

**“Vulnerabilidad de bosques subtropicales: aportes para su valoración”**Manrique, S.M.¹; Ontiveros, S.¹; Franco, J.¹

¹Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional, Universidad Nacional de Salta y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Avenida Bolivia 5150, 4400, Salta, Argentina. silmagda@unsa.edu.ar

²Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta, Avenida Bolivia 5150, 4400, Salta, Argentina.

RESUMEN

Conscientes de los efectos adversos que el cambio y la variabilidad climática producen sobre los sistemas humanos y naturales, los gobiernos del mundo están trabajando en el estudio de los impactos y potenciales medidas de mitigación y adaptación al cambio climático. En Argentina, el Tercer Inventario de Gases Efecto Invernadero (GEI) realizado en el 2015, señala que la principal categoría de fuentes de emisiones de GEI, considerada prioritaria dentro del sistema nacional, es “CO₂ procedente de conversión de bosques y otras tierras”. A pesar de su importancia, aún existen muchas incertidumbres y vacíos de información para el sector de Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura (CUSS), que a nivel mundial, es el responsable de cerca del 20% de las emisiones totales de GEI. Algunos estudios sugieren que hasta un 60 % de la incertidumbre en las estimaciones de las emisiones de GEI se debe a la escasa información sobre las reservas de carbono que hay en los bosques y otros sistemas de uso de la tierra. En el país, el ecosistema de Yungas o selvas subtropicales, que se extiende sobre las laderas de las montañas del noroeste del país, ha sido uno de los más afectados por procesos de degradación y deforestación. Esto pone en riesgo su enorme diversidad biológica (junto a la Selva Misionera alberga el 50% de la biodiversidad nacional), su rol en la regulación de caudales hídricos y ciclos biogeoquímicos y su provisión de servicios y bienes ecosistémicos, que sostiene a las comunidades regionales (criollas y aborígenes). En este trabajo se comentan algunos de los principales resultados de estudios que se vienen desarrollando en la zona norte del país, en cuanto al rol potencial de este ambiente (en su distrito inferior denominado Selva Pedemontana) en el secuestro de carbono como estrategia de mitigación de GEI, que podría asimismo, ser conjugada con diferentes estrategias de adaptación. En función del stock de carbono promedio estimado para este ambiente, y asumiendo una tasa de deforestación de 10.000 ha/año, este bosque se está convirtiendo en cerca de 8 millones de toneladas de CO_{eq} que son emitidas a la atmósfera cada año, volatilizando asimismo un pool genético de valor incalculable. La información científico técnica generada contribuirá al desarrollo de líneas de base para estudios de vulnerabilidad de este ecosistema al cambio climático, como así resultará valiosa para los esfuerzos que se realizan actualmente en la construcción de los Inventarios Nacionales de GEI y el diseño de estrategias integrales que mitiguen los pronosticados impactos globales y a la vez fortalezcan y consoliden los entramados socio-ambientales.



1. Los bosques nativos y el cambio climático

En el año 2015 la Argentina presentó su Tercera Comunicación Nacional (TCN) sobre Cambio Climático, con un inventario de GEI actualizado, como parte del cumplimiento de sus compromisos asumidos en el marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) (Barros et al., 2014). Allí se informa que las emisiones nacionales del año 2012 implicaron una participación de 0.88% de las emisiones mundiales (429,437 GgCO_{2eq}). Los seis sectores relevados fueron: 1) energía (43% del total de emisiones), 2) procesos industriales (3.6%), 3) uso de solventes y otros productos (0%), 4) agricultura y ganadería (27.8 %), 5) cambio de uso del suelo y silvicultura (CUSS) (21.1%) y 6) residuos (6%). Dentro del sector CUSS –el tercero más importante-, el sub-sector de “conversión de bosques y otras tierras“, significa un 67% de las emisiones de este sector.

