

# Agroecología y Cambio Climático

Metodologías para evaluar la resiliencia  
socio-ecológica en comunidades rurales

Editores

Clara I. Nicholls y Miguel A Altieri



PROGRAMA  
IBEROAMERICANO



# Agroecología y Cambio Climático

Metodologías para evaluar la resiliencia  
socio-ecológica en comunidades rurales

Red Iberoamericana de Agroecología para el Desarrollo de Sistemas  
Agrícolas Resilientes al Cambio Climático (REDAGRES)

Red Adscrita al Programa Iberoamericano de Ciencia  
y Tecnología para el Desarrollo (CYTED)

Proyecto de:  
La Sociedad Científica de Agroecología (SOCLA)

Lima – Perú  
2013

# Agroecología y Cambio Climático

Metodologías para evaluar la resiliencia  
socio-ecológica en comunidades rurales

Red Iberoamericana de Agroecología para el Desarrollo de Sistemas  
Agrícolas Resilientes al Cambio Climático (REDAGRES)

Red Adscrita al Programa Iberoamericano de Ciencia  
y Tecnología para el Desarrollo (CYTED)

Proyecto de:  
La Sociedad Científica de Agroecología (SOCLA)



**Editores**

**Clara I. Nicholls y Miguel A Altieri**

**Lima – Perú  
2013**

© 2013 por Red Adscrita al Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED). Reservados todos los derechos. Los conceptos y las opiniones expresadas en este libro son responsabilidad exclusiva del autor o el editor. Ni la Red Adscrita al Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), ni el equipo editorial, se hacen responsables del uso de la información aquí publicada.

## **Integrantes de REDAGRES**

### **COLOMBIA**

Clara Inés Nicholls Estrada – Universidad de Antioquia, Coordinadora General de REDAGRES  
Tomas Enrique León Sicard – Universidad Nacional de Colombia  
Sara María Márquez Girón – Universidad de Antioquia  
Enrique Murgueitio – Director de CIPAV  
Leonardo Alberto Ríos Osorio – Universidad de Antioquia  
Gloria Patricia Zuluaga Sánchez – Universidad Nacional de Colombia  
Alejandro Henao Salazar – Universidad de Antioquia

### **CUBA**

Fernando Rafael Funes Monzote – Estación Experimental Indio Hatuey  
Luis L. Vásquez Moreno – Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal  
Nilda Pérez Consuegra – Coordinadora Mesoamérica y el Caribe RAP-AL

### **CHILE**

René Montalba Navarro – Universidad de la Frontera  
Santiago Peredo Parada – Universidad de Santiago de Chile  
Agustín Infante – Centro de Educación y Tecnología, Yumbel  
Carlos Alberto Pino Torres – Universidad Católica del Maule  
Jaime Rodríguez – Universidad de Chile  
Carlos Venegas – Director CET

### **MEXICO**

Marta Astier Calderón – Universidad Nacional Autónoma de México

### **BRASIL**

Manoel Baltasar Baptista Da costa – Universidad Federal de São Carlos  
Jucinei Comin – Universidad Federal de Santa Catarina

### **PERÚ**

Saray Siura Cespedes – Universidad Nacional Agraria La Molina  
Roberto Ugas – Universidad Nacional Agraria La Molina

### **ARGENTINA**

Walter Alberto Pengue – Universidad de Buenos Aires  
Santiago Sarandon – Universidad Nacional de La Plata

### **ESPAÑA**

Juana Labrador Moreno – Presidenta de SEAE

### **SOCLA**

Miguel Ángel Altieri – Universidad de California, Berkeley y Presidente de SOCLA

### **Diseño Gráfico**

Alejandro Henao Salazar

### **Foto de Portada**

500.000 hectáreas cubiertas de canales para manejo de inundaciones,  
por las sociedades Zenúes 2.000 años atrás en el Norte de Colombia.

### **Impresión y terminación**

GAMA GRAFICA, Lima



## INDICE VOLUMEN 8<sub>(1)</sub>

AGROECOLOGIA Y RESILIENCIA AL CAMBIO CLIMATICO PRINCIPIOS Y CONSIDERACIONES METODOLOGICAS Miguel A Altieri, Clara Inés Nicholls.....	7
RESILIENCIA DE SISTEMAS AGRÍCOLAS ECOLÓGICOS Y CONVENCIONALES FRENTE A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN ANOLAIMA (CUNDINAMARCA - COLOMBIA) Cindy Alexandra Córdoba-Vargas, Tomás Enrique León-Sicard .....	21
DIAGNÓSTICO DE LA COMPLEJIDAD DE LOS DISEÑOS Y MANEJOS DE LA BIODIVERSIDAD EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA EN TRANSICIÓN HACIA LA SOSTENIBILIDAD Y LA RESILIENCIA Luis L. Vázquez Moreno.....	33
FACTORES ECOLÓGICOS Y SOCIALES QUE EXPLICAN LA RESILIENCIA AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LOS SISTEMAS AGRÍCOLAS EN EL MUNICIPIO LA PALMA, PINAR DEL RÍO, CUBA Maikel Márquez Serrano, Fernando R. Funes-Monzote.....	43
INCIDENCIA DE GALLINA CIEGA, SISTEMAS DE MANEJO CAMPESINOS Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN LA COMUNIDAD DE NAPÍZARO, MICHOACÁN (MÉXICO) Ek del Val, Esperanza Arnés, Jesús Antonio Gaonac, Marta Astier .....	53
UTILIZACIÓN DEL ÍNDICE HOLÍSTICO DE RIESGO (IHR) COMO MEDIDA DE RESILIENCIA SOCIOECOLÓGICA A CONDICIONES DE ESCASEZ DE RECURSOS HÍDRICOS. APLICACIÓN EN COMUNIDADES CAMPESINAS E INDÍGENAS DE LA ARAUCANÍA, CHILE René Montalba, Marcia García, Miguel Altieri, Francisca Fonseca, Lorena Vieli ...	63
PERCEPCIONES Y ESTRATEGIAS DE LOS CAMPESINOS DEL SECANO PARA MITIGAR EL DETERIORO AMBIENTAL Y LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN CHILE Agustín Infante L, Felipe Infante C.....	71
ESTRATEGIAS SOCIALES Y ECOLÓGICAS DE RESILIENCIA AL CAMBIO CLIMÁTICO IMPLEMENTADAS POR LOS AGRICULTORES DEL MUNICIPIO DE MARINILLA (COLOMBIA) Gloria Patricia Zuluaga Sánchez, Elizabeth Martínez Ceballos, Aura Luz Ruiz .....	79
PROPUESTA METODOLÓGICA DE MEDICIÓN DE LA RESILIENCIA AGROECOLÓGICA EN SISTEMAS SOCIO-ECOLÓGICOS: UN ESTUDIO DE CASO EN LOS ANDES COLOMBIANOS Alejandro Henao Salazar .....	85



