

Bosques y forestaciones como sumideros de carbono en el parque chaqueño

Autores: Marta G.Pece, Celia de Benítez, Margarita de Galíndez, Marcia Acosta

Docentes de la cátedra de Estadística Forestal FCF-UNSE. mpece@unse.edu.ar

La respuesta internacional al efecto invernadero

Estudios científicos han proporcionado en las últimas décadas, pruebas evidentes de la rápida acumulación de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera, además de otros gases que producen el efecto invernadero (Conway *et al.*, 1994).

En razón de ello, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente creó el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) en 1988. El IPCC posee tres grupos de trabajo, el primero se concentra en el sistema climático, el segundo en los impactos y las opciones para enfrentarlos y el tercero en los aspectos económicos y sociales.

En la Cumbre de la Tierra, realizada en Río de Janeiro en el año 1992, se reconoció la acción negativa que provocan los gases de efecto invernadero (GEIs). Los 165 países intervinientes firmaron la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC).

La CMCC se diseñó con el propósito de controlar las emisiones de los gases de efecto invernadero provocadas por las actividades humanas, ya que se prevé un incremento de 1,4 a 5,8 °C en la temperatura del planeta durante el período 1990-2100 (Harrington *et al.*, 1991). Los países industrializados, principales emisores de los gases, se comprometieron a reducir las emisiones en forma gradual, hasta alcanzar en el año 2000, un 5% menos que las registradas en el año 1990. Este compromiso entró en vigencia, con la ratificación de sólo 50 países.

Como las acciones llevadas a cabo por los países comprometidos en la reducción de las emisiones de GEIs no eran suficientes para alcanzar el objetivo formulado en Río de Janeiro, los países intervinientes en la conferencia de las partes reunida en 1997, renegociaron el objetivo en lo que dio en llamarse Protocolo de Kyoto (PK). En el artículo 3° del mismo, se establecen nuevos compromisos cuantificados de la limitación o reducción de emisiones. Los países industrializados se comprometen a reducir la emisión de los seis gases de efecto invernadero para el período 2008 al 2012, en igual cuantía que la establecida en 1992. El nuevo compromiso de reducción de las emisiones de los GEIs, fue firmado voluntariamente por los países que participaron en la convención de Kioto.

El objetivo que guía a estas reuniones y convenciones es el establecimiento de principios que sean aceptados internacionalmente para lograr reducir esas emisiones a un nivel tal que la

producción de alimentos no se vea amenazada y que permita que el desarrollo económico prosiga de una manera sustentable (Beaumont Roveda y Merenson, 1999).

Las partes de la Convención se obligan a preparar inventarios nacionales por fuentes de CO₂ y como sumideros de carbono y a promover medidas para mitigar los cambios del clima. Los países industrializados deben adoptar medidas y comunicar las políticas a seguir para reducir las emisiones antrópicas de los GEIs así como proteger y reforzar los sumideros existentes. Deben además indicar las medidas adoptadas para el cumplimiento del compromiso firmado. La CMCC fue adoptada el 9 de mayo de 1992 por las Naciones Unidas para hacer frente al problema de cambio climático.

En respuesta a este movimiento internacional, en nuestro país se adoptaron las medidas necesarias para la vinculación con la CMCC y el PK. Según Norverto, 2006 cabe destacar las siguientes:

- El 7 de diciembre de 1993 se ratificó la CMCC a través de la Ley Nacional N° 24.295.
- El 13 de julio de 2001 a través de la Ley Nacional 25.438, se ratificó el Protocolo de Kioto, que entró en vigencia en el 2005.
- En 1998 creó la OAMD – Decreto N° 822 que es el organismo perteneciente a la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, cuyo objetivo es que los proyectos se encuadren dentro de los MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio), es decir promocionar las forestaciones, conservación o enriquecimiento de bosques para la fijación y almacenamiento de CO₂ (Norverto, 2000)
- Se designó a la SAyDS (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable) como Autoridad Nacional de Aplicación, (AND) 2002, a través del Decreto N° 2213.

