

Valor Económico del Servicio Ecosistémico "Banco Genético Natural para la Prospección Farmacológica": El Caso del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Chile

Economic Value of the 'Natural Genetic Bank for Pharmacological Prospection' Ecosystem Service: The Case of Chile's National System of Protected

Eugenio Figueroa B.¹

¹Ph.D. Universidad de Chile, Departamento de Economía, Centro de Economía de los Recursos Naturales y el Medio Ambiente (CENRE) y Programa Domeyko en Biodiversidad (PDBD) e-mail: efigueroa@econ.uchile.cl.

Resumen. Se estima el valor de la hectárea marginal de un ecosistema con potencial uso para prospección genética. El servicio de prospección genética de los ecosistemas consiste en la capacidad que estos poseen de ser fuente de elementos químicos que generen drogas, fertilizantes, fibras y alimentos. En la naturaleza estos compuestos químicos son utilizados para escapar de los depredadores, capturar presas, aumentar la capacidad reproductiva y defenderse de las infecciones. Estos químicos pueden tener un alto valor comercial si son adaptados a la industria, la agricultura, y particularmente, en aplicaciones farmacéuticas. El valor marginal estimado de una hectárea de área protegida es de US\$ 0,0336 para el ecosistema matorral chileno, US\$ 0,0021 para el ecosistema bosque Valdiviano, y US\$ 9,77 para el caso del hotspot de Juan Fernández.

Palabras clave: Valor económico, áreas protegidas, recursos genéticos.

Abstract. The marginal economic value of an ecosystem's hectare with potential use for genetic prospection is estimated. The ecosystem service of genetic prospection provided by ecosystems is their capacity of being a source of chemical elements that generate drugs, fertilizers, fibers and foods. In the nature, these chemical compounds are utilized to escape from predators, to capture preys, to increase reproductive capacity and to fight against infections. These chemical compounds may have a high commercial value if adapted to industry, agriculture, and particularly in pharmaceutical applications. The estimated marginal value of an hectare of protected area is of US\$ 0.0336 for the Chilean shrub ecosystem, of US\$ 0.0021 in the case of the Valdivian forest, and of US\$ 9.77 in the case of the Juan Fernandez's hotspot.

Keywords: Economic value, protected areas, genetic resources.

INTRODUCCIÓN

El servicio ecosistémico de 'banco genético natural' que proveen las áreas naturales consiste en que ellas son reservorios naturales de un amplio acervo genético con probados potenciales de permitir, después de la necesaria prospección y estudio, el desarrollo y la producción de drogas, fertilizantes, fibras y alimentos. En la naturaleza se utilizan compuestos químicos para escapar de los depredadores, capturar presas, aumentar la capacidad reproductiva y luchar contra las infecciones. Estos químicos pueden tener un alto valor comercial si son adaptados a la industria, la agricultura, y particularmente, en aplicaciones farmacéuticas. El presente artículo estima el valor económico del servicio ecosistémico 'banco genético natural para la prospección farmacológica' que provee anualmente el Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Chile (SNAP). El valor económico marginal de una hectárea protegida refleja el aumento anual en el bienestar de los chilenos (entendido en términos económicos como la suma del excedente del consumidor más el excedente del productor) que produce, por (solamente) el concepto del servicio ecosistémico en estudio, la presencia de una hectárea adicional del SNAP. En la siguiente sección se entrega información general acerca de la literatura en biodiversidad y prospección farmacéutica así como las características del SNAP considerado en la estimación que se realiza. En la sección III, se presenta la adaptación al caso de Chile del modelo de competencia monopolística en el sector farmacéutico desarrollado por Simpson y Craft (1996), y que aquí se calibra con datos nacionales para estimar el valor de una especie marginal con potencial farmacéutico, así como el valor económico de una hectárea marginal bajo protección en el SNAP con potencial para la prospección farmacéutica. La sección IV estima el

valor económico anual del servicio ecosistémico 'banco genético natural para prospección genética' aportado por el SNAP de Chile, y la última sección presenta algunas conclusiones.

