

**LOS SIG Y LA ECONOMÍA AMBIENTAL, HERRAMIENTAS PARA
LA TOMA DE DECISIONES TERRITORIALES. CASO DE ESTUDIO
FUNDO EL CARMEN, COMUNA DE QUILPUÉ, CHILE.**

Francesca Fagandini* y Antonio Villanueva**

ONG La Viva Tero, Chile.

*ffagandini@gmail.com

**a.a.villanueva.v@gmail.com

Artículo recibido: 26 de febrero de 2012

Artículo aceptado: 25 de junio de 2012

RESUMEN

La aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) junto a la Economía Ambiental pueden ser de utilidad para la toma de decisiones en temas de planificación, ordenamiento y gestión territorial. Se toma como caso de estudio el Fundo el Carmen, comuna de Quilpué, con el objetivo de elaborar escenarios territoriales basados en los SIG que faciliten la toma de decisiones en la actual modificación del Plan Regulador Intercomunal de la región de Valparaíso, lugar en donde se encuentra inserto el Fundo.

Los SIG son una plataforma tecnológica de información monitoreable y dinámica, que permite la simulación de escenarios futuros, lo cual facilita la toma de decisiones para la planificación, ordenamiento y gestión integral del territorio.

Palabras clave: Sistemas de Información Geográfica, Economía Ambiental, Planificación Territorial, Instrumentos de Planificación Territorial.

ABSTRACT

The Geographic Information Systems (GIS) and the Environmental Economics can be of substantial use to make decisions for planning, use landing and landing management matters. This paper considers as case study the Fundo el Carmen located in the city of Quilpue in Chile. In this case different territorial scenarios were developed based on GIS techniques facilitating the decision of changing the urban plan for the region of Valparaiso.

A GIS is an Information Technology providing traceable and dynamic information to simulate different potential scenarios. It facilitates the decision making process for planning, order and management of territories.

Keywords: Geographic Information Systems, Environmental Economics, Landing Planning, Landing Planning Instruments.

INTRODUCCIÓN

Los SIG o sistemas de información geográfica, son una plataforma de información territorial que trabaja con la espacialización de variables del territorio. Permiten el análisis espacial a través de la sintaxis de información georreferenciada. *"La capacidad ofrecida por los Sistemas de Información Geográfica (SIG) de generar nueva información a partir de un conjunto de datos espaciales ha revolucionado el manejo y análisis de la información geográfica, convirtiéndose en una herramienta altamente especializada para la gestión de dicha información, lo cual se ve reflejado en la gran difusión de estos sistemas en diferentes sectores que manejan información espacial y temática asociada, principalmente para resolver problemas de tipo ambiental, social y económico"*(MENA, 2008: 160).

El uso de los SIG para el análisis data de la década de los 60 (HAINING 2005: 175), surge a través de la combinación de una plataforma informática y la información de variables territoriales. Esta unión, ideal por la cantidad de datos posibles a procesar del software, ha permitido la generación de múltiples modelos de las dinámicas del territorio, en formatos multiescalares, que permiten la realización de análisis integrales del espacio geográfico. *"Los SIG son herramientas para el análisis espacial que pueden realizar funciones tan simples como la medida de distancia entre dos puntos, hasta el modelado complejo de patrones espaciales"*(ARANEDA, 2002: 60).

El carácter multidisciplinario de los SIG, ha permitido su utilización para las temáticas de planificación, ordenación y gestión integral del territorio. Se han convertido en una herramienta de gran ayuda como sustentos geoespaciales de información, que sirven de base para distintos estudios y cumplimientos de objetivos. Es por esto que, *"favorecen el proceso de toma de decisiones relativas al espacio, a través de las facilidades de integración y asociación de información"* (ARANEDA, 2002: 60), además de que *"permiten la incorporación constante de nuevas aplicaciones, en respuesta a nuevas necesidades de los usuarios"*(ARANEDA, 2002: 63).

A pesar de que los SIG son herramientas de gran ayuda en los temas de análisis territorial por la visión holística que entrega en sus resultados, también tiene desventajas. *"La más exacta base de datos espacial no representa correctamente el mundo real y más bien será pensada como una abstracción de la realidad, lo cual significa que cualquier dato SIG tendrá problemas de exactitud y precisión.*

Actualmente se acepta el hecho de que los errores deben ser vistos como una dimensión inherente en los datos digitales y no como una mera inconveniencia"(CHRISMAN 1991 cit. en GOURAD 1999: 19).

