

La ecología histórica: fuente de criterios para mejorar la administración territorial

Edgardo I. Garrido-Pérez^I, David Tella-Ruiz^{II}, Juan G. Lincango-Vega^{III} y Katia Laura Sidali^{IV}

Resumen

El presente estudio aborda los siguientes tópicos: (1) A qué se debe la alta incertidumbre de los estudios de impacto ambiental y el modo cómo la combinación de ecología con historia, etnografía y economía la reducen. (2) Algunos ejemplos por los que la ecología histórica ha dilucidado el impacto antrópico sobre el ambiente a los niveles global, regional, de paisaje, y de ecosistemas y biotas. Esos ejemplos van desde el calentamiento global hasta la agricultura de subsistencia. (3) Cómo pueden los gobernantes enviar expertos para obtener e incorporar datos de campo de la ecología histórica que orienten decisiones de gestión territorial. (4) Alertar sobre la diferencia entre las escalas geográficas en que se enfoca la ecología con las de la política, con el fin de compatibilizarlas durante el diseño y difusión de planes de gestión. (5) Proponer entrenamientos multidisciplinarios de campo que optimicen la formación de universitarios capaces de combinar las ciencias naturales con las ciencias sociales; ello para que haya cada vez más personal capaz de adquirir datos confiables que orienten la administración territorial.

Palabras clave: administración pública – calidad ambiental – desarrollo sostenible – escalas geográficas – regeneración de ecosistemas.

Abstract

This paper addresses the following topics. (1) What are the sources of uncertainty affecting environmental impact assessments and how the combination of Ecology, History, Ethnographics and Economics reduce such uncertainties. Examples showing how Historical Ecology has shed light on human-made environmental impacts at the global, regional, landscape, ecosystem, and biota levels. The examples range from Climate Change to self-consumption

I Biólogo y Ecológico de comunidades vegetales - relaciones bosque-humanos. Director científico del grupo Llapis i llavors (Lápiz y semillas) - Associació Americanistes de Catalunya. Correo electrónico: edgardoga2@hotmail.com

II Historiador. Presidente de la Associació Americanistes de Catalunya y Llapis i llavors. Correo electrónico: davidtr70@gmail.com

III Biólogo experto en conservación. Investigador de Llapis i llavors y Associació Americanistes de Catalunya. Correo electrónico: jglv83@hotmail.com

IV Economista Agraria. Profesora Asistente ("tenure"), Departamento de Administración de Negocios - Universidad de Verona. Correo electrónico: katialaura.sidali@univr.it

agriculture. (3) How the governments can send teams of experts to gather and introduce field data using Historical Ecology for orienting land-management decisions. (4) Provide a warning on the different geographic scales of Ecology compared to Politics in order to make them compatible when designing and sharing land-management plans with the public. (5) We propose multidisciplinary field trainings for optimizing the instruction of university students able to combine natural and social sciences. All this in order to enhance the ranks of the personnel able to acquire reliable data for land management.

Keywords: ecosystem recovery – environmental quality – geographic scales – public administration – sustainable development.

Introducción

El entorno natural es el escenario en el cual se llevan a cabo las decisiones humanas, sus impactos y consecuencias sobre la propia humanidad. Tomemos por ejemplo la construcción de viviendas. Cuando se decide desboscar algunas hectáreas en torno a una casa, se incrementa la radiación solar sobre esta durante las horas de sol, así como la disipación de calor durante la noche, y además se reduce el oxígeno suministrado por el bosque. Todo ello sobrecalienta la vivienda durante el día, la enfría en horas nocturnas, aumenta los riesgos de resfriados, retarda la cura –por reducción del oxígeno y aumento del dióxido de carbono (CO₂) y eleva los gastos en medicinas y acondicionadores de aire (ver también Balvanera, 2012). El problema se amplía cuando se talan cientos de hectáreas para urbanizar un sitio y cuando el proceso se repite a escala nacional. Así, la baja de la calidad de vida, al igual que el incremento de los costos energéticos y de salud emanados de la deforestación, impactan a los niveles de ciudad, provincia y país. Pero hay más. Si aunado a lo anterior se perjudican ríos transfronterizos, el impacto ambiental afecta a la diplomacia y llega a los organismos internacionales (Latif y Niazi, 2019; Ray, 2012; Gudynas, 2007). Por si fuera poco, la pérdida de bosques se ha repetido en muchos países del orbe, lo cual ha reducido la calidad mundial del aire, aumentado las temperaturas y alterado las lluvias del planeta, con subsecuentes graves daños sociales (Food and Agriculture Organization –FAO–, 2017; Fuller, Foster, McLachlan y Drake, 1998). De todo ello emergen dos deducciones: primera, los problemas ambientales ocurren a distintas escalas espaciales, las cuales siempre deben ser tomadas en cuenta por los gobernantes y evaluadores del impacto ambiental; segunda, los impactos ambientales suceden a través del tiempo, por lo que su historia es una fuente de información para detectar casos de prácticas exitosas y equivocadas (Garrido-Pérez y Glasnović, 2014) que aporten criterios para mejores decisiones.

La ecología histórica es una disciplina que, desde hace pocas décadas, combina ciencias naturales con ciencias sociales (Bürgi y Gimmi, 2007; Fuller *et al.*, 1998) para determinar lo siguiente: (a) los cambios ambientales ocurridos en zonas antropizadas; (b) las causas naturales y humanas que determinaron esos cambios;

(c) las velocidades de recuperación del ambiente natural a dichos impactos –cuando ello ocurre–, y (d) cuáles características del ambiente natural se recuperan mejor que otras (véase también Bürgi, Östlund y Mladenoff, 2017). Eso brinda luces sobre cuán realistas son las «esperanzas» de recuperación (Franklin, Zipper, Burger, Skousen y Jacobs, 2012) y hasta las combina con la sabiduría de los pueblos que ocupan cada sitio (Garrido-Pérez *et al.* 2018a). Ello contrasta con las controversias que emanan de la imprecisión de los estudios de impacto ambiental, los cuales se basan en evaluaciones rápidas de sitios puntuales.

