

D. Ricardo Ruiz Peinado

Centro de Investigación Forestal CIFOR-INIA

La selvicultura del carbono

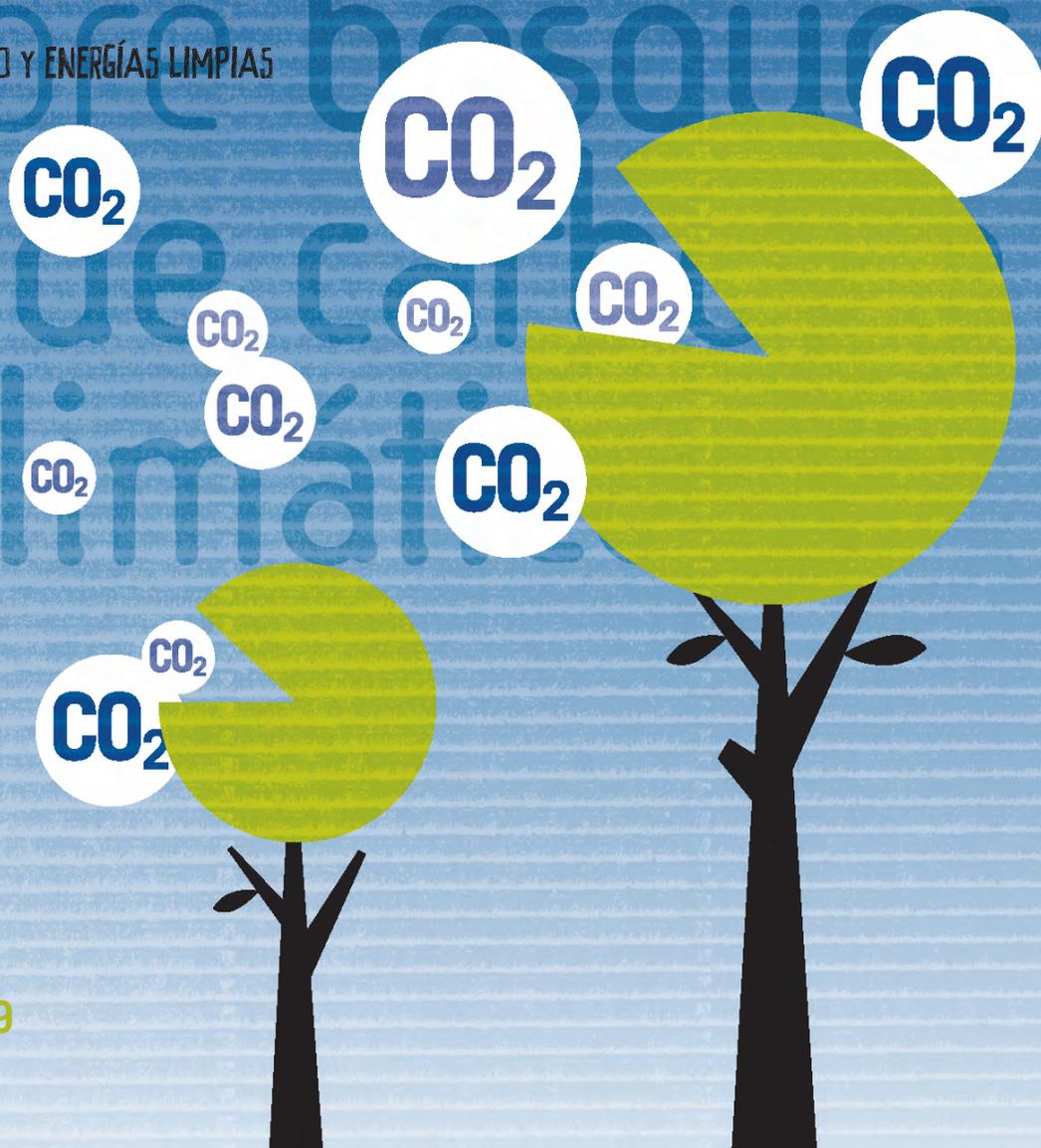


estrategiaaragonesa  
de cambio climático y energías limpias

ESTRATEGIA ARAGONESA DE CAMBIO CLIMÁTICO Y ENERGÍAS LIMPIAS

# Jornada sobre bosques sumideros de carbono y cambio climático

World Trade Center ZARAGOZA 30 de junio de 2009





# Selvicultura del carbono

Ricardo Ruiz-Peinado

Gregorio Montero

Centro de Investigación Forestal –CIFOR-INIA  
Instituto Universitario de Gestión Forestal Sostenible UVA-INIA



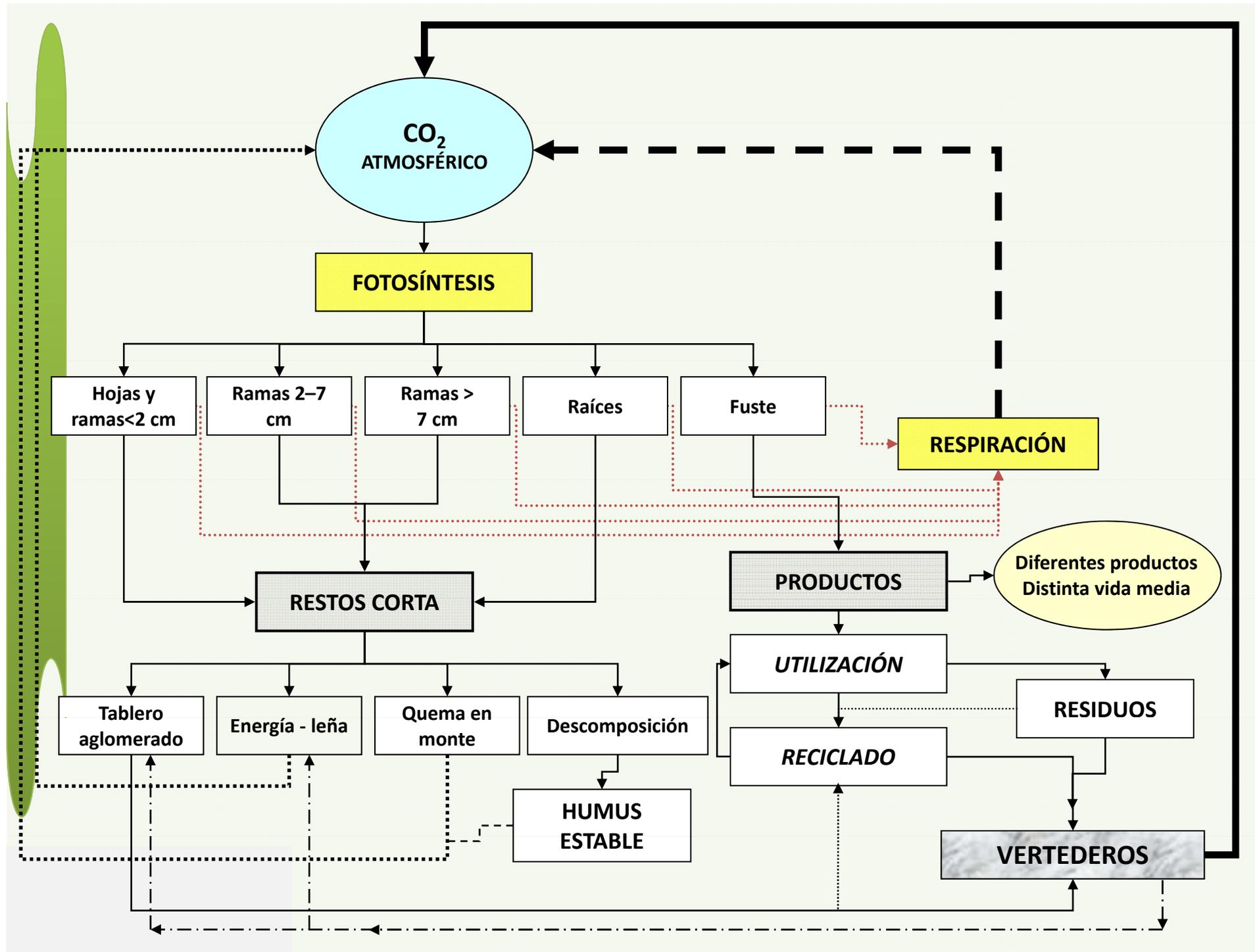
Instituto Nacional de Investigación  
y Tecnología Agraria y Alimentaria

---

**Bosques, sumideros de carbono y cambio climático**  
**Zaragoza, 30 de junio de 2009**

# Selvicultura del carbono

- Criterio de fijación de carbono como uno más dentro de las múltiples funciones que debe cumplir la masa.
- Oportunidad para masas “*poco*” gestionadas en la actualidad:
  - Repoblaciones densas
  - Montes bajos
  - Formaciones abiertas



# Estrategias forestales

- ✓ Incremento y conservación de las existencias de biomasa en pie, bien variando la selvicultura de los bosques o bien repoblando.
- ✓ Incremento del carbono fijado en productos de larga duración.
- ✓ Sustitución de otros productos en la construcción que causan mayores emisiones por productos forestales.
- ✓ Uso de biomasa forestal como combustible en sustitución de combustibles fósiles.