ANTECEDENTES GENERALES

El valor económico de la diversidad biológica o biodiversidad (Wilson 1992) desde el punto de vista de la información genética contenida en los ecosistemas naturales es sujeto de una creciente investigación y debate (Comisión Nacional para el Desarrollo de la Biotecnología, 2003; Manzur, 2005). La esencia del valor de la biodiversidad en este aspecto es que los ecosistemas, comunidades y poblaciones que componen la biota contienen información útil para la sociedad. Por otra parte, la biodiversidad existente es el resultado de un proceso evolutivo de millones de años y por ende contiene una suerte de biblioteca de información acumulada a través del tiempo (di Castri, 2003). Además, este proceso evolutivo se ha desarrollado bajo condiciones ambientales muy diferentes y adversas que lo tienden a hacer altamente resistente a los cambios ambientales.

Existe investigación a nivel mundial acerca de las funciones de información de la biodiversidad como fuente de producción de drogas, fertilizantes, fibras y alimentos. La información genética tiende a ser más valorada en la medida que sea única, por lo que la existencia de sustitutos es un factor crítico que afecta el valor económico de la información. En ese sentido, los puntos de vista acerca de la relación entre información genética y degradación de los bosques son contrapuestos.

Por un lado, a pesar del alto grado de degradación de los bosques observado en la actualidad, algunos autores argumentan que el stock remanente sería aún lo suficientemente grande por lo cual se puede pensar que la disposición a pagar por conservar

una parte de dicho stock es baja. Adicionalmente, la disposición a pagar será aún más baja en la medida en que existan sustitutos, tanto para fertilizantes agrícolas como para gérmenes medicinales (Simpson y Craft 1996, Craft y Simpson 2001; Simpson y otros 1996; Polansky y Solow 1995). También es relevante el hecho que la investigación y los esfuerzos de desarrollo pueden ser fácilmente derivados a manipulación genética lo cual genera un desincentivo para la identificación de información genética nueva.

Por otro lado, está la visión de algunos autores que sostienen que las consecuencias de la degradación de los bosques ya se ha visto reflejada en un aumento en la disposición a pagar por el acceso a la información genética (Swanson, 1997; Reed y otros, 1993; Rubin y Fish, 1994). En el caso chileno, de acuerdo con León-Lobos y Way (2004) y Simonetti y otros (1995), la flora nativa por su alto grado de endemismo y unicidad de las especies representa un recurso estratégico, pues es fuente actual y potencial de nuevos cultivos (murtilla, frutilla silvestre, papa, tomatillo), productos medicinales (rapamycina, rapamune), insecticidas (naftoquinona) y plantas o bacterias que pueden ser usadas para mitigar o reducir los efectos negativos causados por procesos naturales o por el hombre (Ginocchio y otros 2002). Esto ilustra la relevancia de este estudio que estima el valor económico del aporte que hacen las áreas naturales protegidas de Chile a través de la provisión de recursos genéticos para la prospección farmacológica. En efecto, aquí se estima el valor económico del servicio de 'banco genético para la prospección farmacológica' aportado anualmente por el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP). La definición de SNAP en el presente estudio considera a las áreas protegidas de categorías legalmente reconocidas. Se incluye a los monumentos naturales, reservas nacionales, parques nacionales, santuarios de la naturaleza,

bienes nacionales protegidos, sitios Ramsar, reservas marinas y áreas marinas y costeras protegidas.

EL MODELO

Simpson y Craft (1996) presentan un modelo de competencia monopolística que calibran con información de la industria farmacéutica mundial para estimar el valor marginal de una especie con potencial uso farmacéutico. En este trabajo se emplea dicho modelo y se calibra con datos recientes de la industria farmacéutica mundial así como con datos que caracterizan las áreas protegidas en Chile para obtener el valor marginal de una hectárea de recurso natural destinado a la conservación en su potencial uso como recurso farmacéutico.

El modelo deriva una función de demanda simple por biodiversidad para investigación farmacéutica, determina la disposición a pagar por una especie marginal y, por último, determina el valor por hectárea conservada para uso en prospección genética. El modelo es calibrado para obtener estimaciones de bienestar.

