



United States
Department
of Agriculture
Forest Service

Rocky Mountain
Research Station

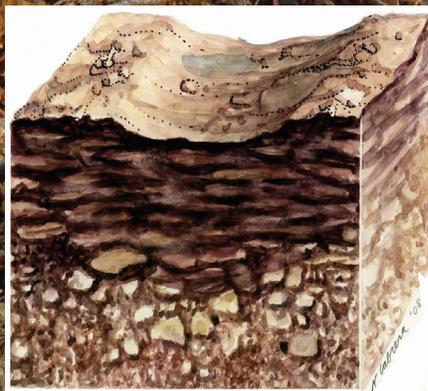
General Technical
Report RMRS-GTR-301

February 2013

Protocolo Para La Evaluación De Disturbios En Suelos Forestales

Volumen II: Métodos Complementarios, Estadística y Recolección De Datos

Autores: Deborah S. Page-Dumroese, Ann M. Abbott y
Thomas M. Rice



Page-Dumroese, Deborah S.; Abbott, Ann M.; y Rice, Thomas M. 2013 **Protocolo Para La Evaluación De Disturbios En Suelos Forestales. Volumen II: Métodos Complementarios, Estadística y Recolección De Datos.** Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-301. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 61 p.

Resumen general

Este documento-El Volumen II: Métodos complementarios, estadística y recolección de datos- define las bases, los métodos estadísticos y de almacenamiento de datos de un Protocolo Nacional para la Evaluación de Disturbios en Suelos Forestales. Esta guía técnica proporciona las bases de un método consistente, con definiciones comunes, para generar datos de alta calidad, de tal manera que los responsables del manejo forestal puedan acceder a ellos y puedan emplearlos para la toma de decisiones. Este volumen, junto con el Volumen I: Evaluación rápida, puede ser empleado para valorar los efectos del manejo forestal sobre el recurso suelo. La información obtenida mediante este protocolo puede ser fácilmente transmitida y utilizada por el público en general para describir las clases de disturbio del suelo antes y después del manejo. El Volumen III: Antecedentes científicos para la evaluación del suelo de los bosques nacionales y praderas, incluye las investigaciones científicas más actuales presentadas en un taller.

You may order additional copies of this publication by sending your mailing information in label form through one of the following media. Please specify the publication title and series number.

Publishing Services

Telephone	(970) 498-1392
FAX	(970) 498-1122
E-mail	rschneider@fs.fed.us
Website	http://www.fs.fed.us/rm/publications
Mailing address	Publications Distribution Rocky Mountain Research Station 240 West Prospect Road Fort Collins, CO 80526

Protocolo Para La Evaluación De Disturbios En Suelos Forestales

Volumen II: Métodos Complementarios, Estadística y Recolección De Datos

Autores: Deborah S. Page-Dumroese, Ann M. Abbott y
Thomas M. Rice

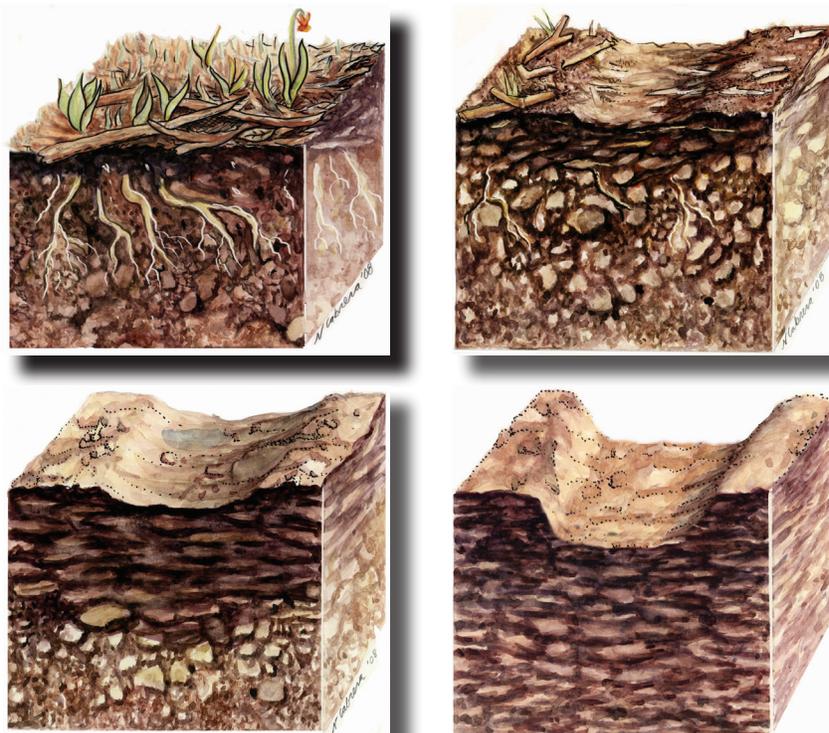
Traducción y adaptación al español

Ana M. Lupi

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Centro de Investigación de Recursos
Naturales (CIRN). Instituto de Suelos, Buenos Aires, Argentina.

Carmen Cerdá Aldama

Traductora



Esquema de Napper et al., 2009.

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) prohíbe en todos sus programas y actividades la discriminación en función de raza, color, nacionalidad, edad, discapacidad, y, en los casos que corresponda, género, estado civil, estado de familia, estado de paternidad, religión, orientación sexual, información genética, creencias políticas, en represalia, o porque el ingreso de una persona, en forma total o parcial, proviene de un programa de asistencia pública. (No todos los criterios prohibidos se aplican a todos los programas). Las personas con discapacidades que necesitan medios alternativos para la comunicación de la información del programa (Sistema Braille, letras grandes, cintas de audio, etc.) deben ponerse en contacto con el TARGET Center de USDA al teléfono (202) 720-2600 (voz y TDD). Si Ud. quiere presentar una queja de discriminación, escriba a USDA, Director, Office of Civil Rights, 1400 Independence Avenue, SW, Washington, DC 20250-9410, o llame al (800) 795-3272 o al (202) 720-6382 (TDD). USDA es un proveedor y empleador que ofrece igualdad de oportunidades para todos.

Contenido

Agradecimientos	v
Resumen general	vi
Introducción	1
Planilla electrónica de datos.....	1
Contexto histórico de la supervisión de los suelos forestales	2
Disturbios del suelo.....	3
¿Por qué utilizar clases visuales?.....	4
Necesidades actuales sobre los suelos forestales	7
Conceptos claves.....	7
Relación con otros inventarios federales y programas de evaluación	9
Programas de otras agencias federales.....	9
Cambios en el protocolo actual	10
Cómo decidir qué tipo de transecta utilizar	11
Cómo estratificar un área de actividad	12
Si la unidad es grande	12
Número de áreas de actividad para supervisar.....	13
Estrategias particulares de evaluación	14
Incendios forestales.....	14
Fuego prescrito o quema de residuos acumulados.....	14
Residuos forestales sin quemar	16
Áreas de acopio, caminos permanentes y temporarios	16
Cepas, árboles caídos	16
Planilla de cálculo	17
Planilla de campo en papel.....	17
Registrador de datos electrónico portátil y planilla de campo electrónica.....	18
Recolección de datos a campo. Normas y métodos	19
Cómo completar las hojas de trabajo	20
Datos para recoger en gabinete	20
Selección de indicadores.....	20
Objetivos de la evaluación	21
El método de relevamiento en el campo paso a paso.....	21
Evaluación de la línea de base (preactividad).....	22
Evaluación posactividad.....	24
Interpretación de los resultados.....	25
Definiciones de atributos e indicadores	26
Atributos del sitio.....	26
Textura del suelo	26
Vegetación	27
Estructura del suelo	27
Historia previa del área.....	27

Indicadores de suelo	28
Disturbios por el tránsito de máquinas	28
Desplazamiento	31
Atributos puntuales	32
Erosión	33
Quemas controladas y quema de residuos forestales acumulados	33
Asignación de una clase de disturbio	34
Garantías y control de calidad	35
Glosario	36
Literatura citada	38
Anexo A. Opciones de diseño de punto de control	43
Anexo B. Antecedentes estadísticos del protocolo para la evaluación de disturbios en suelos forestales	45
Anexo C. Ejemplos de las hojas de cálculo contenidas en la planilla del PEDSF	49
Anexo C-1. Ejemplo de hoja de cálculo para la evaluación de disturbios del suelo (Información SoLo)	49
Anexo C-2. Ejemplo de hoja de cálculo para la evaluación de disturbios del suelo (Selección de variables)	51
Anexo C-3. Ejemplo de hoja de cálculo para la recolección de datos de la evaluación de disturbios del suelo (Entrada de datos)	52
Anexo C-4. Ejemplo de hoja de cálculo para la evaluación de disturbios del suelo (Resultados)	54
Anexo D. Formulario de campo en papel y tablas para la determinación del tamaño de muestras	55
Anexo D-1. Ejemplo de formulario en papel para campo	55
Anexo D-2. Determinación del tamaño de la muestra para un margen de error de $\pm 5\%$	57
Anexo D-3. Determinación del tamaño de la muestra para un margen de error de $\pm 10\%$	58
Anexo E. Ejemplo de formulario para documentar disturbios del suelo en áreas con actividades previas	59
Anexo F. Descriptores del sitio de cada área de actividad	60

Agradecimientos

El enfoque y la metodología que presenta el Protocolo de evaluación en su Volumen I y Volumen II son el resultado de una importante colaboración entre el Servicio Forestal de EE. UU. y la sección de Investigación y Desarrollo del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de EE. UU. El trabajo fue liderado por la Estación de Investigación de las Montañas Rocosas del Servicio Forestal en cooperación con la Región Norte. Si bien el desarrollo de este protocolo ha sido guiado por un gran número de referentes de programas regionales de suelos, investigadores en suelos forestales, investigadores de la ciencia del suelo, profesores universitarios, científicos de suelos del Ministerio de Bosques y Praderas de la Columbia Británica; en particular queremos reconocer y agradecer los aportes y la supervisión de Sharon DeHart¹, Sue Farley², y Randy Davis³. Una gran cantidad de revisores, participantes de los talleres, estudiantes y técnicos pusieron a prueba este protocolo y brindaron ideas para su simplicidad y practicidad de uso. Su aporte ha sido extraordinariamente valioso.

Los efectos del disturbio del suelo sobre la productividad depende de....

Grado, se refiere a la cantidad de cambio en cualquier propiedad del suelo (densidad aparente, porosidad, etc.) y la profundidad del cambio en el perfil del suelo.

Extensión, se refiere a la superficie afectada por el disturbio (generalmente se expresa como un porcentaje).

Distribución, del disturbio dentro del área evaluada. Puede ser relativamente uniforme, dispersa en toda la unidad en pequeños polígonos o estar concentrada en una o más áreas.

Duración es la persistencia del disturbio en el tiempo.

¹ Ex referente del Programa Suelos de la Región Norte, Missoula, MT.

² Investigadora de Suelos Forestales, Helena National Forest, Helena, MT.

³ Jefe del Programa Nacional Suelos, Oficina de Washington, Washington, DC.

Resumen general

Este documento-El Volumen II: Métodos complementarios, estadística y recolección de datos- define las bases, los métodos estadísticos y de almacenamiento de datos de un Protocolo Nacional para la Evaluación de Disturbios en Suelos Forestales. Esta guía técnica proporciona las bases de un método consistente, con definiciones comunes, para generar datos de alta calidad, de tal manera que los responsables del manejo forestal puedan acceder a ellos y puedan emplearlos para la toma de decisiones. Este volumen, junto con el Volumen I: Evaluación rápida, puede ser empleado para valorar los efectos del manejo forestal sobre el recurso suelo. La información obtenida mediante este protocolo puede ser fácilmente transmitida y utilizada por el público en general para describir las clases de disturbio del suelo antes y después del manejo. El Volumen III: Antecedentes científicos para la evaluación del suelo de los bosques nacionales y praderas, incluye las investigaciones científicas más actuales presentadas en un taller.

Introducción

El Volumen I y el Volumen II del Protocolo de evaluación de disturbios en suelos forestales (PEDSF) provee información para una amplia gama de usuarios, entre ellos: técnicos, propietarios de tierras y de plantaciones forestales, profesionales e investigadores. El Volumen I: Evaluación rápida describe el método básico para establecer las transectas de supervisión del suelo y la evaluación adecuada de los sitios antes y después de las actividades de manejo que producen disturbios en el terreno, a partir de atributos físicos que pueden influir en la resiliencia y la sostenibilidad del sitio a largo plazo. El Volumen II: Métodos complementarios, estadísticas y recolección de datos, proporciona más detalles sobre el protocolo, el contexto histórico de la evaluación del suelo forestal, el uso de la estadística en este proceso y la interpretación de la información.

Planilla electrónica de datos

A medida que el protocolo sea mejorado, se actualizarán las planillas de carga de datos que se encuentran disponibles en el sitio <http://forest.moscowfsl.wsu.edu/smp/solo/documents/monitoring/forms/>.

Se está desarrollando una base de datos a partir de la información recogida mediante el PEDSF, para su almacenamiento. Los datos de campo convertidos al formato de base de datos serán luego importados a una base del PEDSF de orden nacional. Hasta lograr esto, la información debe mantenerse en los servidores locales o regionales.

En principio, la base de datos nacional combinará las características de dos productos: la base de datos SoLo, de la Estación de Investigación del Servicio Forestal de las Montañas Rocosas y la planilla de cálculo de disturbios ONSITE de la Región Sur. Posteriormente, ambas estas serán vinculadas a un Sistema de Información de Recursos Naturales.

SoLo se basa en un soporte informático de la Región Norte, de reporte online. Se accede sólo a partir de la intranet del Forest Service (fsweb), de forma segura, con el perfil del usuario, búsqueda por palabra clave, una *interface* de entrada de datos, resumen datos y funciones para exportar los mismos. La *interface* de entrada de datos consta de siete partes: identificación del sitio, ubicación del sitio, características del sitio, historia del sitio, actividad actual y efectos, resumen/conclusiones e información administrativa.

ONSITE es una base de datos de Microsoft® Access® que se puede distribuir en un disco compacto (CD) en versión usuario o administrador. Fue diseñada para registrar grandes áreas de disturbios en áreas de manejo. Dentro de la base de datos están las planillas para registrar la identificación del sitio, la ubicación, características físicas y tipos de disturbios del suelo (pérdida/movimiento, alteración, fuego) de la zona afectada, acompañada de una hoja (hoja de control) que permitirá calcular el área según la forma del disturbio (círculo, óvalo, rectángulo o triángulo).

Contexto histórico de la supervisión de los suelos forestales

Si bien hay muchas definiciones que describen qué es o qué debería ser la calidad del suelo en tierras públicas de Estados Unidos, el mantenimiento de la capacidad productiva del suelo es un objetivo común en cada una de ellas. El mantenimiento de la productividad y la calidad del suelo en las tierras del Sistema Forestal Nacional se rige por la Ley de Uso Múltiple y Producción Sostenible de 1969, la Ley de Planificación de los Recursos Renovables en Bosques y Pastizales de 1974 y la Ley sobre Manejo Forestal Nacional (NFMA) de 1976. Está claro el rol central que cumple la productividad del suelo sobre la sostenibilidad forestal, sin embargo no está tan claro qué propiedades del suelo se deben evaluar como indicadores de la sostenibilidad forestal (Burger y Kelting 1998, Page-Dumroese et ál. 2000, Staddon et ál. 1999).

El desafío ha sido el desarrollo de estándares de calidad de suelo para evaluar la amplia variabilidad de suelos forestales que pueden presentarse (Page-Dumroese et ál. 2000). Algunos suelos son resilientes a la actividad de manejo (cosecha, quema, preparación del sitio) mientras otros, por sus propiedades inherentes, tienen riesgo de perder su capacidad productiva luego del manejo de la vegetación (por ej., los que tienen un mantillo escaso o un suelo mineral poco profundo desarrollado sobre un manto rocoso [Burger y Kelting 1999]). Por lo tanto, es fundamental la definición de variables y protocolos de uso simple y práctico que ofrezcan información significativa para una amplia gama de sitios y que proporcionen un punto de referencia para evaluar cambios en el suelo (Page-Dumroese et ál. 2000).

La evaluación de una línea de base adecuada con propiedades sitio-específicas, tales como espesor del mantillo y cobertura del suelo, entre otras, ayudará a hacer proyecciones precisas y realistas de los potenciales cambios ocurridos en el sitio como consecuencia de las actividades de manejo. La Ley NFMA (y la legislación correspondiente) obliga a la Secretaría de Agricultura de los Estados Unidos, a través de la investigación y la supervisión, que los bosques nacionales sean manejados para proteger la productividad de las tierras (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura, USDA 1983). El Servicio Forestal estableció la primera aproximación a las normas de calidad del suelo en todas las regiones federales (Page-Dumroese et ál. 2000, Powers et ál. 1998). Las primeras normas de calidad tenían como objetivo ser herramientas de control que presumiblemente reflejaban el potencial del sitio y marcaban los umbrales donde la productividad se veía afectada de manera significativa.

El programa del Servicio Forestal sobre productividad de las tierras a largo plazo de América del Norte (LTSP) fue elaborado sobre el principio de que, bajo una determinada condición climática, la capacidad productiva del sitio se rige fuertemente por procesos físicos, químicos y biológicos fácilmente afectados por el manejo.

