

Una reinterpretación eco-marxista de la abstracción formal en Economía Ecológica

CHANDNI DWARKASING*

RESUMEN

El capital natural es un concepto teórico muy conocido que se utiliza para tener en cuenta el papel de la naturaleza en la producción económica. Su popularización entre los economistas en la década de 1990 ha dado lugar a opiniones divergentes sobre la relación entre el capital natural y el capital físico en las funciones de producción. Donde la sostenibilidad débil aboga por la sustituibilidad, la sostenibilidad fuerte requiere complementariedad. Esta distinción es también una de las muchas líneas a lo largo de las cuales se puede diferenciar la Economía Ambiental y de Recursos (EAR) de la Economía Ecológica (EE). Luego de una introducción al concepto de capital natural, abordamos el triunfo declarado de la sostenibilidad fuerte tanto en términos de evaluaciones científicas, que resaltan la necesidad de la conservación del capital natural, como el fomento de esfuerzos de conservación mediante la valoración monetaria. La investigación sobre las diversas trampas relacionadas con la valoración monetaria está más que presente en EE a través de la literatura sobre la mercantilización de la naturaleza. La contribución de este artículo es única ya que tiene como objetivo tanto reinterpretar como revisar la práctica de la formalización matemática en EE desde una perspectiva marxista ecológica. Al basarse en la ecología-mundo y la teoría del proceso de trabajo de Marx, se llega a las siguientes ideas: i) la valoración monetaria del capital natural crítico representa una estrategia de acumulación basada en la capitalización ii) la acumulación ecológicamente sostenida altera parcialmente el 'metabolismo material' mientras que la 'realización del propósito' no cambia y iii) la representación formal de las configuraciones economía-ecología a través de la función de producción solo captura la contribución de la naturaleza capitalizada y no considera la naturaleza apropiada. Concluimos que el marxismo ecológico proporciona ideas útiles que pueden ampliar los confines actuales de la formalización matemática de EE. Esto permitiría una descripción más completa de las configuraciones economía-ecología.

PALABRAS CLAVE

Economía ecológica; sostenibilidad fuerte; mercantilización; excedente ecológico; teoría del proceso de trabajo.



TITLE

An eco-Marxist reinterpretation of formal abstraction in Ecological Economics

EXTENDED ABSTRACT

In the field of economics, the two main branches that deal with the analyses of economy-ecology interactions are Environmental and Resource Economics (ERE) and Ecological Economics (EE). The latter is typically characterized as being fundamentally at odds with ERE's negligence of biophysical constraints to economic activity. EE has proceeded to develop as a pluralist and trans-disciplinary field whose literature engages in the stipulation of previously overlooked considerations. For some, this pluralism represents the biggest strength: its success hinges on both the acceptance of multiple and incommensurable epistemologies that detect fissures in the dominant epistemology and the debate that arises out of the different delineations of dissent. Others argue that over the course of EE's existence, pluralism has been insufficiently able to rid the field from mainstream, particularly neoclassical, economic epistemologies and formalisms.

The aim of this paper is to provide recommendations for the development of an alternative to the current formal abstractions of ecology-economy configurations. This is done through a reinterpretation of the natural capital concept from an eco-Marxist perspective. After introducing the natural capital concept and discussing how the treatment thereof differs across ERE and EE, we isolate strong sustainability as one of the main attributes of EE when it comes to formalization practices.

DOI:

<https://doi.org/10.15366/relacionesinternacionales2021.46.002>

Formato de citación recomendado:

DWARKASING, Chandni (2021). "Una reinterpretación eco-marxista de la abstracción formal en Economía Ecológica", *Relaciones Internacionales*, n° 46, pp. 21-40.

* Chandni DWARKASING,

Estudiante de doctorado en Economía en la DEPS University of Siena (Italia). La investigación actual se centra en la teoría económica y la abstracción formal del trabajo, la ecología y la producción. Otros intereses incluyen la justicia ambiental, el metabolismo social, la macroeconomía ecológica y el decrecimiento. Contacto: chandni.dwarkasing@outlook.com

Recibido:

14/09/2020

Aceptado:

26/01/2021

Traducción:

Victoria SILVA SÁN-CHEZ y Gonzalo VITÓN

Strong sustainability's prescription to treat natural capital as a complementary input in economic production functions has led to the implementation of various strategies concerning natural capital conservation. The bulk of these strategies has subsequently relied on monetary valuation for the purpose of embedding conservation strategies within the broader rationale of the market. In this paper we discuss monetary valuation in light of planetary boundaries, such as atmospheric sink capacities, and ecosystem services such as the habitat provision for endangered species. Critical studies have identified the monetary valuation of biophysical and ecological processes as commodification and we address both the theorized and experienced contradictions it is associated with.

In our view, the logic behind the exchange value assessment of ecological processes can easily be traced back to the underlying assumptions of mathematical formalization in EE. In order to dissect these assumptions, we find it fruitful to draw on ecological Marxism. After introducing the reader to the gist of Marx's ecological insights we discuss the concept of dualism in ecological Marxism and economics. We contend that our explicit focus on mathematical formalization forecloses a complete rejection of dualism since the specification of variables requires a process of conceptual distinction. This is why we adopt the notion of duality; where the separation and opposition between two essential elements is replaced by interdependence.

Having positioned ourselves in the eco-Marxist debate on dualism, we then proceed with a discussion of Marx's labour process theory and Moore's world-ecology. The labour process is subject to two elements: 'purpose realisation' and 'material metabolism'. The first refers to labour as an imposition of human intention; causing nature to capitulate to humanity's will. 'Material metabolism' describes labour as an exchange or mediation between itself and nature. World-ecology offers an ecological interpretation of capital accumulation over the course of history. One of the concepts used to distinguish historical ecology-economy configurations, or world-ecological regimes, over capitalism's long-durée is the ecological surplus. This is a ratio between the system-wide appropriation and capitalization of both human and extra-human inputs. High ecological surpluses allow capital accumulation to proceed by means of labour productivity gains which are facilitated by appropriated labours, entities and processes. Low ecological surpluses hamper accumulation and trigger investments in new sources of appropriation, cheaper capitalized inputs or efficiency increasing technologies.

How do these two eco-Marxist insights facilitate a reinterpretation of the assumptions underlying the practice of mathematical formalization in EE? Through the concept of the ecological surplus, world-ecology allows us to consider the commodification of ecological processes as an instance of capitalization. When valuation techniques disclose the benefit of an ecological process in monetary terms, said ecological process can be treated as an input in the production function. But according to world-ecology, an increase in capitalization also diminishes the ecological surplus which subsequently hampers capital accumulation. This begs us to question why the capitalization of ecological processes is a dominant strategy in response to ecological degradations. We argue that capitalization is a fruitful strategy in the face of future constraints to accumulation, such as diminished labour or human-made capital productivity and/or future opportunities for accumulation through for example, greenwashing.

Marx's labour process theory allows us to further argue that the incentives which capitalization aim to foster can be seen as desired alternations to the 'material metabolism' element of the labour process. The socially defined set of 'purpose realisations' on the other hand remains faithful to "the endowment of natural objects with humanistic forms for the purpose not of use value creation, but exchange value accumulation". This leads us to conclude that the depiction of economy-ecology configurations by means of natural capital which enters the production function supports the underlying assumption that ecological sustainability is best achieved when capital bargains on behalf of nature. Furthermore, by explicitly focusing on capitalized ecological processes, the status-quo of formal abstraction in EE presumes dualism and is therefore incomplete. We argue that a more comprehensive portrayal requires the consideration of appropriated ecological processes in order to capture reciprocity and the unified management of interdependent flows which reproduce metabolic value. To this end, we introduce a trivial conceptual framework which summarizes the (proposed) mathematical formalization of economy-ecology configurations across ERE, EE and Ecological Marxism. The formal abstraction we propose from an eco-Marxist perspective is not only based on the consideration of appropriated ecological processes but also imposes duality instead of dualism between the 'societal' and 'natural' elements of production. The contribution of Ecological Marxism in this paper should not be seen as the formulation of an alternative to capitalization. Our proposed formal abstraction is based on the assumption that the 'purpose realisation' element of the labour process facilitates the goal of exchange value accumulation. Instead, we hope our contribution has shown that Ecological Marxism provides useful insights which can stretch the current confines of EE's mathematical formalization; allowing for a more comprehensive portrayal of economy-ecology configurations.

KEYWORDS

Ecological economics; strong sustainability; commodification; ecological surplus; labour process theory.



Introducción

En el campo de la economía, la Economía Ambiental y de Recursos —EAR— y la Economía Ecológica —EE— son las dos ramas principales que se han ocupado de la abstracción de la interrelación entre la producción económica y los procesos ecológicos. La EE ha sido típicamente caracterizada como fundamentalmente en desacuerdo con la falta de atención a las limitaciones biofísicas por parte de la EAR (Beder, 2011; Gowdy y Erickson, 2005; Venkatachalam, 2007). Como tal, la EE se convirtió en un campo pluralista y transdisciplinar cuya literatura acopla las críticas e introduce consideraciones pasadas por alto previamente. Algunos autores argumentan que el pluralismo representa la mayor fortaleza de este campo de estudio (Goddard et al., 2019). Otros como Spash (2020), consideran que el pluralismo en la EE no ha abordado suficientemente las epistemologías y formalismos de la economía neoclásica.