Se supone inicialmente que la investigación médica ha identificado la necesidad de un nuevo producto. El nuevo producto, de ser desarrollado exitosamente, generará ingresos netos iguales a R . Estos ingresos son netos de costos de producción y comercialización, pero incluyen los costos de investigación y desarrollo que se denotan por c . Existen n especies sobre las cuales se realizan pruebas para desarrollar productos farmacéuticos con una probabilidad p de dar lugar a un producto exitoso. El valor de la colección de n muestras vendrá dado por:

$$\begin{aligned}
 V(n) &= pR - c + (1-p)(pR - c) + (1-p)^2(pR - c) + \\
 &\dots \dots \dots + (1-p)^{n-1}(pR - c) \\
 V(n) &= \frac{pR - c}{p} [1 - (1-p)^n]
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

El valor esperado de la especie marginal será entonces:

$$V(n+1) - V(n) = v(n) = (pR - c)(1-p)^n \quad (2)$$

Diferenciando (2) en términos de p e igualando la derivada a cero es posible encontrar la probabilidad óptima, la cual vendrá dada por:

$$p = \frac{R+nc}{(n+1)R} = \frac{1}{n+1} + \frac{n}{n+1} \frac{c}{R} \quad (3)$$

Por lo tanto, a partir de datos como los ingresos netos esperados de un nuevo producto farmacéutico, el número de especies sobre la cual se realizará prospección y los costos estimados de prospección será posible determinar la probabilidad óptima a partir de (3) y posteriormente será posible estimar el valor de la especie marginal a partir de (2).

Estimación del Valor de la Especie Marginal

A continuación se calibra el modelo para estimar el valor de la especie marginal, el cual servirá de base para, posteriormente, estimar el valor de la hectárea marginal.

El número de especies sobre las cuales se realiza la prospección así como el número esperado de nuevos productos se estiman a partir del promedio

de productos NME (New Molecular Entity) aceptados anualmente por la Food and Drug Administration (FDA) entre el año 2000 y el año 2008 (FDA 2008). La estimación del costo de desarrollo de nuevos productos proviene de Joseph DiMasi y otros (2003). Finalmente la estimación del cociente ingreso/costo proviene de información recopilada por la Oficina de Evaluación de Tecnología Farmacéutica (OTA, 1993).

Los costos de investigación y desarrollo denotados por c se estiman a partir de los costos totales de desarrollar un nuevo producto, los cuales vienen dados por

$$K = c \frac{1-(1-p)^n}{p} \quad (4)$$

Si se asume que n es suficientemente grande, entonces la expresión en (4) corresponderá a $K = \frac{c}{p}$ por lo cual finalmente $c = pK$. La **Tabla 1** resume los valores anteriores. El valor de p se estima a partir de (3) y, como se muestra al final de la tabla, el valor de la presencia de una especie marginal con potencial uso farmacéutico es estimado en US\$567,37 anuales.

Estimación del Valor de la Hectárea Marginal

El valor económico estimado (de US\$ 567,37) corresponde al valor de una especie marginal con

Tabla 1. Parámetros para estimación de modelo de prospección genética

Número de especies	250.000
Número esperado de nuevos productos	21
Costo de desarrollar un nuevo producto	US\$ 802.000.000
Cociente ingreso a costo	1,25
Ingreso total	US\$ 1.002.500.000
c	US\$ 16.040
p^+	0.00002
Valor de la especie marginal	US\$ 567,37

potencial uso farmacéutico; sin embargo, en el contexto de este trabajo, se requiere calcular el valor económico que aporta una hectárea marginal en términos del posible desarrollo de nuevos productos farmacéuticos.

