

# Ecología

## Ciencia integradora para la Artificialización de la Naturaleza<sup>1</sup>

---

**Juan Miguel Gastó Coderch<sup>2</sup>, Ing. Agrónomo, M.Sc., Ph.D.**

Hace algunos años, el ex Rector de la Universidad de Chile, el Filósofo y Profesor Juan Gómez Millas me relató un evento que le tocó vivir y que consideró de gran importancia. Con el propósito de buscar información e incorporar argumentos para reestructurar la Facultad de Agronomía realizó, conjuntamente con Profesores e Ingenieros Agrónomos, un recorrido por diversas Universidades y por el mundo rural de la Península Ibérica. Durante este recorrido, al arribar a un descampado observaron a un campesino que introducía la mano en un morral, cogía un puñado de semillas y las lanzaba al aire. Mientras lo hacía, decía secuencialmente cada vez que lanzaba las semillas: para Dios, para los pájaros, para mi familia, y así sucesivamente. De acuerdo a la interpretación del Rector Millas, esto indicaba que el campesino entendía cabalmente el significado de la agricultura, al incorporar los tres componentes fundamentales del proceso: el primero, incorpora los valores permanentes relativos a la agricultura y a la vida rural. El segundo indica que en la naturaleza nada es gratis, referido a la segunda ley de termodinámica, es decir que si se desea hacer agricultura, una parte de las simientes deben ser para los organismos que integran la naturaleza, la fauna, la flora, y el suelo, siendo un tercer componente la propia familia, es decir los actores sociales directos que intervienen en el proceso.

El mundo va cambiando, gradualmente; es así como en la actualidad el mismo campesino, ahora transformado en un empresario, presionaría el acelerador de su vehículo y diría: para el banco, para los impuestos, para los insumos. Luego de ello se trasladaría a una ciudad lejana donde

---

<sup>1</sup> Seminario: Desafío Científico del Desarrollo de Ciencias de la Agricultura de Chile. 7 de Septiembre de 2008

<sup>2</sup> El profesor Juan Gastó es Ingeniero Agrónomo de la Universidad de Chile, Master of Science en Ciencias Prateses de la Universidad de Colorado State y Doctor de Filosofía en Ecología. Ph.D, de la Universidad de Utah State. Fue profesor de Manejo de Praderas y de Ecología en la Universidad de Chile. Posteriormente ingresó a la Pontificia Universidad Católica de Chile donde ha desarrollado actividades docentes como Profesor de Ecología, de Manejo de Praderas, Ecosistemas y de Conservación Y Manejo de Recursos Naturales. Estas mismas actividades las desarrolló temporalmente en la Universidad A.A Antonio Narro, de Saltillo, México y en la Universidad de Córdoba, Andalucía, España. Ha tenido varias misiones con organizaciones internacionales: UNESCO, FAO, CEPAL, CEA, BID. Es autor de tres libros y de numerosas publicaciones relacionadas con la agricultura y medio ambiente.

reside, dejando el campo despoblado. Dentro de la evolución histórica de la agricultura moderna, no se puede dejar de pensar en Darwin que trabajaba con lombrices desarrollando además la teoría de la evolución de las especies, Pasteur que estudió el proceso de nitrificación del suelo y los microorganismos participantes, las nitrosomonas y los nitrosobacter, Mendel que trabajando con arvejas logró establecer las bases genéticas de la herencia, Liebig que contribuyó al desarrollo de la ley del mínimo como factor limitante de la productividad y fertilidad de los suelos, Boussignault realizador del empirismo en el campo, Sprenglen la restitución de nutrientes y Weber y Clements que estudiaron los cambios direccionales de la vegetación y del suelo, estableciendo las bases sistemogénicas de evolución del ecosistema conducente hacia una mayor organización (Maroto, 1998). Faltaba, sin embargo, una teoría unificadora que integrara todo lo anterior y mucho más como el marco teórico donde se localiza y encuadra la Ingeniería Agronómica, siendo ésta la Teoría General de Sistemas y la Ecología, donde sobresalen entre otros, L von Bertalanffy (1968), J. Smuts (1926), A.G. Tansley (1935), E. Odum (1953) y R. Margalef (1968), todo lo cual se integra en la trama de la vida (Capra, 1996; Chivas, Reganold y Owen, 2002).

A partir de lo anterior se puede cuestionar ¿Cuál es el desafío de la Agronomía contemporánea como ciencia y profesión centralizada en la resolución de problemas de la agricultura? Y complementariamente a lo anterior se pretende determinar ¿Cómo se inserta el contexto ecológico como el eje central de la Ingeniería Agronómica? Usualmente se localiza el problema en lo inmediato tal como el control de plagas, variedades mejoradas o mantención de la fertilidad del suelo, pero en realidad hay otros temas de mayor jerarquía, tal como ocurre con la ecología como ciencia básica y su inserción en la agronomía, por lo cual se debe localizar dentro de un paradigma fundamentado en la ecología (Kuhn, 1971; Margalef, 1974).

Ecología deriva de *oikos* que significa casa y *logos* estudio. Nuestra casa es Chile, que en su parte continental e insular cubre aproximadamente una superficie de setenta y cinco millones de hectáreas, además de la superficie de mar territorial y patrimonial, conjuntamente con el territorio antártico. Ecología es el estudio de la casa y ecosistema es la organización de la casa. Existe además un tercer concepto que no puede existir sin los dos anteriores, el cual corresponde a la economía, que se refiere a la administración de la casa. Antiguamente el término economía tenía como significado el abastecimiento de elementos y bienes para el desarrollo de la vida humana, lo que corresponde a lo que actualmente se denomina ecología. Lo que la sociedad contemporánea denomina economía es lo que antiguamente correspondía a crematística, que era el arte de

administrar y ganar dinero (Martínez, 1987; Subercaseaux, 2007). La agricultura actual es la resultante de un proceso evolutivo que se inicia con la aparición del hombre como cazador y recolector, período en el cual comienza a coevolucionar con su entorno hasta generar una sociedad estructurada socialmente como etnos. Esto le permite comenzar a domesticar a la naturaleza y transformarla en su casa como un entorno con un cierto grado de control hasta alcanzar un estado amplio de ruralización, en el cual la naturaleza se ha transformado parcialmente en campo, originalmente ocupado por áreas silvestres aún no alteradas. La etapa siguiente es la de urbanización, como una estructura de asentamientos humanos permanentes, complementado con las construcciones propias de ésta, pero teniendo como entorno a lo rural y a lo que aún se conserva como silvestre. Luego se inicia la etapa de *Farming*, es decir, de actividades prediales organizadas con el fin de artificializar la naturaleza para generar excedentes de consumo para la industria y para las urbes. El éxito alcanzado por las actividades prediales llevadas a cabo en haciendas, fundos, estancias, parcelas y solares ha sido tan grande, que ha permitido gradualmente incrementar la urbanización generando pueblos, villas, aldeas, ciudades y metrópolis cada vez mayores, simultáneamente con la reducción constante de la población rural y conjuntamente con la intensificación y globalización del proceso de *Farming*. En las etapas finales, luego de alcanzar una urbanización intensiva emerge la necesidad de insertar a la naturaleza con la cultura y la sociedad, dada las necesidades de biofilia y topofilia, lo cual se expresa en las tendencias actuales de la agricultura, generadas por la integración de tres elementos fundamentales: naturaleza, cultura y bienestar, todo ello integrado en forma dinámica como panarquía (Gunderson y Holling, 2002; Naredo, 2004).

