

**Naturaleza transformada y servicios ambientales en la cuenca del Langueyú,
Tandil, Argentina**

Elsa Marcela Guerrero

Beatriz Sosa

Corina Iris Rodríguez

Maria Carolina Miranda del Fresno

Centro de Investigaciones y Estudios Ambientales-Facultad de Ciencias Humanas,
Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires

Campus Universitario Tandil. Paraje Arroyo Seco s/n. 7000, Tandil, Buenos Aires.

emaguerr@gmail.com

Guerrero, E. M., Sosa, B., Rodríguez, C. I. & Miranda del Fresno, M. C. (2013). Análisis de la calidad del agua del arroyo Langueyú, Tandil, Buenos Aires. *Revista Estudios Ambientales*, 1 (1), 44-66.

Recibido: 10 de octubre de 2013

Publicado: 30 de diciembre de 2013

RESUMEN

Las actividades humanas transforman los ecosistemas comprometiendo la disponibilidad de los recursos a partir de su extracción, la producción de residuos y la antropización del territorio en general. Las condiciones de sitio y posición de la cuenca alta del Languyú (CAL) favorecieron la fundación de la ciudad de Tandil en 1823. Los procesos de urbanización fueron ocupando un valle semicircular atravesado por arroyos y rodeado por sierras bajas. Una serie de procesos histórico-económicos fueron transformando la naturaleza original y sus funciones. Se consideró como unidad de análisis la porción de la CAL lo cual permitió evaluar los efectos de la intervención humana en el territorio, identificar los procesos de transformación, los cambios permanentes, y las funciones ambientales existentes. La modelización ecosistémica de la cuenca permitió la observación y explicación de las interacciones sociedad-naturaleza y la detección de las transformaciones y problemas. La identificación y valoración tanto física como económica de los servicios ecosistémicos presentes, posibilitará la resignificación y puesta en valor de las funciones ambientales de este espacio. Se evaluaron tres servicios ambientales: el aprovisionamiento de agua, el almacenamiento o capacidad de secuestro de CO₂, y el valor de existencia. Más allá de las limitaciones metodológicas de valorar crematísticamente la naturaleza interesa dar peso político a la conservación de espacios y servicios de interés intra e intergeneracional.

Palabras claves: servicios ambientales, actores sociales identificados, economía ecológica, diagnóstico ambiental

ABSTRACT

Human activities transform ecosystems compressing resources abilities by mining them, wastes generation and modifying in general. High Languyú basin position and site conditions made possible Tandil city foundation in 1823. Urban processes were occupying semicircular valley across by streams and surrounding by hills. Economic and historic processes were transforming original nature and they functions. We considering as analysis unit the high basin portion that allow us assess human activities effects over territory, identifying transformation process –as well co-evolution, co-adaptation and permanent changes, environmental functions as well as environmental problem historic and present ones. Basin ecosystem model allow us

observe and explain society-nature interactions, problems and transformations detection. Identifying physical assessment as well as economics ecosystems present allow us re-sign and put in value environmental functions this area has. We assessed three environmental services: water provision, store carbon service and existence value. Spite methodological limits nature's monetary assessment has, we are interest to give politic weight natural areas and environmental services conservation for present and futures generations.

Key words: environmental services, identifying social actor, ecological economic, environmental assessment

INTRODUCCIÓN

El estudio de cuencas en planificación y ordenamiento ambiental tiene larga data y ha sido empleado en infinidad de casos para la gestión territorial en espacios ambientalmente sensibles a la intervención humana. Estas unidades de análisis permiten reconocer y dar consistencia a los procesos e interacción sociedad-naturaleza que en ella tienen lugar. Posibilita avanzar en la delimitación territorial de una superficie de drenaje que es común y en dónde interactúan sistemas físicos, bióticos y socioeconómicos (Maydana et al., 2011).

La cuenca del arroyo Languyú puede dividirse en tres sectores considerando la altura -o cotas topográficas- así como los procesos geomorfológicos presentes. Esas unidades se corresponden con: la cuenca alta, la cuenca media o piedemonte y la cuenca baja o de planicie que desciende muy lentamente en dirección al Río Salado. En la Fig. 1 se observan los sectores geomorfológicos delimitados por Barranquero et al. (2012a), a partir de las curvas de nivel topográfico.

La Fig. 2 muestra en detalle la Cuenca Alta del arroyo Languyú (CAL) de aproximadamente 153 km². Allí se aloja Tandil, una ciudad típicamente pampeana fundada a principios del siglo XIX¹ en la denominada "Campaña al Desierto". La ciudad se desarrolló en un valle interfluvial rodeado por sierras bajas que le otorga características paisajísticas especiales.

¹ La ciudad de Tandil fue fundada el 4 de abril de 1823 como un Fuerte militar en plena Campaña al Desierto o conquista de territorios ocupados por el indio.

