 35% del total del país). Respecto a las especies, las del género *Pinus* (*elliottii* y *taeda*), son las predominantes y, en segundo término, el *Eucalyptus grandis* (Ministerio de Agroindustria, 2017).

En la cosecha forestal, se utilizan maquinarias específicas para cortar o extraer los árboles, ya sea en raleo o en tala rasa. Esta operación se ha ido mecanizando progresivamente, incorporando máquinas de mayor porte, capacidad de trabajo y que realizan un mayor número de tareas. Son capaces de trabajar en condiciones más desfavorables, transportan más carga y a su vez tienen un peso propio mayor.

Según el capítulo 9 de la Guía de Buenas Prácticas Forestales para la Provincia de Corrientes (Rolón, 2014), “cuando el contenido de humedad del suelo es excesivo, se deberían suspender las operaciones temporalmente hasta que las condiciones permitan reanudarlas sin producir los daños como compactación, formación de huellas y mezcla de suelo por tráfico de maquinaria”. Sin embargo la demanda constante de materia prima por parte de la industria sumada a los problemas de logística que conlleva cambiar de sitio o de zona las operaciones de cosecha y los sociales y económicos que generan tener grandes equipos de trabajo, parados o suspendidos en épocas de lluvias abundantes, llevan a realizar la cosecha y la extracción aún a costa de producir impactos ambientales y económicos.

El objetivo de este trabajo es estimar el valor económico de estos impactos por tres métodos diferentes a fin de contrastarlos verificando su utilidad para generar una herramienta para valorizarlos en una unidad de medida común, que contribuya al decidir si entrar o no a cosechar un lote cuando las condiciones del suelo no son las adecuadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El análisis se realizó en predios forestados con *Eucalyptus grandis* en el departamento Paso de los Libres, Corrientes, Argentina, unos 10 km al norte de la localidad homónima, sobre suelos *Paleudalfes ródicos*. Los lotes analizados fueron plantados con *Eucalyptus grandis* en el año 2005, con un distanciamiento de 4 metros entre filas y 2,3 metros entre plantas, resultando una densidad inicial media de 1087 plantas/ha. En el año 2008 -3 años de edad-, fueron raleados “a pérdida” llevando la densidad remanente entre 650 y 700 plantas/ha. A los 9 años de edad -entre noviembre de



2014 y febrero de 2015-, se realizó un raleo comercial y selectivo, dejando una densidad remanente de 313 plantas/ha. Este último raleo se ejecutó utilizando un cosechador y un procesador, y la extracción (principal causante de la huella) con un “forwarder” marca *John Deere 1710*, el cual extrajo 16 Mg (toneladas) en cada viaje –con un número variable de pasadas en función de la distancia al borde del lote, ocasionando las huellas en las vías de saca (1 cada 4 filas).

Para determinar valor del daño por el tránsito de la maquinaria en el lote, de los métodos listados por Tomasini (2008), se utilizan y comparan los tres que serían aplicables en esta situación:

- pérdida de productividad
- costo de reparación
- valoración contingente.

Valoración económica de la pérdida de productividad

Para estimar la pérdida de productividad se evalúan cinco pares de parcelas, cada uno en condiciones de sitio similares en los que una parcela está *Con Huella* recientemente producida (se toman las dos filas laterales a la vía de saca) y su par *Sin Huella*. Cada parcela tiene una superficie de 2.244 m² y cuenta con 70 árboles en pie. Se midieron los diámetros a 1,3 m de altura desde el suelo (DAP) y la altura total de los árboles remanentes del raleo apenas producida las huellas y se volvieron a medir a los 18 y 30 meses. A partir de esas variables se determinó el volumen total al momento de producirse el impacto y el crecimiento posterior. Comparando el volumen producido por cada uno de los tratamientos y su producto por el precio de mercado, tomando como referencia la última publicación disponible de la Planilla de Precios Forestales – Zona NE de Entre Ríos, correspondiente al 30 de Noviembre de 2017 (INTA EEA Concordia 2017). Para ajustar el precio a la zona estudiada se realizó un descuento por la diferencia de flete hasta Paso de los Libres.