Propiedades fundamentales como la porosidad del suelo y la materia orgánica regulan la respuesta de un sitio al manejo, por su rol en el intercambio de agua y gases, las restricciones al enraizamiento, la actividad microbiana, la estabilidad de los agregados del suelo y la disponibilidad de recursos en general (Powers et ál. 2005). Estos sitios LTSP tienen ahora 15 años de edad y están alcanzando el cierre de la copa. Se han publicado numerosos trabajos de investigación (por ejemplo, Busse et ál. 2006; Fleming et ál. 2006; Page-Dumroese et ál. 2006a; Sánchez et ál. 2006) detallando cambios en los procesos del sitio

y en el crecimiento de los árboles. El estudio del programa LTSP proporciona el medio de calibración para vincular los disturbios del suelo que se describen en este documento con los cambios en la productividad potencial.

Disturbios del suelo

La calidad del suelo es un objetivo dinámico y nuestra idea de lo que es y cómo medirla ha evolucionado a lo largo de los años. Lamentablemente, la calidad del suelo no se puede medir de forma directa (Powers et ál. 1998). El dilema consiste en definir los elementos funcionales del suelo que sustentan la productividad biológica y la identificación de indicadores de calidad del suelo de estas funciones (Powers et ál. 1998). Los indicadores deben ser sensibles a las variaciones en el clima y al manejo; integrar propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo; además, deben ser prácticos y utilizables por varias disciplinas. Por lo tanto, el éxito de la evaluación se basa en la definición de los elementos funcionales del suelo que sustentan la productividad biológica y la identificación de indicadores de esas propiedades. Para sistemas agrícolas que tienen una menor variabilidad espacial y más intensidad de manejo, en comparación con los suelos forestales (Burger y Kelting 1998), se han propuesto indicadores útiles (Doran y Parkin 1994, Larson y Pierce 1994, Warkentin 1995). En Estados Unidos, debido a que los procesos y las propiedades de los suelos forestales son más variables y menos conocidos (Doran y Parkin 1994), probablemente no se justifique un enfoque detallado e intensivo para la evaluación extensiva de la calidad de los suelos forestales (Burger y Kelting 1998, Powers et ál. 1998).

En los ecosistemas forestales los disturbios ocasionados en el suelo ocurren con mayor frecuencia en el período comprendido desde la cosecha hasta la preparación del terreno, generando procesos de erosión laminar y en surcos. A partir de una revisión y análisis, de las evidencias sobre la pérdida de productividad del suelo luego del manejo forestal (Morris y Miller 1994, Powers et ál. 1990), se ha indicado que las propiedades físicas y el contenido de materia orgánica son los dos factores que podrían alterar la calidad edáfica, cambiando la habilidad de las raíces para soportar la masa foliar y la productividad primaria (Powers et ál. 1998).

Los efectos del disturbio del suelo sobre la productividad del sitio, la calidad del suelo o la función hidrológica del sitio dependen del *grado*, *la extensión*, *la distribución* y *la duración de los efectos* (Clayton et ál. 1987, 2007; Craigg y Howes 2007, Froehlich 1976, Snider y Miller 1985).

El grado y la duración de los efectos del disturbio dependen en gran medida de las propiedades inherentes del suelo, tales como la textura, la presencia de fragmentos gruesos o el contenido de materia orgánica. La extensión, la distribución y, en algunos casos, el grado de disturbio pueden ser controlados por restricciones en el manejo aplicado, como por ejemplo, cambio de la época de cosecha, modificación de la densidad y distribución de las vías de extracción o el número de pasadas de los equipos.

Para supervisar y cuantificar los cambios en las propiedades del suelo que podrían tener efectos perjudiciales sobre la productividad del sitio o la función hidrológica, necesitamos un método consistente que permita evaluar e informar los disturbios ocasionados al suelo, como resultado de las actividades de manejo. No es práctico ni deseable indicar simplemente un umbral perjudicial para el suelo (Craigg y Howes 2007). Los

Los efectos del disturbio del suelo sobre la productividad depende de....

Grado, se refiere a la cantidad de cambio en cualquier propiedad del suelo (densidad aparente, porosidad, etc.) y la profundidad del cambio en el perfil del suelo.

Extensión, se refiere a la superficie afectada por el disturbio (generalmente se expresa como un porcentaje).

Distribución, del disturbio dentro del área evaluada. Puede ser relativamente uniforme, dispersa en toda la unidad en pequeños polígonos o estar concentrada en una o más áreas.

Duración es la persistencia del disturbio en el tiempo.

silvicultores no desean degradar el suelo o causar deterioros a nivel de cuenca, pero tampoco deberían verse limitados en las posibilidades de aplicar algún manejo (Craig y Howes 2007). El sistema de clasificación de disturbios del suelo que se describe en este volumen proporciona el apoyo técnico para una comunicación eficaz de los resultados a especialistas y público en general. También permite establecer comparaciones de los resultados entre sitios.

Nuestros objetivos para este volumen son: recomendar términos comunes para describir los disturbios en suelos forestales, presentar una técnica estadística sólida para una aplicación de rutina a las clases visuales para la evaluación de suelos forestales y proporcionar métodos seguros para la clasificación de los efectos del manejo.

¿Por qué utilizar clases visuales?

Todas las actividades de manejo forestal, potencialmente, pueden generar disturbio en el suelo.

Algunos disturbios pueden ser benéficos si se planifican y se llevan a cabo bajo condiciones de suelo adecuadas y con los equipos apropiados. Por el contrario, la eliminación de los residuos forestales, el desplazamiento del suelo mineral, la compactación, el encharcamiento, la erosión y los fuegos de alta intensidad pueden tener efectos negativos sobre la productividad del sitio y la respuesta hidrológica. El Servicio Forestal debe ser capaz de manejar los disturbios del suelo con el fin de mantener la producción sostenible de los recursos naturales (Craig y Howes 2007).

Describir o definir estos disturbios del suelo en términos de variables tales como la resistencia mecánica del suelo, la porosidad y la densidad aparente hace que la evaluación de los cambios en el suelo como resultado de las actividades de manejo resulte costoso y difícil. La variabilidad del suelo y la variación en el patrón de distribución de las quemaduras o de los equipos forestales durante las operaciones pueden complicar aún más las evaluaciones. Factores adicionales como el clima (macro y micro), las prácticas de manejo de la vegetación, la genética y la distribución aleatoria de los residuos forestales en el terreno pueden afectar la extensión y el grado de disturbio del suelo, y los efectos posteriores sobre la productividad del sitio. Además, generalmente sucede que varios tipos de disturbio se producen en un mismo lugar, dando mayor complejidad a la evaluación. Por ejemplo, la eliminación del mantillo o piso forestal, el desplazamiento del suelo y la compactación generalmente se producen en el mismo lugar. En la mayor parte de los suelos forestales, la densidad aparente (la medida de la compactación) aumenta con la profundidad del suelo. En un suelo donde el horizonte superficial sufrió desplazamiento, el incremento natural de la densidad aparente podría confundirse con la compactación.

Una forma de simplificar y estandarizar las evaluaciones de los disturbios del suelo es el uso de clases visuales para describir el grado de cambio desde una condición natural o de preactividad, hasta los que resulten de las actividades de manejo. Las clases de disturbios visuales también permiten a los investigadores de suelos comunicar de forma más simple las condiciones deseables del suelo o las que se deberían alcanzar; así como también mostrar los efectos al público en general, a los contratistas y a otros especialistas. Los disturbios del suelo ocurren en un *continuum* sobre el paisaje y el uso de clases de indicadores visuales permite a un observador dividir esta variación en segmentos

significativos, descriptibles y repetibles. Independientemente de qué indicadores del suelo se usen, estos deberán ser adecuados, comparables con una línea de base disponible, ser aplicables sobre un área grande, ser de bajo costo y fáciles de usar (Burger y Kelting 1999). Asimismo, deben proporcionar un medio eficaz para comunicar los efectos del manejo sobre la productividad y resiliencia del suelo.

Las clases visuales han sido utilizadas por varias entidades públicas y privadas (por ejemplo, Block et ál. 2002, Craigg y Howes 2007, Curran et ál. 2005, Heninger et ál. 2002, Page-Dumroese et ál. 2006b) para evaluar el cambio en el disturbio del suelo desde la preactividad hasta posactividad de manejo. Las clases visuales ofrecen un método eficiente y consistente para la recolección de información. Curran et ál. (2007) informan que las categorías de disturbio visual proporcionan un método práctico para describir las alteraciones del suelo en un entorno forestal. Varios científicos de la ciencia del suelo del oeste de Estados Unidos (por ejemplo, Craigg y Howes 2007, Curran et ál. 2005, Curran et ál. 2007, Heninger et ál. 2002, Howes et ál. 1983, Page-Dumroese et ál. 2006b) han realizado investigaciones sobre el uso de indicadores visuales. Las investigaciones de estos autores sobre indicadores proporcionan información adicional sobre los indicadores visuales que se utilizan en el PEDSF (Tabla 1). La selección de estos indicadores se basa en investigaciones y experimentaciones realizadas durante varias temporadas de campo y testeadas en los bosques de Estados Unidos en un trabajo colaborativo con el Ministerio de Bosques y Praderas de la Columbia Británica y del área de distribución y la literatura publicada.

Tabla 1. *Indicadores visuales y su definición.*

Mantillo o piso forestal alterado	Incluye todos los horizontes orgánicos por encima de la superficie del suelo mineral.
Desplazamiento o disturbio de la superficie del suelo	Incluye primeramente el horizonte A. Si el horizonte A es somero o no desarrollado, la evaluación puede incluir otros horizontes. Este disturbio suele ser debido al tránsito de máquinas; no incluye el disturbio por "huellas" que se describe a continuación.
Huellas	Las huellas varían en profundidad, pero son principalmente el resultado del tránsito de máquinas. Las huellas son definidas como el desplazamiento de suelo generado por máquina o la compresión del suelo. Frecuentemente el amasado del suelo está presente dentro de la huella.
Quema (leve, moderada, intensa)	La intensidad de la quema se evalúa sobre el horizonte orgánico y sobre el suelo mineral. Se excluye la vegetación.
Compactación	La compactación por el tránsito de equipos da como resultado una compresión del perfil del suelo o el aumento de la resistencia a la penetración.
Estructura laminar/masiva/ amasado	Es la estructura laminar en el suelo mineral. Una estructura masiva indica que no hay agregados o unidades estructurales y el suelo es una masa coherente. El suelo amasado generalmente se presenta cuando se realizan operaciones con el suelo encharcado. Los poros del suelo son obstruidos y generalmente se reduce la infiltración del agua al perfil del suelo.

En este PEDSF se utilizan clases de disturbio (Tabla 2) como una aproximación para determinar si las alteraciones generadas sobre el suelo podrían considerarse perjudiciales para la productividad del sitio o la función hidrológica. Lo ideal es que se realice una validación de la respuesta vegetativa o cambios en la función hidrológica para distintos tipos de suelo, prácticas de tala y tipos de bosques. Luego de que se determine cada clase de disturbio en cada punto de muestreo dentro de un área de manejo, la información puede ser agrupada para calcular cuán perjudicial fue el disturbio en una determinada área, y lo que la cantidad y distribución del disturbio podría significar para la productividad a largo plazo.

Tabla 2. Clases de disturbio de suelo empleadas en el protocolo para la evaluación de los disturbios en suelos forestales (PEDSF). Las clases de disturbio del suelo aumentan con la intensidad del impacto, de la clase 0 a la clase 3.

<p>Clase de disturbio 0</p> <p>En la superficie del suelo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • No hay signos de compactación, es decir, no hay evidencias de tránsito de máquinas, huellas, ni surcos generados por arrastre en vías de extracción. • No hay depresiones o marcas evidentes de ruedas. • El mantillo o piso forestal está intacto. • No se observa desplazamiento del suelo. • No hay evidencias de erosión generada por el manejo aplicado. • Los restos orgánicos, el mantillo o el suelo mineral no están quemados, no hay carbón. <p>Podrían manifestarse fenómenos de repelencia del agua.</p>	<p>Clase de disturbio 1</p> <p>En la superficie del suelo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las huellas son débiles y las depresiones son menores de 5 cm de profundidad. • El piso forestal no está alterado. • El suelo mineral no muestra desplazamiento pero hay algo de mezcla con el subsuelo. • Quema leve: la profundidad del material carbonizado es menor de 1 cm. <p>Accesorio*: piso forestal carbonizado o consumido. Mantillo en gran parte intacto. Condición de repelencia del agua similar a lo anterior a la quema.</p> <p>Compactación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ligeramente mayor que la observada bajo condiciones naturales. • Concentrada en los primeros 10 cm de profundidad. <p>Observaciones de la condición física del suelo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cambio en la estructura del suelo de migajosa o granular a estructura masiva o laminar, en la profundidad a 0-10 cm. • La estructura laminar es discontinua. • Las raíces finas, medianas y grandes pueden penetrar y crecer en torno a la estructura laminar. No se observa enraizamiento en "J". • La erosión es leve.
<p>Clase de disturbio 2</p> <p>En la superficie del suelo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las huellas o depresiones son evidentes y tienen de 5 a 10 cm de profundidad. <p>Accesorio*: las capas del mantillo están parcialmente intactas o ausentes.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El suelo mineral superficial está parcialmente intacto o puede encontrarse mezclado con el subsuelo. • Quema moderada: la profundidad del material carbonizado es 1 a 5 cm. <p>Accesorio*: mantillo profundamente chamuscado o consumido. Superficie del suelo con manifestación de repelencia al agua en aumento en comparación con la condición prequema.</p> <p>Compactación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la compactación. Se puede presentar de 10 a 30 cm de profundidad. <p>Observaciones de la condición física del suelo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cambio en la estructura del suelo de migajosa o granular a estructura masiva o laminar; restringido a 10 a 30 cm. • La estructura laminar es generalmente continua. <p>Accesorio*: Las raíces grandes pueden penetrar en la estructura laminar, pero las raíces finas y medianas no.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La erosión es moderada. 	<p>Clase de disturbio 3</p> <p>En la superficie del suelo:</p> <p>Las huellas y las depresiones son muy evidentes con una profundidad > 10 cm.</p> <p>Accesorio*: ausencia del mantillo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evidencia de remoción y acumulación del suelo superficial. • Superficie importante con suelo desplazado. El suelo superficial puede estar mezclado con el subsuelo. Subsuelo parcial o totalmente expuesto. • Quema severa: la profundidad del material carbonizado es > 5 cm. <p>Accesorio: el mantillo está totalmente consumido.</p> <p>La superficie del suelo es repelente al agua.</p> <p>La superficie del suelo mineral es de color rojizo o anaranjado en determinados puntos.</p> <p>Compactación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La compactación es profunda en el perfil del suelo (más de 30 cm de profundidad). <p>Observaciones de la condición física del suelo:</p> <p>Cambio en la estructura del suelo de granular a masiva o la estructura laminar se extiende más allá de los 30 cm de profundidad.</p> <p>La estructura laminar es continua.</p> <p>Accesorio*: las raíces no pueden penetrar en la estructura laminar. La erosión es grave y genera cárcavas o surcos importantes.</p>

Los puntos "accesorio" son los descriptores que pueden ayudar a identificar las diferentes clases de gravedad del disturbio.

Necesidades actuales sobre los suelos forestales

El PEDSF fue desarrollado en respuesta a la creciente necesidad de llegar a un entendimiento común sobre la supervisión de los disturbios de los suelos forestales. El protocolo está diseñado para satisfacer una amplia gama de necesidades, incluyendo la evaluación de implementación y los efectos a nivel de proyecto. El PEDSF es una herramienta de evaluación rápida, fácil de implementar y se puede utilizar a diferentes escalas e intensidades. Además, su uso de manera consistente permite que los datos sean agrupados. El PEDSF fue desarrollado para analizar los efectos del manejo sobre la vegetación y la calidad del suelo en los ecosistemas forestales. Otros protocolos tales como el Monitoring Manual for Grassland, Shrubland, and Savanna Ecosystems (Herrick et ál. 2005) (Manual de supervisión para ecosistemas de pastizales, matorrales y sabanas) son más apropiados para evaluar los efectos del manejo de este tipo de vegetación sobre el suelo.

Conceptos claves

El PEDSF tiene como objetivo realizar una evaluación rápida del disturbio del suelo en preactividad y posactividad de manejo a partir de un método consistente y repetible, para describir indicadores físico-visuales del suelo. Ha sido diseñado para ser utilizado por investigadores en condiciones de campo y especialistas en cuencas hidrográficas, con una amplia aplicación en otras disciplinas. Los investigadores y los responsables de decisiones de manejo pueden predeterminar el tipo de información que necesitan a medida que planifican las actividades que causan disturbios en el suelo con la consiguiente necesidad de supervisión. Este protocolo también ofrece la oportunidad para considerar qué tipo de decisiones tendrán que tomarse, cómo se empleará la información, qué tipo de información específica es necesario obtener (de riesgo) y cuál es el costo de la evaluación (Howes 2006).

En ecosistemas forestales, este protocolo de supervisión evalúa la alteración de la superficie del suelo ante disturbios de preactividad y posactividad de manejo y fue diseñado para ser lo suficientemente flexible para aplicarlo ante diferentes tipos de suelos y manejos. Algunos cambios del suelo (tales como la compactación y la deformación permanente) se vinculan a un aumento de la variable con la profundidad del perfil. El aumento en el número de pasadas de los equipos forestales o las huellas profundas pueden ser evidencias de compactación en profundidad, aunque no siempre. Para determinar la profundidad real de la compactación será necesario emplear una pala o una varilla de hierro.