Este artículo construye sobre el argumento anterior considerando cuidadosamente la *formalización matemática* y la abstracción de las configuraciones economía-ecología en la EE. En otras palabras, nos interesamos por los métodos de análisis de la EE mediante modelos o “constructos mentales basados en suposiciones, conceptos abstractos y relaciones entre las variables” (Katzner, 2001, p. 49). En nuestra opinión, el capital natural es una variable fundamental en muchos de los modelos económicos que intentan analizar las configuraciones economía-ecología. En la primera sección, introducimos el concepto de capital natural y discutimos cómo su tratamiento difiere a través de EAR y EE. Señalaremos por ello la sostenibilidad *fuerte* como uno de los principales atributos de la EE en lo referente a la relación asumida entre procesos ecológicos y producción económica. La sostenibilidad *fuerte* trata el capital natural como un aporte complementario en las funciones de producción económica, lo que ha llevado a la implementación de diversas estrategias relativas a la conservación del capital natural. El grueso de estas estrategias ha subsecuentemente dependido de la valoración monetaria con el propósito de integrar las estrategias de conservación en la más general lógica del mercado. Los estudios críticos han identificado este fenómeno como mercantilización, aquí abordaremos algunas de las contradicciones teorizadas y experimentadas sobre ello.

En la sección dos discutimos las percepciones ecológicas de Marx y el concepto de dualismo en el eco-marxismo y la economía. El foco en la *formalización matemática* anticipa un rechazo total de las distinciones conceptuales inherentes al dualismo. Es por ello por lo que apostamos por la *dualidad* en su lugar. La sección dos también revisa la teoría del proceso de trabajo de Marx y de la ecología-mundo de Moore para examinar las asunciones subyacentes relativas al capital natural, la sostenibilidad *fuerte* y la valoración monetaria.

En la sección tres argumentamos que la teoría del proceso de trabajo de Marx y los dos elementos que la componen, el “metabolismo material” y la “realización de propósito”, revelan que el tratamiento por separado del capital natural complica la relación entre el trabajo y el/los proceso(s) ecológicos. La ecología-mundo nos permite reconsiderar la mercantilización del capital natural como la transición de un proceso ecológico desde un estado apropiador a uno capitalizador. Tal transición cuadra con la lógica dominante del capitalismo en el hecho de salvaguardar los procesos de producción contra futuros límites a la acumulación y/o a la espera de que aumente la acumulación en el futuro. Dado lo anterior, la *formalización matemática* en EE de las configuraciones economía-ecología por medio del capital natural puede ser vista como

un método de análisis que solo explica los procesos ecológicos que son, o son promovidos para convertirse en, capitalizados. Desde una perspectiva eco-marxista, la ventaja del enfoque de sostenibilidad *fuerte* sobre la sostenibilidad *débil* es limitado dada la centralidad del capital natural. Nuestra reinterpretación también sugiere que la asunción subyacente detrás de dicha centralidad es una que sugiere que las degradaciones ecológicas son mejor mitigadas cuando *el capital negocia en nombre de la naturaleza*. Concluimos que el estatus quo en EE, en términos de la formalización matemática de las configuraciones economía-ecología, está incompleto y debería ser modificado teniendo en cuenta los procesos ecológicos apropiados y la *dualidad*.

I. El capital natural y los avances de la sostenibilidad fuerte: valoración monetaria y mercantilización

El concepto de capital natural se popularizó entre los economistas en una importante contribución de David Pearce en 1988 (Åkerman, 2005; Pearce, 1988). Se utiliza para describir el valor de cambio de los recursos naturales y aparece formalmente como un aporte en las funciones de producción para bienes y servicios (Howitt y Weil, 2018). Puesto que los recursos naturales son diversos, el capital natural se desglosa en varios subcomponentes; i) recursos no renovables, ii) recursos renovables y iii) regulación de ecosistemas de servicios (Berkes y Folke, 1992). Sostenemos la siguiente definición económica de capital natural: cualquier recurso natural, tanto renovable como no renovable, que participa en una función de producción formalmente definida —una ecuación matemática— como un aporte.

Una de las distinciones entre EAR y EE concierne a los paradigmas de sostenibilidad¹ débil y fuerte (Gowdy y Erickson, 2005). En lo que atañe a la formalización matemática, la diferencia entre dos paradigmas se basa en el grado de sustituibilidad entre el capital natural (N) y el capital artificial (K) en las funciones de producción ($Y=f(K,L,N)$). Tratar los dos aportes como completos sustitutos resulta en sostenibilidad *débil* mientras que tratarlos como sustitutos parciales o complementos resulta en sostenibilidad *fuerte* (Ayres, van den Bergh, y Gowdy, 1998; Neumayer, 2013). La principal implicación de la sostenibilidad *débil* en los modelos económicos es que las reducciones en N (degradación ecológica) son permitidas siempre y cuando se vean compensadas por un incremento en K (Common y Perrings, 1992). La sostenibilidad fuerte rechaza el mecanismo de compensación anterior de acuerdo con i) la incapacidad de considerar por completo las complejas características de la naturaleza (Turner, 1993) y ii) unos recursos naturales finitos que consecuentemente limitan la actividad económica (Constanza y Daly, 1992; Daly, 2008; Spash, 1993). Es más, como alternativa al tratamiento agregado de N , los economistas ecologistas han introducido una distinción entre el flujo de existencias crítico y no crítico y la provisión de fondos del capital natural². La criticidad del capital natural depende de si i) los flujos o servicios pueden ser sustituidos, ii) su agotamiento o degradación es irreversible y/o iii) su agotamiento o degradación es excesivo (Ekins et al., 2003). Una manera trivial de revisar la consiguiente investigación sobre criticidad y conservación es discutir los límites planetarios y los ecosistemas de servicios.

¹ Aunque una definición precisa de sostenibilidad es altamente disputada, su principio básico es que un sistema económico, social o ecológico debe ser gestionado de tal manera que exhiba su continuidad en producción o valor.

² El flujo de existencias del capital natural es materialmente transformado en lo que produce y puede ser utilizado al ritmo deseado mientras que el capital natural proveedor de fondos no es materialmente transformado y está solo disponible a un ritmo fijo (Daly y Farley, 2011, p. 72; Georgescu-Roegen, 1971).



El concepto de límites planetarios evalúa los procesos del sistema terrestre y propone precondiciones para impulsar el desarrollo humano. Fue introducido por un grupo de académicos del Centro de Resiliencia de Estocolmo en una publicación que identifica diez macro-determinados procesos del sistema terrestre, su frontera propuesta, el estado actual y el valor preindustrial (Rockström et al., 2009a, 2009b). Colectivamente estas fronteras delimitan un “espacio de operaciones seguro” estimado por expertos fuera del cual la capacidad de la Tierra para mantener la agricultura y las complejas sociedades humanas se ve comprometido (Lade et al., 2020). Puesto que cada límite planetario por separado es aproximado mediante variables de control, es fácil reconocer estas variables como *tipos* de capital natural y la distancia entre su valor actual y el límite como una medida de *criticidad*.

Los ecosistemas de servicios —ESs— fueron popularizados académicamente por Daily (1997) y desde entonces el concepto ha experimentado varias adaptaciones y clasificaciones tales como proveer un sistema de recuento bien definido para los procesos de toma de decisiones que guíe las prácticas de gestión del ecosistema. Tras la publicación del Informe de Evaluación de los Ecosistemas del Milenio de 2005, la manera más común de categorizar los ESs es distinguiendo entre i) provisión, ii) regulación, iii) cultural y iv) servicios de apoyo (World Resources Institute, 2005). Esto ha resultado en una extendida literatura sobre el desarrollo histórico del concepto, recomendaciones para mejorar la metodología y evaluaciones locales o regionales de ESs³.

El grueso de las políticas de conservación del capital natural crítico se basa en la valoración monetaria, enraizada en el tratamiento de la contaminación bajo la economía del bienestar. Siguiendo a Perman et al. (2003, p. 134), la contaminación como resultado de la producción indica la presencia de una externalidad negativa que permanece sin explicación en tanto que dicha externalidad no se refleja en el precio del bien producido. Instrumentos económicos como los impuestos pigouvianos, subsidios y permisos comerciables son implementados para corregir los fallos del mercado y subsecuentemente lograr una distribución óptima de los recursos. Mientras que los impuestos y los subsidios requieren de la valoración monetaria con el fin de expresar una señal de precios correcta, los sistemas comerciales se basan en la idea de que la dinámica entre oferta y demanda puede derivar en un precio/valor monetario autónomo de, por ejemplo, una tonelada de CO₂ (Pirard, 2012).

En términos de límites planetarios, el grueso de los incentivos monetarios ha sido desarrollado para fomentar la conservación o la creación de servicios de absorción atmosférica de carbono. Un ejemplo es el Mecanismo de Desarrollo Limpio —MDL— definido como uno de los mecanismos flexibles del Protocolo de Kyoto que permite al Anexo I —aquellos sujetos a un compromiso de reducción de las emisiones— implementar proyectos de reducción de las emisiones en países en desarrollo (UNFCCC, 2020a, 2020b). Los proyectos acreditados están sujetos a la expedición de Reducciones Certificadas de Emisiones —RCEs— temporales o a largo plazo, basadas en la cantidad estimada de eliminaciones de gases de efecto invernadero durante y al final del periodo de implementación del proyecto (UNFCCC, 2013). Estas RCEs pueden ser adquiridas por parte de los países del Anexo I como medio para cumplir con sus objetivos de reducción de emisiones (UNFCCC, 2020a). El valor económico o precio de las RCEs, expresado en unidades de divisas por tonelada de CO₂ reducida, es considerado una función

³ Ver Boerema et al., 2017; Cabral et al., 2017; Costanza et al., 2017; Greenway, 2017; Harrison et al., 2014.

de varias condiciones del mercado: compensación por importaciones limitadas⁴, el coste de la reducción, la tasa de penalización, el tope de emisiones y la línea base de emisiones (Fearneough et al., 2018; Yu y Mallory, 2020).