# Estrategias forestales

✓ Incremento y conservación de las existencias de biomasa en pie.

- CONSERVACIÓN
  - SELVICULTURA Y ORDENACIÓN
    - Prevención de incendios
- INCREMENTO
  - *SELVICULTURA DEL CARBONO*
    - Alargando el turno
    - Edad e intensidad de las claras
    - .....
  - REPOBLACIONES

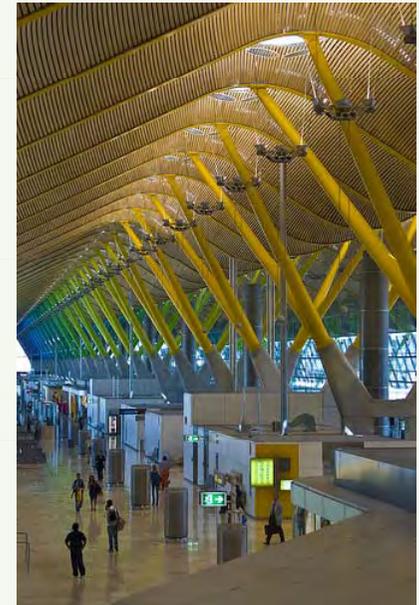


# Estrategias forestales

✓ Incremento de las existencias de biomasa en pie.

✓ Incremento del carbono fijado en productos de larga duración.

- SELVICULTURA



# Estrategias forestales

✓ Incremento de las existencias de biomasa en pie.

✓ Incremento del carbono fijado en productos de larga duración.

**✓ Sustitución por productos forestales de aquellos productos que causan mayores emisiones en su fabricación.**

- Fomento uso de la madera y corcho
- Selvicultura

# Estrategias forestales

✓ Incremento de las existencias de biomasa en pie.

✓ Incremento del carbono fijado en productos de larga duración.

✓ Sustitución de mat. usados en la construcción por productos forestales.

✓ **Uso de biomasa como combustible en sustitución de combustibles fósiles.**

- Selvicultura de montes bajos
- Planificación de aprovechamientos

# SELVICULTURA DEL CARBONO

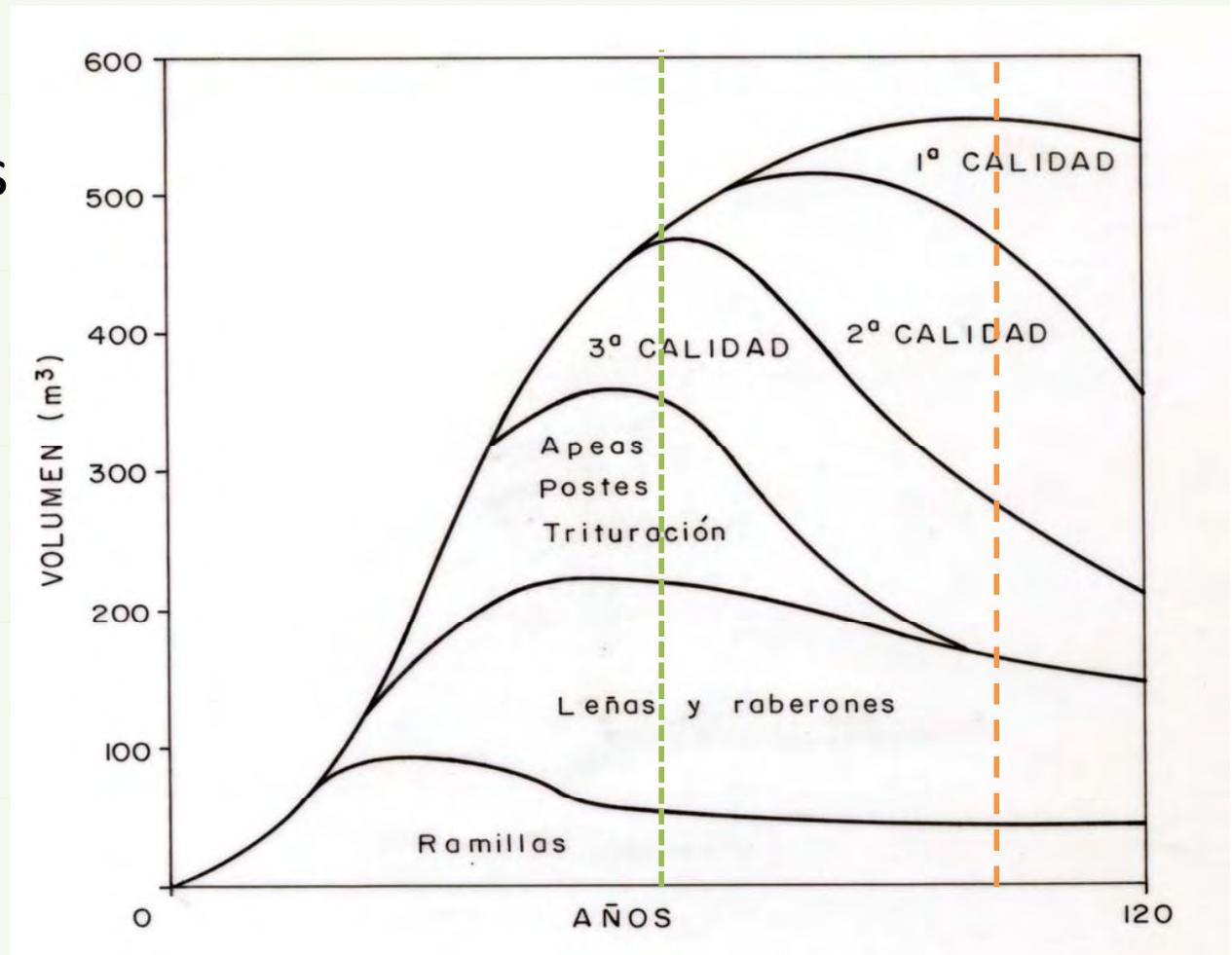
- Modificar turnos de corta
- Intensificar programas de claras
- Aprovechar los restos de corta
- Puesta en gestión de montes bajos
- Fomentar la limpieza del sotobosque (doble enfoque)

SELVICULTURA DEL CARBONO

# Selvicultura del carbono

- **MODELOS SELVÍCOLAS**

- Turnos -  
Productos



# Selvicultura del carbono

- **MODELOS SELVÍCOLAS**

– Tablas de producción + Modelos de estimación de biomasa

Edad	Altura dominante	Masa principal antes de la clara					Masa extraída				Masa total			Edad
		N	dg	G	hm	V	Ne	dg	Ve	Ve acu	Vt	C.Corriente	Crec. Medio	
20	3,6	8717	5,6	21,8	2,6	107,3	3932	4,8			107,3	5,37		20
30	7,3	4785	10,3	39,9	6,1	192,1	1966	8,9	39,3	39,3	192,1	6,40	8,47	30
40	10,9	2819	15,3	52,1	9,6	302,4	1212	12,5	71,5	110,8	341,7	8,54	14,96	40
50	14,2	1607	21,4	57,8	12,7	403,6	527	16,7	72,7	183,5	514,4	10,29	17,27	50
60	16,9	1080	26,7	60,5	15,3	483,9	271	21,4	72,9	256,4	667,4	11,12	15,31	60
70	19,0	809	31,2	61,7	17,4	543,4	160	24,7	64,5	320,9	799,8	11,43	13,24	70
80	20,7	649	34,9	62,2	19,0	589,8	100	28,6	59,1	380	910,7	11,38	11,09	80
90	22,0	549	38,0	62,4	20,2	623,5	68	31,0	50,2	430,2	1003,5	11,15	9,28	90
100	23,0	481	40,6	62,3	21,2	647,8	46	33,0	40,3	470,5	1078,0	10,78	7,45	100
110	23,7	435	42,6	62,1	21,9	663,1	36	34,6	35,7	506,2	1133,0	10,31	5,56	110
120	24,3	399	44,4	61,9	22,4	675,8	26	36,1	28,6	534,8	1182,0	9,85	4,83	120
130	24,7	373	45,8	61,6	22,8	682,8	21	37,2	25,0	559,8	1217,6	9,37	3,56	130
140	25,0	352	47,1	61,2	23,1	686,9	16	38,2	20,3	580,1	1246,7	8,90	2,91	140
150	25,2	336	48,0	60,9	23,3	688,5	14	38,9	18,6	598,7	1268,6	8,46	2,19	150
160	25,4	322	49,0	60,7	23,5	690,7	11	39,7	15,3	614	1289,3	8,06	2,07	160
170	25,5	311	49,7	60,3	23,6	690,0	11	40,3	15,9	629,9	1304,0	7,67	1,47	170
180	25,6	300	50,5	60,0	23,7	689,2								180

Tabla de producción de *Pinus sylvestris* en la Sierra de Guadarrama. CALIDAD 23. Claras moderadas. Rojo y Montero, 1996.