Los objetivos de este escrito son:

1. Explicar por qué los estudios de impacto ambiental suelen ser poco confiables, mientras que la evaluación histórico-ecológica comparativa entre sitios ya impactados orienta mejor la toma de decisiones de administración territorial.
2. Ofrecer un vistazo de las informaciones sólidas sobre los impactos ambientales a niveles global, regional, de paisaje y de ecosistemas y biotas, emanados de estudios realizados bajo el enfoque de la ecología histórica. Dichos ejemplos van desde el cambio climático hasta las agriculturas tradicionales.
3. Proponer una vía de uso de la ecología histórica para administrar territorios.
4. Explicar la diferencia de las unidades espaciales de análisis de los servidores públicos (país, provincia, distrito, etc.), con las de los ecólogos (bosque húmedo tropical, gradiente de vegetación) para facilitar las comunicaciones y acuerdos entre la población y los administradores del Estado, por un lado, y los biólogos, por el otro.
5. Motivar que en América Latina y el Caribe se formen más profesionales capaces de combinar la ecología con la historia, la economía y la etnografía, con el fin de aumentar el número de personas capacitadas para sugerir modos realistas de evaluar, predecir y contrarrestar el impacto antrópico.

1. La Nueva Gestión Pública y los organismos internacionales

Se han analizado disputas y conflictos emanados de prácticas como la minería, la construcción de puentes, carreteras y represas, la fumigación de plantaciones y la instalación de fábricas (Gudynas, 2007). En tales conflictos, un argumento de mucho peso es la incertidumbre científica de los estudios de impacto ambiental (Gudynas, 2007). Veamos al menos tres causas de dicha incertidumbre.

1.1. *La alta biodiversidad de los trópicos dificulta las predicciones del impacto ambiental*

Los ecólogos han diagnosticado detalladamente, y propuesto, conjuntos de medidas para restaurar los ecosistemas forestales en sitios donde se ha practicado la minería a cielo abierto en países templados (Macdonald *et al.*, 2015). Lo han hecho con base en el profundo conocimiento de la topografía, el clima, los suelos y los requerimientos fisiológicos de las pocas especies de plantas propias de dichos territorios. Sin embargo, la precisión de diagnósticos y propuestas similares es menor para los trópicos, donde muchas especies aún se conocen poco.

1.2. *La ecología no es una ciencia exacta, sino multivariada y probabilística*

Por ejemplo, algo tan "despolitizado" como la existencia de sitios sin intervención humana más biodiversos que otros, depende de al menos 10 procesos naturales diferentes, la importancia de cada uno de los cuales es medible solamente de manera empírica para cada lugar (ver revisiones en Ruiz, 2009; Martínez-Ramos, 1994, y parte del debate en Garrido-Pérez *et al.*, 2018b). Ello hace que muchos estudios de impacto ambiental se realicen con poco tiempo y dinero; aplicando, principalmente, las llamadas "evaluaciones ecológicas rápidas" (obsérvese Sayre *et al.*, 2000). A los autores de éstas se les exige que especulen; y lo hacen utilizando sólidos marcos teóricos (por ejemplo teoría de las estrategias de historias de vida (Martínez-Ramos, 1994),

pero sin información precisa de cada hábitat, zona de vida o ecosistema.

1.3. *La longevidad de los procesos ecológicos y sus organismos protagonistas*

Los árboles, lianas y bosques tardan siglos en crecer y evidenciar qué impactos ambientales hechos por los seres humanos acaecidos en el pasado han sido, ora severos, ora de rápida reversión (Fuller *et al.*, 1998). Las semillas, plántulas y juveniles del reino vegetal pueden ser afectadas por cambios de nivel microambiental; es decir, de algunos metros cuadrados, por ejemplo: iluminación, temperatura, humedad relativa (Lincango, 2010). Mientras, los individuos más grandes de las mismas plantas se enfrentan no solamente a eso, sino a cambios en escala mayor (Garrido-Pérez y Glasnović, 2014). De dichas plantas dependen también miles de insectos y vertebrados para refugio y alimento; algunos de los cuales las polinizan. Por ende, los efectos de un impacto humano acaecido hoy pueden tardar muchas décadas en manifestarse para esos animales. En consecuencia, la vida de una generación de humanos es demasiado corta para determinar el alcance de sus impactos ambientales. A lo antedicho se agrega la variedad de intereses de los moradores, naciones indígenas, organizaciones civiles, empresas, gobiernos locales y Estados desde cuyos enfoques se juzga el impacto ambiental (Gudynas, 2007). De modo que, a la incertidumbre inherente a los procesos naturales, se añade la de los sociales.

Para evitar confusiones, en este artículo no afirmamos que los estudios de impacto ambiental sean innecesarios. Pero sí que de éstos emanan especulaciones; hipótesis de trabajo sobre lo que ocurrirá en cada sitio al impactarlo. Esas hipótesis pueden usarse para evaluarlas a posteriori y ello sería una labor de la ecología histórica. Ésta cuantifica los efectos y determina los mecanismos de los impactos donde ya éstos han acaecido, minimizando la incertidumbre.

1.4. Evaluando el impacto ambiental: la ecología histórica reduce la incertidumbre

Consideramos que más fácil que pronosticar los agentes del impacto ambiental y los daños que ocurrirán, es evaluar los ya acontecidos y sus causas. Vemos al mundo como una colección de sitios con distintos niveles y causas cuantificables de impacto ambiental ocurridos en el pasado (Garrido-Pérez y Glasnović, 2014). Desde esa óptica, la historia es un "conjunto global de experimentos de impactos ambientales" realizado inconscientemente por los humanos, del cual resultaron los valores numéricos que tipifican a los ecosistemas actuales y sus biotas. De ahí que es necesario ir al campo a medir aquellos resultados con las técnicas de la ecología básica, tales como el inventariar la biodiversidad, la biomasa de los árboles, los indicadores de calidad de aire, el agua y los suelos (Chave *et al.*, 2005; Phillips y Baker, 2003; Clinebell, Phillips, Gentry, Stark y Zuuring,

1995). Mientras, para cada sitio deben usarse los métodos de la historia, la economía y la etnografía con el fin de detectar qué hicieron las personas en cada lugar; es decir, en qué consistió cada "experimento" y cuáles circunstancias lo rodeaban (los actores, factores y fuerzas conductoras del cambio ambiental, Garrido-Pérez y Glasnović, 2014). Combinando las ciencias naturales con las sociales, se logra identificar cuáles prácticas humanas son más dañinas, cuáles han sido sus motivaciones económicas, sociales y políticas, qué tan reversibles son los daños, a qué velocidad y bajo cuáles condiciones, tanto naturales como socioeconómicas, acontece la restauración (Garrido-Pérez *et al.*, 2018a, 2017). Con ello se puede alertar a los tomadores de decisiones para reducir, mitigar y revertir impactos ambientales futuros, y diagnosticar si las conjeturas de los estudios de impacto ambiental previas a cada disturbio, fueron acertadas.