Referirnos a la valoración monetaria de los ecosistemas de servicios —ESs— nos lleva al pago por los esquemas de ecosistemas —PES— y a los instrumentos financieros “verdes”/”sostenibles”. El fin de los esquemas PES es compensar financieramente a los guardianes de los servicios de ecosistemas para incentivar los esfuerzos de conservación. Salzman et al. (2018) registran aproximadamente quinientos cincuenta programas activos expuestos a entre treinta y seis y cuarenta y dos mil millones de dólares en transacciones anuales. De acuerdo con Arriagada y Perrings (2013), i) el secuestro del carbono en la biomasa y los suelos, ii) la provisión de hábitat para especies amenazadas y iii) la protección de los paisajes y las funciones hidrológicas constituyen los principales servicios incluidos en dichos programas.

Hay distintas maneras de obtener el valor monetario de los ESs. Siguiendo a Victor (2020), estos métodos son principalmente extraídos de los análisis de coste-beneficio que pretenden recuperar el precio competitivo de mercado de un proyecto de conservación. Por ejemplo, las estimaciones de costes de viaje toman el coste de viajar a un área con ESs, lo multiplican por el número de visitantes anual y usan esta medida como un indicador del valor monetario del ESs. Otro método es la valoración contingente, que estima los valores monetarios sobre la base de la disposición de los participantes a pagar por un ES o la disposición para aceptar la pérdida de un ES (Arias-Arévalo et al., 2018).

Los ESs están también relacionados con el desarrollo de instrumentos financieros “verdes” tales como bonos verdes y créditos de biodiversidad. Los bonos verdes reúnen fondos procedentes de los inversores de renta fija y son después prestados a proyectos elegibles —guardianes— que buscan mitigar el cambio climático y/o sostener ESs críticos (World Bank, 2019). Esto proporciona a los inversores privados, fondos de pensiones, compañías de seguros o fondos soberanos de inversión —contaminadores— bonos calificados con triple A que pueden utilizar para exhibir sus carteras de finanzas verdes como prueba de su compromiso con la mejora del medio ambiente (Sullivan, 2018b). La banca de biodiversidad permite a las firmas o entidades compensar por la pérdida de biodiversidad ocurrida debido a actividades económicas actuales o proyectadas (Coralie, Guillaume, y Claude, 2015). La emisión de créditos es delegada a bancos de mitigación, establecidos mediante la adquisición o la gestión de tierras con el propósito de conservar el hábitat, recursos o especies salvajes determinadas. La valoración monetaria del emplazamiento resulta en una cantidad de créditos que pueden ser comprados por entidades que han incurrido o esperan incurrir en la pérdida de biodiversidad (Latimer y Hill, 2007, p. 157).

En teoría, cada uno de los ejemplos anteriores captura lo que podemos denominar como mercantilización de la naturaleza⁵: la renuncia al carácter sistémico de la naturaleza pues la valoración monetaria transforma una identidad ecosistémica en una sucesión de unidades privatizadas que son consecuentemente sujetas a una lógica capitalista de maximización del beneficio (Bermejo,

⁴ Un mecanismo diseñado para evitar que las RCEs inunden el mercado y arrastren el precio de las cuotas de emisión a cero (EC, 2016).

⁵ Gran parte de esta corriente de literatura toma prestadas perspectivas de Karl Polanyi y su tratamiento de la tierra como un bien ficticio (Polanyi, 2001: p. 76).



2014, pp. 22-23). Siguiendo a Castree (2003), uno puede distinguir entre dos tipos de procesos de mercantilización. El primero es denominado como mercantilización *real* y señala el tratamiento de la naturaleza como si fuese un bien real, completamente privatizable y separable. Los mercados para estas —o similares— entidades y procesos existen de forma previa a la mercantilización de nuevos repositorios. Por el contrario, el segundo tipo supone la mercantilización de entidades previamente no mercantilizadas como un medio para justificar “la ausencia de estos mercados”; por tal motivo nos referimos a ella como mercantilización *proxy*.

Según Gunderson (2017, pp. 11-17), la sujeción de los procesos ecológicos a un sistema económico organizado en torno al mecanismo del mercado está plagado de contradicciones. La literatura sobre la mercantilización *proxy* de las capacidades de absorción de la atmósfera señala cómo los proyectos de conservación forestal intensifican la lucha por la tierra, ofrecen a los grandes contaminadores una manera barata de cumplir con sus objetivos de emisiones y abordan de forma inadecuada las repercusiones sociales y ecológicas de los proyectos (ver Bayrak y Marafa, 2016; Bumpus y Liverman, 2008).

La literatura sobre la mercantilización *proxy* de los ESs revela que los esquemas PES frecuentemente excluyen a los pequeños propietarios y a las comunidades forestales indígenas; dejan de lado la cuestión de la adicionalidad⁶; chocan con las prioridades para la reducción de la pobreza y asumen una consideración insuficiente por el bucle de retroalimentación entre la equidad y los resultados ecológicos (Börner et al., 2017; Calvet-Mir et al., 2015; Corbera, 2012). Finalmente, los instrumentos financieros “verdes” son mecanismos innovadores de financiación que difuminan la línea entre la rentabilidad financiera pura y el impacto social y medioambiental positivo (Lohmann, 2012). En la era neoliberal de la sustitución del sector público-privado, este tipo de “inversión de impacto” presenta una oportunidad de bajo riesgo para que el sector privado pueda cubrir las lagunas de financiación social y medioambiental (Sullivan, 2018a). La literatura que evalúa la banca de mitigación de humedales en Estados Unidos indica que estos mecanismos fracasan con frecuencia al considerar las funciones de ecosistemas geográficamente diferenciados y permiten una disonancia significativa entre la emisión de créditos de compensación y el establecimiento de criterios ecológicos para los respectivos humedales (Driesen, 2005; Robertson y Hayden, 2008).

Esta sección introduce al lector en el concepto de capital natural y la diferencia entre EE y EAR en relación con su tratamiento matemático en modelos económicos. Donde la sostenibilidad *fuerte* es vista como un principio unificador en EE, la valoración monetaria del capital natural crítico permanece como un asunto controvertido (ver Costanza et al., 1997; Gómez-Baggethun y Martín-López, 2015; Spash, 2008). Algunos defensores de la sostenibilidad *fuerte* argumentan que la valoración monetaria es necesaria para comunicar la obligación y la urgencia de proteger el capital natural crítico mientras que otros preconizan una expansión de los métodos de valoración a otras esferas más allá del valor de cambio (Arias-Arévalo et al., 2018; Lo y Spash, 2013)⁷.

El objetivo de este artículo, sin embargo, está orientado hacia una comprensión más

⁶ La adicionalidad está pensada para capturar hasta qué punto la mejora de un servicio de ecosistema es adicional a lo que habría ocurrido en ausencia del PES.

⁷ Jacobs et al. (2016) argumentan que el pluralismo de valores o métodos de valoración integrados extienden más allá el ámbito de los valores instrumentales a valores no-antropocéntricos (por ejemplo, la integridad del ecosistema) y valores relacionales (bienestar social como resultado de los ESs).

profunda de la formalización matemática. Desde nuestro punto de vista, la representación abstracta de los procesos ecológicos mediante el capital natural complementario consagra asunciones incompletas relativas a las configuraciones economía-ecología. En un intento de desvelar este carácter incompleto nos giramos hacia el eco-marxismo.

2. Eco-marxismo: dualismo, teoría del proceso del trabajo y el excedente ecológico

En esta sección se introducen al lector tanto el eco-marxismo como algunos de los elementos que juzgamos cruciales para una reinterpretación de la abstracción formal en EE. La propia reinterpretación será relegada a la siguiente sección. Aquí, discutimos la perspectiva ecológica de Marx, el debate sobre el dualismo en el eco-marxismo, la teoría del proceso del trabajo de Marx y el concepto de excedente ecológico.

Emanante de la geografía, la historia, la sociología ambiental y los estudios críticos ambientales, el eco-marxismo es un campo de pensamiento que sitúa la especificidad del capitalismo en un primer plano en lo relativo a la evaluación de las configuraciones ecología-economía. Uno de los conceptos eco-marxistas más aclamados es el de *fractura metabólica* que captura una ruptura en el metabolismo “sobre el que la vida se sostiene y el crecimiento y la reproducción son posibles” (Foster, 1999, p. 383). La fractura metabólica deriva de las percepciones de Marx en relación con el intercambio metabólico entre humanos y procesos ecológicos bajo la industrialización capitalista. Basándose en la agroquímica, Marx fue capaz de identificar una crítica sistemática de la explotación capitalista; no solo en términos de explotación laboral sino también de degradación del suelo. Marx observó que, como la industrialización movilizaba mano de obra de los campos a las fábricas, los ciclos de nutrientes naturales se veían alterados. Para restablecer la producción agrícola, el sector primario pasó a ser cada vez más dependiente de los fertilizantes. Este desarrollo capturó el “progreso hacia la ruina de las fuentes más duraderas de fertilidad” (Marx, 1887, p. 330).