Desde hace aproximadamente unos diez mil años, cuando se inventan los cultivos y la ganadería, han ocurrido cambios sustantivos. A comienzos de la era cristiana, en la época de Columela se hablaba de *re-rústica*, que no es otra cosa que la ruralidad, la cual se complementa con la *polis* que representan las pequeñas ciudades y pueblos, bien estructurados tal como los de: Babilonia, Grecia y Roma (Hughes, 1975; Ponting, 1991). Fue necesario abastecer a las ciudades de alimentos abundantes para lo cual se requirió desarrollar predios especializados que fueran eficientes en el proceso productivo tal como ocurrió con la hacienda y el fundo (*farm*). De allí deriva el término inglés *farming* que es diferente de *cropping* y *husbandry*. *Farming* puede definirse como la ordenación, gestión y administración de predios rurales, cuyas actividades se centran en el territorio articulado con las actividades tecnológicas relativas a la agricultura *sensu lato*. En el caso de los salmones, por ejemplo, se tiene en nuestro país la salmonicultura o cultivo de salmones, en

cambio en inglés se habla de *Salmon Farming* o desarrollo de fundos salmoneros, con todo lo que ello implica en la localización territorial de las actividades.

De manera similar podría tratarse de un fundo lechero, cerealero, frutícola o forestal y no sólo de lo relativo al ganado y al cultivo: El paso importante es la transición desde un problema centrado en la planta o el animal, a otro diferente centrado los actores sociales y en el territorio organizado, gestionado y administrado con propósitos rurales donde se integra la vida en el campo con la producción de excedentes destinadas para la industria y la urbe, y con la protección de los ecosistemas silvestres complementarios.

Los conceptos y términos empleados en el lenguaje cotidiano van apareciendo en la medida y circunstancias que la sociedad los requiere, quedando luego obsoletos y extintos cuando éstos dejan de tener significado. Tal es el caso de *re rústica* de la época romana de Columela, a comienzo de la era cristiana. Barnhart (2004), indica en su diccionario etimológico que el término agricultura aparece sólo en 1440 como una actividad de cultivar y organizar la producción del campo. De ésta, deriva posteriormente cultura, en 1510, luego de ser introducida al lenguaje por Tomás Moro. La agronomía como ciencia y profesión destinada al estudio y de los problemas de las fincas rurales, según Maroto (1998) solo aparece en 1810 en Moglin, (Alemania) y Hohenheim (1818) creándose luego en Georgikan ( Hungría) seguidas de varias otras en Rville (1922), Nancy (1824) y Grignon (1926), todos estos en Francia. Luego, desde mediados del siglo se expandieron por toda Europa; siendo en Chile su creación en 1867. Las áreas de especialización de esas primeras escuelas fueron fitotecnia, zootecnia e ingeniería. En esa época se destacan numerosos personajes científicos del ámbito agronómico tales como Darwin con la teoría de la evolución, crianza de equinos y estudio de las lombrices como biología del suelo. Mendel desarrolló de la genética y herencia, Pasteur con el estudio de la microbiología del suelo y procesos relativos al nitrógeno y su transformación por microorganismos, además de lo relativo a la conservación de alimentos y Liebig en la química del suelo y nutrición de las plantas (Maroto,1998). Con posterioridad, otros términos y conceptos van evolucionando e incorporándose al contexto de las ciencias agronómicas, entre los cuales cabe destacar Recursos Naturales que según Barnhart (2004) aparece en 1870, en pleno auge de la revolución industrial, lo cual se explica por la necesidad de contar con materias primas provenientes de la agricultura y de las áreas silvestres, las cuales comenzaban a ser una fuente limitada de suministro para la industria y las urbes. Tröll en 1939 y Forman y Godron en 1982 desarrollaron el concepto de Ecología del Paisaje y lo cual

formalizan y explican, siendo un cambio sustantivo en la evolución de la ciencia agronómica moderna y contemporánea, lo cual fue seguido por Wilson (1984) como Biofilia y Tuan (1979) como topofilia, los que finalmente se integran como panarquía, de acuerdo a lo planteado por Gunderson y Holling (2002). Está claro que ha habido una coevolución de la agronomía y la sociedad en función del espíritu de época (*zeitgeist*) y de la pertenencia de la gente al lugar (*Volkgeist*) de acuerdo a lo planteado por Herder y generalizado por Hagel (Berlín, 1996; Ferrator 1999). Todo esto ha conducido a la incorporación de la ecología como un eje integrador fundamental de la agronomía moderna donde se integra naturaleza, cultura y bienestar de la sociedad transformándose desde una ciencia analítica de naturaleza cartesiana a una sistémica (von Bertalanffy, 1968), (Naveh, 2000; Naveh y Liberman, 1984; Savory, 1988), holística (Smuts, 1926), y ecosistémica (Tansley, 1935; Nava, Armijo y Gastó, 1996).

La ecología se inserta en la agricultura (*sensu lato*) de diversas formas, de acuerdo a qué se entienda por ella y a donde se localice el problema. La agricultura puede ser definida como una actividad económica que tiene relación con la producción de los cultivos en forma sustentable y su transformación a formas que son consumidas por el hombre. La realizan numerosas personas como una actividad para vivir (Acevedo, 2009). Esta definición expresa el planteamiento de las directivas de las asociaciones de agricultores y del Ministerio de Agricultura, quienes no han logrado comprender que la agricultura es mucho más que un negocio, donde con frecuencia las condiciones del entorno no permiten su desarrollo como una actividad comercial rentable. Según Lawes (1847) y Prado (1983). Agricultura puede ser definida como el “proceso de artificialización de la naturaleza con propósitos humanos”. En este contexto, la agricultura no es solo el cultivo, sino que es la naturaleza existente en un territorio que sufre una transformación en pastizal, cultivo, ganadería o plantaciones (Gastó, Guerrero y Vicente, 2002). En los años setenta, cuando se imponen las tecnologías productivistas duras, se lo define como el poner un arnés a la energía solar mediante plantas, con propósitos humanos” (De Wit, 1974). Una definición anterior, de 1814 define a la agricultura como *science of managing farmland*, (Barnhart, 2004), la cual es consistente y complementaria con la primera pues integra la naturaleza y su artificialización con la gestión del territorio organizado como predios rurales. En todas estas definiciones el tema ecológico es prioritario. Durante las últimas décadas, sin embargo, ha sido definida y considerada solo como un agronegocio, lo cual le quita toda su trascendencia y significado, dejándola solamente como una rama menor, de la economía (Martínez 1987). En Chile, en general ello ha ocurrido especialmente durante la segunda mitad del siglo pasado, y continúa en el presente; se ha localizado en los

cultivos, en la economía y en la empresa en general, dejando de lado su dimensión predial. La hacienda fue durante los primeros 300 años desde la Conquista y la Colonización de América, la actividad territorial, social, económica y de gestión más importante, complementándose posteriormente con el fundo en todas sus expresiones (Rondón, 1994).

