



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES
CURSO MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS

MATERIAL PRÁCTICO
INGENIERÍA FORESTAL

UNIDAD DIDÁCTICA D
D9: Materia Orgánica

2018

OBJETIVO GENERAL

Estimar las consecuencias en el balance de la materia orgánica de los suelos en un bosque nativo u original de la zona, ante la intervención del hombre con distintas prácticas de manejo.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	- 1 -
CARACTERIZACIÓN DE SITIOS NATIVOS.....	- 2 -
<i>DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS REGIONES FORESTALES DE ARGENTINA.....</i>	<i>- 2 -</i>
Selva Misionera.....	- 2 -
Selva Tucumano Boliviana o Yungas	- 2 -
Parque Chaqueño.....	- 2 -
Bosque Andino Patagónico	- 3 -
<i>METODOLOGÍA PARA EL RELEVAMIENTO DE LOS DATOS</i>	<i>- 3 -</i>
<i>ACTIVIDAD PRÁCTICA.....</i>	<i>- 5 -</i>
<i>BALANCE DE MATERIA ORGÁNICA EN BOSQUES NATIVOS.....</i>	<i>- 5 -</i>
PLANTACIÓN DE PINUS TAEDA L.	- 7 -
<i>OBJETIVO.....</i>	<i>- 7 -</i>
<i>INTRODUCCIÓN.....</i>	<i>- 7 -</i>
<i>CARACTERIZACIÓN DEL SITIO.....</i>	<i>- 8 -</i>
<i>METODOLOGÍA PARA EL RELEVAMIENTO DE LOS DATOS</i>	<i>- 8 -</i>
<i>ACTIVIDAD PRÁCTICA.....</i>	<i>- 9 -</i>

INTRODUCCIÓN

Desde la celebración de la reunión de Kyoto (1997), se comenzó a percibir a los bosques como productores de servicios ambientales para la sociedad en su conjunto, amplificando la concepción clásica de la producción de madera. Los bosques juegan un importante papel en el balance de CO₂ a nivel mundial a través de su fijación en la madera mediante la fotosíntesis. Por otro lado, la sustitución del bosque por tierras agrícolas conduce a la liberación a la atmósfera del CO₂ acumulado en la madera. El método de sustitución de bosques por tierras agrícolas en Argentina consiste en el volteo de la vegetación, formación de escolleras y posterior quema, no contemplándose el uso de la madera. Aunque esta madera fuera utilizada, el destino predominante es para leña por lo que también se la puede considerar pérdida como depósito de carbono. La emisión de CO₂ se obtiene bajo el supuesto de que el 100% de la biomasa deforestada es transformada en CO₂ por combustión y no se consideran las pérdidas de C de suelos, que ocurren tanto por el fuego de las escolleras, como por la fuerte oxidación de la materia orgánica residual por lo cual se está subestimando el valor de emisión al desconocer la fuente que representa el suelo. La emisión de CO₂ equivale a 3.666 veces el peso del carbono que interviene en la combustión según IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) Good Practice Guidance for LULUCF (Guía de buenas prácticas para Uso de la tierra y la Sicultura).

La extensa superficie de bosques con que cuenta Argentina contribuyen en gran medida a la mitigación de las emisiones de CO₂, ya que como sistema natural complejo global al almacenar carbono en la vegetación y en el suelo, e intercambiar carbono con la atmósfera a través del proceso fotosintético y la respiración, contribuyen a mitigar el cambio climático. Pero a su vez, si se producen alteraciones en los estos bosques (deforestación, quema) se pierde el carbono en la atmósfera, proceso que podría ser revertido mediante un adecuado manejo de los bosques para aumentar su capacidad de captación del CO₂ de la atmósfera. Los estudios de biomasa son importantes para comprender el ecosistema forestal porque permiten evaluar los efectos de una intervención con respecto al equilibrio del ecosistema (Teller, 1988).