2.1. Dualismo y dualidad en el eco-marxismo y la economía

Mientras que el énfasis contemporáneo en la perspectiva ecológica y metabólica de Marx está consolidado en el eco-marxismo, es importante mencionar el debate entre la escuela de la brecha metabólica y la ecología-mundo sobre el tratamiento binario de la sociedad y la naturaleza.

El dualismo es uno de los asuntos claves que el ecologista-mundo Jason W. Moore intenta superar en *El Capitalismo en la Trama de la Vida*. En él, Moore discute las limitaciones de la escuela de la fractura metabólica en relación con su tratamiento binario de la sociedad y la naturaleza. Dicho tratamiento restringe el análisis a la *interacción* entre metabolismos sociales y naturales y no logra tomar en consideración cómo los dos están *unificados* a lo largo del espacio y del tiempo (Moore, 2015a, p. 89). Tratar la sociedad y la naturaleza como dos unidades independientes resulta en análisis en los que la externalidad ecológica de la acumulación de capital es dilucidada. En cambio, la perspectiva de la ecología-mundo llama la atención sobre los flujos, fuerzas, condiciones y relaciones interdependientes que se manifiestan en la trama de la vida. La acumulación de capital es vista como una actividad humana que “fabrica” el medio ambiente tanto en un sentido ideal —la manera en la que pensamos, cuantificamos y medimos el medio ambiente— como material



—agricultura, minería, urbanización—.

A pesar de simpatizar con la ecología-mundo de Moore, es importante reiterar que nuestro objetivo es visitar y criticar el status quo de la *formalización matemática* en EE. En economía, se dice que el dualismo es el modo dominante de pensamiento utilizado para ordenar observaciones e ideas con el fin de teorizar (Dow, 2012, p. 56). Esto es aparente en modelos en los que categorías como trabajo, capital, en/fuera de equilibrio son utilizados como unidades comprensivas y mutuamente excluyentes o estados de análisis. Esta aplicación neoclásica del dualismo entre la agencia individual y la estructura social ha resultado en la admirada modelización de casos extremos, tales como la competición perfecta, los conjuntos de preferencia completos y la maximización de la utilidad bajo condiciones de racionalidad pura (Jackson, 1999; Hamilton, 2002, pp. 94-95).

Una alternativa convincente al dualismo es la expresada en el campo de la teoría social por Anthony Giddens en *Central Problems in Social Theory*. Giddens aboga por una dualidad de la estructura, donde las estructuras sociales sean vistas al mismo tiempo como medio y resultado de acciones individuales (Giddens, 1979, p. 5). La dualidad implica que dos elementos esenciales son retenidos pero su separación y oposición es reemplazada por la interdependencia (Jackson, 1999, p. 549).

Desde nuestra perspectiva, la dualidad, en oposición al dualismo, también resuena con la idea de Moore de la trama de la vida o *oikeios*: el ramillete de configuraciones —o relaciones— coproducidas que consta de naturalezas humanas y extra-humanas (Moore, 2015a, pp. 46-47). Este argumento puede ser clarificado haciendo uso de un ejemplo trivial basado en la producción de madera: en lugar de tratar el bosque como un objeto enteramente separado de la sociedad capitalista que lo destruye con el propósito de la acumulación de valor de cambio, la noción de *oikeios* nos permite tratar tanto el ecosistema forestal como la producción de madera como una configuración específica centrada en torno a una sustancia compartida. De este modo, es posible concebir el bosque y la pieza de madera procesada como el resultado de la coproducción de dos unidades ontológicamente interdependientes, que fluyen continuamente dentro y fuera una de la otra. Una vez dicho esto, la delineación del ecosistema forestal y la producción de madera como dos elementos analíticamente distintos nos proporciona la posibilidad de concebir el ecosistema forestal como una entidad sujeta a una autonomía no-consciente, o una autonomía sin agencia. La interdependencia y la interrelación dictan y dan forma al conjunto de condiciones bajo las cuales los procesos naturales en el ecosistema forestal pueden desarrollarse. Sin embargo, es difícil de imaginar que la forma en la que los procesos naturales se desarrollan en relación con la producción de madera sea una respuesta consciente del tipo “¡Démosle una lección a IKEA!”.

En resumen, la adherencia a la *dualidad* nos permite ofrecer una crítica fundamentada desde la ecología-mundo de la abstracción formal en EE basada en un asumido dualismo entre la naturaleza —capital natural— y la sociedad —trabajo y capital artificial—. Al mismo tiempo, la *dualidad* permite conservar las prácticas de formalización matemática que están basadas en distinciones conceptuales y analíticas entre variables determinadas.

2.2. La teoría del proceso del trabajo de Marx

Según Han (2010), una discusión marxista de la cuestión ecológica estará inevitablemente focalizada en el concepto de trabajo, dado que la teoría del proceso del trabajo de Marx aborda incontestablemente la interdependencia entre humanidad y naturaleza. En la descripción que hace Marx del proceso del trabajo en el capítulo siete del primer tomo del *Capital* (Marx, 1887, p. 127), uno puede identificar dos elementos: “realización del propósito” y “metabolismo material” (Shimazaki, 1997 en: Han, 2010). La “realización del propósito” describe el trabajo como la imposición de la intención humana sobre la naturaleza desde el exterior, lo que, por tanto, causa la capitulación de la naturaleza a la voluntad de la humanidad. En otras palabras, los objetos naturales están dotados de formas humanísticas para el propósito de la creación de valor de uso. El “metabolismo material” se enfoca en el trabajo como un proceso metabólico, un intercambio o una mediación entre él mismo y la naturaleza. Este proceso metabólico está sujeto a un significado doble; por un lado, representa un significado fisiológico basado en las ciencias naturales y, por lo tanto, preocupado por el funcionamiento y las interrelaciones entre organismos, ecosistemas y procesos biofísicos (Schmidt, 2014, pp. 86-87). Al mismo tiempo, el “metabolismo material” está sujeto también a un significado filosófico más amplio que se refiere al proceso de intercambio y transformación de sustancia/material entre dos entidades —humanidad y naturaleza—. Han (2012) continúa afirmando que Marx concibió el trabajo como un proceso de “intercambio de materia”, donde la dotación de una forma humanística es puramente temporal y accidental comparada con la propia sustancia natural. Tan pronto como la forma impuesta ya no se adapta a la voluntad humana, la materia de la sustancia natural vuelve a la naturaleza. Por ejemplo, la madera que ha sido filtrada por el proceso del trabajo experimenta un cambio en su forma: del tronco de un árbol a una mesa. Pero si la tabla se rompe o se deteriora, una cantidad inalterada de materia —madera— vuelve a la naturaleza (Marx, 1887, p. 42). Visto de esta forma, el significado filosófico tras el ‘metabolismo material’ de Marx puede ser considerado como la imposición de una *dualidad* entre la humanidad y la naturaleza, y la caracterización de la naturaleza como una fuerza independiente que no puede ser completamente dominada por la humanidad y sus sujetos trabajadores.

2.3. La ecología-mundo y el excedente ecológico

A parte de la negación del *dualismo*, la ecología-mundo acentúa adicionalmente la transición específica de la contribución natural a la acumulación de capital a lo largo del transcurso de la historia. En vez de situar la emergencia de esta contribución a finales del siglo XIX, Moore (2017) sitúa el cambio radical en escala, velocidad y alcance de la transformación del paisaje en el largo siglo XVI —caracterizado por la conquista de América y las revoluciones agrícolas inglesa y holandesa—. En la descripción de Moore de los regímenes ecológicos mundiales⁸, se introduce un concepto llamado el excedente ecológico, una ratio entre la apropiación y la capitalización. La capitalización implica el uso de una amplia gama de elementos o insumos; capital fijo, capital circulante —materias primas— así como humanos *remunerados* —fuerza de trabajo o capital variable— y reproducción extrahumana —por ejemplo, plantaciones de árboles y animales de granja—. Estos insumos están ya sujetos a la lógica del mercado y, por lo tanto, tienen un precio

⁸ Estos se caracterizan por una reorganización fundamental de las relaciones sociedad-naturaleza en comparación con el régimen previo (Moore, 2011).



competitivo. Por otro lado, la apropiación representa el proceso por el cual el capital gana acceso a insumos humanos y extrahumanos no mercantilizados o mínimamente, como por ejemplo el trabajo doméstico *no remunerado*, la fertilidad del suelo y las capacidades de absorción de la atmósfera (Moore, 2015a, p. 71). Los insumos mínimamente mercantilizados son procesos de trabajo humanos y extrahumanos que están disponibles a un coste que es significativamente menor que su precio medio de mercado (Walker and Moore, 2019). Esto también se conoce como “bajo costo”: una composición de valor reducida con respecto al promedio de todo el sistema para todos los productos básicos (Moore, 2015, p. 3). En el resto de este artículo, utilizamos la apropiación en su sentido incompleto y, por lo tanto, como una forma de referirnos a insumos *no remunerados* y *no mercantilizados*. Se dice que los trabajos y procesos apropiados constituyen la base sobre la cual se puede construir y explotar el trabajo asalariado (Mies, 1998; Moore, 2015a, pp. 223-224, 237-238). El trabajo humano no remunerado es también referido como *metaindustrial*: trabajo no monetizado que es regenerativo y, por tanto, esencial al sustento de la vida cotidiana y medios de vida, así como a la producción capitalista (Salleh, 2010). El trabajo *metaindustrial* mantiene el valor metabólico⁹, que captura la integridad material y energética de los procesos vivos tanto en la naturaleza como en los cuerpos humanos.