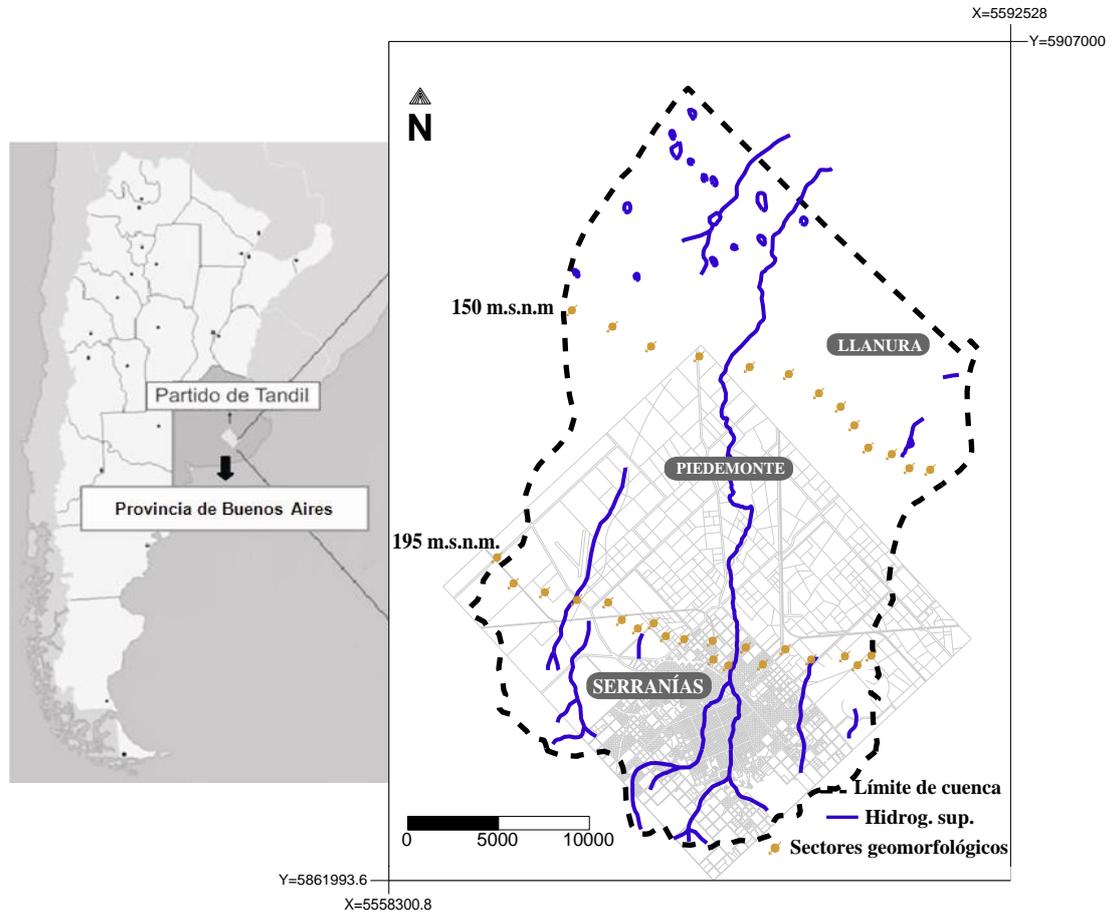


Figura 1. Ubicación de la Cuenca del arroyo Languayú (Barranquero et al., 2012a).

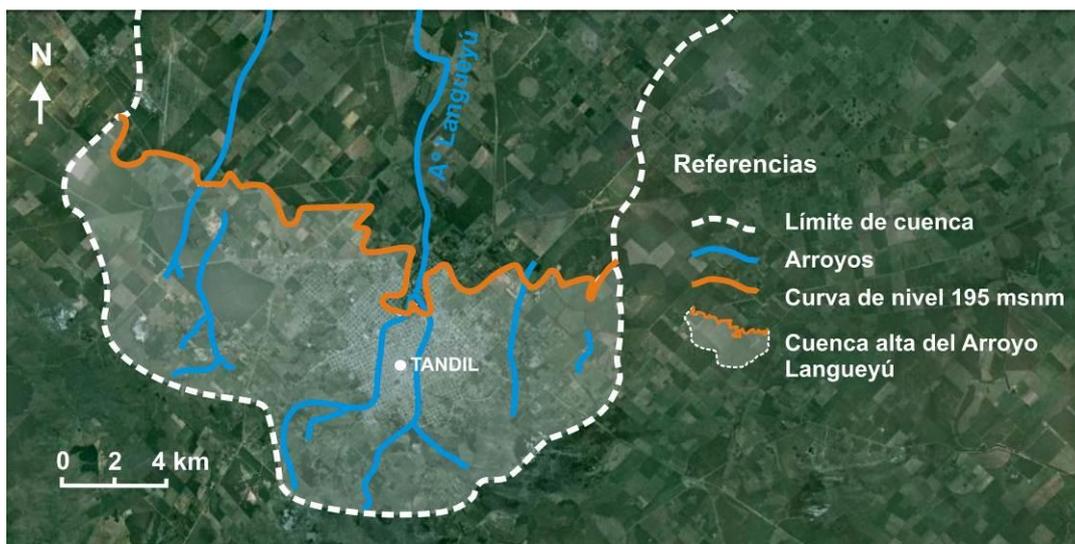


Figura 2. Cuenca Alta del arroyo Languayú (en base a Google Earth).

El desarrollo urbano de la ciudad ha estado determinado por las interacciones de actores y prácticas locales con el entorno natural, y en especial con la gestión o manejo del agua. Como se mencionó las condiciones del entorno han determinado y determinan los procesos de urbanización. Con el tiempo, la ciudad tuvo que “ajustarse”, con diferentes obras estructurales y no estructurales a la ocurrencia de eventos hidrológicos extremos que provocaban anegamientos e inundaciones de importancia afectando áreas urbanísticamente consolidadas de la ciudad.

La economía diversificada junto con las condiciones de emplazamiento han permitido constituir una estructura urbana diversificada con problemáticas ambientales específicas –incompatibilidad en los usos del suelo, insuficiencia en la provisión de determinados servicios, inadecuación de la gestión a la aparición de nuevas actividades humanas, superposición de otras y demandas enfrentadas entre diferentes actores del desarrollo urbano local como los sectores inmobiliarios, los grupos ambientalistas, vecinos de determinados barrios, turistas, emprendedores turísticos, el gobierno local, entre otros.

La reciente conformación de una zona de Paisaje Protegido² en la CAL exige la revisión de las condiciones de gestión y manejo del área para dar paso a una resignificación del territorio, sus recursos y servicios que permita poner en valor ecológico-económico las funciones ambientales y mejorar su gestión actual y futura.

METODOLOGÍA

Para la etapa destinada al diagnóstico ambiental de la CAL se empleó la modelización. Esta simplificación de la realidad permite describir las partes del objeto bajo estudio, fijar variables e identificar procesos e interacciones. En síntesis, facilita la explicación del fenómeno bajo análisis de forma comprensible. El uso de modelos en ecología humana no es un tema nuevo -originalmente fue propuesto Odum (1969) en la década del '70 del siglo pasado (Pavao-Zuckerman, 2000), pero la técnica se ha visto enriquecida epistemológicamente con los aportes y revisiones de muchos ecólogos,

² En 2010 se sancionó la Ley de Paisaje Protegido N° 14.126, la cual “(...) *tiene por objeto conservar y preservar la integridad del paisaje geográfico, geomorfológico, turístico y urbanístico del área especificada en el artículo 1º, la denominada poligonal*” (Artículo 2º). Esta ley conjuntamente con el Plan de Desarrollo Territorial (PDT), aprobado en 2007, se constituyen en herramientas legales relevantes para la protección del sistema serrano. El área denominada Paisaje Protegido bajo la ley excede la superficie de la CAL, no obstante se mantienen las condiciones biogeográficas.

antropólogos y sociólogos especializados en el ambiente en las últimas 4 décadas (Patten, 1978; Odum, 1983; Rappaport, 1987; Marten, 2001). En función de mejorar la capacidad explicativa del modelo y en coincidencia con Marten (2001), se propone que aunque el hombre sea parte del ecosistema, es útil pensar las interacciones hombre-ambiente como relaciones entre sistemas sociales y el resto de los ecosistemas. En este esquema un sistema social comprende todo lo inherente a las personas, su población, su psicología, y su organización social. Los valores y el conocimiento -junto con la forma de vernos como individuos y como sociedad- perfilan la forma en la que se procesa e interpreta la información y se traslada en acciones, mientras que la tecnología define el repertorio de acciones posibles (ver figura 3).