Los SIG soportan una gran cantidad de datos, aplicaciones y metodologías, una de estas últimas son las metodologías provenientes de la economía ambiental. *"Valorar ambientalmente un territorio o un ecosistema en términos económicos permite establecer un marco donde las comparaciones de preferencias puedan ser hechas considerando todos sus aspectos ambientales, estén o no en el mercado. Esto permite dotar a las ordenaciones territoriales de una información más adecuada para elaborar políticas y directrices de gestión de recursos naturales menos sesgadas hacia la producción y más eficientes de acuerdo con el valor que la sociedad da a sus recursos ambientales"*(MARTINEZ DE ANGUITA, 2004: 87).

La economía ambiental trabaja con la medición económica de los bienes y servicios ambientales de los ecosistemas, diferenciando los valores de uso (tangibles) y no uso (intangibles) y variando según *"de acuerdo a su validez y aceptación teórica, en sus requerimientos de información y en su facilidad de uso"* (BISHOP, 1999: 10).

Son comprendidos dentro de la economía ambiental los bienes de uso tangibles (directos) como aquellos de los cuales el hombre obtiene un beneficio directo y puede brindar satisfacción a sus necesidades como la recolección de alimento y madera.

Por otra parte los bienes de uso intangibles (indirectos) son aquellos no observables directamente, los cuales constituyen fundamentalmente los servicios de regulación tales como: control de erosión, captura de carbono, control de inundaciones, entre otros.

Una vez aislados y medidos los valores de uso directos e indirectos la forma en que la economía ambiental integra estos elementos es a través del Valor Económico Total (VET). En la tabla n°1 es posible observar una síntesis de las distintas técnicas y metodologías, según el tipo de valoración económica (directa o indirecta) de los bienes y servicios ecosistémicos.

"La sumatoria de valor de uso directo, más valor de uso indirecto, más el valor de opción y más el valor de existencia genera el valor económico total de un

recurso. Es el costo de oportunidad del recurso si lo explotamos sin un aprovechamiento óptimo".(RODOSLAV, 2002: 146)

Tabla 1: Metodologías de Valoración de bienes y servicios provistos para los ecosistemas

Valoración	Técnica	Método	Componente VET medido
Indirecta	Utilización de precios de mercado	Precios de Mercado	Valor de uso
Indirecta	Empleo de mercados sustitutos	Costo de viaje	Valor de uso
		Precios hedónicos Mercados sustitutos	
Indirecta	Uso de la función de producción	Función de producción	Valor de uso
Directa	Empleo de preferencias expresadas	Valoración contingente Elección contingente	Valor uso/ valor no uso
Indirecta	Utilización de costos	Costo de reemplazo	Valor de uso
		Gasto defensivo	
		Costo de oportunidad	

[Fuente: Elaboración propia basado en (FIGUEROA, 2007)]

Por otra parte, desde la óptica de la ecología, la economía ambiental posee debilidades metodológicas, debido a que, esta última, se basa en estimar económicamente los bienes y servicios ambientales asignando valor de mercado a procesos ecosistémicos dinámicos con flujos no mensurables propios de procesos naturales de regulación biológica, razón por la cual no escapa de complicaciones y desventajas.

No obstante, la economía ambiental es una herramienta que nos permite obtener una aproximación de la riqueza ecosistémica de los bienes y servicios ambientales, que contribuye con la planificación territorial.

Para el presente estudio, como guía de investigación se ha considerado que los SIG son una plataforma tecnológica de información monitoreable y dinámica, que permite la simulación de escenarios futuros, lo cual facilita la toma de decisiones para la planificación, ordenamiento y gestión integral del territorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

La aplicación metodológica fue realizada sobre un caso de estudio, dado su relevancia para la comunidad y la oportunidad de generar información que contribuya a las decisiones políticas.

El área de estudio se inserta en la región de Valparaíso en el contexto de la modificación del Plan Regulador Intercomunal de la región y corresponde al "Fundo El Carmen" de una superficie de 93,94ha. Se encuentra localizado en el sector noroeste de la comuna de Quilpué, Provincia de Marga Marga. El Fundo El Carmen se inserta en la Zona de Transición de la Reserva de la Biosfera La Campana – Peñuelas y equivale a un 5,6 por ciento de representatividad urbana comunal.

