

## **GESTION AMBIENTAL FORESTAL EN EL MARCO DEL CAMBIO CLIMATICO EN EL BOSQUE CHAQUEÑO DE SALTA**

Gloria. Plaza<sup>1</sup>, Mónica Pasculli<sup>2</sup>, Luis Pacheco Plaza<sup>3</sup>  
Universidad Nacional de Salta.

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería. INENCO. CONICET. <sup>2</sup> Facultad de Naturales <sup>3</sup> Becario de investigación. CIUNSa- Fac. de Ingeniería  
Avda. Bolivia 5150. CP 4400. Salta. Argentina  
Fax: 0387 - 4255489 – Tel: 0387 - 4255424  
gloria@unsa.edu.ar , moni5@uolsinectis.com.ar

**RESUMEN:** El bosque chaqueño fue objeto de explotación irracional situación que lo llevó a degradarlo con la consiguiente pérdida de sus servicios ambientales. Se plantea un sistema combinado de implantación de bosque nativo y un aprovechamiento integral del mismo en donde se obtenga productos madereros y energía de los residuos generados en la actividad. Se selecciona un área vulnerable inicial de 3 ha para implantar el bosque nativo que cumple el rol de barrera biológica, ya que el área seleccionada esta sujeta a inundaciones por desborde del río Pilcomayo. Asimismo, el bosque estudiado fija 66 tn/ha de dióxido de carbono, contribuyendo a la mitigación de gases efecto invernadero. En forma paralela con los 2,6 m<sup>3</sup>/ha de residuos generados en el aprovechamiento forestal del bosque existente, se fabrican pellets como combustible para una central térmica de emergencia o para uso de la población.

**Palabras Claves:** masa boscosa, servicios ambientales, sumidero de dióxido de carbono, cambio climático, aprovechamiento energético, residuos forestales.

### **INTRODUCCION**

Los bosques cultivados y nativos cumplen un rol importante en la fijación de suelos, regulación del recurso hídrico, conservación de la biodiversidad, generación de un microclima óptimo y sumidero de dióxido de carbono entre otros. Asimismo los bosques con su albedo característico favorecen la reflexión de la radiación solar.

Investigaciones recientes indican que los bosques del mundo, aún en pie, fijan por lo menos el 25% del dióxido de carbono proveniente de la combustión de combustibles fósiles (Malhi, Baldocchi y Jarvis, 1999). La mayoría de los modelos climáticos también indican que los sumideros terrestres de carbono aumentarán durante la primera mitad del presente siglo debido a una expansión en la cobertura forestal. En el sector de uso de la tierra y bosques se han identificado dos estrategias principales para acumular carbono. La primera es aumentar la fijación de carbono al crear o mejorar sumideros. La segunda es prevenir o reducir la tasa de liberación del carbono ya fijado en sumideros existentes. Estas estrategias pueden denominarse “fijación de carbono” y “no emisión de carbono” respectivamente. Actividades de fijación de carbono pueden incluir tratamientos silviculturales para aumentar el crecimiento, agroforestería, aforestación (plantación de nuevos bosques en tierras donde históricamente no los ha habido), reforestación, y restauración de áreas degradadas. La “no emisión” puede incluir actividades de conservación de biomasa y suelo en áreas protegidas, manejo forestal sostenible, protección contra fuegos y promoción de quemadas controladas.

La creciente preocupación sobre el cambio climático y el esfuerzo de reducir en emisiones de gases invernaderos puede proporcionar nuevos incentivos económicos para los propietarios de tierras para preservar las tierras forestales con un concepto conocido como "prevención de la deforestación"(Butler,R).

El bosque chaqueño en Salta, perteneciente a la región del Chaco Árido, fue objeto de explotación intensiva principalmente en los primeros 50 años del siglo XX provocando disminución en la calidad de su masa (especies menos valiosas, individuos tortuosos y/o enfermos, etc). En los años 60-70 se produjo un auge de la actividad ganadera y de cultivos de legumbres secas (soja y poroto especialmente) degradando los renovales de los árboles y la capacidad de los suelos de sostener producción. La superficie del bosque chaqueño en Salta comprende 4.749.946 ha de las cuales 356.766 ha corresponden a quebrachal alto, 936.108 ha a quebrachal degradado y 3.367.070 ha son de quebrachal típico (Monitoreo de Bosque Nativo-2006).