## AGROECOLOGIA Y RESILIENCIA AL CAMBIO CLIMATICO: PRINCIPIOS Y CONSIDERACIONES METODOLOGICAS

**Miguel A Altieri<sup>1</sup>, Clara Inés Nicholls<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Department of Environmental Science, Policy and Management, University of California, Berkeley, 215 Mulford Hall-3114, Berkeley, CA 94720-3114; <sup>2</sup>Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad de Antioquia, Ciudadela Robledo, Medellín, Colombia. E-mail: agroeco3@berkeley.edu

### Resumen

La mayoría de las estadísticas disponibles que predicen impactos climáticos sobre la agricultura campesina son aproximaciones muy burdas que no toman en cuenta la heterogeneidad de la agricultura campesina-indígena, ni la diversidad de estrategias que los campesinos han utilizado y aun utilizan para enfrentar las sequías, inundaciones, huracanes, etc. Alrededor del mundo muchos campesinos y agricultores tradicionales han respondido a las condiciones climáticas cambiantes demostrando innovación y resiliencia frente al cambio climático. Un gran número de agricultores tradicionales poseen lecciones importantes de resiliencia para los agricultores modernos y diversos expertos han sugerido que el rescate de los sistemas tradicionales de manejo, en combinación con el uso de estrategias agroecológicas, puede representar la única ruta viable y sólida para incrementar la productividad, la sostenibilidad y la resiliencia de la producción agrícola. En este trabajo se define un marco conceptual y metodológico para poder descifrar los principios y mecanismos claves que explican la resiliencia de los sistemas diversificados, de manera de que estos puedan ser transmitidos a otros agricultores en cada región y así mejoren la capacidad de resistencia y de recuperación de sus fincas. Por esto la urgencia de la necesidad de desarrollar una metodología que permita evaluar la capacidad de los agroecosistemas a resistir y recuperarse de los eventos climáticos severos, con especial énfasis en entender los procesos que explican la resiliencia socio-ecológica observada.

**Palabras claves:** Agroecología, agricultura campesina y tradicional, resiliencia socio-ecológica.

### Summary

#### **Agroecology and resilience to climate change: principles and methodological considerations**

Most of the current statistics on the impact of climate change on peasant agriculture are broad approximations that do not take into account the heterogeneity of peasant agriculture, nor the range of strategies that peasants have used and still use to confront droughts, hurricanes, flooding, etc. Around the world there are thousands of small farmers that have responded to changing climatic conditions in innovative forms that provide resilience. These farmers possess key lessons of resilience for modern farmers and thus many experts have suggested the rescuing of traditional agroecological management systems as the only viable path to enhance the resilience of modern agroecosystems. This work provides a conceptual and methodological framework to elucidate the principles and mechanisms that underlie the resilience of diversified farming systems, so that these may be transferred to other farmers to improve the resistance and recovery of their farms affected by climate change. It is urgent to develop a methodology that allows assessment of the capacity of agroecosystems to withstand and recover from extreme climatic events with special emphasis on understanding the processes that explain the observed socio-ecological resilience.

**Key words:** Agroecology, traditional agriculture, socio-ecological resiliency



## Introducción

La amenaza del cambio climático global ha causado consternación entre científicos ya que la producción de cultivos se podría ver seriamente afectada al cambiar radicalmente los regímenes de temperaturas y lluvias, comprometiendo así la seguridad alimentaria tanto a nivel local como mundial. Aunque los efectos del cambio climático sobre los rendimientos agrícolas varíaran de región a región, los efectos mas dramáticos se esperan en países en vías de desarrollo con climas desde áridos a húmedos (Easterling *et al.* 2007). Las amenazas incluyen inundaciones de zonas bajas, mayor frecuencia y severidad de sequías en áreas semiáridas, y temperaturas calurosas extremas en zonas templadas y mediterráneas, que pueden limitar el crecimiento y producción vegetal y animal.

Las estadísticas oficiales predicen que los agricultores mas pobres en los países en vías de desarrollo son especialmente vulnerables a los impactos del cambio climático debido a su exposición geográfica, bajos ingresos, mayor dependencia en la agricultura para su sobrevivencia y su limitada capacidad de buscar otras alternativas de vida. Para estos grupos vulnerables, pequeños cambios en el clima pueden tener impactos desastrosos ya que solo la reducción de media a una tonelada de producción puede significar la diferencia entre vida y muerte (Rosenzweig y Hillel 2008). Jones y Thornton (2003) predicen una reducción general de 10% en la producción de maíz para el año 2055 en África y Latino América, equivalente a pérdidas de \$2 billones de dólares al año, afectando a no menos de 40 millones de personas en América Latina y en el África sub-Sahariana. Los autores argumentan que estas pérdidas se intensificarán con aumentos de temperatura y reducciones de precipitación.

Si bien es cierto que muchas poblaciones indígenas y campesinas están particularmente expuestas a los impactos del cambio climático y son mas vulnerables dados sus estilos de vida ligado a recursos naturales en ecosistemas marginales, muchas de estas mismas poblaciones están activamente respondiendo a las condiciones climáticas cambiantes y han demostrado innovación y resiliencia frente al cambio climático. En realidad la mayoría de las estadísticas disponibles que predicen impactos climáticos sobre la agricultura campesina son aproximaciones muy burdas que no toman en cuenta la heterogeneidad de la agricultura campesina-indígena, ni la diversidad de estrategias que los campesinos han utilizado y aun utilizan para enfrentar las sequías, inundaciones, huracanes, etc.

La atención sobre los impactos en los sistemas campesinos esta desviando la atención del problema real que enfrenta la humanidad: el hecho que los agroecosistemas industriales dominados por monocultivos de larga escala sembrados con una o dos va-

riedades no tienen la diversidad necesaria para evitar desastres. Las consecuencias de la homogenización agrícola han sido evidentes en USA desde las pérdidas masivas de producción en maíz (mas de 15 millones de toneladas) por la epidemia del hongo *Bipolaris maydis* (southern corn leaf blight) que equivalió a una pérdida de 18,5 trillones de calorías (1 ton de maíz= 888.889 kcal) (Heinemann *et al.* 2013). Las recientes sequías y temperaturas altas han causado una disminución de rendimientos desde 2009 (NRC 1972). La sequía del 2012 que afectó al medio oeste de USA terminó en lluvias torrenciales en la primavera del 2013 causando aún más pérdidas para los agricultores de maíz y soya cuyos ingresos disminuyeron en 3%, cifra disfrazada ya que los granjeros se acogieron a seguros agrícolas por una cantidad superior a 12 mil millones de dólares. Poco se ha hecho para incrementar la adaptabilidad de la agricultura industrial a los eventos climáticos cambiantes y extremos (Rosenzweig y Hillel 2008). La búsqueda de posibles adaptaciones agrícolas al cambio climático se ha centrado en enfoques reduccionistas o "balas mágicas" como la modificación genética para crear "genes climáticamente inteligentes" con la que se espera que los cultivos puedan producir bajo condiciones estresantes ayudados por modelos de predicción del clima.