Como contexto de planificación territorial, el área de estudio es competencia del Plan Regulador Intercomunal vigente, quien lo clasifica en dos categorías, parte del fundo como Área Verde Intercomunal y otra como Extensión Urbana. No obstante, el gobierno local y la comunidad de la comuna de Quilpué, propone una ampliación del Plan Regulador Comunal, que constituya y norme al fundo El Carmen como un parque intercomunal que permita la recreación de toda la comunidad en un contexto natural y pensado en la conservación del mismo.

El diseño metodológico para esta investigación consta de tres etapas en una primera instancia, captura de información de base (recopilación de antecedentes, trabajo de campo y análisis comparativo de fuentes secundarias con datos recopilados en terreno).

En una segunda instancia, fueron analizadas imágenes satelitales para estimar valores dasométricos del área de estudio.

En una tercera etapa fueron desarrolladas las metodologías de valoración económica de los bienes y servicios ambientales, para ello, este estudio ha basado y ha adaptado sus métodos de investigación en la propuesta metodológica del Proyecto CONAMA-GEF-PNUD (FIGUEROA, 2010) de manera tal, que considere elementos territoriales a escala local, conservando la sintaxis de VET definida en (FIGUEROA, 2010). Ver fórmulas (1) y (2). El valor económico total es representado por la sumatoria de los valores de uso directo e indirecto, agrupados en servicios de regulación y servicios de provisión.

(1)
$$\sum_{i=m}^n X_i = X_m + X_{m+1} + X_{m+2} + \dots + X_n$$

Donde, X_i representa el VET y X_m representa el servicio ecosistémico inicial, de manera práctica:

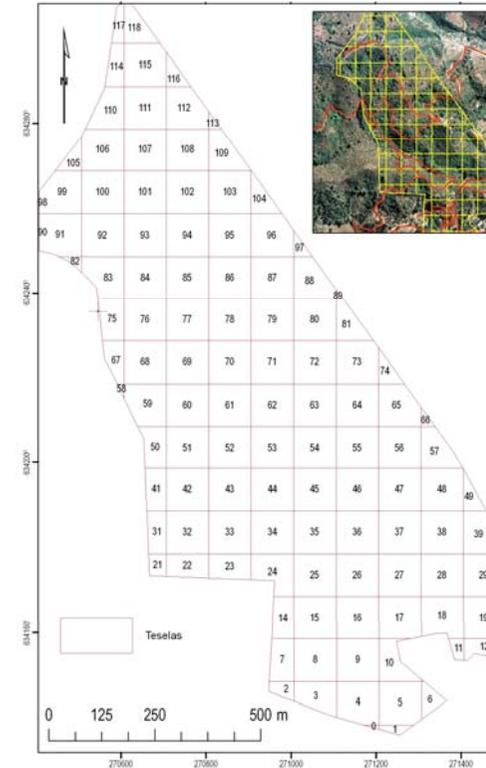
(2) $VET = VUD + VUI$

Donde; **VET**: Valor económico total; **VUD**: Valor de uso directo; **VUI**: Valor de uso indirecto.

Para la obtención del **VET**, el **VUD**, fue comprendido como aquellos servicios de regulación (regulación de nutrientes, control de erosión y formación de suelo, regulación atmosférica y refugio), para el caso del **VUI** fueron los servicios de provisión (recreación, combustible, abastecimiento de alimento y fibra).

Con el objeto de estandarizar la información generada se desarrollaron criterios para la homogeneización de la información. A partir de imágenes digitales del área de estudio se definieron teselas con criterios comunes entendidos como "por superficie" y "por identificación"(Ver figura 1). La primera establece un valor mínimo y máximo de superficie para no sobre o subvalorar los bienes y servicios ambientales por tesela; La segunda consiste en la individualización a través de la asignación exclusiva de un código identificador por tesela (obteniéndose un total de 118 teselas) y la continuidad topológica para asegurar una cobertura absoluta sobre el área de estudio. Los criterios de configuración fueron establecidos con el objeto de optimizar la aplicación de procesos, interpretación de imágenes, asignación de valores e información registrada en el trabajo de campo. De esta manera, cada tesela cuenta con una superficie mínima y máxima de 1 hectárea, excepto los bordes contiguos al límite predial de menor valor.