Volviendo al excedente ecológico, un alto ratio entre apropiación y capitalización generalmente indica que la acumulación de capital está avanzando cómodamente por medio de ganancias de productividad laboral —aseguradas por la alta calidad de trabajos, entidades y procesos apropiados—. Una baja ratio desencadena *cambios* metabólicos en busca de i) nuevas fuentes para la apropiación, ii) fuentes más baratas de insumos capitalizados o iii) inversión en tecnologías que incrementan la eficiencia/productividad o la localización de nuevas fuentes de apropiación —estableciendo eventualmente un nuevo régimen de ecología-mundo—. De acuerdo con Moore, cada ola larga de acumulación se caracteriza por un alto excedente ecológico creado a través de la combinación de capital, ciencia y poder, lo que permite la apropiación cómoda de entidades y procesos humanos y extrahumanos no mercantilizados. Tras alcanzar un cierto pico o máximo, el excedente ecológico tiende a caer, lo que incrementa costos y disminuye la tasa de ganancia; abriendo la necesidad de establecer un nuevo régimen de ecología-mundo. En esencia, esto representa una interacción cíclica entre insumos mercantilizados y no mercantilizados característicos del capitalismo como un régimen ecológico. La hipótesis es que la acumulación avanza más rápido con un mayor acceso a insumos no mercantilizados.

3. Reconsiderando las asunciones subyacentes de la abstracción formal en EE

Nuestro punto de partida es la reinterpretación de los avances bajo el paradigma de la sostenibilidad *fuerte* como arranques de la capitalización, tal y como son definidos en la ecología-mundo. Previa a la valoración monetaria de, por ejemplo, las emisiones de carbón o los servicios de ecosistema, uno puede considerar que los respectivos procesos están en un estado de apropiación. Incluso si los procesos de producción organizados de forma capitalista constituyen una interdependencia con los procesos ecológicos apropiados, no se considera que estos últimos entren en la función de producción como insumo. La defensa de la conservación de estos procesos ecológicos llama a la valoración monetaria como un medio para lograr la internalización de una externalidad. Tan

⁹ Un interesante debate, aunque fuera del alcance de este artículo, sería sobre la relación entre el concepto de *valor negativo* (Moore, 2015b) y valor metabólico. Suponemos que el valor metabólico co-constituye el inverso del *valor negativo*.

pronto como las técnicas de valoración sean capaces de exponer el beneficio de la conservación en términos de valor de cambio, se espera que se establezca una cantidad óptima de conservación. Esto es comparable a la compra de recursos no renovables para fines de producción capitalista.

Recordando el concepto de excedente ecológico de Moore, tanto una disminución a favor de la capitalización y un incremento en la capitalización resultan en un menor excedente ecológico. Esto nos lleva a preguntarnos por qué la capitalización de la naturaleza es una respuesta dominante a la degradación ecológica si sirve para obstaculizar la acumulación. Nuestra preocupación con respecto a las estrategias de acumulación se abstrae de la entrada a largo plazo en nuevos regímenes de ecología-mundo. Lo hacemos en base al argumento de Moore de que la estrategia de acumulación basada en una mayor capitalización con el propósito de localizar nuevas fuentes de apropiación se está desgastando lentamente en un planeta finito (Moore, 2014). En cambio, nuestro objetivo es dilucidar la *raison d'être* a corto plazo detrás de la capitalización.

La primera justificación¹⁰ para las estrategias de acumulación basadas en la capitalización está vinculada a la constatación de que la apropiación continuada disminuye, o se espera que disminuya, la productividad de los insumos que ya están capitalizados. En este caso, los costos esperados tanto de establecer la infraestructura facilitadora como de la propia capitalización son menores que los costos esperados de los insumos capitalizados menos productivos. Esto puede ser visto como la conciencia capitalista de lo que el eco-marxista O'Connor (1991) llama la segunda contradicción: la naturaleza socava las fuerzas productivas que resultan en una subproducción debido a la disminución de la productividad. Esto resuena también con la práctica actual de los análisis monetarios de costo-beneficio; donde prever el futuro sabotaje de los activos productivos permita la protección de un excedente ecológico superior al que se espera que se manifieste en la ausencia de capitalización adicional. La principal diferencia aquí es que no estamos evaluando estos ajustes en términos de la optimización racional de la utilidad o el bienestar por medio de una asignación eficiente de la naturaleza capitalizada. En cambio, presentamos una consideración trivial fundamentada en la medida en que puede proceder la acumulación de capital. Obviamente, es preferible una pequeña restricción a la acumulación para prevenir una mayor restricción en el futuro. Ejemplos claros de esta lógica son capturados mejor por los instrumentos económicos designados para mitigar la contaminación que impactan negativamente en la salud humana y, por lo tanto, en la productividad laboral. Pero, dado que se espera que el cambio climático también impacte fuertemente en la productividad laboral a través de consecuencias en la salud, es razonable considerar los proyectos de conservación de bosques bajo el CDM también dentro de esta lógica.

La segunda justificación puede ser vista como la inversa de la primera, a saber, la expectativa de que la inclusión de la naturaleza capitalizada como un insumo aumentará la productividad de otros insumos capitalizados como un todo. Una forma de imaginar tal lógica es considerando ejemplos en los que la capitalización de naturalezas previamente apropiadas ofrece nuevos medios para aumentar la competitividad. Tomando como ejemplo los bonos verdes y los proyectos voluntarios de compensación de carbono o biodiversidad, es posible argumentar que la adquisición de naturaleza capitalizada da brillo a la apariencia corporativa. A su vez, esto puede resultar en un aumento de las cuotas de mercado dado que toda corporación o empresa cumple con su deber de “proteger el medio ambiente”. Algunos académicos han caracterizado este fenómeno como

¹⁰ Al mencionar justificaciones, buscamos transmitir las razones detrás de la búsqueda de la capitalización desde una perspectiva capitalista.



enverdecimiento: el abanico de comunicaciones relativas a iniciativas de responsabilidad social corporativa que inducen a error al público a adoptar creencias positivas sobre el desempeño, la práctica o los productos ambientales de la empresa (Lyon and Montgomery, 2015).

Estas consideraciones y justificaciones no son nuevas y probablemente estén poco elaboradas. Hasta el momento, el resultado de esta reinterpretación eco-marxista reitera simplemente que la capitalización “sostenible” rinde homenaje al eslogan de sostener la acumulación; evaluado mediante el excedente ecológico y sus dos componentes. Pero si capitalizar la naturaleza críticamente delineada constituye una estrategia de acumulación capitalista en la era del inminente colapso ecológico, no solo es crucial identificar la baja eficacia de esta estrategia en términos de desempeño ecológico, sino también poner en discusión la implicación de esta estrategia para el otro insumo capitalizado, el trabajo asalariado.

Argumentamos que incluso en la ausencia de consideraciones sobre el grado de sustitución entre el capital natural y el capital creado por el ser humano, el retrato de los procesos ecológicos que entran en una función de producción, evaluados en términos de valor de cambio, automáticamente impone su conmensurabilidad tanto con el trabajo (L) como con el capital creado por el ser humano (K). Esto es porque cada uno de los insumos están, o se supone que están, sujetos a una compensación: el trabajo recibe un salario y el capital creado por el ser humano está sujeto a un precio o a una renta. La magnitud del salario está determinada por las normas sociales, la posición de negociación relativa del trabajo con respecto a los capitalistas o, en términos marxistas: la lucha de clases. A su vez, el precio del capital creado por el ser humano está determinado por el coste de los insumos que lo producen —incluyendo el trabajo y su salario— así como la unión entre competencia capitalista, las perspectivas de expansión o crecimiento y el apetito por beneficios positivos. Cada uno de estos, determina en último término el margen sobre los costes de producción y mantenimiento. Dado que el precio del capital creado por el ser humano representa el salario pagado por el trabajo empleado en su producción, el precio pagado tanto por el insumo de trabajo directo (L) como por el capital creado por el ser humano (K) es esencialmente una función de distribución. Al final, tanto K como L están determinados por la posición negociadora del trabajo con respecto al capital, —una posición que, por supuesto, se diferencia en las esferas de producción—.