# Selvicultura del carbono

- **MODELOS SELVÍCOLAS**

- Tablas de producción + Modelos de estimación de biomasa

## Ecuaciones

- $B_f = a_1 \cdot d^2 \cdot h$
- $Br_7 = 0$  si  $d < 40$
- $Br_7 = (a_2 + a_3 \cdot d^2 \cdot h + a_4 \cdot d \cdot h)$  si  $d \geq 40$
- $Br_{27} = a_5 \cdot d^{b_1} \cdot h^{b_2}$
- $Br_{2+h} = a_6 \cdot d^{b_3} \cdot h^{b_4}$
- $B_{total\ aérea} = \sum (B_f + Br_7 + Br_{27} + Br_{2+h})$
- $Br_{radical} = a_7 \cdot d^2$

Parámetro	Estimación	Error std.
a1	0,01543	0,000087
a2	183,1522	32,9084
a3	0,008091	0,000783
a4	-0,52328	0,0677
a5	0,029576	0,00529
a6	0,534611	0,0809
a7	0,1338	0,0142
b1	2,71439	0,1340
b2	-0,86862	0,1953
b3	2,194967	0,0940
b4	-1,15155	0,1345

# Selvicultura del carbono

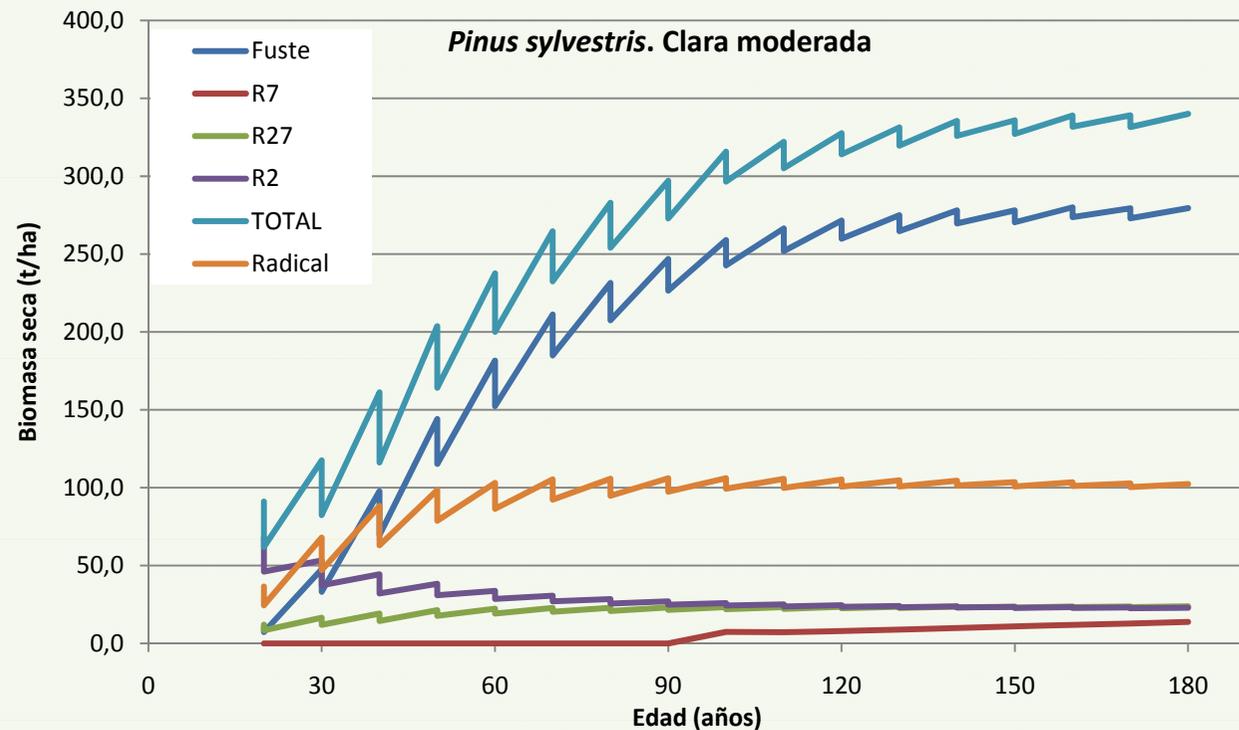
- **MODELOS SELVÍCOLAS**

Clara moderada							Clara fuerte						
MASA TOTAL							MASA TOTAL						
Edad	Fuste	R7	R27	R2	TOTAL AÉREA	Radical	Edad	Fuste	R7	R27	R2	TOTAL AÉREA	Radical
20	11,0	0,0	12,1	68,0	91,1	36,6	20	11,0	0,0	12,1	68,0	91,1	36,6
30	51,4	0,0	20,1	75,2	146,6	67,9	30	47,3	0,0	16,7	53,1	117,0	67,3
40	112,3	0,0	23,8	60,3	196,3	88,3	40	95,9	0,0	20,0	44,3	160,3	86,8
50	172,1	0,0	26,1	50,5	248,7	98,5	50	133,8	0,0	22,4	36,8	192,9	91,5
60	210,3	0,0	25,8	41,0	277,2	103,0	60	165,4	0,0	23,3	32,0	220,7	93,8
70	240,5	0,0	25,8	35,9	302,2	105,4	70	190,2	0,0	23,7	28,8	242,6	94,9
80	257,7	0,0	25,3	32,1	315,1	105,8	80	209,7	15,3	24,0	26,8	275,9	95,8
90	270,8	0,0	25,2	29,9	325,8	106,1	90	223,6	14,8	24,2	25,5	288,0	96,1
100	279,4	7,5	24,9	28,1	339,8	106,1	100	236,1	15,5	24,3	24,5	300,4	96,7
110	282,8	7,2	24,6	26,7	341,3	105,6	110	243,9	16,3	24,2	23,8	308,2	96,7
120	286,1	8,0	24,6	25,9	344,5	105,2	120	250,2	17,6	24,4	23,4	315,6	97,0
130	286,6	8,8	24,4	25,1	344,9	104,7	130	255,5	18,5	24,4	23,1	321,4	97,3
140	288,2	10,0	24,4	24,7	347,3	104,5	140	258,2	19,2	24,3	22,7	324,5	97,0
150	286,3	10,8	24,2	24,1	345,5	103,6	150	261,0	19,6	24,4	22,6	327,6	97,2
160	287,6	12,0	24,3	23,9	347,8	103,4	160	263,6	20,1	24,4	22,4	330,6	97,4
170	285,7	12,8	24,2	23,6	346,3	102,8	170	264,4	20,3	24,3	22,3	331,3	97,3
180	286,0	13,8	24,3	23,5	347,5	102,4	180	266,3	20,5	24,4	22,3	333,5	97,6

# Selvicultura del carbono

- **MODELOS SELVÍCOLAS**

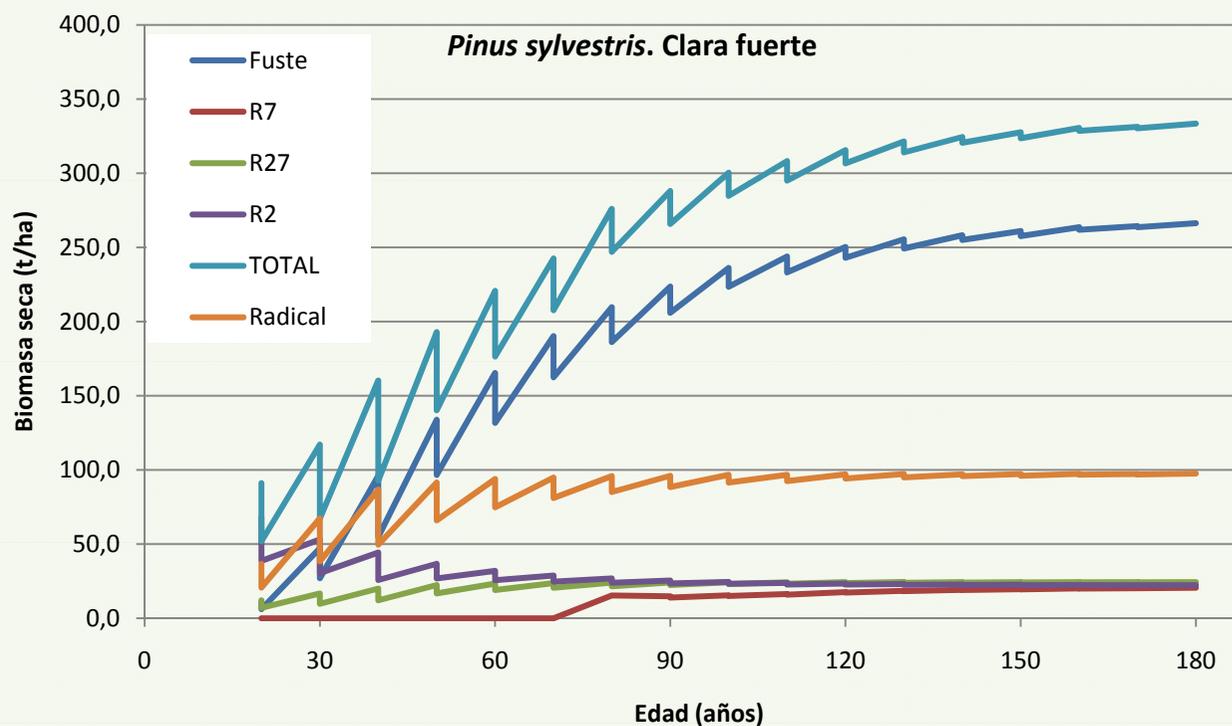
- Tablas de producción + Modelos de estimación de biomasa