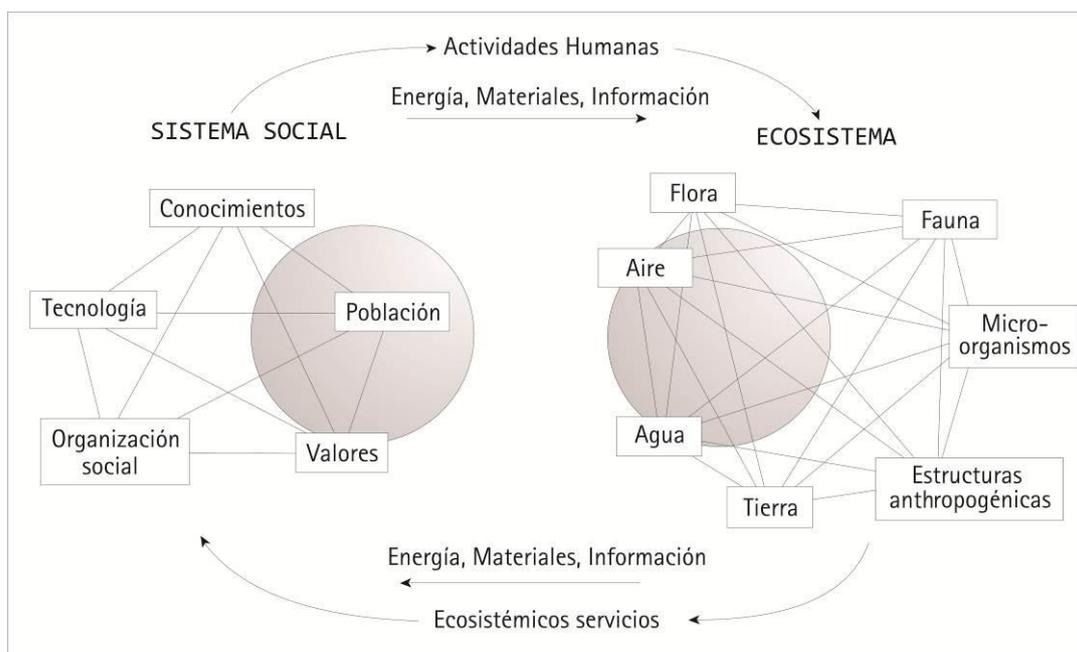


Figura 3. Interacciones del sistema social humano y el ecosistema (Marten, 2001).

La porción de la cuenca bajo análisis es considerada un sistema abierto que incluye tanto las entradas como salidas de materia energía e información al sistema. Los ecosistemas proveen bienes y servicios ambientales a los sistemas sociales. Proveen agua para las actividades humanas, combustible, alimento, material para la vestimenta, la construcción y la recreación, etc. Cada objeto material contiene energía, más presente en alimentos y combustibles. Además, cada objeto contiene información sobre la forma en que está estructurado y organizado. La información puede moverse

desde los ecosistemas a los sistemas sociales independientemente de los materiales. Los materiales, la energía y la información se mueven desde los sistemas sociales a los ecosistemas como consecuencia de las actividades humanas que impactan a los ecosistemas (Marten, Op. Cit.).

Una vez desarrollado el modelo ambiental de la CAL fue posible identificar y valorar algunos de los servicios ambientales presentes en la cuenca.

Existen muchos problemas empíricos y epistemológicos referidos a la valoración monetaria de la naturaleza. No obstante, se puede intentar el ejercicio de hacer visibles o aparentes los valores ambientales presentes en un espacio de interés para la conservación, y estimular al mismo tiempo el debate y la toma de consciencia sobre la preservación presente y futura de la naturaleza.

La determinación del servicio ambiental secuestro potencial de Carbono involucra la estimación de la biomasa acumulada de los diferentes componentes vegetales de esta porción de la cuenca. A partir de la información satelital disponible se identificaron las superficies correspondientes a las diferentes unidades de vegetación (pastizal, forestación con preponderancia de pinos, forestación con preponderancia de eucaliptos) y se les asignó un índice de secuestro promedio en base a información antecedente sobre capacidad de secuestro de carbono media por especie. Una vez calculada la capacidad biofísica de secuestro se determinó el valor económico del servicio considerando tres escenarios diferentes de precios³ debido a la falta de consenso sobre el tema: E1: US\$ 20 /tonelada CO₂, E2: US\$ 10 /tonelada CO₂ y E3: US\$ 3 /tonelada⁴ CO₂ (ver detalles sobre estas decisiones en *Cálculo de los servicios ecosistémicos de la CAL*, secuestro CO₂ en el siguiente apartado).

El valor ambiental y económico del servicio infiltración/recarga del acuífero, se estableció a partir de considerar una superficie de infiltración de la cuenca alta aguas arriba de la curva de nivel de 195 msnm. Para esa superficie se estableció el valor físico de la infiltración. Luego se determinó el valor económico total⁵ (VET) del servicio a partir de considerar dos valores: 1) el valor de uso directo: que se estima

³ Si bien a partir del convenio sobre Cambio Climático, Implementación Conjunta y otros mecanismos denominados limpios existen bolsas de cotización de carbono que permiten obtener el valor de la tonelada de Carbono, hay coincidencia en la literatura en considerar como "infravalorado" el precio de mercado del carbono. Estudios tendientes a la valoración económica del servicio generalmente dan precios algo más altos (Izko y Burneo, 2003; Orlando et al., 2003).

⁴ Para todos los cálculos se tomó como referencia un dólar a 5,3 \$ para la venta.

⁵ VET: Valor Económico Total (de Groot et al., 2007).

considerando el valor de mercado local del agua (\$/ m³); y 2) el valor de uso indirecto: un valor “ajustado” que se determina a partir de la disponibilidad a pagar por el servicio ambiental o por la pérdida de productividad cuando se pierde o afecta el servicio (pago por servicio ambiental hídrico⁶). El VET resulta de la suma de ambos valores.

Debe considerarse no obstante, que en general existe una infravaloración del servicio en la asignación de tasas por servicio de agua potable, especialmente porque se trata de una tasa (que surge del costo del servicio dividido los usuarios), y en el caso de Tandil, aunque existen medidores a nivel domiciliario no se emplea el servicio medido de agua.

Finalmente para el cálculo del valor de existencia se consideraron dos superficies: 1) La superficie de la CAL; y 2) El área comprendida bajo la ley de paisaje protegido ya que el área que se destinará a conservación excede la porción de la cuenca considerada. A ambas superficies se les asignó un “valor de la conservación”. En este valor, debido a la insuficiencia de información provincial (Ley Paisaje Protegido Provincial), se optó por aproximar un valor nacional de conservación que relaciona el presupuesto anual destinado al funcionamiento de la Administración de Parques Nacionales (APN) con la superficie de áreas de conservación bajo esta administración y se establece un índice de conservación.

Una vez determinados los valores de los tres servicios se agregaron para dar lugar a un “valor económico total de servicios ecosistémicos de la CAL”.

RESULTADOS

El avance de la ciudad y sus actividades sobre los espacios naturales -las sierras y el área rural principalmente-, va provocando modificaciones y disturbios ambientales que se manifiestan en los componentes naturales de la cuenca -suelo, vegetación y fauna autóctona. El crecimiento de la ciudad también va afectando otros elementos como el paisaje, la geomorfología y el escurrimiento superficial del agua debido a la apertura de calles y la construcción de viviendas, entre otros. También se han favorecido procesos propios de las grandes y medianas aglomeraciones como la contaminación atmosférica asociada a los procesos industriales y al tránsito; la aparición de

⁶ Cordero y Castro, 2001.

basureros espontáneos, micro-modificaciones del relieve, o modificaciones en la dinámica hidrológica, entre otros procesos propios de la urbanización.