Los gases de efecto invernadero y sus fuentes de emisión

La radiación solar visible (de baja longitud de onda) atraviesa la atmósfera y calienta la superficie de la Tierra. Ésta, a su vez, emite radiación térmica (de alta longitud de onda), parte de la cual es retenida por los gases de efecto invernadero. La concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera puede modificar las temperaturas globales del planeta, esto implica que un aumento en la cantidad de GEIs provocará un aumento en la temperatura global.

Este efecto sirvió para definir el concepto de cambio climático global como el posible aumento de la temperatura superficial del planeta que se produciría como consecuencia de un aumento importante y rápido de la concentración de los gases de efecto invernadero en la atmósfera (IPCC, 1995).

Los gases que producen el efecto invernadero son: el vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O), otros óxidos de nitrógeno (NO_x), el

ozono (O₃), el monóxido de carbono (CO), los hidrofluorcarbonos (HFCs), los perfluorcarbonos (PFCs) y el hexafluoruro de azufre (Brown, 1996).

El vapor de agua es el más abundante en la atmósfera y el que más influye en el efecto invernadero, pero su presencia no depende de las actividades humanas. El segundo de los GEIs en importancia es el CO₂, y su presencia en la atmósfera es causada por actividades antrópicas. Estas actividades, tienen poca influencia en la producción de metano, óxidos de nitrógeno y fluorocarbonatos (Beaumont Roveda y Merenson, 1999).

Las principales fuentes de CO₂ son: la respiración de los animales y las plantas, la quema de combustibles fósiles y la quema o descomposición de la materia orgánica.

En la mayoría de los países desarrollados más del 90% de las emisiones de los gases de efecto invernadero puede atribuirse al consumo de combustibles fósiles. También en los países en vías de desarrollo la mayor cantidad de emisión de los GEIs proviene de la misma fuente, llegando en 1991, a contribuir con el 73% del total de emisiones (Brown, 1996).

El sector energético ha generado, durante los últimos 150 años, el 30% del total de las emisiones acumuladas en la atmósfera (Beaumont Roveda y Merenson, 1999). Aunque el sector energético es el mayor contribuyente en la emisión de los GEIs, la deforestación y conversión del uso de suelo, también contribuyen en forma significativa con un 20% anual de las emisiones de dióxido de carbono.

Los sectores que más modifican el contenido de los GEIs en la atmósfera y representan los principales contribuyentes al potencial cambio climático de la tierra son:

- El sector energético
- El sector uso del suelo y las actividades forestales

El sector energético es netamente emisor y puede reducir las emisiones de los GEIs haciendo un uso racional de la energía o sustituyendo el empleo de combustibles fósiles por fuentes de energía renovable.

El sector forestal puede cumplir dos funciones distintas, la de reducir la emisión de CO₂ mediante una gestión silvícola adecuada, y la de secuestrar el carbono actuando como sumidero natural. Ambas acciones están íntimamente relacionadas con las actividades humanas.

La influencia de los bosques en el cambio climático se produce particularmente cuando son perturbados por el hombre y la propia naturaleza. Las perturbaciones que se ocasionan son:

- La destrucción de la biomasa forestal por fuego. Con esta acción se liberan gases de efecto invernadero que se transfieren de forma inmediata a la atmósfera.
- La transformación de los bosques en otro tipo de cubierta (como por ejemplo, en cubierta agrícola, o el abandono de las tierras, o la aplicación de diferentes tratamientos silvícolas dentro del mismo bosque). Estas acciones afectan al clima debido a que se producen cambios en la reflectividad del terreno.

Las áreas forestales: su rol ante el efecto invernadero

Una de las vías de reducción de las emisiones netas de CO₂ es incrementar los niveles de captura y fijación, a corto y medio plazo, de este gas causante del efecto invernadero. En este sentido, las áreas forestales juegan un papel fundamental por la capacidad de transformar el

carbono del CO₂ de la atmósfera en biomasa viva, y actuar como sumideros de carbono regulando su concentración en la atmósfera (Brown, 1995; Husch, 2001).

Los árboles en crecimiento renuevan sus partes permanentemente a través de la caída de hojas, ramas, flores, frutos, corteza, etc. Esta dinámica libera carbono, una parte del cual se incorpora a la atmósfera en forma de CO₂, y el resto queda fijado en el suelo en forma de humus estable. Paralelamente a este proceso, se produce un aumento en las dimensiones del árbol (crecimiento) que se realiza a partir de la acumulación de carbono.