Al restringirnos a los confines de las asunciones subyacentes a la formalización matemática de los procesos de producción; nos cabe preguntarnos si el precio del capital natural (N) es una función de un tipo similar de dinámica de negociación¹¹. Para responder a esta pregunta, uno debe considerar primero el hecho de que un proceso ecológico, representado por el capital natural, es incapaz de negociar por sí mismo. Los bosques talados, los suelos erosionados o los arrecifes de coral no pueden levantar los puños, unirse y atacar con el propósito de una compensación más alta. Una tercera parte es necesaria para negociar por él. En segundo lugar, cualquiera que sea el precio del capital natural, la *última* entidad en beneficiarse de la compensación derivada es la naturaleza o el ecosistema en sí mismo. La única función de este precio es aumentar/disminuir el incentivo para conservar/dañar una entidad natural. Si bien es cierto que si esos incentivos funcionan el ecosistema estará en mejores circunstancias, el hecho de que esté sujeto a un valor

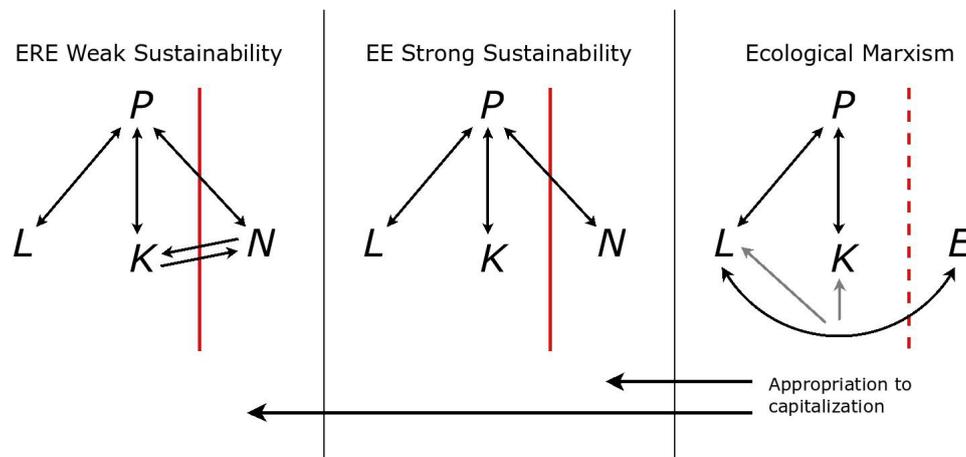
¹¹ Aquí, no consideramos el capital natural en términos de tierra física que está sujeta a una renta y, por lo tanto, incluye rentistas como una clase adicional, a parte de los trabajadores y capitalistas.

de cambio no es el medio directo por el cual se mejora. A diferencia de L o K , que al menos pueden utilizar el salario/beneficio para comprar bienes y mejorar las condiciones materiales, la mejora de N depende de una reconfiguración entre trabajo y naturaleza.

A partir de la teoría del proceso de trabajo de Marx, los incentivos que la capitalización de los procesos ecológicos tiene como objetivo fomentar, pueden ser vistos como alteraciones deseadas del elemento del “metabolismo material” del proceso de trabajo —sin considerar el entrelazamiento del trabajo con dicho proceso ecológico—. Por ejemplo, una disminución en la producción de contaminantes, un aumento en la absorción de emisiones de CO_2 , o un aumento en la cantidad de especies por hectárea de tierra. Si dichos objetivos están encapsulados por una estrategia de capitalización, argumentamos que simplemente abordan el carácter fisiológico del “metabolismo material” sin atender a su carácter filosófico y el conjunto relacionado de “realizaciones del propósito” definidas socialmente. El capitalismo configura continuamente la “realización del propósito” imperante en la sociedad para satisfacer su inclinación hacia la acumulación sin fin. Además, el simple hecho *a priori* de que el trabajo realizador por el trabajador se vende como fuerza de trabajo a los capitalistas, resulta en opresiones variadas que alienan al trabajador de su trabajo, los productos de este, de sí mismo, de los demás y de la naturaleza. Como tal, la “realización del propósito” ya no es “la dotación de objetos naturales con formas humanísticas con el propósito de crear valor de uso”, sino “la dotación de objetos naturales con formas humanísticas para el propósito de intercambiar acumulación de valor”. Cuando la sociedad se enfrenta a las degradaciones ecológicas, es la confrontación con la habilidad de conseguir la “realización del propósito” imperante que nos lleva a “metabolismos materiales” redefinidos o novedosos, pero, sin embargo, principalmente orquestados de manera capitalista.

Como resultado de lo anterior, argumentamos que la práctica de la formalización matemática que ilustra las configuraciones de ecología-economía a través del capital natural que ingresa a la función de producción, está inherentemente sujeta a la asunción que *el capital debería negociar en nombre de la naturaleza*. Además, la negligencia de los procesos ecológicos apropiados y su rol en la producción económica propaga el dualismo en vez de la dualidad cuando se trata de trabajo (L) y procesos ecológicos. La creación del valor de uso por medio de un proceso de producción que es el resultado de un esfuerzo aislado de trabajo y procesos ecológicos no es sino una configuración idealizada en la trama de la vida. Una configuración alternativa es la de reciprocidad y la gestión unificada de flujos interdependientes; resultando en la reproducción del valor metabólico. Desde nuestro punto de vista, una práctica de formalización matemática que esté orientada a delinear dicha reciprocidad considerando el rol de procesos ecológicos apropiados puede mejorar el método de análisis de EE. Para aclarar cómo puede ser una práctica de formalización matemática ampliada, presentamos la siguiente figura:

Título: La representación formal de los procesos ecológicos bajo WS, SS y eco-marxismo (EM)



Fuente: Imagen creada por la autora

El primer título resume las asunciones bajo el paradigma de la sostenibilidad *débil* o ERE. Asumiendo un conjunto de coeficientes técnicos —insumos necesarios por unidad de salida—, la producción deseada (P) determina la cantidad de trabajo (L), de capital creado por el ser humano (K) y de capital natural (N) que ingresa a la función de producción. Al mismo tiempo, las características específicas¹² de L , K y N determina la cantidad de producción que realmente tiene lugar. Esto es por lo que la figura muestra flechas de doble sentido entre P y L , y K y N respectivamente. De acuerdo con nuestra reinterpretación eco-Marxista, el hecho que de N ingrese a la función de producción indica que el proceso ecológico está *capitalizado*. La capitalización implica además un dualismo hipotético entre los procesos ecológicos y los elementos sociales de producción, de ahí la sólida línea roja entre P , K , L y N . Además, dado que la sostenibilidad *débil* asume ser sustituible, un par de flechas opuestas se introducen entre K y N , lo que implica la aplicación de una función de producción que permite la sustitución entre insumos. El segundo título resume las asunciones bajo el paradigma de sostenibilidad *fuerte* o EE. La única diferencia con respecto al primer título es que no hay flechas entre N y K . Esto implica la existencia de complementariedad y la aplicación de una función de producción de proporciones fijas. Debe resaltarse que las asunciones sobre posibilidad de sustitución y complementariedad se aplican equitativamente para los pares L , K y L , N aunque esto no sea explícitamente señalado en la figura. El tercer título resume lo que consideramos que es un aspecto ignorado pero fundamental de las configuraciones de ecología-mundo. En primer lugar, N está ausente y, por lo tanto, no ingresa en la función de producción. En cambio, tenemos un proceso ecológico apropiado (E) que forma una relación interdependiente con L : indicada por la flecha de doble sentido entre E y L . Esta relación interdependiente co-constituye también las características específicas de K y L que afectan a cómo la producción es determinada por cada insumo. Esto es indicado con las dos flechas grises en el tercer título. La interdependencia entre E y L también traslada el dualismo entre los elementos de producción “social” y “natural” a una *dualidad*. De ahí que la línea roja sea de puntos en vez

¹² Formalmente, estas características específicas toman la forma de los coeficientes técnicos *reales* relacionados con cada insumo. Cuando se determina la producción deseada, se hace de acuerdo con coeficientes técnicos que no necesitan coincidir con los coeficientes técnicos *reales*.

de continua. Finalmente, las flechas desde el título tres al título dos y uno, aclaran el hecho de que la mayoría de respuestas a la degradación ecológica han llegado a la *capitalización* de los procesos ecológicos. La diferencia entre sostenibilidad *débil* y *fuerte* es simplemente una cuestión de sustitución/complementariedad. En ambos casos, el proceso ecológico capitula completamente ante la producción con el propósito de una acumulación sostenida.

Conclusión

Este artículo se propuso proporcionar una reinterpretación eco-marxista de formalización matemática en EE. Aislamos el capital natural como un concepto clave cuando se trata de la abstracción formal de configuraciones economía-ecología en modelos. La EE se distingue a sí misma de la ERE al adoptar el paradigma de sostenibilidad *fuerte* que impone complementariedad entre el capital creado por el ser humano y el capital natural. Si el capital natural es un insumo irremplazable en la producción, de ello se deduce que debe conservarse para que la salida permanezca constante. Luego, discutimos la manifestación real de esta lógica al destacar la mercantilización de los límites planetarios y los servicios de los ecosistemas. Desde nuestro punto de vista, la incapacidad de prever la mercantilización con un resultado evidente de la formalización matemática de EE puede ser el resultado de asunciones incompletas sobre las configuraciones de ecología-mundo. Para mostrar la plausibilidad de este argumento, nos basamos en ideas en el campo del eco-marxismo.