En el caso de Tandil y la CAL tanto el crecimiento demográfico, como la expansión urbana, se afianzaron en las últimas dos décadas. La presión sobre el mercado inmobiliario urbano incrementó el precio del suelo urbano y de las propiedades inmuebles en la ciudad. Un conjunto de restricciones impuestas por un nuevo sistema de regulación municipal en la apropiación y uso del suelo urbano -Plan de Desarrollo Territorial, (PDT ordenanza n° 9865 del 2007)- convergieron dando lugar al aumento de la presión inmobiliaria y la re-valorización especulativa de los bienes inmuebles (Jacinto, 2011).

La lucha constante de las ONG ambientales locales posibilitó la creación de un área de paisaje protegido que impondrá en un futuro cercano nuevas reglas al ordenamiento territorial local. Como primera cuestión de impacto, el cese de las actividades canteril y la reconversión aun incipiente de las actividades mineras en las sierras, la potencial recuperación de espacios degradados y de conservación del paisaje serrano.

El proceso de crecimiento urbano en general se ha articulado sobre los principales accesos a la ciudad y hacia las áreas de suelo vacante, originalmente área rural. La ciudad ha crecido con mayor importancia hacia el Sureste y Noroeste, que son los dos frentes de avance del proceso. Se puede ver también cierto desborde urbano más allá de la Ruta Nacional 226, así como sobre el área natural hoy comprendida dentro del área de paisaje protegido.

La Fig. 4 muestra en forma gráfica la evolución reciente de la urbanización en la CAL y permite ver la tendencia futura del crecimiento.

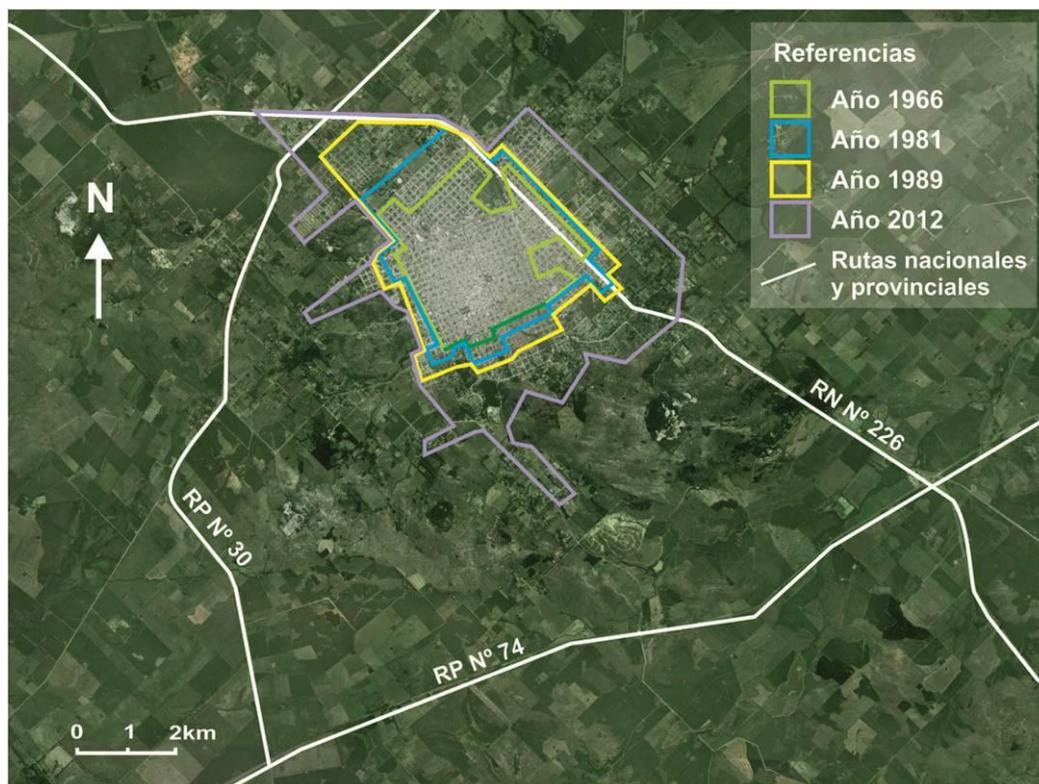


Figura 4. Proceso de crecimiento urbano de Tandil (1966-2012). En base a Google Earth.

El avance hacia el Sur, sigue los interfluvios o valles entre sierras que rodean en forma semicircular la ciudad por el SE-S-SO -en los últimos años se ha limitado la cota permitida de construcción en la zona serrana, aunque es difícil el control y muchas veces, se termina dando excepciones una vez finalizada la obra a quienes no acatan lo establecido en el plan regulador del proceso de crecimiento urbano (PDT, 2007).

El ritmo de crecimiento se ha mantenido con signo positivo entre la década del '60 y la actualidad, no obstante este ritmo se ha acelerado en los últimos 20 años. Algunos procesos favorecieron el crecimiento: el rol de los ciclos económicos más dinámicos como el turismo, la especulación inmobiliaria, las actividades vinculadas a la educación, entre otras (Guerrero, 2012).

La Fig. 5 presenta la modelización ecosistémica de la cuenca que da cuenta de los procesos y transformaciones urbanas presentes, e identifica los elementos sociales y naturales intervinientes, sus interacciones en términos de flujos materiales, energéticos y de información.