El Departamento de Rivadavia Banda Norte se encuentra emplazado en este ecosistema, sufre la creciente del río Pilcomayo que fácilmente sobrepasa la escasa altura de la margen derecha inundando una amplia faja paralela al río. Parte de la población de esta zona cuenta con energía eléctrica generada por equipos in situ movidos a gasoil, los cuales actualmente están ampliando su potencia para abastecer a la población que no cuenta con el servicio. Esta energía se destina principalmente para iluminación y refrigeración ya que para calefacción y cocción de alimentos sigue siendo importante el empleo de leña y carbón cuando no se cuenta con gas en garrafa.

Es conveniente partir de las necesidades concretas de la comunidad humana en el sitio del bosque y en función de las mismas ayudar a modelar, construir, mejorar sus bosques, los que contendrán valores diferentes, pudiendo coexistir y complementarse en la misma área bosques con muy diferentes funciones y estructuras. En función de las necesidades, de los ideales y de lo que en la actualidad y en el futuro pueden ofrecer los bosques (estado actual-potencial) se plantearán las estrategias a seguir.

La presente propuesta incluye un sistema combinado de:

- 1) implantación de nuevo bosque nativo en zonas degradadas, con lo cual se logra minimizar el cambio global con fijación de carbono y desarrollar una herramienta de adaptación para el control de inundación mediante una barrera biológica.
- 2) aprovechamiento integral del bosque que comprende obtención de, por una parte, productos madereros con lo que se consigue una no emisión de carbono y por otra parte, aprovechamiento energético de los residuos generados en la actividad, donde el dióxido de carbono generado se compensa en el mismo desarrollo forestal.

## METODOLOGIA

La metodología comprende:

- 1) Determinación de la línea de base de un sector de bosque chaqueño presente en inmediaciones de Santa Victoria Este, en la provincia de Salta, para establecer pautas de reforestación en zonas degradadas.
- 2) Selección de un sitio en la región chaqueña basada en el criterio de que sea altamente vulnerable y recuperable. La vulnerabilidad se asocia al riesgo por:
  - Inundación
  - Suelo degradado
  - Baja capacidad de infiltración
  - Pérdida de biodiversidad
- 3) Diseño de un proyecto de reforestación nativa en el área seleccionada y aprovechamiento maderero y energético.
- 4) Estimación de la biomasa y de carbono fijado.

Para la estimación del carbono fijado por la masa vegetal y el suelo en las parcelas estudiadas se procedió de la siguiente manera:

- Se determinó la composición florística de 3 parcelas de 1 ha de superficie al azar.
- Se tomó el diámetro altura de pecho (DAP) y altura de todos los individuos de especies forestales presentes en cada parcela para calcular volumen de madera.
- Para la conversión del volumen total obtenido a biomasa se consideró la densidad de las especies relevadas.
- Para convertir el volumen calculado a densidad de biomasa se usó una combinación de herramientas proporcionadas por Brown et al. (1989), Brown e Iverson (1992), Brown y Lugo (1992) y Gillespie et al. (1992).
- Luego se extendió el valor obtenido a otros componentes de la masa boscosa mediante uso de un factor de expansión de biomasa (FEB). El factor de expansión se define como la relación de total de densidad de biomasa seca superficial de los árboles con un mínimo de 10 cm de DAP o más, a la densidad de biomasa seca del volumen inventariado y se calcula como  $\text{Exp}\{3.213 - 0.506 \cdot \text{Ln}(\text{Biomasa})\}$ .
- Para la estimación de carbono almacenado en la biomasa aérea calculada se consideró el mismo en un 50%, según el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, 1996)
- Para carbono fijado en el subsuelo se tomó como referencia el 27% de la biomasa aérea, según estudios realizados por Cairns et. al (1997) y Gasparri y Manghi, 2004.
- Se extrajeron muestras compuestas de las parcelas en estudio a 15 cm de profundidad para la determinación de la densidad aparente.
- El valor de carbono en suelo se cuantificó a partir del porcentaje de carbono en suelo determinado en laboratorios del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA-EEA-Salta), la densidad aparente medida en campo y profundidad de muestreo.
- Para la cuantificación de dióxido de carbono fijado se utilizó la relación,  $\text{CO}_2 = C \times (44/12)$  donde C=carbono total en biomasa aérea, subterránea y suelo.