CARACTERIZACIÓN DE SITIOS NATIVOS

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS REGIONES FORESTALES DE ARGENTINA

Selva Misionera

Se trata de un bosque subtropical heterogéneo, con una alta biodiversidad. Presenta formaciones boscosas multi-estratificadas de 20 a 30 m de altura, con tres estratos arbóreos: no de bambúceas y arbustos, otro herbáceo y un estrato muscinal. También se observan lianas y epífitas. Predominan los géneros *Balfourodendron*, *Nectandra*, *Aspidosperma*, *Cedrela*, *Tabebuia*, entre otros.

La agricultura migratoria es un uso de la tierra de importancia particular en esta región que da como resultado una alta fragmentación de los bosques y la formación de bosques secundarios, localmente denominado capueras. Este tipo de uso está asociado a las rutas principales en la zona este de la región.

Los cultivos que actúan como reemplazo de áreas de bosque nativo son de tipo industrial como el té, la yerba mate, el tabaco y la forestación con especies exóticas.

Selva Tucumano Boliviana o Yungas

Se trata de un bosque subtropical de pedemonte y de montaña que presenta tipos forestales heterogéneos asociados a los distintos pisos altitudinales que resultan de diferencias climáticas.

Las formaciones boscosas de la Selva Tucumano Boliviana son de 20-30m de altura, en dos estratos arbóreos, un estrato herbáceo y un estrato muscinal. Se observan lianas y epífitas. Los géneros predominantes son *Tipuana*, *Phyllostylon*, *Enterolobium*, *Anadenanthera*, *Cedrela*, *Blepharocalyx*, *Podocarpus*, *Alnus*, entre otros.

El piso altitudinal de la Selva Pedmontana presenta la mayor intensidad de reemplazo por parte de la agricultura con cultivos de caña de azúcar y cítricos, registrándose un marcado proceso de fragmentación de los bosques.

En el piso altitudinal correspondiente a la Selva Montana, las principales actividades son el aprovechamiento selectivo de árboles y la ganadería extensiva bajo el bosque. A causa de la topografía abrupta, el aprovechamiento se restringe a las zonas más accesibles.

En el piso altitudinal superior o Bosque Montano, las actividades productivas principales son el aprovechamiento selectivo de árboles, la agricultura migratoria y la ganadería extensiva bajo el bosque.

Parque Chaqueño

Es una amplia región boscosa que presenta variaciones climáticas de este a oeste, desde áreas húmedas a secas. Es la región forestal que presenta mayor superficie de bosque con una importante biodiversidad.

Los bosques son principalmente caducifolios xerófilos de aproximadamente 20 m de altura, alternados con pajonales, praderas, y palmares. Las especies forestales más destacadas de la región son *Schinopsis lorentzii* (quebraco colorado), *Aspidosperma quebracho blanco*, *Bulnesia armientoi* (palo santo) y *Prosopis* spp (algarrobos), entre otros.

La región presenta una importante intervención antrópica, la cual se manifiesta a través de distintas actividades que producen diferentes impactos sobre el bosque. La actividad maderera tradicional, que consiste en el aprovechamiento selectivo de los individuos de grandes dimensiones y de mejor calidad, ocasiona una rápida disminución de los volúmenes de madera comercial por largos periodos de tiempo. La extracción de leña con fines energéticos, comerciales, domésticos y otros productos forestales como postes, es la actividad predominante en áreas previamente aprovechadas y en zonas cercanas a

asentamientos rurales o poblados. La continua extracción de estos productos da como resultado áreas fuertemente degradadas las cuales se caracterizan por la predominancia de arbustales.

Sin embargo, la actividad productiva que ha cobrado mayor importancia en los últimos años es la agricultura, principalmente en la zona sur y el límite oeste de la región. La expansión de la frontera agrícola, mayoritariamente con cultivos de soja, provoca una significativa pérdida de bosques nativos y un aumento en la fragmentación de los mismos.