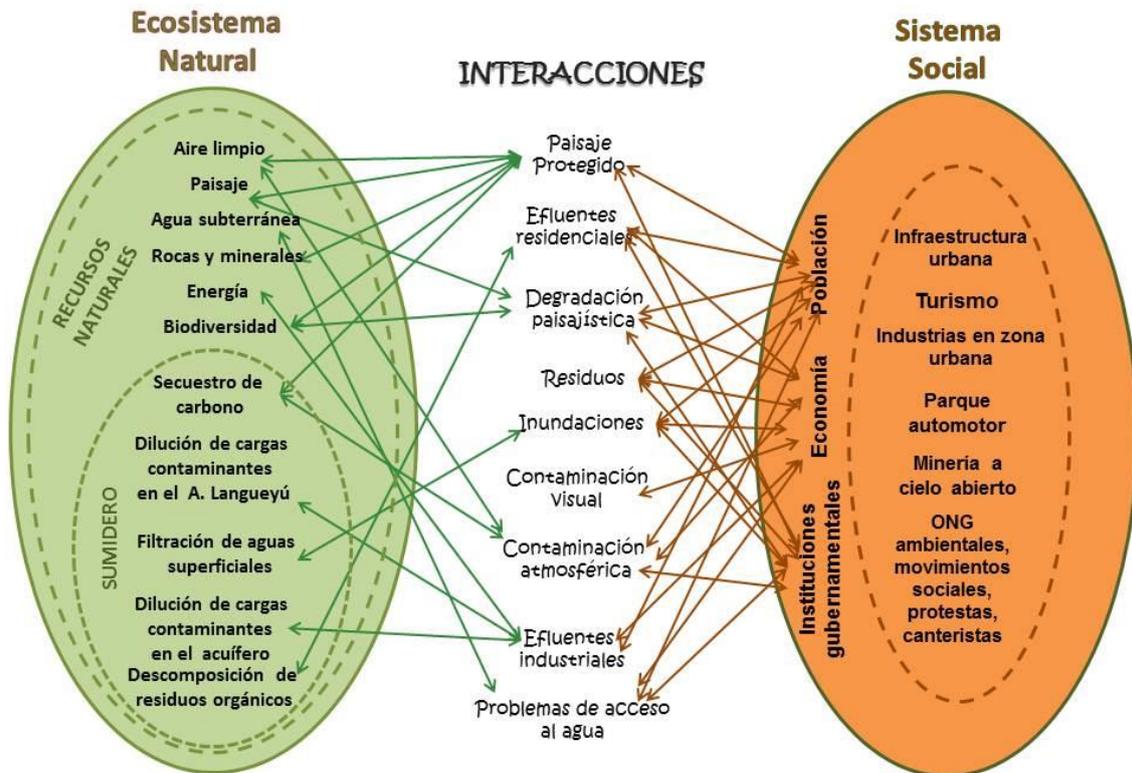


Figura 6. Modelización ambiental de la CAL en Tandil (elaboración propia en base a Marten, 2001).

Cálculo de los servicios ecosistémicos de la CAL

Secuestro de Carbono

Entre muchos servicios ambientales que ofrece la naturaleza, la capacidad de secuestro de carbono es un tema de interés desde hace algunas décadas. Se han realizado y se conocen las diferentes capacidades específicas y por ambiente del servicio de sumidero a nivel global. Los ecosistemas terrestres y los acuáticos capturan carbono atmosférico.

La capacidad de almacenamiento de los océanos fue medida por un modelo de difusión desarrollado para la década 1980-1989 (Sarmiento et al., 1990), y sus resultados estimaron una capacidad que se ubica en el rango de 2,0 a +/- 0,8 GtC (giga toneladas de carbono) por año. La capacidad estimada para los ecosistemas terrestres -bosques naturales maduros o pastos- alcanzó la cifra de 1,6 GtC por año.

La Tabla 1 desagrega la CAL en áreas de secuestro con diferentes índices de fijación o secuestro de carbono según la preponderancia de especies presentes. Además, diferencia la vegetación urbana (parques urbanos y otros espacios verdes) de las áreas forestadas (pinos y eucaliptos) y las zonas con vegetación natural (preponderantemente pastizales). En el caso de los denominados otros espacios verdes urbanos se les asigna un valor medio de fijación considerando la coexistencia de especies herbáceas, arbustivas y arbóreas presentes. El valor económico de los tres escenarios propuestos se resolvió considerando valores de referencia y de mercado de carbono -en dólares- convertidos a pesos argentinos de acuerdo a la cotización de agosto de 2013. Los tres escenarios considerados fueron de 3, 10 y 20⁷ dólares norteamericanos, subvalorando, en algunos casos el precio y adecuando al mercado en otros. Estos valores surgen de la revisión de la literatura sobre el tema y de las cotizaciones en las principales bolsas de carbono a nivel internacional (Chicago, la Haya, Tokio).

No obstante, hay que señalar que aunque existan valores de mercado y cálculos para determinados casos, especialmente para bosques primarios tropicales, en ambos casos se subvalora la función de captura o secuestro.

⁷ Para la valoración de los servicios de bosques en México se emplearon los valores propuestos por Fankhauser (1995) de 20 dólares (US\$) la tonelada de carbono. Otras estimaciones de proyectos forestales en el trópico, proponen como precio entre 2 y 25 dólares por tonelada de carbono, y entre los 5 y 15 dólares para los proyectos de forestación y reforestación. Por su parte Kauppi et al. (2001) estimaron un costo de una tonelada de carbono para actividades forestales y de uso de la tierra en países industrializados de aproximadamente US\$7,5. Y para ese mismo caso Missfeldt y Haites (2001) proyectaron el doble de dicha cifra (US\$15). Sancho Villalobos y Pratt (1999) estimaron el Costo Marginal de los Servicios de Fijación de Carbono en Costa Rica. De los 27 parques nacionales considerados, sólo un 11% presenta un costo menor a US\$10 y el 80% tiene un costo menor a US\$20.

Tabla 1. Superficies de fijación/secuestro Carbono y valor económico total del servicio

Áreas	Sup. (ha)	Sup. cub. (ha y %)	Fijación media anual spp. (tC/ha/año)	Valor fijación (tC)	Valor económico (\$)		
					E1 106	E2 53	E3 15,9
Parque Monte Calvario	11	10,12 (92,06%)	30-50	404,8	42.909	21.454	6.193
Parque C° Movediza	4	22,2 (79,30%)	30-50	888	94.128	47.064	14.119
Parque Independencia	28	23,24 (83%)	30-50	929,6	98.538	49.269	14.223
Pastizales	11.515	11.515 (100%)	0.2 ⁸	2.303	244.118	122.059	36.618
Pinares	95	95 (100%)	16-22	1.805	191.330	95.665	28.699
Otros eucaliptos	297	297 (100%)	30-50	11.880	1.259.280	629.640	188.892
Espacios verdes urbanos ⁹	90	90 (100%)	21	1.890	200.340	100.170	28.917
Total CAL	12.040	11.934,3		20.100,4	2.130.643	1.022.963	317.661

Referencias: Sup. = superficie total; Sup. cub. = superficie cubierta; E1 = escenario 1: 20 dólares la tonelada carbono; E2 = escenario 2: 10 dólares la tonelada carbono y; E3 = escenario 3: 3 dólares la tonelada carbono. La superficie total del área de estudio 15.321,5 ha. En la tabla se restó la superficie construida de 3281,5 ha quedando reflejada sólo la superficie con capacidad de secuestro.

Fuente: elaboración propia en base a datos de Red Española de Ciudades por el Clima (2011), Serrada et al. (2008), Cordova Reyes (2008), y Kandus et al. (2009), Guerrero y Culós (2008), García Huber y Guerrero (2006), García Iturrat (2008).

Servicio ambiental hídrico

Los cálculos asociados a determinar el valor físico y económico del servicio ambiental hídrico implican una porción de la cuenca: el área comprendida entre las cabeceras de

⁸ Cordova Reyes, 2008

⁹ La Zona Urbana de Tandil comprende 3.126 ha ocupadas, de las cuales 133 ha pertenecen a espacios verdes conformados por las plazas, plazoletas y Parques Urbanos (PDT, 2007). Si se excluye la superficie asociada a los denominados Parques urbanos, el resto de los espacios verdes suman 90 has.

la cuenca y la isolínea de 195 msnm. Para determinar el volumen de la recarga o infiltración se consideró la precipitación media anual para Tandil en el período 1900-2000 de 838 mm (Ruiz de Galarreta y Banda Noriega, 2005). Y, de acuerdo a Barranquero et al. (2012b), la recarga en la cuenca del arroyo Languyú en la zona de serranías (cuenca alta) es del 15 al 17 % de las precipitaciones.

Se considera como valor medio, que el 16% de las precipitaciones caídas en la CAL constituyen la recarga del sistema subterráneo, lo cual equivale a un valor medio anual de 134 mm de recarga.