A pesar de su importancia, aún existen muchas incertidumbres y vacíos de información para el sector de Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura (CUSS), que a nivel mundial, es el responsable de cerca del 20% de las emisiones totales de GEI (IPCC, 2014). Algunos estudios sugieren que hasta un 60 % de la incertidumbre en las estimaciones de las emisiones de GEI se debe a la escasa información sobre las reservas de carbono que hay en los bosques y otros sistemas de uso de la tierra. En el norte del país, el ecosistema de Yungas o selvas subtropicales, que se extiende sobre las laderas montañosas, ha sido uno de los más afectados por procesos de degradación y deforestación. Esto pone en riesgo su enorme diversidad biológica (junto a la Selva Misionera alberga el 50% de la biodiversidad nacional), su rol en la regulación de caudales hídricos y ciclos biogeoquímicos y su provisión de servicios y bienes ecosistémicos, que sostiene a las comunidades regionales (criollas y aborígenes).

Del total de bosques nativos existentes en el 2002 (33 millones de ha), las Yungas ocupaban el 11.22% de la superficie (3.7 millones de ha). El Informe de TCN menciona que la pérdida de bosques nativos en el periodo de 2002-2010 fue de algo más de 3.5 millones de ha (computadas en “conversión de bosques y otras tierras“) correspondiendo a las Yungas un 8% de esta pérdida (280,342 ha), lo cual implicó una reducción del 7.5% de su superficie total. El resto de la superficie desmontada correspondió a la región chaqueña, cuya superficie implicaba en dicho año, el 70% del total de bosques del país (ecosistema de mayor superficie).

En efecto, el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), donde participan más de 300 científicos de todo el mundo, alertó en el año 2014 que el 4.3 % de la deforestación global ocurre en la Argentina (IPCC, 2014). En el ámbito local, la Secretaría de Ambiente de la Nación publicó en el mismo año el informe “*Monitoreo de la superficie de bosque nativo de Argentina*“, precisando que entre noviembre de 2007 (cuando se sancionó la Ley de Bosques Nacional) hasta fines de 2013 se desmontaron 1.9 millones de ha. Un promedio de una hectárea cada dos minutos. En cuatro provincias se concentra el 80% de los desmontes: Santiago del Estero, Salta, Formosa y Chaco (SAyDS, 2014).

A su vez, las variaciones en el clima local y regional han comenzado a hacerse notorias en el país. La temperatura media anual aumentó entre 1960 y 2010 sobre casi la totalidad de las subregiones Noroeste (y Cuyo), y en muchas zonas en más de 0.5 °C, siendo los cambios más notables los de la primavera. Para el período 1950-2010 el aumento de la



temperatura media anual alcanzó a 0.6 °C en promedio sobre toda la región, llegando a 0.7 °C en Salta y Jujuy. A nivel de país hay una tendencia de aumento de la temperatura media de ½ a 1°C. Se pronostican mayores probabilidades de olas de calor más intensas. En el Noroeste se proyecta un aumento de 4 a 5°C para el 2030, uno de los aumentos más altos del planeta (Barros et al., 2014). En el oeste y notoriamente en el norte del país, ha habido un cambio hacia la prolongación del periodo seco invernal. Esto podría estar generando problemas en la disponibilidad de agua para las poblaciones, condiciones más favorables para incendios descontrolados de bosques y pasturas, así como condiciones de estrés sobre la actividad ganadera. Podría haber, asimismo implicancias sobre la biodiversidad de los remanentes de bosques nativos de Yungas y a su vez, la desaparición de dichos remanentes, retroalimentará los cambios que están ocurriendo a nivel atmosférico.

Mejorar el entendimiento de los stocks de biomasa y carbono fijados en bosques nativos, brinda por tanto, valiosa información para la planificación y el diseño de estrategias integrales y de ordenamiento territorial en un contexto de cambio climático global. El propósito de este trabajo es presentar una síntesis de resultados y reflexiones de algunos de los diferentes estudios desarrollados en el bosque subtropical de Selva Pedemontana en los últimos años. Los estudios se concentraron en el sector norte del país, observando su rol como reservorios de carbono y discutiendo factores que podrían influenciar la capacidad total de secuestro de carbono de los mismos. En la medida en que este ecosistema se extiende hasta Venezuela, cualquier avance en el conocimiento del potencial y posibilidades de manejo sobre el mismo, resulta de utilidad para una amplia región.