Otros protocolos de muestreo similares a este fueron utilizados en las Regiones 1 y 6 del Servicio Forestal tanto para estudios de investigación como operacionales. Estos fueron aplicados para evaluar los efectos de la compactación sobre el crecimiento inicial en altura de pino ponderosa (Cochran y Brock 1985), los disturbios generados sobre el suelo por las cosechadoras y cargadoras (Laing y Howes 1988), el efecto de los equipos de arrastre y carga en 24 sitios forestales (Sullivan 1987) y para determinar el efecto de la tala luego de incendios sobre los disturbios del suelo en todos los bosques que se encuentran bajo la órbita del Servicio Forestal de la Región Norte (Page-Dumroese et ál. 2006b). Un sistema de clases visuales similar está siendo utilizado en la Columbia

Evaluación rápida

El PEDSF prevé alternativas para adaptarse al monitoreo requerido. Se puede:

1. *Variar la intensidad de muestreo* mediante el cambio en el nivel de confianza y en el error admisible.
2. *Variar el número de atributos* del suelo usados para el cálculo de la muestra.
3. Usar la calculadora **ONSITE** para determinar la extensión, en superficie, de algunas estructuras.

Británica (Curran et ál. 2005) y Saskatchewan (Block et ál. 2002). La información obtenida a partir de estas evaluaciones se puede utilizar para ajustar los sistemas de cosecha y preparación del terreno (Howes 2006).

Debido a que los efectos ocasionados por las actividades de manejo sobre la productividad varían con el tipo de suelo (Fleming et ál. 2006, Gómez et ál. 2002, Page-Dumroese et ál. 2000, Page-Dumroese et ál. 2006b, Powers et ál. 2005), este documento no establece clases de disturbios clasificadas como perjudiciales. El PEDSF es una herramienta de evaluación, de supervisión e inventario estandarizado, así como también provee términos comunes. El almacenamiento de información en la base de datos SoLo (ver en el Anexo C la descripción de las hojas de trabajo excel PEDSFSoLo) permitirá una coherente interpretación de los datos a nivel local, regional y nacional, y facilitará el intercambio de datos. Los resultados de la evaluación también permitirán determinar si se están alcanzando los estándares de calidad del suelo actuales del Servicio Forestal Regional.

Relación con otros inventarios federales y programas de evaluación

Este volumen de PEDSF presenta un protocolo para la evaluación de los disturbios físicos del suelo en condiciones de terreno. Es de aplicación a un sitio específico y permite analizar los disturbios inducidos por el manejo en un área determinada (por ejemplo, una unidad de la cosecha o quema prescrita). Este protocolo difiere de otros protocolos del Servicio Forestal o de otros programas de evaluación de la agencia federal, ya que fue diseñado para recopilar datos específicos del sitio a nivel de proyecto.

Programas de otras agencias federales

El Servicio de Conservación de Recursos Naturales (NRCS) conduce el Programa Nacional de Relevamiento de Suelo. Este programa contiene un proyecto de reconocimiento y caracterización de tierras a escala media que informa a los científicos de suelo a medida que planifican su trabajo para proyectos de manejo forestal sitio-específicos. A nivel nacional, se cuenta y se está trabajando para tener una caracterización de los suelos en áreas forestales, con exclusión de las áreas silvestres.

Cambios en el protocolo actual (Manejo de los cambios)

Los Volúmenes I y II del PEDSF son documentos dinámicos. Los cambios en el protocolo son inevitables a medida que los sitios son supervisados y se analizan los datos. Sin embargo, los cambios en el protocolo deben ser cuidadosamente considerados, de tal manera que se cumpla el objetivo de tener un enfoque coherente y consistente para la obtención de datos. La revisión y los cambios en este protocolo pueden surgir a partir de nuevas evidencias científicas relacionadas con el efecto del manejo y la evolución el suelo. También se pueden iniciar a partir de sugerencias obtenidas de aspectos ligados a estudios a campo. En este caso deben ser sujetos a la investigación y revisión por colegas. Además, la participación de colaboradores del sector privado, la industria, organizaciones nacionales e internacionales podrían llevar al desarrollo de otro protocolo de evaluación de disturbios del suelo y de procedimientos de conservación. Este tipo de colaboración permitirá la evolución continua hacia mejores prácticas de manejo, facilitará el desarrollo coordinado de herramientas y de la capacitación, facilitará la información y mejorará el intercambio de los resultados de las investigaciones (Curran et ál. 2005).

Cómo decidir qué tipo de transecta utilizar

Las transectas pueden posicionarse de una gran variedad de formas dentro del área de actividad a relevar. En el Anexo A se describen tres ejemplos.

Cómo estratificar un área de actividad

Como se indica en el Volumen I, existen varias estrategias de evaluación disponibles. Debido a la variabilidad del sitio, puede ser útil o necesario estratificar el área de actividad para aumentar la eficiencia y proporcionar mejores estimadores a partir de áreas de disturbio discretas y homogéneas. Por ejemplo, los disturbios pueden estar concentrados en un sector de un área o pueden estar dispersos por toda el área. La estratificación de un área puede ayudar a mejorar la exactitud y precisión mediante la búsqueda de polígonos de control más eficientes. La eficiencia de la evaluación se define como el resultado de una menor variabilidad estimada de la que se hubiera logrado sin la estratificación.

Si la unidad es grande

Es posible que no sea viable supervisar áreas con superficies importantes -100 hectáreas o más- como una sola unidad. En estos casos la unidad de manejo puede estratificarse en más unidades para hacer un control más eficiente. Siga los siguientes pasos para determinar una estrategia más eficiente:

- Si el área es homogénea en suelos, vegetación, pendiente y aspecto, realizar una evaluación rápida tomando en toda el área un mínimo de 30 puntos de muestreo.
- Si el área no es uniforme en términos ecológicos o de disturbios (tipo de suelo, tipos de hábitat, cobertura, vegetación), se recomienda estratificarla. La estratificación permitirá un seguimiento detallado de las áreas que han tenido un registro previo, que tienen equipos mecánicos terrestres transitando fuera de sistemas de caminos o que son ecológicamente sensibles. Si en cada área las muestras se levantan al azar o sistemáticamente (En el Anexo A, ver opciones diseño de transecta) y se basan en el protocolo, la estadística de estas submuestras será válida. La clave es documentar qué se evalúa y por qué.

Si la variabilidad de un área es baja, no se requiere un gran número de puntos de muestreo. El número de puntos de control solo depende de la variabilidad dentro del área, y no de su tamaño. La validación realizada en la Región Norte sugiere que una distancia de ~ 20 metros entre puntos de muestreo son suficientes para determinar la variabilidad dentro de las áreas de actividad de ~ 50 hectáreas (Page-Dumroese et ál. 2006b).

Número de áreas de actividad para supervisar

Para establecer cuántas áreas se deben supervisar es importante tener en cuenta: cómo van a ser utilizados los datos, el riesgo que implican los disturbios del suelo que se evalúan y la variabilidad del área de supervisión en el área general. Utilice el PEDSF en una cantidad suficiente de áreas de actividad, de modo que sea posible interpretar rangos de disturbio perjudiciales, y para evaluación y prescripciones de medidas de mitigación o restauración. Si la evaluación o la investigación previa demuestran que, en áreas similares, con manejos similares y en las mismas condiciones climáticas dan como resultado niveles de disturbios dentro del máximo admitido, entonces solo será necesario visitar el sitio y confirmar que se trata de un área de actividad típica.

Estrategias particulares de evaluación

Los puntos de control pueden localizarse en situaciones inusuales, como piedras grandes, debajo de árboles caídos, sobre tocones, dentro de los arbustos y en cursos de agua. Si esto sucede, se puede compensar una pequeña distancia de la línea de la transecta preestablecida. Planifique antes de salir de la oficina qué reglas va a utilizar para compensar si se presentan estas características. Por ejemplo, se puede decidir que sea adecuada una compensación de 1 m al oeste o que si la característica encontrada es inusual en la zona, se registre como “no evaluado”. Debido a que la planilla del PEDSF evalúa la condición de superficie del suelo, es importante tener en cuenta lo que se presenta allí. Si no se puede evaluar el disturbio en el punto de muestreo o cercano a él debido a los obstáculos (piedras, troncos caídos, etc.), registre la presencia del mismo e indique en el campo de *Comentarios* “no evaluado”. Este punto de muestreo se debe excluir del análisis de datos mediante la introducción de un punto (.) en la celda de la planilla para cada indicador. No incorpore “1” (presente) o un “0” (ausente) en ese punto y no deje un espacio en blanco. Tenga en cuenta, sin embargo, que en algunos sitios es “normal” el obstáculo. Si esto sucede en un punto de control, debe ser contado.

Incendios forestales

Los incendios forestales no se evalúan con este protocolo. Este protocolo está diseñado para describir los efectos de las actividades de manejo sobre el recurso suelo.

Fuego prescrito o quema de residuos acumulados

El PEDSF considera los efectos de estas prácticas. Este tipo de quemas puede no ser perjudicial para el crecimiento del cultivo. La guía para evaluar la intensidad de quema prescrita se encuentra en las definiciones de clase de disturbio (Tabla 3).

Tabla 3. *Indicadores visuales y actividades de manejo según clases de disturbio.* (1 de 2).

Tipo de disturbio	Clases de intensidad			
	0	1	2	3
Impacto de equipos				
Operaciones previas	Ninguna	Rara	Débil	Obvia
Huellas o depresiones generadas por tránsito de máquinas	Ninguna	Huella o depresiones poco evidentes (de <5 cm de profundidad)	Huellas o depresiones de > 5 cm de profundidad	Huellas o depresiones muy evidentes de > 10 cm de profundidad

Tabla 3. *Indicadores visuales y actividades de manejo según clases de disturbio. (2 de 2).*

Tipo de disturbio	Clases de intensidad			
	0	1	2	3
Vías de tránsito con más de dos pasadas	Ninguna	Poco evidente	Evidente, pero no es altamente transitada	Vías principales que son muy usadas
Caminos excavados por el arrastre ¹	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Presente
Resistencia a la penetración (RP) ²	Condiciones naturales	La RP de la superficie del suelo puede ser ligeramente mayor que la observada en condiciones naturales. El incremento en la RM se concentra en los primeros 10 cm	El incremento en la RP está en los primeros 30 cm	El incremento en la RP está en el perfil del suelo > 30 cm
Condición física del suelo	Condiciones naturales	Cambio en el la estructura del suelo de migajosa o granular a estructura masiva o en la superficie (10 cm)	Cambio en la estructura del suelo en superficie (30 cm). La estructura laminar generalmente es continua. En sitios con usos previos las raíces grandes pueden penetrar la estructura laminar pero no pueden hacerlo las raíces finas	Los cambios en la estructura se extienden más allá de los 30 cm. La estructura laminar o masiva es continua. Las raíces no penetran

Desplazamiento				
Piso forestal	Ninguno	El piso forestal presenta capas intactas	Las capas del piso forestal están parcialmente intactas o perdidas	Capas perdidas
Suelo mineral	Ninguno	La superficie del suelo no fue desplazada y muestra una mínima mezcla con el subsuelo	La parte superficial del suelo mineral esta parcialmente intacta y puede estar mezclada con el subsuelo	Evidencia de eliminación o acumulación del suelo mineral superficial en la mayor parte de la superficie. La superficie del suelo puede estar mezclada con el subsuelo, o el subsuelo puede estar parcial o totalmente expuesto
Erosión	Ninguna	Signos de erosión leve (erosión laminar ³)	Signos moderados de erosión (laminar y en surcos ³)	Signos de erosión evidentes e importantes (Cárcavas y surcos notables)
Quema	Ninguna	Los efectos de la quema son leves. El mantillo está chamuscado pero intacto. Cenizas grises aparecen en la superficie y el material carbonizado es de color negro. La estructura superficial aparece intacta	El impacto de la quema es moderado. El mantillo fue consumido y la capa de humus se observa carbonizada. El suelo mineral no se ve alterado, pero la materia orgánica del suelo está parcialmente carbonizada	Los efectos del fuego son profundos. El piso forestal fue totalmente consumido y el suelo mineral está visiblemente alterado. La estructura y textura son alteradas. El suelo es de color negro por la materia orgánica consumida o el carbón depositado, o es de color anaranjado por la quema

¹ Evaluar en las vías de extracción principal, no necesariamente en la huella o depresiones.

² La resistencia a la penetración del suelo (con pala o varilla de hierro) no debe evaluarse cuando el suelo está húmedo o mojado.

³ USDA NRCS (1993).

Residuos forestales sin quemar

En sectores como las playas de acopio, las vías de arrastre o extracción o en sectores de lotes previamente cosechados suelen encontrarse restos de residuos vegetales acumulados sin quemar o parcialmente quemados. Cuando estos restos forman parte de planchadas o vías de extracción deben ser evaluados como parte de dichas estructuras, porque el suelo subyacente probablemente será similar a la zona circundante afectada. Del mismo modo, si residuos vegetales de mayor antigüedad (trozas de cosecha previas) se encuentran acumulados en sectores del lote, es probable que el suelo debajo de la pila pudiera estar afectado en el mismo grado que el suelo circundante.

Teniendo en cuenta que muchas veces resulta complejo examinar el suelo debajo de los residuos, es posible realizar una inferencia sobre este aclarándolo en los comentarios. Si no se siente seguro o no se puede inferir, indicar “no evaluado” en la hoja *Entrada de datos* de la planilla (véase Anexo C-3).

Áreas de acopio, caminos permanentes y temporarios

La red de caminos permanente no se incluye en el área de evaluación, ya que no forman parte del área de actividad o superficie productiva.

- Las áreas de acopio y los caminos temporales que se encuentran fuera del lote o fuera del área de actividad no están incluidos en la evaluación. Estas áreas normalmente presentan limitaciones al crecimiento del cultivo debido a su propia naturaleza. Si durante la supervisión desea cuantificar la superficie (medir el largo y el ancho promedio a partir de fotografías aéreas, realizando su cálculo in situ o con la planilla ONSITE) de estas características, se puede llevar a cabo para conocer su estado actual, los efectos del proyecto y sus efectos acumulativos.
- Las áreas de acopio y los caminos temporales dentro del área de evaluación requieren ser evaluados y contribuyen con la cantidad del disturbio dentro del área. Además de la asignación de una clase de disturbio, se debe cuantificar la superficie (tomando el largo por ancho promedio a partir de fotografías aéreas, su cálculo in situ o un cálculo similar) para analizar su estado actual, los efectos del proyecto y sus efectos acumulativos.

Cepas, árboles caídos

Si el punto de muestreo cae en una de estas situaciones, se cuenta como residuos gruesos, agregando en *Comentarios* “cepa-árbol caído”. Si es factible determinar la causa, se debe registrar. Si un punto de control cae sobre él y puede estar asociado a la actividad humana, entonces a ese punto se le asigna una clase de disturbio, considerando lo que se observa inmediatamente al lado del punto de control. Si la caída del árbol no está asociada con la actividad humana, al punto de control se le asigna la clase 0.

Planilla de cálculo

En el Anexo C se muestra un ejemplo de las cuatro hojas de la planilla de cálculo electrónica utilizada por el PEDSF (*Información SoLo*, *Selección de variables*, *Entrada de datos*, *Resultados*) y se proporciona una hoja de datos adicional para subir los mapas, fotos u otra información importante del sitio (esta hoja no se muestra). Dado que estamos en una continua mejora de este método y del formato, estas hojas pueden cambiar. Compruebe periódicamente en el siguiente sitio web del Servicio Forestal: <http://forest.moscowfsl.wsu.edu/smp/solo/InfoPath/monitoring/documents.php> busque en la sección “FORMS” (formularios), ya que puede disponer de versiones más actualizadas de la planilla. La planilla fue diseñada para evaluar un conjunto estándar de indicadores de disturbio del suelo; por lo tanto, es necesario completar todos los puntos de cada columna antes de pasar al siguiente punto de muestreo. No modifique los campos de la planilla, ya que fue diseñada para facilitar la entrada de datos de manera rápida y fácil. El almacenamiento de los datos en un soporte electrónico es parte del PEDSF.

Planilla de campo en papel

Los datos de campo pueden ser recogidos en una planilla de papel y luego cargados a la planilla de cálculo. No modifique ninguna de las hojas de trabajo dentro de la hoja de cálculo, ya que están vinculadas entre ellas. Puede seleccionar los atributos del suelo que necesite, pero no cambie ningún campo. Todos los datos recogidos, ya sea en papel o formato electrónico, se deben introducir en la base de datos PEDSFSoLo.

Al emplear la planilla en papel utilice la tabla de tamaño de muestra (ver Anexo D, formulario en papel y tablas de tamaño de muestra). Luego de relevar los primeros 30 puntos de control, el operador debe detenerse y calcular la proporción de puntos con disturbios sumando el número de “1” presentes y luego dividiendo por 30 (ver Anexo B para las estadísticas de PEDSF). Con esta proporción, \hat{p} se debe entrar en la columna titulada proporciones de clases visuales. La proporción de clase visual debe localizarse en la tabla tamaño de la muestra junto con el tamaño de la muestra asociada. Para cada indicador se puede calcular el tamaño de la muestras en la hoja *Entrada de datos* de la planilla (ver Anexo C-3) o a partir del indicador más relevante. Los indicadores de mayor interés son aquellos que se presentan con mayor frecuencia. Después de determinar el tamaño de la muestra para cada indicador, se debe elegir y emplear como tamaño de muestra del área aquel de mayor tamaño de muestra resultante de toda la lista de indicadores. Una excepción a esta regla podría ocurrir si un solo indicador es más variable que todos los restantes, lo que resulta en un tamaño de muestra mucho mayor al resto (“mucho mayor” se define como más de 1,5 veces el tamaño de muestra inmediatamente inferior) y el criterio profesional del observador es tal que la variable del indicador en cuestión no es representativa de la zona de actividad. En este caso, el siguiente tamaño de muestra, inferior, debe ser seleccionado y debe indicarse la explicación en los comentarios.