Bajo estas consideraciones, la CAL comprende un área aproximada de 15.321,5 ha, es decir, que el volumen de recarga estimado para el área es de 20,5 hm³/año. El abastecimiento de agua para el consumo humano y actividades económicas se realiza a partir de agua subterránea mediante perforaciones, sólo existen datos relativos a los pozos de Obras Sanitarias Tandil, que se utilizan para proveer del recurso al ejido urbano. Existen numerosas perforaciones particulares, sobre todo en zonas no abastecidas por la red municipal, cuya extracción de agua subterránea es muy difícil de cuantificar, debido principalmente al desconocimiento del número de pozos y el volumen de extracción.

La Tabla 2 describe los escenarios actuales y posibles respecto al valor del agua en Tandil. La primera fila muestra el valor del servicio de recarga considerando los valores vigentes del servicio de agua potable en 2013. La segunda fila aplica un valor "ajustado" del servicio ambiental hídrico a partir de la literatura sobre el tema (USAID, 2006). Finalmente se estima el valor monetario del servicio ambiental anual de la recarga media de la CAL.

Tabla 2. Escenarios asociados al servicio recarga del acuífero y valor económico.

Escenarios	Volumen de recarga anual (m ³)	Valor del servicio \$/m ³	Valor para recarga CAL (\$)
Servicio medido agua red¹⁰ (Valor de uso directo)	20.500.000	1,4	28.700.000
Servicio ambiental hídrico¹¹ (Valor de uso indirecto)	20.500.000	0,95	19.475.000
Valor económico total			48.175.000

Valor de existencia

Para determinar el valor de conservación o de existencia se consideran dos superficies: 1) la superficie total comprendida bajo la denominada área de paisaje protegido según la ley N° 14.126, por la importancia presente de este espacio y su gestión en un futuro próximo. El Área denominada “La Poligonal”, está conformada por la intersección de las actuales Rutas Nacional N° 226 y Provinciales N° 74 y N° 30. Abarca una superficie de 14.158 has (Ley de paisaje protegido, Centro de Investigaciones Geográficas (CIG). FCH. UNCPBA. Tandil) y 2) la porción bajo estudio, la CAL, con iguales condiciones biogeográficas y naturales con una superficie de 12.500 has.

Para ambos casos se aplicó un valor de conservación a partir de aplicar métodos de costos alternativos que asignan en forma indirecta valores objetivos de bienes sustitutos próximos. En este caso se presupone que una medida de la “disponibilidad a pagar por conservación de áreas naturales” es estimar el valor/ha/año asociado a administrar estos espacios. En el caso argentino la Administración de Parques Nacionales (APN) es el organismo encargado de gestionar la conservación a nivel nacional. Por ello se consideró: a) el monto (\$/año 2013) del presupuesto nacional destinado a la inversión directa más asignación por entidad que le corresponde a esta administración¹²; y b) la superficie total de áreas de conservación que administra la

¹⁰ Servicio sanitario. Municipio de Tandil, 2013

¹¹ El método del cambio en productividad se aplica porque el riego incrementa la productividad agrícola y, en algunos casos, pecuaria, y este cambio en la producción puede ser usado para calcular el valor implícito del agua. El valor correspondiente asociado al uso del agua por el cambio de productividad en el sector agropecuario es de 0.17 – 0.19 US\$/m³ (USAID, 2006).

¹² \$174.295.000 para el presupuesto 2013, Ministerio de Economía de la Nación. Argentina.

APN¹³. A partir de allí se estableció un valor de conservación anual de \$47/ha. Cabe señalar que se desestimó considerar los valores provinciales de la conservación porque no se dispuso de información al respecto. La Tabla 3 resume los cálculos.

Tabla 3. Valor de conservación/existencia.

Área	Superficie (ha)	Valor conservación (existencia \$)
Cuenca Alta Langueyú	15.321,5	720.110,5
Área paisaje protegido	12.500	587.500

Finalmente la Tabla 4 resume los valores económicos de los tres servicios considerados y los compara con el presupuesto anual del Municipio de Tandil. El VET representa 12,23 % del presupuesto total anual del Municipio.

Tabla 4. Valoración Económica Total de los servicios ecosistémicos de CAL (\$/año).

Servicios ambientales	Valor monetario servicio (\$)	Presupuesto municipio 2013 (\$)
Secuestro carbono	1.022.963	408.000.000 ¹⁴
Aprovisionamiento agua	48.175.000	
Valor de existencia	720.110,5	
Valor económico total	49.918.073,5	

DISCUSIÓN

La modelización tiene grandes posibilidades para capturar procesos que siendo dinámicos presentan complejidad de interacciones y relaciones. No obstante, posee limitaciones en su capacidad explicativa de los detalles y las particularidades propias del modelo, así como en la exposición de causalidad de procesos. Además, a veces en el afán de agregar información se pierde la esencia del modelo y capacidad auto-explicativa.

Hay acuerdo respecto a la contribución al bienestar social que ofrece la naturaleza, sin embargo muchos de los bienes y servicios que disfrutamos no son pagados adecuadamente, son infravalorados o simplemente ignorados. La valoración crematística se constituye en tal sentido, en un elemento político destacado en la

¹³ La superficie total de parques nacionales y monumentos históricos que gestiona la APN es de 3.687.510 has. Datos extraídos de Instituto Geográfico Nacional (2013).

¹⁴ La voz de Tandil <http://www.lavozdetandil.com.ar>

concientización sobre la importancia ecológica, social y económica de la naturaleza y puede favorecer a la sustentabilidad. En 1997 Costanza et al., escribieron un trabajo en la revista Nature que resultó provocador y despertó polémica. No obstante sirvió para instalar el tema de la valoración como un instrumento político que puede favorecer la preservación de las funciones ambientales de los ecosistemas globales.

De la multiplicidad de funciones existentes en la CAL, se consideraron sólo tres servicios ambientales. Probablemente los resultados infravaloran los servicios ambientales bajo análisis como resultado de la incertidumbre presente, la baja calidad de la información existente y de las limitaciones propias de las herramientas metodológicas empleadas, todos problemas comunes a la valoración crematística o monetaria. No obstante, asignar valores crematísticos a la naturaleza permite expresar en un lenguaje políticamente comprensible un reclamo ambiental que puesto en otras unidades de valor seguramente no es entendible ni atendible.

Aunque se avance en la adecuación de estos valores -quedan otros valores inconmensurables crematísticamente sin considerar-, no necesariamente se alcance un valor “ambientalmente justo” o sobre el que tengamos acuerdo. En este caso en particular, se podrían aplicar métodos subjetivos directos como la valoración contingente que evalúa mediante encuestas la disponibilidad a pagar por determinado bien ambiental, o métodos objetivos indirectos como el método del costo de viaje. Sin embargo se optó por buscar el valor de bienes ambientales próximos o sustitutos. O, lo que sería una medida complementaria, ofrecer bioindicadores que expresen en unidades físicas los valores ambientales en juego.