La ecología se incorpora formal y rigurosamente con el desarrollo de la teoría general de sistemas a partir de los años veinte y con el ecosistema a partir de 1935. Se generaliza a partir de la década de los sesenta y setenta. Es difícil plantear que la agronomía contemporánea pueda sustentarse y desarrollarse en un contexto que no incorpore como paradigma fundamental a la ecología, dada su matriz agrícola territorial generada a partir de la artificialización del ecosistema natural, transformando predios rurales.

La agronomía no puede existir sin la agricultura, pues su objetivo es resolver problemas de esta última. En forma análoga se puede plantear la medicina como la ciencia y profesión que tiene como objetivos resolver problemas de la salud. A pesar que en la medicina el tema del negocio es importante, nunca se ha llegado a desconocer que lo medular es la salud y no el negocio. En el caso de la agronomía se ha desvirtuado en sus fundamentos, durante las últimas décadas su foco de localización, planteándose que su objetivo medular es el negocio. Es por ello que se han llegado a transformar abrupta y prácticamente en escuelas de agronegocios, aunque en la apariencia no se presenten como tales. Existe obviamente un negocio agrícola derivado del uso que se haga del territorio lo cual es importante aunque éste no puede distorsionar el proceso hasta generar daños complementarios al sistema global y a sus complemento urbano, y al de las áreas silvestres protegidas.

Las carreras relacionadas con las actividades del agro se generan en fechas aproximadas al pleno desarrollo de la revolución industrial. En ese entonces, la industria comienza a requerir en cantidades cada vez mayores de materias primas provenientes de la naturaleza, las cuales obviamente se hacen progresivamente más escasas y comienzan ser un bien transable. Es curioso entonces que el término Recurso Natural solo aparezca en 1870, en pleno desarrollo industrial (Barnhart 2004). Nace así la ciencia agronómica en 1810 (Ingeniería Agronómica), como una profesión destinada a producir materias primas y alimentos baratos y abundantes para los trabajadores industriales y los centros urbanos que comienzan a presentarse con gran desarrollo. Lo mismo ocurre con las actividades forestales (Ingeniería Forestal), que se desarrollan para el crecimiento, producción y desarrollo de la tecnología de la madera, requerida tanto para la

construcción naviera como para otras actividades complementarias de la industria y de la vivienda. Además se tiene la veterinaria en 1765 (Medicina Veterinaria) centrada en el desarrollo ganadero y de la salud animal, tanto para las actividades bélicas de la caballería como para satisfacer la demanda de alimentos. Todos ellos nacen como profesiones con fines productivos, con lo cual se justifica el negocio y las utilidades. La base común de todas ellas es la ecología, el ecosistema y la gestión del territorio.

La estructura de la agronomía como ciencia y profesión puede plantearse en cuatro niveles disciplinarios de integración centrados en la teoría ecológica y en el ecosistema. El primero de ellos se refiere a las ciencias empíricas inorgánicas tales como química, física, y geología y a las orgánicas tales como genética, fisiología, taxonomía y nutrición (Figura 1). Estas se integran como ecotopo y biocenosis, los cuales a la vez constituyen genéricamente el ecosistema; siendo su dimensión específica, disciplinas tales como horticultura, entomología, viticultura, ovinotecnia, praticultura y silvicultura. En su esencia, son todas ellas casos particulares de ecología aplicada con una fuerte base tecnológica como mecanismo artificializador de la naturaleza. El tercer nivel de integración incorpora además a la sociedad con la naturaleza artificializada como constituyentes del mundo rural como un entorno para el desarrollo de la vida, lo cual es además complementario a lo urbano y a lo silvestre protegida. Es la agronomía moderna transdisciplinaria. El cuarto nivel integra la agronomía como ciencia con la profesión de Ingeniero Agrónomo, donde se incorporan además elementos tanto normativos como valóricos.

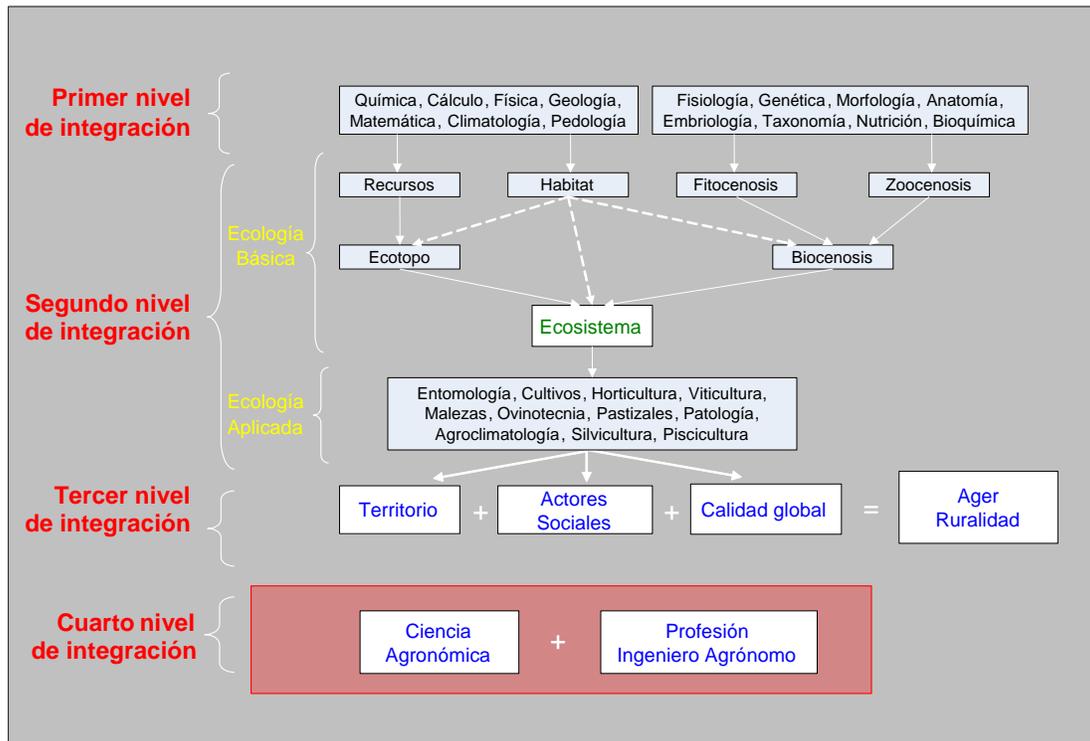


Figura 1. Esquema de la estructura de los niveles de integración de la ciencia agronómica como base de la Ingeniería Rural destinada a la resolución de problemas de la agricultura y ruralidad (Gastó, 1980, modificada por el autor).