El balance entre el carbono acumulado en el árbol, como resultado de su crecimiento, y el liberado por el desprendimiento y descomposición de las ramas, frutos corteza, etc., determina la fijación neta de carbono por el árbol. El mismo razonamiento puede hacerse cambiando el concepto de árbol por el de masa forestal, incluyendo aquí el balance neto de todas las especies vegetales que la componen: árboles, arbustos, matorrales y hierbas.

Esta característica de los bosques está adquiriendo cada vez mayor importancia (Husch, 2001), fundamentalmente porque el 50% de la materia orgánica seca, representa la cantidad de carbono fijado por el ecosistema forestal.

Los bosques naturales cubren alrededor de 3.400 millones de hectáreas, de las cuales el 52% se encuentra en latitudes bajas, un 30% en bosques boreales y el resto, un 18%, corresponde a la zona templada (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación [FAO], 1995). A escala mundial hay además alrededor de 1.700 millones de hectáreas de otros terrenos arbolados con características forestales, incluyendo terrenos arbolados claros, chaparrales, arbustos y matorrales. Estos terrenos son probablemente adecuados técnicamente para el bosque, pero están actualmente degradados o, en otros casos, son de escasa producción debido a factores ambientales o al mal uso del hombre. Además, hay en las zonas tropicales y de latitudes medias 68,6 millones hectáreas plantadas, y en los países desarrollados no se conoce la superficie pero se estima que se han establecido 25,4 millones de hectáreas de plantaciones forestales (Brown, 1995).

El flujo neto de carbono a partir de los bosques mundiales es de $0,9 \pm 0,5 \cdot 10^9$ t/año, o sea el 16% de la cuantía producida por la quema de combustibles fósiles y la fabricación de cemento, y la captación por crecimiento forestal en el hemisferio norte es de $0,5 \pm 0,5 \cdot 10^9$ t/año. Si se consideran las emisiones y captaciones, atribuidos a otras fuentes, se llega a la conclusión que existe un desequilibrio de $1,3 \pm 0,5 \cdot 10^9$ t/año, que se denomina con frecuencia "captación desaparecida" que es la cantidad necesaria para equilibrar las provisiones de carbono. Schimel et al.(1995) atribuyeron este desequilibrio al aumento de desarrollo forestal debido a la fertilización de CO₂, el aumento de deposición de nitrógeno y una respuesta positiva a las anomalías climáticas.

Se debe tratar de reducir el desequilibrio y evitar que los bosques se conviertan en una fuente mayor de dióxido de carbono. Debido a la gran extensión de la superficie boscosa, se estima que, combinando estrategias de conservación forestal con proyectos de reforestación en todo el mundo, los bosques podrían resultar sumideros netos de carbono durante los próximos 100 años. Permitirán reducir de 20% a 50% las emisiones de carbono a la atmósfera (IPCC, 1995); se mitigaría, con ello, el cambio climático.

Los bosques del parque chaqueño - balance de carbono

Si se considera el parque chaqueño, se observa una importante actividad antrópica, que producen diferentes impactos en el bosque. 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 períodos de tiempo. La extracción de la leña con fines energéticos, comerciales, domésticos y de 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. Además la expansión de la frontera agrícola, principalmente en la zona sur y el límite oeste y ahora hasta en la reserva provincial Copo mayoritariamente con cultivo de soja, provoca una significativa pérdida de bosque nativo y un aumento en la fragmentación de los mismos.

Por último, la ocurrencia de incendios en esta región es la más alta del país verificándose frecuentemente la conversión de las áreas degradadas en agricultura (Gasparri y Manghi, 2003).