Cabe señalar que los tamaños de muestra calculados con los primeros 30 puntos probablemente sean diferentes de los calculados a partir de un número mayor de puntos de muestreo. Variando la intensidad del muestreo (reduciendo el intervalo de confianza), se puede reducir el número total de puntos de muestreo necesarios. El observador es libre de elegir un número superior a 30 para el primer set, lo cual puede ser más eficiente si inicialmente se observa que los disturbios dentro del área son muy variables. El observador también puede recalcular el tamaño de la muestra por segunda vez si el primer tamaño de la muestra es grande.

Registrador de datos electrónico portátil y planilla de campo electrónica

Se recomienda que todos los datos se introduzcan en una base de datos electrónica, para que luego puedan ser analizados por estado ecológico, ubicación, características ambientales o actividad. Cuando se emplea la hoja de cálculo electrónica (ver Anexo C-3) en un registrador de datos portátil (RDP), el usuario debe introducir el nivel de confianza. Este se debe preestablecer en cada área que se ha de evaluar y puede variar desde el 70% al 90%. Se deben completar todas las columnas de entrada de datos. No deje espacios en blanco dentro de la planilla; si esto sucede, el tamaño de la muestra y los intervalos de confianza serán incorrectos. Recomendamos rellenar las columnas para cada punto de muestreo tal como el punto realmente se observa. Si un punto no es observable, llenar la columna con puntos (.) y documentar el motivo por el que el punto no es evaluado (ver la sección de *Estrategias particulares de la evaluación* para las definiciones.) **NO LLENAR ESTOS PUNTOS CON CEROS.**

La hoja de cálculo electrónica (ver Anexo C-3, hoja *Entrada de datos*) calcula el tamaño de la muestra y los intervalos de confianza de forma automática y los actualiza en cada punto adicional que se carga (ver Anexo C-4, en la hoja *Resultados*). Como los valores de tamaño de la muestra han sido programados a 30 puntos de muestreo, hasta que se cargan los primeros 30 puntos, los intervalos de confianza son inválidos. Es importante observar que si la hoja se llena con ceros, los tamaños de muestra y los intervalos de confianza pueden reflejar un nivel bajo de variabilidad de manera inexacta, y es probable que sean incorrectos.

El tamaño de la muestra requerido es el mayor tamaño de muestra calculado para los indicadores individuales. Los tamaños de las muestras individuales se pueden visualizar en la hoja de *Resultados* (ver Anexo C-4). Si el tamaño de muestra requerido es 1,5 veces más grande que el siguiente tamaño de muestra inferior y el observador profesional estima que el indicador es una anomalía dentro del área de actividad, se elige el siguiente tamaño de muestra menor y se añade una explicación en *Comentarios*.

Recolección de datos a campo. Normas y métodos

Los indicadores básicos de disturbios del suelo (Tabla 1) deben ser evaluados en cada punto de supervisión, pero el usuario tiene la capacidad de “desactivar” los indicadores (cambiando el *número* de indicadores) que no pertenecen a la zona o área que se está supervisado (ver Anexo C-2, *Selección de variables*). Luego de relevar estos indicadores, se pueden levantar más datos a través de otros protocolos publicados (por ejemplo, la densidad aparente del suelo o hidrofobicidad). Si se utilizan otros indicadores a partir de otros protocolos, estos deben ser documentados: cuáles son y en qué sitios se utilizan.

Cómo completar las hojas de trabajo

Datos para recoger en gabinete

Antes de comenzar la evaluación a campo en un área de actividad, se deben estudiar las fuentes de información disponibles del área y aquella información aplicable se debe registrar en la hoja de *Información SoLo* (ver Anexo C-1). En el Anexo F se puede encontrar información adicional sobre los descriptores de los sitios. El tiempo empleado en la recopilación de información en la oficina antes del muestreo de campo, la determinación del tipo de transecta, el número de puntos y los indicadores necesarios pueden ayudar a reducir el tiempo de campo y los costos de la evaluación.

En líneas generales, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Consulte la cartografía más reciente disponible (McNab et ál. 2007) sobre asociación de suelos, paisajes y características del sitio en general. La base de datos SoLo puede requerir algo de esta información y puede servir para estratificar el área de muestreo. Es importante aclarar que estos mapas a gran escala no son apropiados para la información a nivel sitio, que es la necesaria para evaluar la calidad del suelo.
2. Para obtener información detallada del sitio y sobre la morfología de los suelos en el área de trabajo, consulte sobre estudios de suelo e inventarios de unidades ecológicas terrestres (TEUI). Estos estudios de suelos pueden haber sido realizados por el Servicio Forestal o por el Servicio de Conservación de Recursos Naturales (NRCS) y pueden estar registrados como inventarios del recurso suelo, TEUI o inventarios de tipos de tierras. Esta información puede ayudar a establecer las condiciones de referencia del suelo para el área de actividad. Es de vital importancia que confirme el tipo de suelo cuando se encuentre en el campo.
3. Revise la existencia de estudios e informes de evaluaciones previas a nivel de campo. Utilice los datos disponibles.
4. Para las evaluaciones poscosecha, consulte el plan de aprovechamiento para localizar las vías de sacas, caminos, áreas de acopio y analizar los cambios que pueden haber ocurrido.

Selección de indicadores

Los indicadores detallados en la hoja *Selección de variables* (ver Anexo C-2) son los que se relacionan más estrechamente con los estándares de calidad del suelo, con datos de los estudios de investigación y con la información de la guía visual previa. Es posible que desee utilizar algunos o todos para la evaluación preactividad y posactividad. Luego de definir el objetivo de la evaluación (véase la sección siguiente), seleccione los indicadores, el tipo de transecta y los niveles de confianza para cumplir con aquellos objetivos.

Algunas consideraciones sobre la supervisión implican la definición del momento de la evaluación posactividad. La evolución de un área dentro de 1 año de finalización de la cosecha brindará respuestas relacionadas con esta o con las actividades de poscosecha. El seguimiento de un área de actividad de 3 a 5 años después de la cosecha proporcionará una indicación de la resiliencia del suelo y la persistencia de los disturbios a corto plazo. Después de 1 a 2 años posteriores a la cosecha algunos disturbios serán menos visibles, particularmente en características de pequeña escala, sobre todo en las zonas donde el mantillo es importante. No son factibles las evaluaciones a largo plazo, y las investigaciones tales como *The North American Long-Term Soil Productivity Experiment: Findings From the First Decade of Research* (Powers et ál. 2005) (*Productividad del suelo a largo plazo: Resultados de la primera década de la Investigación*) ofrecen las respuestas sobre los efectos del disturbio del suelo sobre el crecimiento a largo plazo.

Objetivos de la evaluación

Para que la evaluación alcance el objetivo de detectar cambios, esta debe realizarse antes y después de una actividad de manejo. Cada uno de estos eventos, en el contexto de una evaluación rápida, tiene un propósito diferente. Si el tiempo de campo es limitado, con el PEDSF en conjunto con la planilla ONSITE (cálculo de áreas extensas) se puede obtener información relevante que puede ser transferida a sitios similares. Los datos que se recogen de la misma forma y con los mismos indicadores, garantizan una correspondencia entre estos y los sitios.

Al realizar una evaluación preactividad se obtendrá una línea de base o condición de referencia sobre la cual se puede medir el cambio o disturbio. En aquellos sitios donde se tiene certeza de que no hay disturbios previos, es decir, que nunca han sido afectados por la intervención del hombre, solo se requiere una evaluación mínima. En estos sitios sin disturbio solo se debe rellenar el formulario del Anexo E.

En los sitios donde se conoce la existencia de disturbios previos, se puede realizar una evaluación rápida de baja intensidad, para revelar la ubicación y extensión de los disturbios. Esto será útil para la planificación y la estimación de los efectos acumulativos. La información puede ser extraída de evaluaciones previas o informes del rodal y, en función de la variabilidad observada en estos sitios, se recomienda realizar un mínimo de 30 puntos de control con el PEDSF.

El método de relevamiento en el campo paso a paso

En el Volumen I y también aquí se describen los pasos a seguir para una evaluación rápida. Para el PEDSF, el punto de control del disturbio de la superficie del suelo se toma en un área circular de 15 cm de diámetro (el punto de evaluación desde un “dedo del pie”). Las clases de disturbio pueden ser correctamente evaluadas utilizando el punto circular si se tiene un adecuado tamaño de muestra y nivel de confianza. La categoría visual del disturbio se elige por la mejor adaptación del punto de control a la clase.

A medida que se recorre el área a lo largo de la transecta o en cada cuadrícula, cada punto se coloca en una de las clases predefinidas (Tabla 3). El punto de control puede representar atributos del suelo que se corresponden a más de una clasificación; en este caso, el científico u observador deberá tomar la decisión de qué clase de disturbio describe mejor el punto de muestreo. Este protocolo se elaboró para ser utilizado en áreas o lotes definidos y discretos. Para las áreas sin una unidad de manejo definida, como el contexto de una cuenca, deben tenerse en cuenta *Estrategias particulares de evaluación*.

Evaluación de la línea de base (preactividad)

Paso 1. Trabajo previo: Establecer los objetivos de la evaluación y definir si el PEDSF es el método más eficaz para lograr esos objetivos. Como se señaló en la sección titulada “Datos para recoger en gabinete”, rellenar la planilla electrónica o en papel con la mayor cantidad de información que sea posible, utilizando la documentación existente y entrevistas con otros miembros del equipo (ver Anexo F). La inspección de mapas topográficos y las fotografías del área pueden revelar información básica de relieve, tales como la pendiente y los patrones de drenaje que afectan a la productividad del suelo o función hidrológica. Seleccione las variables que desea utilizar para la supervisión (véase la hoja *Selección de variables*, Anexo C-2). Definir el tamaño del área de actividad. Definir qué opción de diseño de levantamiento de punto de control se adapta mejor al sitio (ver Anexo A). Si la elección es de una transecta al azar, calcule la longitud de la transecta y la distancia entre puntos de muestreo. Si se emplea una cuadrícula, seleccione una orientación aleatoria de los puntos de la cuadrícula. Si se utiliza un registrador electrónico de datos portátil, predeterminar las ubicaciones de los puntos en la cuadrícula y guardar.

Paso 2. Seleccione la hoja de *Entrada de datos* (ver Anexo C-3). Si hay evidencias de actividades previas (por ejemplo, los tocones, caminos, vías de extracción, áreas de acopio, diferencias de vegetación, diferentes edades, tipos de residuos, cantidad de residuos), continúe con el uso del PEDSF para realizar una estimación cuantitativa de la cantidad y el grado de disturbio. Con frecuencia se pueden emplear fotos aéreas y mapas para determinar la extensión de estos disturbios. Por el contrario, otros aspectos como la compactación, el desplazamiento de suelo y cambios en la situación hidrológica son verificables a campo. Las evaluaciones preactividad de manejo permiten determinar los efectos acumulativos. Si los registros previos informan una alteración mínima del suelo y el área tiene suelos y vegetación similar y similar pendiente, entonces un mínimo de 30 puntos de control son suficientes para cubrir toda la unidad. Cuando se utiliza la calculadora del tamaño de muestra y un nivel de confianza apropiado, podrá ser necesario un mayor número de puntos de muestreo. Registre la profundidad y composición del mantillo, el espesor del horizonte A y la profundidad del material madre preactividad (si corresponde).

Paso 3. Registre el punto de partida con GPS u otro método preciso de localización del punto. Utilizando el esquema seleccionado en el Paso 1, iniciar el muestreo ingresando al lote 5 m para evitar los efectos de borde. Si se utiliza un registrador de datos portátil,

cargar un mapa del sitio y agregar ubicaciones de los puntos de muestreo predeterminados antes de entrar en el campo. La localización de los puntos de monitoreo predeterminados también se puede realizar en fotocopias de mapas disponibles.

Paso 4. Después de localizar el punto de partida dentro del área, calcular la distancia entre puntos considerando el tamaño de área. Para evitar sesgos, las distancias entre puntos de muestreo deben ser predeterminadas y documentadas antes de comenzar el levantamiento de datos. Los puntos deben estar uniformemente espaciados para cubrir el área completa de actividad. Por ejemplo, si el área mide 1000 m de largo y tiene que tener 30 puntos de muestreo, los puntos deben estar separados al menos 35 m a lo largo de la transecta localizada al azar. Si la transecta o cuadrícula no cubre adecuadamente el rango de variabilidad, tomar más transectas para confirmar la naturaleza y presencia o ausencia del disturbio.

Paso 5. Camine hasta el primer punto y evalúe el estado de la superficie del suelo usando la hoja de la planilla *Entrada de datos* (ver anexo C-3). En la planilla ingresar “1” si el indicador está presente y “0” si el indicador está ausente. Luego, finalizar completando la celda localizada en la base de la planilla, donde se asigna una clase de disturbio del suelo (empleando la Tabla 3). Para obtener ayuda con las determinaciones de clase visual, utilice *Soil Disturbance Field Guide* (Napper et ál. 2009) (Guía visual de campo). Continúe el levantamiento de datos a lo largo de la transecta (cuadrícula). Al llegar al límite del lote seleccione otra dirección de la transecta (dentro del límite del área de actividad establecer un punto predeterminado de muestreo en la cuadrícula) en un ángulo apropiado (hacia el interior del área de actividad) y continúe la recopilación de datos sobre la misma hoja de cálculo. Tenga en cuenta que el tamaño de muestra necesario puede cambiar a medida que cambia la variabilidad de los puntos observados.

Paso 6. Continuar con la evaluación hasta llegar al tamaño de la muestra adecuado. En la planilla de datos, incorporar “1” si el indicador está presente y “0” si el indicador está ausente, terminando con una clase general de disturbio del suelo (Tabla 2). Tomar *POR LO MENOS 30 puntos en el área de actividad que tiene disturbios*. Utilizar las fotos aéreas, la planilla ONSITE o mapas del área para medir los caminos temporales y planchadas dentro del área de actividad o contiguos a esta, y tomar notas adicionales. Estimar los disturbios en los caminos temporales o planchadas que no se encuentran dentro de área de actividad y agregar por separado manualmente después de completar este método.

Paso 7. Utilizar el campo *Comentarios*, localizado en la parte inferior de cada columna (o un cuaderno de campo), para documentar cualquier observación en particular. Utilice estos comentarios para documentar características espaciales inusuales relacionadas con los disturbios o para registrar el tipo y la gravedad de la erosión.

Paso 8. En la última fila de la hoja de *Entrada de datos* indicar si el disturbio del suelo es perjudicial o crítico (ver Anexo C-3). Esta información se basa en el criterio profesional de un especialista, la literatura científica y en otros estudios locales.

Evaluación posactividad

Paso 1. Antes de comenzar a observar un área postactividad de manejo, realizar una evaluación de los atributos en un suelo cercano sin disturbio, para que pueda ser tomado como referencia (piso forestal, composición, profundidad del horizonte A, profundidad efectiva). Si la línea de base ya fue evaluada (Paso 2, evaluación de la línea de base) este procedimiento no es necesario repetirlo. Es esencial examinar un área sin disturbio, debido a que diferentes observadores pueden recoger los datos de preactividad y postactividad. Si no se dispone de sitios sin disturbio, identifique suelo sin disturbio alrededor de tocones que pueda ser tomado de referencia. Defina el tipo de levantamiento de datos y localice un punto de partida usando un método similar al de preactividad. No es necesario que las transectas se localicen en el mismo lugar de evaluación anterior. En posactividad, es posible que el tamaño de la muestra sea diferente a preactividad debido al aumento de la variabilidad de las condiciones del sitio. Es mejor realizar dos evaluaciones diferentes dentro del área de actividad.

Paso 2. Usando el procedimiento de evaluación preactividad, determine los disturbios del suelo. Registre un número de puntos de muestreo adecuado, hasta llegar al tamaño de muestra calculado por la hoja de cálculo electrónica o el tamaño de muestras en la tabla de papel.

De igual forma que en los pasos 7 y 8 (en la evaluación preactividad), indique la clase de disturbio para cada punto e indique qué puntos se consideran que presentan un disturbio perjudicial que afectaría a la sostenibilidad a largo plazo del sitio.

Interpretación de los resultados

A continuación se presentan ejemplos de algunas preguntas que pueden responderse al realizar la evaluación de disturbios del suelo:

1. ¿De qué manera difiere el disturbio del suelo entre preactividad y posactividad de manejo?
2. ¿Qué impactos tiene la actividad de manejo sobre el suelo?
3. ¿En qué medida difieren los disturbios reales de los previstos en el documento de planificación?
4. ¿Se implementaron medidas de mitigación y tuvieron éxito?
5. ¿Cuánto difiere la condición posactividad real de la condición deseada que se describe en el plan forestal?
6. ¿Qué medidas de mitigación cambiarían las condiciones del suelo hacia los estándares planificados?
7. ¿Cómo y por qué cambian las clases de disturbio del suelo?