Los fenómenos agronómicos se pueden analizar y plantear desde cinco perspectivas diferentes, los cuales constituyen un largo proceso epistemológico y etimológico que permiten en la actualidad localizarla rigurosa y sistemáticamente en el contexto de las ciencias modernas relativas a la artificialización de la naturaleza (Figura 2). Su base fenomenológica es claramente la naturaleza en su expresión como matriz territorial; siendo el territorio entendido como una porción de la superficie terrestre y acuática perteneciente a un predio, región o país ocupado por actores sociales (*Stakeholders*) donde se dan relaciones mutuas. La naturaleza es el conjunto de todas las entidades y fuerza que componen el territorio; es el mundo natural tal como existe sin el hombre y su civilización. El mundo de la naturaleza constituye la matriz de fondo donde la especie humana ha evolucionado a lo largo de un periodo prolongado que en nuestro caso conduce a la ruralidad. El recurso natural es la fuente de suministro a partir de la naturaleza como soporte de ayuda mantenida en reserva y ordenada, gestionada y administrada por las actividades agronómicas. El

ecosistema, es uno de los conceptos de más recientes desarrollo, el cual permite localizar e integrar las diversas disciplinas que conforman la ciencia agronómica. El paisaje puede ser definido como lo que queda después de haber actuado y por lo cual constituye el ámbito resultante de todo lo anterior, siendo el espacio donde se desarrolla la agricultura y ruralidad. Todo esto ocurre en un proceso coevolutivo de la sociedad con la naturaleza lo cual tiene una explicación etimológica de evolución cronológica representada por las fechas acuñación de los diversos términos (Barnhart 2004; Oherens, Alcalde y Gastó 2007).

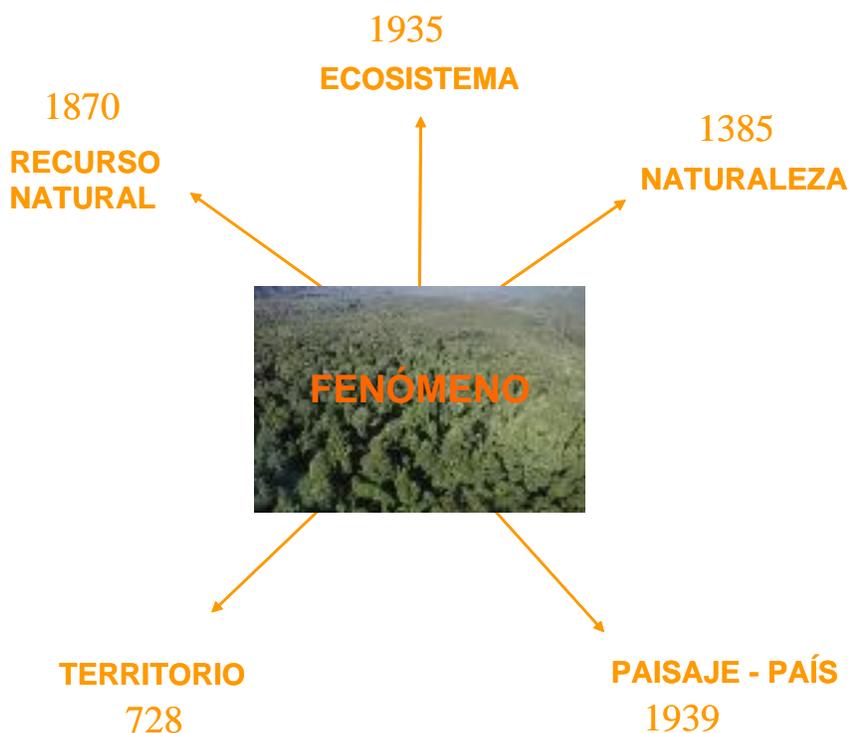


Figura 2. Esquema del análisis y planteamiento en los fenómenos agronómicos desde sus cinco perspectivas fundamentales, representadas por sus expresiones etimológicas y secuencia cronológica de acuñación de los términos (Oherens, Alcalde y Gastó 2007).

La ciencia agronómica se localiza en un contexto que transcurre en diversas disciplinas y niveles jerárquicos, por tratarse además de una proporción de componentes de amplia complejidad de las diversas disciplinas que la integran (Figura 3). La disciplinaridad de los componentes de la ciencia abarca desde la unidisciplina hasta la interdisciplina, al igual que lo que ocurre en otras profesiones complejas tales como la medicina y las ingenierías en general (Max Neff, 2005).

La profesión agronómica, en cambio, es de naturaleza transdisciplinaria lo cual abarca un amplio y complejo rango de jerarquías, complementariamente con dichas disciplinas que la componen. Todo ello le da una dificultad particular de establecer su centro y extremos de localización y sus límites, umbrales y fronteras de actuación. Durante un prolongado proceso evolutivo su desarrollo se centró básicamente en el cuarto nivel el empírico, aún cuando como profesión se tiende a centrarla en el tercer nivel, el pragmático, al igual que otras profesiones tales como arquitectura, ingeniería civil, ingeniería forestal y medicina. Sobre estos, se localiza el segundo nivel, el normativo que con frecuencia, se combina y solapa con algunas de las demás profesiones del nivel pragmático. El primer nivel es el valórico, el cual, desde una jerarquía superior abarca la totalidad de las disciplinas y niveles inferiores. Este último, es de naturaleza esencialmente compleja como cuando esta dimensión también se incluye en forma más específica en todos los demás niveles y disciplinas. Las políticas públicas y profesionales deben centrarse especialmente en los niveles normativos y pragmáticos (Gastó, Rodrigo, Aranguiz, 2002).