Por último, la ocurrencia de incendios en esta región es de las más altas del país verificándose frecuentemente la conversión de las áreas incendiadas a agricultura.

Bosque Andino Patagónico

Se trata de un bosque homogéneo de climas fríos, que se extiende a lo largo de la Cordillera de los Andes, por aproximadamente 3.000 km y no más de 30 km de ancho desde el norte al sur, presentando discontinuidades en algunos sectores.

La región se caracteriza por la predominancia de bosques caducifolios, con presencia de bosques de coníferas. Las especies más comunes son del género *Nothofagus* (lenga, coihue, raulí, roble pellín, ñire, guinde), *Austrocedrus chilensis* (ciprés de la cordillera), *Araucaria araucana* (pehuén).

La región de Bosque Andino Patagónico es la que presenta el menor estado de degradación y reemplazo de bosques del país como así también el mayor porcentaje de áreas boscosas en zonas protegidas.

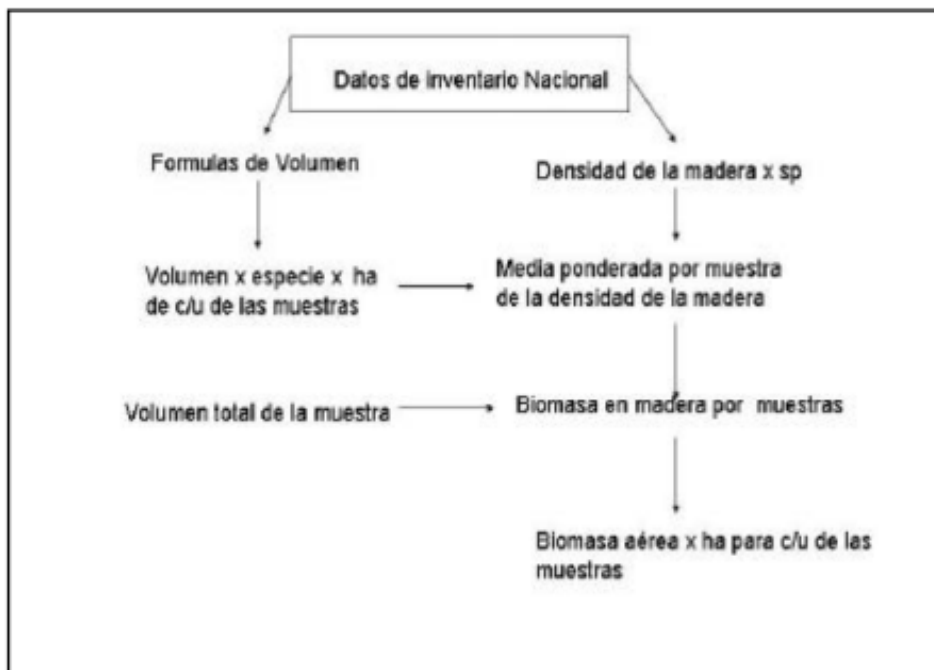
METODOLOGÍA PARA EL RELEVAMIENTO DE LOS DATOS

La estimación del volumen se corresponde al volumen bruto desde los 10 cm de DAP con corteza (trabajo en parcelas relevadas a campo). Los datos de DAP, altura total y altura de fuste para cada especie de árbol, se obtuvieron del Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos en el año 1998.

La transformación de estos datos a volumen se realizó a través de ecuaciones de volumen específicas para determinadas especies recopiladas de diferentes fuentes.

La estimación de la **biomasa aérea, biomasa encima del suelo, (BES)** se realizó aplicando la metodología sugerida por Brown (1997). La biomasa de cada una de las parcelas se estimó multiplicando el Volumen total de la parcela por la densidad promedio de la madera, que es una media ponderada con respecto al volumen total de la parcela, de manera tal que las especies con mayor proporción de volumen dentro de la parcela tienen el mayor peso relativo en la densidad. La densidad es la masa de madera seca al horno por unidad de volumen (Base de datos INTI_CITEMA., (Figura 1).