Es posible estimar el valor de un cambio marginal en la superficie de hectáreas de bosque bajo protección de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\frac{\partial V}{\partial H} = \frac{\partial V}{\partial n} \frac{\partial n}{\partial H} = v(n) \frac{\partial n}{\partial H} \quad (5)$$

La expresión en (5) corresponde al valor marginal de una hectárea en términos de prospección farmacológica, ya que $v(n)$ corresponde al valor de la especie marginal estimado en US\$ 567,37 de acuerdo a la **Tabla 1** anterior, y $\delta n/\delta H$ corresponde al mayor número de especies esperables al aumentar la superficie del banco genético natural en una hectárea. Para estimar el término $\frac{\delta n}{\delta H}$ se utiliza la teoría de islas biogeográficas (Preston 1960, 1962; MacArthur and Wilson, 1967) que predice que el número de especies n_i encontradas en una superficie A_i viene dada por:

$$n_i = \alpha_i A_i^Z \quad (6)$$

Donde, α_i es una constante que mide la riqueza potencial de una especie en el área y Z es una constante cuyo valor aproximado es 0,25 (Preston 1962, MacArthur and Wilson, 1967). Luego, diferenciando respecto a A_i se obtiene la siguiente expresión:

$$\frac{\partial n}{\partial A} = \alpha_i Z A_i^{Z-1} = ZD \quad (7)$$

Donde, el término D corresponde a la densidad de especies medida en número de especies por área. Empleando la ecuación en (7), se calcula el valor marginal por hectárea para 3 hotspots de Chile, relevantes para el SNAP del país: Matorral Chileno, bosque Valdiviano e isla de Juan Fernández (ver **Tabla 2**).

VALOR ECONÓMICO DEL SERVICIO DE "BANCO GENÉTICO NATURAL PARA PROSPECCIÓN FARMACOLÓGICA" DEL SNAP

De acuerdo al valor económico marginal de la hectárea en cada uno de los hotspots obtenido en la sección III y considerando las superficies en hectáreas de cada uno de los hotspots incluidas en el SNAP es posible obtener el valor económico total del servicio ecosistémico que provee anualmente

Tabla 2. Estimación del valor marginal por hectárea

Hotspot	Superficie (ha)	Endemismo	Densidad	Valor de la especie marginal (US\$)	Valor marginal de la ha (US\$)
Matorral chileno	7.458.220,07	1.769	0,00024	567,37	0,033644
Bosque Valdiviano	6.477.763,08	100	0,00002	567,37	0,00219
Juan Fernández	1.800,00	124	0,06889	567,37	9,771444

el sistema. Este valor total para cada hotspot se presenta en la última columna de la **Tabla 3**.

Finalmente, de acuerdo a las diferentes categorías de ecosistemas en cada uno de los hotspots considerados, se estima los valores del servicio de 'banco genético natural para prospección farmacológica' por ecosistema para el SNAP del país; estos valores se presentan en la **Tabla 4**.

CONCLUSIONES

En este artículo se estima el valor económico del servicio 'banco genético natural para prospección farmacológica' aportado por el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) en Chile. Los resultados se obtienen al calibrar un modelo de competencia monopolística en la industria farmacéutica. Con

Tabla 3. Estimación del servicio de prospección genética

Hotspot	Superficie	Valor ha marginal (US\$)	Valor servicio de prospección genética (US\$)
Matorral chileno	556.884,79	0,033644	18.735,59746
Bosque Valdiviano	3.236.253,55	0,00219	7.086,42233
Juan Fernández	1.800,00	9,771444	17.588,59856

Tabla 4. Valoración económica de los recursos genéticos en las áreas del SNAP 1

Ecosistema ^a	Superficie (ha)			Valor económico (US\$/año)			Total
	Matorral Chileno	Bosques Templados	Arch. Juan Fernández	Matorral Chileno	Bosques Templados	Arch. Juan Fernández	
Bosque							
Laurifolio	-	80.107	1.800	-	172	17.220	17.392
Caducifolio	2.904	523.017	-	96	1.121	-	1.217
Siempreverde	-	643.490	-	-	1.380	-	1.380
Esclerófilo	11.440	25.979	-	377	56	-	433
Espinoso	201	24	-	7	0	-	7
Matorral	75.363	-	-	2.482	-	-	2.482
Estepa y	-	-	-	-	-	-	-
Pastizal							
Herbazal de	-	-	-	-	-	-	-
Altitud							
Resinoso	-	472.214	-	-	1.012	-	1.012
Total	89.908	1.744.831	1.800	2.961	3.741	17.220	23.923