2. De lo mundial a lo local: algunos conocimientos adquiridos gracias a la ecología histórica

2.1. Cambio climático: ecología histórica a nivel global

La ecología histórica suministra informaciones útiles sobre los efectos de distintas actividades humanas a los niveles global, regional, de paisaje, de ecosistemas, sobre la biodiversidad local, y hasta sobre las reducciones de las poblaciones de especies aprovechables. Gracias a las mediciones de los gases de la atmósfera acumulados en el hielo durante milenios, se ha detectado el aumento de gases que calientan el planeta, tales como el CO₂ atmosférico, desde la Revolución Industrial (Friedli, Löttscher, Oeschger, Siegenthaler, y Stauffer, 1986). En casquetes de hielo acumulados a través de los milenios, se ha confirmado que la temperatura mundial sube cuando hay más CO₂ en la atmósfera, pero también que el aumento de la temperatura incrementa el CO₂ al impedir que los cuerpos de agua (incluso el hielo) lo retengan (Scheffer, Brovkin y Cox, 2006). Dichos autores, por ello, indican que existe una retroalimentación desventajosa para la

humanidad: agregando CO₂ al ambiente, calentamos el planeta, lo cual, a su vez, libera más CO₂ gaseoso desde aguas recalentadas que no lo retienen suficientemente. Tal información se conoce desde hace varias décadas; lamentablemente, muchos gobiernos no la han incorporado adecuadamente a la toma de decisiones para contrarrestar los efectos del cambio de clima sobre las sequías, las inundaciones y los daños a las personas y a las cosechas (FAO, 2017).

2.2. Agricultura tradicional, ecosistemas y biodiversidad: lecciones históricas a nivel local

Una evaluación exhaustiva del comportamiento de la humanidad en nuestro planeta a lo largo de más de 10 mil años, ha determinado la ocurrencia de épocas y localidades del mundo en los que el Homo sapiens ha perdurado gracias a prácticas de bajo impacto ambiental (Garrido-Pérez y Tella-Ruiz, 2016). Nuestro equipo ha estudiado de manera directa las historias

de bosques otrora usados como milpas y la extracción de látex de algunos árboles en la zona maya de México, bosques resultantes del sistema de *chakra-ushun-purun* en la Amazonía ecuatoriana, y algunos que fueron expuestos a la agricultura, forestería, jardinería y cultivo de hortalizas de montaña en los Alpes (en Alemán, *Berglandwirtschaft*) (Garrido-Pérez *et al.*, 2021; 2018a). A pesar de las diferencias de clima y cultura, hemos detectado los siguientes aspectos en común entre dichas prácticas exitosas:

- a. Se clarean lotes de terreno pequeños (usualmente entre media y dos hectáreas), dejándolos rodeados (casi) totalmente por bosques (Cerón, 1990).
- b. Lo antedicho frena la pérdida del suelo y sus nutrientes por erosión, al contrarrestar el deslave por las lluvias, nevadas o arrastre por gravedad. Ello mantiene la fertilidad del suelo, con lo que coadyuva con la seguridad alimentaria.
- c. Se aminora la severidad del impacto por huracanes, aludes o avalanchas, gracias a las raíces y a la "masa verde" que los amortigua.
- d. La masa boscosa evita que los calores veraniegos o fríos invernales sean demasiado drásticos.
- e. Mantiene la claridad de los cuerpos de agua al minimizar el ingreso de lodo a éstos; lo cual contribuye así a la vida hogareña, de los cultivos y de los animales de cría, y reduce los gastos de potabilización.
- f. Mantiene fuentes alternativas de proteína animal (cacería de baja escala, consumo de insectos), así como de madera, leña y plantas medicinales. A la par de la alta calidad del aire que se respira, todo ello favorece la salud.
- g. Se minimiza la necesidad de usar fertilizantes industriales, aprovechando los nutrientes de la biomasa quemada antes de sembrar (*milpa*), trozada y dejada descomponer; con la humedad y diversidad microbiana (*chakra-ushun-purun*), o añadiendo anualmente estiércol de animales (*Berglandwirtschaft*).

Prácticas semejantes se han realizado por milenios en los cinco continentes, aunque en Europa se las fue abandonando a partir del auge del capitalismo (King, 1987). Por su parte, nuestra evaluación de la historia de la humanidad desde la perspectiva de la Ecología Histórica detectó que, con la excepción de la extinción masiva de las especies cazadas por nuestros antepasados durante el Pleistoceno, los impactos ambientales han sido mayores para los períodos y lugares en donde las prácticas arriba descritas han sido reemplazadas por explotaciones masivas agrícolas, industriales o urbanísticas (Garrido-Pérez y Tella-Ruiz, 2016). En no pocos sitios de África ello ha causado hambrunas (Sánchez y Swaminathan, 2005), toda vez que la dieta de los africanos se basa en una amplia variedad de fuentes de almidón. Ciertamente, millones de personas en muchos países de Eurasia, donde la dieta gira en torno a una o pocas especies de cereales, han salido del hambre permanente a partir de 1950 con la llamada revolución verde (Dalrymple, 1985). Pero los daños ambientales asociados a esos monocultivos han sido vistos desde una perspectiva histórica que ha llevado a replantear el modo como deberían darse las próximas revoluciones verdes (Pingali, 2012).

En los paisajes donde se intercala la agricultura tradicional con las selvas de la península de Yucatán (México) (Toledo, Barrera-Bassols, García-Frapolli y Alarcón-Chaires, 2008) y la Amazonía peruana (Perrault-Archambault y Coomes, 2008), se han detectado más de 300 especies de flora y fauna asociadas a las prácticas humanas. También nosotros hemos encontrado bosques alpinos manipulados por personas que albergan más de 20 especies de árboles por hectárea –un valor muy alto fuera de los trópicos–; mientras que en lotes contiguos sin esa manipulación, tan solo se encuentran 2-3 especies por hectárea (Garrido-Pérez *et al.* in prep.). Las prácticas humanas que viabilizan todo eso van desde la siembra intencional de árboles frutales, pasando por la tala de unas especies en favor de otras, hasta la simple tolerancia de especies que no se consideran dañinas por los indígenas (Garrido-Pérez *et al.* 2017; Gómez-Pompa, Flores y Sosa, 1987). En el caso de la vasta Amazonía, todo ello ha resultado en que, virtualmente por doquier, los bosques "naturales"

posean muchas especies vegetales asociadas a los seres humanos (Levis *et al.*, 2017).

En pocas palabras, la ecología histórica nos está demostrando que las formas tradicionales de uso múltiple de los recursos naturales (sensu Toledo *et al.*, 2008) coadyuvan al equilibrio y regeneración de los ecosistemas, la calidad de vida, y hasta contribuyen a mantener altos los niveles de biodiversidad.