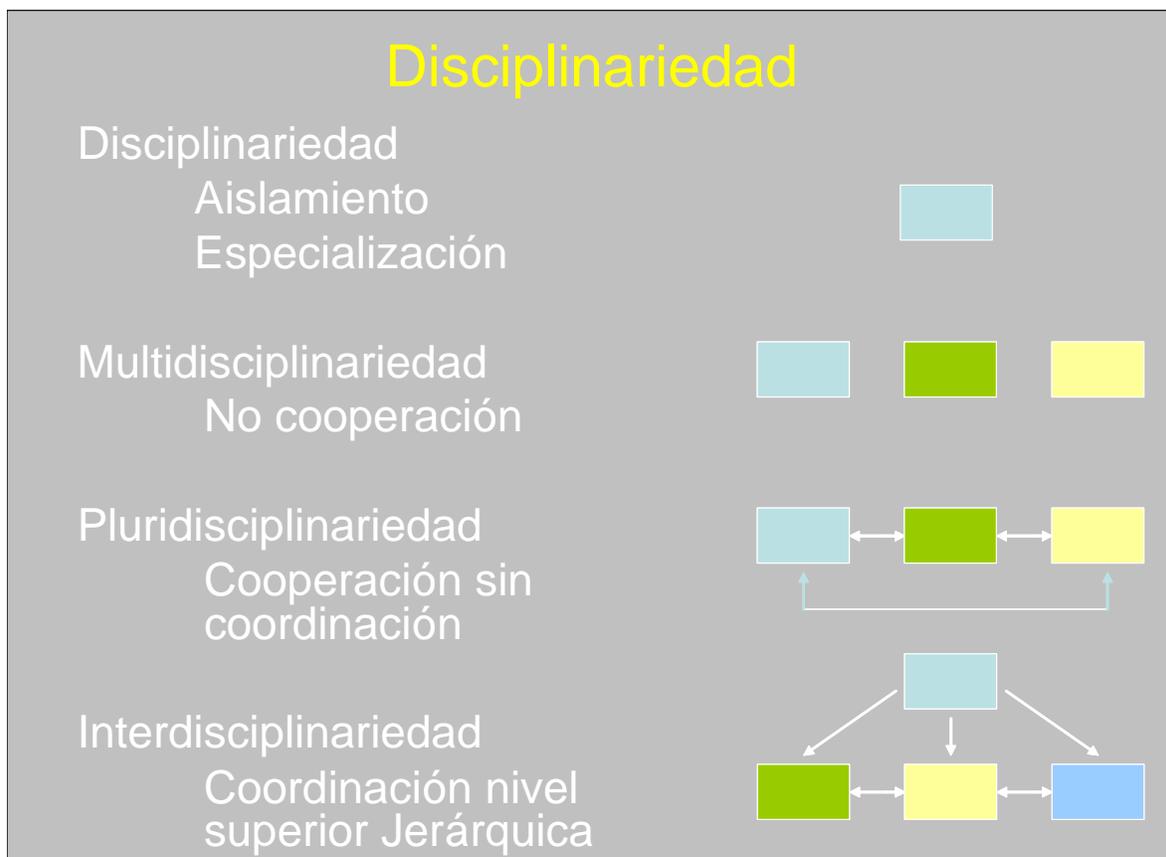


Figura 3. Esquema de la disciplinarietà de las diversas ciencias y disciplinas que integran la ciencia orgánica, según (Max Neff, 2005)

La ecología constituye la ciencia básica necesaria para el estudio y desarrollo de la conservación y manejo de los recursos naturales renovables. Es la disciplina que unifica e integra la diversidad de ámbitos que abarca y compone la agronomía como ciencia y a la ingeniería agronómica como profesión (Figura 4). La naturaleza puede ser definida como el conjunto, orden y disposición de todas las entidades y fuerzas que componen el universo. Es el mundo natural tal como existe sin el hombre o su civilización (RAE, 2001; Ferrater1999). El mundo de la naturaleza constituye la matriz de fondo en donde la especie humana ha evolucionado a lo largo de un período prolongado.

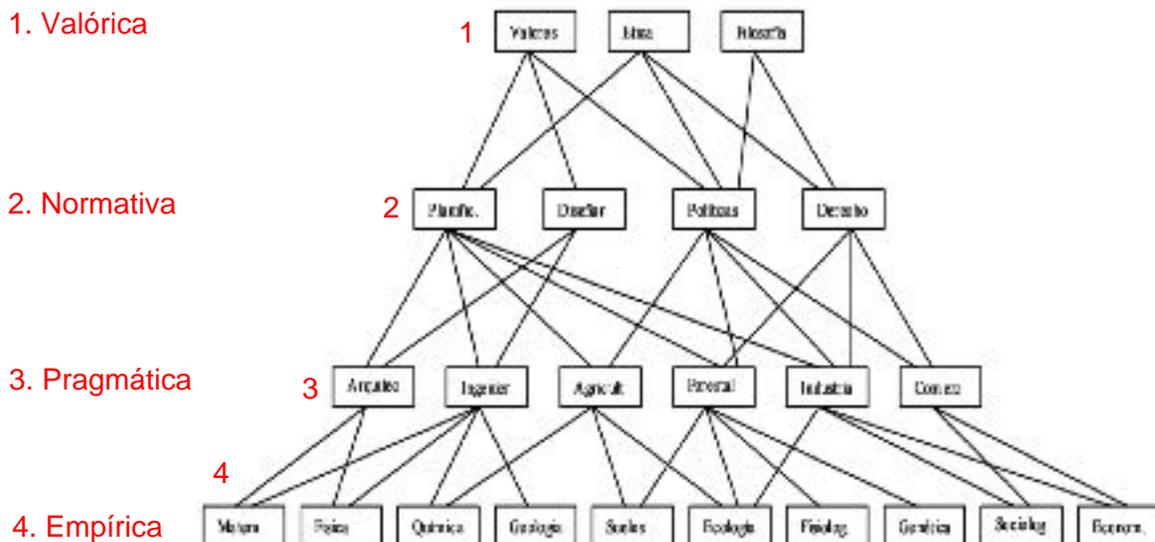


Figura 4. Inserción transdisciplinaria de la profesión a ciencia agronómica en los cuatro niveles jerárquicos de integración y cada uno de ellos en las diversas disciplinas que les componen, según Max Neff (2005)

La caracterización de la naturaleza como un área silvestre y su planteamiento descriptivo y resolutivo requiere necesariamente de su localización desde una perspectiva filosófica y ecológica, sin lo cual no es posible avanzar hacia su transición a los recursos naturales renovables. En las

etapas siguientes y por tratarse de un nivel pragmático la naturaleza se centra en su utilitarismo, lo cual comprende además a la cultura de la sociedad, definida como la manera de integrarse con el mundo (Figura 5).

Por tratarse de una ciencia y profesión centrada en lo territorial introduce una dimensión legal de apropiación de bienes de la naturaleza organización para su gestión en el territorio. Se tiene así lo valorativo que ocurre en la práctica básicamente en función de las transacciones que pueden ser económicas y de las más diversas naturalezas. Su gestión deber ser además, producible y renovable. La transición desde la naturaleza como matriz de fondo a recurso natural renovable es compleja, siendo ambos conceptualmente diferentes, pues incorpora en su transición lo cultural, legal, económico, gestión, conservación y sostenibilidad, por lo cual es necesario aceptar que esencialmente son diferentes. El eje central de esta transición es la teoría ecológica como base teórica transdisciplinaria de todo ello (Figura 5).