De acuerdo a la Dirección de bosques y a la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS), la superficies de Tierras Forestales en Argentina son las que figuran en la siguiente tabla

Tabla 1 Superficie de Tierras forestales en la Argentina

Región	Superficie (ha)
Selva Misionera	914.823
Selva Tucumano-Boliviana	3.697.483
Bosques andino-Patagónicos	1.985
Parque Chaqueño	22.040.637
Total	28.638.438

Fuente:UMSEF-Dirección de Bosques SAyDS

Nota:UMSEF (Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal)

Las superficies de la selva tucumano boliviana y el parque chaqueño, están siendo actualizadas al año 2000 por la UMSEF dentro del programa “monitoreo de la superficie de origen natural de los bosques nativos de Argentina-Deforestación período 1998-2002”, que consiste en el monitoreo de la superficie y detección de los cambios de uso de la tierra causados por procesos de origen natural y o antrópico (Gasparri y Manghi, 2003).

Tabla 2 Superficies deforestadas (en hectáreas) por provincia en el Parque Chaqueño durante el período 1998-2002

Provincias	Deforestación 1998-2002(en ha)
Córdoba	121.107
Chaco	117.994

Jujuy	1.514
Formosa	20.112
Salta	152.800
Santiago del Estero	306.055
Tucumán	20.865
Total	740.487

Fuente.UMSEF-Dirección de Bosques SAyDS

Hay 3,3% de superficie deforestada en un período de 4 años y dentro de ello el mayor porcentaje 41% corresponde a Santiago del Estero.

El volumen de las especies forestales con diámetros mayores a 10cm de diámetro a 1,30m obtenido a partir de datos del inventario nacional argentino para el parque Chaqueño seco .

Tabla 3 La estimación de volumen de madera y biomasa de los distintos compartimentos en tierras forestales del Parque Chaqueño

Región Parque Chaqueño	Medio	Total
Volumen (m3/ha)	18,72	412.600,72 miles de m3
Biomasa aérea (t/ha)	98,80	2.177.614,94 miles de t
Biomasa por debajo del suelo (t/ha)	26,68	588.044,20 miles de t
Biomasa total de la madera muerta (t/ha)	13,83	304.822 miles de t
Biomasa en el suelo (t/ha)	76	1.675.088,41 miles de t
Biomasa en la hojarasca (t/ha)	5,6	123.427,567 miles de t
Biomasa Total	220,91	4.868.997.119,67 miles de t

Considerando que el 0,5 de la biomasa de los árboles es la cantidad de carbono que fijan, en la tabla 4 se puede visualizar los valores de C que fijan cada uno de los componentes

Tabla 4 La estimación del carbono que fijan los distintos compartimentos en tierras forestales del Parque Chaqueño

Región Parque Chaqueño	Medio	Total
Carbono total por encima del suelo (t/ha)	49,40	1.088.807 miles de t
Carbono total por debajo del suelo (t/ha)	13,34	293.978 miles de t
Carbono total en la madera muerta (t/ha)	6,92	152.433 miles de t

Carbono total en el suelo (t/ha)	38	837.544 miles de t
Carbono total en la hojarasca (t/ha)	2,8	67.714 miles de t
Carbono total	110,45	2.434.477miles de t

Así, los bosques se convierten en fuente de carbono atmosférico, cuando son perturbados por estas causas humanas o naturales, como un incendio o una plaga o un cambio de uso, transformando el suelo forestal en agrícola, es decir el porcentaje de carbono emitido supera al absorbido (Gafo Gómez-Zamalloa, 2001).

Luego, durante el proceso natural de regeneración, se convierten nuevamente en sumideros de carbono atmosférico, es decir, se produce una transferencia neta de CO₂ desde la atmósfera a la tierra (Brown, 1995).

Justificación del trabajo

Como los países industrializados son fuente emisora de carbono por excelencia, y se comprometieron primero en 1992 en la Cumbre de Río de Janeiro y posteriormente en 1997 en Kioto, a reducir la emisión de GEIs, en caso de no cumplir el compromiso asumido deberán pagar un impuesto o tasa por la emisión (Beaumont Roveda y Merenson, 1999).

El protocolo de Kioto, si bien es estricto con los países desarrollados, que se comprometieron voluntariamente a reducir la tasa de emisión de carbono a la atmósfera hasta llegar a un 5% por debajo de las emisiones de 1990 en el período 2008-2012, les proporciona mecanismos flexibles para cumplir con la reducción.