Figura 1: Identificación por teselas



[Fuente: Elaboración propia]

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para obtener el valor de los servicios ecosistémicos del fundo, fue fundamental calcular primero la densidad vegetacional por unidad de tesela.

Desde la óptica económica, el primer resultado considerado es el Valor Económico Total (VET) obtenido para el Fundo El Carmen. Éste nos muestra una cifra total de US\$ 891.500, la cual traducida a pesos chilenos alcanza un total de \$427.099.820¹, distribuidos heterogéneamente en las unidades de análisis (teselas) de una hectárea cada una.

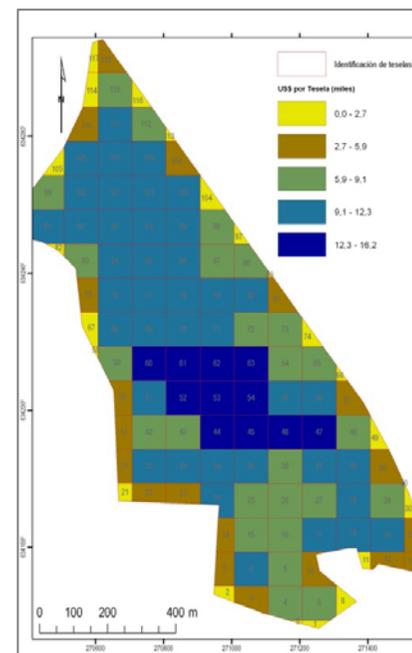
Las teselas con mayor valor económico están asociadas a los servicios de no uso, mientras que las de menor valor están vinculadas al servicio de provisión de alimento y fibra (ver figura 2).

De la distribución espacial de los resultados, se observa una tendencia de mayor valor en lo que corresponde a la quebrada principal dentro del área de estudio localizada en el centro del fundo, esto debido a que es la unidad con más alta concentración de vegetación arbórea y arbustiva. Esta concentración de vegetación explica que los resultados de los servicios de uso, como captura de carbono o regulación de nutrientes, posean los más altos registros del estudio.

Para mayor claridad de la espacialización de los resultados económicos obtenidos por la presente investigación se presenta la figura 1. Los resultados se encuentran divididos en 5 rangos de valores, en donde la concentración de teselas con más alto valor se representa en color azulado, descendiendo en valor a medida que varía hacia el color café o amarillo. De la espacialización sobre el área de estudio, se puede apreciar que las teselas de menor valor económico se encuentran localizadas preferentemente con los límites del área de estudio, esto puede deberse principalmente a que la superficie de estas teselas es inferior a una hectárea y por tanto su valor es menor.

¹Dólar observado al 27-02-2012. CLP 479,08. SII, Disponible en: <http://www.sii.cl>

Figura 2: Valor económico total área de estudio



[Fuente: Elaboración propia]

En base a estos resultados fue desarrollado un análisis espacial de representatividad de superficie incluido en los instrumentos de planificación territorial correspondientes al área de estudio, Plan Regulador Comunal (PRC) y Plan Regulador Intercomunal (PRI). A su vez, se analizó la representatividad del valor ecosistémico incorporado en los instrumentos de planificación, determinando cual de los dos instrumentos posee mayor representatividad sobre el área y cual posee mayor valor ecosistémico.

A continuación se presenta una tabla resumen del análisis cuantitativo espacial, donde se observa la representatividad de superficie en función del valor ecosistémico total para el Fundo el Carmen.

Tabla 2: Valores resultados del VET por superficie y representatividad económica en PRC y PRI

Rango US\$ miles	Superficie PRC		Representatividad US\$ en PRC (%)	Superficie PRI		Representatividad US\$ en PRI (%)
	ha	%		ha	%	
0,0 – 2,7	1,87	3,81	2,5	3,27	4,03	2,46
2,7 – 5,9	7,65	15,57	12,29	7,63	9,38	7,15
5,9 – 9,1	15,64	31,81	25,63	20,65	25,38	20,93
9,1 – 12,3	14,70	29,92	31,76	38,74	47,61	49,69
12,3 – 16,2	9,3	18,89	27,82	11,06	13,59	19,77
Total	49,15	100	100%PRC	81,37	100	100%PRI

[Fuente: Elaboración propia]

Escenarios posibles

De los resultados económicos obtenidos por tesela más el estudio de los instrumentos de planificación pertinentes, se realizó un análisis del cual se desprendieron tres escenarios futuros posibles de planificación territorial, como propuestas de zonificación pertinentes a la conservación de las teselas de más alto valor ecosistémico del Fundo consideradas en la espacialización como aquellas de color azul intenso.