# Selvicultura del carbono

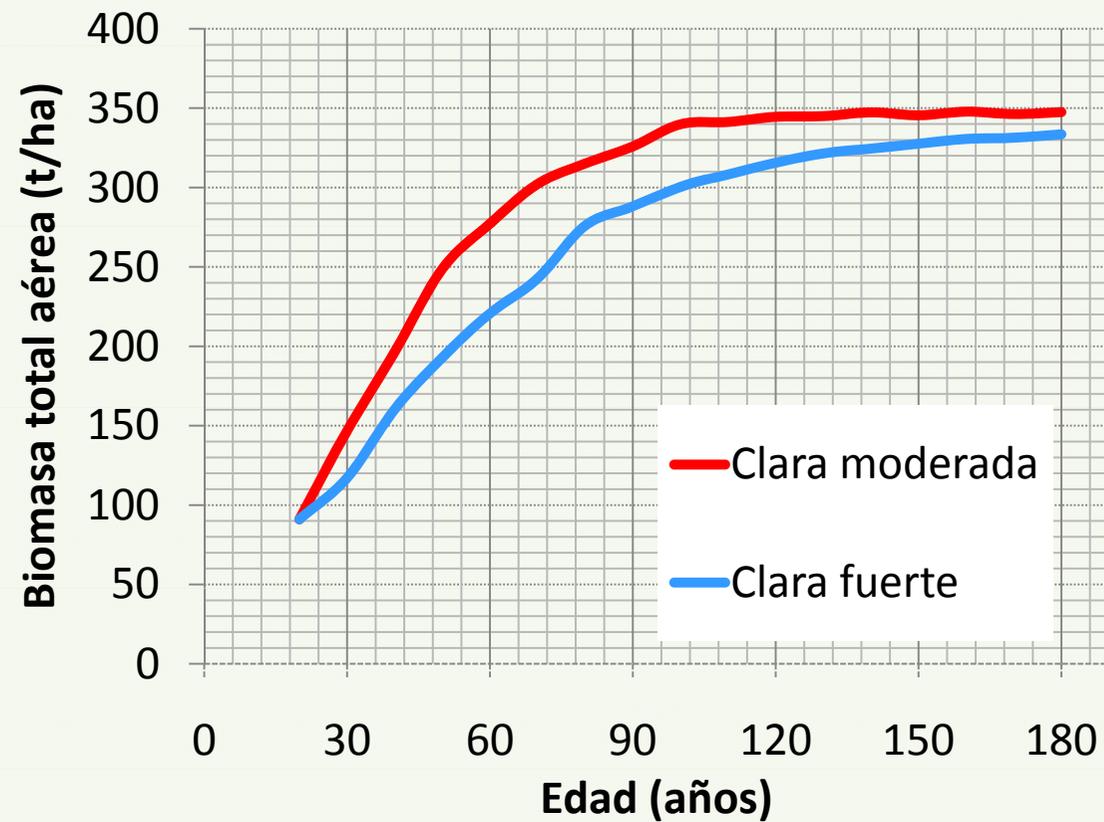
- **MODELOS SELVÍCOLAS**

- Tablas de producción + Modelos de estimación de biomasa



# Selvicultura del carbono

- Intensidades de clara



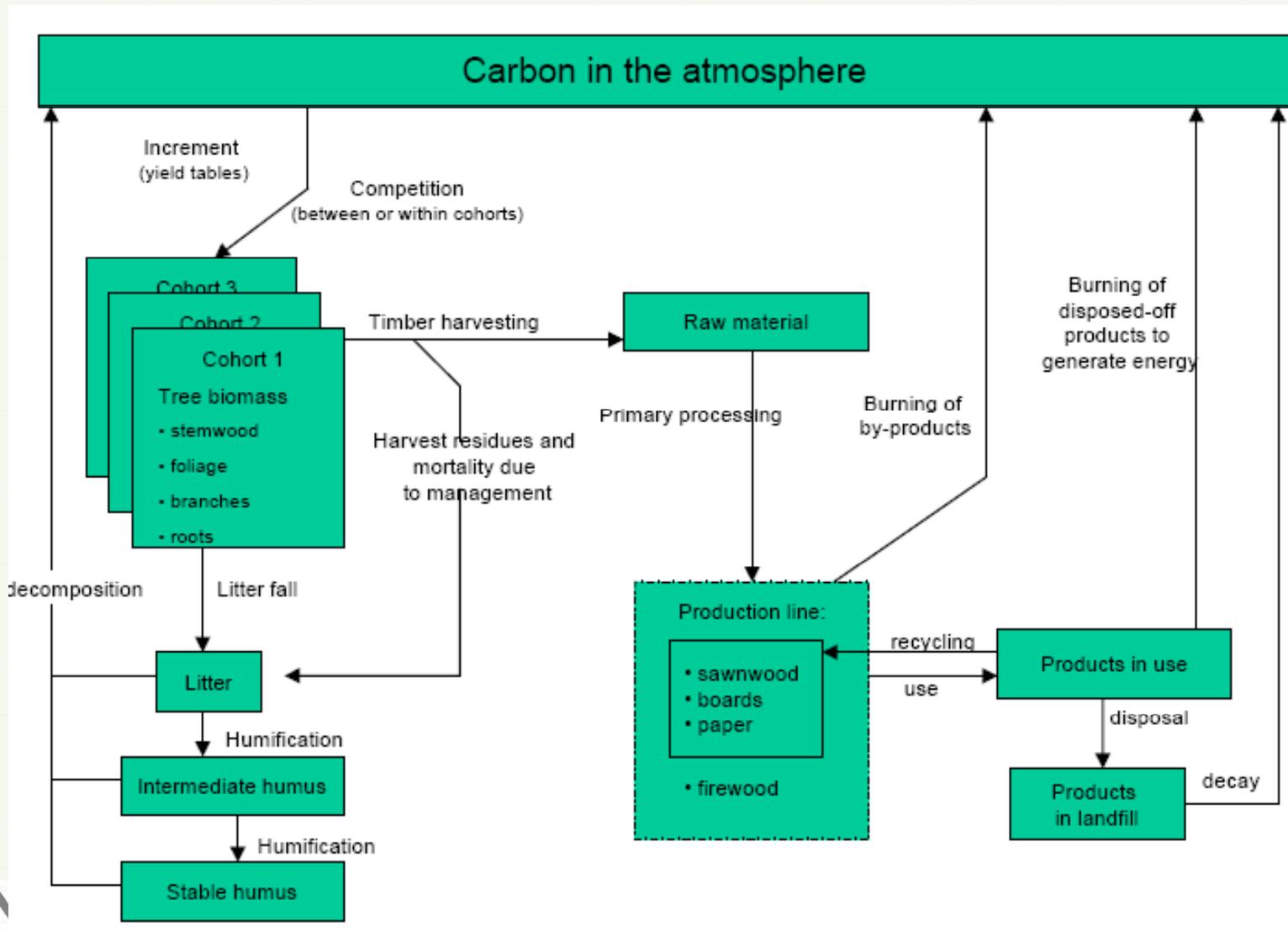
# Selvicultura del carbono

- Utilización de programas para realizar simulaciones sobre la gestión forestal del carbono y maximizar la mayor fijación (biomasa viva, productos, bioenergía, suelos..)
  - CO2fix
  - Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector (CBM-CFS3)
  - CAMFOR (Carbon Accounting Model for Forests) –Australia

# CO2FIX

- CASFOR
  - Mohren & Klein Goldewijk, 1990; Mohren et al., 1999; Maser et al. 2003.
  - Versión 3.2
- Simula el almacenamiento y los flujos de carbono en la masa forestal
- Funcionamiento en módulos
  - Biomasa
  - Suelo
  - Productos
  - Bioenergía