Los mecanismos de flexibilización son:

- Comercio de emisiones, consiste en la compra-venta de permisos de contaminación a otros países.
- Implementación conjunta: que dará a los países industrializados derechos a bonos de carbono como contrapartida de las reducciones de emisión, apoyando programas de descontaminación industrial en otros países desarrollados.
- Mecanismo de desarrollo limpio, que permite reducir las emisiones mediante proyectos que pueden ser acordados entre países industrializados y países en vía de desarrollo. A través de estos proyectos una entidad o país cumple parcialmente su compromiso de reducir los GEIs, compensando sus propias emisiones, con proyectos financiados en otros países.

La implementación de los proyectos de mecanismo de desarrollo limpio se fundamenta en que las acciones dirigidas a la disminución de GEIs tienen el mismo impacto en la atmósfera para atrapar calor independientemente de donde esté la fuente emisora y el bosque que actúe como sumidero.

En el art. 3.3. del Protocolo de Kioto se expresa claramente que "las variaciones netas de las emisiones de las fuentes, la absorción por sumideros que se deben a actividades relacionadas con el cambio de uso del suelo y la silvicultura limitadas a forestación, reforestación y deforestación podrían ser utilizadas a los efectos de cumplir los compromisos de cada uno de las partes incluidas en el anexo"; de esta forma la absorción en sumideros forestales asume un valor

significativo dentro de las normativas vigentes en el marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático y en el Protocolo de Kioto.

Se abre un camino para que importantes inversiones de países industrializados se realicen en países en desarrollo, mediante proyectos implementados para mitigar el cambio climático, con la condición de incluir implícitamente en sus objetivos la protección del ambiente y el desarrollo sostenible (art. 6 del PK).

Surge así una posibilidad para los países en desarrollo, la de utilizar la acción de los bosques como sumideros de carbono para captar fondos mediante proyectos financiados por los países desarrollados, que se comprometieron a reducir sus emisiones. Para poder participar de estos proyectos se necesita conocer la dinámica del flujo neto de carbono entre el bosque y la atmósfera, o lo que es lo mismo la cuantificación de la emisión-captura. Este es uno de los principales retos que se plantean, si se quiere incorporar la fijación de carbono, como un objetivo en la gestión forestal (Montero et al., 2001).

Los procesos de captura-emisión de carbono constituyen un complejo sistema con cuatro grupos generales de almacenamiento de carbono: biomasa aérea, biomasa radical, materia orgánica en descomposición y productos forestales almacenados fuera del bosque.

Se necesita estimar, por tanto, la biomasa aérea y radical de cada una de las especies arbóreas, arbustivas y herbáceas que componen los bosques, de una manera precisa, (ya que el 50% de la biomasa vegetal seca, es la cantidad de carbono que fijan), así como la materia orgánica en descomposición y los productos forestales extraídos y manufacturados que se almacenan fuera del bosque. Para ello es necesario estimar la biomasa de las principales especies arbóreas, arbustivas y herbáceas de la manera más eficiente posible, mediante el uso de modelos adecuados. De aquí la importancia de los estudios que contribuyan a una mejor estimación de las biomásas forestales.

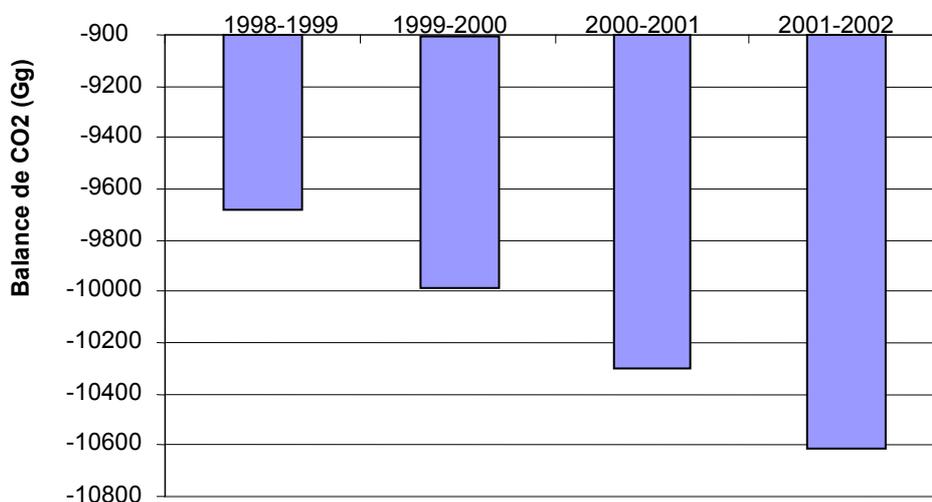
Por eso es necesario contar con funciones de biomasa específicas para cada especie del ecosistema forestal para poder conocer la cantidad de carbono que fijan de manera más precisa, ya que al utilizar las funciones correspondientes a especies que viven en regiones con características similares a la zona de estudio, al ser tan generales producen errores significativos en la evaluación.