Definiciones de atributos e indicadores

Atributos del sitio

Los siguientes atributos del sitio se introducen en la hoja *Información SoLo* de la planilla de cálculo electrónica (ver Anexo C-1). Estos atributos del sitio se agregan en la fase de gabinete. En el Anexo F se describen en detalle los atributos del sitio.

Textura del suelo

La textura del suelo es una propiedad clave y permite la estratificación del sitio en pre-evaluación y posteriormente la clarificación u organización de los resultados. Los datos de textura del suelo se obtienen a partir de su análisis a campo. También pueden ser obtenidos a partir de estudios de suelos previos; sin embargo, en este caso la información debe ser verificada en el área de evaluación, ya que los datos se refieren a una escala de paisaje que incluye varios sitios. Utilice las técnicas estándares para la identificación de las clases de textura del suelo. El Libro de campo del NRCS para descripción y muestreo de suelos, *Field Book for Describing and Sampling Soils*, proporciona las definiciones de clase de textura y las técnicas para su clasificación (Schoeneberger et ál. 1998). La información de la textura del suelo se registra como arenoso, franco-arenoso, franco-limoso, etc. (según el triángulo textural). La textura del suelo cambia con la profundidad del perfil y es importante tener en cuenta estos cambios, especialmente cuando se describe el desplazamiento del suelo y la erosión.

La humedad del suelo es una variable fundamental en la interpretación de la resistencia mecánica a la penetración como una consecuencia de la compactación. Registre la humedad del suelo como: saturado, húmedo o seco, en el sector *Comentarios* de la hoja *Información SoLo* de la planilla de cálculo. Los suelos secos tienen poca a muy poca humedad cuando se examinan a campo; en contraste, en los suelos húmedos, saturados o casi saturados se puede exprimir el agua de ellos. La resistencia o dureza del suelo aumenta a medida que el suelo se seca, por lo que se debe tener cuidado cuando se evalúa la compactación de un suelo si está seco. Por ejemplo, un suelo arcilloso puede ser muy duro en seco, incluso cuando no está compactado. En algunos suelos la estructura masiva también puede estar más relacionada con la humedad que con la compactación ocasionada por los equipos. Téngase en cuenta que los suelos compactados mantienen la humedad más tiempo, por lo que si hay arcillas podría haber una diferencia en la resistencia a la penetración asociada a estas y no a la compactación.

Al momento de prescribir las técnicas de mitigación y restauración es importante registrar información sobre el porcentaje de fragmentos gruesos, su tamaño, distribución dentro del suelo y en superficie. Esta información puede ser obtenida de las cartas de suelos y verificadas a campo. Los fragmentos gruesos determinan la sensibilidad del suelo al disturbio y su resiliencia. La presencia de fragmento grueso se expresa en clases de porcentaje: <15% fragmentos gruesos (sin modificador de la textura, utilice la dominante), 15 a <35% (grava/pedregoso), 35 a <60% (muy gravilloso/pedregoso), 60 a <90% (extremadamente gravilloso/pedregoso), > 90% (utilice el tamaño de la clase dominante, por ejemplo, grava). El tamaño de fragmentos gruesos se describe como grava (2 a < 75 mm), canto

rodado (75 a <250 mm), piedra (250 a <600 mm) o roca (> 600 mm). La localización de los fragmentos gruesos se describe según cómo se disponen en la superficie del suelo, limitada en el horizonte A, en el horizonte B o más profunda (Los fragmentos gruesos evaluados a partir de muestreos con pala).

La información de la clase textural no necesita ser determinada en cada punto de muestreo, pero debería realizarse en algunos puntos para describir la heterogeneidad u homogeneidad del área de actividad. La información sobre la textura superficial y subsuperficial se carga en la planilla como una nota en la hoja *Información SoLo* (ver Anexo C-1).

Vegetación

Al describir la vegetación de un sitio se está brindando una visión sobre la cobertura efectiva del suelo, cambios en la productividad del sitio y cómo las plantas están utilizando el recuso suelo. En la hoja *Información SoLo* se puede registrar el tipo de vegetación en general (tipo de hábitat) y tomar nota de cualquier vegetación invasora o especie particular que se encuentre en el sitio. La información sobre la presencia o ausencia de cobertura vegetal se registra en cada punto de muestreo, si así se desea. Además, si se realiza un pozo para alguna determinación en particular, se puede observar y registrar la profundidad de raíces, la ubicación, la abundancia y la densidad (Schoeneberger et ál. 1998). Estos valores pueden ser recogidos a lo largo de la transecta (o en la cuadrícula) en puntos de muestreo predeterminados (por ejemplo, cada 10 puntos) o cuando las características de la vegetación cambian.

Estructura del suelo

La estructura del suelo es la disposición natural de las partículas del suelo en agregados. La mayor parte de las descripciones de los suelos incluirán una nota sobre su estructura (masiva, granular, en bloques, migajosa, etc.) (Schoeneberger et ál. 1998). Los tratamientos mecánicos del sitio o el uso del fuego prescrito pueden reducir los tamaños de los agregados en agregados más pequeños, mediante la eliminación de materia orgánica o la ruptura física de los mismos. Los tratamientos mecánicos también generan estructura masiva (suelo sin unidades estructurales, en una masa homogénea) o amasado (por el tráfico de las máquinas en condiciones de humedad). Los agregados más pequeños creados por la ruptura de los agregados mayores pueden alterar la infiltración, el intercambio de agua y gas y los procesos biológicos. Aunque esta característica del sitio se asocia con frecuencia con la clase de textura del suelo, también puede ser alterada por las cosechas o por las actividades de preparación del sitio. En general, la estructura del suelo en relación con el área que se evalúa se registra en la planilla anotada en la hoja *Información SoLo* (ver Anexo C-1).

Historia previa del área

Para cada área que se evalúa, esta información se recoge una sola vez y se completa la planilla en gabinete, antes de ir a campo, agregándola en la hoja *Información SoLo*. Si estos datos no están disponibles, insertar un punto (.) en el campo correspondiente. Esta información da un contexto para la interpretación de los datos del suelo.

Indicadores de suelo

Los indicadores de suelo propuestos en este protocolo fueron seleccionados por su robustez, por su adaptabilidad a una amplia variedad de sitios y son fáciles de definir y reconocer. En la hoja *Selección de variables*, los indicadores pueden ser “activados” o “desactivados” (ver Anexo C-2). Toda la información sobre los indicadores se registra con un “1” (presente) o un “0” (ausente) en la hoja de *Entrada de datos* (ver Anexo C-3), a partir de la observación dentro de un área de 15 cm en el punto de muestreo. La Figura 1 muestra un área cosechada con un mínimo de efectos sobre la superficie del suelo.

Figura 1.— *Rodal cosechado con área de clase 0 de disturbio.*



Disturbios por el tránsito de máquinas

Compactación y densidad aparente. La planilla de *Entrada de datos* (ver Anexo C-3) tiene tres filas para compactación, separadas por profundidad. Determinar el grado máximo de compactación y registrar un “1” (presente) en la celda apropiada de la planilla para el punto de muestreo. Las otras dos filas recibirán un “0” (ausente). Los indicadores del cambio en el nivel de compactación son: las operaciones forestales previas (determinadas a partir de fotografías aéreas o bases de datos), las huellas o depresiones (por vías de extracción), equipos de arrastre con más de dos pasadas, vías de tránsito con surcos, resistencia a la penetración y cambio en la estructura del suelo.

Para determinar los cambios en el nivel de compactación en un punto de control, introducir en el suelo una varilla de hierro o una pala. Esta evaluación puede sustituir el muestreo de la densidad aparente. Es importante contar con un sitio sin disturbio para calibrar el método mediante una prueba de fuerza o empuje. Los observadores deben calibrar su resistencia física en cada tipo de suelo. Si bien los cambios en la compactación se miden introduciendo una varilla o una pala en el suelo (o tomando la densidad aparente), los atributos visuales enumerados anteriormente (huellas, marcas de equipos, etc.) pueden ser todo lo que se necesita para determinar un cambio en el disturbio de la superficie.

La asignación de una clase de disturbio 1, 2 o 3 (Tabla 3), se basa en la profundidad del cambio en la compactación del suelo mineral. Debido a esta relación con la profundidad, es importante conocer la condición sin disturbio (en profundidad), en el área con preactividad.

Huellas o vías de tránsito. La hoja *Entrada de datos* (ver Anexo C-3) tiene tres filas en las que se enumeran las huellas (por profundidad). Determinar la máxima extensión de la huella y registrar “1” (presente) en la celda correspondiente. Cargar “0” en las dos filas restantes. Para medir la profundidad de la huella es necesario determinar dónde se encontraba la superficie original inalterada del suelo. La extensión de las huellas (área) se calcula multiplicando la longitud por el ancho promedio en la planilla ONSITE, como se ha mencionado anteriormente.

Las huellas (signos generados sobre el suelo por el paso de equipos pesados) varían en profundidad y ancho. En sitios con alto riesgo de compactación (suelos de textura fina, fuertes pendientes), un surco o huella poco profunda puede causar la degradación de la calidad del sitio mediante la alteración del flujo de agua y gases o el aumento de la resistencia a la penetración. En los sitios que tienen un bajo riesgo de compactación (suelos de textura gruesa), es posible que huellas algo más profundas no causen un cambio perjudicial en el flujo de agua y gas, pero pueden generar la mezcla de los horizontes minerales superficiales con el horizonte orgánico. Independientemente de la textura del suelo, las huellas pueden generar salidas de agua del sitio, reduciendo su disponibilidad para el crecimiento del cultivo. Dentro de la huella también se puede alterar la estructura del suelo y aumentar la densidad aparente, generando encharcamiento y depósitos compactos de material vegetal (no es fácil el excavado con una pala). La asignación de huellas y surcos en una categoría de disturbio (clase 1, 2 o 3) se basa en profundidad y su extensión en el perfil del suelo mineral. La Figura 2 muestra un ejemplo de una huella.

Figura 2.—Ejemplo de una huella. La profundidad determinará la clase visual de disturbio en que debería ser colocado este punto de control.



Estructura del suelo. En la hoja *Entrada de datos* identifique tres filas correspondientes a estructura masiva/ laminar/ amasado. El cambio en la estructura se determina por la profundidad y suele estar relacionado con el cambio en el nivel de compactación a la misma profundidad. Determinar la extensión máxima del cambio en la estructura y registrar un "1" (presente) en la celda para el punto de control. Indicar "0" (ausente) en las otras dos filas.

Las estructuras laminares, masivas o el suelo amasado son indicadores de un cambio en la estructura del suelo e implican una reducción del tamaño de los poros y cambios en la distribución de tamaño de los poros. La estructura masiva puede ser de origen natural o puede ser causada por las actividades de manejo. En la estructura masiva las unidades estructurales no están presentes y el suelo es una masa coherente. La estructura laminar también puede ser de origen natural, pero generalmente cuando en un lote se encuentran estas estructuras que tienen forma de tabla plana (como un plato), se debe al tránsito de los equipos de cosecha. Si este tipo de estructura ocurre naturalmente en el campo, no se registra en la planilla, a menos que sea un cambio inducido por el manejo. El amasado de los suelos ocurre cuando los equipos trabajan en condiciones de exceso de humedad. El suelo se presenta como una masa untada en las ruedas, lo cual genera el estancamiento del agua en la superficie. El cambio en las condiciones físicas del suelo y su profundidad en el perfil del suelo mineral determinarán en qué categoría de disturbio (grado de intensidad) se deba colocar.

Mantillo. La hoja *Entrada de datos* tiene una fila para registrar el espesor del piso forestal (ver Anexo C-3), considerando todos los horizontes orgánicos. Este valor puede ser empleado para cuantificar la pérdida de nutrientes. Si el mantillo se acumula y se

quema, se pueden perder los nutrientes del sitio. Page-Dumroese et ál. (2000) describe cómo utilizar los datos de suelo del NRCS para determinar la cantidad aproximada de nutrientes y las posibles pérdidas de materia orgánica debido a la actividad de manejo. Dependiendo de la variabilidad del sitio, para este indicador se pueden relevar algunos puntos (por ejemplo 10) o la totalidad. La profundidad del mantillo se mide con una regla o cinta métrica.

Desplazamiento

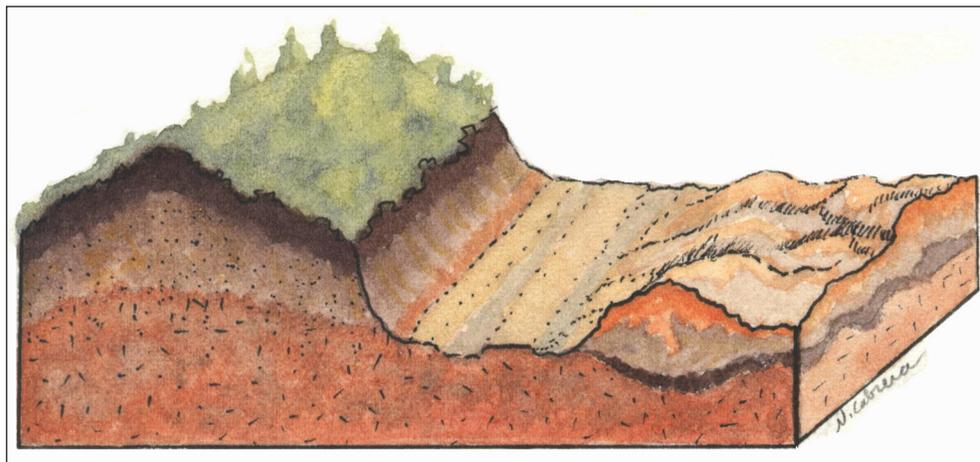
Mantillo o piso forestal. El desplazamiento del mantillo (todos los horizontes orgánicos por encima del suelo mineral) se registra en la hoja *Entrada de datos* (ver Anexo C-3), donde dice “Mantillo alterado”. En cada punto de muestreo registre “0” (el mantillo no se ve afectado) o “1” (si el mantillo se ve afectado). En grandes áreas con mantillo desplazado del lugar original se pueden generar cambios en el ciclo de nutrientes y erosión. Los cambios en la distribución y el espesor del mantillo cambian el grado de intensidad del disturbio. En caso de superficies importantes, medir el área (medir el largo y ancho promedio) e ingresar los resultados en una planilla ONSITE, y en la base de datos se calculará su extensión en superficie.

Suelo mineral. Registre el desplazamiento del suelo mineral superficial en el sector de la planilla donde dice “desplazamiento superficial” en la hoja *Entrada de datos* (ver Anexo C-3). Marque en la fila, para cada punto de evaluación, “0” (desplazamiento ausente) o “1” (desplazamiento presente). El desplazamiento del suelo puede dar lugar a la degradación de la calidad del sitio mediante la exposición de materiales del subsuelo (que es más denso, tiene menos nutrientes, menos materia orgánica, puede ser calcáreo, etc.), alterando la hidrología, provocando erosión y pérdida de suelo y nutrientes. Si el desplazamiento ha eliminado la mayor parte del horizonte A y expone el subsuelo, se considera la gravedad de clase 3 (Fig. 3). Véase la Figura 4 para una representación esquemática de varios impactos en un solo lugar (huella, desplazamiento y piso forestal alterado).

Figura 3.—Ejemplo de la combinación de huellas (primer plano) y desplazamiento de la superficie del suelo (al fondo).



Figura 4.—Esquema de desplazamiento de la superficie del suelo, huella y mantillo alterado (de Napper et ál. 2009).



Los efectos del desplazamiento del suelo sobre la productividad a largo plazo se rigen por la pendiente del terreno, la complejidad de la pendiente y las condiciones del subsuelo.

Los cambios en las categorías de disturbio se basan en la mezcla del suelo superficial con el subsuelo, remoción de capas de suelo y la evidencia de acumulación del mismo. Este atributo es el único indicador ligado a una guía de estándares de calidad de suelo teniendo en cuenta su extensión en superficie en algunas regiones del Servicio Forestal. Se debe documentar el área antes de la evaluación y también debe figurar en el campo de *Comentarios*. Debido a que la celda de la planilla electrónica utiliza los “0” y “1”, el tamaño de las áreas se debe registrar en otro lugar. Por ejemplo, si el área desplazada es > 1,5 m de diámetro, se cuenta como «1» (presente). Cualquier área de menor dimensión se cuenta como “0” (ausente). Además, si algunas áreas con desplazamiento de suelo son muy grandes, pueden ser medidas (largo por ancho promedio) e ingresadas a la planilla ONSITE.

Atributos puntuales

Después de incorporar la información sobre el mantillo o piso forestal, registre la información sobre las plantas vivas, especies invasoras, residuos leñosos, presencia del suelo desnudo y rocas, en la sección *Entrada de datos* (ver Anexo C-3). Estos atributos ayudarán a describir las condiciones del sitio que pueden indicar un cambio en la sostenibilidad o la erosión potencial. Estos atributos no se incluyen automáticamente en el cálculo del tamaño de la muestra de la hoja de *Selección de variables* (ver Anexo C-2). Sin embargo, si estos atributos son importantes para un sitio determinado, pueden ser incluidos.

Erosión

Registre la presencia de erosión en la hoja *Entrada de datos* de la planilla (ver Anexo C-3) con un “0” (ausente) o un “1” (presente) en la fila correspondiente, para cada punto de muestreo. La erosión del suelo es el movimiento del mismo por el agua y el viento. La erosión acelerada (erosión causada por la actividad humana y que es mayor que la tasa de erosión histórica) genera impactos en el sitio (pérdida de suelo, pérdida de nutrientes, menor productividad, pérdida de espesor del horizonte A) y fuera de él (reducción de la calidad del agua, aumento de la sedimentación, pérdida de hábitat acuático).