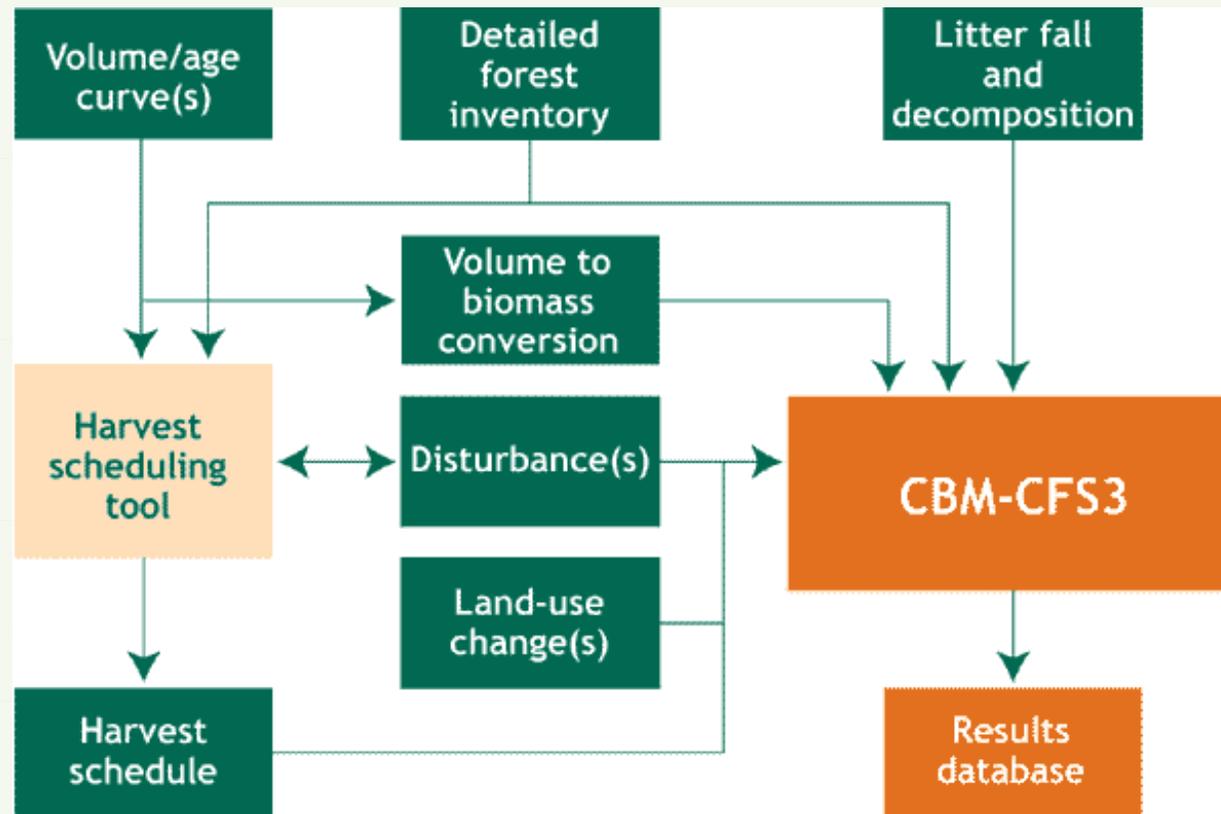
# CO2FIX



# Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector (CBM-CFS3)

- CANADIAN FOREST SERVICE
  - Kurz et al., 2002; Kurz et al., 2009.
  - Versión 1.0
- Simula la dinámica de los almacenes de carbono en relación con el Protocolo de Kyoto (biomasa aérea y radical, hojarasca, madera muerta y carbono orgánico del suelo)

# Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector (CBM-CFS3)



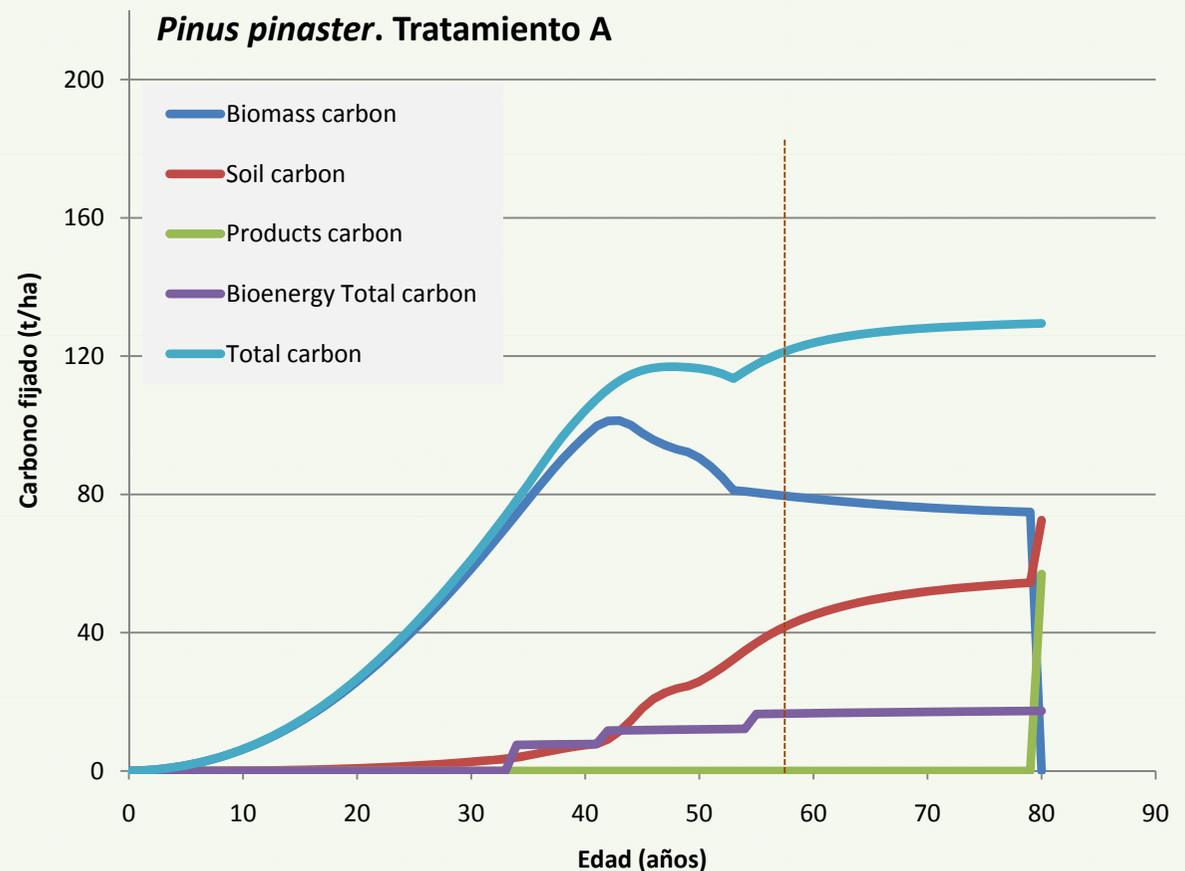
# CO2FIX

- Simulaciones CO2fix
  - Número de claras
  - Intensidad
  - Longitud del turno
  - Calidades de estación
  - Destino de los productos
  - Vidas medias de los productos
  - Combustible a sustituir mediante biomasa
  - ....

# CO2FIX

- Simulaciones

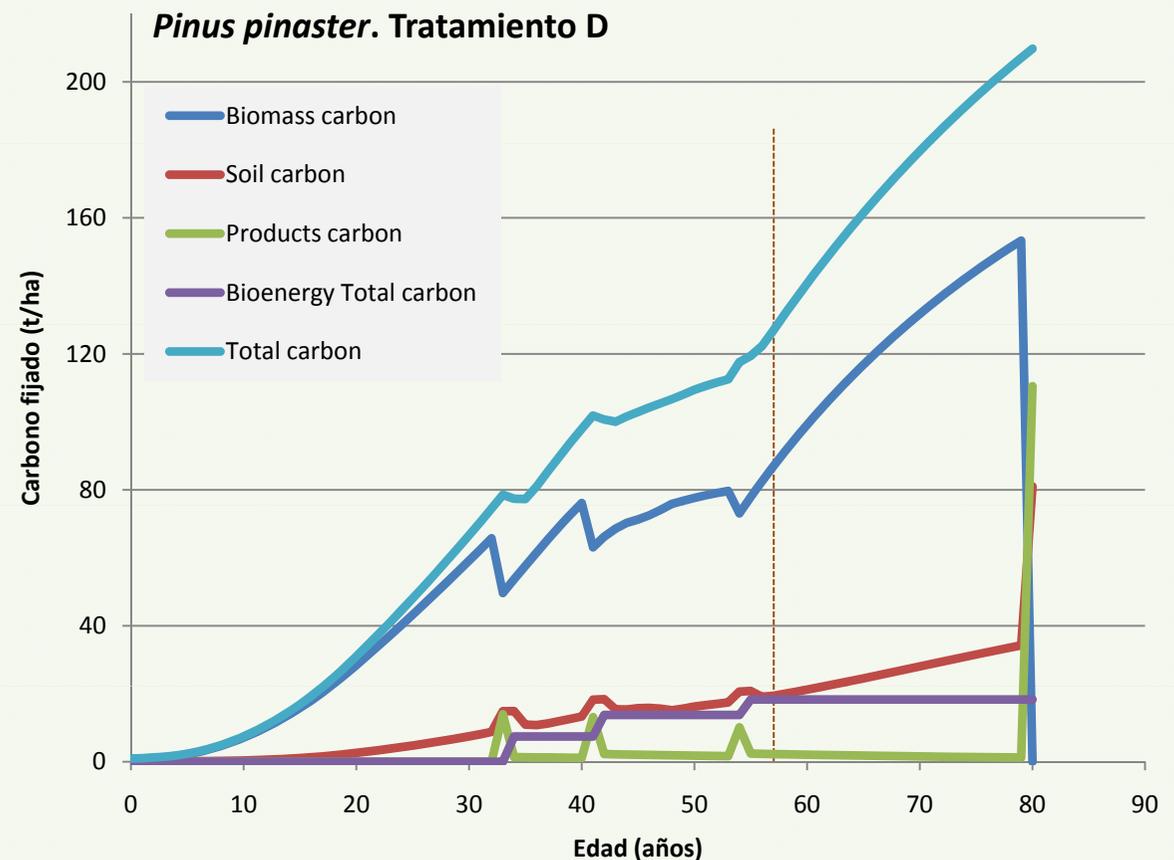
- Situación real. Fuencaliente (CR)
- Masa regular
- *Pinus pinaster*
- Trat. A
- No hay claras
- Turno 80 años