Es así que para el primer escenario se estudió la propuesta impartida por la autoridad comunal, que plantea el destinar parte del Fundo como un Parque Intercomunal. Para esto el Municipio establece una extensión de su PRC en las 49,15 hectáreas del Fundo más próximas a los accesos y al área urbana. En base a esta iniciativa, la presente investigación propone una extensión de las 49,15 hectáreas del Parque Intercomunal a 60 hectáreas. Esto debido a que el trazado original del PRC no incluye las teselas de mayor valor ecosistémico del Fundo en su espacialización del Parque Intercomunal. Se propone entonces, una extensión de la propuesta original en al menos 11 hectáreas, de modo que incluya en su contenido toda la superficie identificada como de más altos valores ecosistémicos, equivalente a la mayor parte de la quebrada del Fundo, con el objetivo de establecer en esta superficie una planificación para la conservación y esparcimiento de la comunidad. La espacialización de las propuestas se presenta en color verde y rojo, el primero representa la propuesta actual de planificación de los distintos instrumentos (según sea el caso trabajado) y en rojo se representa la propuesta de la presente investigación.

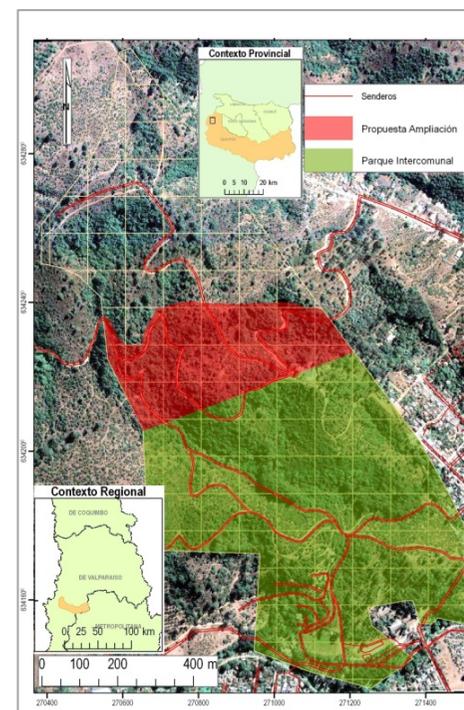
La espacialización del primer escenario posible se encuentra presentado en la Tabla 3 y Figura 2.

Tabla 3: Propuesta de Ampliación Parque Intercomunal

Superficie há	PRC	Teselas de alto VET no Incluidas	Propuesta
		49,15	10,8

[Fuente: Elaboración propia]

Figura 3: Propuesta de Ampliación Área Verde Intercomunal PRC



[Fuente: Elaboración propia]

Con el mismo criterio del valor ecosistémico del Fundo es realizado el segundo análisis espacial, esta vez basado desde la perspectiva del PRI y sus dos Zonas AVI. El segundo escenario posible, recomienda la ampliación del Área Verde Intercomunal Sur (11,5 ha) del Fundo El Carmen hacia el Área Verde Intercomunal Norte (2,2 ha), lo que considera una extensión de al menos 17 hectáreas de área protegida. Con esta propuesta, se incluiría dentro de la Zona AVI, toda la superficie identificada como de más altos valores ecosistémicos, equivalente como ya se ha mencionado a la mayor parte de la quebrada del Fundo, con el objetivo de establecer en esta superficie una planificación para la conservación y esparcimiento de la comunidad.

Con esta segunda propuesta se presenta una ampliación de la superficie total de AVI de un 16,8 por ciento del Fundo a un 38 por ciento equivalente a 30,8 hectáreas. Quedando el 62 por ciento de la superficie propuesta por el PRI como potencial zona de extensión urbana.

