

TRADICIONES COMPLEJAS: INTERSECCIÓN DE MARCOS TEÓRICOS EN LA INVESTIGACIÓN AGROECOLÓGICA¹

John Vandermeer¹, Ivette Perfecto²

¹Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, 48109, USA; ²School of Natural Resources and Environment, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, USA. E-mail: jvander@umich.edu.

Resumen

El conocimiento de los agricultores tradicionales es enciclopédico y cambiante, pues siguen aprendiendo de las experiencias y el intercambio mutuo en la actualización de la agroecología. La ciencia moderna de la ecología es (o debería ser) la base científica de la agroecología y debería informar sinérgicamente la continua acumulación de conocimientos inherentes a la práctica de los pequeños agricultores. El conocimiento agrícola tradicional es profundo pero limitado, mientras que el conocimiento ecológico moderno es amplio pero poco profundo. La intersección de los conocimientos tradicionales con la ecología moderna podría resultar en la generación de un conocimiento que es a la vez profundo y amplio.

Palabras clave: TEK, conocimiento tradicional, complejidad ecológica, conocimiento indígena, conocimiento científico.

Summary

Complex traditions: the intersection of theoretical traditions in agroecological research

The knowledge of traditional farmers is encyclopedic and ever changing as they continue learning from experiments and mutual interchange in the actualization of agroecology. The modern science of ecology is (or should be) the scientific basis of agroecology and should synergistically inform the ongoing accumulation of knowledge inherent in the practice of small-scale farmers. Traditional agricultural knowledge is deep but narrow, while modern ecological knowledge is broad but shallow. The intersection of traditional knowledge with modern ecology could result in the generation of knowledge that is simultaneously deep and broad.

Keywords: TEK, traditional knowledge, ecological complexity, indigenous knowledge, scientific knowledge

Introducción

Nuestra propuesta es doble: 1) Los pequeños agricultores tradicionales tienen una base de conocimiento que es fundamentalmente sólida, y 2) la base de su conocimiento es estructuralmente similar a la creciente comprensión científica de la complejidad ecológica. Es una propuesta que esperamos que provocará una respuesta dicotómica, al menos inicialmente. Por un lado creemos que habrá quienes digan que eso es obvio, y simplemente no es nada nuevo para alguien familiarizado con el trabajo antropológico o sociológico rural. Por otro lado, habrá fuertes objeciones por parte de otras

voces, observando que una dependencia excesiva de los conocimientos tradicionales con frecuencia no es nada más que una tontería romántica, y que la ciencia moderna de la ecología se relaciona a los conocimientos tradicionales tanto como la química moderna podría relacionarse con la alquimia. Esperamos poder discutir ambos lados de esta dicotomía.

Si nuestra propuesta puede parecer demasiado obvia a algunos, nosotros argumentamos que sólo recientemente los avances en el campo de la ecología han cambiado la forma en que entendemos los ecosistemas (Green *et al.* 2005, Vandermeer *et al.* 2010). En lugar de procesos ordenados de equilibrio, que antes se consideraban como un ensamblaje de especies, las nuevas técnicas analíticas que han surgido se relacionan con la dinámica de los ecosistemas. Ahora entendemos que cuestiones tales como las estructuras de redes comple-

¹ Este artículo es una versión resumida de un ensayo más extenso que puede consultarse en: http://www.sitemaker.umich.edu/jvander/publications_from_mexico_coffee_project.

jas, las dinámicas espaciales, las no-linealidades, la estocasticidad y los desfases temporales, todo ellos crean resultados inesperados y desafían las antiguas nociones de estabilidad y sostenibilidad. Además, las nuevas herramientas moleculares han proporcionado un nuevo lente para observar los procesos que ocurren en la naturaleza, complementando el enfoque experimental que había adoptado la ecología en las décadas de los 70 y 80 (Burton 1999). Reuniendo estos dos enfoques, los métodos teóricos complejos y nuevas herramientas de examen, tenemos una nueva ecología, basada tanto en las observaciones de los sistemas complejos como en la historia natural.

Si nuestra propuesta parece demasiado romántica, sostenemos que la transformación de la agricultura mundial al final de la II Guerra Mundial (Russell 2001) encendió la pasión de la exuberancia irracional que ha llevado a crisis tras crisis, de la resistencia masiva a base de pesticidas a las zonas hipóxicas del océano, de tal modo que vale la pena reconsiderar, incluso en la superficie, la sabiduría de los tradicionalistas. Además, un lente histórico perspicaz revela una estructura que ha estado durante mucho tiempo con nosotros. Robert Boyle observó que las ideas derivadas de los "oficios", cuando se combinan con estructuras científicas sistemáticas, proporcionan una receta nutritiva para los descubrimientos científicos fundamentales (Conner 2005). Es decir, la "sabiduría de las épocas" es más sabia de lo que habíamos pensado. Simplemente utiliza diferentes palabras para describir los fenómenos. Richard Levins ha observado lo que aquí llamamos la paradoja de Levins — el conocimiento agrícola tradicional es profundo pero local, mientras que el conocimiento científico es general pero superficial (Lewontin y Levins 2007). La idea de que el conocimiento científico avanzado puede ser visto en concordancia con algunos de los principios históricamente sostenidos por los tradicionalistas no debe ser una sorpresa realmente para nadie que no esté religiosamente comprometida con el mito modernista.