En el PEDSF, la erosión se evalúa en el área de trabajo o lote; no está diseñado para los caminos, zanjas o lugares donde está expuesto el subsuelo. El grado y la extensión de la erosión (leve, moderada o grave) colocarán este atributo en la categoría de gravedad correspondiente.

Quemas controladas y quema de residuos forestales acumulados

La intensidad del fuego se registra en la hoja *Entrada de datos* (ver Anexo C-3), en las tres filas que se indican como leve, moderada y grave. Estos niveles de gravedad fueron definidos en el manual de rehabilitación de áreas de emergencia quemadas (*Burned-Area Emergency Rehabilitation Handbook*) (Servicio Forestal de USDA, 1976). Determinar el estado de gravedad del punto de control y registrar un “1” (presente) en la celda para ese punto; indicar “0” en las otras dos celdas.

Quemas generalizadas Estas quemas generan un mosaico heterogéneo de condiciones del sitio. Las quemas de baja intensidad probablemente no alteren los procesos del suelo durante un período extenso de tiempo. Las quemas intensas pueden generar un impacto importante tanto en el piso forestal como en el suelo mineral. Con el aumento en la gravedad de la quema aumenta la clase de disturbio (1, 2 o 3). Los niveles de severidad de las quemas ya fueron definidos. Si la quema es leve, la profundidad del material carbonizado en el suelo mineral es menor de 1 cm y se debe asignar la clase de disturbio 1. Si la quema es moderada, la profundidad del material carbonizado alcanza los 5 cm y se debe asignar la clase de disturbio 2. Finalmente, ante una quema grave, el material carbonizado alcanza una profundidad > 5 cm; en este caso asignar la clase 3.

Quemas de residuos forestales acumulados en pilas. Los residuos de la cosecha y el mantillo, malezas y el sotobosque suelen quemarse después de la cosecha dentro del lote, en áreas de acopio o caminos. Si el material vegetal acumulado, parcialmente quemado, permanece en el sitio puede resultar dificultoso describir las condiciones del área quemada. Sin embargo, es importante cuantificar el tamaño del área afectada por estas estructuras multiplicando el ancho por la longitud. Puede utilizarse la planilla ONSITE en este caso. Debido a que los puntos de control pueden caer en diferentes pilas de material acumulado, se recomienda evaluar la intensidad de la quema de forma independiente en cada una y de forma similar a las quemas generalizadas.

Asignación de una clase de disturbio

Las clases de disturbio del suelo se identifican usando los rasgos visuales de la superficie del suelo y son registrados para cada punto. Las clases de disturbio se definen en las secciones anteriores y en la Tabla 2. La Tabla 3 proporciona una lista de los indicadores visuales del suelo y cómo estos pueden estar asociados con las actividades de manejo. Los datos recogidos en cada punto de control proporcionan una muestra representativa de la zona en evaluación. El porcentaje del área en cada clase de disturbio del suelo se calcula en la hoja de cálculo electrónica (ver hoja *Resultados*, Anexo C-4). La fiabilidad se estima a partir de la varianza del porcentaje de puntos estimados de cada clase de disturbio. Algunos puntos de control pueden tener diferentes clases de disturbios del suelo. En estos casos, el observador asignará la clase que mejor representa el punto (ver Figura 4).

Garantías y control de calidad

Se desarrolló una guía visual, ilustrando con fotos las clases de disturbio visuales descritas en la Tabla 2 (Napper et ál. 2009), así como un programa de capacitación normalizado. Tanto la guía como el programa, además de la normalización de los protocolos y definiciones, ayudarán a que los datos se levanten con alta calidad y de manera consistente. Además, los coordinadores de programas regionales de suelo y los investigadores de suelos forestales deberían realizar capacitaciones periódicas para los nuevos empleados, usuarios del PEDSF. Se continúa trabajando en la base de datos electrónica nacional.

Glosario

Amasado. La destrucción de la estructura del suelo asociada a la pérdida de la macroporosidad, como resultado el trabajo sobre un suelo que está saturado.

Área de actividad o área de evaluación. Una unidad de cosecha, excluyendo las vías de extracción y las áreas de acopio, los caminos temporales y permanentes fuera de los límites unidad de la cosecha. Un área de actividad puede ser también un área con quema prescrita o cualquier zona demarcada en el terreno con un tratamiento específico.

Calidad del suelo. La capacidad de un tipo específico de suelo para funcionar, dentro de los límites de un sistema natural o manejado, para mantener la productividad vegetal y animal, mantener o mejorar la calidad del agua y del aire y apoyar la salud humana, el hábitat y la salud del ecosistema. La definición presenta dos aspectos: la calidad intrínseca del suelo y la calidad dinámica del suelo.

Calidad dinámica del suelo. Un aspecto de la calidad del suelo relacionada con las propiedades que cambian con el uso y el manejo o en la escala de tiempo humana.

Calidad intrínseca del suelo. Un aspecto de la calidad del suelo en relación con sus propiedades y su composición natural, influenciada por los factores y procesos de formación del suelo en ausencia de los efectos humanos.

Estructura laminar del suelo. La disposición de las partículas del suelo en agregados, formando un plano horizontal. La estructura laminar puede ser natural o causada por el tránsito.

Evaluación de la calidad del suelo. El acto de seguimiento de las tendencias de los indicadores cuantitativos o la capacidad funcional del suelo para determinar el éxito de los cambios asociados con las prácticas de manejo (usos o disturbios del suelo) o la necesidad de cambios adicionales en el manejo. El seguimiento implica la recopilación ordenada de los datos en el mismo lugar en el tiempo, su análisis y su interpretación.

Erosión. El desprendimiento y el movimiento de suelo o piedras y rocas por la acción del agua, el viento, el hielo o la gravedad.

Extensión del área. La medida del área (largo por ancho o diámetro) afectada por cualquier actividad.

Función del suelo. Cualquier servicio o tarea que realiza el suelo, en especial las siguientes:

1. Mantener la actividad biológica, la diversidad y la productividad.
2. Regular y separar el flujo de agua y solutos (la función hidrológica).
3. Filtrar, ejercer un efecto tampón, degradante y desintoxicante de posibles contaminantes.
4. Almacenar y recircular de nutrientes.
5. Proveer soporte para la construcción y otras estructuras (árboles) y para la protección de tesoros arqueológicos (rasgos culturales).

Indicador de la calidad del suelo. Una medida cuantitativa o cualitativa utilizada para estimar la capacidad funcional del suelo. Los indicadores deben ser suficientemente sensibles al cambio, reflejar con exactitud los procesos o mecanismos biofísicos pertinentes a la función de interés, ser de bajo costo y relativamente fáciles y prácticos de medir. Los indicadores de calidad del suelo generalmente se clasifican en biológicos, químicos y físicos.

Indicadores biológicos de calidad del suelo. Medida de los organismos vivos o su actividad utilizada como un indicador de calidad de suelo. La medición de los organismos del suelo se puede hacer de tres formas generales:

1. Contando los organismos del suelo o mediante la medición de la biomasa microbiana.
2. Midiendo la actividad biológica (por ejemplo, la respiración basal del suelo, ensayo de tira de algodón o nitrógeno potencialmente mineralizable).
3. Midiendo la diversidad, tal como la diversidad de funciones (por ejemplo, placas BIOLOG) o la diversidad de estructura química (por ejemplo, los componentes celulares, ácidos grasos o ADN).

Indicadores físicos de disturbios del suelo. Características que varían con el manejo e incluyen la densidad aparente, la estabilidad de agregados, la infiltración, la conductividad hidráulica y la resistencia a la penetración.

Indicadores químicos de calidad del suelo. Los indicadores que incluyen la determinación de la materia orgánica, pH, conductividad eléctrica, metales pesados, la capacidad de intercambio catiónico y otros parámetros.

Mantillo: Todos los horizontes orgánicos del suelo formados a partir de material vegetal muerto en la superficie del suelo.

Literatura citada

- Block, R.; Van Rees, K.C.J.; Pennock, D.J. 2002. Quantifying harvesting impacts using soil compaction and disturbance regimes at a landscape scale. *Soil Science Society of America Journal*. 66: 1669–1676.
- Burger, J.A.; Kelting, D.L. 1998. Soil quality monitoring for assessing sustainable forest management. En: Adams, M.B.; Ramakrishna, K.; Davidson, E., eds. *The contribution of soil science to the development and implementation of criteria and indicators of sustainable forest management*. SSSA Spec. Publ. 53. Madison, WI: Soil Science Society of America: 17–53.
- Burger, J.A.; Kelting, D.L. 1999. Using soil quality indicators to assess forest stand management. *Forest Ecology and Management*. 122: 155–166.
- Busse, M.D.; Beattie, S.E.; Powers, R.F., et ál. 2006. Microbial community responses in forest mineral soil to compaction, organic matter removal, and vegetation control. *Canadian Journal of Forest Research*. 36: 577–588.
- Clayton, J.L.; Kellogg, G.; Forrester, N. 1987. Soil disturbance-tree growth relations in central Idaho clearcuts. Research Note INT-372. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station. 6 p.
- Cochran, P.H.; Brock, T. 1985. Soil compaction and initial height growth of planted ponderosa pine. Research Note PNW-434. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station. 10 p.
- Craig, T.L.; Howes, S.W. 2007. Assessing quality in volcanic ash soils. En: Page-Dumroese, D.S.; Miller, R.E.; Mital, J., et ál., tech. eds. *Volcanic-ash-derived forest soils of the Inland Northwest: properties and implications for management and restoration*. Proceedings, Volcanic-Ash-Derived Forest Soils of the Inland Northwest: Properties and Implications for Management and Restoration. RMRS-P-44. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station: 47–67.
- Curran, M.; Maynard, D.; Heninger, R., et ál. 2007. Elements and rationale for a common approach to assess and report soil disturbance. *The Forestry Chronicle*. 83: 852–866.
- Curran, M.P., Miller, R.E.; Howes, S.W., et ál. 2005. Progress toward more uniform assessment and reporting of soil disturbance for operations, research, and sustainability protocols. *Forest Ecology and Management*. 220: 7–30.

-
- Doran, J.W.; Parkin, T.B. 1994. Defining and assessing soil quality. En: Doran, J.W.; Coleman, D.C.; Bezdicek, D.F., et ál., eds. Defining soil quality for a sustainable environment. SSSA Spec. Pub. 35. Madison, WI: Soil Science Society of America: 3–11.
- Fleming, R.L.; Powers, R.F.; Foster, N.W., et ál. 2006. Effects of organic matter removal, soil compaction, and vegetation control on 5-year seedling performance: a regional comparison of Long-Term Soil Productivity sites. *Canadian Journal of Forest Research*. 36: 5429–5450.
- Froehlich, H.A. 1976. The influence of different thinning systems on damage to soil and trees. Proceedings, XVI IUFRO World Congress Division IV. Oslo, Noruega: International Union of Forest Research Organizations: 333–334.
- Gomez, A.; Powers, R.F.; Singer, M.J., et ál. 2002. Soil compaction effects on growth of young ponderosa pine following litter removal in California's Sierra Nevada. *Soil Science Society of America Journal*. 66: 1334–1343.
- Heninger, R.; Scott, W.; Dobkowski, A., et ál. 2002. Soil disturbance and 10-year growth response of coast Douglas-fir on nontilled and tilled skid trails in the Oregon Cascades. *Canadian Journal of Forest Research*. 32: 233–246.
- Herrick, J.E.; VanZee, J.W.; Havstad, K.M., et ál. 2005. Monitoring manual for grassland, shrubland and savanna ecosystems. Vol. I: Quick start. Las Cruces, NM: U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service Jornada Experimental Range. 36 p.
- Howes, S.; Hazard, J.; Geist, J.M. 1983. Guidelines for sampling some physical conditions of surface soils. R6-RWM-146-1983. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Region. 34 p.
- Howes, S.W. 2006. Soil disturbance monitoring in the USDA Forest Service, Pacific Northwest Region. Proceedings, Monitoring Science and Technology Symposium: Unifying Knowledge for Sustainability in the Western Hemisphere. RMRS-P-42CD. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station: 929–935.
- Laing, L.E.; Howes, S.W. 1988. Detrimental soil compaction resulting from a feller buncher and rubber-tired skidder timber harvest operation: a case study. En: Lousier, J.D.; Still, G.W., eds. Degradation of forested lands: forest soils at risk. Proceedings, 10th B.C. Soil Science Workshop. 191–195.

Larson, W.E.; Pierce, F.J. 1994. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. En: Doran, J.W.; Coleman, D.C.; Bezdicek, D.F., et ál., eds. Defining soil quality for a sustainable environment. SSSA Spec. Pub. 35. Madison, WI: Soil Science Society of America: 37–51.

McNab, W.H.; Cleland, D.T.; Freeouf, J.A., et ál., comps. 2007. Description of ecological subregions: sections of the conterminous United States [CD-ROM]. Gen. Tech. Rep. WO-76B. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 80 p.

Morris, L.A.; Miller, R.E. 1994. Evidence for long-term productivity change as provided by field trials. En: Dyck, W.J., ed. Impacts of forest harvesting on long-term site productivity. Londres, Reino Unido: Chapman & Hall 41–80.

Napper, C.; Howes, S.; Page-Dumroese, D. 2009. Soil disturbance field guide. 0820 1815-SDTDC. San Dimas, CA: San Dimas Technology Center. 103 p.

Page-Dumroese, D.; Jurgensen, M.; Abbott, A., et ál. 2006. Monitoring changes in soil quality from postfire logging in the Inland Northwest. En: Andrews, P.L.; Butler, B.W., comps. Proceedings, Fuels Management: How To Measure Success. RM-P-41. Ft. Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station: 605–614.

Page-Dumroese, D.; Jurgensen, M.; Elliot, W., et ál. 2000. Soil quality standards and guidelines for forest sustainability in northwestern North America. *Forest Ecology and Management*. 138: 445–462.

Page-Dumroese, D.S.; Jurgensen, M.F.; Tiarks, A.E., et ál. 2006. Soil physical property changes at North American Long-Term Soil Productivity study sites: 1 and 5 years after compaction. *Canadian Journal of Forest Research*. 36: 551–564.

Powers, R.F.; Alban, D.H.; Miller, R.E., et ál. 1990. Sustaining site productivity in North American forests: problems and prospects. En: Gessel, S.P.; Lacate, D.S.; Weetman, G.F., et ál., eds. Sustained productivity of forest soils. Proceedings, 7th North American Forest Soils Conference. Vancouver, Columbia Británica: University British Columbia, Faculty of Forestry: 49–79.

Powers, R.F.; Scott, D.A.; Sanchez, F.G., et ál. 2005. The North American long-term soil productivity experiment: findings from the first decade of research. *Forest Ecology and Management*. 220: 17–30.

Powers, R.F.; Tiarks, A.E.; Boyle, J.R. 1998. Assessing soil quality: practical standards for sustainable forest productivity in the United States. En: Adams, M.B.; Ramakrishna, K.; Davidson, E., eds. The contribution of soil science to the development and implementation of criteria and indicators of sustainable forest management. SSSA Spec. Publ. 53. Madison, WI: Soil Science Society of America: 53–80.

Sanchez, F.G.; Scott, D.A.; Ludovici, K.H. 2006. Negligible effects of severe organic matter removal and soil compaction on loblolly pine growth over 10 years. *Forest Ecology and Management*. 227: 145–154.

Schoeneberger, P.J.; Wysocki, D.A.; Benham, E.C., et ál. 1998. Field book for describing and sampling soils. Lincoln, NE: U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center.

Sheaffer, R.L.; Mendenhall, W.; Ott, L. 1996. Elementary survey sampling. 5th ed. Belmont, CA: Wadsworth Publishing. 72 p.

Snider, M.D.; Miller, R.F. 1985. Effects of tractor logging on soils and vegetation in eastern Oregon. *Soil Science Society of America Journal*. 49: 1280–1282.

Staddon, J.W.; Duchesne, L.C.; Trevors, J.T. 1999. The role of microbial indicators of soil quality in ecological forest management. *The Forestry Chronicle*. 75: 81–86.

Sullivan, T.E. 1987. Monitoring soil physical conditions on a national forest in Eastern Oregon. En: Slaughter, G.W.; Gasbarro, T., eds. Proceedings, Alaskan Forest Soil Productivity Workshop. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-219. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station: 69–76.

Triola, M.F. 2001. Elementary statistics. 8th ed. Upper Saddle River, NJ: Addison Wesley Longman, Inc. 855 p.

U.S. Department of Agriculture (USDA) Forest Service. 1976. Burned-area emergency rehabilitation handbook. FSH 2509.13. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 115 p.

USDA Forest Service. 1983. The principal laws relating to Forest Service activities. Agricultural handbook 453. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 591 p.

U.S. Department of Agriculture (USDA) Natural Resources Conservation Service (NRCS). 1993. Soil survey manual. Rev. Agricultural handbook 18. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Soil Survey Staff. 437 p.