2.3. Enriqueciendo la biología: la historia desglosa los mecanismos del impacto ambiental local

Una discusión permanente entre los biólogos es por qué, en lotes de terreno de algunas hectáreas, existen lugares que son más biodiversos que otros. Cada globo de terreno corresponde a lo que los ecólogos estudian bajo el nombre de "comunidad biótica" y "ecosistema" (Odum y Barret, 2005). A ese nivel, algunos de los datos empíricos clásicos que obtienen muchos biólogos de campo incluyen: (a) el número e identidad de las especies que cohabitan en el lugar (Krebs, 1999), (b) sus biomásas en kilogramos –y por ende, el CO₂ que han capturado en asociación con el tipo de suelo, la humedad y otras características fisicoquímicas de éste–, e incluso (c) las respuestas de esas especies de seres vivos a la alteración de la disponibilidad de agua relacionada al cambio climático (Engelbrecht *et al.*, 2007; Clinebell *et al.*, 1995). Con datos como esos, los biólogos formulan explicaciones múltiples al por qué algunos sitios son más biodiversos y algunos ecosistemas son más productivos que otros. Dichas explicaciones van desde las diferencias en la fisiología y capacidad reproductiva de las especies ante los cambios (micro) climáticos, hasta interacciones con otras especies como los hongos patógenos y los vertebrados depredadores (ver detalles en Ruiz, 2009; Martínez-Ramos, 1994). Todo ello ha guiado muchos estudios experimentales. Por ejemplo, Yavitt y Wright, (2008) agregaron agua y sales minerales a unos sitios boscosos durante la sequía y los compararon con otros, con el propósito de determinar si algunas especies de árboles y lianas sufrían más durante la época seca.

Por desgracia, los estudios estrictamente biológicos ayudan poco a orientar las decisiones sobre el impacto ambiental, pues se hacen más para entender a la naturaleza "sin humanos" que al modo como ésta reacciona al impacto antrópico. La ecología histórica busca llenar el "bache" antedicho. Para dicha ciencia, los bosques de hoy son un legado de los eventos del pasado; incluyendo las actividades humanas. Sobre esa base, la ecología histórica no solamente realiza mediciones de plantas y animales como las anotadas en el párrafo anterior, sino que las contextualiza en el tiempo. Lo hace consultando fuentes tan variadas como los archivos históricos, catastros y mapas antiguos, informaciones arqueológicas, propietarios de los lotes de tierra estudiados, informantes clave de diversas edades y hasta fotografías aéreas e imágenes satelitales (Bürgi *et al.*, 2017). Identifica los actores (usuarios de la tierra), factores (contexto biótico y abiótico) y fuerzas conductoras (demanda de madera, alimentos; cambios de leyes de uso del suelo) (Garrido-Pérez y Glasnović, 2014). Ordena toda la información en líneas de tiempo y luego interpreta la situación de los bosques actuales a la luz de eso y de los conocimientos provenientes de la biología "clásica". Operando de dicho modo, nuestro grupo de investigaciones ha logrado (Garrido-Pérez *et al.*, 2018a; 2017):

1. Precisar la edad de bosques secundarios tropicales mejor que con base en la sola interpretación visual de los diámetros de los árboles y lo tupido de la vegetación.¹
2. Establecer cronologías de cambios del uso de un mismo lote de terreno y las presiones de mercado que así lo determinaron, tales como las demandas de alimentos, petróleo, cacao, látex (ver también Garrido-Pérez y Gerold, 2009).
3. Identificar qué sitios, hoy boscosos, han sido completamente abandonados durante episodios de ocaso agropecuario en el pasado, y cuáles otros continúan siendo usados a pesar de su

¹ Por ejemplo, en un lugar estacionalmente seco, un ecólogo tropical puede inferir si un bosque es más joven que otro cercano, porque tiene árboles más delgados, tallos más cercanos entre ellos y más lianas. El ecólogo puede especular la edad en años de ese bosque; pero gana precisión gracias a datos históricos provenientes de fuentes tales como imágenes satelitales y entrevistas con los lugareños.

- cobertura forestal, por ejemplo, para extraer recursos maderables y no maderables.
4. Identificar dichos recursos extraídos y el impacto de ello sobre las poblaciones de especies particulares de árboles (Garrido-Pérez *et al.*, 2021).
 5. Determinar qué especies de las que hoy aparecen en bosques maduros han sido favorecidas por los humanos, por ejemplo, sembrándolas en el pasado por su valor alimentario (ver también Levis *et al.*, 2017; Rico-Gray, 1992, Gómez-Pompa *et al.*, 1987).
 6. Inferir qué especies de lianas han sido desfavorecidas por prácticas como la quema al establecer milpas en la zona maya de México, y cuáles han tolerado el fuego (Garrido-Pérez y Gerold, 2009).
- Cabe recordar que las reconstrucciones históricas no sólo discernen los hechos del pasado y su secuencia, sino las fechas aproximadas en las que éstos ocurrieron. Por ello, las reconstrucciones de historia ambiental como las que llevamos a cabo contribuyen a:
7. Estimar las velocidades de cambio y recuperación de la biodiversidad y calidad ambiental de los lotes de terreno (ver también Chazdon y Guariguata, 2016; Guariguata y Ostertag, 2001; Pascarella, Aide, Serrano y Zimmerman, 2000; Rivera, Zimmerman y Aide, 2000).

3. Gestión territorial: combinando la ecología histórica con los estudios de impacto ambiental

Cada país, y el mundo entero, es un conjunto de lugares con distintos niveles de recuperación de la naturaleza luego de impactos ambientales ocurridos en el pasado. Para averiguar cuáles impactos han sido más severos, pídase a los científicos ir a esos lugares, estudiar sus floras, faunas, suelos y aguas con métodos estandarizados, y reconstruir exhaustivamente, con ayuda de las ciencias sociales, la historia de los usos del suelo que han efectuado las personas en cada sitio. Esto puede hacerse a nivel de caseríos, parroquias, municipios, provincias, países, o cualesquiera unidades administrativas de cada Estado. Cuando los climas y suelos cambian por causas naturales tales como la geología, la altitud, la latitud o la estacionalidad, esas variables deben cuantificarse también (Clinebell *et al.*, 1995).