La soberanía alimentaria como concepto unificador

Tanto la idea de un enfoque ecológico de la investigación en los agroecosistemas como la generación directa de conocimiento por parte de los agricultores científicos y sus interacciones, cobran vida política en el movimiento por la soberanía alimentaria. Como se indica en dos de los seis principios sobre la soberanía alimentaria de La Vía Campesina y Nyéléni 2007– Foro para la Soberanía Alimentaria (<http://www.nyeleni.org-sip.php?article334>):

La soberanía alimentaria se basa en las habilidades y el conocimiento local de los proveedores de alimentos y las organizaciones locales que conservan, desarrollan y gestionan la producción de alimentos localizada y los sistemas de recolección, desarrollando sistemas de in-

vestigación apropiados para apoyar esto y transmitiendo esta sabiduría a las generaciones futuras;

La soberanía alimentaria utiliza los aportes de la naturaleza en la producción agroecológica de bajos insumos externos y los métodos de cosecha que maximizan la contribución de los ecosistemas y mejoran la capacidad de resistencia y adaptación, especialmente frente al cambio climático; busca "sanar el planeta para que el planeta puede sanarnos"; y rechaza los métodos que dañan las funciones ecosistémicas beneficiosas, o que dependen de monocultivos intensivos en energía y fábricas de ganado, prácticas pesqueras destructivas y otros métodos de producción industrializada, que dañan el medioambiente y contribuyen al calentamiento global.

La comida se produce mediante la agricultura y el propósito subyacente de los alimentos, ideologías aparte, es proporcionar el alimento para la gente. No es necesariamente, de ningún modo fundamental, una mercancía. Sin embargo, la ideología que prevalente en todo el mundo sostiene que lo que no es todavía una mercancía debe convertirse en ello. La soberanía alimentaria desafía esta ideología en dos niveles diferentes. En primer lugar, tal como se consagra en muchos trabajos internacionales (por ejemplo, De Schutter y Cordes 2011), los seres humanos deberían tener derecho a la alimentación, no un derecho a elegir gastar parte de su dinero en comprar comida. Este nuevo modelo rechaza la idea de que el alimento no es más que un bien comerciable, como cualquier otro. En segundo lugar, los seres humanos deberían tener el derecho de decidir colectiva y democráticamente, a nivel local, como debe producirse la comida. Existen resúmenes disponibles más completos de la idea de la soberanía alimentaria (por ejemplo, Rosset 2008, Altieri 2009).

La contingencia histórica impulsó al sistema agrícola industrial

No es difícil ver los contornos de los problemas que debemos abordar, aunque sean enormes: uno de cada tres niños se enferma por alimentos promovidos por anunciantes cuya preocupación principal son las billeteras de la gente, no su salud (Nestle 2007); persisten residuos de plaguicidas a niveles que sólo se consideran seguros debido a los grupos de presión empresariales, causando un número indeterminado de problemas de salud (Pimentel *et al.* 1992); hay zonas muertas del océano que son resultado de la aplicación masiva de fertilizantes sintéticos (Nassauer *et al.* 2007, Diaz y Rosenberg 2008); el calentamiento global se ve exacerbado por muchos elementos del modelo agrícola industrial (Lin *et al.* 2011). En definitiva, nuestro problema es un tipo de producción de alimentos que no es saludable para las personas, con métodos que son dañinos para el medioambiente. ¿Cómo llegamos a esta situación?

Durante al menos el 90% de nuestra existencia como

especie hemos sido cazadores y recolectores (Lee y Daly 1999). La energía que requeríamos para hacer lo que teníamos que hacer provenía de las sustancias adquiridas a través de la caza y la recolección, directamente de la naturaleza — grandes herbívoros vertebrados, frutas, tubérculos, larvas de insectos y otros elementos naturales similares. La adopción de la agricultura permitió una forma mucho más eficiente de obtener esa energía y promovió un aumento dramático en nuestra población y tiempo de ocio (Cowan *et al.* 2006). Comenzamos una gran manipulación de la naturaleza, pero estábamos necesariamente restringidos por las leyes ecológicas y sólo podíamos producir dentro de las limitaciones de esas leyes. En otras palabras, desarrollamos “sistemas naturales de agricultura”, como se han denominado más recientemente (Jackson 2002).

Pero entonces ocurrió algo bastante dramático. Empezando durante las primeras décadas del siglo pasado y terminando en los cambios trascendentales en los años de posguerra, nuestra especie introdujo a la fuerza, en nuestro esfuerzo agrícola, las herramientas de la reciente, espectacularmente exitosa, Revolución Industrial (Hendrickson y James 2005). De ese modo, automatizamos, regularizamos, mercantilizamos, monetarizamos y transformamos en químico el proceso de generación de alimentos. Lo que, hasta ese entonces, se había hecho solo en la industria, ahora se introducía en la agricultura; el trabajo humano y los procesos ecológicos fueron reemplazados con los combustibles fósiles. Aplicamos la energía industrial, de múltiples maneras, para el proceso de producción de alimentos. Al final, y en gran medida como consecuencia no deseada del vértigo de éxitos de la Revolución Industrial, transformamos el sistema que había hecho nuestra adquisición de energía más eficiente, en un sistema que utiliza más energía de la que produce — de un sistema productor de energía a un sistema consumidor de energía (Pimentel *et al.* 1973, Pimentel y Pimentel 1979, Pimentel *et al.* 1992, Pimentel *et al.* 2005, Martínez-Alier 2011).