Dado de que el mundo es cada vez mas dependiente de agroecosistemas industriales concentrados para la producción de granos, y a su vez altamente vulnerables, la revelación de que muchos campesinos y agricultores familiares no solo lidian con la variación climática sino que de hecho se preparan para el cambio, minimizando la pérdida de rendimientos, es de gran relevancia para el futuro de la seguridad alimentaria global (Altieri y Koohafkan 2008). Muchas investigaciones plantean que el conocimiento tradicional y las practicas indígenas de manejo de recursos son la base de la resiliencia de los agroecosistemas campesinos. Estrategias como mantener diversidad genética, usar policultivos y agroforestería, cosechar agua, conservar suelos, etc. son estrategias campesinas de minimización de riesgo frente a climas inciertos. El uso diversificado del paisaje y el acceso a recursos múltiples incrementa la capacidad de los campesinos de responder a la variabilidad y cambio ambiental. Estas estrategias están ligadas a sistemas tradicionales de gobernanza y redes sociales que contribuyen a la habilidad colectiva para responder a la variabilidad climática incrementando así la resiliencia socio-ecológica de las comunidades.

Es claro que los agricultores tradicionales poseen lecciones importantes de resiliencia para los agricultores modernos y diversos expertos han sugerido que el rescate de los sistemas tradicionales de manejo, en combinación con el uso de estrategias agroecológicas, puede representar la única ruta viable y sólida para incrementar la productividad, la sostenibilidad y la resiliencia de

la producción agrícola (Altieri 2002, De Schutter 2010). En este artículo se explora una serie de maneras en que pueden implementarse estrategias agroecológicas para el diseño y el manejo de agroecosistemas, permitiendo a los agricultores adoptar una estrategia que aumenta la resiliencia y además proporciona beneficios económicos.

Un desafío clave para los científicos es definir un marco conceptual y metodológico para poder describir los principios y mecanismos claves que explican la resiliencia de los sistemas diversificados, de manera de que estos puedan ser transmitidos a otros agricultores en cada región para que estos mejoren la capacidad de resistencia y de recuperación de sus fincas. Por esto la urgencia de la necesidad de desarrollar una metodología que permita evaluar la capacidad de los agroecosistemas a resistir y recuperarse de los eventos climáticos severos, con especial énfasis en entender los procesos que explican la resiliencia socio-ecológica observada.

### Que es la resiliencia socio-ecológica?

Resiliencia se define como la propensión de un sistema de retener su estructura organizacional y su productividad tras una perturbación. La resiliencia tiene dos dimensiones: resistencia a los shocks (eventos extremos) y la capacidad de recuperación del sistema (Lin 2011). Un agroecosistema es “resiliente” si es capaz de seguir produciendo alimentos, a pesar del gran desafío de una severa sequía o una tormenta. En los agroecosistemas la agrobiodiversidad provee un enlace entre stress y resiliencia, porque una diversidad de organismos es clave para que los ecosistemas funcionen y provean servicios. Si un grupo funcional de especies, o un nivel trófico es removido puede causar que un ecosistema cambie a un estado “menos deseado” afectando su capacidad de funcionar y prestar servicios. Las principales conexiones entre la diversidad en agroecosistemas y la resiliencia se pueden resumir de la siguiente manera (Vandermeer *et al.* 1998):

- a. La biodiversidad incrementa la función del ecosistema pues diferentes especies juegan roles diferentes y ocupan dichos diversos
- b. En general hay mas especies que funciones por lo que existe redundancia en los ecosistemas.
- c. Son precisamente aquellos componentes que aparecen redundantes en un tiempo determinado, los que se tornan importantes cuando ocurre un cambio ambiental.

Cuando se producen cambios ambientales, la redundancia construida por varias especies, permiten al ecosistema continuar funcionando y proporcionando los servicios ecosistémicos. Así, la biodiversidad proporcio-

na un “seguro” o sirve como un “amortiguador” frente a fluctuaciones ambientales, debido a que la diversidad de cultivos, árboles y animales responden de manera diferente a las fluctuaciones, alcanzando una comunidad más predecible o fomentando las propiedades del ecosistema. Lo clave aquí es entender que cuando ocurre cambio ambiental, son las redundancias del sistema las que permiten un funcionamiento continuo del sistema. De ahí la importancia de las estrategias de diversificación en los agroecosistemas ya que la diversidad se traduce en heterogeneidad ecológica lo que incrementa las opciones.

Debido a que estos sistemas no ocurren en un vacío social, sino que mas bien han sido el producto de un proceso co-evolutivo entre grupos étnicos interactuando con la naturaleza, la resiliencia ecológica observada esta íntimamente ligada a la resiliencia social que es la habilidad de las comunidades de construir su infraestructura social como soporte a shocks externos. Hay una clara relación entre resiliencia social y ecológica, particularmente en grupos o comunidades que dependen directamente de recursos ambientales para su sobrevivencia. Lo que falta por comprobar es si acaso ecosistemas resilientes son conducentes a comunidades resilientes y viceversa (Walker *et al.* 2002).

Una dificultad fundamental para definir o manejar la resiliencia socio-ecológica es su gran complejidad y la dificultad e incertidumbre de realizar cualquier tipo de pronóstico sobre cambios inmediatos o futuros. Esto se debe a que el cambio climático es impredecible y cambia en forma no lineal. Incluso el sistema puede cambiar mas rápido de lo predicho, especialmente en periodos de transición. Dados estos limites en nuestro entendimiento, la Agroecología se enfoca mas en la necesidad de aprender a vivir en o con sistemas cambiantes, mas que en “controlarlos”. Es por eso que en tiempos de crisis, rompimiento o reorganización, el manejo debe enfocarse hacia la construcción de la resiliencia tomando en cuenta diez principios de diseño agroecológico (Altieri 2002, Martin *et al.* 2010):

1. Los procesos ecológicos en los agroecosistemas exhiben dimensiones espaciales y temporales de tiempo y espacio, las cuales se deben tomar en cuenta para los planes de manejo ambiental
2. La estructura y la función del agroecosistema están determinadas por los componentes de biodiversidad y sus interacciones.
3. La estabilidad no esta solo relacionada al numero de especies presentes, sino mas bien con las conexiones funcionales entre estas.
4. En general, mientras mas diversos los agroecosistemas, estos tienden a ser mas estables y mas resilientes. La biodiversidad se debe mantener o promover para mantener la capacidad de autorregulación de los agroecosistemas.

5. Los agroecosistemas diversos exhiben capacidades homeostáticas que “suavizan” los efectos de variables externas cambiantes.
6. Todos los componentes bióticos y abióticos del agroecosistema están conectados y forman una red. Dado que los procesos físicos y biológicos son interactivos, es importante determinar las interacciones en el agroecosistema y saber interpretarlas para su optimización.
7. La energía solar es el motor del ecosistema a través del proceso fotosintético de las plantas. Todos los niveles tróficos del agroecosistema (herbívoros, depredadores y descomponedores) se organizan y dependen del nivel trófico primario y mientras más compleja la vegetación, más complejos son los niveles tróficos asociados.
8. Los ecosistemas tienden hacia la complejidad y la entropía, por lo que los diseños agroecológicos debieran acompañar a la naturaleza en su tendencia hacia la complejidad.
9. Todo agroecosistema tiene una historia de desarrollo ecológico que influencia su estado actual. Mientras más degradado y artificializado este el sistema, más difícil y largo será el proceso de transición agroecológica.
10. Los agroecosistemas son parte de un paisaje más amplio. Agroecosistemas insertos en una matriz ambiental más compleja son más resilientes. Los ecotonos son zonas tampón y de transición, y son tan importantes para los ecosistemas como lo son las membranas para las células.