^a Ecosistemas presentes en las áreas protegidas actuales del hotspot de Chile

Valor marginal (US\$/ha): Matorral Chileno=0,0336; Bosques Templados=0,002 y Juan Fernández = 9,771

Fuente: elaboración propia

datos de la industria farmacéutica global se obtiene un valor marginal por especie en su potencial uso como fuente de prospección genética. Con datos de tres hotspots en Chile se obtiene un valor marginal por hectárea. El valor marginal de una hectárea protegida corresponde a US\$ 0,0336 en el caso del matorral chileno, US\$ 0,0021 en el caso del bosque Valdiviano, y US\$ 9,77 en el caso del hotspot Juan Fernández. Con estos datos se estima que el valor económico anual que provee el SNAP del país por su servicio 'banco genético natural para prospección farmacológica' es de aproximadamente US\$ 27 millones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CRAFT, A.B., SIMPSON R.D., 2001. The value of biodiversity in pharmaceutical research with differentiated products. *Environmental and Resource Economics* 18, 1-17.
- COMISIÓN NACIONAL PARA EL DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA, 2003. Informe al Presidente de la Republica.
- DI CASTRI, F., 2003. Globalización y Biodiversidad; en E. Figueroa y J Simonetti (eds.), *Globalización y Biodiversidad: Oportunidades y desafíos para la sociedad chilena*. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 2003. p. 23-49.
- DIMASI, J. A., HANSEN R.W., GRABOWSKI H.G., 2003. The Price of Innovation: New Estimates of Drug Development Costs. *Journal of Health Economics* 22, 151-185.
- FDA, 2008. Promedio de NME aceptados anualmente por la FDA: 2000-2008, disponible en: <http://www.fda.gov/Drugs/DevelopmentApprovalProcess/HowDrugsareDevelopedandApproved/DrugandBiologicApprovalReports/ucm121136.htm>.
- GINOCCHIO R., TORO I., SCHNEPF D., 2002. Copper tolerance in populations of *Imulus luteus* var. *variegatus* exposed and non exposed to copper pollution. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis* 2, 151-156.
- LEÓN-LOBOS P., WAY M., 2004. Banco Base de Semillas: Conservando Semillas Nativas para el Futuro. *Tierra Adentro* 57, 32-35
- McARTHUR R., WILSON E., 1967. The theory of island biogeography. Princeton NJ: Princeton Univ. Press.
- MANZUR M.I., 2005. Biotecnología y Bioseguridad. La Situación de los Transgénicos en Chile. Fundación Sociedades Sustentables, Programa Chile Sustentable. LOM Ediciones. Santiago.
- OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT, 1993. Pharmaceutical R&D: Costs, risks, and rewards. Washington: Government Printing Office, 1993.
- PRESTON F W., 1960. Time and space and the variation of species. *Ecology* 41, 611-27
- PRESTON F W., 1962. The canonical distribution of commonness and rarity. *Ecology* 43, 185-215
- POLASKY S., SOLOW A., 1995. On the value of a collection of species. *J. Environ. Econ. Manage.* 29, 298-303.
- REED R., PEET R. K., PALMER M.W., WHITE P. S., 1993. Scale dependence of vegetation environment correlations: a case study of a North Carolina piedmont woodland. *J. Veg. Sci.* 4, 329-340.
- RUBIN S., FISH S.C., 1994. Biodiversity prospecting: using innovative contractual provisions to foster ethnobotanical knowledge, technology and conservation. *Colorado Journal of International Law and Policy* 5, 23-58.
- SIMONETTI J.A., ARROLLO M.T.K., SPORTONO A.E., LOSADA E., 1995. Diversidad Biológica de Chile. Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica, Santiago.

SIMPSON R. D., CRAFTA. B., 1996. The social value of biodiversity in new pharmaceutical product research', resources for the future discussion paper 96-33.

SIMPSON D., SEDJO R., REID J., 1996. Valuing biodiversity for use in pharmaceutical research, J. Polit. Econ. 104, 163–185.

SWANSON T., 1997. Global Action for Biodiversity. Earthscan, London

WILSON E., 1992. The Diversity of Life. New York: W. W. Norton.