Además, como consecuencia de la industrialización en la producción de alimentos, parecía bastante natural industrializar también el consumo de alimentos. Un problema clave fue la capacidad de producir más alimentos de los que la gente generalmente quería comer, o por lo menos, más alimentos de los que la gente necesita comer para mantenerse saludable (es decir, cuando se consideran los alimentos como una mercancía, es inelástica). Un tomate debe comerse unos pocos días después de la cosecha, o a lo mejor una o dos semanas bajo refrigeración, o queda básicamente perdido para las formas de reciclaje de la naturaleza. Pero la gente no cooperaría con la nueva economía agrícola — insistieron en comer sólo la cantidad de tomates que les satisfacía. Dos estrategias evolucionaron para lidiar con este problema. En primer lugar, la tecnología de preservación de alimentos - durante mucho tiempo una actividad tradicional,

especialmente en el norte - se industrializó. Los tomates fueron convertidos en salsa de tomate que podría ser conservado y almacenado prácticamente a perpetuidad y, en segundo lugar, se animó a la gente a comer más y más. Los científicos de alimentos no sólo inventaron formas creativas de extender la vida útil, también llegaron a entender las respuestas humanas básicas al sabor y la textura y, por tanto, cómo manipular esas respuestas para animar a la gente a querer más y más. En consecuencia, tuvimos una revolución que dio lugar a los alimentos procesados y convertidos en lo que Pollen (2007) denomina «sustancias parecidas a comida», y a convertir a la gente en máquinas de consumo que constantemente aumentan los límites de sus capacidades de consumir. De hecho, en el sistema alimentario moderno, las personas se denominan simplemente *consumidores*.

Hoy en día, la crisis medioambiental creada por el sistema agrícola industrial está empezando a recibir la misma atención académica que el cambio climático. Las emisiones directas de gases de efecto invernadero de la agricultura industrial son ahora apreciadas y yuxtapuestas con el hecho preocupante de que hay poca evidencia de que la intensificación haya conducido a un aumento global de la seguridad alimentaria, no importa cómo sea definida (Patel 2010). Estas observaciones, junto con otros insultos medioambientales provenientes del sistema industrial, han generado una serie de informes críticos. El más notable fue la publicación de un informe patrocinado por las Naciones Unidas y el Banco Mundial, la Evaluación Internacional del Conocimiento Agrícola, la Ciencia y la Tecnología para el Desarrollo Agrícola, la Ciencia y la Tecnología para el Desarrollo (IAASTD, en inglés) en 2009 (IAASTD 2009). Ese informe, similar a los informes del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), anunció un desastre de salud y medioambiente en el horizonte si el sistema agrícola industrial continúa con su trayectoria. En un comunicado de prensa comentando este informe, Robert Watson, uno de los copresidentes del IAASTD (y ex Presidente del IPCC) señaló «el negocio, como de costumbre, no es una opción», refiriéndose al sistema agrícola industrial.

Reflexiones sobre la tradición

En la década de 1990, una entomóloga guatemalteca, Helda Morales, inició una investigación para su tesis doctoral entre productores tradicionales mayas de maíz, en las montañas guatemaltecas. En su intento por entender y estudiar los métodos tradicionales de control de plagas, empezó por hacer la pregunta, “¿Cuáles son sus problemas con las plagas?” Se sorprendió al encontrar casi unanimidad en las respuestas de la mayoría de los agricultores con los que se entrevistó: “No tenemos problemas con las plagas”. Sorprendida, reformuló su cuestionario y preguntó, “¿Qué clase de insectos tienen en su milpa?”, a lo cual recibió muchas respuestas, incluyendo

todas las principales plagas características del maíz y el frijol en la región. Luego preguntó por qué estos insectos, considerados como plagas por los entomólogos profesionales, no eran plagas según los agricultores mayas. Una vez más, recibió todo tipo de respuestas, sobre todo en forma de cómo manejaron el agroecosistema. Los agricultores eran sin duda conscientes de que estos insectos podrían ser problemas, pero también tenían formas de manejar el agroecosistema gracias a las cuales los insectos se mantenían por debajo de los niveles que los catalogarían como plagas. El plan inicial de Morales probablemente fue influenciado por su formación temprana en agronomía y entomología clásica, pero su interacción con los agricultores mayas le hizo cambiar su enfoque. En lugar de estudiar cómo los agricultores mayas resolvían sus problemas de plagas, se centró en por qué los agricultores mayas no tienen problemas con plagas en primer lugar (Morales y Perfecto 2000).

Son muchas las lecciones que pueden extraerse de los estudios de Morales. Y la mayoría apuntan a la banarrota intelectual de la investigación agrícola estándar. El enfoque del agrónomo clásico se fija en la idea de que los agricultores y agricultoras siempre enfrentan «problemas» que necesitan soluciones (o en la retórica más decorativa de las empresas químicas de la II Guerra Mundial, los agricultores tienen enemigos que deben ser vencidos, [Russell 2001]). Así, los pesticidas se convirtieron en el armamento, la bala mágica, que se desplegaría para vencer las plagas.

Esta narrativa de derrotar-al-enemigo se convirtió en el foco del agrónomo clásico — reaccionar ante los problemas, reales o imaginarios, que surgen en la granja. Por el contrario, sostenemos que la agenda de investigación agroecológica debe aprender de los estudios de Morales (Morales y Perfecto 2000). Tenemos que entender por qué *no* existen problemas; es decir, tenemos que entender los reguladores naturales incorporados y la complejidad ecológica inherente a la mayoría de los sistemas de producción agrícola tradicionales (Lewis *et al.* 1997).