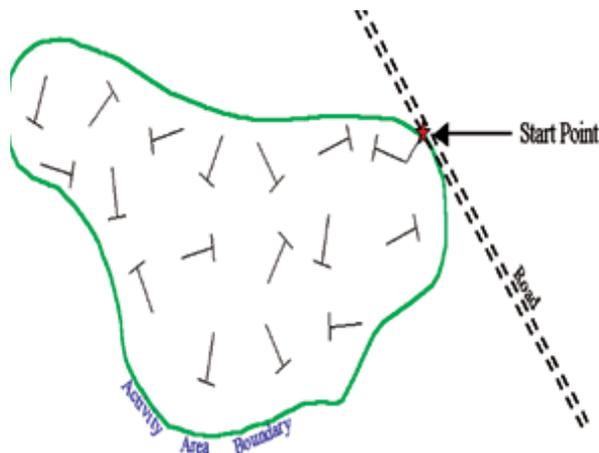
Warkentin, B.P. 1995. The changing concept of soil quality. *Journal of Soil and Water Conservation*. 50: 226–228.

Anexo A. Opciones de diseño de punto de control

Para cada opción se requiere un mínimo de 30 puntos de control, a partir del cual se calcula el resto del tamaño de la muestra.

Opción 1. Transectas orientadas al azar

Establecer transectas: Prestablecer la red (orientada al azar) con transectas orientadas por azimut al azar. Las transectas son de una longitud estándar, por lo general de 30 metros.



En esta opción, las transectas se establecen al azar antes de ir al campo, sobre un mapa del sitio. Los puntos de control se recogen a lo largo de cada transecta para levantar el número mínimo de puntos necesarios. En cada intersección, se establece una transecta de 30 m. Se anotan los atributos en los puntos de control situados a lo largo de cada transecta.

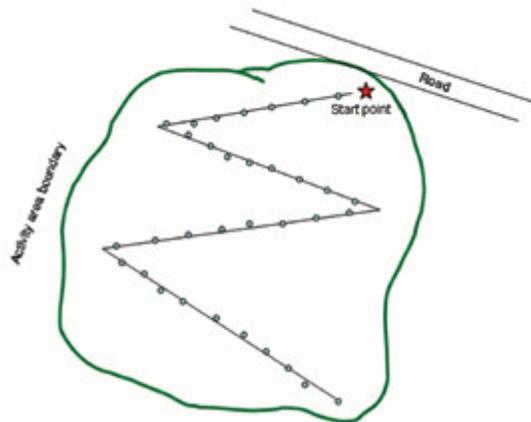
Opción 2. Muestreo sistemático en cuadrícula

En esta opción, el protocolo requiere disponer de una red sistemática de puntos sobre un mapa o fotografía aérea del área que se ha de controlar. La cuadrícula se dispone y orienta al azar. La distancia entre los puntos se calcula para proporcionar un tamaño de muestra acorde a la precisión de los resultados y los costos de la evaluación. En cada intersección de la cuadrícula se localiza un punto de control que se irradia en una dirección y a una distancia aleatorias (Howes 2006).

	169°	163°	348°
51°			
254°	270°	259°	92°
		300°	
	289°		
62°	191°	77°	
	81°	349°	

Opción 3. Una transecta al azar

En esta opción se fija al azar un punto de inicio y se recorre una transecta que cubre toda la unidad para que los primeros 30 puntos de control (el mínimo requerido) estén separados y proporcionen una evaluación adecuada del sitio. La transecta se dispone al azar y la distancia entre puntos se calcula para que el muestreo cumpla con los requisitos de precisión y costos. En los cambios de dirección de las transectas, los puntos de control se localizan dentro del área de evaluación, no se deben superponer con el área del punto de control previo. Para alcanzar un tamaño de muestra adecuado puede ser necesario establecer transectas adicionales con direcciones al azar. Si el inicio de una transecta coincide con una vía de extracción, redefina el punto de inicio. Registre la dirección de desplazamiento.



Anexo B. Antecedentes estadísticos del protocolo para la evaluación de disturbios en suelos forestales

El objetivo del proceso de recolección de datos utilizando el PEDSF es obtener una estimación representativa de la cantidad y tipos de disturbios del suelo generados por las actividades de manejo en un área particular. Aunque exista una “verdadera” proporción de área alterada, la manera de determinar la proporción real sería medir todos los puntos posibles en el área de actividad. Debido a factores presupuestarios y de tiempo resulta imposible el seguimiento de cada punto y por ello, se toman puntos de supervisión. Cuando la muestra se elige al azar (todos los puntos de control tienen la misma probabilidad de ser elegidos) y es “suficientemente grande”, esta puede ser considerada representativa del área en su conjunto.

Para determinar un tamaño de muestra suficientemente grande, en primer lugar hay que especificar el nivel de confianza aceptable para la estimación de la evaluación. A medida que el nivel de confianza aumenta, también lo hace el número de puntos de control necesarios para estimar el disturbio (suponiendo que la variabilidad se mantiene constante). El nivel de confianza puede ser elegido por el usuario consultando con un jefe de línea si es necesario. El valor del nivel de confianza se especifica dentro de la hoja de la planilla de cálculo: *Información SoLo* y *Entrada de datos* (ver Anexos C-1 y C-3, respectivamente), o por la elección de la columna correspondiente en las tablas de tamaño de muestra (ver Anexos D-2 y D-3), y luego encontrando el tamaño de la muestra correspondiente a una proporción determinada de puntos de control con disturbios. En este momento, los niveles de confianza disponibles dentro de las hojas de cálculo electrónicas van desde el 70% al 95%. El margen de error alrededor de cada estimación es del $\pm 5\%$ o $\pm 10\%$ (con una amplitud de confianza general de $\pm 10\%$ o $\pm 20\%$). Esto significa que, después de que se estime la proporción de los disturbios para una variable particular en el área de actividad, el intervalo calculado, tomando la proporción de la muestra $\pm 5\%$ (o $\pm 10\%$), contendrá la proporción real con el nivel deseado de confianza. Las tablas de tamaño de muestra también contienen información para calcular el tamaño de la muestra con los niveles de confianza del 70% al 95%. En el Anexo D-2 se encuentra la información del tamaño de muestra con el margen de error de $\pm 5\%$. La información del tamaño de muestra con el margen de error de $\pm 10\%$ se puede ver en el Anexo D-3.

Como primera medida se calcula el tamaño de muestra necesario para estimar la proporción de disturbios de cada indicador. El tamaño total de la muestra que debe utilizarse para seguimiento es el mayor de los tamaños de las muestras individuales, para asegurar que el margen de error está dentro de los límites aceptables para todas las variables. Los tamaños de muestra no son dependientes del tamaño del área de actividad, sino que solo dependen del nivel de confianza y de la variabilidad estimada a partir de los puntos de muestreo dentro de un área de evaluación. El procedimiento que se describe aquí es un punto de muestreo y, dentro de un área de actividad de cualquier tamaño, el número de puntos potenciales para el muestreo es infinito.

Todas las variables indicadoras que contribuyen al cálculo del tamaño de muestra general son *binomiales*, lo que significa que solo pueden adoptar dos valores: la característica “1” (presente) o bien “0” (ausente). Cuando el tamaño de la muestra es al menos 30, se puede utilizar la aproximación normal a la distribución binomial (Triola 2001). El uso de variables binarias como base para la determinación del tamaño de la muestra tiene varias ventajas (Sheaffer et ál. 1996). La máxima variabilidad posible para cualquier sitio es un número fijo que se alcanza cuando un 50% de los puntos de control tienen la característica y el otro 50% no la tienen. El uso de variables binarias permite estimar la variabilidad y calcular el tamaño de muestra en el campo con un muestreo simple y con cálculos sencillos. El PEDSF utiliza un mínimo de 30 puntos de control en una transecta como dato “piloto” para un área determinada y así se asegura de que el tamaño muestral necesario para cada área se base en la correcta variabilidad de las estimaciones dentro de esa área.

El tamaño de la muestra necesario para cada variable se calcula según la siguiente fórmula:

$$n = \frac{(z_{\alpha/2})^2 * \hat{p} * \hat{q}}{w^2}$$

Las variables dentro de la fórmula son las siguientes:

- $z_{\alpha/2}$: es el percentil normal estándar que produce el nivel de confianza elegido. El usuario debe especificar el nivel de confianza deseado dentro de la hoja de cálculo de *Entrada de datos* o seleccionar la columna correspondiente de las tablas de tamaño de la muestra (ver anexos D-2 y D-3).
- \hat{p} : Es la proporción observada de puntos de observación que tienen disturbios y que se marcan como “presente” registrando un “1”. Esta proporción se calcula sumando el número total de “1” y dividiendo por el número total de puntos de control. La hoja de cálculo electrónica realizará este cálculo de forma automática; sin embargo, aquellos que utilizan una copia en papel del formulario electrónico (ver Anexo D-1) deben calcular esta proporción en el campo.
- \hat{q} es la proporción de puntos de observación que no tienen disturbios y se marcan como “ausentes”, registrando un “0”. Esta proporción se calcula sumando el número total de “0” y dividiendo por el número total de puntos de control o restando \hat{p} (como se encuentra más arriba) e 1, puesto que $\hat{p} + \hat{q} = 1$.
- w es la amplitud media del intervalo de confianza. En este momento, los tamaños de las muestras son calculados sobre la base de un ancho del intervalo de confianza de 10% (o 20%), que se traducirá en estimaciones con un más o menos 5% (o 10%) de margen de error.

Por ejemplo, con un nivel de confianza del 80% en el tamaño de la muestra calculado, el intervalo de confianza dado por el rango de $\hat{p} \pm 5\%$ capturará la verdadera proporción de puntos con disturbio en el área de actividad el 80% del tiempo.

El número *mínimo* de puntos de monitoreo es 30 y debe ser empleado cuando se utiliza la fórmula para calcular el tamaño de la muestra y los intervalos de confianza. Si se

toman menos de 30 puntos de observación, los tamaños de la muestra y los intervalos de confianza que calcula la planilla serán incorrectos. La consecuencia de utilizar más de 30 muestras, pero menos que la cantidad recomendada por la calculadora de tamaño de muestra que se encuentra en la hoja de cálculo o en una copia en papel (ver Anexo D-1), es que el intervalo de confianza puede ser más amplio, según se indica en el “límite inferior” y “límite superior” de la hoja de cálculo (ver hoja *Resultados*, Anexo C-4).

Los intervalos de confianza calculados por la hoja de cálculo electrónica son los intervalos de confianza reales de los datos iniciales de la evaluación a lo largo de la transecta y se pueden utilizar como resumen cuando se realizan informes. Para aquellos que utilizan la copia en papel del formulario electrónico (ver Anexo D-1), se sugiere introducir los datos en la hoja de cálculo electrónica para obtener los intervalos sin cálculo manual. Las fórmulas para los límites inferior y superior de los intervalos de confianza son como sigue:

$$\text{Límite inferior} = \hat{p} - z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\hat{p} * \hat{q}}{n}}$$

$$\text{Límite superior} = \hat{p} + z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\hat{p} * \hat{q}}{n}}$$

donde las variables se definieron previamente para la fórmula tamaño de muestra. Los valores para $z_{\alpha/2}$ se muestran a continuación:

Nivel de confianza	$z_{\alpha/2}$
70%	1.04
75%	1.15
80%	1.282
85%	1.44
90%	1.645
95%	1.96

En la hoja *Resultados* de la planilla de cálculo (ver Anexo C-4), se muestra la proporción de disturbio del área junto con los límites inferior y superior del intervalo de confianza para cada variable de indicador. Estos valores se proporcionan para mayor comodidad en la elaboración del informe final. La correcta interpretación de los intervalos de confianza se puede ilustrar con el siguiente ejemplo: si un área de actividad obtiene una \hat{p} para la variable del indicador “huella <5 cm” de 0,1545 y el tamaño de la muestra requerida de 109 (desde un nivel de confianza del 85%) se cumplió con el muestreo de 110 puntos de control, el límite inferior es 0,104916 y el límite superior es 0,204175. Este ejemplo muestra que con el 85% de confianza, el intervalo (0,1- 0,2) captó la verdadera

proporción de huellas de menos de 5 cm de profundidad dentro del área de actividad. Cabe señalar que los intervalos calculados para bajos niveles de disturbio (<5%) se truncan al tener un límite inferior de cero porque los valores negativos son imposibles.

En la hoja *Entrada de datos* también se puede encontrar un resumen de las clases de disturbio (ver Anexo C-3). Debido a que esta variable es ordinal (es decir, que los niveles de esta variable se ordenan en categorías), no se pueden calcular los intervalos de confianza.

Anexo C. Ejemplos de las hojas de cálculo contenidas en la planilla del PEDSF

Anexo C-1. Ejemplo de hoja de cálculo para la evaluación de disturbios del suelo (Información SoLo)

La primera pestaña de la hoja de cálculo electrónica es una planilla titulada *Información SoLo* (mostrada más abajo). Utilice esta hoja de trabajo para describir los atributos del sitio. Los detalles adicionales de la información que se solicita en esta hoja de trabajo se describen en el Anexo F. Cuando se haya completado la *Entrada de datos* (ver Anexo C-3), se rellenará automáticamente el símbolo # DIV / 0! en la sección “Indicador” de esta hoja.

Reporte de evaluación de calidad de suelo SoLo	
Identificación del sitio	
Identificación del proyecto:	
Identificación unidad:	
Identificación subunidad:	
Tipo de proyecto:	
Otros (comentarios):	
Información para la localización	
Región:	
Bosque/Plantación:	
Distrito:	
Coordenadas del mapa topográfico:	
Sección:	
Municipio:	
Meridiano:	
Latitud:	0,000000
Longitud:	0,000000
UTM Este:	0
UTM Norte:	0
Zona UTM:	0
Cobertura de SIG:	
Identificación del polígono:	
Características del sitio	
Pendiente (%):	
Aspecto (grado o dirección):	
Elevación (¿metros?):	
Área (¿hectáreas?):	
Subsección ecológica:	
Paisaje/Topografía:	
Tipo de hábitat:	
Nombre de la cuenca:	
CUH de la cuenca:	
Estado de la cuenca:	
Asociación de suelos:	

Material parental:	
Clasificación de suelo:	
Relevamiento de suelo:	
Comentarios:	
Historia del sitio	
Incendio (estación & año):	
Pastoreo (época del año):	
Cosecha (estación & año):	
Sistema de cosecha:	
Prep. del sitio (incluyendo fuego prescripto):	
Plantación (año):	
Raleo (año):	
Uso recreativo:	
Caminos (km):	
Caminos o vías para acondicionar:	
Medidas de recuperación:	
Otros (comentarios)	
Actividad actual	
Prescripción (tratamientos):	
Método de evaluación:	
Momento de evaluación:	
Nivel de confianza seleccionado:	95
Intervalo de confianza seleccionado:	10
Número de puntos relevados:	0
Indicador:	Proporción positiva
Piso forestal o mantillo alterado:	#¡DIV/0!
Desplazamiento:	#¡DIV/0!
Erosión:	#¡DIV/0!
Huellas:	#¡DIV/0!
Quema:	#¡DIV/0!
Compactación:	#¡DIV/0!
Estructura laminar/masiva/amasado:	#¡DIV/0!
Otros (comentarios):	
Información administrativa	
Observador:	
Título del observador:	
E-mail del observador:	
Fecha de evaluación:	00/01/1900
Fecha de aprobación:	
Autorizador:	
Título del autorizador:	
E-mail del autorizador:	
Fecha de presentación:	
Documento NEPA:	
Fecha finalización NEPA:	

STG = Sistema de información geográfica. CUH: código de unidad hidrológica. NEPA = Ley Nacional sobre Política Ambiental. Act. UTM = Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator

Anexo C-2. Ejemplo de hoja de cálculo para la evaluación de disturbios del suelo (Selección de variables)

La segunda pestaña de la hoja de cálculo electrónica se titula *Selección de variables*, y se muestra a continuación. Si se cambia la entrada para cualquier variable de 1 a 0, la variable es excluida del cálculo del tamaño de la muestra; sin embargo se seguirán calculando las estadísticas de resumen y los intervalos de confianza.

Seleccionar las variables para ser incluidas en el cálculo del tamaño de la muestra

Introduzca 1 para incluir

Introduzca 0 para excluir

¿Mantillo alterado?	1
¿Plantas vivas?	0
¿Plantas invasoras?	0
¿Residuos finos? <7 cm	0
¿Residuos gruesos? >7cm	0
¿Suelo desnudo?	0
¿Piedras/Rocas?	0
¿Desplazamiento superficial?	1
¿Erosión? Comentarios	1
¿Huella? <5cm	1
¿Huella? 5-10cm	1
¿Huella? >10cm	1
Quema leve	1
Quema moderada	1
Quema grave	1
¿Compactación? 0-10 cm	1
¿Compactación?> 10-30 cm	1
¿Compactación? >30cm	1
Estructura laminar/masiva/amasado 0-10 cm	1
Estructura laminar/masiva/amasado >10-30 cm	1
Estructura laminar/masiva/amasado >30 cm	1

Anexo C-3. Ejemplo de hoja de cálculo para la recolección de datos de la evaluación de disturbios del suelo (Entrada de datos)

La tercera pestaña de la hoja de cálculo electrónica es la hoja nombrada *Entrada de datos*. Anote “0” (ausente) o “1” (presente) en cada celda de la hoja de cálculo, **excepto** para la profundidad de mantillo. El espesor del mantillo se registra en centímetros.

NOTA: Este ejemplo de hoja de cálculo contiene sólo 23 puntos de datos.