Desde la celebración del protocolo de Kyoto se comenzó a percibir a los bosques como productores de servicios ambientales para la sociedad en su conjunto, amplificando la concepción clásica del uso de la madera. También se ha hablado de la doble función que pueden cumplir los bosques, como sumidero o como fuente emisora de carbono. El método de sustitución de bosque para agricultura en Argentina, consiste en volteo de la vegetación, formación de escolleras y posterior quema no contemplándose el uso de 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 suelo que ocurren tanto por fuego en la escollera, como por fuente de oxidación de la materia orgánica residual por cuanto se está subestimando la pérdida del carbono en el suelo

Se considera un incremento de biomasa seca de 1 t/ha año, lo que significa 0,5 tC/ha año.

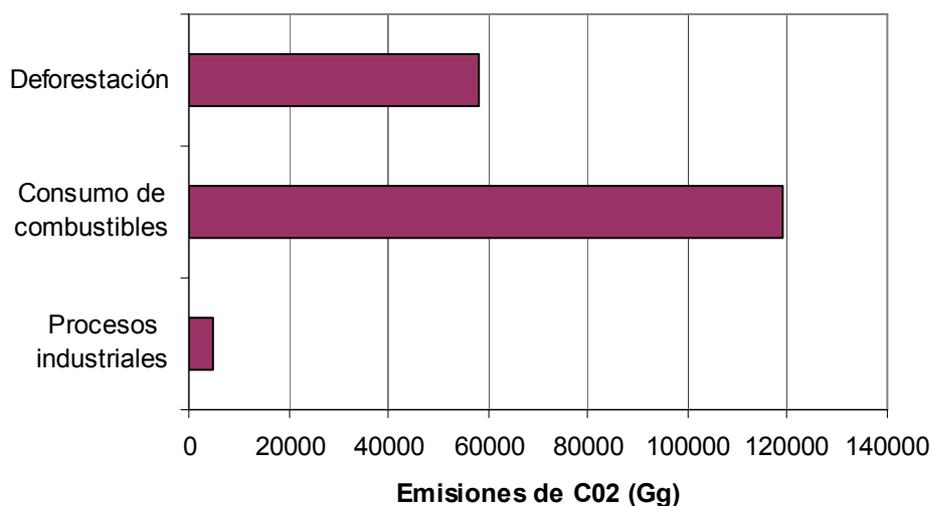
Tabla- Balance de CO₂ en Gg para Parque Chaqueño período 1998-1999

Emisión	-49.175
Captación	39.556
Balance	-9.619



Fuente:UMSEF

Emisiones de CO₂ en la Argentina durante el año 1997 comparado con la deforestación



F

Fuente:UMSEF

Santiago del Estero, se estuvo preparando desde hace unos años para proporcionar el conocimiento necesario a la comunidad para poder participar de esos proyectos de MDL en el sector forestal como? Al principio mediante la obtención de funciones de biomasa de las especies nativas principales entre las que se incluye el algarrobo y especies arbustivas y actualmente llegó a determinar la biomasa por hectárea de bosques con características similares a La María Estación experimental del INTA con diferentes métodos gracias a contar con datos del inventario realizado mediante un proyecto subvencionado por el CICyT bajo la dirección del Dr. Mariot, gracias a ello pudimos aplicar metodología de Sandra Brown aceptada mundialmente para datos de inventarios, también emplear fórmulas de biomasa para especies

de zonas áridas propuesta por la misma autora, las fórmulas generales utilizadas por el mexicano Martínez Iryzar y con las fórmulas de biomasa obtenidas por la FCF-UNSE más específicamente por la Cátedra de Estadística Forestal observando que con las primeras se obtienen valores sobrestimados de fijación de carbono de más de 60. Por ello nuestra recomendación es tratar en lo posible de contar con funciones específicas para especie y zona de estudio.