Junto con el reconocimiento de que las granjas funcionan dentro de principios ecológicos, y de que parte del trabajo del investigador es entender esos principios, está el hecho de que los mismos agricultores han sido científicos durante mucho tiempo, y de que su conocimiento, aunque tal vez limitado en alcance, es muy profundo en lo que respecta a su granja en particular y a su sistema de cultivo, y a menudo beneficiado por los conocimientos acumulados de generaciones de antepasados (Richards 1985, Wilken 1987, Grossman 2003, Toledo y Barrera-Bassols 2008). Pero, más importante, los agricultores también actúan como científicos de otro modo. Así como la ciencia prospera gracias a asociaciones y sociedades científicas - es decir, que la ciencia al final es una actividad social -, los agricultores científicos siempre han participado en intercambios

de conocimientos (Leitgeb *et al.* 2011). El granjero en el valle X, que intenta sembrar mandioca de un modo determinado y halla que éste modo funciona eficientemente para resistir el ataque de una plaga particular, invariablemente comparte ese conocimiento con un granjero en el valle Y cuando se reúnen en su mercado común. Partiendo de esta idea obvia, algunos investigadores orientados a la acción han promovido la idea del intercambio de agricultor a agricultor como un vehículo para el desarrollo (Rölin y van de Fliert 1994, Bentley *et al.* 2003, Holt-Giménez 2006) y una herramienta social importante para la generación de nuevos conocimientos científicos (Stuiver *et al.* 2004).

Complejidad ecológica

Un elemento bastante sorprendente del control biológico fue deducido en 1991 partiendo de consideraciones elementales sobre las no-linealidades en las ecuaciones elementales de ecología teórica (Arditi y Berryman 1991). La idea clásica, presentada inicialmente en 1926, más o menos al mismo tiempo e independientemente por Lotka y Volterra, era que los depredadores (la fuerza del presunto control biológico) y sus presas (la supuesta plaga) deben oscilar respectivamente el uno con el otro. Las oscilaciones pueden tener dinámicas complejas asociadas con ellos, pero bajo toda esa complejidad, las oscilaciones son un hecho que generalmente se observa en la naturaleza (Vandermeer y Goldberg 2003).

Agregando un poco de realismo a esas ecuaciones, se llegó a la conclusión de que las oscilaciones a veces se reducían, pero también podían continuar oscilando para siempre. Y, lo más importante, estas oscilaciones permanentes ocurren generalmente cuando el valor de equilibrio que se espera de la presa es relativamente bajo y, peor aún, mientras más cerca a cero es la expectativa de equilibrio de la presa, mayores son las oscilaciones, hasta el punto en que el número de depredadores sube tanto que consumió el 100% de la presa disponible. Sin ninguna presa para alimentarse, los depredadores también mueren resultando en su extinción del sistema.

La situación paradójica en cuanto se refiere al control biológico es que un técnico de control de plagas puede tener el objetivo sincero de reducir la población de plagas pero termina eliminando los depredadores y aumentando las plagas. En otras palabras, a medida en que el técnico tiene éxito en reducir la población de la plaga, ésta tiende a ser empujada a la zona de oscilaciones fuertes y resulta en la eventual extinción del depredador. Desafortunadamente, para la mayoría de las situaciones de control biológico, no se sabe lo suficiente sobre la dinámica ecológica subyacente al sistema para saber cuándo éste podría ser empujado al umbral de la inestabilidad, llevando a la inevitabilidad de la sorpresa en el sistema. Con estudios cuidadosos, los sistemas

que hoy parecen «imposibles de conocer» en lo que concierne al agricultor, pueden llegar a entenderse suficientemente para intervenir previamente y evitar el mencionado colapso. Pero para ello se requiere un entendimiento, de hecho una comprensión relativamente profunda, de la ecología del sistema.

Una de las ideas claves que la ecología moderna pone ahora sobre la mesa como una obviedad es la *revolución del caos* (Hastings *et al.* 1993). Su importancia práctica es frecuentemente incomprendida, en parte por el énfasis en su inherente imprevisibilidad. El malentendido surge en parte de este énfasis. Las fluctuaciones caóticas son, formalmente, totalmente impredecibles en el sentido de que partiendo de dos situaciones diferentes, pero casi idénticas, el futuro de las dos trayectorias es impredecible, sin importar cuánta información uno tiene sobre el sistema. Así, por ejemplo, si sabemos que dos manzanos tienen aproximadamente, pero no del todo, el mismo número de gusanos de la manzana este año, y un tercero está casi, pero no del todo, libre de los gusanos de la manzana, esta información no tiene ninguna relación con cuántas plagas tendrán los tres huertos dentro de unos años. Por un lado, este conocimiento debería implicar un poco de humildad en cualquier programa de investigación que busca la predicción precisa de casi cualquier cosa acerca de un agroecosistema. Por otro lado, la idea de que nuestra incapacidad para predecir hace que cualquier intento de comprensión del sistema carezca de sentido, refleja un malentendido de las ideas de la revolución del caos.

Para ver la naturaleza de esta idea, considérese el siguiente escenario simple. Supongamos que tenemos un cultivo en dos valles adyacentes. Una población de una especie de plaga de oruga se reproduce independientemente en cada uno de los valles, pero puede migrar entre valles (o ser llevada por el viento) en cierta medida. Si representamos gráficamente el tamaño de las poblaciones de los dos valles durante un tiempo, por un período de siete años, podemos obtener algo similar a la Figura 1a, donde los símbolos de círculos cerrados representan lo que sucede en un ciclo de siete años particular (cada número representa el año). Puede observarse que no hay ningún patrón obvio discernible, que es una característica de un sistema caótico. Pero hay algo aún peor! Según lo representado en los círculos abiertos (y los numerales grises), si empezamos el sistema, con los mismos parámetros vitales, en un punto levemente diferente, la posición de los puntos en los años subsiguientes pierde totalmente la relación en las dos trayectorias (la trayectoria representada por los círculos cerrados y la otra trayectoria representada por los círculos abiertos).