2. El ecosistema de Selvas Pedemontanas de Yungas

La provincia fitogeográfica de las Yungas, bordea la Cordillera de los Andes por toda Sudamérica, hasta Argentina (Cabrera, 1994). Las Yungas argentinas, que constituyen un hábitat vital por el rol fundamental en la regulación hídrica de las cuencas y la protección contra la erosión, han sido sometidas a una larga historia de intervenciones antrópicas, sobre todo en las áreas bajas, denominadas Selvas Pedemontanas, con alta aptitud agrícola (Ripley et al., 2010).

La historia del pedemonte en el norte de Argentina ha estado muy ligada a la expansión del ferrocarril necesario para el transporte de maderas preciosas, cultivos tropicales y azúcar. Más recientemente, a partir de la década del 90, el protagonismo lo ganó la soja, expandiéndose rápidamente en el paisaje pedemontano y su transición a la llanura chaqueña (Buliubasich y González, 2009; Leake, 2009; Leake y Ecónomo, 2008; Reboratti, 2006, 2010; Viglizzo y Jobbágy, 2010; Buliubasich, 2013). La situación de deterioro por el avance de la frontera agrícola, sumado a la explotación forestal, la captura comercial de aves y la caza furtiva –entre otros- resulta preocupante porque de las casi 5 millones ha que cubren las Yungas en Argentina, la superficie efectivamente protegida sólo alcanza a un 5% del área total (Viglizzo y Jobbágy, 2010).

En el caso de la Selva Pedemontana, que se extiende desde los 450 a 900 m.s.n.m (Brown, 1995) -otros autores mencionan rangos menores (Brown y Malizia, 2004; Brown et. al., 2005; Cabrera, 1994)- y representa el 25% de las Yungas, ha sido considerada como un ecosistema en peligro de extinción, y su desaparición eliminará el 30% de la biodiversidad total de las Yungas. En esta región están representadas 120 especies de



mamíferos y 8 de las 10 especies de félidos neotropicales, y habitan alrededor de 583 especies de aves, las cuales representan el 60% de las especies de la Argentina (SAyDS, 2007). Asimismo en la Selva Pedemontana de Argentina y de Bolivia se identificaron 18 AICAS (Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves de Argentina) y se señala que las AICAS que incluyen sectores de la Selva Pedemontana, poseen una diversidad de aves comparable a las de Selvas Montanas y mayor que las de bosques Chaqueños que las circundan (Blendinger et al., 2009).

La fisiografía varía desde estribaciones submontañosas a bajadas aluviales, presentando un relieve colinado a ondulado. Los suelos presentes en la zona de estudio corresponden según la clasificación taxonómica de FAO a suelos de tipo Phaeozem háplicos y lúvicos. Solo en el sitio Coronel Moldes, se registraron suelos de tipo Luvisol cálcico. Los Phaeozem son suelos oscuros ricos en materia orgánica; cuyo material parental son materiales no consolidados, predominantemente básicos, eólicos (loess) y otros. Se extienden en regiones moderadamente continentales, suficientemente húmedas de modo que la mayoría de los años hay alguna percolación a través del suelo, pero también con períodos en los cuales el suelo se seca. Son suelos con una saturación con bases (por NH_4OAc 1 M) de 50% o más en todo el espesor hasta una profundidad de 100 cm o más de la superficie del suelo o hasta roca continua o una capa cementada o endurecida, lo que esté a menor profundidad (FAO, 2007).

La altitud media de los sectores en donde se realizaron los muestreos es de 600 msnm. La temperatura media anual es de 21.06 °C y la precipitación media anual es de 800 mm. Los datos que se muestran en el presente trabajo se obtuvieron de sectores de Selva Pedemontana en el norte de Argentina, en la provincia de Salta, en los departamentos de San Martín, Anta, Orán.