Si bien en este sentido, los bosque nativos como sumideros no entran actualmente en los proyectos de MDL, en una reunión efectuada el 7 y 8 de junio en la Cámara de Comercio alemana-argentina, se dijo que se esta estudiando la incorporación de los mismo, en estos proyectos, por lo que la comunidad científica se debe seguir preparando. Los conocimientos actuales son necesarios para la determinación de la línea base, es decir, determinar la cantidad de carbono que posee la zona de estudio en ausencia del proyecto MDL. Como, los proyectos MDL en la parte forestal son las reforestaciones y forestaciones, se debe tratar de conocer las necesidades de la especie a utilizar desde la etapa de plantaciones, tratamientos silviculturales, crecimiento y funciones de biomasa para aportar conocimiento sustantivo a los posibles proyectos que con forestaciones realizarse con esta especie. La presentación para estos proyectos MDL es bastante exigente para el área forestal a punto tal que de los ocho proyectos aprobados en este momento ninguno es del área forestal. Aunque se sabe que están en estudio tres proyectos uno en Santiago, otro en San Luis y otro en el sur (información verbal de Valeria Colerio)

Por eso, a través de un trabajo conjunto entre la Cátedra de Estadística Forestal (FCF-UNSE)y el INTA Santiago del Estero, especialmente con el Ing. Marcelo Navall se inició la etapa de determinación de funciones de biomasa del Algarrobo blanco en la provincia de Santiago del Estero para conocer la cantidad de carbono que fija la especie en plantaciones.

La metodología se consensuó para la determinación de los componentes de biomasa aérea para ejemplares que van desde un diámetro basal de 2 hasta 18 cm (medidos en a 20 cm de suelo) diámetro máximo, ya que esa variación se encontró entre los algarrobos plantados en el INTA y en Fernández, plantaciones de donde se obtuvo la muestra.

Se seleccionaron al azar 4 árboles por clase diamétrica, constituyéndose 8 clases diamétricas de 2cm de amplitud. Se consideraron diferentes componentes de la parte aérea: hojas, ramas menores de 1cm , ramas de 1 a 4cm de diámetro y ramas de 4 a 7 cm de diámetro. Se tiene hasta el momento una ecuación preliminar, ya que por razones laborales del grupo de trabajo, no se pueden concretar la corta de los 5 árboles restantes.

La función obtenida tiene la precisión adecuada($R^2=0,9726$) por lo que fue utilizada para predecir la biomasa de 10 parcelas permanentes para monitoreo de crecimiento instaladas en diferentes plantaciones de algarrobo implantadas en Sgo del Estero en diferentes tipos de suelos con salinidad de 3,9 a 22,8 dSm-1 a diferentes distanciamientos (277 a 833 pl ha-1), edades de 3,5 a 13 años . Éste trabajo fue realizado por los Ing. Marcelo Navall y María Gracia Senillani, del INTA(Sgo. del Estero) y de la FCF-UNSE respectivamente

Los valores de biomasa radicular fuero calculado con la fórmula desarrollada por Cairns et al. 1977.