## De Naturaleza a Recurso Natural Renovable

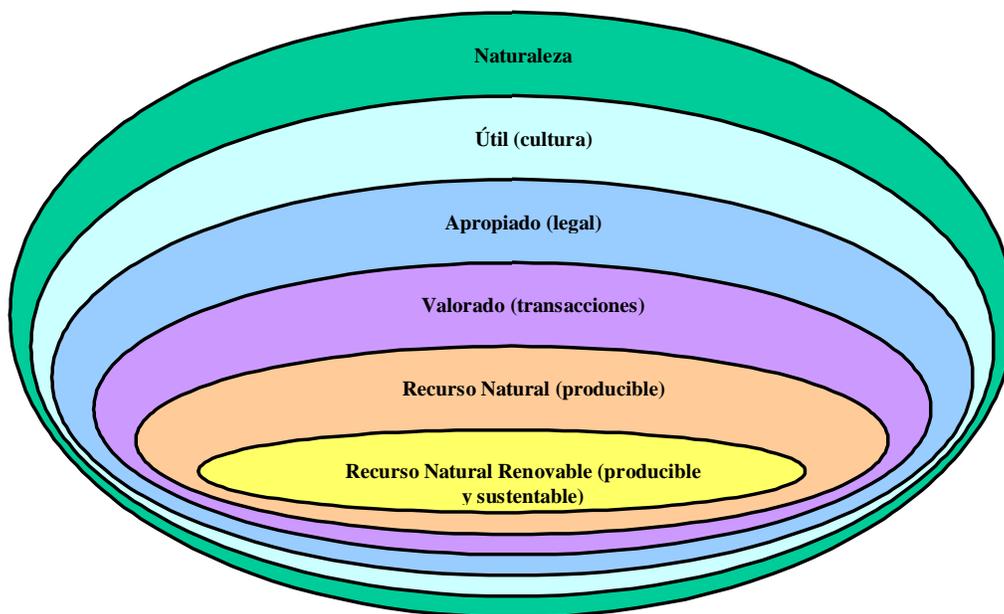


Figura 5. Etapas de la transición desde naturaleza a recurso natural renovable, planteado como un sistema de conjuntos y subconjuntos basado en Naredo 1987 y Gastó, Vieli y Vera, 2006.

El paradigma tradicional de actuación de la ciencia y profesión se ha centrado en tres componentes fundamentales: lo sectorial, las personas y la eficiencia, siendo la resultante el éxito o el fracaso (Figura 6). Los sectores se refieren a las acciones que se llevan a cabo como resultante del nivel pragmático por las personas. La evaluación actualmente es prioritarista a nivel económico como ocurre con el cálculo de indicadores tales como TIR (Tasa Interna de Retorno) y VAN (Valor Actual Neto), lo cual permite evaluar su resultado como éxito o fracaso de la actividad. El nuevo paradigma del siglo XXI, en cambio se centra en el territorio en lugar de lo sectorial, en los actores sociales (Stakeholders) en lugar de las personas y en la calidad global en lugar de la eficiencia (Figura 6), siendo el indicado global de la resultante las determinantes funcionales de naturaleza ecológico, estético, social y económico, lo cual se logra determinando el espacio de solución de acuerdo al modelo propuesto por Nijkamp 1990.

## Paradigma Tradicional Siglo XX



## Nuevo Paradigma Siglo XXI



Figura 6. Paradigma Tradicional y Nuevo Paradigmas, relativos a la localización de la ciencia y profesión de Ingeniero Agrónomo (Gastó y Vera, 2009).

## Abrir y Cerrar

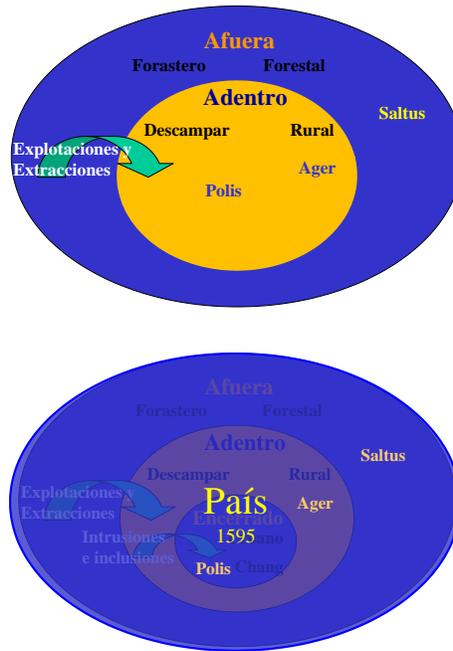


Figura 7. Componentes de *saltus*, *ager* y *polis* resultantes de abrir y cerrar el territorio original y su transformación en país como una unidad integradora de los componentes (Gastó, Vieli y Vera, 2006)

En países como Chile, donde el territorio ha sufrido una intensa y abrupta transformación desde su estado natural original, constituido por ecosistemas tales como bosque y praderas naturales, la apertura de tierras ha sido el evento de mayor trascendencia en la transformación de ésta en paisaje cultural (Vitousek *et al*, 1999). Una porción del territorio, constituido por cubiertas tales como bosques nativos, praderas naturales, glaciares, playas, lagos y ríos permanecen inalterados como *saltus* es decir que quedan fuera de este proceso transformativo de apertura (figura 7). Otra parte se ha abierto o descampado, transformándose en *ager*, luego de la extracción de algunos de sus componentes originales simultáneamente con la incorporación de otros. Finalmente se tiene los lugares de inclusión donde predominan las construcciones, lo cual constituye la *Polis*. Es así como el territorio se transforma gradualmente en país (Ramos, 1987), es decir el paisaje cultural integrado por estos tres componentes: *saltus*, *ager* y *polis*, las cuales se organizan y complementan en diversas proporciones constituyendo lo silvestre protegido, lo rural y lo urbano (Figura 8)

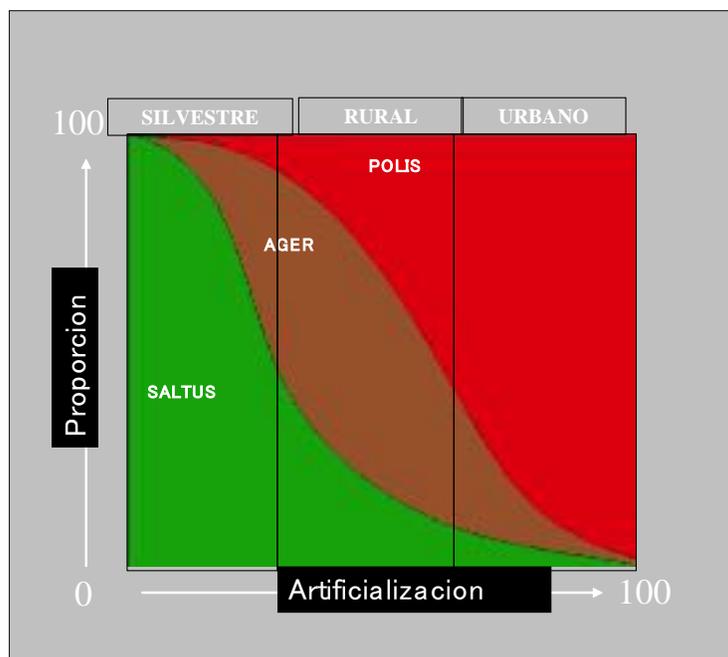


Figura 8. Integración territorial de las categorías esenciales del paisaje *saltus*, *ager* y *polis* y de las clases de gestión y administrativas: silvestre protegida, rural y urbana, todo ello en función de su grado de artificialización (Gastó, Vieli y Vera, 2006).