Luego, se pueden colocar en una escala ordinal todos los sitios evaluados en cada unidad administrativa. Pídase a los encargados que presenten los resultados agrupando los lugares en una escala que vaya, desde

los favorecidos por la intervención humana, pasando por los menos impactados, los moderadamente afectados, hasta los más perjudicados (Garrido-Pérez y Glasnović, 2014). Así, cada Estado puede identificar las buenas prácticas de uso de los recursos naturales de acuerdo con la experiencia de su propio país, con base en las culturas locales. Con esos datos "duros", los gobernantes, administradores y ciudadanos ganan mejores criterios para juzgar los riesgos de futuras decisiones. Cuando éstas se tomen, procúrese hacerlo con base en las mejores prácticas identificadas conforme lo antedicho, y pídase con anticipo que, para el lugar que va a impactarse, los biólogos hagan un estudio de impacto ambiental que prediga los impactos y sus medidas de mitigación y reversión. Con eso, en años posteriores, el Estado podrá enviar científicos a reestudiar los sitios y evaluar qué tan correctas han sido las predicciones, con lo cual se acumulará un saber cada vez más confiable para ir perfeccionando permanentemente las decisiones de Estado.

4. La administración pública y la ecología deben compatibilizar sus escalas geográficas

Permítasenos regresar a un punto señalado en el primer párrafo de este artículo: las escalas espaciales del impacto ambiental. Dado que la biología no es una ciencia política, existe una descoordinación entre las unidades geográficas de análisis de los ecólogos con respecto a las de los estadistas y políticos. En América Central, los ecólogos llaman *bosque muy húmedo tropical* a una continuidad territorial única que abarca todo el litoral caribe de dicho istmo. La gestión de ese territorio está dividida entre Nicaragua, Costa Rica, Panamá y hasta parte de Colombia (Gutiérrez-Espeleta y Van Gyseghem, 2005). En la Amazonía, lo que los ecólogos llaman *bosques húmedos tropicales* está políticamente repartido entre casi 10 países cuyos intereses no siempre coinciden.

En la península de Yucatán (México), los ecólogos identifican un cambio gradual de vegetación que va del sureste húmedo al noroeste seco (Orellana, Islebe y Espadas, 2003). No obstante, dicha zona está administrativamente dividida en tres estados federados, delimitados con una precisión geométrica inconsistente con el mencionado cambio gradual de clima y vegetación. Por su parte, el Parque Internacional La Amistad posee 12 zonas de vida reconocidas por los ecólogos, pero su jurisdicción corresponde a tres provincias de Costa Rica más tres provincias de Panamá, incluyendo una comarca indígena. Los biólogos piensan en el hábitat donde se encuentran las plantas y animales independientemente de las fronteras; mientras las autoridades piensan en términos de intereses administrativos, políticos y económicos que a veces se reflejan en fronteras inter e intranacionales. Ello obstaculiza las comunicaciones entre los técnicos, por un lado, y los administradores y la ciudadanía, por el otro; lo que dificulta la gestión ambiental.

4.1. Malos entendidos y vías de aclaración

Si antes de cada intercambio de ideas no se aclaran las unidades de análisis del impacto ambiental, se

pueden generar informaciones contradictorias sobre las causas de dicho impacto, lo que confundiría las decisiones para afrontarlo. Por ejemplo, Gibbs *et al.* (2010) analizaron el cambio de la cobertura forestal en 117 puntos del mundo tropical tomados al azar, observando imágenes adquiridas por satélites Landsat en las décadas de los años 80 y 90. Cada unidad estudiada correspondía a un sitio teledetectado, es decir, alrededor de tres millones de hectáreas por unidad estudiada, que es aproximadamente lo que ocupan algunas provincias, distritos o grupos de distritos (Gibbs *et al.*, 2010). Dicho estudio determinó que en un 55 % de los lugares tropicales donde hubo deforestación (85 % al incluir los bosques secundarios), ésta se hizo para reemplazar bosques por producciones alimentarias. Una interpretación "política" de ese resultado puede conducir a pensar que en los países pobres se consume demasiado alimento y que es imperativo devastar para comer; ideas al menos controversiales.

En aparente contraste, Garrido-Pérez (2015) tomó como unidad de estudio a cada país de América Latina y el Caribe continental, las cuales son unidades de estudio político-administrativas. Buscó y no encontró ninguna asociación numérica entre la pérdida de cobertura boscosa nacional, por un lado, y la reducción de la desnutrición y el aumento de las ofertas de calorías y proteínas, por el otro; ni con la densidad de caminos y carreteras de esos países entre 1990 y 2010. En otras palabras, las decisiones que los gobernantes de los países tomaron para alimentar a sus pueblos, incluyendo el transporte de alimentos, estuvieron desacopladas de las que determinaron la deforestación (Garrido-Pérez, 2015). Lo que sucede es que datos sólidos como los de Gibbs *et al.* (2010), describen mejor la situación de zonas relativamente pequeñas, inferiores a la superficie total de los países; por lo cual no reflejan estrategias nacionales, sino eventos locales. Puesto que la administración estatal suele hacerse tomando como unidades el país, sus provincias, municipios, ciudades, parroquias,

barrios y caseríos, consideramos recomendable que en cada uno de esos niveles administrativos se cuente con asesores dedicados a la ecología histórica, a fin

de ir conociendo, a la luz del historial de usos del suelo de cada lugar, qué decisiones provocan menor impacto ambiental que otras.

5. ¿Cómo formar ecólogos históricos y asesores de administración territorial?

5.1. *Aprovechando los puentes entre la biología, la historia y otras ciencias sociales*

Como hemos visto, la ecología histórica ayuda a ajustar la calidad de las decisiones de gestión territorial al integrar datos biológicos y sociales. Sin embargo, debido al divorcio entre las ciencias biológicas y sociales, todavía escasean los profesionales capaces de llevar a cabo aquella integración. Se puede fomentar en la juventud la pasión por esta disciplina, con base en las afinidades metodológicas entre ambos campos de conocimiento. Por ejemplo, una de las piedras angulares de la biología –nos referimos a la evolución– se dedica a reconstruir historias y aplica lógicas y metodologías más parecidas a las del historiador que a las del físico (Mayr, 1997). Al igual que la historia, la evolución ordena eventos en secuencias plausibles, establece fechas de dichos eventos en líneas de tiempo e incluso apela a muchas "ciencias auxiliares" para integrar, en relatos coherentes, informaciones que de otra manera no tendrían sentido (Dobzhansky, 1973). Las personas con un menor entrenamiento en matemáticas pueden no ser afectadas por lo antedicho, pues gran parte de la evolución logra entenderse como relato histórico sin realizar cálculos (Mayr, 1997). Por su parte, la economía y la econometría comparten con la ecología algunas herramientas cuantitativas que facilitan el diálogo transdisciplinario, tales como los modelos lineales, los de ecuaciones estructurales y las series de tiempo (Romagnan *et al.*, 2015; Sidali, Pizzo, Garrido-Pérez y Schamel, 2019; van der Heijden y Phillips, 2008). Por añadidura, América Latina es pionera mundial en ramas transdisciplinarias que sintetizan a las ciencias y humanidades, tales como la etnobiología, la ecología humana y la etnobiología evolutiva (Albuquerque y Ferreira Júnior, 2016; Gómez-Pompa,

1993). Desde aproximadamente 1960, en México surge un modo de estudiar ecología con perspectivas humanistas y métodos etnográficos (Gómez-Pompa, 2016). Por ende, América Latina ya ha acumulado varias generaciones de profesionales que integran y enseñan a integrar las ciencias naturales y sociales. Todo eso nos habilita para formar los profesionales necesarios para un entendimiento más integral de nuestros problemas ambientales; sobre todo porque no se necesitan materiales muy costosos.