Parcela	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Edad (años)	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	4,5	6,5	6,5	8	13
Biomasa aérea (Mg/ha)	0,9	0,4	0,3	2,5	3,4	8,5	15	2,4	63,1	27,3
Biomasa radical(Mg/ha)	0,31	0,14	0,11	0,79	1,05	2,45	4,14	0,76	15,66	7,21
Biomasa total (Mg/ha)	1,21	0,54	0,41	3,29	4,45	10,95	19,14	3,16	78,76	34,51
Biomasa aérea (Mg/ha año)	0,34	0,16	0,12	0,94	1,27	2,433	2,945	0,49	9,845	2,655
Carbono fijado(Mg/ha año)	0,17	0,08	0,06	0,47	0,63	1,217	1,473	0,245	4,923	1,325

Conclusión

Se pueden utilizar las siguientes estrategias para disminuir las emisiones de CO₂ y generar certificado de reducción de emisiones (CER)

- ✓ Forestación: Conversión, por actividad humana directa, de tierras que carecieron de bosque durante un periodo mínimo de 50 años previos al inicio del proyecto.
- ✓ Reforestación: Conversión, por actividad humana directa, de tierras que carecieron de bosques en tierras forestales. En el primer periodo de compromiso, las actividades de reforestación se limitarán a la reforestación de terrenos carentes de bosques al 31 de diciembre de 1989.
- ✓ Bosques o cultivos energéticos, o de subproductos forestales y agrícolas. El uso de biocombustibles como fuente de energía renovable puede contribuir a reducir el consumo de combustibles fósiles, responsable de la generación de emisiones de los gases de efecto invernadero.

Se abre un camino para que importantes inversiones de países industrializados se realicen en nuestro país, mediante proyectos de forestación y reforestación con Algarrobo blanco, considerando que a densidad de 3,3 x 3,5 a los 8 años de edad puede fijar 9,23 Mg C/ha año.

En lo posible se deben establecer ecuaciones de biomasa para las especies de la zona del proyecto, pues el uso de ecuaciones para especies similares correspondientes a otras zonas de características similares pueden crear falsas expectativas en cuanto a la fijación de c.

BIBLIOGRAFÍA

- Beaumont Roveda , E.; Merenson, C. 1999. Protocolo de Kioto y mecanismo de desarrollo limpio. Nuevas posibilidades para el sector forestal de América Latina y el Caribe. Documentopreparado para el Dpto. de Montes de FAO. 94p.
- Brown, S.; Gillespie, A.; Lugo, E..1989. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. Forest Science 35: 881-902
- Brown, S. 1995. Forest resources assessment 1990 global synthesis. FAO forestry Paper 134, Rome Italy.

- Cairns M.A., Brown, S. Helmer E.H. Baumgardner G.A.(1997). Root biomass allocation in the world's upland forest. *Oecología* 111:1-11
- Conway, T.; Tans, P; Wetermen,L. 1994. Atmospheric CO2 records from sites in the NOAA / CMD Lair sampling network. In: Trends'93. A Compendium of Data on Global Change.
- Gafo Gomez Zamalloa, M. 2001. El papel de la biomasa en el cumplimiento de los objetivos de Kioto. Material de asignatura de doctorado: Métodos de recolección de biomasa. 28p.
- Gasparri I, Manghi E. 2004. Estimación de volumen, biomasa y contenido de carbono de las regions forestales argentines. Dirección de Bosques. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable
- Harrington, J.; Kimmins, J.; Lavender, D. 1991. The Effects of Climate Change on Forest Ecology in Canada. Informe del X Congreso Forestal Mundial. 2, 49-58.
- Husch, B. 2001 Estimación del contenido de carbono en los bosques. Conferencia del Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la captura de carbono en ecosistemas forestales.Valdivia Chile.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 1995. The Potencial Impact of Climate Change on Agriculture and Forestry. Likely Impacts of Climate Change, Report from Working Group II to IPCC, OMM, PNUMA.
- Montero, G.; J.A. Gómez y C. Ortega. 1991 Estimación de la productividad aérea en una repoblación de Pinus pinaster AIT en el centro de España Inv. Agrarias Diciembre 1991 N° 0. 191-202.
- Norverto, Carlos. 2006. Presentación Sustentable SRL Cámara de comercio germano-argentina
- Schimel, D.; Enting, G.; Heiman, M.; Wigley,T .; Rayneud, D.; Alves ,D.; Seigenthaler, U. 1995. CO2 and the carbon cycle. In: J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, J. Bruce, H. Lee, B.A. Callander, E. Haites, N. Harris, .(eds.), Climate change 1994 radiative forcing of climate change and an evaluation of IPCC IS92 emission scenarios, Published for the IPCC, Cambridge University Press, Cambridge p37-71.