Puesto que en la práctica nunca podemos calcular realmente la densidad de una población real en la naturaleza tan de cerca que los dos puntos en la posición 1 sean distinguibles, nuestra capacidad de predecir lo que sucederá se ve seriamente comprometida. Así, por ejemplo, si sabemos dónde están las dos poblaciones en el punto 1, ¿nos dice esto algo sobre dónde estarán después de siete años? (recuérdese, realmente no puede-

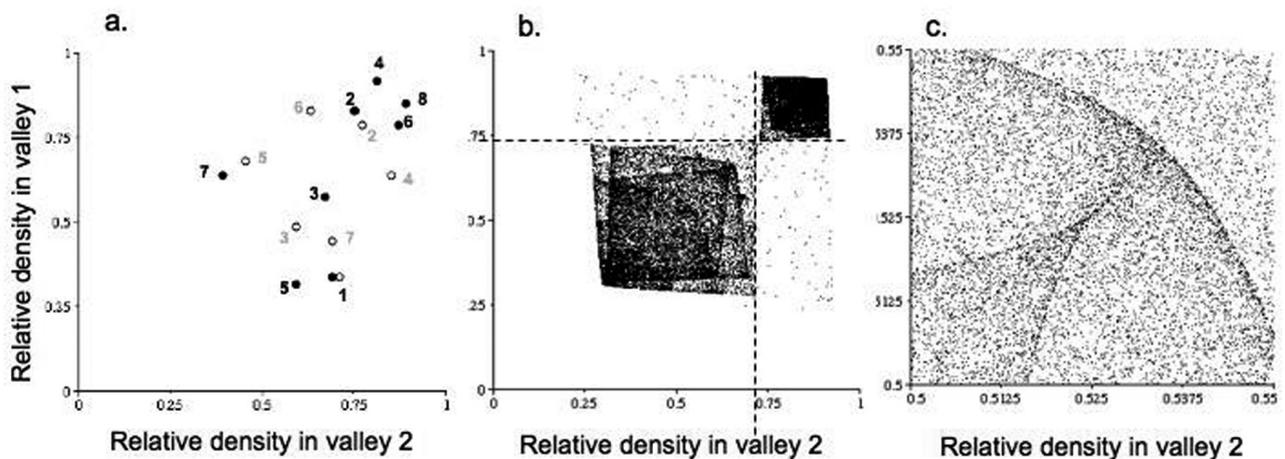


Figura 1 Densidades relativas de dos poblaciones en dos valles adyacentes [las ecuaciones son $N_i(t+1) = rN_i(t)(1-N_i(t)) - mN_i(t) + mN_j(t)$], donde r es la tasa de aumento de la población y m es la tasa de migración entre valles, con valores de parámetros $r = 6.637$; $m = 0.04$.

- a) Siete generaciones sucesivas (años) para dos puntos de partida distintos (etiquetados 1), con un punto de partida que conduce a los puntos representados con círculos cerrados y el segundo representado con círculos abiertos. Hay dos fechas indicadas para mayor claridad: flechas sólidas que van del tiempo 3 al 4, y del tiempo 4 al 5 para una trayectoria; y flechas discontinuas que van del tiempo 3 al 4, y del tiempo 4 al 5 para la otra trayectoria. Nótese la rápida desviación de una trayectoria con respecto a la otra, una característica de los sistemas caóticos.
- b) El gráfico después de miles de generaciones. Las líneas discontinuas indican la posición aproximada de un umbral teórico económico para las dos poblaciones.
- c) Vista ampliada de una parte de la región densa (de 0,5 a 0,55) ilustrando el patrón de varias densidades que son claramente no azarosas.

mos saber si estamos siguiendo los círculos cerrados o los círculos abiertos de la Figura 1a). La respuesta es no, una predicción precisa es imposible.

Sin embargo, si observamos este sistema modelo durante varios miles de años (es decir, iteraciones en la computadora), surgen los puntos representados en la Figura 1b (cada punto es mucho menor que en la Figura 1a, con el fin de que encajen todos). Si bien es cierto que la predicción exacta es imposible, también es cierto que el sistema no es en absoluto azaroso. De hecho, podemos decir que la mayor parte del tiempo ambos valles estarán, o bien por debajo de los valores relativos de 0,75, o por encima de esos valores, aunque en ocasiones uno de los valles estará por encima y el otro por debajo. Además, hay algunos lugares dentro de las dos principales concentraciones de puntos que son más propensos a ocurrir que otros. Desde una perspectiva práctica, por ejemplo, si el umbral económico para esta especie es de 0,75, vemos que esta plaga será normalmente una plaga en ambos valles, o no será una plaga en ambos valles, pero no siempre. Además, si nos centramos en mirar más de cerca (obsérvese la región donde ambas poblaciones están entre 0,5 y 0,55 — figura 1C) vemos una estructura fractal en la cual lo que es aparentemente azaroso en una escala, tiene una estructura significativa en una escala menor. Tanto la imprevisibilidad fundamental como la estructura rígida están contenidas dentro de este sistema caótico.

Así, vemos que una población caótica es, por un lado, totalmente impredecible, por lo menos con respecto a una predicción precisa; pero por otro lado tiene una estructura muy rígida. La tarea consiste en ser capaz de reconocer cuál es la escala adecuada en la cual el sistema debe ser examinado y simultáneamente armarnos con humildad y heurística — humildad en nuestro reconocimiento de que la precisión es un sueño inalcanzable y heurística en tanto que una comprensión cualitativa del sistema puede surgir a partir del análisis cuantitativo. Este es el mensaje de la revolución de caos para los estudios ecológicos serios en agroecología.