## RESULTADO

Del relevamiento realizado en tres parcelas de campo del sector de Chaco Salteño inmediato a la localidad de Santa Victoria Este (Departamento Rivadavia Banda Norte) se determinó la composición florística natural del mismo. Se midió en dos de ellas una predominancia de especies del género *Capparis* denominadas vulgarmente “Sacha membrillo”, “Sacha limón”, “Sacha sandía”, le sigue en abundancia el algarrobo negro (*Prosopis nigra*) por otra parte, único constituyente arbóreo de la parcela 2, y a continuación el chañar (*Geoffroea decorticans*).

Es de destacar la escasa presencia de las especies que se consideran típicas del chaco, tales son el quebracho colorado (*Schinopsis balansae*) y quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*), ya que se contabilizó un solo ejemplar de éste último en una de las parcelas censadas. Asimismo se observa abundancia de artesanías de aborígenes del lugar realizadas con

palo santo (*Bulnesia sarmientoi*) y arbustos denominados chaguar (*Bromelia sp.*) no encontrándose ejemplares de ellos en las parcelas estudiadas ni en sus alrededores.

Los ejemplares de algarrobo presentan un predominio de DAP mayor a 20 cm, los de chañar entre 15 y 20 cm y en el resto de las especies el DAP en inferior a 10 cm.

La composición forestal de las parcelas denota un bosque degradado, con empobrecimiento de especies valiosas y de características salinas con napa de agua cercana a la superficie y suelo pobremente drenado.

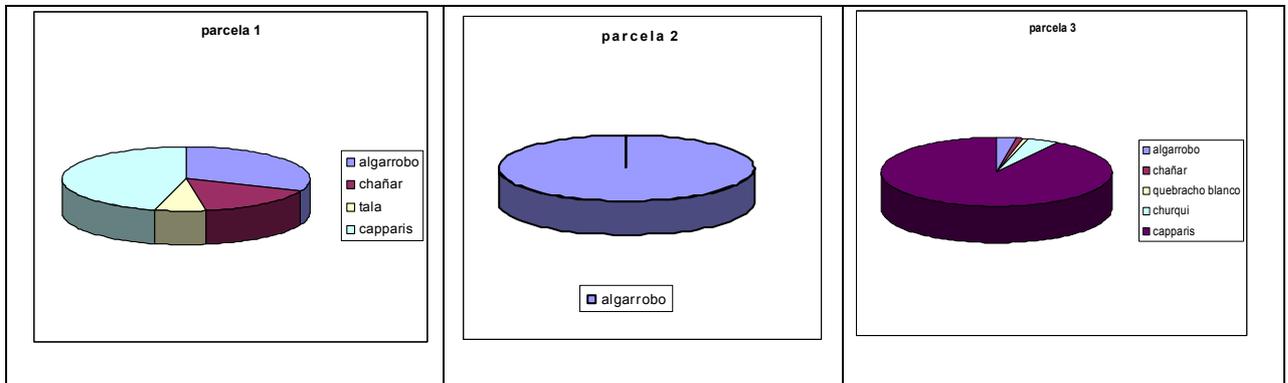


Figura 1: Especies forestales censadas en tres parcelas (% de ejemplares)

### Selección del sitio de forestación

En el relevamiento a campo realizado se detectaron puntos críticos susceptibles de inundación por desborde del río que corresponden a áreas comprendidas entre las comunidades de Hito 1 al límite con Bolivia, La Puntana, Santa María y Santa Victoria Este. Esta zona se refleja en la figura 2.