Las temáticas fundamentales que deben incorporarse al desarrollo de la ecología como disciplina básica integradora de la ciencia agronómica, como profesión destinada a la resolución de problemas agrícolas, definidos como “la artificialización de la naturaleza con propósitos humanos, donde se toman decisiones centradas en el desarrollo de la ruralidad”, que no son las mismas que el de otras ramas, descriptivas de las diversas ecologías (Wu y David, 2002).

Como una primera etapa, y dado que se trata de una disciplina resultante de un largo proceso evolutivo de la ciencia en general se debe plantear dentro de la perspectiva ecológica de la historia de la sociedad y de su entorno. Previamente, para ello fue necesario desarrollar las ciencias empíricas, para luego introducir en lo pragmático, normativo y valórico (Figuras 9 y 10). En una segunda parte se debe establecer su centro y origen, desarrollándose el lenguaje pertinente a la temática el cual corresponde al de la Teoría General de Sistemas y al del Holismo Evolutivo, lo cual

se localiza prioritariamente en el Ecosistema y en el Ecosistema-Origen (Nava, Armijo y Gastó, 1996).

Se establecen así los principios y mecanismos de regulación de la naturaleza artificializada. Las fallas y disfuncionamientos del sistema se localizan en la metodología clínica de ecosistemas naturales y artificializados, a través del examen, diagnóstico y tratamiento de éstos, al ser considerados como los pacientes medulares de la profesión.



Figura 9. Naturaleza en estado original como matriz de fondo (Palena), Ecosistema degradado con restauración forestal parcial (Cordillera de la Costa de Curicó) y paisaje cultural rural en condición armónica de sus componentes de: *saltus*, *ager* y *polis* (Sajonia).



Figura 10. Paisaje cultural rural frutícola estresado de la Cordillera de la Costa de la Quinta Región y paisaje cultural rural biodinámico en condición armónica de California, donde se busca lograr una mayor simetría en el ecosistema a nivel del territorio y de la cuenca

En la tercera parte se plantea y analiza la arquitectura del ecosistema, lo cual corresponde a su anatomía y morfología, de lo cual depende su comportamiento. Su componente central debe ser la cuenca como una estructura geomorfológica de organización natural y artificial de la hidrología, atmósfera, fitocenosis y zoocenosis. Se incorporan aquí las dimensiones antropocéntricas y ecocéntricas, al igual que lo local y lo global. Especial énfasis se tiene en lo temático relativo a la ecología de poblaciones, a la biocenosis y al ecotopo (Gastó, Vera, Vieli y Montalba 2009).

La cuarta parte del desarrollo de la temática ecológica corresponde a su comportamiento y funcionamiento. Dada la estructura de la matriz de fondo hidrológica, atmosférica, geomorfológica y biocenosis, la conducta del sistema artificializado está dada por su arquitectura determinada por el arreglo topológico de los componentes y por su número y tamaño (Gastó 1979).

El ecosistema, tanto natural como artificializado constituye una estructura dinámica dada por dos fuerzas. El proceso endógeno natural está dado por la sistemogénesis o sucesión ecológica donde los cuatro componentes esenciales: fitocenosis, zoocenosis, climatopo y edafotopo van integrándose y modificándose mutuamente hasta alcanzar estados de mayor equilibrio, en sus etapas de mayor madurez o clímax. Este proceso es direccional y predecible y constituye la base del cambio ecosistémico. La artificialización es el producto resultante de los cambios endógenos de naturaleza autopoyéticas conjuntamente con los operadores exógenos de artificialización (Margalef, 1963).

En la última etapa del desarrollo de ecosistemas de bajo o alto grado de artificialización se tiene el paisaje cultural rural que incorpora la combinación de: *saltus*, *ager* y *polis*, ordenados y organizados para su gestión y administración territorial en silvestre protegido, rural y natural. Ello permite darle gobernanza al territorio (Costanza et al, 1997). El ámbito referencial esta dado por la naturaleza y la cultura como escenario para el desarrollo del bienestar humano (Gastó, Vieli y Vera, 2006; Haber, 1990).

La ecología planteada como una ciencia integrada para la artificialización de la naturaleza y su transformación en *ager* es la base teórica que permite establecer el centro transdisciplinario de la ciencia agronómica y de la profesión de Ingeniería Agronómica y de la Ingeniería Rural en general (Gastó et al, 1987, González, 1981). Establece las bases para su desarrollo y evolución sin lo cual no es factible generar un desarrollo riguroso, sistemático y formal tanto de la ciencia como de la profesión, pues no nos encontramos en una época de cambio, si no que un cambio de época, que requieren resolver gradualmente (*solvitur ambulando*) los problemas que se van generando en un largo proceso a través del *ager*, por el sendero de la ecología (Gell-Mann, 1995).

## Bibliografía

- ACEVEDO, E. 2009. Fisiología de cultivos: intensificación sustentable, captura de carbono y aumento del rendimiento potencial y rendimiento bajo el estrés de los grandes cultivos. Seminario Desafío Científico del Desarrollo de las Ciencias de la Agricultura de Chile. Reunión Académica de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile.
- BARNHART, R.K. 2004. Chambers. Dictionary of etymology. H.W.Wilson. New York. USA.
- BERLIN, I. 1996. El regreso del volksgeist. En B. Moyens Fin de siglo: 86-100. Mc Graw-Hill. Mexico.
- BERTALANFFY, L. VON. 1968. General System Theory: Foundations, development, applications. George Braziller. New York. USA.
- CAPRA, F. 1996. La trama de la vida. Editorial Anagrama. Barcelona, España. The Web of Life. A New Synthesis of Mind and Matter. Harper Collins Publishers. Londres, Reino Unido.
- COSTANZA R., R. D'ARGE, R. DE GROOT, S. FARBER, M. GRASSO, B. HANNON, K. LIMBURG, S. NAEEM, R. O'NEIL, J. PARUELO, R. RASKIN, P. SUTTON y M. VAN DEN BELT. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature Magazine 387: 253-260.
- CHIRAS D., J. REGANOLD y O. OWEN. 2002. Natural Resource Conservation. Prentice Hall. New Jersey. USA.
- D'ANGELO, C. 2002. Marco conceptual para la ordenación de predios rurales. En: Gastó J., P. Rodrigo e I. Aránguiz (Ed.). Ordenación Territorial, Desarrollo de Predios y Comunas Rurales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. LOM Ediciones. Santiago, Chile.
- FERRATER, J. 1979. Diccionario de filosofía. Ariel. Barcelona, España.
- FORMAN, R. y M.GODRON. 1986. Landscape ecology. John Wiley. New York. USA.
- GASTÓ, J 1980. Ecología. El Hombre y la transformación de la naturaleza. Editorial Universitaria. Santiago, Chile.
- GASTÓ, J *et al.* 1987. Metodología clínica para el desarrollo del ecosistema predial. Tecnología y ciencia en agroecología. Año 1 N°4, CIAL. Santiago, Chile.
- GASTÓ, J., J.E. GUERRERO y F.VICENTE. 2002. Bases ecológicas de los estilos de agricultores y del uso multiple. En Gastó J. P. RODRIGO y I. ARÁNGUIZ I. Ordenación Territorial. Desarrollo de