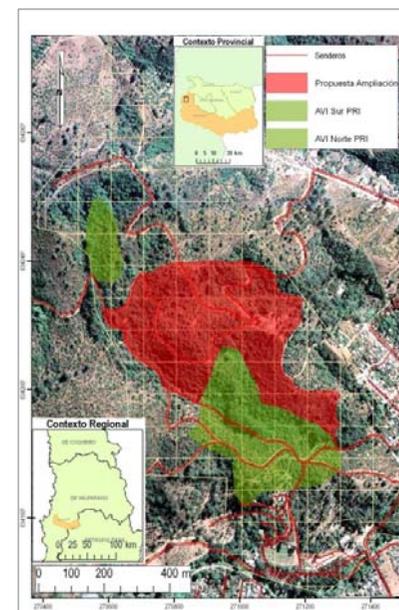
La espacialización del segundo escenario posible se encuentra presentado en la Tabla 4 y Figura 3.

Tabla 4: Propuesta de Ampliación Área Verde Intercomunal PRC

Superficie há	AVI Norte	AVI Sur	Ampliación AVI Sur	Propuesta Total AVI
	2,2	11,5	17,1	30,8

[Fuente: Elaboración propia]

Figura 4: Propuesta de Ampliación Área Verde Intercomunal PRC



[Fuente: Elaboración propia]

Para el tercer escenario posible, se toma como base el hecho de no ser posible la ampliación de las dos zonas de Área Verde Intercomunal (segundo escenario planteado por la presente investigación). De esta manera, el tercer escenario se presenta como una fusión de las superficies de ambas Áreas Verdes Intercomunales (Norte y Sur). Es decir, que las 13,7 hectáreas consideradas actualmente en la propuesta de PRI, conformen una nueva zona AVI integrada por las teselas de mayor valor ambiental.

A pesar de que en este escenario no quedan incluidas 3,4 hectáreas de las teselas de los más altos valores, al menos el canje permite que con este escenario se consideren importantes superficies de valor ecosistémico obviadas actualmente por la propuesta del PRI. Por tanto, se conserva el 16,8 por ciento de superficie protegida AVI y el 64,57 por ciento de extensión urbana, respectivamente.

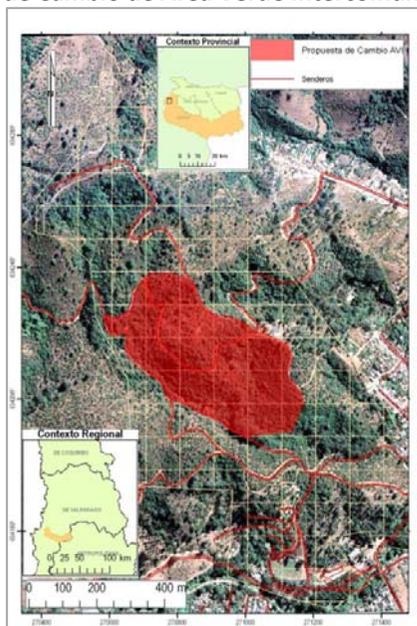
La espacialización del tercer escenario posible se encuentra presentado en la Tabla 5 y Figura 4.

Tabla 5: Propuesta de Cambio de Área Verde Intercomunal PRI

Superficie há	AVI Sur	AVI Norte	Propuesta AVI Sur + AVI Norte	Teselas de alto VET no Incluidas Propuesta
	11,5	2,2	13,7	3,4

[Fuente: Elaboración propia]

Figura 5: Propuesta de Cambio de Área Verde Intercomunal PRI



[Fuente: Elaboración propia]

CONCLUSIONES

Actualmente el aporte de los SIG a la planificación, ordenación y gestión integral de los territorios es cada vez más considerado, sobre todo en relación a la economía ambiental. De los temas trabajados en el presente artículo, podemos reflexionar que la no valoración de los bienes y servicios ambientales que entregan los ecosistemas al proceso de desarrollo de los instrumentos de planificación, hace que las determinaciones de cambio de uso de suelo sea sin conciencia de la pérdida de éstos, y por tanto, al no existir una compensación, la consecuencia negativa se puede traducir en un desmedro para el bienestar de la población.

Además, consideramos que la combinación e integración de distintas disciplinas se convierten en un motor de propuestas técnicas y resultados que contribuyen a la toma de decisiones para la planificación, ordenación y gestión integral de los territorios. Ejemplos de esto son la integración de la informática con la geografía y la economía ambiental con la geografía.

De los resultados obtenidos en el presente estudio, la principal evidencia es que a pesar de que ambos instrumentos de planificación consideran dentro de sus objetivos la conservación del Fundo (como un área de esparcimiento para la comunidad), al no planificar su superficie en base a la valoración económica de sus bienes y servicios ambientales, las hectáreas consideradas como parque no son las de más alto valor ecosistémico.