Figura 1. Esquema metodológico utilizado para la estimación de la biomasa aérea.



La BES se obtiene multiplicando la Biomasa del Fuste (BF) por un **factor de expansión (FE)**, que varía según el rendimiento:

$$FE = > 190 \text{ t/ha} \Rightarrow 1,74 \text{ BF}$$

$$FE = < 190 \text{ t/ha} \Rightarrow \text{exp. } (3,213 - 0,506 * \ln \text{ BF})$$

De esta manera se aproxima ($r^2 = 0,76$) cuanto menor es la biomasa de fustes mayor es el factor de expansión, por lo cual adquieren mayor participación los otros compartimentos de la Biomasa aérea como son ramas y hojas.

***Vocabulario. Biomasa por encima del suelo (BES):** Toda la biomasa viva por encima del suelo incluyendo el tronco, el tocón, las ramas, la corteza, semillas y hojas.*

La **Biomasa por debajo del suelo (BDS)** surge de la multiplicación de la **BES** con un **coeficiente para cada uno de estos compartimentos**. En este caso son estimaciones generales para el mundo, escogiéndose en el caso de estar disponibles calibraciones para ecosistemas similares a los ecosistemas forestales de Argentina. La BDS corresponde a:

- **24 % para Selva Misiones, Selva Tucumano Boliviano y Bosques Andino Patagónicos**
- **27 % para Parque Chaqueño**

***Vocabulario. Biomasa por debajo del suelo (BDS):** Toda la biomasa viva de las raíces. Las raíces pequeñas de menos de 2 mm de diámetro están excluidas porque a menudo no pueden distinguirse de manera empírica, de la materia orgánica del suelo u hojarasca.*

En el caso de Biomasa Madera Muerta (BMM) surge de la multiplicación de la **BF** por los coeficientes

- **11 % para la Selva Misionera y la Selva Tucumano Boliviana**
- **-14% para Bosques Andino Patagónico y el Parque Chaqueño.**

Estos coeficientes se corresponden con las tablas del IPCC Good Practice for LULUCF (2004).

***Vocabulario. Biomasa de la madera muerta (BMM):** Toda la biomasa leñosa muerta que no forma parte de la hojarasca, ya sea en pie y sobre el suelo.*

ACTIVIDAD PRÁCTICA

BALANCE DE MATERIA ORGÁNICA EN BOSQUES NATIVOS

Para desarrollar este problema se ha usado información del trabajo de Gásparri, I., Manghi E. 2001. Estimación de volumen, biomasa y contenido de carbono de las regiones forestales argentinas

1) Aplicando estos datos empíricos mencionado anteriormente, complete la siguiente tabla:

Región Forestal	Biomasa Fuste BF (t/ha)	Biomasa Encima Suelo BES (t/ha)	Biomasa hojarasca + ramas BES - BF (t/ha)	Biomasa Debajo Suelo BDS (t/ha)	Biomasa Madera Muerta BMM (t/ha)	Biomasa Total BT (t/ha)
<i>Parque Chaqueño</i>	17,54					
<i>Selva Misionera</i>	123,21					
<i>Selva Tucumano Boliviana</i>	57,08					
<i>Bosque Andino Patagónico</i>	303,65					

2) Calcule la Materia orgánica inicial (MOi) para los primeros 20 cm de suelo, en cada región:

Región Forestal	MO suelo (%)	Dap (t/m ³)	MOi (t/ha)
<i>Parque Chaqueño</i>	2%	1,2	
<i>Selva Misionera</i>	3%	1,1	
<i>Selva Tucumano Boliviana</i>	4%	1,1	
<i>Bosque Andino Patagónico</i>	8%	0,9	