- Predios y comunas Rurales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. LOM. Santiago, Chile.
- GASTO, J. P. RODRIGO e I. ARANGUIZ. 2002. Ordenación Territorial. Desarrollo de Predios y Comunas Rurales. LOM Editores. Santiago, Chile.
- GASTÓ, J., VIELI, L. y L. VERA. 2006. Paisaje Cultural. De la *Silva* al *Ager*. Revista Agronomía y Forestal UC N° 28, pp. 29-33.
- GASTO, J. y L. VERA. 2009. Ordenamiento y sustentabilidad territorial en un mundo centralista. 455-473. En: Baer, H.Von. Pensando en Chile desde sus regiones. Ediciones Universidad de la Frontera. Temuco, Chile.
- GASTÓ, J., L. VERA, L. VIELI y R. MONTALBA. 2009. Sustainable agriculture: Unifying concepts. Cien. Inv. Agr. 36: 5-26.
- GELL-MANN, M. 1995. El quark y el jaguar. Aventuras en lo simple y en lo complejo. Tusquets Editores S.A. Barcelona.
- GONZÁLEZ, F. 1981. Ecología y Paisaje. H. Blume Ediciones. Madrid, España.
- GUNDERSON, L.H. y C.S. HOLLING (ed.) 2002. Panarchy. Understanding, transformations in human and natural systems. Island Press. Wash.
- HABER, W. 1990. Using landscape ecology in planning and management. p. 217-232. En: Zonneveldt, I. y R. Forman. Changing Landscapes: An Ecological Perspective. Springer-Verlag. New York, U.S.A.
- HUGHES, J.D. 1975. Ecology in ancient civilizations. University of New Mexico Press. Albuquerque. N. M.
- KUHN, T. 1971. La estructura de las revoluciones científicas. Fondo de Cultura Económica. México D.F., México.
- LAWES, J.B. 1847. On agricultural chemistry. J. Royal Agric. Soc. England. 8:226-260.
- MARGALEF, R. 1963. On certain unifying principles in ecology. Am. Naturalist 97: 357-374.
- MARGALEF, R. 1968. Perspectives in ecological theory. University of Chicago Press. Chicago, USA.
- MARGALEF, R. 1974. Ecología. Editorial Omega. Barcelona, España. 976 p.
- MAROTO, J.V. 1998. Historia de la agronomía. Una versión de la evolución histórica de las ciencias y técnicas agrarias. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- MARTINEZ, J. 1987. Economía y ecología: cuestiones fundamentales. Pensamiento Iberoamericano 12:41-60.
- MAX-NEFF, M.A. 2005. Foundations of transdisciplinarity ecological economics 53: 5-16.

- NAREDO, J.M. 1987. ¿Qué pueden hacer los economistas para ocuparse de los recursos naturales?. Desde el sistema económico hacia la economía de sistemas. Pensamiento Iberoamericano. 12: 61-74.
- NAREDO, J. 2004. Diagnóstico sobre la sostenibilidad: La Especie Humana como Patología Terrestre. En: Archipiélago Nº 62. Jornadas sobre la sostenibilidad en el proyecto arquitectónico y urbanístico. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Madrid, España.
- NAVA, R., R. ARMIJO y J. GASTÓ. 1996. Ecosistema. La unidad de la naturaleza y el hombre. Editorial Trillas. México.
- NAVEH, Z. y A. LIVERMAN 1984. Landscape ecology. Springer Verlag. New York, USA.
- NAVEH, Z. 2000. What is holistic landscape ecology? A conceptual introduction. Landscape and Urban Planning 57:269-284.
- NIJKAMP, P. 1990. Regional sustainable development and natural resource use. In: Proc. World Bank Annual Conference and Development Economics. Washington D.C., U.S.A.
- ODOM, E.P. 1953. Fundamentals of ecology. W.B. Sanders. Filadelfia, USA.
- OHRENS, O., J.A. ALCALDE Y J. GASTÓ. 2007. Orkestike. P. Universidad Católica de Chile. Fac. de Agronomía e Ingeniería Forestal. Santiago. Chile. Agronomía y Forestal UC 31: 22-25.
- PONTING, C. 1992. A green history of the world. Sinclair-Stevenson. Londres.
- PRADO, C. 1983. Artificialización de ecosistemas. Planteamiento teórico para su transformación y optimización. Tesis de Ing. Agrónomo. Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- RAE (Real Academia Española de la Lengua). 2001. Diccionario de la Lengua Española. Editorial Espasa Calpe, S.A. Madrid, España.
- RAMOS, A. 1987. Diccionario de la naturaleza. Hombre, ecología y paisaje. Espasa-Calpe. Madrid, España.
- RANDON, R. 1994. Haciendas de Mexico. Fomento Cultural Banam. Mexico, D.F.
- SAVORY, A. 1988. Holistic resource management. Island Press. Covelo, California. USA.
- SMUTS, J.C. 1926. Holismo y evolución.
- SUBERCASEAUX, D. 2007. Determinantes económicos en la ordenación territorial. Tesis Master of Science. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. P. Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
- TANSLEY, A.G. 1935. The use and abuse of vegetational concepts and terms. Ecology.

Tröll, C. 1939. Luftbildplan und ecologishe bodcnforsclung. 2. Ges.f. Erdkunde. Berlin.

TUAN, YI – FU. 1979. Space and place. Humanistic perspective. En. Gale, S. y G. Olson. (Ed).  
Philosophy in geography. D. Reidel Publishing Company. Dordrecht . Holanda. P 23-43.

VITOUSEK, P.E; H. A. MOONEY, J. LUBCHENCO AND J.M. MELILLO. 1999. Human Domination of  
Earth's Ecosystems. In: Stanley Dodson, et al. Readings in Ecology. 1999. Oxford University  
Press. E.E.U.U.

WILSON, W.O. 1984. Biophilia. Harvard University Press. Cambridge, USA.

WU, J. y J. DAVID. 2002. A spatially explicit hierarchical approach to modeling complex ecological  
systems: theory and applications. Ecological Modeling 153: 7 – 26.