# CO2FIX

- Simulaciones

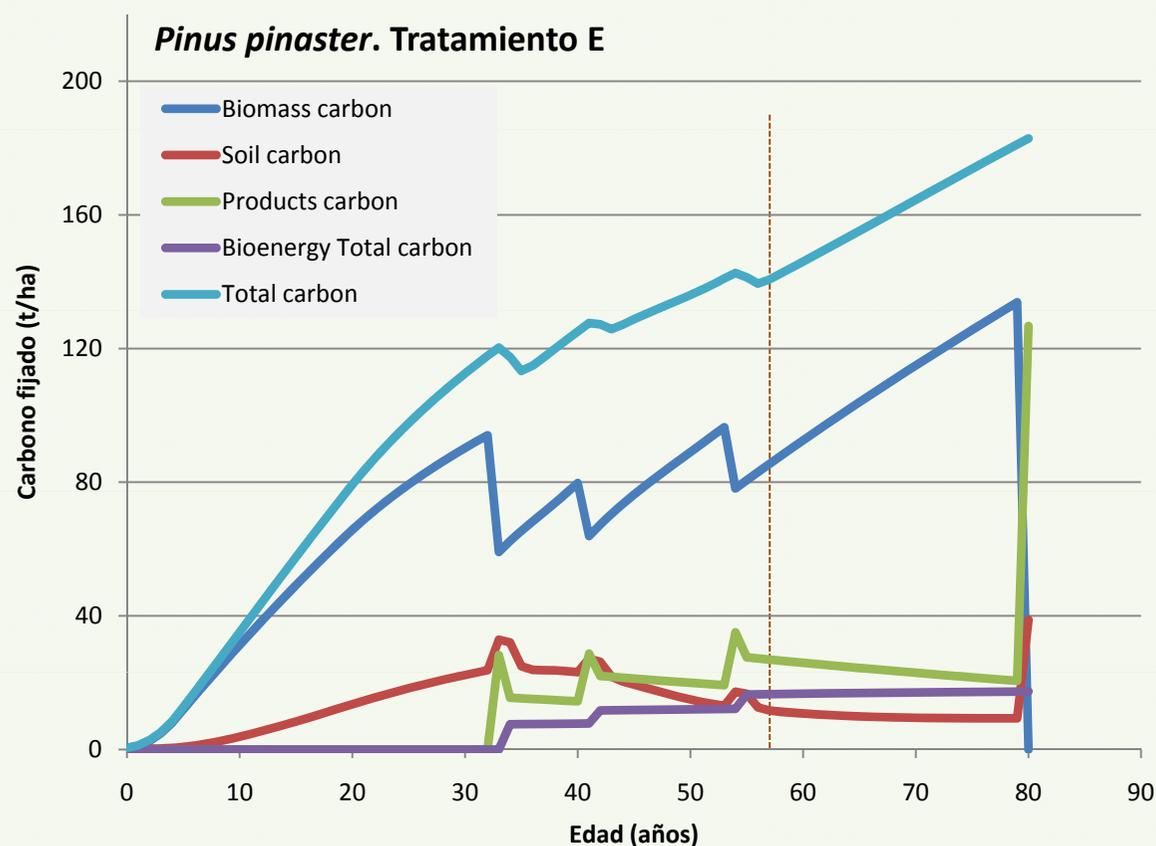
- Situación real. Fuencaliente (CR)
- Masa regular
- *Pinus pinaster*
- Trat. D
- 3 claras
- Turno 80 años



# CO2FIX

- Simulaciones

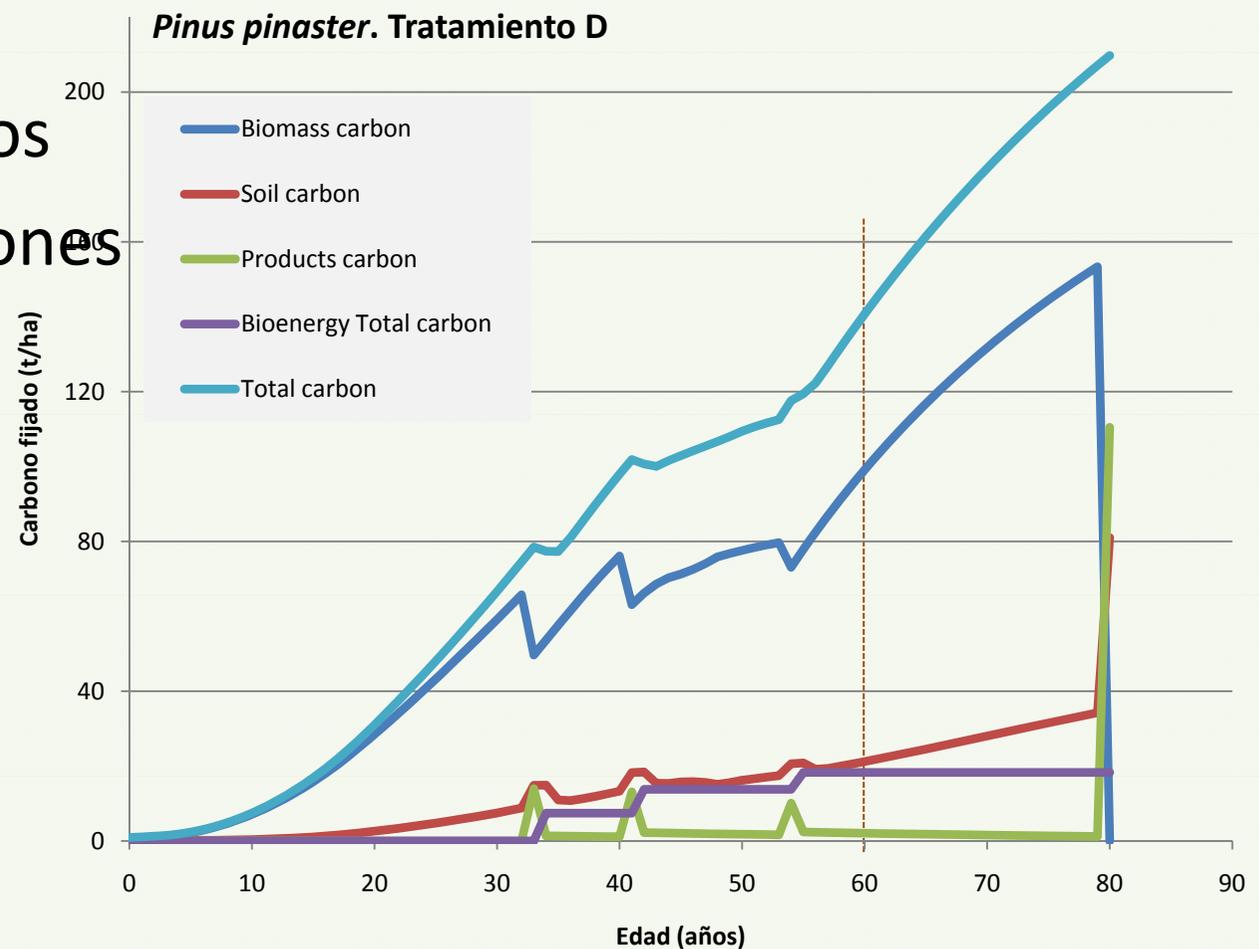
- Situación real. Fuencaliente (CR)
- Masa regular
- *Pinus pinaster*
- Trat. E
- 3 claras
- Turno 80 años