La intersección entre complejidad ecológica y conocimiento tradicional

En el Land Institute de Salinas Kansas, Wes Jackson (2002) ha promovido la "agricultura de sistemas naturales". La idea es que el ecosistema natural local nos proporciona la visión de cómo debería diseñarse un agroecosistema. La idea de Jackson gana considerable fuerza partiendo de la tradición. Más o menos la misma idea fue elaborada, en una forma más simplificada, por Sir Albert Howard cuando fue enviado a la India por la reina Victoria a enseñar a cultivar a los agricultores indios. Él descubrió tradiciones profundas, basadas principalmente en el conocimiento de la ecología local, que a su parecer funcionaban mejor que la agricultu-

ra moderna que promovían los científicos victorianos. También podrían citarse otros ejemplos (por ejemplo, Gliessman *et al.* 1981, Ewel 1986, Wilken 1987, Toledo 1990, Altieri 1990, 2004, Sevilla Guzmán 1991, Denevan 1995, Berkes *et al.* 2000, Funes *et al.* 2002, Toledo y Barre-ra Bassols 2008). Pero Jackson (2002) pone sobre la mesa una búsqueda explícita de la relación dialéctica entre la ciencia moderna de la genética y la ecología y la estructura de los ecosistemas naturales. Él se da cuenta de que la franja de cultivo de grano en América del Norte pretende imponer un monocultivo anual en un entorno que, al menos desde el Pleistoceno, se caracterizó por un policultivo perenne. El problema, señala Jackson, es que las hierbas perennes no han tenido el tipo de modificaciones genéticas que los agricultores tradicionales imponían a las gramíneas anuales que conforman la idea de los monocultivos anuales. Siguiendo está lógica, establecieron un programa de modificación genética para crear pastos perennes de mayor rendimiento (o, la *perenización* de los granos clásicos).

En la mayoría de las regiones tropicales del mundo se puede ver la influencia de la agricultura de los sistemas naturales. Por ejemplo, cuando el café llegó a América Latina (al menos a la parte norte de la región), los agricultores comenzaron a cultivarlo debajo de un dosel de árboles de sombra (y, con frecuencia, incluso bajo un dosel de bosques naturales), sabiendo que en su estado natural es una planta de sotobosque. Desarrollos posteriores en la región condujeron a la creación de lo que ahora llamamos bosques de café, conocidos por ser un importante refugio para la biodiversidad (Perfecto *et al.* 1996, Moguel y Toledo 1999). Una evolución similar caracteriza la producción de cacao en Brasil (Faria *et al.* 2006), así como el caucho en África Occidental y en Indonesia (Suyanto *et al.* 2001).

Nos hemos dedicado al estudio de las formas tradicionales de producción de café y hemos llegado a la conclusión de que,

... los productores tienen una conciencia universal y evidente de que el mundo natural ofrece servicios de ecosistema que contribuyen a la estabilidad, productividad y sostenibilidad de sus granjas [Nos dimos cuenta de que] a través de la complejidad espacialmente explícita de innumerables interacciones, muchas de las cuales son múltiples y no-lineales, emerge una noción más alta de equilibrio — no el equilibrio de Newton, sino el equilibrio de una duna de arena movedizas cuya estructura detallada cambia minuto a minuto, pero cuya naturaleza fundamental como "duna de arena" nunca está en duda. Nuestro conocimiento no se convierte en la cruda lógica positivista que debe identificar a un enemigo singular para conquistarlo y la bala mágica con la cual podemos hacerlo, sino más bien la visión holística de un nuevo tipo de «equilibrio» que emer-

ge de la complejidad que los agricultores tradicionales han entendido intuitivamente desde el principio. (Vandermeer *et al.* 2010)

Discusión

El conocimiento contenido en la teoría y la práctica de los agricultores tradicionales del mundo es ciertamente enciclopédico. Como los agricultores siguen aprendiendo de las experiencias y de la comprensión mutua y de las generaciones anteriores, es seguro que se desarrollarán sistemas agrícolas más racionales, aunque el sistema industrial les presione con su implacable publicidad. Es probable que el modelo industrial siga con esa publicidad implacable. La alternativa ecológica que favorecemos y que combina la teoría ecológica actual y los conocimientos tradicionales, hasta la fecha ha tenido una influencia limitada, aunque creciente. Un problema que parece ser universalmente reconocido es el dramático nivel de incertidumbre en nuestra comprensión de los sistemas ecológicos involucrados. La locura de seguir antiguas técnicas de investigación es evidente para todo el mundo, excepto para aquellos cuya carrera depende de ellas (recordemos la advertencia de Upton Sinclair (1934) “es difícil que alguien entienda algo cuando su salario depende de malinterpretarlo” [109]). Sin embargo, debemos reconocer que desde la Segunda Guerra Mundial ha habido cientos, si no miles, de investigadores aprovechándose de miles de millones de dólares en investigación para apoyar el desarrollo del sistema industrial. Y son extremadamente buenos en hacer que ese sistema industrial funcione lo mejor que puede. En contraste, el estudio ecológico de los agroecosistemas está aún en su infancia. Cuando los mismos miles de millones de dólares se gasten en tratar de desenredar la enorme complejidad de los ecosistemas; cuando miles de investigadores tengan el mismo nivel de apoyo, y cuando esa investigación ecológica de vanguardia una sus fuerzas con los conocimientos tradicionales de los agricultores que se han beneficiado de miles de años de ensayo y error y experimentación, podemos imaginar el día en que estaremos mucho mejor capacitados para reunir los principios ecológicos de los agroecosistemas en apoyo de la planificación agroecológica.