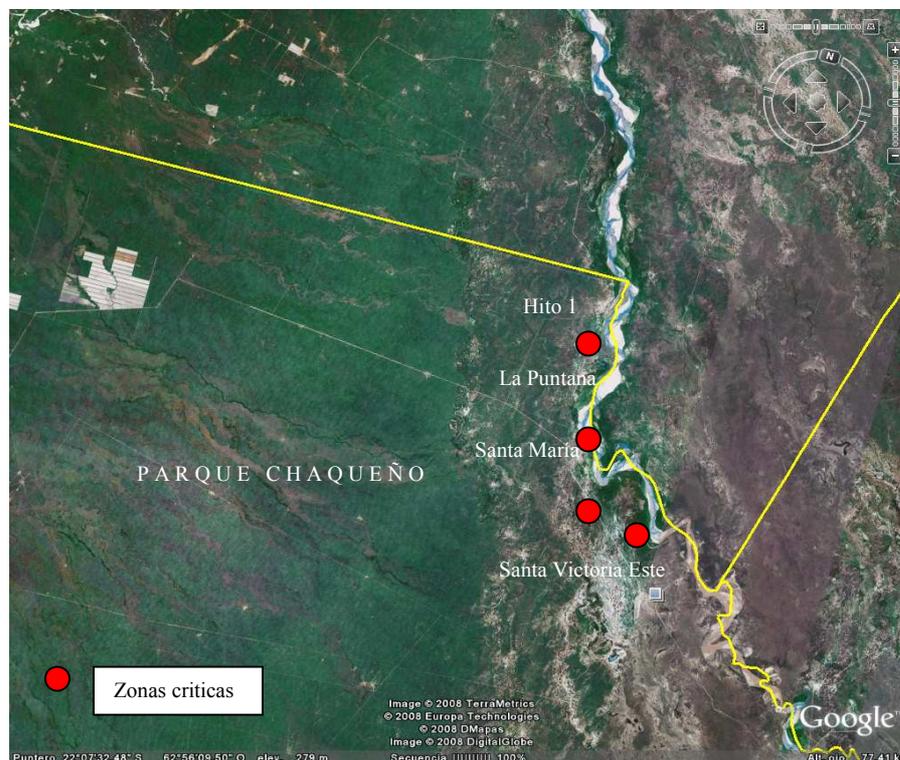


Figura 2: Zonas más vulnerables por inundación del río Pilcomayo

El sitio seleccionado de acuerdo al criterio adoptado es la franja alejada a 500 m de la margen derecha del río Pilcomayo. En ella se establecerá una parcela de crecimiento de 3 ha que se ampliará sucesivamente. En Figura 3 se indica el área inicial

comprendida en el cuadrante entre los 22<sup>a</sup> 1352'S-62<sup>a</sup> 4110 O; 22<sup>a</sup> 1354 S-62<sup>a</sup> 4105 O; 22<sup>a</sup> 1355' S-62<sup>a</sup> 4110 O y 22<sup>a</sup> 1357' S-62<sup>a</sup> 4105 O.

La forestación a desarrollar cumplirá la función de barrera biológica del río con características de inundabilidad. Esta se muestra en figura 3.



Figura 3: Ubicación de parcela de forestación en la margen del río Pilcomayo.

### Diseño de un proyecto de reforestación nativa en el área seleccionada y aprovechamiento maderero

El plan de reforestación comprende las tareas de:

1. Elevación del borde perimetral cercano a la margen derecha del río.
2. Desarrollo de taludes con una inclinación máxima de 30° a 40°.
3. Relleno y nivelación de la parcela de crecimiento hasta una altura que corresponde al máximo nivel alcanzado por las aguas durante inundaciones.
4. Cercado perimetral de parcela de crecimiento.
5. Siembra y desarrollo de plantines de especies autóctonas.
6. Implantación de plantines.
7. Cuidados posteriores a la implantación.

Se incorporarán ejemplares de quebracho blanco, quebracho colorado, y palo santo a fin de revalorizar la masa boscosa actualmente existente en las inmediaciones y que se relevó en las tres parcelas estudiadas. Se proyecta implantar 360 individuos de los cuales 90 serán de las especies citadas a fin de recomponer una composición florística similar a la de un quebrachal de baja densidad (124 árboles/ha).