Dado que los agroecosistemas son el producto de una co-evolución social-ecológica, estos principios agroecológicos se complementan con otros tres principios sociales claves (Adger 2000):

1. La capacidad de construir resiliencia en un agroecosistema depende del contexto socio-cultural (nivel de organización, gobernanza, conocimiento tradicional, etc.) que lo nutre y de la capacidad de reaccionar, movilizarse y de adaptarse a los cambios de los grupos humanos que los manejan.
2. Un sistema socio-ecológico vulnerable ha perdido su resiliencia, lo que a su vez implica una pérdida de la capacidad de responder y adaptarse. Los agroecosistemas son más vulnerables en sus límites geográficos y cuando los grupos humanos carecen de armonía social y su identidad cultural se ha erosionado.
3. La “adaptabilidad” es la capacidad de las comunidades de construir resiliencia a través de acciones colectivas. “Transformabilidad” es la capacidad de las comunidades de crear nuevos sistemas socio-ecológicos cuando las condiciones ambientales,

socio-económicas o políticas son críticas. De aquí el énfasis de la Agroecología de crear nuevos sistemas agrícolas y alimentarios con una nueva base productiva y social.

### **Desempeño de los agroecosistemas biodiversos bajo eventos climáticos extremos**

Mucho se ha escrito sobre la importancia de la diversificación de agroecosistemas para reducir la incidencia de plagas y patógenos (Altieri y Nicholls 2004) y esta relación entre biodiversidad y la protección de cultivos se ha extendido para lidiar con la variabilidad climática (Altieri y Koohafkan 2008). Un gran número de estudios que analizan el comportamiento de la agricultura después de fuertes eventos climáticos, han puesto de manifiesto que la resistencia a los desastres climáticos está estrechamente relacionada con la biodiversidad presente en los sistemas productivos (Holt-Gimenez 2002, Philpott *et al.* 2009, Rosset *et al.* 2011)

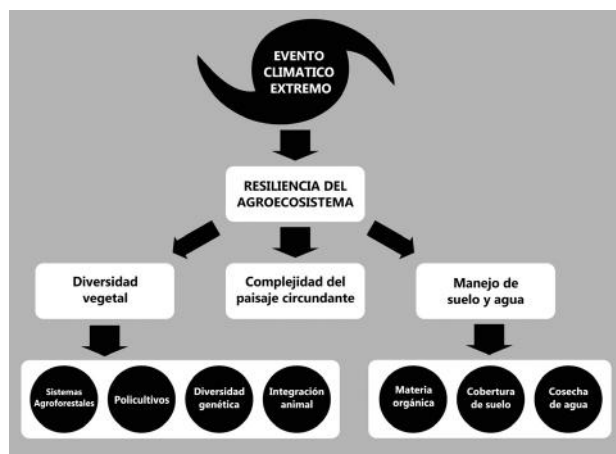
Uno de los estudios pioneros realizado en laderas de América Central después del huracán Mitch en 1998, reveló que los agricultores que utilizaban prácticas de diversificación como cultivos de cobertura, sistemas intercalados y sistemas agroforestales, sufrieron menos daño que sus vecinos con monocultivos convencionales. Este estudio liderado por el Movimiento Campesino a Campesino, movilizó 100 equipos de agricultor-técnico para llevar a cabo observaciones paralelas de indicadores agroecológicos específicos en 1.804 fincas “sostenibles” y “convencionales”. El estudio abarcó 360 comunidades y 24 departamentos en Nicaragua, Honduras y Guatemala. El estudio reveló que después del huracán, las parcelas diversificadas (“sostenibles”) tenían un 20-40% más de capa arable de suelo, mayor humedad en el suelo, menos erosión y experimentaron menores pérdidas económicas que sus vecinos “convencionales” (Holt-Gimenez 2002).

Asimismo, en Sotonusco, Chiapas, sistemas de café con altos niveles de complejidad y diversidad vegetal sufrieron menos daños por el huracán *Stan* que los sistemas de café más simplificados (Philpott *et al.* 2009). En el caso del café, los sistemas con más sombra mostraron mayor protección a los cultivos, cuando se presentaba menor precipitación y había una menor disponibilidad de agua en el suelo, ya que la cubierta forestal arbórea, era capaz de reducir la evaporación del suelo y aumentar la infiltración del agua (Lin 2007). Cuarenta días después de que el huracán *Ike* azotó a Cuba en 2008, varios investigadores realizaron una encuesta en las fincas en las provincias de Holguín y Las Tunas y encontraron que las fincas diversificadas exhibieron pérdidas de 50% comparadas con el 90 o el 100% en las fincas vecinas con monocultivos. Igualmente, explotaciones manejadas agroecológicamente, mostraron una recuperación más rápida de producción (80-90%)

40 días después del huracán, que las fincas bajo monocultivos (Rosset *et al.* 2011).

### Estrategias para incrementar la resiliencia de agroecosistemas

Para poder proteger los sistemas de vida de los agricultores de una zona determinada es necesario identificar los factores que incrementan el riesgo, pero más importante es incrementar la resiliencia de sus sistemas productivos. Dada la interconexión entre el ambiente, los recursos naturales, las amenazas naturales y la seguridad alimentaria, se hace necesario reducir la vulnerabilidad mediante la adopción de estrategias de manejo sustentable de recursos naturales como suelo, agua y bosques, mejorando así la matriz ambiental circundante. Cuencas saludables y revegetadas son más resilientes, y protegen contra derrumbes, erosión, inundaciones, etc. Simultáneamente, será necesario la implementación de prácticas agroecológicas para estabilizar los agroecosistemas incluyendo diversificación de cultivos, conservación y manejo orgánico de suelos, cosecha de aguas lluvia y restauración de tierras degradadas. La idea es lograr diseñar agroecosistemas rodeados de un paisaje más complejo, con sistemas productivos diversificados y suelos cubiertos y ricos en materia orgánica, pues estos serán más resilientes (Figura 1).



**Figura 1.** Factores ecológicos a nivel de paisaje, diversidad vegetal y calidad del suelo que condicionan la resiliencia de un agroecosistema.

De hecho, muchos estudios revelan que los pequeños agricultores que utilizan prácticas agroecológicas han podido afrontar e incluso prepararse para el cambio climático, minimizando las pérdidas de sus cosechas, a través de una serie de prácticas tales como el uso de variedades tolerantes a sequía, cosecha de agua, diversidad de cultivos, agroforestería, prácticas de conservación de suelo y una serie de otras técnicas tradicionales (Altieri y Koohafkan 2008). Los resultados de diversas investigaciones sugieren que muchas prácticas agroeco-

lógicas (Tabla 1) producen una mayor resistencia a los eventos climáticos al traducirse en menor vulnerabilidad y mayor sostenibilidad a largo plazo.