Valoración por “Costo de Reparación”

Para la estimación del costo de reparación, se realizó la determinación al valor de las labores que podrían reparar algunas de las propiedades del suelo afectadas, en este caso se calculan los costos operativos de un esquema de labores utilizado en lotes similares que consiste en: pasar en primer término un despejador tipo *V Shear* empujado por un tractor “*Valtra A 990*” de 95 HP, (con el objetivo de empujar hacia los costados de la línea de trabajo los residuos remanentes de la cosecha), posteriormente dos pasadas de rastra mediana de tiro de 2 cuerpos de 18 discos, con 2,5 metros de ancho de labor y dos pasadas de subsolador, que al demandar mayor potencia, requiere un tractor tipo “*Valtra BM-125i*” 4x4 de 132HP. Se calculó el Costo Operativo Total, constituido por el Costo Fijo Total que incluye: amortizaciones, intereses, personal y resguardo más el Costo Variable Total, que incluye: combustibles y lubricantes más gastos de reparación y mantenimiento. Al dividir esta suma por la capacidad operativa, se obtuvo el costo operativo por hectárea.

Paralelamente se realizaron consultas a tres prestadores de servicios diferentes por el costo de cada una de las operaciones. De los valores presupuestados se calcula el promedio para comparar con el costo elaborado según el párrafo anterior en el que se suponía el uso de “maquinaria propia”.

Método de “Valoración Contingente”

Para la valoración contingente se utilizaron cuestionarios simulando una situación de un mercado hipotético, en donde se busca determinar la “disposición a pagar” por un lote sin huellas o con huellas. Se estratificaron los encuestados en 5 “grupos de interés” según su rol dentro del sistema: 1.- Propietarios de forestaciones, 2.- Ingenieros agrónomos o forestales 3.- Prestadores de servicios de plantación, 4.- Prestadores de servicios de Cosecha, y 5.- Intermediadores comerciales. Se entrevistaron 5 actores de cada uno de los 5 grupos. Las entrevistas se realizaron con un formulario mostrando tres pares de imágenes reales del sector en estudio con y sin el impacto y una serie de 8 preguntas, 7 de ellas con valores tabulados para poder operarlos matemáticamente y una abierta final para recopilar datos no previstos. 2 de las 8 preguntas tienen el objetivo de control. Finalmente se obtiene un valor medio final a través de un análisis cuantitativo.

Los valores de costos precios y cambio utilizados para los tres métodos fueron los que se muestran en la tabla 1:

Tabla 1: Costos, precios y valores de cambio utilizados

Tipo de cambio (BNA 13/03/18 promedio compra-venta U\$S)	\$ 20,20
Precio gas oil (sin IVA)	\$ 17,79
Remuneración total mensual tractorista	\$ 20.040
Precio neto de mercado por megagramo (tn) diferencial producida	\$ 753

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizaron evaluaciones de la densidad aparente y de la resistencia mecánica a la penetración del suelo que no son abordadas en este trabajo pero que pueden encontrarse en “Valoración económica del impacto de la maquinaria de cosecha forestal sobre el suelo” (Luna y Neifert, en prensa). Estos resultados confirman diferencias significativas en ambas propiedades, encontrando registros mayores a los que la bibliografía considera limitantes para el crecimiento.

Evolución del crecimiento de los árboles: Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el crecimiento del año posterior a la producción entre las parcelas que la tuvieron *Huella* y las que no. La tabla 2 muestra los volúmenes totales apenas raleado (y producidas las huellas) y a los 18 y 30 meses posteriores.

Tabla 2: Evolución del volumen total en parcelas *Con* y *Sin Huella* (en m³ sólidos/ha)

Fecha de medición (meses desde el impacto)	Enero de 2015(mes 0)		Agosto de 2016(mes 18)		Agosto de 2017 (mes 30)	
Par	SIN	HUE	SIN	HUE	SIN	HUE
1	185,5	220,0	243,0	268,8	-	297,8
2	182,6	184,2	237,4	235,5	-	-
3	163,4	136,5	217,3	175,8	268,1	214,6
4	188,6	184,0	240,4	232,4	274,9	275,0
5	185,0	195,6	245,2	246,1	-	-
Promedio total Vol/ha	181	184	237	232	271	262

SIN = Sin Huella / HUE = Con Huella

Debido a que en el año 2017 se realizó la tala rasa de los pares 2 y 5, y de la parcela sin huella del par 1, no pudo completarse la última medición en los 5 pares. Con las parcelas remanentes en pie, se corrobora que de acuerdo a la última medición, la diferencia continuaba incrementándose. Para la última medición a los 30 meses del raleo, se analizan los pares restantes al 2017, es decir, los promedios de los pares 3 y 4, y la parcela con huella del par 1.