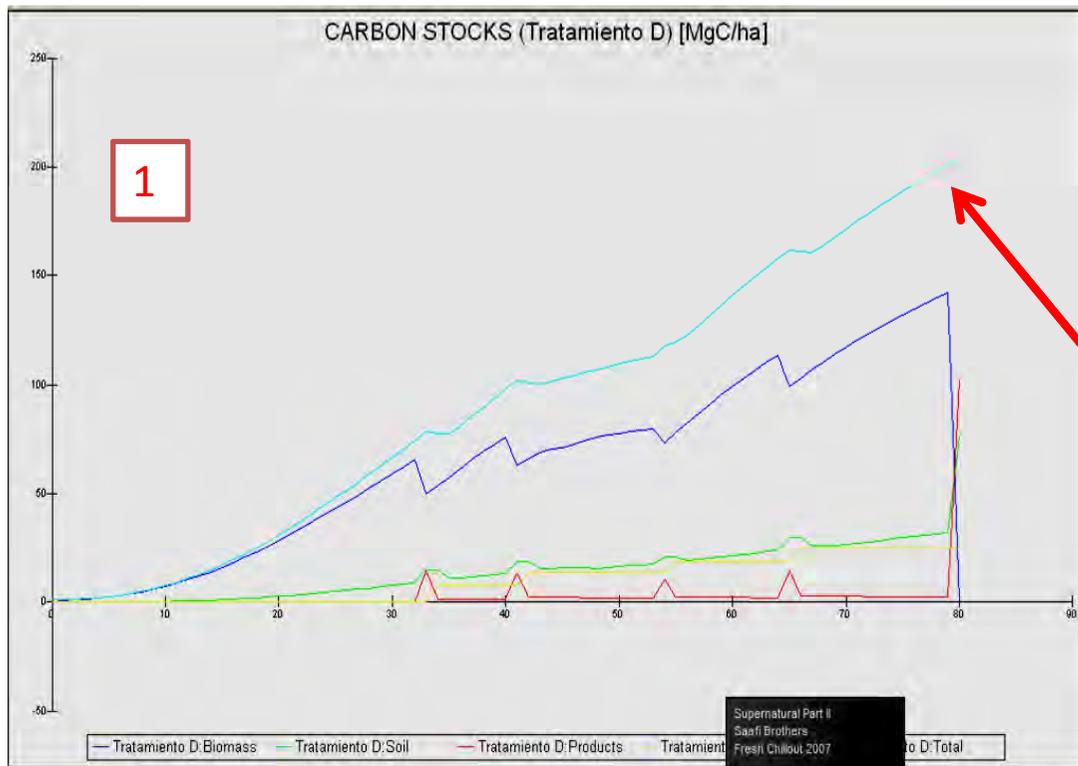


# CO2FIX

- Simulaciones selvícolas

- Parcela real
- Turno 80 años
- 3 intervenciones
- 210 t C/ha

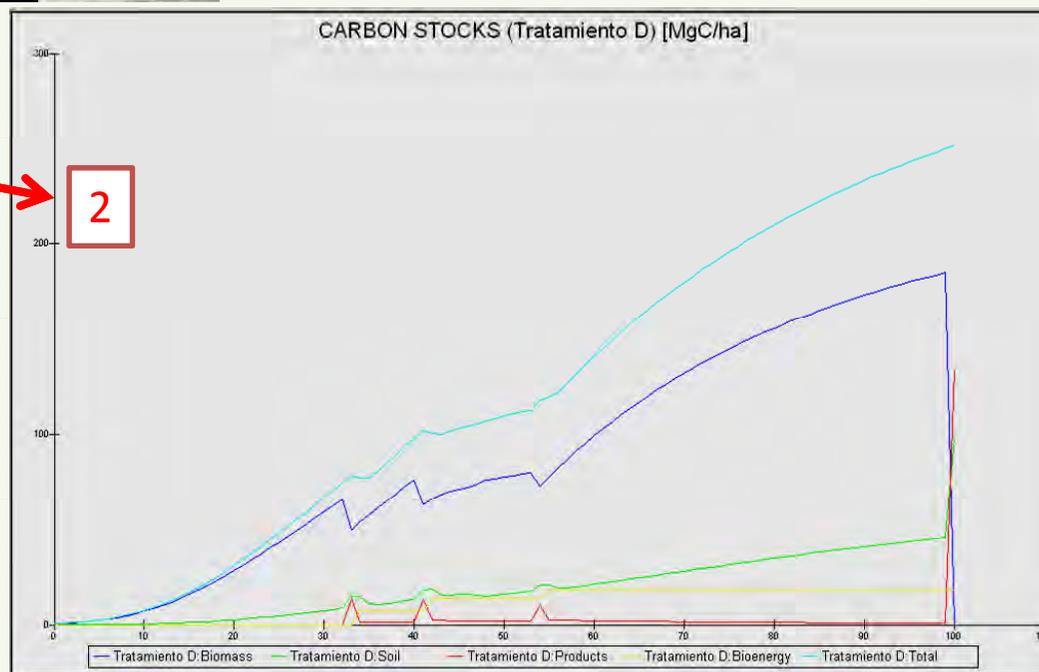




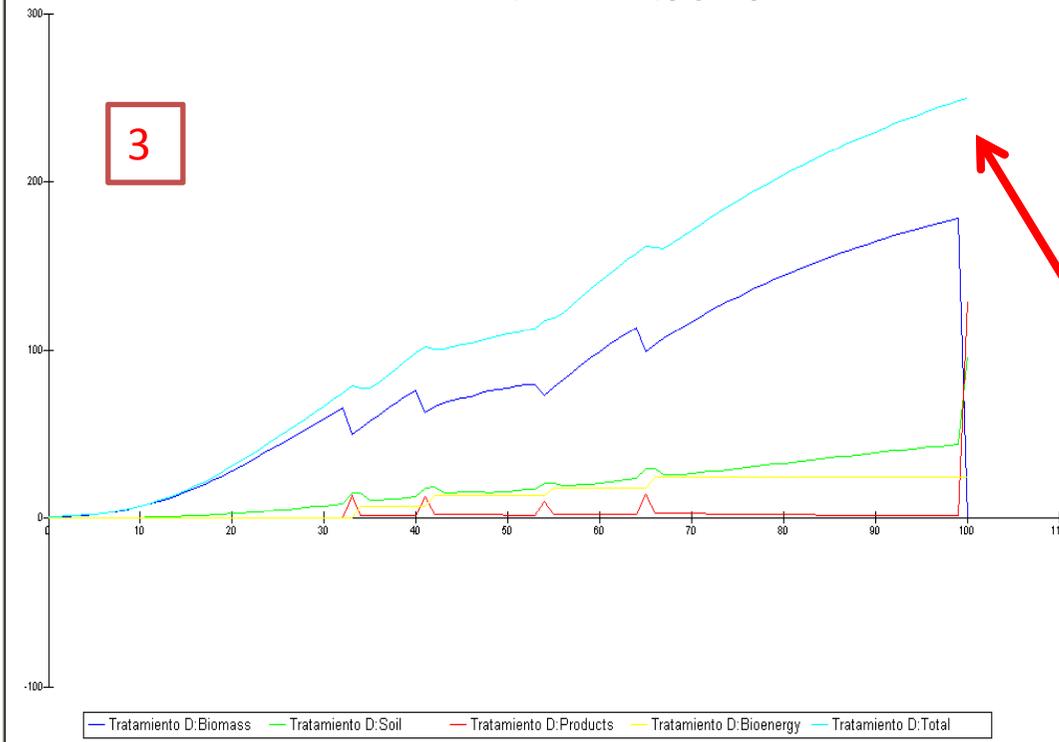
# CO<sub>2</sub>fix

- Simulación 1
- Turno 80 años
- 4 intervenciones
- 204 t C/ha total

- Simulación 2
- Turno 100 años
- 3 intervenciones
- 251 t C/ha total



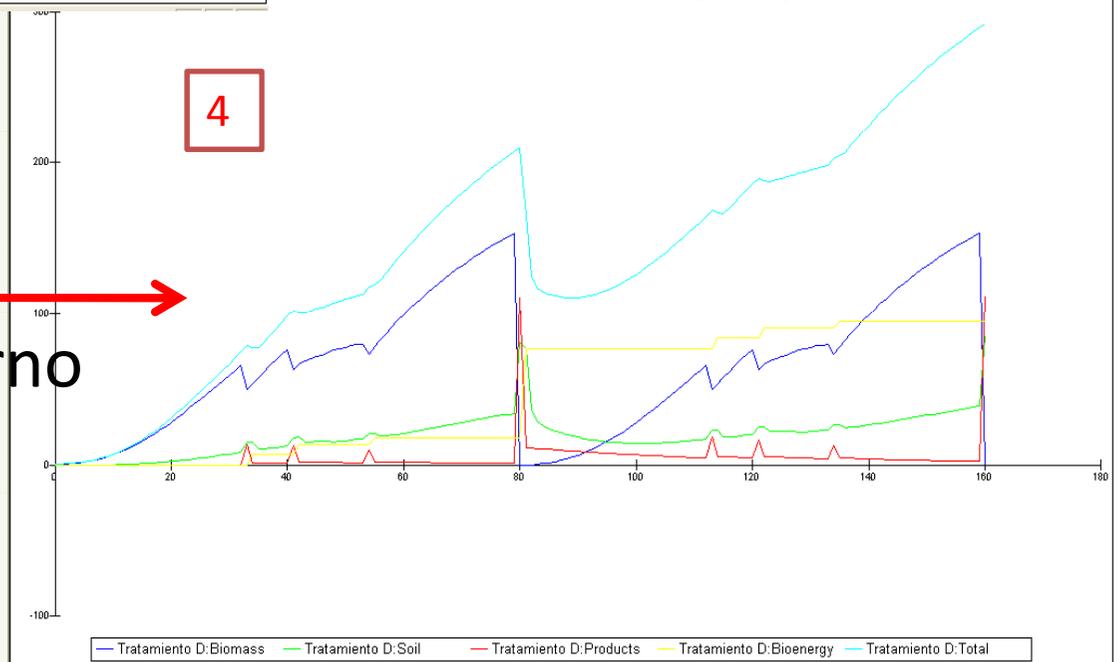
CARBON STOCKS (Tratamiento D) [MgC/ha]



# CO<sub>2</sub>fix

- Simulación 3
- Turno 100 años
- 4 intervenciones
- 250 t C/ha total

CARBON STOCKS (Tratamiento D) [MgC/ha]



- Simulación 4
- T= 80 años+80 años
- 3 intervenciones/turno
- 300 t C/ha total

# Selvicultura del carbono

- **INPUTS**

- Inventarios forestales
- Modelos de crecimiento (Relación edad/volumen)
- Modelos de estimación de biomasa
- Características del suelo
- Tasas de mortalidad, descomposición, desfronde,...
- Aprovechamientos: plan de aprovechamientos, proyectos de ordenación, ...