### Sistemas agrícolas diversificados y resiliencia

Los sistemas agrícolas diversificados como sistemas agroforestales, sistemas silvopastoriles y policultivos, constituyen ejemplos de cómo los agroecosistemas complejos son capaces de adaptarse y resistir los efectos del cambio climático. Los sistemas agroforestales tienen una alta complejidad estructural, que han demostrado servir como amortiguador frente a grandes fluctuaciones de temperatura, manteniendo así el cultivo principal más cerca a sus condiciones óptimas (Morais *et al.* 2006, Lin 2007). Los cultivos intercalados permiten a los agricultores producir simultáneamente varios cultivos y minimizar el riesgo (Francis 1986). Además, los policultivos exhiben una mayor estabilidad en los rendimientos y menor disminución de productividad en condiciones de sequía, a diferencia de los monocultivos. Un estudio de los efectos de las sequías sobre los policultivos demostró que los cultivos intercalados son muy exitosos. Natarajan y Willey (1986) evaluaron el efecto de los policultivos de sorgo y maní, mijo y maní y sorgo y mijo al manipular el estrés hídrico, y encontraron que los rendimientos fueron mayores en los policultivos que en los monocultivos. Todos los policultivos rindieron más sistemáticamente en cinco niveles de disponibilidad de humedad, que van desde 297 a 584 mm de agua aplicada durante la temporada de cultivo. Lo más resaltante es que la tasa de mayor rendimiento aumentó con el estrés hídrico, por lo que las diferencias relativas en productividad entre monocultivos y policultivos, fueron más acentuadas cuando el estrés se incrementó.

Otro ejemplo lo brindan los sistemas silvopastorales intensivos (SSI) que combinan arbustos forrajeros sembrados en grandes densidades, árboles, palmeras y pastizales mejorados. La alta carga animal y la buena producción de leche y carne en estos sistemas se logran a través del pastoreo rotativo con cercas eléctricas y un suministro permanente de agua para el ganado. En la finca "El Hatico" en el Valle del Cauca, Colombia, un SSI de cinco estratos, compuesto de un estrato bajo de pastos y arbustos de *leucaena*, un estrato mediano con árboles tamaño medio y un dosel de árboles de gran tamaño, hizo posible que se incrementara a lo largo de los últimos 18 años el nivel de carga animal para la producción de leche a 4.3 vacas/ha y un incremento de la producción de leche de 130%, además de eliminar completamente el uso de fertilizantes químicos. Si bien, el 2009 fue el año más seco registrado en los últimos 40 años en El Hatico, alcanzando una reducción de 44% en comparación con el promedio histórico de precipitaciones, y los agricultores vieron una reducción del 25% en la biomasa de pastos, la producción de forrajes del SSI se mantuvo constante durante todo el año y permitió

**Tabla 1.** Ejemplos de practicas agroecológicas (diversificación y manejo del suelo) conocidas por su efecto en la dinámica del suelo y el agua pero que a su vez mejora la resiliencia del agroecosistema.

	Incremento de la material orgánica del suelo	Ciclaje de Nutrientes	> cobertura de suelo	Reducción ET	Reducción de escorrentía	> retención de humedad	> infiltración	Regulación Microclimática	Reducción de la compactación de suelos	Reducción de la erosión de suelos	> Regulación hidrológica	> uso eficiente del agua	> redes tróficas de micorrizas
<b>Diversificación</b>													
• Cultivos intercalados			✓	✓	✓			✓	✓	✓		✓	
• Agroforestería	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	
• Sistema silvopastoral Intensivo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
• Rotación de cultivos	✓	✓	✓		✓		✓		✓	✓		✓	
• Mezcla de variedades locales			✓									✓	
<b>Manejo del Suelo</b>													
• Cultivos de cobertura	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		
• Abonos verdes	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓
• Mulching													
• Aplicaciones de Compost	✓					✓							✓
• Agricultura de labranza cero (orgánica)			✓	✓	✓		✓		✓	✓		✓	
<b>Conservación de suelos</b>													
• Curvas a nivel					✓		✓		✓	✓	✓		
• Barreras vivas			✓		✓		✓			✓	✓		
• Terrazas					✓		✓			✓	✓		
• Pequeñas represas entre las cárcavas					✓		✓			✓	✓		



neutralizar los efectos negativos de la sequía en todo el sistema. Como respuesta a las condiciones climáticas extremas, la finca tuvo que ajustar sus niveles de carga animal y aumentar la suplementación con energía. A pesar de ello, la producción de leche de la finca para el año 2009, fue la más alta registrada, con un sorpresivo incremento de 10% en comparación a los cuatro años anteriores. Mientras tanto, los ganaderos en otras partes del país reportaron una pérdida de peso severa en los animales y altas tasas de mortalidad debido al hambre y sed. El desempeño productivo de la finca “El Hatico” durante el período excepcionalmente seco y caliente del Niño, ilustra el enorme potencial de SSI como una estrategia de intensificación sostenible para la adaptación al cambio climático y mitigación (Murgueitio *et al.* 2011).

Los beneficios combinados de la regulación del agua, las condiciones micro climáticas favorables, la biodiversidad y las reservas de carbono de los sistemas agrícolas diversificados descritos anteriormente, no solo proporcionan bienes y servicios ambientales para los productores, sino también una mayor resiliencia al cambio climático.

### Manejo de suelos y resiliencia

#### *Incremento de la materia orgánica en los suelos*

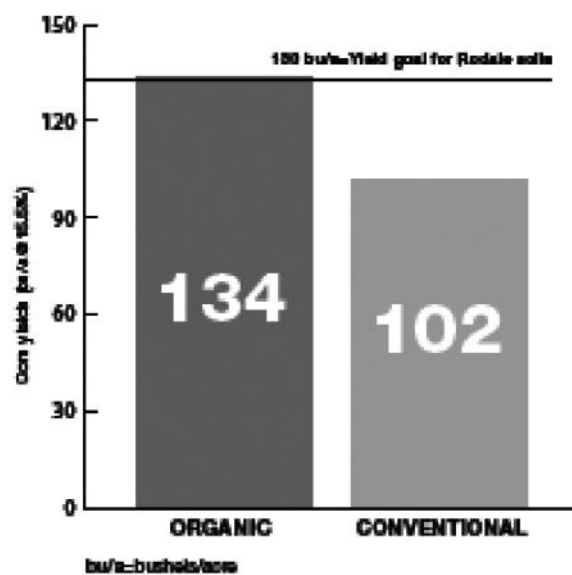
La adición de grandes cantidades de materia orgánica de forma regular basada en estiércol animal, compost, hojarasca, cultivos de cobertura, rotación de cultivos que aportan grandes cantidades de residuos, etc., es una estrategia clave utilizada por muchos agricultores para mejorar la calidad del suelo. El manejo de la materia orgánica está en el centro de todos los esfuerzos por crear tierras saludables con buena actividad biológica y buenas características físicas y químicas. Para garantizar la resiliencia de los sistemas agrícolas, la materia orgánica juega un papel supremamente importante, ya que mejora la capacidad de retención de agua del suelo, haciéndolo más resistente a las sequías, mejorando su capacidad de infiltración y evitando que sus partículas sean transportadas con el agua durante lluvias intensas. La materia orgánica también mejora la agregación de suelo superficial, sujetando firmemente las partículas durante lluvias o tormentas o vientos fuertes. Los agregados del suelo estables, resisten el movimiento por viento o agua (Magdoff y Weil 2004).