En la Tabla 2, se puede observar un crecimiento mayor en 16% para las parcelas *Sin Huella* (52,9 m³/ha + 42,6 m³/ha) sobre las parcelas *Con Huella* (45,5 m³/ha + 36,8 m³/ha) en las dos mediciones.

Durante el total del período analizado (enero 2015-agosto 2017), en las parcelas *Con Huella* se registra un crecimiento de 82,3 m³/ha y en las parcelas *Sin Huella* de 95,5 m³/ha, siendo la pérdida de productividad por el efecto de la huella de 13,2 m³/ha.

Valoración económica de la pérdida de productividad: Dada la distribución diamétrica, se consideró que el crecimiento diferencial entre uno y otro tratamiento corresponde a las categorías comerciales de mayor diámetro (rollos mayores a 25 cm de diámetro) según la planilla de precios ya citada. Con ello y las equivalencias entre unidades de medida se construye el valor final que resultó **8.885 \$/ha** por este método tal como se muestra en la tabla 3. Se debe tener en cuenta que este valor cuantifica las pérdidas sólo para los 30 meses analizados y los efectos podrían continuar, además este valor sería sólo parcial ya que se estima sobre la productividad de los eucaliptos, pero no se están evaluando otros efectos como alteraciones en el sistema que influyen en el ciclo del agua entre otras cosas.

Tabla 3: Estimación del valor de la pérdida de producción en las parcelas *Con Huella*

Producto	Especificación	Unidad	Valor
Rollizo para aserradero elaborado sobre camión (NE de E. R.)	Eucalipto (+25cm)	\$/ton	1040
	Eucalipto (+25 cm podado, con raleo)	\$/ton	1150
Valor promedio del rollizo	Eucalipto	\$/ton	1095
Servicios	Elaboración (corte y carga)	\$/ton	-190
Diferencial de flete	Flete P. Libres (250\$/tn) - Flete corto (98\$/tn)	\$/ton	152
Precio neto		\$/ton	753
Mg (Tn) perdidas de producir	s/conversión de la misma cita:0,9 ton/m ³	Tn/ha	11,8
Valor de la pérdida	11,8 tn/ha x 753 \$/ton	\$/ha	8.885

Valoración por “Costo de Reparación”: En la tabla 4 se observa el costo operativo total de las labores propuestas. La tabla 5 muestra los presupuestos de cada actividad resultantes de las consultas a prestadores de servicios.



Tabla 4: Costo de labores según implemento utilizado y total por cada hectárea tratada

Implementos	Valor
Despejador	\$ 387
Rastra (x2)	\$ 1.212
Subsolador (x2)	\$ 1.928
TOTAL	\$ 3.527

Tabla 5: presupuestos de prestadores de servicios para las labores de reparación

Implementos	Contratista N° 1	Contratista N° 2	Contratista N° 3	Promedio
Despejador	\$565,46	\$613,29	\$581,78	\$586,84
Rastra	\$886,18	\$958,76	\$911,49	\$918,81
Subsolador	\$1.102,80	\$900,24	\$990,27	\$997,81

Utilizando los promedios de los tres presupuestos y aplicando las labores supuestas: 1 despejado más dos rastras más dos subsolados, se llega a la suma de **4.420 \$/ha** un 25% más que los 3527 \$/ha estimados para la realización con maquinaria propia, lo cual resulta consistente en la previsión de la ganancia del contratista.

Este costo “de reparación” que representa alrededor del 40 % (para maquinaria propia) o un 50 % (para maquinaria contratada) de la pérdida de productividad calculada, es un indicador claro de que si las labores son factibles de realizar y recuperan realmente las propiedades que limitan la productividad sería conveniente realizarlas ya que el mayor ingreso sería al menos el doble del costo incurrido. De todos modos debe tenerse en cuenta que son costos estimados en distinto “momento” del proceso productivo, es decir mientras el costo de reparación debería imputarse al momento inicial del análisis el de merma de la productividad resulta de aplicación al final del ciclo cuando se cosecha. Del mismo modo que se mencionó la limitación del método anterior, en este también la valoración es sólo parcial, ya que la pretendida “reparación” del suelo nunca es total en cuando al espacio ni a todas las propiedades alteradas. No debe soslayarse que este es un método de valoración y resulta en una aproximación, no asegura necesariamente que la aplicación de estas actividades propuestas restaure totalmente la productividad

Valoración contingente: El método de valoración contingente fue realizado entrevistando actores de la producción forestal tomando como referencia para la estimación la zona de Paso de los Libres durante el segundo semestre del 2017. La mayoría fueron entrevistados de manera presencial por los autores del trabajo, solo dos actores contestaron su entrevista por medio de un e-mail completando la planilla mientras se guiaba con una explicación telefónica. 4 encuestas fueron descartadas por errores iniciales en la toma de datos o por presentar fuertes inconsistencias en las preguntas de control, las mismas fueron vueltas a realizar con otros actores que ocuparan el mismo rol.