ID del proyecto:	0						ID Unidad:						0						Observador:						0					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Distancia entre puntos (m):						
Fecha:	Tipo de evaluación																							0						
Dirección:	0																													
Punto de muestreo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23							
Mantillo (cm):																														
¿Mantillo alterado?																														
¿Plantas vivas?																														
¿Plantas invasoras?																														
¿Residuos finos? <7 cm																														
¿Residuos gruesos? >7cm																														
¿Suelo desnudo?																														
¿Piedras/Rocas?																														
¿Desplazamiento superficial?																														
¿Erosión? Comentarios																														
¿Huella? <5cm																														
¿Huella? 5-10cm																														
¿Huella? >10cm																														
Quema leve																														
Quema moderada																														
Quema grave																														

Principio del formulario

Anexo C-4. Ejemplo de hoja de cálculo para la evaluación de disturbios del suelo (Resultados)

La cuarta pestaña de la hoja de cálculo electrónica es la etiqueta Resultados. Tenga en cuenta que a medida que se rellenan las columnas en la hoja Entrada de datos, el signo “# DIV / 0!” será sustituido por los resultados calculados.

Transecta y área de actividad:				
Fecha:	00/01/1900			
Punto de muestreo	Proporción de clase visual	N necesario	Intervalo de confianza	
Mantillo (cm):			Límite Inferior	Límite Superior
¿Mantillo alterado?	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
¿Plantas vivas?	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
¿Plantas invasoras?	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
¿Residuos finos? <7 cm	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
¿Residuos gruesos? >7cm	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
¿Suelo desnudo?	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
¿Piedras/Rocas?	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
¿Desplazamiento superficial?	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
¿Erosión? comentarios	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
¿Huella? <5cm	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
¿Huella? 5-10cm	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
¿Huella? >10cm	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Quema leve	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Quema moderada	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Quema grave	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
¿Compactación? 0-10 cm	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
¿Compactación? 10-30 cm	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
¿Compactación? >30cm	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Estructura laminar/masiva /amasado 0-10 cm	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Estructura laminar/masiva /amasado 10-30 cm	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Estructura laminar/masiva /amasado >30 cm	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
¿Mezcla de suelo superficial/sub-suelo?				
Proporciones de clases de disturbio				
Clase de disturbio de suelo	Proporción de 0	Proporción de 1	Proporción de 2	Proporción de 3
	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Crítico (Proporción SI)	#DIV/0!			

Anexo D. Formulario de campo en papel y tablas para la determinación del tamaño de muestras

Anexo D-1. Ejemplo de formulario en papel para campo

Nota: Este Formulario contiene solo 30 puntos de muestreo.

Transecta y área de actividad	Rodal/Unidad:										Observador:										¿Nivel de confianza? Entre 80, 90 o 95										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Fecha																															
Punto de muestreo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Mantillo (cm):																															
¿Mantillo alterado?																															
¿Desplazamiento superficial?																															
¿Mezcla del suelo superficial/subsuelo?																															
¿Erosión? comentarios																															
¿Huella? <5 cm																															
¿Huella? 5-10cm																															
¿Huella? >10 cm																															
Quema leve																															
Quema moderada																															
Quema grave																															

Anexo D-2. Determinación del tamaño de la muestra para un margen de error de $\pm 5\%$

70% Confianza		75% Confianza		80% Confianza		85% Confianza		90% Confianza		95% Confianza	
Porcentaje	N										
Presente	Requerido										
1%	5	1%	6	1%	7	1%	9	1%	11	1%	16
2%	9	2%	11	2%	13	2%	17	2%	22	2%	31
3%	13	3%	16	3%	20	3%	25	3%	32	3%	45
4%	17	4%	21	4%	26	4%	32	4%	42	4%	60
5%	21	5%	26	5%	32	5%	40	5%	52	5%	73
6%	25	6%	30	6%	37	6%	47	6%	62	6%	87
7%	29	7%	35	7%	43	7%	54	7%	71	7%	101
8%	32	8%	39	8%	49	8%	62	8%	80	8%	114
9%	36	9%	44	9%	54	9%	68	9%	89	9%	126
10%	39	10%	48	10%	59	10%	75	10%	98	10%	139
11%	43	11%	52	11%	65	11%	82	11%	106	11%	151
12%	46	12%	56	12%	70	12%	88	12%	115	12%	163
13%	49	13%	60	13%	75	13%	94	13%	123	13%	174
14%	53	14%	64	14%	79	14%	100	14%	131	14%	186
15%	56	15%	68	15%	84	15%	106	15%	139	15%	196
16%	59	16%	72	16%	89	16%	112	16%	146	16%	207
17%	62	17%	75	17%	93	17%	118	17%	153	17%	217
18%	64	18%	79	18%	97	18%	123	18%	160	18%	227
19%	67	19%	82	19%	101	19%	128	19%	167	19%	237
20%	70	20%	85	20%	105	20%	133	20%	174	20%	246
21%	72	21%	88	21%	109	21%	138	21%	180	21%	255
22%	75	22%	91	22%	113	22%	143	22%	186	22%	264
23%	77	23%	94	23%	117	23%	147	23%	192	23%	273
24%	79	24%	97	24%	120	24%	152	24%	198	24%	281
25%	82	25%	100	25%	123	25%	156	25%	203	25%	289
26%	84	26%	102	26%	127	26%	160	26%	209	26%	296
27%	86	27%	105	27%	130	27%	164	27%	214	27%	303
28%	88	28%	107	28%	133	28%	168	28%	219	28%	310
29%	90	29%	109	29%	135	29%	171	29%	223	29%	317
30%	91	30%	112	30%	138	30%	175	30%	228	30%	323
31%	93	31%	114	31%	141	31%	178	31%	232	31%	329
32%	95	32%	116	32%	143	32%	181	32%	236	32%	335
33%	96	33%	117	33%	145	33%	184	33%	240	33%	340
34%	98	34%	119	34%	148	34%	187	34%	243	34%	345
35%	99	35%	121	35%	150	35%	189	35%	247	35%	350
36%	100	36%	122	36%	151	36%	192	36%	250	36%	355
37%	101	37%	124	37%	153	37%	194	37%	253	37%	359
38%	102	38%	125	38%	155	38%	196	38%	256	38%	363
39%	103	39%	126	39%	156	39%	198	39%	258	39%	366
40%	104	40%	127	40%	158	40%	200	40%	260	40%	369
41%	105	41%	128	41%	159	41%	201	41%	262	41%	372
42%	106	42%	129	42%	160	42%	203	42%	264	42%	375
43%	107	43%	130	43%	161	43%	204	43%	266	43%	377
44%	107	44%	131	44%	162	44%	205	44%	267	44%	379
45%	108	45%	131	45%	163	45%	206	45%	268	45%	381
46%	108	46%	132	46%	163	46%	207	46%	269	46%	382
47%	108	47%	132	47%	164	47%	207	47%	270	47%	383
48%	108	48%	133	48%	164	48%	208	48%	271	48%	384
49%	109	49%	133	49%	164	49%	208	49%	271	49%	385
50%	109	50%	133	50%	164	50%	208	50%	271	50%	385

N: número.

Nota: Los tamaños de muestra se basan en la aproximación normal a la distribución binomial y se requiere un tamaño de muestra mínimo de 30 para que esta aproximación sea válida. Las áreas sombreadas representan un tamaño de muestra de menos de 30.

Anexo D-3. Determinación del tamaño de la muestra para un margen de error de $\pm 10\%$

70% Confianza		75% Confianza		80% Confianza		85% Confianza		90% Confianza		95% Confianza	
Porcentaje	N										
Presente	Requerido										
1%	2	1%	2	1%	2	1%	3	1%	3	1%	4
2%	3	2%	3	2%	4	2%	5	2%	6	2%	8
3%	4	3%	4	3%	5	3%	7	3%	8	3%	12
4%	5	4%	6	4%	7	4%	8	4%	11	4%	15
5%	6	5%	7	5%	8	5%	10	5%	13	5%	19
6%	7	6%	8	6%	10	6%	12	6%	16	6%	22
7%	8	7%	9	7%	11	7%	14	7%	18	7%	26
8%	8	8%	10	8%	13	8%	16	8%	20	8%	29
9%	9	9%	11	9%	14	9%	17	9%	23	9%	32
10%	10	10%	12	10%	15	10%	19	10%	25	10%	35
11%	11	11%	13	11%	17	11%	21	11%	27	11%	38
12%	12	12%	14	12%	18	12%	22	12%	29	12%	41
13%	13	13%	15	13%	19	13%	24	13%	31	13%	44
14%	14	14%	16	14%	20	14%	25	14%	33	14%	47
15%	14	15%	17	15%	21	15%	27	15%	35	15%	49
16%	15	16%	18	16%	23	16%	28	16%	37	16%	52
17%	16	17%	19	17%	24	17%	30	17%	39	17%	55
18%	16	18%	20	18%	25	18%	31	18%	40	18%	57
19%	17	19%	21	19%	26	19%	32	19%	42	19%	60
20%	18	20%	22	20%	27	20%	34	20%	44	20%	62
21%	18	21%	22	21%	28	21%	35	21%	45	21%	64
22%	19	22%	23	22%	29	22%	36	22%	47	22%	66
23%	20	23%	24	23%	30	23%	37	23%	48	23%	69
24%	20	24%	25	24%	30	24%	38	24%	50	24%	71
25%	21	25%	25	25%	31	25%	39	25%	51	25%	73
26%	21	26%	26	26%	32	26%	40	26%	53	26%	74
27%	22	27%	27	27%	33	27%	41	27%	54	27%	76
28%	22	28%	27	28%	34	28%	42	28%	55	28%	78
29%	23	29%	28	29%	34	29%	43	29%	56	29%	80
30%	23	30%	28	30%	35	30%	44	30%	57	30%	81
31%	24	31%	29	31%	36	31%	45	31%	58	31%	83
32%	24	32%	29	32%	36	32%	46	32%	59	32%	84
33%	24	33%	30	33%	37	33%	46	33%	60	33%	85
34%	25	34%	30	34%	37	34%	47	34%	61	34%	87
35%	25	35%	31	35%	38	35%	48	35%	62	35%	88
36%	25	36%	31	36%	38	36%	48	36%	63	36%	89
37%	26	37%	31	37%	39	37%	49	37%	64	37%	90
38%	26	38%	32	38%	39	38%	49	38%	64	38%	91
39%	26	39%	32	39%	39	39%	50	39%	65	39%	92
40%	26	40%	32	40%	40	40%	50	40%	65	40%	93
41%	27	41%	32	41%	40	41%	51	41%	66	41%	93
42%	27	42%	33	42%	40	42%	51	42%	66	42%	94
43%	27	43%	33	43%	41	43%	51	43%	67	43%	95
44%	27	44%	33	44%	41	44%	52	44%	67	44%	95
45%	27	45%	33	45%	41	45%	52	45%	67	45%	96
46%	27	46%	33	46%	41	46%	52	46%	68	46%	96
47%	27	47%	33	47%	41	47%	52	47%	68	47%	96
48%	27	48%	34	48%	41	48%	52	48%	68	48%	96
49%	28	49%	34	49%	41	49%	52	49%	68	49%	97
50%	28	50%	34	50%	41	50%	52	50%	68	50%	97

N: número.

Nota: Los tamaños de muestra se basan en la aproximación normal a la distribución binomial y se requiere un tamaño de muestra mínimo de 30 para que esta aproximación sea válida. Las áreas sombreadas representan un tamaño de muestra de menos de 30.

Anexo E. Ejemplo de formulario para documentar disturbios del suelo en áreas con actividades previas

Documentación de disturbios del suelo

Fecha:

Nombre del proyecto

Identificación del rodal/área:

Observador (es):

Nombre de venta cosecha previa (si se sabe)

Lat./Long.

No hay evidencia de disturbios previos:

Marque lo que corresponda

Tipo	Disturbios pasados	Tiempo aproximado/nombre de venta de la cosecha previa
Tocones - Con disturbio cercano		
- Sin disturbio evidente		
Vías de arrastres		
Vías antiguas		
- Sin uso		
- En reserva		
Vías de extracción con cable luego de la tala		
Áreas de acopio de madera		
Residuos apilados		
Extracción con caballos		
Área de pastaje de animales		
Otros		

* Los tocones pueden ser por corte a nivel del suelo, por extracción con cable, con helicóptero o por cortar leña.

Comentarios:

Anexo F. Descriptores del sitio de cada área de actividad

Esta información se agrega en el primer formulario de la hoja de cálculo del PEDSFSoLo.

Para cada proyecto se debe presentar por separado un informe correspondiente a cada unidad (o subunidad). Las definiciones se proveen en el Anexo D. En la medida de lo posible, cada informe debe incluir la siguiente información:

- Identificación (ID) del proyecto: Por lo general, un nombre, como “los timbres”.
Identificación (ID) de la unidad: frecuentemente se utiliza un código alfanumérico como “12A”.
Tipo de proyecto: Por ejemplo, “venta verde”, “venta de bienes siniestrados”.
- Ubicación
Región: Nombre, en lugar de número, para evitar que la búsqueda sea engorrosa.
Bosque: Nombre, en lugar de número, para evitar que la búsqueda sea engorrosa.
Distrito: Nombre, en lugar de número, para evitar que la búsqueda sea engorrosa.
- Información del mapa
Mapa topográfico: Nombre(s) del mapa del sitio (en cuadriláteros de 7,5 minutos)
Coordenadas geográficas: latitud y longitud (preferible) o UTM.
- Topografía
Formas del paisaje: Descripción / Categoría: por ejemplo “terrazza aluvial”.
Pendiente: En porcentaje, el promedio o el rango de inclinación de la unidad o subunidad
Aspecto: En grados, la dirección predominante de la unidad.
Elevación: En metros, la media o rango de elevación de la unidad o subunidad.
- Ecología
Subsección ecológica: El identificador (ID) alfanumérico, de la subsección de la unidad.
Tipo de hábitat: La clasificación de la comunidad vegetal de la unidad.
Identificación (ID) de la cuenca: El nombre y el código de la unidad hidrológica (CUH) de 6 ° nivel de la cuenca que contiene la unidad de actividad.
Clase de la cuenca según su condición: I, II o III (definida en el documento 2521.1 del Manual del Servicio Forestal 2521.1).

-
- Asociación de suelos: Identificación de la unidad de mapeo basada en agrupaciones de tipo de suelos.

Material parental: Materiales madre del suelo del sitio.

Clasificación del suelo: El descriptor taxonómico del suelo predominante.

Relevamientos de Suelo: Nombre del estudio publicado o aceptado de la zona.

- Historia del sitio

Incendios: estación y año de incendio(s) histórico(s).

Actividad de cosecha: estación y año de la cosecha anterior.

Pastoreo: duración de pastoreo asignado.

Preparación del sitio: estación, año y el tipo de trabajo realizado.

Plantación: año, especies, densidad.

Raleo: año, densidad residual.

Recuperación: de caminos, áreas de acopio u otros disturbios, el año.

Uso recreativo: tipo y duración de las actividades de recreo.

- Actividad actual

Prescripción silvícola: se refiere a la densidad residual (raleo, extracción de fuste, del árbol entero, etc.).

Sistema de tala: tipo de equipos utilizados en la actividad.

Tipo de evaluación: número de meses, preactividad y postactividad.

Humedad del suelo: medida al momento de la evaluación.

- Resumen estadístico: se completa automáticamente con muestreo de la transecta.

- Información administrativa: la mayor parte de esta información se rellena automáticamente.

Nombre del observador:

Título/Cargo del observador:

Fecha de la evaluación:

Fecha del informe:

Fecha de aprobación: {Todos los informes deben ser aprobados por el responsable del siguiente nivel antes de la presentación final}.

Nombre del autorizador:

Cargo/Título del autorizador:

Título del documento de NEPA (Ley Nacional de Protección Ambiental): asociado con este proyecto.

Fecha del documento NEPA:



Rocky Mountain Research Station



The Rocky Mountain Research Station develops scientific information and technology to improve management, protection, and use of the forests and rangelands. Research is designed to meet the needs of the National Forest managers, Federal and State agencies, public and private organizations, academic institutions, industry, and individuals. Studies accelerate solutions to problems involving ecosystems, range, forests, water, recreation, fire, resource inventory, land reclamation, community sustainability, forest engineering technology, multiple use economics, wildlife and fish habitat, and forest insects and diseases. Studies are conducted cooperatively, and applications may be found worldwide. For more information, please visit the RMRS web site at: www.fs.fed.us/rmrs.

Station Headquarters

Rocky Mountain Research Station
240 W Prospect Road
Fort Collins, CO 80526
(970) 498-1100

Research Locations

Flagstaff, Arizona	Reno, Nevada
Fort Collins, Colorado	Albuquerque, New Mexico
Boise, Idaho	Rapid City, South Dakota
Moscow, Idaho	Logan, Utah
Bozeman, Montana	Ogden, Utah
Missoula, Montana	Provo, Utah

The U.S. Department of Agriculture (USDA) prohibits discrimination against its customers, employees, and applicants for employment on the bases of race, color, national origin, age, disability, sex, gender identity, religion, reprisal, and where applicable, political beliefs, marital status, familial or parental status, sexual orientation, or all or part of an individual's income is derived from any public assistance program, or protected genetic information in employment or in any program or activity conducted or funded by the Department. (Not all prohibited bases will apply to all programs and/or employment activities.) For more information, please visit the USDA web site at: www.usda.gov and click on the Non-Discrimination Statement link at the bottom of the page.

Federal Recycling Program



Printed on Recycled Paper



To learn more about RMRS publications or search our online titles:

www.fs.fed.us/rm/publications

www.treesearch.fs.fed.us