Simultáneamente, los suelos ricos en materia orgánica generalmente contienen por lo general micorrizas arbusculares (MA) que son un componente clave de las poblaciones microbianas que influyen sobre el crecimiento de las plantas y la productividad del suelo. Los hongos micorríticos son importantes porque mejoran las interacciones planta-agua, aumentando así la resistencia a la sequía (Garg y Chandel 2010). La capacidad de asociaciones específicas de estos hongos y las plantas para tolerar la sequía son de gran interés en áreas afectadas por deficiencias de agua. Se ha reportado que estas asociaciones con micorrizas, pueden aumentar la absorción de nutrientes por las plantas y además

permitir un uso más eficiente del agua, al aumentar la conductividad hidráulica de la raíz.

La productividad de cultivos bajo condiciones de sequía en gran medida está limitada por la disponibilidad de agua del suelo. El contenido de materia orgánica (% MO) es un índice confiable de productividad de los cultivos en las regiones semiáridas, ya que la materia orgánica potencia el crecimiento de los cultivos al mejorar la estructura del suelo y su capacidad para almacenar y transmitir aire y agua, estrategia clave para la resistencia a la sequía. En un estudio realizado en la región semiárida de la Pampa Argentina, se encontró que los rendimientos de trigo estaban relacionados con retención de agua del suelo y el contenido de carbono orgánico total en la capa superficial (0-20cm) durante años de baja disponibilidad de humedad. Los rendimientos de trigo obtenidos bajo condiciones de suelos con baja retención de agua y un contenido de carbono total bajo, en condiciones de déficit hídrico, se explican por el efecto positivo de estos componentes del suelo sobre el agua disponible de la planta. Pérdidas de 1 mg materia orgánica/ha estaban asociadas con una disminución en el rendimiento de trigo de aproximadamente 40 kg/ha. Estos resultados demuestran la importancia de utilizar prácticas culturales que mejoren el contenido de materia orgánica del suelo y minimicen así las pérdidas de carbono orgánico en ambientes semiáridos (Díaz Zorita *et al.* 1999).

Investigadores en Estados Unidos han encontrado en estudios comparativos de agricultura orgánica y convencional desde 1981 en Pensilvania, que los rendimientos de sistemas orgánicos de maíz eran 31% superiores que los encontrados en sistemas convencionales en años de sequía (Figura 2). Estos rendimientos durante épocas secas eran notables, cuando se compararon con variedades genéticamente modificadas como “toleran-



**Figura 2.** Rendimiento de maíz en sistemas orgánico vs. convencional en años durante sequía en Pensilvania, USA (Rodale Institute 2012).

tes a sequía" en las que se observaron aumentos de sólo el 6,7% a 13,3% sobre las variedades convencionales (Rodale Institute 2012).

#### *Manejo de la cobertura del suelo*

La protección del suelo contra la erosión también es una estrategia fundamental para aumentar la resiliencia de los agroecosistemas. Los mantillos o mulching con cultivos de cobertura y/o abonos verdes ofrecen muchas ventajas. Los mantillos de rastrojo disminuyen la evaporación del agua del suelo hasta un 99% al cubrir la superficie con residuos. Además, los cultivos de cobertura y los residuos de malezas pueden mejorar la penetración de agua y reducir las pérdidas por escorrentía de dos a seis veces.

En Centroamérica, CIDDICO, Vecinos Mundiales y otras organizaciones no gubernamentales (ONGs) han promovido el uso de leguminosas como abonos verdes, una fuente barata de fertilizante orgánico y una manera de acumular materia orgánica. Cientos de agricultores de la costa norte de Honduras están usando el frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*) con excelentes resultados, incluyendo rendimientos de maíz de alrededor de 3.000 kg/ha, más del doble del promedio nacional. Los frijoles producen más de 30 toneladas/ha de biomasa anualmente o cerca de 90 a 100 Kg de nitrógeno/ha por año. El sistema disminuye el estrés por falta de agua, porque una capa de mantillo dejada por la *Mucuna* contribuye a conservar agua en el perfil del suelo, logrando que los nutrientes estén fácilmente disponibles en aquellos periodos en los cultivos más lo absorben (Flores 1989, Buckles *et al.* 1998).

Tomando ventaja del "Movimiento Campesino a Campesino" en Nicaragua y otros lugares de Centroamérica, esta tecnología se ha propagado rápidamente. En sólo un año, más de 1000 campesinos han recuperado tierras degradadas en la cuenca del Río San Juan en Nicaragua (Holt-Giménez 1996). En Cantarranas, Honduras, hubo una adopción masiva de *Mucuna pruriens* y los rendimientos de maíz se triplicaron alcanzando 2500 kg/ha mientras que los requerimientos de mano de obra para deshierbe se redujeron en un 75% (Bunch 1990). Se estima que en Centroamérica y México, unos 200.000 agricultores utilizan unas 14 especies diferentes de abono verde y cultivos de cobertura.

En la actualidad, se estima que más de 125.000 agricultores están usando abonos verdes y cultivos de cobertura en Santa Catarina, Brasil. Los agricultores familiares de las laderas modificaron el sistema convencional de labranza cero, dejando inicialmente residuos de plantas sobre la superficie del suelo, notando una disminución en los niveles de erosión y también experimentando menores fluctuaciones en la temperatura y humedad del suelo. Las reiteradas aplicaciones de biomasa fresca mejoraron la calidad del suelo, minimizaron la erosión y el crecimiento de malezas y mejoraron el rendimiento de los cultivos. Estos novedosos sistemas

dependen de mezclas de cultivos de cobertura tanto de verano como de invierno que dejan una capa gruesa de residuos que se descompone lentamente y sobre la que se siembra o planta directamente maíz, trigo, cebollas o tomates, sufriendo muy poca interferencia de malezas durante la temporada de crecimiento de los cultivos (Altieri *et al.* 2011). Durante el ciclo agrícola 2008-2009, que se experimentó una severa sequía, los productores de maíz convencionales sufrieron pérdidas de rendimiento promedio de 50%, llegando a niveles de productividad de 4.500 kilos por hectárea. Sin embargo, los agricultores que habían adoptado las prácticas de cero labranza agroecológica experimentaron una pérdida de solo 20%, confirmando la mayor resiliencia de estos sistemas en comparación con aquellos que utilizan agroquímicos (Almeida *et al.* 2009).