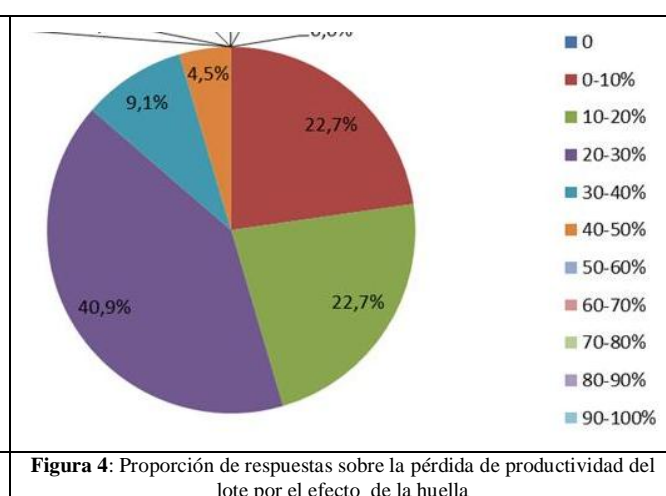
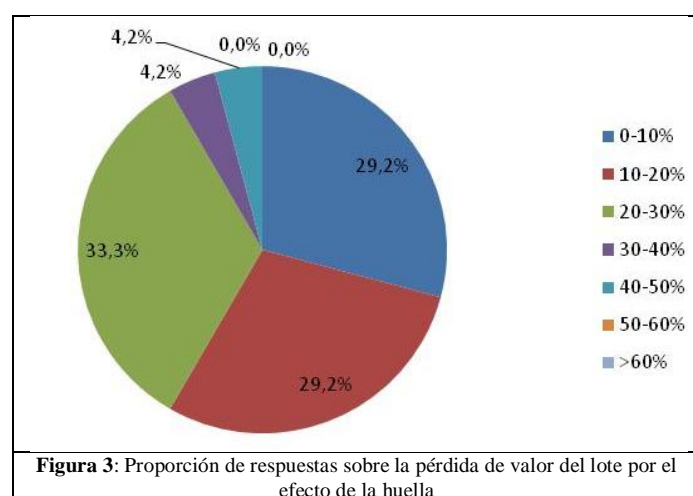
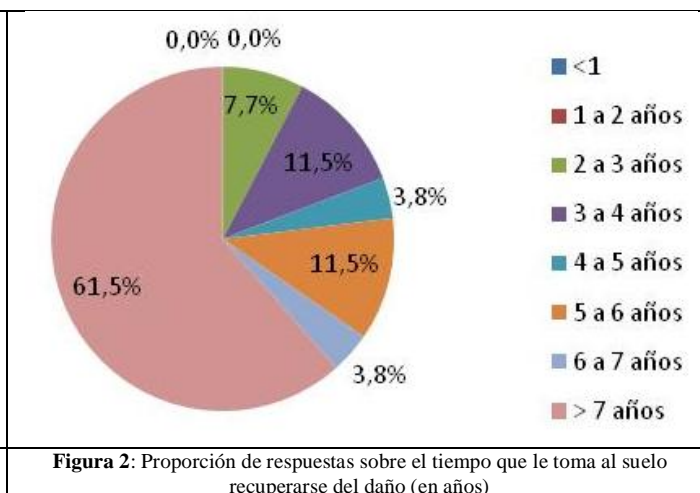
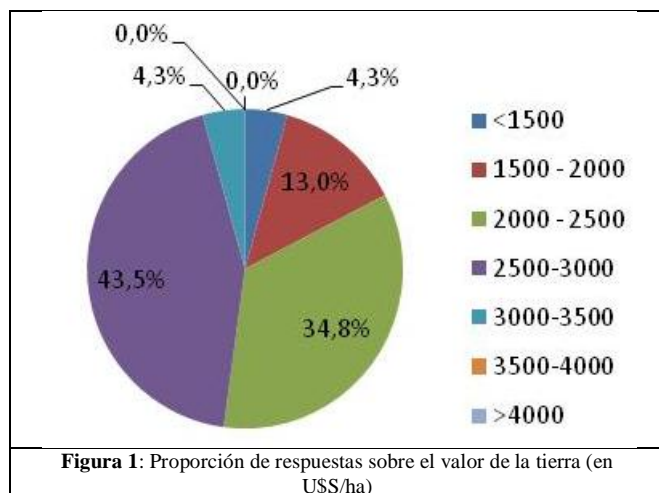
A la primera pregunta: *¿Cuál considera que es el valor promedio de la tierra para forestar con eucalipto en su zona de trabajo?*, cerca de un 78% de las respuestas se situaron en los valores de 2.000 a 2.500 y de 2.500 a 3.000 U\$S/ha para el valor de la tierra (figura 1). Utilizaremos por tanto el valor de 2.500 U\$S/ha promedio.