3) Aplicando el modelo de Use el Modelo de Henin Dupuis (1945)

$$MO_f = MO_i + m \cdot fh_1 - MO_i \cdot fm_2$$

Donde:

MO_f = contenido de MO al final del periodo considerado

MO_i = contenido de MO al comienzo del ciclo considerado

m = cantidad de MO aportada como residuos durante el periodo de tiempo.

fh₁ = factor de humificación/coeficiente isohúmico de los residuos incorporados

fm₂ = factor de mineralización secundaria de la MO estable del suelo, depende del tipo de suelo, clima, laboreo

Teniendo como base los siguientes datos:

Biomasa	fh ₁
<i>Hojarasca + ramas</i>	0,10
<i>Biomasa debajo del suelo</i>	0,15
<i>Biomasa madera muerta</i>	0,3

Según los siguientes manejos que se haga del bosque nativo:

Situación 1.- Virgen sin intervención

Situación 2.- Tala rasa, dejando hojarasca y madera muerta en el terreno

Situación 3.- Idem 2 pero laboreando para siembra de soja

a) Calcule la masa aportada (**m**) en el siguiente cuadro, para cada situación y región. A la biomasa total aportada por cada destino de uso se lo afecta por el coeficiente isohúmico (**fh₁**), obteniéndose así el segundo término de la Ecuación 1.

		m				fh₁
		<i>Parque Chaqueño</i>	<i>Selva Misionera</i>	<i>Selva Tucumano-Boliviana</i>	<i>Bosque Andino</i>	
Virgen sin intervención	Hojarasca + ramas					
	BDS					
	BMM					
	m. fh₁					
Extracción de madera dejando hojarasca	Hojarasca + ramas					
	BDS					
	BMM					
	m. fh₁					
Extracción de madera, retirando la hojarasca y laboreando	BDS					
	m. fh₁					

b) Teniendo los valores de **fm₂**

	fm₂			
	<i>Parque Chaqueño</i>	<i>Selva Misionera</i>	<i>Selva Tucumano-Boliviana</i>	<i>Bosque Andino</i>
Virgen sin intervención	0,001	0,003	0,002	0,0005
Extracción de madera, dejando hojarasca	0,003	0,005	0,004	0,001
Extracción de madera, retirando hojarasca y laboreando	0,06	0,08	0,07	0,01

Complete el siguiente cuadro para obtener el tercer término (**MOi. fm₂**) en la Ecuación 1, determinando las pérdidas de Materia orgánica, para cada región y situación.

	MOi. fm₂			
	<i>Parque Chaqueño</i>	<i>Selva Misionera</i>	<i>Selva Tucumano-Boliviana</i>	<i>Bosque Andino</i>
Virgen sin intervención				
Extracción de madera dejando hojarasca				
Extracción de madera, retirando hojarasca y laboreando				

c) Aplique la Ecuación 1 con los cálculos realizados anteriormente, expréselo en t/ha y en porcentaje (%). Par a expresarlo en % deberá dividir por 10.000 * d.ap * profundidad y multiplicar por 100

	Parque Chaqueño		Selva Misionera		Selva Tucumano -Boliviana		Bosque Andino	
	MOi (t/ha)	MOF (t/ha)	MOi (t/ha)	MOF (t/ha)	MOi (t/ha)	MOF (t/ha)	MOi (t/ha)	MOF (t/ha)
Virgen sin intervención								
Extracción de madera dejando hojarasca								
Extracción de madera, retirando la hojarasca y laboreando								

- 4) Saque conclusiones de los resultados obtenidos, respecto a los aumentos o pérdidas de materia orgánica en cada caso
- 5) ¿Cuál o cuáles deberían ser el manejo del bosque nativo con criterios de sustentabilidad?

PLANTACIÓN DE PINUS TAEDA L.