# Selvicultura del carbono

## • Variables de manejo

- Densidades
- Claras (número, intensidad, rotación)
- Longitud del turno
- Posibilidad de simulaciones con introducción de otra especie (masa mixta)



Gracias por su atención!!

CIFOR-INIA

Ctra. A Coruña km 7'5

28040 Madrid

[ruizpein@inia.es](mailto:ruizpein@inia.es)



Instituto Nacional de Investigación  
y Tecnología Agraria y Alimentaria

# LA SELVICULTURA DEL CARBONO

RICARDO RUIZ-PEINADO; GREGORIO MONTERO

CENTRO DE INVESTIGACIÓN FORESTAL (CIFOR)-INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA  
AGRARIA Y ALIMENTARIA (INIA)

INSTITUTO UNIVERSITARIO DE GESTIÓN FORESTAL SOSTENIBLE UVA- INIA

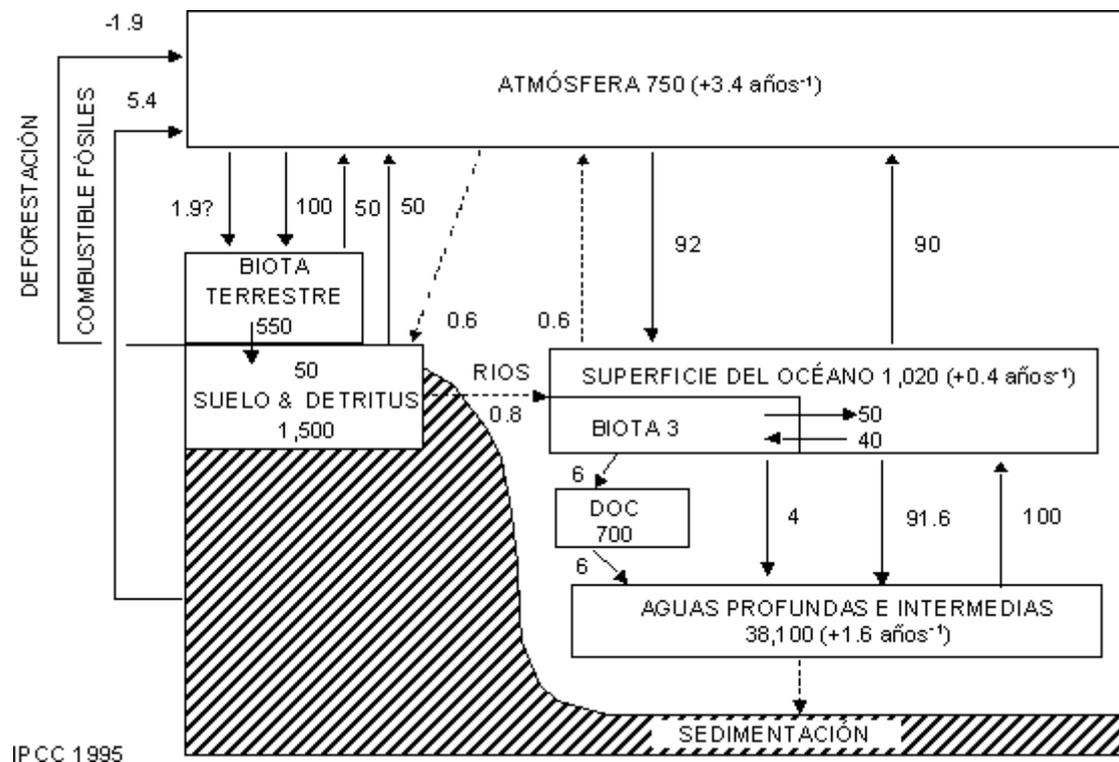
CTRA. A CORUÑA KM 7,5. 28040 MADRID

## Introducción

La capacidad de fijar el carbono atmosférico que presentan los ecosistemas forestales, es decir, ser sumideros de carbono, tanto en la vegetación viva como en los suelos y en los productos, ha hecho que los montes cobren una gran importancia en la mitigación del cambio climático. Pero los bosques no son la solución al problema puesto que su capacidad de fijación y almacenamiento es limitada, realizándose de forma temporal. Entonces, su importancia radica, desde el punto de vista de la fijación, en actuar como almacén dentro del ciclo del carbono.

Esta importancia ha sido tenida en cuenta, proponiéndose la incorporación de la fijación de carbono como un objetivo en la gestión forestal sostenible de los bosques, y así ha sido recogida en muchos documentos de importancia dentro de la lucha contra el cambio climático: Protocolo de Kyoto y Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC), a nivel internacional; la Estrategia Forestal Española, la Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia o la futura Estrategia para el uso energético de la biomasa forestal residual, a nivel nacional; junto con la legislación de cada comunidad autónoma, p.e. en la Estrategia Aragonesa de Cambio Climático y Energías Limpias o en el Plan de Acción Forestal y de Conservación de la Biodiversidad de Aragón.

Figura 1. El ciclo del carbono (Fuente: IPCC, 1995)



Los bosques nos dan la oportunidad para actuar como sumidero, almacenando carbono en forma temporal. Las acciones realizadas dentro de la gestión forestal sostenible encaminadas a conservar y maximizar esta función del bosque, se conocen como *selvicultura del carbono*.

Las principales estrategias para la reducción del carbono atmosférico por vía forestal que pueden ser tenidas en cuenta a la hora de la gestión son las que a continuación se enumeran (Caparrós, 2001):

- Conservación e incremento de las existencias de biomasa en pie.

La preservación de la masa forestal y la posibilidad de maximizar la fijación de carbono pueden llevarse a cabo mediante estrategias como aumentar la longitud del turno, o variando el número de claras y/o la intensidad, edad de iniciación o la rotación de las claras.

La reforestación de terrenos, con la creación de nuevos sumideros forestales, junto con la gestión de esas nuevas masas, permitirá aumentar el carbono almacenado en los montes.

La prevención de los incendios forestales como medio de conservación de los sumideros es otra estrategia incluida en este grupo.

- Incremento del carbono fijado en productos de larga duración.

Practicando una selvicultura que esté encaminada a la obtención de productos forestales en los cuales el carbono esté largo tiempo acumulado (como en la madera de muebles de alta calidad), se aumentará el plazo en el cual éste está almacenado.

- Sustitución por productos forestales de aquellos productos que en su fabricación causen mayores emisiones.

La fabricación de ciertos materiales, p.e. el acero o el hormigón que se emplea en la construcción, presenta unas emisiones mayores que la obtención de la madera. Se conseguiría una disminución de estas emisiones con la sustitución de una parte de estos productos.

Dado que existen conocimientos técnicos para maximizar estas producciones del monte (madera y /o corcho, para la sustitución de productos usados en la construcción), se estaría trabajando en la mitigación del cambio climático, con la promoción y uso de estos bienes.

- Utilización de biomasa forestal como combustible, sustituyendo a los combustibles fósiles.

El empleo de la biomasa forestal, tanto aquella procedente de restos de aprovechamientos como si ésta figura como principal objetivo de los aprovechamientos (por ejemplo en los montes bajos), para la producción de energía evitaría la emisión de carbono de la quema de combustibles fósiles.

Aunque la combustión de biomasa también emite carbono, se considera que estas emisiones están dentro de un ciclo de fijación mucho más rápido que el carbono de los combustibles fósiles, por lo cual el balance se considera nulo.

Así, la inclusión de la fijación de carbono dentro de los objetivos de gestión forestal sostenible permite una gran oportunidad para realizar selvicultura en un gran número de hectáreas de monte en nuestro país. En la actualidad, existe un amplio número de montes que no tienen alto valor productivo, o se trata de repoblaciones densas o montes bajos que están poco gestionados.

- i. Los montes bajos, tradicionalmente utilizados para la obtención de energía en hogares rurales (cocina y calor), están “*poco*” gestionados en la actualidad dado el abandono en el uso de sus productos finales. Así, muchas de sus masas se encuentran en una situación de estancamiento, debido a un cese en el crecimiento, presentando gran acumulación de biomasa y un alto riesgo de incendio forestal. La puesta en gestión de estas masas con el objetivo directo de fijar carbono mediante la selvicultura o utilizar una selvicultura para obtener biomasa que sea empleada en la producción de energía, con el consiguiente ahorro en emisiones de combustibles fósiles, mejoraría las condiciones de las masas, y por ende, su perpetuación.
- ii. La utilización de biomasa forestal para la producción de energía podría ser, también, una gran oportunidad para aquellas masas que en la actualidad no tienen alto valor comercial y que con la obtención de este producto podrían sufrir una importante “*puesta al día*” en la gestión (aumento producciones, regeneración, transformaciones, ...).
- iii. Las masas densas procedentes de repoblación en las cuales es urgente la intervención, por las razones anteriormente apuntadas como son disminución del crecimiento y acumulación de biomasa con peligro de incendio, también pueden tener un papel muy importante como sumideros de carbono.

Igualmente importante es esta función para aquellas masas que se están gestionando en la actualidad con otro objetivo principal distinto. La acumulación de carbono en forma de biomasa viva, en la madera muerta, en los suelos y los productos es totalmente compatible con cualquier tipo de gestión, siempre que esta se realice con los criterios adecuados.