Es así que la propuesta del gobierno local desestima 11 hectáreas de más alto valor ecosistémico, incluyendo solamente un 18,9% del número total de teselas de más alto valor. Por otra parte las proyecciones del cuestionado PRI, no incluye en su trazado original 17 hectáreas del más alto valor ecosistémico.

Si bien, la representatividad territorial del instrumento vigente PRI contempla mayor superficie como objeto de planificación territorial (91% del área de estudio equivalente a 81 hectáreas), sólo incluye 11 hectáreas de más alto valor ecosistémico, y en su proyección de conservación, incluye como zona "área verde intercomunal" sólo el 15% del fundo. A su vez, la propuesta del PRC considera un 54,8% del fundo como área verde, equivalente a un total de 49,1 hectáreas destinadas a un uso de suelo para la recreación de la comunidad y protección ambiental.

Referidos a los SIG, consideramos que su utilización permite generar resultados considerablemente más rápido que por métodos tradicionales y con un menor costo económico. Además, son una base para continuar con otros estudios, ya que es posible generar nueva información a partir de una base de información inicial. Es fundamental el aporte técnico de los sistemas de información geográfico para la toma de decisiones, sin embargo, es necesario entregar esta información a las autoridades pertinentes, de lo contrario se convierten solamente en un ejercicio académico. Conscientes de aquello al finalizar esta investigación los antecedentes fueron entregados a las autoridades competentes: gobierno regional, gobierno local y representantes de la comunidad organizada.

Un rol fundamental poseen en esta materia asociaciones tales como las ONG, organizaciones independientes de la administración pública que no tienen un afán lucrativo con funcionalidad pluriescalar. Características que le otorgan a estas agrupaciones atributos participativos, vinculantes, críticos y colaborativos, que permiten contribuir y promover oportunidades de desarrollo local, a través de investigaciones o proyectos de variada envergadura.

BIBLIOGRAFÍA

ARANEDA, E. (2002). Uso de Sistemas de Información Geográficos y Análisis Espacial en Arqueología: Proyecciones y Limitaciones. *Estudios Atacameños* (22), 59 - 75.

BISHOP, J. (1999.). *"Valuing Forests. A Review of Methods and Applications in Developing Countries"*. International Institute for Environment and Development: London.

FIGUEROA, E. C. (2007). *Análisis Económico y Estudio de Factibilidad para el Financiamiento del Sistema de Áreas Protegidas del Proyecto PNUD-GEF "Construyendo un Sistema Nacional de Áreas Protegidas Comprensivo para Chile"*. Santiago, Chile.

GOURAD, K. (1999). *GIS in Archaeology: A Survey*. New York: Department of Anthropology, Hunter College of the City University of New York.

FIGUEROA, E. (2010). *Valoración Económica Detallada de las Áreas Protegidas de Chile: Creación de un Sistema Nacional Integral de Áreas Protegidas para Chile: Estructura financiera y operacional*. CONAMA-GEF-PNUD, Santiago de Chile.

HAINING, M. F. (2005). SIG y análisis espacial de datos: perspectivas convergentes. *Investigaciones Regionales* (006), 175 a 201.

MARTINEZ DE ANGUIA, P. (2004). Economía Ambiental y Ordenación del Territorio. *Ecosistemas. Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, 13 (1), 87 - 93.

MENA, C. O. (2008). Exactitud Espacial en la Creación de Bases de Datos SIG Modelos Ráster y Vectorial. *Revista Chilena de Ingeniería*, 16 (1), 159 - 168.

RODOSLAV, B. (2002). *Guía metodológica de valoración económica de bienes y servicios e impactos ambientales, corredor biológico mesoamericano" CCA-PNUD/GEF "Proyecto para la consolidación del corredor biológico mesoamericano" Serie técnica 04*. Managua, Nicaragua.

TRUJILLO M, D. W. (2008). Propuesta Metodológica para la Evaluación del daño Ambiental Provocado por Cortas de Bosque Nativo no Autorizadas y Aplicación al Tipo Forestal roble-rauli-coigüe en la Precordillera Andina de la Región del Bio Bio. *Facultad de Ingeniería. Universidad del Desarrollo*. Concepción, Chile.