Así, prevemos un futuro en el que la ciencia de la ecología, especialmente la que se aplica a la agroecología, llegará a ser todavía más iluminadora. A la vez, imaginamos un futuro en el que los pequeños agricultores tendrán el control de sus propios sistemas de producción, lo que significaría que alcanzarían la plena soberanía alimentaria, y seguirían desarrollando su propia ciencia. Uno de los mayores retos, a nuestro entender, es enfrentarse a la paradoja de Levins. Esto implicaría una involucración creativa en todas las dimensiones del problema.

Sostenemos que la ciencia moderna de la ecología tiene mucho que ofrecer a la creciente revolución del

agroecosistema. De hecho, argumentamos que, del mismo modo que la ciencia de la química es la base de la ingeniería química, la ciencia de la ecología es (o debería ser) la base de la agroecología. Sin embargo, también sucede que el conocimiento acumulado de millones de agricultores de pequeña escala en todo el mundo tiene mucho que ofrecer a la ciencia moderna de la agroecología. De hecho, una definición común de la agroecología incorpora los conocimientos tradicionales como una de las bases de la agroecología. Como Conner (2005) reflexionó en su “A People’s History of Science”, las necesidades prácticas de producir cosas (es decir, no las artimañas etéreas como “instrumentos financieros”, sino bienes y servicios reales que las personas utilizan) ha motivado a las personas, a través de las épocas, a entender cómo funciona el mundo. La ciencia, en esencia, consiste en comprender esto. De hecho, estamos de acuerdo con Robert Boyle en que «como el naturalista puede... derivar mucho conocimiento de una inspección de los oficios, de ese modo, en virtud de los conocimientos así adquiridos... puede ser también capaz de contribuir a la mejora de los oficios» (Connor 2005, 22) — un principio que es probablemente más importante que su famosa ley sobre los gases. De hecho, es quizás el principio científico más importante de todos — la paradoja de Levins. Los conocimientos tradicionales son profundos pero locales, mientras que el conocimiento ecológico moderno es general, pero superficial. ¿Es pedir demasiado promover una agenda de investigación que busque combinar estos dos conocimientos? ¿Tener al menos como objetivo final (o sueño), la generación de un conocimiento que sea al mismo tiempo profundo y general?

Nota

1.- Por “oficio” (en inglés, “*trade*”) entendemos aquí una habilidad o *arte*. A Robert Boyle, filósofo del siglo diecisiete, químico y físico que dio nombre a la Ley de Boyle sobre los gases, le interesaba comprender el modo en que los hombres y mujeres en oficios comunes acumularon un conocimiento que era sistemático, organizado y revelador, tanto como el conocimiento científico moderno. Este detalle se discute en detalle en Conner (2005).

Referencias

- Altieri MA. 1990. Why study traditional agriculture? In Agroecology (Carrol CR, Vandermeer JH, Rosset PM, eds). New York: McGraw Hill, 551–564 pp.
- Altieri MA. 2004. Linking ecologist and traditional farmers in the search for sustainable agriculture. *Frontiers in Ecology and the Environment* 2: 35–42.
- Altieri MA. 2009. Agroecology, small farms, and food sovereignty. *Monthly Review*, 102–113.