#### **Identificando sistemas agrícolas resilientes para el Siglo XXI.**

La Red Iberoamericana de Agroecología para el desarrollo de sistemas agrícolas resilientes al cambio climático (REDAGRES-[www.redagres.org](http://www.redagres.org)) es una red de científicos e investigadores ubicados en 8 países de Iberoamérica vinculados a la Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA) y financiado por el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) de España y CSFund de California. Los objetivos de REDAGRES son promover el intercambio de conocimiento científico y la formación de recursos humanos en temas relacionados con la agricultura y el cambio climático. Además de analizar el impacto del cambio climático sobre la producción agrícola, REDAGRES pone especial énfasis en la exploración de estrategias de adaptación agrícola a eventos climáticos extremos y la aplicación de principios agroecológicos para el diseño y difusión de agroecosistemas resistente al cambio climático.

REDAGRES inició en el año 2012, un proyecto de tres años que consiste en un estudio de los sistemas agrícolas de pequeña escala en regiones seleccionadas de siete países de América Latina, con el propósito de identificar los sistemas que hayan resistido eventos climáticos recientemente o en el pasado reciente y entender las características agroecológicas de esos sistemas que les permitieron resistir o recuperarse de las sequías, tormentas, inundaciones o huracanes.

En cada zona seleccionada los investigadores junto a agricultores participantes, se han embarcado en un proceso de investigación participativa que inicialmente trata a de responder las siguientes preguntas :

1. ¿Cuáles son las principales características geomorfológicas, de suelo, agua, clima y vegetación del paisaje y las fincas incluidas en particular la configuración espacial y temporal de cultivos y los manejos de las fincas seleccionadas en cada zona que

las tornan vulnerables o resistentes a extremos climáticos? Que tipos de fincas dominan y sus niveles de sensibilidad a perturbaciones externas? Hay sistemas que se destacan por ser muy vulnerables, y otros mas resilientes?

2. ¿Qué eventos climáticos extremos se han presentado (magnitud, frecuencia, duración) o se presentan en la zona de estudio? Cuales son las percepciones de los agricultores de estos riesgos climáticos?
3. ¿Cuáles son las prácticas agropecuarias dirigidas a resistir, contrarrestar y/o reponerse de los posibles cambios climáticos en la zona que se implementan en las fincas seleccionadas? Que estrategias de adaptación usan los agricultores (al corto y largo plazo), porque las adoptan y cual es su efectividad? Que factores influyen en el nivel de adopción de estrategias de adaptación?
4. ¿Qué variables socio-culturales (capital humano y social de la familia, niveles de organización, redes de solidaridad, etc.) potencian, limitan o explican la capacidad de respuesta de los agricultores frente a los cambios experimentados?

Para abordar estas preguntas los grupos precisaron seguir una serie de etapas:

1. Identificación de shocks climáticos dentro de un periodo de tiempo de nos menos de 10 años, incluyendo una descripción de condiciones socio-económicas relevantes.
2. Determinación de las respuestas (exitosas o no) de agricultores al cambio climático. Que indican la variedad de respuestas? Que factores (económicos, demográficos, especialización productiva, etc.) reducen la diversidad de respuestas? Existen presiones económicas acopladas a incentivos errados que estimulan respuestas que incrementan la exposición a la variabilidad climática? Esto ha implicado realizar estudios socio-ecológicos en los sistemas seleccionados en cada región, de manera de elucidar las características agroecológicas de estos sistemas y las estrategias sociales y ecológicas utilizadas por los agricultores, que les permitieron resistir y/o recuperarse de los estragos de sequías, inundaciones o tormentas.
3. Determinar las lecciones que se derivan de estas respuestas que llevan a incrementar la resiliencia. Que principios gobiernan los sistemas menos vulnerables?
4. Identificar los tipos de capitales (humanos, sociales, naturales y financieros) invertidos en la construcción de resiliencia. Explorar si existen ventajas económicas de largo plazo de las estrategias constructoras de resiliencia asociadas con los beneficios eco sistémicos derivados de las practicas agroecológicas adaptativas.

5. Determinar los prerequisites para construir resiliencia, actitudes y valores de los actores, estímulos institucionales y de mercado, niveles de organización social incluyendo redes de apoyo mutuo, etc.

Los principios de resiliencia que emerjan de las investigaciones se difundirán a los agricultores familiares en comunidades vecinas y otros en la región a través de días de campo, visitas cruzadas, seminarios breves, cursos y también por la elaboración de un manual descriptivo para los agricultores, explicando cómo evaluar el nivel de resiliencia de cada finca y qué hacer para mejorar la resistencia a la sequía y fuertes tormentas.

La esperanza de este proyecto es que articulando investigadores y agricultores pertenecientes a organizaciones de agricultores bien establecidas, un proyecto de investigación entre países, utilizando la misma metodología, puede producir en un corto periodo, información clave para establecer las bases para el diseño de sistemas agrícolas resilientes al cambio climático, que pueden difundirse entre miles de agricultores, creando así la capacidad humana en cientos de comunidades rurales de la región para diseñar estrategias de adaptación para el cambio climático.

### Hacia un modelo conceptual de Vulnerabilidad

La vulnerabilidad se puede definir como la posibilidad o inminencia de perdida de biodiversidad, recursos (suelo, agua) o productividad de un agroecosistema o de sus características socio-culturales claves frente a un proceso amenazante ocurrente o inminente. Smith y Olsen (2010) describen tres dimensiones de la vulnerabilidad:

- a. Exposición (o riesgo): es la probabilidad de un proceso amenazante de afectar un área por un periodo específico de tiempo. La predisposición o sensibilidad de un área a la amenaza es un componente de la exposición.
- b. Intensidad: incluye la magnitud, intensidad y frecuencia del proceso amenazante (evento climático extremo)
- c. Impacto: se refiere a los efectos del proceso amenazante sobre características particulares como efectos sobre abundancia o persistencia de ciertas especies, calidad del suelo, rendimientos, etc. En general el impacto de un proceso amenazante sobre características del sistema están determinados por la intensidad del evento y la sensibilidad del sistema a este.

El riesgo resultante será un producto de la relación entre amenaza, vulnerabilidad y capacidad de respuesta como lo describe la siguiente ecuación:

$$\text{Riesgo} = \frac{\text{Amenaza} + \text{vulnerabilidad}}{\text{Capacidad de respuesta}}$$





**Figura 3.** Características socio-ecológicas que determinan la vulnerabilidad de agroecosistemas contrarrestada por la capacidad reactiva de los agricultores para mejorar la resiliencia de sus sistemas y sus comunidades.

Donde, el **"Riesgo"** se entiende como cualquier fenómeno de origen natural (huracán, sequía, inundación, entre otros) que signifique un cambio en el medio ambiente que ocupa una comunidad determinada de productores expuesto a ese fenómeno.

La **"vulnerabilidad"** denota la incapacidad de una comunidad de productores para "absorber", mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, o sea su "inflexibilidad" o incapacidad para adaptarse a ese cambio, que para la comunidad de productores constituye un riesgo. La vulnerabilidad determina la intensidad de los daños que produzca la ocurrencia efectiva del riesgo sobre la comunidad.

La **"Amenaza"** (para una comunidad de productores) se considera como la probabilidad de que ocurra un riesgo (intensidad, frecuencia) frente al cual esa comunidad particular y sus fincas es vulnerable.