Para desarrollar este problema se ha usado información del trabajo de J. GOYA, C. PÉREZ, J. FRANGI & R. FERNÁNDEZ. 2003. Impacto de la cosecha y destino de los residuos sobre la estabilidad del capital de nutrientes en plantaciones de Pinus taeda L. Revista Ecología Austral 13:139-150. Diciembre 2003 Asociación Argentina de Ecología

OBJETIVO

Analizar las consecuencias en el balance de materia orgánica de distintas prácticas de manejo en el momento de la cosecha en una plantación de *Pinus taeda L.*

INTRODUCCIÓN

En Argentina, de unas 727.260 ha están forestadas con especies de coníferas (principalmente *Pinus spp.*), aproximadamente el 81% están localizadas en la Mesopotamia (MAGyP, 2014).

El uso forestal continuo puede reducir la calidad del sitio y disminuir la productividad, principalmente debido a la exportación de nutrientes que se encuentran en diferentes compartimentos de la biomasa aérea, mantillo y suelo de plantaciones de *Pinus taeda* del norte de Misiones, provocada por el aprovechamiento en turnos de corte posiblemente menores a la rotación ecológica (Kimmins 1974).

La tasa de crecimiento alta anual de los bosques cultivados de coníferas y latifoliadas en la Argentina permite obtener rotaciones cortas, aunque los turnos son variables según los géneros y las especies, las características ecológicas de los sitios y los destinos de la plantación, tal como lo menciona la publicación: *Argentina; plantaciones forestales y gestión sostenible (Tabla 1)*

Tabla 1: Rendimientos y turnos de corte de las principales especies plantadas en Argentina. Fuente: MAGyP. DPF. Area Promoción.2014

Especies	Rotación (años)	Rendimiento (m³ ha⁻¹ año⁻¹)
<i>Eucalyptus grandis</i>	8-15	35-50
<i>Araucaria angustifolia</i>	25-30	15-18
<i>Pinus elliottii</i>	18-20	20
<i>Pinus taeda</i>	16-20	20-40
<i>Pinus ponderosa</i>	35-45	14-25
<i>Prosopis alba</i>	20-25	-
<i>Paulownia sp.</i>	10-15	18-22
<i>Melia azedarach</i>	12-15	-
<i>Salix sp.</i>	10-12	20
<i>Populus sp.</i>	10-12	23

El efecto de la cosecha de productos forestales sobre la productividad de los suelos en rotaciones sucesivas ha adquirido una singular atención en los últimos años (Hopmans et al. 1993; Gonçalves et al. 1997; Wei et al. 2000). Según el tipo de cosecha, esta actividad puede provocar una disminución de la productividad cercana al 20% en cada ciclo de sucesivas rotaciones (Wei et al. 2000)

Asimismo, se sabe que las prácticas de postcosecha tales como el apilado en escolleras y la quema de residuos causan pérdida de materia orgánica y de nutrientes, en particular de nitrógeno (Flinn et al. 1980; Fernández et al. 2000a).

CARACTERIZACIÓN DEL SITIO

Se trata del campo Anexo Manuel Belgrano de la Estación Experimental Agropecuaria INTA Montecarlo, San Antonio, provincia de Misiones (20°04'S y 53° 45 'O, 565 m sm). La temperatura media anual es de 20.7 °C. La precipitación media anual es de 2.108 mm, con un régimen de distribución isohigro (INTA 2000). El suelo es rojo, pertenece al gran grupo de los Kandiuultes, de buen drenaje, con profundidad efectiva superior a los 2.5 m, libre de fragmentos gruesos. La secuencia de horizontes es A, AB, B1, B2, B3, y continúa. La textura es arcillosa en todo el perfil. La estructura es granular y de bloques sub-angulares en superficie; en el AB y B1 predominan bloques medios a gruesos, y a partir del B2 prismas y bloques. Hay concreciones en el B2 y B3. Las raíces son abundantes hasta los 70 cm, y escasas a mayor profundidad. El contenido materia orgánica (0-20 cm) es de 4% con una densidad aparente de 1,1 t/m³.