Entre las limitaciones metodológicas se pueden señalar: 1. Algunas de las estimaciones pueden verse distorsionadas por las restricciones técnicas para diferenciar por ejemplo especies de vegetación en parques urbanos o espacios verdes a partir de información satelital, o determinar la edad de las unidades de vegetación, etc. Se optó por considerar la preponderancia de especies y valores medios de capacidad de secuestro; 2. Los valores están expresados en pesos argentinos agosto 2013, cabe destacar un contexto con tres valores diferentes de dólares: oficial, paralelo y blue, y cotizaciones del servicio que infravaloran la función de la naturaleza como sumidero; 3. para calcular el valor de existencia sólo se considera un valor actual, la disponibilidad a pagar presente por “conservación” a nivel nacional, no obstante, queda fuera del cálculo el valor futuro que tendrá la biodiversidad en el área bajo paisaje protegido, así como el tema de la escasez de ciertos recursos en el

tiempo. Finalmente el valor de las funciones de los servicios ambientales del ecosistema bajo análisis debería basarse en nivel o umbrales específicos de sustentabilidad, considerando capacidades de carga para funciones individuales, así como los efectos combinados del uso simultáneo de determinadas funciones o servicios. En suma debido a todo esto y la incertidumbre inherente al funcionamiento de la naturaleza, las estimaciones nunca resultan satisfactorias para todos.

CONCLUSIONES

La modelización de la CAL permitió describir en forma simplificada las principales transformaciones territoriales y ambientales de la cuenca. Las actividades humanas demandan materia y energía del ecosistema natural -rocas y minerales al inicio de la urbanización, agua y suelo urbano-, la gestión del agua y el aprovisionamiento de servicios urbanos fue antropizando el valle y afectando los servicios ecosistémicos mas importantes -la infiltración, el secuestro de carbono, la biodiversidad de especies, entre otros-, la diversificación de actividades económicas -las industrias, el transporte, la generación de residuos-, van informando al sistema social de los impactos -afectación del paisaje, contaminación del suelo, agua, aire y afectación de servicios esenciales, etc.

El sistema social y sus actores -el gobierno local, y provincial, las ONG ambientalistas, vecinos auto-convocados, y otros referentes locales- han venido considerando esas señales cada vez con mayor énfasis y llevando a cabo actuaciones y acciones exitosas que dieron lugar a la promulgación de la Ley de paisaje protegido en 2010.

El área comprendida bajo dicha Ley demanda poner en valor el ambiente natural local, en particular sus recursos y servicios ambientales. Dar cuenta del valor biofísico y económico de los servicios y funciones ecosistémicas implicadas en el área permitirá “re-significar” el territorio y poner en valor el paisaje local.

El servicio de secuestro de carbono posiblemente resulte ser un valor socialmente comprensible y aceptado, pues tanto el protocolo de cambio climático como experiencias regionales sobre el pago de servicios de secuestro o reducción de gases efecto invernadero, son temas conocidos y sobre los que se cuenta con datos¹⁵.

¹⁵ En Olavarría desde hace unos años se implementó la quema de metano como un servicio que contribuye a reducir los GEI y por el que se recibe dinero a cambio. A nivel local hay experiencias incipientes de medir huella de carbono del transporte.

En relación al servicio ambiental hídrico cabe decirse que la explotación de agua subterránea en la CAL supera ampliamente al volumen de recarga anual (y esto sin considerar las extracciones mediante perforaciones particulares). En tal sentido se puede afirmar que la explotación del recurso subterráneo no es sustentable en el tiempo, afectando de este modo al servicio ambiental de provisión de agua.

El valor de existencia resulta importante si se asocia a la reciente conformación de un área de interés para la conservación como ya hemos señalado. No obstante, 47\$/ha resulta ser un valor cuestionable y seguramente infravalorado para la diversidad biológica y el paisaje que comprende esta área.

El Valor económico total de estos tres servicios representa para 2013 más del 12 % del presupuesto anual del municipio, una suma interesante considerando las limitaciones metodológicas explicitadas y los valores no considerados. Tratándose de una ciudad de unos 120.000 habitantes (INDEC, 2010), considerada de jerarquía urbana media a nivel nacional, con una economía diversificada y un presupuesto acorde a esas características, el porcentaje resultante es equivalente al 60% del gasto municipal local destinado a salud en 2012¹⁶.

Finalmente, remarcar la importancia política de la valoración crematística en la resignificación de la naturaleza y sentar bases para futuras adecuaciones del VET para la conservación del paisaje y el ambiente local.

BIBLIOGRAFÍA

- Barranquero, R. S., Varni, M., Ruiz de Galarreta, A., Pardo Almudí, R. y Vega, M. 2012a. Evaluación de los niveles de arsénico y fluoruros en las aguas subterráneas de la cuenca del arroyo Langueyú, Tandil, Buenos Aires, Argentina. En *Octavo Encuentro del "Internacional Center For Earth Sciences", E-ICES 8*. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Barranquero, R. S.; Varni, M.; Ruiz de Galarreta, A.; Ocampo, D. 2012b. *Análisis de la recarga del acuífero freático en la cuenca del arroyo Langueyú*. En: Ulberich, A. p. 19-26. (Coord). Estudios Ambientales III. Tandilia y el sudeste bonaerense. Centro de

¹⁶ De acuerdo al presupuesto 2012 por ejemplo se destinaron 81 millones de pesos a salud, y que el valor de los servicios considerados asciende aproximadamente a los 50 millones de pesos, representa el 60 % de lo destinado a salud, un inciso que entre otros costos seguramente incluye gastos defensivos para mitigar los impactos de la economía local, la actividades humanas y el desarrollo urbano en el ambiente y la salud de las personas.

Investigaciones y Estudios Ambientales (CINEA) – Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA). Tandil, Buenos Aires.

- Cordero y Castro. 2001. Pago por servicio ambiental hídrico. El caso de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH S.A.) Sección experiencias. *Revista Forestal centroamericana* Pp. 41-45. Costa Rica. Disponible en <http://web.catie.ac.cr/informacion/RFCA/rev36/Pagina41-45.pdf>
- Córdoba Reyes, G. 2008. Captura de carbono en un pastizal de la ranchería Emiliano Zapata Centro Tabasco – Universidad Juárez autónoma de Tabasco. *Revista Divulgación México*. Pp. 49-54
- Costanza, R., d' Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., & Van den Belt, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630), 253-260.
- De Groot R., Stuij M., Finlayson M. y N. Davidson. 2007. Valoración de los Humedales. Lineamientos para valorar los beneficios derivados de los servicios de los ecosistemas de humedales. *Informe Técnico Ramsar*. Número 3. Número 27 de la serie de publicaciones técnicas del CDB.
- Federación española de municipios y provincias. 2011. *Los sumideros de carbono a nivel local*. RED española de ciudades por el clima. Fundación CESEFOR en <http://www.redciudadesclima.es>
- Fankhauser, S. 1995. Valuing climate change: the economics of the greenhouse. London: Earthscan. 180 pp.
- García Huber, S. y Guerrero, E. M. 2006. Indicadores de sustentabilidad ambiental en la gestión de espacios verdes. Parque urbano Monte Calvario, Tandil. Argentina. *Revista de Geografía Norte Grande*, julio 2006, N° 35, pp. 45-57, Instituto de Geografía. Pontificia Universidad Católica de Chile. ISSN: 0718-3402
- García Iturrat, L. 2008. *Sustentabilidad ambiental parque Urbano Independencia. Tesis de licenciatura Diagnóstico y Gestión Ambiental*. Facultad de Ciencias Humanas Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
- Guerrero, E. M. y Culós, G. 2008. *Indicadores ambientales para la gestión de espacios verdes. El caso parque cerro la movediza*. Estudios ambientales I. Tandil. CINEA, UNICEN. Comité editorial. ISBN 978-950-658-217-3