5.2. *Con la experiencia de los cursos universitarios de campo*

Mejor que este artículo, las universidades pueden discutir de manera exhaustiva cuáles modificaciones a su curricula integrarían mejor las ciencias naturales con las sociales. En cambio, nuestra experiencia participando, organizando y efectuando entrenamientos en el campo, nos permite proponer que se instituyan cursos que formen en los estudiantes capacidades para la ecología histórica. Por ejemplo, la canadiense Universidad de McGill ofrece anualmente un semestre en Panamá cuyos docentes incluyen botánicos, geógrafos e historiadores; aceptando estudiantes de muy diversas carreras (McGill University, 2021). Estos entrenamientos funcionan como seminarios-talleres móviles y pueden incorporar la ecología histórica. En los cursos de campo, el grupo de estudiantes y docentes invierte entre 1 y 2 semanas en cada uno de varios sitios con etnias, ambientes y situaciones socioeconómicas diversas. Se imparten conferencias al ocazo de cada día, pero, sobre todo, se induce a los participantes a formular preguntas, hipótesis y métodos empíricos para testar sus ideas. Los docentes lo incentivan y actúan como facilitadores. Luego, los estudiantes van al campo en busca

de datos tanto ecológicos como culturales, analizan la información, la discuten desde las perspectivas de la disciplina de cada cual y escriben informes. Así, en vez de instar a quienes estudian ciencias naturales a intercambiar ideas con los de ciencias sociales, la interacción surge de modo ameno y espontáneo. Cabe destacar que el examen final generalmente es un pequeño proyecto de investigación generado por cada participante. Una amplia experiencia en cursos de campo móviles la posee un consorcio de 51 instituciones de educación y ciencia, casi todas de los Estados Unidos. Se trata de la Organización para Estudios Tropicales (OET; OTS por sus siglas en inglés), con sede en Costa Rica y más de 50 años de funcionamiento (Organization for Tropical Studies [OTS],

2021). A diferencia de la Universidad de McGill, la OET se enfoca en biología. Pero ahí han estudiado varias generaciones de biólogos latinoamericanos socialmente comprometidos; proclives a integrar dicha ciencia con las humanidades.

Aconsejamos que se instituyan brigadas permanentes de capacitación dedicadas a organizar y efectuar cursos de campo multidisciplinarios anuales, en una gama creciente de provincias y países. Con ello se pueden aumentar el número y la calidad de profesionales capaces de integrar las ciencias naturales y sociales, dedicarse a campos prometedores como la ecología histórica, e irlos agregando como peritos para mejorar cada vez más la gestión territorial.

Conclusiones

Los estudios de impacto ambiental generalmente son poco concluyentes por tres razones. Primera: porque lidian con sistemas altamente biodiversos y complejos. Segunda: porque la ecología no es una ciencia exacta. Y tercera: porque toman datos de manera rápida para predecir tendencias ambientales que tardan décadas o cientos de años en desenvolverse. La ecología histórica reduce esa incertidumbre, porque mide las consecuencias actuales de impactos ambientales acaecidos en distintas fechas del pasado. Cuando un gobernante conoce esos resultados, puede diseñar planes de desarrollo de menor impacto para el futuro. La eficacia de la ecología histórica es sustentada por estudios desde lo global hasta lo local. Por ejemplo, estudiando los gases acumulados por siglos en los hielos polares a la luz de la Revolución Industrial, pudo detectarse hacia 1985 el actual calentamiento global inducido por los humanos. En cambio, si los investigadores se hubieran basado exclusivamente en los estudios de aquellos gases o en la información de las estaciones meteorológicas, hubieran tardado siglos en percatarse del calentamiento global. También, gracias a las reconstrucciones de historia de uso del suelo en pluricultivos tradicionales, monocultivos, ganaderías, ciudades y

hasta canchas deportivas abandonadas, los científicos pueden mostrar a los gobernantes cuáles usos del suelo de hoy pueden causar peores impactos en el futuro.

Los Gobiernos nacionales pueden aprovechar que los ecólogos toman y analizan de modo multivariado los datos de calidad ambiental en muchos sitios. Si envían con ellos a otros profesionales, como historiadores, etnógrafos y economistas, se podrá identificar cuáles usos del suelo en el pasado fueron menos dañinos que otros, y ajustar las decisiones de gestión en consecuencia. Mejor aún, las decisiones que se tomen serán cercanas a las culturas y prácticas locales, pues se basarán en el modo como cada pueblo utiliza sus recursos. Pero, cuidado: los ecólogos investigan utilizando escalas geográficas diferentes a la división política de cada país, así que los gobernantes deben coordinarse para reducir confusiones y evitar que las decisiones de un sitio afecten a otro.

Desafortunadamente, escasean los estudiosos de la ecología histórica, a causa del poco intercambio de ideas entre las ciencias naturales y las ciencias sociales. La experiencia de muchas universidades es que

eso puede solventarse mediante cursos de campo. Estos, a manera de seminarios-talleres, incluyen a docentes y estudiantes de ciencias naturales y ciencias sociales, haciéndoles abordar conjuntamente problemas ambientales concretos en zonas donde coexisten la naturaleza y los humanos. Ninguna ciencia por sí sola comprende las informaciones

indispensables para administrar territorios de manera óptima. Una mejor sociedad entre las ciencias naturales y sociales nos ayudará a formar técnicos cultos, comprometidos con su pueblo; capaces de reemplazar las especulaciones sobre el impacto ambiental por *propuestas para el desarrollo* basadas en datos "duros".

Agradecimientos

Dos personas anónimas revisaron versiones previas de este documento y sugirieron valiosas mejoras.

José Ángel Garrido Pérez gentilmente revisó la calidad con que utilizamos el idioma castellano.