METODOLOGÍA PARA EL RELEVAMIENTO DE LOS DATOS

Se trata de plantaciones de *Pinus taeda* L. de **20 años** de edad con una distancia original de plantación de 2.5 x 2.5 m (= 1600 individuos/ha) sin raleo, tomado del ensayo de referencia.

ACTIVIDAD PRÁCTICA

Se plantean 4 *tratamientos*:

1. Cosecha de productos comerciales (fustes hasta 5 cm sin corteza) y posterior conservación de los residuos de la cosecha
2. Cosecha de los árboles completos y retirada de todo el material aéreo producido por la plantación
3. Cosecha de productos comerciales (fustes hasta 5 cm sin corteza) y quema "in situ" de los residuos de la cosecha. En este caso se consideró que la quema produce una eliminación del 60% del material, quedando en el terreno un residuo de la combustión del 40% (Turner & Lambert 1996).
4. Idem tratamiento 3, más laboreo convencional para siembra de soja

Ejercicio A

Aplicando el modelo de Henin Dupuis (1945) calcule el balance de materia orgánica para el año de corte (el año comienza con el aprovechamiento) considerando los actores de humificación y mineralización estimados tentativamente:

$$\mathbf{MO_f = MO_i + m \cdot fh_1 - MO_i \cdot fm_2} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Dónde:

MO_f = contenido de MO al final del periodo considerado

MO_i = contenido de MO al comienzo del ciclo considerado

m = cantidad de MO aportada como residuos durante el periodo de tiempo.

fh₁ = factor de humificación/coeficiente isohúmico de los residuos incorporados

fm₂ = factor de mineralización secundaria de la MO estable del suelo, depende del tipo de suelo, clima, laboreo.

Datos:

Compartimento Biomasa	t/ha	Factor de humificación <i>fh₁</i>
<i>Hojas</i>	12,3	0,15
<i>Frutos</i>	2,5	0,08
<i>Ramas del año</i>	0,7	0,08
<i>Ramas <1 cm</i>	5,2	0,07
<i>Ramas >1<5 cm</i>	22,9	0,05
<i>Ramas muertas</i>	11,9	0,30
<i>Corteza de fuste</i>	19,7	0,20
<i>Fuste sin corteza</i>	312,9	
<i>Total</i>	388,1	
<i>Total sin fuste</i>	75,1	

Situación	Factor de mineralización
	fm_2
Suelo cubierto con residuos	0,02
Suelo desnudo	0,06
Suelo con quema	0,07
Suelo laboreado	0,08

Para ello complete los siguientes cuadros y cálculos:

1. Calcule la MO humificada

Compartimento	Factor de humificación fh_1	Biomasa (t/ha)	MO humificada		
			Sin quema	Con quema (40% de la biomasa)	
			$m \times fh_1$	Biomasa	$m \times fh_1$
Hojas	0,15	12.3			
Frutos	0,08	2.5			
Ramas del año	0,08	0.7			
Ramas <1 cm	0,07	5.2			
Ramas >1<5 cm	0,05	22.9			
Ramas muertas	0,30	11.9			
Corteza de fuste	0,20	19.7			
Fuste sin corteza		312.9			
Total		388.1			
Total sin fuste		75,1			

2. Calcule del peso de la capa arable (0-20 cm)

3. Calcule el contenido de la MOi (0-20 cm)

4. Calcule la MOi mineralizada y MOf según los tratamientos enumerados

Situación	Factor de mineralización	MOi x fm_2	Total	MOf	
	fm_2		$m \times fh_1$	t/ha	%
Suelo cubierto con residuos	0,01				
Suelo desnudo	0,04				
Suelo con quema	0,03				
Suelo laboreado	0,06				

Ejercicio B

Discuta los resultados y la repercusión de los mismos para nuevos emprendimientos forestales, particularmente si los planteos se repiten en el tiempo.