El aprovechamiento maderero de esta parcela de crecimiento se hará selectivamente a largo plazo, Hasta que esto sea factible, se proyecta explotar racionalmente otras áreas de la región.

El plan de aprovechamiento se desarrollará en un bosque existente en zona de baja vulnerabilidad hasta que se desarrolle el bosque implantado y comprenderá:

1. Extracción de especies de más de 30 cm de DAP
2. Transporte y utilización para rollizo y/o fabricación de muebles.

Considerando que un quebrachal de baja densidad (entre 30 y 50 árboles / ha con un DAP mayor de 20 cm. y área basal entre 3 y 5 m<sup>2</sup>), rinde entre 15 y 25 m<sup>3</sup>/ha de volumen comercial, se calcula que el volumen de madera aprovechable explotando

una formación boscosa similar será de 20 m<sup>3</sup>/ha. La madera extraída se utilizará para rollizos (algarrobo y quebracho) y postes (palo santo y quebracho colorado) (Grulke).

Las 3 parcelas estudiadas suman un total de 18 m<sup>3</sup> de volumen comercial, por lo que se proyecta que si se enriquece la parcela de crecimiento de 3ha a implantar en el sitio vulnerable seleccionado, un 26% con quebrachos y palo santo, que son las especies faltantes se incrementará en 5 m<sup>3</sup> el volumen maderero que en el futuro podrá aprovecharse en esta última.

### Aprovechamiento energético

La materia prima para el aprovechamiento energético incluye residuos de podas, limpia de montes, ramas y tocones. La extracción de esta madera para su posterior uso energético fomenta la limpieza del bosque, evitando incendios. Según estudios realizados (Murakami Bet, 2003) el 13% del volumen total de madera aprovechable se deja como residuo, por lo que en el sector de bosque que se explote, el residuo generado se encuentra en el orden de los 2,6 m<sup>3</sup>/ha que corresponde a 1.560 Kg/ha considerando una densidad promedio de 0,6 Tn/m<sup>3</sup>. Este es el escenario más desfavorable planteado ya que las especies chaqueñas más conspicuas como el quebracho blanco y el colorado presentan densidades superiores a este valor.

El aprovechamiento energético implica:

1. Recolección y transporte de residuos de corta.
2. Secado hasta humedad menor del 10%.
3. Triturado en molinos, buscando homogeneizar la granulometría del material.
4. Compactación en donde se hace presión al material recibido contra una pared con múltiples perforaciones de 6mm. De esta manera se compacta el material y se obtiene el pellet, que egresa a una temperatura de 90°C y su aglutinante natural, la lignina, en estas condiciones aun no le da consistencia.
5. Enfriamiento, aquí es en donde el pellet adquiere consistencia.
6. Tamizado, donde se busca retirar los polvos entremezclados con los pellets.
7. Empaquetado en bolsas, o bien se manipula a granel.

Este combustible sólido implica el uso de una tecnología adaptada para la generación de energía eléctrica.

Un grupo electrógeno de emergencia adaptado para el uso de residuos forestales (material combustible –pellets) cubre las necesidades para el hospital zonal. Asimismo una utilización alternativa sería la calefacción y cocción de alimentos para los habitantes que significaría una reducción de la extracción indiscriminada de leña del bosque.

La tecnología adaptada para esta energía renovable será utilizada en el caso de cortes de camino por inundación. Esta situación, consecuente del cambio climático, impide el abastecimiento de combustible líquido al grupo electrógeno que provee electricidad a la región en estudio. Las ventajas del combustible sólido y los valores comparativos con el convencional figuran en Tabla 1.

Combustible	Unidades	Poder calorífico
Pellets	Kwh/Kg	4,9
GasOil	Kwh/Kg	11,92

Tabla 1: Comparación del poder energético del gasoil y el pellets.