Referencias

- Albuquerque, U. P., & Ferreira Júnior, W. S. (2017). "What do we study in evolutionary ethnobiology? Defining the theoretical basis for a research program". *Evolutionary Biology*, 44 (2), pp 206-215.
- Balvanera, P. (2012). "Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales". *Revista Ecosistemas*, 21, pp 136-147.
- Bürgi, M. & Gimmi, U. (2007). "Three objectives of historical ecology: the case of litter collecting in Central European forests". *Landscape Ecology*, 22 (1), pp 77-87.
- Bürgi, M., Östlund, L. & Mladenoff, D. J. (2017). "Legacy effects of human land-use: ecosystems as time-lagged systems". *Ecosystems*, 20 (1), pp 94-103.
- Cerón, C.E. (1990). "Manejo florístico Shuar-Achuar (Jíbaro) del ecosistema amazónico en el Ecuador". *Ecuador: Ciencia y Tecnología*, (número especial), pp 68-76.
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M. A., Chambers, J. Q., Eamus, D., Fölster, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J-P., Nelson, B.W., Ogawa, H., Puig, H., Riéra, B. & Yakamura, T. (2005). "Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests". *Oecologia*, 145 (1), pp 87-99.
- Chazdon, R. L. & Guariguata, M.R. (2016). "Natural regeneration as a tool for large-scale forest restoration in the tropics: prospects and challenges". *Biotropica*, 48 (6), pp 716-730.

- Clinebell, R. R., Phillips, O.L., Gentry, A.H., Stark, N. & Zuuring, H. (1995). "Prediction of neotropical tree and liana species richness from soil and climatic data". *Biodiversity and Conservation*, 4 (1), pp 56-90.
- Dalrymple, D. G. (1985). "The development and adoption of high-yielding varieties of wheat and rice in developing countries". *American Journal of Agricultural Economics*, 67 (5), pp 1067-1073.
- Dobzhansky, T. (1973). "Nothing in biology makes sense except in the light of evolution". *The American Biology Teacher*, 35 (3), pp 125-129.
- Engelbrecht, B. M., Comita, L. S., Condit, R., Kursar, T. A., Tyree, M. T., Turner, B. L. & Hubbell, S. P. (2007). "Drought sensitivity shapes species distribution patterns in tropical forests". *Nature*, 447 (7140), pp 80-82.
- FAO - Food and Agriculture Organisation. (2017). *Migration, Agriculture and Climate Change: Reducing Vulnerabilities and Enhancing Resilience*. Disponible en: <https://reliefweb.int/report/world/migration-agriculture-and-climate-change-reducing-vulnerabilities-and-enhancing>
- Franklin, J. A., Zipper, C. E., Burger, J. A., Skousen, J. G., & Jacobs, D. F. (2012). "Influence of herbaceous ground cover on forest restoration of eastern US coal surface mines". *New Forests*, 43 (5-6), pp 905-924.
- Friedli, H., Löttscher H., Oeschger H., Siegenthaler, U. & Stauffer B. (1986). "Ice core record of the 13C/12C ratio of atmospheric CO2 in the past two centuries". *Nature*, 324 (6094), pp 237-238.
- Fuller, J. L., Foster, D. R., McLachlan, J. S. & Drake, N. (1998). "Impact of human activity on regional forest composition and dynamics in central New England". *Ecosystems*, 1 (1), pp 76-95.
- Garrido-Pérez, E. I. (2015). "Seguridad alimentaria y conservación de bosques en América Latina y el Caribe continental (1990-2010): tendencias y desafíos". *Perspectivas Rurales Nueva Época*, (25), pp 79-100.
- Garrido-Pérez, E. I. & Gerold, G. (2009). "Land-use history and the origins and effects of lianas on tree-communities: the case of secondary forests in Northeastern Yucatan Peninsula, Mexico". *Erdkunde*, 63 (3), pp 211-227.
- Garrido-Pérez, E. I. & Glasnović, P. (2014). "The search of human-driven patterns of global plant diversity: why and how. *Brenesia*", 81, pp 96-107.
- Garrido-Pérez, E. I. & Tella-Ruiz, D. (2016). "Homo sapiens (Primates: Hominidae): ¿una especie invasora o aún peor? Un reto para potenciar la Ecología y la Biología de la conservación". *Puente Biológico*, 8 (1), pp 43-55.
- Garrido-Pérez, E. I., Tella-Ruiz, D., Rojas-Salvatierra, J., Grefa, F. R., Díaz, L., Bonilla, K. & Grefa, J. (2017). "Human intervention, neutral theory, and the assembly of Amazonian secondary forest communities in Napo, Ecuador". *International Journal of Science and Nature*, 8 (3), pp 418-429.
- Garrido-Pérez, E. I., Sidali, K. L., Rojas-Salvatierra, J., Tella-Ruiz, D., Cajas, Á. & Peña, M. S. (2018a). "Lecciones ecológicas de la historia amazónica: impacto diferencial del uso del suelo en las estructuras y biomasa aérea de bosques secundarios en Napo, Ecuador". *Bosque*, 39 (1), pp 37-48.