3. Evaluación del potencial del ecosistema en el CCG

Se trabajó en todos los casos con un diseño de muestreo aleatorio. Se utilizaron parcelas rectangulares anidadas de 100 m². El criterio usado para determinar el tamaño de la muestra fue estimar la fracción de biomasa aérea de árboles (AGB) por encima de 10 cm de dap (diámetro a la altura de pecho, esto es 1,30 metros), mediante un premuestreo (para un 90% probabilidad y un error medio estándar de 20%). Luego de estimada la biomasa, se asumió que el contenido de carbono en la misma era de 50% (Brown, 1997). El estrato de AGB (en cuya estimación final se incluyó individuos de ≤ 1 cm dap y ≥ 50 cm altura) se estimó mediante modelos alométricos y en base a las siguientes medidas estructurales: dap (cm) y altura total (en metros). La biomasa radicular, por debajo de la superficie, se estimó de manera indirecta, como una proporción de la AGB. El estrato del suelo se estudió hasta los 30 cm de profundidad y se colectaron muestras para análisis en laboratorio de carbono orgánico y densidad aparente (3 muestras simples por parcela). Mayores detalles metodológicos para cada estrato pueden consultarse en Manrique et al (2011). El modelo alométrico empleado para AGB fue el de Chave et al (2014).

El stock de biomasa estimado para la Selva Pedemontana varía desde 162 tC/ha hasta 272 tC/ha. En todos los casos, el mayor almacenamiento de carbono se registra en el reservorio de AGB a partir de individuos mayores de 10 cm de dap (significan entre el 47 al 55% del total), siendo el aporte de la fracción de menor diámetro entre 6 y 10% del



stock total. El segundo reservorio de mayor importancia lo constituye el suelo. Sus aportes varían desde el 28% hasta el 39%, según el sitio.

El secuestro de carbono en sectores de Selva Pedemontana menos intervenidos por el hombre (degradación), es un 23% superior que en zonas menos degradadas, no existiendo ventajas a favor de sitios que cuentan con protección legal (es decir, el secuestro de carbono es aproximadamente similar).

El potencial de fijación de carbono de la Selva Pedemontana aumenta a medida que disminuye la latitud, fijando un 28% más de carbono desde los 22° a los 24° de latitud sur.

Los sectores de Selva Pedemontana que han quedado como relictos aislados, están sujetos a efectos de borde, con cambios en variables microclimáticas que han sido estudiados (resultados no mostrados). La AGB en los fragmentos se encuentra notoriamente reducida, pero también ha cambiado la composición de especies.

En función del stock de carbono promedio estimado para este ambiente, y asumiendo una tasa de deforestación de 10.000 ha/año, este bosque se está convirtiendo en cerca de 8 millones de tCO_{eq} que son emitidas a la atmósfera cada año, volatilizando asimismo un pool genético de valor incalculable.

La información científico técnica generada contribuirá al desarrollo de líneas de base para estudios de vulnerabilidad de este ecosistema al cambio climático, como así resultará valiosa para los esfuerzos que se realizan actualmente en la construcción de los Inventarios Nacionales de GEI y el diseño de estrategias integrales que mitiguen los pronosticados impactos globales y a la vez fortalezcan y consoliden los entramados socio-ambientales.

4. Algunas reflexiones

Los posibles impactos del cambio climático sobre los bosques remanentes aún resultan impredecibles y dependerán de la resiliencia de cada uno, de su capacidad adaptativa al cambio climático y de la magnitud e intensidad del fenómeno manifestado en cada zona. A su vez, la deforestación, degradación y fragmentación de la Selva Pedemontana, podrían estar afectando su integridad ecológica y social, y la posibilidad de prestación de servicios ecosistémicos de aprovisionamiento y regulación en el largo plazo, y por lo tanto, su capacidad de respuesta al impacto del cambio climático global.