- Arditi R, Berryman AA. 1991. The biological control paradox. *Trends in Ecology and Evolution* 6: 32.
- Bentley JW, Boa E, Van Mele P, Almanza J, Vazquez D, Eguino S. 2003. Going public: A new extension method. *International Journal of Agricultural Sustainability* 1: 108–123.
- Berkers F, Colding J, Folke C. 2000. Rediscovery of traditional ecological management as adaptive management. *Ecological Applications* 10: 1251–1262.
- Burton RS. 1999. Molecular tools in marine ecology. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 200: 85–101.
- Conner CD. 2005. *A people's history of science: Miners, midwives and "low mechanics."* New York: Nation Books.
- Cowan CW, Benco NL, Watson PJ. 2006. *The origins of agriculture: An international perspective.* University of Alabama Press, Tuscaloosa, AL.
- Denevan WM. 1995. Prehistoric agricultural methods as models for sustainability. *Advances in Plant Pathology* 11: 21–43.
- De Schutter O, Cordes KY. 2011. *Accounting for hunger: The right to food in the era of globalization.* Portland, OR: Hart.
- Diaz RJ, Rosenberg R. 2008. Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science* 321: 926–929.
- Ewel JJ. 1986. Designing agroecosystems for the humid-tropics. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17: 245–271.
- Faria D, Laps RR, Baubarten J, Cetra M. 2006. Bat and bird assemblages from forests and shade cacao plantations in two contrasting landscapes in the Atlantic forest of southern Bahia, Brazil. *Biodiversity and Conservation* 15: 587–612.
- Funes F, García L, Bourque M, Perez N, Rosset P. 2002. *Sustainable agriculture and resistance: Transforming food production in Cuba.* Oakland, CA: Food First.
- Gliessman SR, García RE, Amador MA. 1981. The ecological basis for the application of traditional agricultural technology in the management of tropical agro-ecosystems. *Agro-Ecosystems* 7: 173–185.
- Green JL, Hastings A, Arzberger P, Ayala FJ, Cottingham KL, Cuddington K, Davis F, Dunne JA, Fortin MJ, Gerber L, Neubert M. 2005. Complexity in ecology and conservation: Mathematical, statistical, and computational challenges. *BioScience* 55: 501–510.
- Grossman JM. 2003. Exploring farmer knowledge in organic coffee systems in Chiapas, Mexico. *Geoderma* 111: 267–287.
- Hastings A, Hom CL, Elnor S, Turchin P, Godfray HJ. 1993. Chaos in ecology: Is mother nature a strange attractor? *Annual Review of Ecology and Systematics* 24: 1–33.
- Hendrickson MK, James HS. 2005. The ethics of constrained choice: How the industrialization of agriculture impacts farming and farmer behavior. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 18: 269–291.
- Holt-Giménez E. 2006. *Campesino a campesino: Voices from Latin America's farmer to farmer movement for sustainable agriculture.* Oakland, CA: Food First.
- IAASTD (International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development). 2009. *Agriculture at a crossroads.* Washington, DC: Island Press.
- Jackson W. 2002. Natural systems agriculture: A truly radical alternative. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 88: 111–117.
- Lee RB, Daly RH. 1999. *The Cambridge encyclopedia of hunters and gatherers.* Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Leitbeg F, Funes-Monzote FR, Kummer S, Vogl CR. 2011. Contribution of farmer's experiments and innovation to Cuba's agricultural innovation system. *Renewable Agriculture and Food Systems* 26: 354–367.
- Lewis WJ, van Lenteren JC, Phatak SC, Tumlinson JH III. 1997. A total system approach to sustainable pest management. *Proceedings of the National Academy of Science* 94: 12243–12248.
- Lewontin R, Levins R. 2007. *The maturing of capitalist agriculture: Farmer as proletarian.* In *Biology under the influence: Dialectical essays on ecology, agriculture, and health* (Lewontin R, Levins R, eds). New York: Monthly Review Press.
- Lin BB, Chappell MJ, Vandermeer J, Smith GR, Quintero E, et al. 2011. Effects of industrial agriculture on climate change and the mitigation potential of small-scale agroecological farms. *CAB Reviews* 6: 1–18.
- Martínez-Alier J. 2011. The EROI of agriculture and its use by Via Campesina. *Journal of Peasant Studies* 38: 145–160.
- Moguel P, Toledo VM. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology* 13: 11–21.
- Morales H, Perfecto I. 2000. Traditional knowledge and pest management in the Guatemalan Highlands. *Agriculture and Human Values* 17: 49–63.
- Nassauer JI, Santelmann MV, Scavia D (eds). 2007. *From the corn belt to the gulf: Societal and environmental implications of alternative agricultural futures.* Washington, DC: Resources for the Future Press.
- Nestle, M. 2007. *Food politics.* Berkeley, CA: University of California Press.
- Patel R. 2010. *Stuffed and starved: Markets, power and the hidden battle for the world's food system.* New York: Harper Collins.
- Perfecto I, Rice RA, Greenberg R, Van der Voort ME. 1996. Shade coffee: A disappearing refuge for biodiversity. *BioScience* 46: 598–608.

- Pimentel D, Aquay H, Biltoen M, Rice P, Silva M, Nelson J, Lipner V, Giordano S, Horowitz A, D'Amore M. 1992. Environmental and economic costs of pesticide use. *BioScience* 42: 750–760.
- Pimentel D, Hupperly P, Hanson J, Douds D, Seidel R. 2005. Environmental, energetic, and economic comparisons of organic and conventional farming systems. *BioScience* 55: 573–582.
- Pimentel D, Hurd LE, Bellotti AC, Forster MJ, Oka IN, Sholes OD, Whitman RJ. 1973. Food production and the energy crisis. *Science* 182: 443–449.
- Pimentel D, Pimentel M. 1979. *Food, energy and society*. London: Arnold.
- Pollan M. 2007. *The omnivore's dilemma: A natural history of four meals*. New York: The Penguin Press.
- Richards P. 1985. *Indigenous agrarian revolution*. Boulder, CO: Westview Press.
- Röling N, van de Fliert E. 1994. Transforming extension for sustainable agriculture: the case of integrated pest management in rice in Indonesia. *Agriculture and Human Values* 11: 2–3.
- Rosset P. 2008. Food sovereignty and the contemporary food crisis. *Development* 51: 460–463.
- Russell E. 2001. *War and nature: Fighting humans and insects with chemicals from WWI to Silent Spring*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Sevilla Guzmán E. 1991. Hacia un desarrollo agroecológico desde el campesinado. *Política y Sociedad* 9: 57–72.
- Sinclair U. 1934. *Candidate for governor. And how I got licked*. Berkeley: University of California Press.
- Stuiver M, Leeuwis C, Van der Ploeg JD. 2004. The power of experience: farmer's knowledge and sustainable innovations in agriculture. In *Seeds of transition: Essays on novelty production, niches and regimes in agriculture* (Wiskerke JSC, Van der Ploeg JD, eds). Assen, the Netherlands: Royal Van Gorcum, 93–117 pp.
- Suyanto S, Domich TP, Otsuka K. 2001. Land tenure and farm management efficiency: The case of smallholder rubber production in customary land areas of Sumatra. *Agroforestry Systems* 50: 145–160.
- Toledo VM. 1990. The ecological rationality of peasant production. In *Agroecology and small farm development* (Altieri MA, Hecht SB, eds). Boca Raton, FL: CRC Press, 51–58 pp.
- Toledo VM, Barrera-Bassols N. 2008. La memoria biocultural: la importancia agroecológica de las sabidurías tradicionales. Barcelona: Icaria.
- Vandermeer J, Goldberg D. 2003. *Elementary population ecology*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Vandermeer J, Perfecto I, Philpott S. 2010. Ecological complexity and pest control in organic coffee production: Uncovering an autonomous ecosystem service. *BioScience* 60: 527–537.
- Wilken GC. 1987. *Good farmers: Traditional agricultural resource management in Mexico and Guatemala*. Berkeley, CA: University of California Press.