Por lo expuesto 1litro de gasoil genera el mismo calor que 2 kg de pellets. Considerando estos datos, el costo de instalación de la tecnología adaptada al combustible sólido, puede amortizarse en un plazo a calcular, ya que el ahorro generado por el uso del pellets es apreciable considerando el mayor costo operativo de la energía convencional.

### Estimación de la biomasa y del carbono fijado

En primera instancia se calculó el carbono que podría fijar la biomasa de la parcela de crecimiento si se implanta según el diseño de las tres parcelas estudiadas en campo. En promedio el dióxido de carbono fijado en el ecosistema chaqueño estudiado es de 66 tn/ha. Si se enriquece dicha parcela con especies que no se encontraron presentes en las estudiadas y que resultan valiosas para el bosque chaqueño y el aprovechamiento de la comunidad, tal como quebrachos y palos santos, el valor de carbono fijado será superior dado la mayor densidad de las maderas entre otros factores.

	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
Biomasa (kg/ha)	7383,8	209,95	347,32
FEB	9,03	54,76	42,44
Biomasa ajustada con FEB	66,7	11,5	14,74

(tn/ha)			
Carbono Aéreo (tn/ha)	33,35	5,75	7,37
Carbono de raíces (tn/ha)	9	1,55	1,99
Carbono en suelo (tn/ha)			1,06
Carbono total (tn/ha)	43,41	8,36	10,42
Dióxido de carbono (tn/ha)	159,17	16,72	20,84

Tabla 2: Carbono fijado por biomasa en parcela de crecimiento.

## CONCLUSION

El plan de manejo integral del bosque chaqueño que comprende el repoblamiento forestal en zonas vulnerables y el aprovechamiento maderero y energético acorde a las necesidades de la zona permite utilizar a perpetuidad el bosque. La propuesta presentada contempla una serie de servicios del bosque ya que el mismo contribuye a proteger la zona de las inundaciones, impide la desertificación del suelo, actúa de sumidero de dióxido de carbono compensando las emisiones del mismo por combustión del pellets fabricado a partir de los residuos de la explotación forestal.

Los residuos forestales constituyen un recurso energético valioso. La tecnología de uso de pellets puede ser utilizada con gran beneficio para el caso de emergencia.

## BIBLIOGRAFIA

- Dirección de bosques. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (período 1998 – 2002, 2002 – 2006) Monitoreo de bosque nativo.
- FAO. Methods for estimating biomass density from existing data.(1992) Estimating biomass and biomass change in tropical forests.E
- <http://www.elcomerciodigital.com/gijon/20080103/occidente/fabrica-pellets-canero-iniciara-20080103.html>.
- aprovechamiento energético
- <http://www.inta.gov.ar/ediciones/dia/forest/dinamica04.pdf> Dr. Miguel Brassiolo Propuestas para la conversión de bosques degradados Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero
- <http://www.kapelbi.com/index.php> aprovechamiento energético
- Markus Grulke Propuesta de manejo silvopastoril en el chaco salteño *Quebracho*, N° 2 pp. 5 - 13
- Murakami Bet et al (2003) Madera residual en un bosque aprovechado en el norte de Bolivia: Evaluacion de 6 especies. Informe técnico No.5 Riberalta Beni. Bolivia
- Zambrano. A et al. Emisión y Captura de Carbono en los Suelos en Ecosistemas Forestales.(1999) Rev. For. Lat. N° 35/2004. Págs. 11-20.

**ABSTRACT:** Chaco's forest was exploited in a not rational way. The forest loose its environmental service and it was degraded. It was planned a combine system of native forest and an integral energy use where wooden products and waste activity energy was obtained. It was selected an inicial vulnerable area of 3 ha for native forest implanted. It will play a roll of biological barrier. The area selected was a flood inundation area of Pilcomayo river. Also, the implanted forest fixed 518 ton of carbon dioxide. It will contribute to reduce greenhouse gases. Paralely, the 2.6 m<sup>3</sup> waste from the forest use was for pellets production as fuel for a termic central. It was for the an emergency or for the inhabitants use.

**Key words:** forest, environmental service, carbon dioxide sink, climate change, energy use, forest waste.