En Argentina existen algunos estudios que permiten entender que algunas funciones ecológicas de la biomasa y el agua dentro del ecosistema podrían estar vinculadas con algunos servicios ecosistémicos interrelacionados (por ejemplo, secuestro de carbono, protección de suelo y hábitat) (Latterra et al., 2012; Barral y Maceira, 2012; Volante et al., 2012). Volante et al. (2012) argumentan que existen cambios en servicios ecosistémicos intermedios cuando se deforestan los bosques de transición y que los fragmentos remanentes pierden la capacidad inicial del bosque de actuar como un buffer a los disturbios externos (inclusive oscilaciones climáticas), que es una cualidad natural de la vegetación en bosques nativos.

Las prácticas de degradación forestal tales como una producción de madera insustentable, sobre-explotación de combustible leñoso, ganadería extensiva sin manejo, fuegos o fragmentación de bosques, son menos fáciles de ser percibidos que la deforestación, pero pueden contribuir de manera importante a las emisiones de GEI. La degradación de bosques también puede ser un precursor de la deforestación.



El manejo humano ha privilegiado en la zona los servicios ecosistémicos que sustentan los sistemas productivos más importantes desde el punto de vista económico. Por ejemplo el agua de riego para los pastos ganaderos y el suelo para agricultura. En muchos bosques, como las Selvas Pedemontanas, otros servicios ecosistémicos, culturales o de regulación climática por ejemplo, quedan subordinados a estos objetivos principales. Las consecuencias de este desequilibrio en el manejo se manifiestan negativamente en el mediano y largo plazo, pero no se perciben claramente en el corto plazo. Los resultados son unos ecosistemas vulnerables, desde el ámbito biofísico y social, y con menor capacidad de respuesta ante perturbaciones adicionales del ámbito global como el cambio climático.

Es necesario el desarrollo de políticas de largo plazo independientes de ideologías, con planes de manejo técnicamente fundados y compromiso de monitoreo por parte de los responsables, que preserven los sistemas forestales en la mayor sanidad e integridad posible, buscando asegurar su resiliencia y capacidad adaptativa. Los planes de ordenamiento del territorio deberían priorizar la conservación de ecosistemas de alto valor ecológico como las Selvas Pedemontanas, más aún en una provincia en la que la biodiversidad natural va acompañada de la biodiversidad cultural (existiendo comunidades aborígenes dependientes de estos bosques), siendo los bosques los principales sustentadores de la vida.

5. Referencias

- Barral, M., Maceira, N. (2012). Evaluación ambiental estratégica del ordenamiento territorial. Un estudio de caso para el partido de Balcarce basado sobre el análisis de servicios ecosistémicos. p 443. En: Lateral, P., Jobbagy, E.G., Paruelo, J.M. (2012). Valoración de servicios ecosistémicos. Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial. Ed. INTA, CONICET, ANCYC.
- Barros, V., Vera, C. (eds.). (2014). Cambio climático en Argentina: tendencias y proyecciones. Tercera Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Buenos Aires, Argentina. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Argentina (SAyDS).
- Blendinger, P.G., Rivera, L.O., Álvarez, M.E., Nicolossi, G., Politi, N. (2009). Selección de áreas prioritarias para la conservación de las aves en la Selva Pedemontana de Argentina y Bolivia. Pag 407. En: Brown, A.D., Blendinger, P.G., Lomáscolo, T. y Bes, P.G. (2009). Selva Pedemontana de las Yungas. Yerba Buena, Tucumán. 490 p.
- Brown S. (1997). Estimating biomass and biomass change of tropical forests. FAO Montes 134:1–55.
- Brown, A.D. (1995). Las selvas de montaña del noroeste de Argentina: problemas ambientales e importancia de su conservación. En: Investigación, Conservación y Desarrollo en Selvas Subtropicales de Montaña. Brown, A. D. Y H. R. Grau, Eds. Proyecto de Desarrollo Agroforestal. LIEY. FCN e IML. UNT. Pp 9-18.
- Brown, A.D., Pacheco, S., Lomáscolo, T. y Malizia, L. (2005). Situación Ambiental en los Bosques Andinos Yungueños. En: Situación ambiental Argentina 2005. Fundación Proyungas y Laboratorio de Investigaciones Ecológicas de las Yungas.
- Brown, D. A. y Malizia, L. R. (2004). Las Selvas Pedemontanas de las Yungas. En el umbral de la extinción. Revista: Ciencia hoy 14 (83).
- Buliubasich, C. y González, A. (coord.) (2009). Los Pueblos Indígenas de la Provincia de Salta. La posesión y el dominio de sus tierras. Departamento San Martín. Salta: CEPIHA / UNSa.
- Cabrera, A.L. Regiones fitogeográficas de Argentina. (1994) Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Buenos Aires: Acme Saci. 45p.
- Chave, J., Rejou-Mechain, M., Burquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M.S., Delitti, W.B.C., et al. (2014). Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology* (2014) 20, 3177–3190, doi: 10.1111/gcb.12629.



- IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático) (eds.). (2014) Climate change 2013. Fifth Assessment Report (AR5). NY, USA: Cambridge University Press. 32p.
- Laterra, P., Jobbagy, E.G., Paruelo, J.M. (2012). Valoración de servicios ecosistémicos. Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial. Ed. INTA, CONICET, ANCYC.
- Leake, A. (coord). (2009). Los pueblos indígenas cazadores- recolectores del Chaco salteño. Población, Economía y Tierras. Salta: Fundación ASOCIANA / UNSa / INAI.
- Leake, A., Economo, M. (2008). La deforestación en Salta. 2004-2007. Salta: Fundación ASOCIANA.
- Manrique, S.; Franco, J.; Núñez, V. y Seghezzo, L. (2011). Potential of native forests for the mitigation of greenhouse gases in Salta, Argentina. *Biomass and Bioenergy* 35(5): 2184-2193. ISSN: 0961-9534. DOI: 10.1016/j.biombioe.2011.02.029.
- Montenegro, C., Strada, M., Bono, J., Gasparri, N., Manghi, E., Parmuchi, M., Brouver, M. (eds.). (2005). Estimación de la pérdida de superficie de bosque nativo y tasa de deforestación en el norte de Argentina. Buenos Aires.
- Nadir, A, Chafatinos, T. 1990. Los suelos del NOA (Salta y Jujuy). Tomo 1 y 2. Facultad de Ciencias Naturales. UNSa.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2007). Base referencial mundial del recurso suelo. Roma, Italia: FAO.
- Reboratti, C. (2006). La Argentina rural entre la modernización y la exclusión. En: A.I. Geraiges de Lemos, M. Arroyo y M.L. Silveira. América Latina: Cidade, campo e turismo. Sao Paulo: CLACSO. En: <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/edicion/lemos/10reborat.pdf> (25/11/2011).
- Reboratti, C. (2010). Un mar de soja. La nueva agricultura en Argentina y sus consecuencias. Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Ripley, S., Krzic, M., Bradfield, G., Bomke, A. (2010). Land use impacts on selected soil properties of the Yungas/Chaco transition forest of Jujuy province, northwestern Argentina: a preliminary study. *Canadian Journal of Soil Science* 90: 679–683. doi: 10.4141/CJSS09101.
- SAyDS (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Argentina). (2014). Monitoreo de la superficie de bosque nativo de Argentina. Periodo 2010-2013. Buenos Aires. 50p.
- SAyDS (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación).(2007) Los Bosques Nativos Argentinos. Un bien social. Manual de Formación de formadores.
- Viglizzo, E.F., Jobbágy, E. (2010). Expansión de la frontera agropecuaria en Argentina y su impacto ecológico-ambiental. Ed. INTA. Buenos Aires, Argentina.
- Volante, J.N., Alcaraz-Segura, D., Mosciaro, M.J., Viglizzo, E.F., Paruelo, J.M. (2012). Assessing the effect of land clearing on ecosystem services provision in north-western Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 154, 12–22.