La figura 2 muestra las estadísticas de las respuestas a segunda pregunta: *¿Cuánto tiempo piensa que demora el suelo en recuperarse naturalmente?*, indica que un 61,5% de los entrevistados piensan que el suelo se recupera a más de 7 años, además ningún entrevistado piensa que tome menos de 2 años de recuperarse y el 92% piensa que toma más de 3 años.

La tercera pregunta fue: *¿Usted piensa que un lote presenta este tipo de huellas tiene un valor diferente a uno igual sin huellas?*, un 90% piensa que el efecto de la huella cambia el valor de venta del lote.

La figura 3 representa las respuestas a la cuarta pregunta: *¿En qué proporción cree que podría disminuir el valor de la tierra con huellas?*, un 29,2% considera que las pérdidas son entre 0 a 10%, la misma proporción entre 10 a 20% y un 33,3% opina de 20 a 30% del valor de la tierra, y el 8,4% consideró un valor superior al 30%. En función de estas respuestas, se considera que en promedio, la pérdida de valor estimada de estas respuestas es de un 15%.

A la pregunta: *¿Qué proporción de productividad piensa usted que puede cambiar por este tipo de compactación, sin ningún tipo de reparación?* (figura 4) se evidencia que el 22,7% piensa que la productividad se pierde entre 0% a 10%, la misma proporción entre 10% a 20% y un 40,9% opinó que se pierde entre un 20% a 30%, y un 13,7% restante consideró pérdidas superiores al 30%. De acuerdo a estas opiniones, se considera una pérdida promedio del 20% de productividad.



De la comparación de las respuestas en las figuras 3 y 4 surge una fuerte asociación entre la percepción de los consultados sobre el porcentaje de pérdida de valor de la tierra y el de pérdida de productividad con cierta tendencia a interpretar que pierde algo más de productividad que de valor. Comparando a su vez estas respuestas con los resultados de pérdida de productividad efectivamente medidas (16 % el primer año posterior al impacto) resultan similares.

A la pregunta: *¿Cuánto estima usted que podría costar laborear el terreno para reparar esta situación?*, el 11,8% opinó entre 1.000 a 2.000 \$/ha, el 35,3% entre 2.000 a 3.000 \$/ha, el 23,5% entre 3.000 a 4.000 \$/ha, y el 29,4% restante consideró valores superiores a 4.000 \$/ha, por lo cual se considera un costo algo por encima de los 2500 \$/ha, valor bastante menor que el obtenido por el método de “costo de reparación” obtenido (3527 \$/ha con maquinaria propia y 4.420 \$/ha con maquinaria contratada) diferencia se atenúa si se considera que los últimos fueron calculados en marzo de 2018 y las entrevistas 6 meses antes, período en el que el combustible incrementó su valor alrededor del 24%.

Tomando el 15% de pérdida de valor del lote que surge de las respuestas a la pregunta 4 (figura 3), y considerando el valor promedio obtenido de la primera pregunta (fig 1) de 2500 U\$S/ha, se concluye en que la pérdida por valoración contingente es de 375 U\$S/ha, a un valor de dólar estadounidense de 20,2 \$/U\$S que equivale a **7.575 \$/ha** (tabla 6), un resultado más cercano al obtenido por “pérdida de productividad” que al “costo de reparación”.