- Garrido-Pérez, E. I., González, L., Cabrera, J., Rojas-Salvatierra, J., Arias-Pizarro, M. I. & Tello, M. (2018b). "Normal y lognormal: dos distribuciones de frecuencias y una Teoría Neutral Unificada para estudiar los bosques tropicales". *Revista peruana de biología*, 25 (2), pp 179-188.
- Garrido-Pérez, E.I., Lincango-Vega, J.G., Tella-Ruiz, D., Arias-Pizarro, M.I., Bonilla, K., Cabrera, J., y Román, H.J. (2021). "Mass mortality as a way of structuring Amazonian and Alpine tree populations: evidence after storm Vaia". *Ekológia* (Bratislava). En imprenta.
- Gibbs, H. K., Ruesch, A. S., Achard, F., Clayton, M. K., Holmgren, P., Ramankutty, N. & Foley, J. A. (2010). "Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990s". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107 (38), pp 16732-16737.
- Gómez-Pompa, A. (1993). "Las raíces de la etnobotánica mexicana". *Acta Biológica Panamensis*, 1, pp 87-100.
- Gómez Pompa, A. (2016). *Mi vida en las selvas tropicales. Memorias de un botánico*. México: editado por el autor.
- Gómez-Pompa, A., Flores, J.S. & Sosa, V. (1987). "The 'pet-kot': a man-made tropical forest of the maya". *Inter ciencia*, 12, pp 10-15.
- Guariguata, M. R. & Ostertag, R. (2001). "Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics". *Forest ecology and management*, 148 (1-3), pp 185-206.
- Gudynas, E. (2007). "Conflictos ambientales en zonas de frontera y gestión ambiental en América del Sur". *Gestión Ambiental*, 13 (1), pp 1-19.
- Gutiérrez-Espeleta, E.E. & Van Gyseghem, C.F. (2005). *Perspectivas de la biodiversidad en Centroamérica 2003*. Universidad de Costa Rica.
- King, K.F.S. (1987). The history of Agroforestry. En H. A. Steppler y P.K.R. Nair (Eds.). *Agroforestry: a decade of development* (pp 3-13). Nairobi: International Council for Research in Agroforestry -ICRAF.
- Krebs, C. J. (1999). *Ecological Methodology*. San Francisco: Benjamin Cummings.
- Latif, A. & Niazi, S. (2019). "La guerra entre Pakistán e India ahora es por agua". *Agencia Anadolu*, Ankara. Disponible en: <https://www.aa.com.tr/es/an%C3%A1lisis/la-guerra-entre-pakist%C3%A1n-e-india-ahora-es-por-agua/1417176>
- Levis, C., Costa, F. R., Bongers, F., Peña-Claros, M., Clement, C. R., Junqueira, A. B. y otros 147 autores. (2017). "Persistent effects of pre-Columbian plant domestication on Amazonian forest composition". *Science*, 355 (6328), pp 925-931.
- Lincango, J. (2010). Efectos del cambio de hábitat en la estructura poblacional y fenología de la palma de cera (*Ceroxylon echinulatum* Galeano), en el noroccidente de la Provincia de Pichincha. (Tesis de pregrado). Departamento de Biología -Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- Macdonald, S. E., Landhäuser, S. M., Skousen, J., Franklin, J., Frouz, J., Hall, S., Jacobs, D. F. & Quideau, S. (2015). "Forest restoration following surface mining disturbance: challenges and solutions". *New Forests*, 46 (5-6), pp 703-732.

- Martínez Ramos, M. (1994). "Regeneración natural y diversidad de especies arbóreas en selvas húmedas". *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 54, pp 179-224.
- Mayr, E. (1997). *This is biology: The science of the living world*. Cambridge: Harvard Universities Press.
- McGill University (2021). *Panama Field Study Semester*. Disponible en: <https://www.mcgill.ca/pfss/>
- Odum, E. P. & Barrett, G. W. (2005). *Fundamentals of Ecology - 5a edición*. Belmont: Thomson Brooks / Cole.
- Orellana, R., Islebe, G. & Espadas, C. (2003). "Presente, pasado y futuro de los climas de la Península de Yucatán. En P. Colunga-GarcíaMarín y A. Larqué-Saavedra" (Eds.). *Naturaleza y sociedad en el área maya -pasado, presente y futuro* (p. 37-52). Mérida: Academia Mexicana de Ciencias y Centro de Investigación Científica de Yucatán.
- OTS - Organization for Tropical Studies (2021). *Member Institutions*. Disponible en: <https://tropicalstudies.org/portfolio/member-institutions/>
- Parsons, J. (2018). *Village life in Gyimes Transylvania*. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=SoLCD3rP9DM>
- Pascarella, J. B., Aide, T. M., Serrano, M. I. & Zimmerman, J. K. (2000). "Land-use history and forest regeneration in the Cayey Mountains, Puerto Rico". *Ecosystems*, 3 (3), pp 217-228.
- Perrault-Archambault, M. & Coomes, O. T. (2008). "Distribution of agrobiodiversity in home gardens along the Corrientes River, Peruvian Amazon". *Economic Botany*, 62 (2), pp 109-126.
- Phillips, O. L. & Baker, T. R. (2003). "Manual de campo para el establecimiento y remediación de parcelas permanentes" (trad. A. Montegudo Mendoza). *Cantua*, 12, pp 85-93.
- Pingali, P. L. (2012). "Green revolution: impacts, limits, and the path ahead". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(31), pp 12302-12308.
- Ray, A. (2012). "India, Bangladesh: Disputa por agua y el río Teesta". *Global Voices*, Ámsterdam. Disponible en: <https://es.globalvoices.org/2012/06/11/india-bangladesh-disputa-por-agua-y-el-rio-teesta/>
- Rico-Gray, V. (1992). "Los mayas y el manejo de las selvas". *Ciencias*, 28, pp 23-26.
- Rivera, L. W., Zimmerman, J. K. & Aide, T. M. (2000). "Forest recovery in abandoned agricultural lands in a karst region of the Dominican Republic". *Plant Ecology*, 148(2), pp 115-125.
- Romagnan, J. B., Legendre, L., Guidi, L., Jamet, J. L., Jamet, D., Mousseau, L., Pedrotti, M.L., Picheral, M., Gorsky, M., Sardet, C. & Stemann, L. (2015). "Comprehensive model of annual plankton succession based on the whole-plankton time series approach". *Plos One*, 10 (3), e0119219.
- Ruiz, J. (2009). "Ecología de dispersión y reclutamiento de bosques húmedos tropicales". *Wani*, 59, pp 19-30.

- Sanchez, P. A. & Swaminathan, M. S. (2005). *Hunger in Africa: the link between unhealthy people and unhealthy soils*. The Lancet, 365 (9457), pp 442-444.
- Sayre, R., Roca, E., Sedaghatkish, G., Young, B., Keel, S., Roca, R. & Sheppard, S. (2002). *Un enfoque en la naturaleza: Evaluaciones ecológicas rápidas*. Arlington: The Nature Conservancy.
- Scheffer, M., Brovkin, V. & Cox, P. M. (2006). "Positive feedback between global warming and atmospheric CO2 concentration inferred from past climate change". *Geophysical research letters*, 33 (10).
- Sidali, K. L., Pizzo, S., Garrido-Pérez, E. I., & Schamel, G. (2019). "Between food delicacies and food taboos: A structural equation model to assess Western students' acceptance of Amazonian insect food". *Food Research International*, 115, pp 83-89.
- Toledo, V. M., Barrera-Bassols, N., García-Frapolli, E. & Alarcón-Chaires, P. (2008). "Uso múltiple y biodiversidad entre los mayas yucatecos (México)". *Interciencia*, 33 (5), pp 345-352.
- Van Der Heijden, G. M., & Phillips, O. L. (2008). "What controls liana success in Neotropical forests?". *Global Ecology and Biogeography*, 17 (3), pp 372-383.
- Yavitt, J. B., & Wright, S. J. (2008). "Seedling growth responses to water and nutrient augmentation in the understorey of a lowland moist forest, Panama". *Journal of Tropical Ecology*, 24 (1), pp 19-26.