Recurrimos a la ecología-mundo y consideramos la evaluación del valor de cambio de los procesos ecológicos como la transición del respectivo proceso de un estado de apropiación a un estado de capitalización. Por medio de la teoría del proceso de trabajo de Marx, sostenemos que los esfuerzos dominantes dirigidos hacia el objetivo de la sostenibilidad ecológica buscan lograr ajustes parciales en el “metabolismo material”, mientras que la “realización del propósito” todavía representa la dotación de objetos naturales con formas humanísticas para el propósito de intercambiar la acumulación de valor. Finalmente, nos enfocamos en la significación de estas ideas en la *figura 1*, que resume las configuraciones de ecología-mundo bajo sostenibilidades *débiles* y *fuertes*, y el eco-marxismo. Cada una de las configuraciones retrata una situación donde el elemento de “realización del propósito” del proceso de trabajo sirve al objetivo de intercambiar acumulación de valor. De ahí que la contribución del eco-marxismo en este artículo no debe ser vista como la formulación de una alternativa a la capitalización. Por el contrario, sirve para ampliar los límites de la formalización matemática en EE que permita un retrato más comprensivo de las configuraciones de ecología-mundo. El resultado de ello bien puede ser una ficción elaborada respaldada por estructuras matemáticas hipotéticas (Levins y Lewontin, 2009, p. 31). Pero tal ficción puede revelar las posibilidades necesarias que debemos explorar creativamente para lograr una sostenibilidad ecológica radical. ●

Referencias

- Åkerman, M. (2005). What does ‘natural capital’ do? The role of metaphor in economic understanding of the environment. *Environmental Education Research*, 11(1), 37–52. doi: 10.1080/1350462042000328730
- Arias-Arévalo, P., Gómez-Baggethun, E., Martín-López, B. y Pérez-Rincón, M. (2018). Widening the Evaluative



- Space for Ecosystem Services: A Taxonomy of Plural Values and Valuation Methods. *Environmental Values*, 27(1), 29–53. doi: 10.3197/096327118X15144698637513
- Arriagada, R. y Perrings, C. (2013). Making payments for ecosystem services work. En Kumar, P., Thiauw I., and Barker, T. (Eds.). *Values, payments and institutions for ecosystem management a developing country perspective* (pp. 16–57). Elgar.
- Ayres, R. U., van den Bergh, J. C. J. M. y Gowdy, J. M. (1998). *Viewpoint: Weak versus Strong Sustainability* (Working Paper No. 98-103/3). Recuperado de: <https://www.econstor.eu/handle/10419/85599> (12.11.2019).
- Bayrak, M. M. y Marafa, L. M. (2016). Ten Years of REDD+: A Critical Review of the Impact of REDD+ on Forest-Dependent Communities. *Sustainability*, 8(7), 620. doi: 10.3390/su8070620
- Beder, S. (2011). Environmental economics and ecological economics: The contribution of interdisciplinarity to understanding, influence and effectiveness. *Environmental Conservation*, 38(2), 140–150. doi: 10.1017/S037689291100021X
- Berkes, F. y Folke, C. (1992). A systems perspective on the interrelations between natural, human-made and cultural capital. *Ecological Economics*, 5(1), 1–8. doi: 10.1016/0921-8009(92)90017-M
- Bermejo, R. (2014). The Commodification of Nature and Its Consequences. En Bermejo, R. (Ed.). *Handbook for a Sustainable Economy* (pp. 19–33). Springer Netherlands. Doi: 10.1007/978-94-017-8981-3_2
- Boerema, A., Rebelo, A. J., Bodi, M. B., Esler, K. J. y Meire, P. (2017). Are ecosystem services adequately quantified? *Journal of Applied Ecology*, 54(2), 358–370. doi: 10.1111/1365-2664.12696
- Börner, J., Baylis, K., Corbera, E., Ezzine-de-Blas, D., Honey-Rosés, J., Persson, U. M. y Wunder, S. (2017). The Effectiveness of Payments for Environmental Services. *World Development*, 96, 359–374. doi: 10.1016/j.worlddev.2017.03.020
- Bumpus, A. G. y Liverman, D. M. (2008). Accumulation by Decarbonization and the Governance of Carbon Offsets. *Economic Geography*, 84(2), 127–155. doi: 10.1111/j.1944-8287.2008.tb00401.x
- Cabral, I., Keim, J., Engelmann, R., Kraemer, R., Siebert, J. y Bonn, A. (2017). Ecosystem services of allotment and community gardens: A Leipzig, Germany case study. *Urban Forestry & Urban Greening*, 23, 44–53. doi: 10.1016/j.ufug.2017.02.008
- Calvet-Mir, L., Corbera, E., Martin, A., Fisher, J. y Gross-Camp, N. (2015). Payments for ecosystem services in the tropics: A closer look at effectiveness and equity. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, 150–162. doi: 10.1016/j.cosust.2015.06.001
- Castree, N. (2003). Commodifying what nature? *Progress in Human Geography*, 27(3), 273–297. doi: 10.1191/0309132503ph428oa
- Common, M. y Perrings, C. (1992). Towards an ecological economics of sustainability. *Ecological Economics*, 6(1), 7–34. doi: 10.1016/0921-8009(92)90036-R
- Coralie, C., Guillaume, O. y Claude, N. (2015). Tracking the origins and development of biodiversity offsetting in academic research and its implications for conservation: A review. *Biological Conservation*, 192, 492–503. doi: 10.1016/j.biocon.2015.08.036
- Corbera, E. (2012). Problematizing REDD+ as an experiment in payments for ecosystem services. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 4(6), 612–619. doi: 10.1016/j.cosust.2012.09.010
- Costanza, R. y Daly, H. E. (1992). Natural capital and sustainable development. *Conservation Biology*, 6(1), 37–46. Recuperado de: <https://www.jstor.org/stable/2385849> (22.04.2020).
- Costanza, R., d'Arge, R., Groot, R. de, Farber, S., Grasso, M., Hannon, B. y Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630), 253–260. doi: 10.1038/387253a0
- Costanza, R., de Groot, R., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P. y Grasso, M. (2017). Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*, 28, 1–16. doi: 10.1016/j.ecoser.2017.09.008
- Daily, G. C. (1997). *Nature's services* (Vol. 3). Island Press.
- Daly, H. E. (2008). *Ecological economics and sustainable development: Selected essays*. Edward Elgar.
- Daly, H. E. y Farley, J. (2011). *Ecological economics: Principles and applications*. Island Press.
- Dow, S. C. (2012). Beyond Dualism. En Dow, S. C. (Ed.). *Foundations for New Economic Thinking: A Collection of Essays* (pp. 52–71). Palgrave Macmillan.
- Driesen, D. M. (2005). Trading and its Limits. *Penn State Environmental Law Review*, 14(2), 169–176. Recuperado de: <https://heinonline.org/HOL/P?h=hein.journals/pensaenlar14&i=193> (09.05.2020).
- EC. (23.11.2016). EU Emissions Trading System (EU ETS). Recuperado de: https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_en (28.04.2020)
- Ekins, P., Simon, S., Deutsch, L., Folke, C. y De Groot, R. (2003). A framework for the practical application of the concepts of critical natural capital and strong sustainability. *Ecological Economics*, 44(2), 165–185. doi: 10.1016/S0921-8009(02)00272-0
- Fearneough, H., Day, T., Warnecke, C. y Schneider, L. (2018). *Discussion paper: Marginal cost of CER supply and implications of demand sources*. Berlin: German Emissions Trading Authority (DEHSt). Recuperado de: <https://newclimate.org/wp-content/uploads/2018/03/Marginal-cost-of-CER-supply.pdf> (28.04.2020).
- Foster, J. B. (1999). *Marx's Theory of Metabolic Rift: Classical Foundations for Environmental Sociology*.