Valor promedio tierra en US\$/ha	2.500,00
Disminución proporcional del valor de la tierra	15%
Tipo de cambio (\$ / US\$)	20,20
Pérdida de valor (\$/ha)	7.575

Al analizar comparativamente por grupos de interés, se encontró que los intermediarios de compras-ventas, los propietarios y los que se dedican al servicio de plantación piensan que la tierra tiene un valor sustancialmente mayor a los ingenieros agrónomos y forestales y quienes se dedican al servicio de cosecha. A su vez, quienes se dedican a los



servicios de plantación, son los que consideran que la compactación disminuye el valor de la tierra en mayor medida (21%). Por otro lado quienes prestan servicio de cosecha son los que consideran el menor tiempo de recuperación (un promedio de 5,4 años), mientras ingenieros agrónomos y forestales, prestadores de servicios de plantación e intermediarios son los que piensan que más demora (más de 7 años en promedio de cada grupo). Marcando estas respuestas claramente la influencia del rol de cada grupo en la percepción del impacto es decir: quienes lo ocasionan al cosechar piensan que es menos importante que los que tienen que enfrentar el problema al replantar. De allí la importancia de balancear la cantidad de respuestas según roles en este tipo de valoración

CONCLUSIONES

El tránsito con maquinaria para extracción en raleo produce huellas y cambios en las propiedades físicas del suelo que determinan un menor crecimiento posterior. Al valorizar esa pérdida de productividad multiplicando por el precio “en pie” de la madera se llega a un valor de 8.885 \$/ha.

Otra forma de determinar el valor mínimo del impacto fue la sumatoria de las tareas culturales que podrían realizarse para recuperar al menos parte de las propiedades físicas deterioradas en el suelo, los 3.527 \$/ha realizado con maquinaria y personal propio o 4.420 \$/ha si se contrata una empresa de servicios (un 25% más).

La tercera forma de estimar el valor fue la Valoración Contingente, siendo tal vez el aporte más novedoso de este trabajo. Sobre un total de 25 entrevistados, el 90% considera que el lote pierde valor por estar compactado con las huellas. La pérdida de productividad promedio según los entrevistados, es de alrededor del 20%. En cuanto a la pérdida de valor del lote, se estimó en 15 % que para el caso determina un valor promedio de 7.575 \$/ha.

Los entrevistados por este método opinan que el efecto de la huella puede generar ciertas pérdidas económicas y otras productivas. Esto permite considerar el método de valoración contingente como una herramienta útil para determinar valores de acuerdo a actores relevantes en el tema.

Es notoria la influencia del rol del entrevistado dentro del sistema forestal sobre su percepción del problema y la valoración, por ello es determinante para la aplicación de este método un buen balance en ese sentido.

Los métodos empleados permitieron estimar la pérdida de valor, y pueden contribuir como herramienta para la toma de decisiones antes de producirla, pudiendo estimar a priori las pérdidas o cuánto costaría y analizar ello en contraste con los efectos por decidir no entrar a cosechar para evitar el impacto.

En futuros trabajos se podrían mejorar los resultados realizando mediciones a mayor plazo para valorar la duración del efecto sobre la productividad, ya que en la última medición a los 30 meses seguía diferenciándose el ritmo de crecimiento. A su vez, una mayor cantidad de entrevistados podría mejorar el método de valoración contingente, mientras que el método de costo de reparación podría mejorarse si aparecen nuevas soluciones tecnológicas para solucionar mecánicamente las propiedades del suelo deterioradas, ya que las labores propuestas no reparan totalmente la situación.

BIBLIOGRAFÍA

- INTA EEA Concordia. 2017. Planilla de precios forestales - Zona NE de Entre Ríos. INTA EEA Concordia, En Línea: <https://inta.gob.ar/documentos/planilla-de-precios-forestales-de-la-region-ne-de-entre-rios>. Consulta: 15/0318
- Ministerio de Agroindustria. 2017. Datos Abiertos Agroindustria. En línea: <https://datos.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=ForestalProduccion>. Consulta 1 de Abril de 2017,
- Neifert M. & A. Luna. En prensa. Valoración Económica del Impacto de la Cosecha Forestal sobre el Suelo. Trabajo de Seminario Final de Lic. en Adm. Rural. Fac. Reg. Concordia. Universidad Tecnológica Nacional.
- Rolón, M. 2014. Cap 9 Cosecha y Extracción. En: Saiz, Vera Bravo y Luna (Ed). Guía de Buenas Prácticas Forestales para la Provincia de Corrientes. AFoA - INTA – Fac. de Cs. Agrarias UNNE. Pp 43-46.
- Tomasini, D. 2008. Valoración económica del ambiente. En R. J. Fernández, V. Cervio, A. Ferrazzino, S. Formento, L. Giuffré, S. Ratto, M. I. Puentes, & L. Giuffré (Ed.), Agrosistemas: Impacto ambiental y sustentabilidad (Primera ed., págs. 187-214). Buenos Aires: Facultad de agronomía UBA.