-
- Guerrero, E. M. 2012. El crecimiento urbano de la ciudad de Tandil entre 1966-2012 y sus relaciones con el ambiente. *Revista electrónica Geousal*. Año VII N° 13. Disponible en <http://geousal.usal.edu.ar/geousal/ano-vii-nro-13>. Universidad del Salvador, Buenos Aires.
 - IGN (Instituto Geográfico Nacional). Parques nacionales en la Republica Argentina. Nomina de Parques nacionales y áreas protegidas de jurisdicción nacional. Disponible en www.ign.gob.ar/areaprofesional/geografia/datos/argentina/parquesNacionales
 - INDEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). (2010). *Censo Nacional de Población y Vivienda 2010*. Resultados definitivos. Disponible en: <http://www.censo2010.indec.gov.ar/resultadosdefinitivos.asp>
 - Izko, X. y Burneo, D. 2003. *Herramientas para la Valoración y Manejo Forestal Sostenible de los Bosques Sudamericanos*. Unión Mundial para la Conservación (IUCN). Quito- Ecuador. Disponible en www.sur.iucn.org
 - Jacinto, G. 2011. Asentamientos de Rango Menor (ARM) en Tandil: Transformaciones territoriales a partir de la renovación de los vínculos urbano-rurales. *Estudios Socioterritoriales. Revista de Geografía*. N° 10 pp.103-124.
 - Kandus, P., Vicari, R., Pratolongo, P. y M. Burghi. 2009. *Efectos del cambio en el uso de la tierra en humedales sobre el balance de carbono: el caso de plantaciones forestales en el bajo delta del río Paraná Argentina*. En: Ortega Sastriques, Fernández
 - Kauppi, P., R. Sedjo, M. A`pps, C. Cerri, T. Fujimori, H. Jansen, O. Krankina, W. Makundi, G. Marland, O. Maser, G. Nabubuurs, W. Razali y N. Ravindranath. 2001 Opciones potenciales técnicas y económicas para mejorar, mantener y manejar las reservas de carbono biológico en la geo-ingeniería. En Davison, Metz y Swart (eds). *Climate Change 2001: Mitigation*. Aporte del grupo de trabajo III al tercer informe de evaluación. Cambridge University Press.
 - Marten, G. 2001. *Ecología humana. Conceptos básicos para el desarrollo sustentable*. En: Marten, G. Cap. 1. Ecología Humana. Conceptos básicos para el desarrollo sustentable. Editorial Earthscan, Madrid.
 - Maydana, G. Portapila, M, Alfonso Erba, D. y Salceek, E. 2011. *Incorporación del concepto de servicios ecosistémicos a la gestión integrada del recurso hídrico. Estudio de caso: cuenca del río Carcarañá, Provincia de Santa Fe, Argentina*. Programa PFDT
 - IP-PRH, FONCyT, MinCyT – UNR.

- Ministerio de Economía. Presupuesto 2011-2014. Sitio oficial del Ministerio de economía de la Nación, Argentina. Disponible en www.mecon.gov.ar/onp
- Missfeldt, F. y Haites, E. 2001. The potential contribution of links meeting Kyoto Protocol commitments. *Environmental Science and Policy* 4:269-292.
- Municipalidad de Tandil. 2007. Plan de Desarrollo Territorial, Tandil.
- Odum, E. P. 1969. *Ecología: estructura y función de la naturaleza: los modernos principios de flujo de energía y ciclos biogeoquímicos*. México, DF: Compañía Editorial Continental.
- Odum, H. T. 1983. *Systems Ecology; an introduction*. John Wiley and Sons editors, New York.
- Orlando, B., Baldock, D., Canger, S., J. Mackensen, SW. Maginnis, M. Mnguiat, S. Reitbergen, C. Robledo, N. Schneider 2003. Carbono, Bosques y Gentes. Hacia el manejo integrado del secuestro de carbono, el medio ambiente y los medios de vida sostenibles. Programa para la conservación de bosques. *Medios de vida y paisaje* N° 1. Unión para la conservación de la Naturaleza (UICN), PNUMA, Gobierno de Canadá.
- Patten, B. C. 1978. Systems approach to the concept of environment. *The Ohio Journal of Science*. Vol. 78, N° 4 pp. 206-222.
- Patten, B. 1978. Systems Approach to the Concept of Environment, *Ohio Journal of Science*: Volume 78, Issue 4 (July, 1978).
- Pavao-Zuckerman, M. 2000. The conceptual utility of models en human ecology. *In Journal of Ecological Anthropology*. Vol. 4:31-56.
- Rappaport, R. A. 1987. *Cerdos para los antepasados. El ritual en la ecología de un pueblo en Nueva Guinea*, Madrid: Siglo XXI. 354 páginas.
- Ruiz de Galarreta, A. y Banda Noriega, R. 2005. Geohidrología y evaluación de nitratos del Partido de Tandil, Buenos Aires, Argentina. En: *Actas del IV Congreso Argentino de Hidrogeología y II Seminario Hispano - Latinoamericano sobre temas actuales de la Hidrología Subterránea*. Universidad Nacional de Río Cuarto. p. 99-108. Río Cuarto, Córdoba.
- Ruiz de Galarreta, V. A., Banda Noriega, R. B., Barranquero, R. S., Díaz, A. A., Rodríguez, C .I., Miguel, R. E. 2010. Análisis integral del sistema hídrico, uso y gestión. Cuenca del arroyo Languyú, Tandil, Argentina. *Boletín Geológico y Minero*.

121 (4): 343-356. España. Disponible en:
<http://www.igme.es/internet/boletin/default.htm>

- Sancho Villalobos, F. y L. Pratt. 1999. *Estimación del Costo Marginal de los Servicios de Fijación de Carbono en Costa Rica*. Centro Latinoamericano para la Competitividad y el Desarrollo Sostenible -CLACDS- CEN 704 Editorial [Alajuela], INCAE / CLADS, Costa Rica. 34 pp.

- Sarmiento, J. L., Orr, J.C. y U. Siegenthaler. 1990. A perturbation simulation of CO₂ uptake in an ocean general circulation model. *J. Geophys. Res. Nature magazine*, USA.

- Serrada, R., Montero, G.; Reque, J. A. 2008. Compendio de silvicultura aplicada Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria INIA. p. 431-470.

USAID. 2006. *Los Servicios Ambientales de los Parques Nacionales Amboró y Carrasco, Bolivia, y la Factibilidad de su Valoración*. Desarrollo internacional de Estados Unidos, sede Bolivia. Informe. Disponible en <http://bolivia.usaid.gov/>