- American Journal of Sociology*, 105(2), 366–405. doi: 10.1086/210315
- Georgescu-Roegen, N. (1971). *The entropy law and the economic process*. Harvard University Press.
- Giddens, A. (1979). *Central Problems in Social Theory: Action, Structure, and Contradiction in Social Analysis*. University of California Press.
- Goddard, J. J., Kallis, G. y Norgaard, R. B. (2019). Keeping multiple antennae up: Coevolutionary foundations for methodological pluralism. *Ecological Economics*, 165, 106420. doi: 10.1016/j.ecolecon.2019.106420
- Gómez-Baggethun, E. y Martín-López, B. (2015). Ecological economics perspectives on ecosystem services valuation. En Martínez-Alier, J. y Muradian, R. (Eds.). *Handbook of ecological economics* (pp. 260–282). Edward Elgar Publishing.
- Gowdy, J. y Erickson, J. D. (2005). The approach of ecological economics. *Cambridge Journal of Economics*, 29(2), 207–222. doi: 10.1093/cje/bei033
- Greenway, M. (2017). Stormwater wetlands for the enhancement of environmental ecosystem services: Case studies for two retrofit wetlands in Brisbane, Australia. *Journal of Cleaner Production*, 163, 91–100. doi: 10.1016/j.jclepro.2015.12.081
- Gunderson, R. (2017). Commodification of Nature. *International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology*, 1–20. doi: 10.1002/9781118786352.wbieg0332
- Hamilton, C. (2002). Dualism and sustainability. *Ecological Economics*, 42(1), 89–99. doi: 10.1016/S0921-8009(02)00051-4
- Han, L. (2010). Marxism and Ecology: Marx's Theory of Labour Process Revisited. En Huan, Q. (Ed.). *Eco-socialism as Politics* (pp. 15–31). Springer.
- Harrison, P. A., Berry, P. M., Simpson, G., Haslett, J. R., Blicharska, M., Bucur, M. y Turkelboom, F. (2014). Linkages between biodiversity attributes and ecosystem services: A systematic review. *Ecosystem Services*, 9, 191–203. doi: 10.1016/j.ecoser.2014.05.006
- Howitt, P. y Weil, D. N. (2018). Economic growth. En Macmillan Publishers Ltd (Ed.). *The new Palgrave dictionary of economics*. (pp. 3299–3309). Palgrave Macmillan.
- Jackson, W. A. (1999). Dualism, duality and the complexity of economic institutions. *International Journal of Social Economics*, 26(4), 545–558. doi: 10.1108/03068299910215997
- Jacobs, S., Dendoncker, N., Martín-López, B., Barton, D. N., Gomez-Baggethun, E., Boeraeve, F. y Washbourne, C. L. (2016). A new valuation school: Integrating diverse values of nature in resource and land use decisions. *Ecosystem Services*, 22, 213–220. doi: 10.1016/j.ecoser.2016.11.007
- Jacobs, S., Dendoncker, N., Martín-López, B., Barton, D. N., Gomez-Baggethun, E., Boeraeve, F. y Washbourne, C. L. (2016). A new valuation school: Integrating diverse values of nature in resource and land use decisions. *Ecosystem Services*, 22, 213–220. doi: 10.1016/j.ecoser.2016.11.007
- Katzner, D. W. (2001). En Defense of Formalization in Economics. In D. W. Katzner (Ed.). *Unmeasured Information and the Methodology of Social Scientific Inquiry* (pp. 47–60). Springer.
- Lade, S. J., Steffen, W., de Vries, W., Carpenter, S. R., Donges, J. F., Gerten, D. y Rockström, J. (2020). Human impacts on planetary boundaries amplified by Earth system interactions. *Nature Sustainability*, 3(2), 119–128. doi: 10.1038/s41893-019-0454-4
- Latimer, W. y Hill, D. (2007). Mitigation banking: Securing no net loss to biodiversity? A UK perspective. *Planning, Practice & Research*, 22(2), 155–175. doi: doi.org/10.1080/02697450701584337
- Levins, R., y Lewontin, R. C. (2009). *The dialectical biologist*. Aakar Books.
- Lo, A. Y. y Spash, C. L. (2013). Deliberative Monetary Valuation: In Search of a Democratic and Value Plural Approach to Environmental Policy. *Journal of Economic Surveys*, 27(4), 768–789. doi: 10.1111/j.1467-6419.2011.00718.x
- Lohmann, L. (2012). Financialization, commodification and carbon: The contradictions of neoliberal climate policy. *Socialist Register*, 48, 85–107. Recuperado de: <http://www.thecornerhouse.org.uk/resource/financialization-commodification-and-carbon> (09.05.2020).
- Lyon, T. P. y Montgomery, A. W. (2015). The Means and End of Greenwash. *Organization & Environment*, 28(2), 223–249. doi: 10.1177/1086026615575332
- Mabee, W. E., Blair, M. J., Carlson, J. T. y DeLoyde, C. N. M. (2020). Sustainability. En Kobayashi, A. (Ed.). *International Encyclopedia of Human Geography (Second Edition)* (pp. 157–163). Oxford: Elsevier. Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081022955100149> (10.08.2020)
- Marx, K. (1887). *Capital: A Critique of Political Economy. Volume I* (Marxists.org online). Progress Publishers. Recuperado de: <https://www.marxists.org/archive/marx/works/download/pdf/Capital-Volume-I.pdf> (15.02.2019).
- Mies, M. (1998). *Patriarchy and Accumulation On A World Scale: Women in the International Division of Labour*. Zed Books.
- Moore, J. W. (2011). Transcending the metabolic rift: A theory of crises in the capitalist world-ecology. *The Journal of Peasant Studies*, 38(1), 1–46. doi: 10.1080/03066150.2010.538579
- Moore, J. W. (2014). The End of Cheap Nature, or, How I learned to Stop Worrying about “the” Environment and Love the Crisis of Capitalism. En Suter, C. y Chase-Dunn, C. (Eds.). *Structures of the world political economy and the future global conflict and cooperation* (pp. 285–314). LIT Verlag.
- Moore, J. W. (2015a). *Capitalism in the web of life: Ecology and the accumulation of capital*. Verso.



- Moore, J. W. (2015b). Cheap Food and Bad Climate: From Surplus Value to Negative Value in the Capitalist World-Ecology. *Critical Historical Studies*, 2(1), 1–43. doi: 10.1086/681007
- Moore, J. W. (2017). Metabolic rift or metabolic shift? Dialectics, nature, and the world-historical method. *Theory and Society*, 46(4), 285–318. doi: 10.1007/s11186-017-9290-6
- Neumayer, E. (2013). *Weak versus Strong Sustainability: Exploring the Limits of Two Opposing Paradigms*. Edward Elgar Publishing.
- O'Connor, J. (1991). On the two contradictions of capitalism. *Capitalism Nature Socialism*, 2(3), 107–109. doi: 10.1080/10455759109358463
- Pearce, D. (1988). Economics, equity and sustainable development. *Futures*, 20(6), 598–605. doi: 10.1016/0016-3287(88)90002-X
- Perman, R., Ma, Y., McGilvray, J. y Common, M. (2003). *Natural resource and environmental economics* (Tercera edición). Pearson Education.
- Pirard, R. (2012). Market-based instruments for biodiversity and ecosystem services: A lexicon. *Environmental Science & Policy*, 19–20, 59–68. doi: 10.1016/j.envsci.2012.02.001
- Polanyi, K. (2001). *The great transformation the political and economic origins of our time* (J. E. Stiglitz & F. Block, Eds.). Beacon Press.
- Robertson, M. y Hayden, N. (2008). Evaluation of a Market in Wetland Credits: Entrepreneurial Wetland Banking in Chicago. *Conservation Biology*, 22(3), 636–646. doi: 10.1111/j.1523-1739.2008.00963.x
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin, F. S., Lambin, E. F. y Foley, J. A. (2009a). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461(7263), 472–475. doi: 10.1038/461472a
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin, F. S., Lambin, E. F. y Foley, J. A. (2009b). Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. *Ecology and Society*, 14(2). doi: 10.5751/ES-03180-140232
- Salleh, A. (2010). From Metabolic Rift to “Metabolic Value”: Reflections on Environmental Sociology and the Alternative Globalization Movement. *Organization & Environment*, 23(2), 205–219. doi: 10.1177/1086026610372134
- Salzman, J., Bennett, G., Carroll, N., Goldstein, A. y Jenkins, M. (2018). The global status and trends of Payments for Ecosystem Services. *Nature Sustainability*, 1(3), 136–144. doi: 10.1038/s41893-018-0033-0
- Schmidt, A. (2014). *The concept of nature in Marx*. Londres: Verso.
- Spash, C. L. (1993). Economics, ethics, and long-term environmental damages. *Environmental Ethics*, 15(2), 117–132. doi: 10.5840/enviroethics199315227
- Spash, C. L. (2008). How much is that ecosystem in the window? The one with the bio-diverse trail. *Environmental Values*, 17(2), 259–284. doi: 10.3197/096327108X303882
- Spash, C. L. (2020). A tale of three paradigms: Realising the revolutionary potential of ecological economics. *Ecological Economics*, 169, 106518. doi: 10.1016/j.ecolecon.2019.106518
- Sullivan, S. (2018a). Bonding nature (s)? En Bracking, S., Fredriksen, A., Sullivan, S. y Woodhouse, P. (Eds.), *Valuing development, environment and conservation: Creating values that matter* (pp. 101–121). Routledge.
- Sullivan, S. (2018b). Making nature investable: From legibility to leverageability in fabricating ‘nature as’ natural capital’. *Science and Technology Studies*, 31(3), 47–76. doi: 10.23987/sts.58040
- Turner, R. K. (1993). *Sustainable environmental economics and management: Principles and practice*. Belhaven Press.
- UNFCCC. (2013). *Afforestation and Reforestation Projects under the Clean Development Mechanism: A Reference Manual*. United Nations Framework Convention on Climate Change. Recuperado de: https://unfccc.int/resource/docs/publications/cdm_afforestation_bro_web.pdf (28.04.2020).
- UNFCCC. (2020a, March). *The Clean Development Mechanism*. UNFCCC. Recuperado de: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-kyoto-protocol/mechanisms-under-the-kyoto-protocol/the-clean-development-mechanism> (28.04.2020).
- UNFCCC. (2020b, April). *Kyoto Protocol—Html version* | UNFCCC. Recuperado de: <https://unfccc.int/kyoto-protocol-html-version> (28.04.2020).
- Venkatachalam, L. (2007). Environmental economics and ecological economics: Where they can converge? *Ecological Economics*, 61(2), 550–558. doi: 10.1016/j.ecolecon.2006.05.012
- Victor, P. A. (2020). Cents and nonsense: A critical appraisal of the monetary valuation of nature. *Ecosystem Services*, 42, 101076. doi: 10.1016/j.ecoser.2020.101076
- Walker, R. y Moore, J. W. (2019). Nature, Value, and the Vortex of Accumulation. En Ernstson, H. y Erik, S. (Eds.), *Urban political ecology in the anthro-obscene: Interruptions and possibilities* (pp. 48–68). Routledge.
- World Bank. (2019). *Green Bond Impact Report 2019*. World Bank - Investors Relations. Recuperado de: <http://pubdocs.worldbank.org/en/790081576615720375/IBRD-Green-Bond-Impact-Report-FY-2019.pdf> (28.04.2020)
- World Resources Institute. (2005). *Ecosystems and human well-being: Biodiversity synthesis: a report of the Millennium Ecosystem Assessment*. Washington: World Resources Institute. Recuperado de: <http://pubdocs.worldbank.org/en/790081576615720375/IBRD-Green-Bond-Impact-Report-FY-2019.pdf> (28.04.2020).



Yu, J. y Mallory, M. L. (2020). Carbon price interaction between allocated permits and generated offsets. *Operational Research*, 20(2), 671–700. doi: 10.1007/s12351-017-0345-2

RELACIONES INTERNACIONALES

Revista académica cuatrimestral de publicación electrónica
Grupo de Estudios de Relaciones Internacionales (GERI)
Universidad Autónoma de Madrid, España
<https://revistas.uam.es/relacionesinternacionales>
ISSN 1699 - 3950

 facebook.com/RelacionesInternacionales

 twitter.com/RRInternacional