En resumen, el que un evento o fenómeno se considere o no riesgo, dependerá de que el lugar en donde se manifieste esté ocupado o no por una comunidad vulnerable al mismo. El que se considere o no amenaza, dependerá del grado de probabilidad de su ocurrencia en esa comunidad. Y el que se convierta o no en desastre, dependerá de la magnitud real con que efectivamente se manifieste el fenómeno, y del nivel de vulnerabilidad de la comunidad. La vulnerabilidad sin embargo puede ser reducida por la **"capacidad de respuesta"** definida como los atributos de las fincas y las estrategias y ma-

nejos que usan los productores para reducir los riesgos de eventos climáticos y para resistir y recuperarse de los daños causados por dichos eventos. Adaptación se define como los ajustes que hacen los agricultores para reducir los riesgos. La capacidad de los agricultores de adaptarse se basa en sus reservas individuales o colectivas de capital natural y humano que incluye atributos como conocimiento tradicional, destrezas y habilidades generales, y niveles de organización social.

No siempre los agricultores toman decisiones adaptativas solo en respuesta a amenazas climáticas; estas decisiones se hacen generalmente en respuesta a una multiplicidad de factores, ya que los riesgos climáticos ocurren dentro de un marco más amplio de condiciones e influencias:

- Influencias socio-culturales: dinámica y demografía de la comunidad, niveles de educación, salud, oportunidades e historia.
- Influencias político-económicas: precios de productos e insumos, apoyo institucional (investigación, extensión, crédito, mercados, etc.), políticas agrícolas, etc.
- Influencias ambientales: degradación de suelos o presión de plagas y enfermedades, cuyas dinámicas cambian producto del cambio climático, y otras.
- Influencias tecnológicas: disponibilidad de biomasa, materia orgánica, acceso a semillas tolerantes, etc.

Dependiendo de la confluencia y magnitud de estas influencias, la percepción del riesgo y las capacidades de respuesta de los agricultores, se podrán detectar diferentes niveles de resiliencia entre los varios productores de una región. Como muestra la Figura 3, el nivel de vulnerabilidad de una finca esta determinado por el tipo de infraestructura agroecológica (nivel de diversificación y manejo de suelo, etc.) de la finca y rasgos sociales de la familia o comunidad (nivel de organización, autosuficiencia, redes, etc.), y esta vulnerabilidad puede ser reducida de acuerdo a la capacidad de respuesta que tienen los agricultores o sus sistemas que determinan la tasa de resistencia y de recuperación frente a los eventos.

### **Una metodología amigable a los agricultores para estimar la vulnerabilidad de fincas**

La metodología que aquí se presenta se desarrolló junto a agricultores pertenecientes a la Red Centroamericana de Productores de Cacao articulada por la Asociación Coordinadora Indígena y Campesina de Agroforestería Comunitaria de Centroamérica (ACICAFOC), en un taller realizado en el 2010 en Matiguas, Nicaragua.

La metodología consiste en la observación de varias características de la finca tanto a nivel del paisaje en que se encuentra la finca insertada, como a nivel de los sistemas agroforestales (SAF) de cacao desplegados en la finca examinada. Estos atributos o características son según la literatura (Holt-Gimenez 2002, Philpott *et al.* 2009) y la experiencia de los productores, los mas relevantes a tener en cuenta cuando se considera el nivel de daño que una finca exhibe al paso de un evento como tormenta tropical o huracán. Por esta razón los agricultores consideraron relevante observar 5 indicadores a nivel de paisaje y 9 a nivel de finca:

#### *Indicadores a nivel de paisaje:*

Diversidad paisajística: se refiere a la cantidad de laderas, zonas bajas, variedad de sistemas de producción que tenga la finca. Mientras mas diversidad paisajística, menor son las chances de un desastre total ya que los varios sistemas desplazados sobre diversas pendientes con diferentes exposiciones sufrirán diversos niveles de daño.

Pendiente: mientras mayor pendiente se debiera esperar mayor daño. Pendientes mayores a un 20% se consideran riesgosas.

Orientación de la pendiente: obviamente las fincas sobre laderas expuestas a los vientos y lluvias dominantes sufrirán mas daño, ya que estas se asume son mas susceptibles a derrumbes

Cercanía a bosques o cerros protectores: fincas aledañas a bosques o cerros que intercepten los vientos dominantes estarían menos expuestas a los danos directos del huracán.

Cortinas rompe vientos o cercas vivas: dependiendo de la composición vegetal, la altura, densidad del dosel, numero de estratos, ubicación, etc., estas estructuras pueden interceptar los vientos dominantes y tener un efecto protector sobre la finca en cuestión.

Cercanía a ríos: fincas con zonas bajas cercanas a ríos pueden sufrir inundaciones que duren unos cuantos días con efectos negativos

#### *Indicadores a nivel de los sistemas de producción*

Diversidad vegetal: mientras mayor sea la diversidad y complejidad vegetal (estratificación) de los sistemas SAF mas resistentes son al daño.

Profundidad de raíces: mientras mas profundas y arraigadas sean las raíces de los cultivos/arboles principales mas sujetan el suelo (importante en el caso de derrumbes) y menos probabilidades que el árbol sea arrancado por un viento fuerte.

DAP (diámetro a la altura del pecho): mientras mayor sea el DAP y mas vigorosas sean las ramas de los arboles, probablemente se experimentará menor daño por arranque o caída de arboles y quiebre de ramas.

Estructura de suelo: mientras mejor sea la agregación del suelo, mejor la infiltración del agua, evitando sobresaturación del suelo

Cobertura de suelo: A mayor y mas gruesa la cobertura viva o muerta del suelo, se aminora el nivel de erosión del suelo

Practicas de conservación: la presencia de practicas como barreras vivas o muertas, terrazas, etc. protegen el suelo del potencial erosivo de la escorrentía.

Drenajes: la presencia de zanjas de infiltración, canales de drenaje y otras obras, son claves para desviar el exceso de agua y disminuir la erosión y derrumbes.

Autoconsumo (% de alimentos producidos en la finca): mientras mayor sea la producción de alimentos que consume la familia en la finca, menor la dependencia de canales externos de provisión de alimentos, muchas veces interrumpidos por eventos violentos como tormentas y huracanes.

Nivel de conocimiento del agricultor sobre practicas de recuperación post-evento: mientras mas conocimiento tenga el agricultor de practicas de como recuperar su sistema después de un evento, menor será el tiempo que el SAF recupere su capacidad productiva.

Para probar la metodología el grupo de 27 agricultores participantes en el taller se dividió en 4 subgrupos y cada uno condujo un análisis de resiliencia de dos sistemas de cacao, uno diversificado multiestrata y otro simplificado de cacao con sombra de banano, aplicando 10 indicadores de los 14 propuestos (Tabla 2). Usando un sistema de semáforos los agricultores clasificaron cada indicador como rojo (alto riesgo, valores 1-2), amarillo (riesgo medio, valores 3-4) o verde (riesgo bajo, valor de 5) de acuerdo a la situación particular observada. Por ejemplo a una pendiente que recibe una valoración

**Tabla 2.** Indicadores tipo semáforo para estimar la resiliencia en dos sistemas agroforestales de cacao (A=diversificado, multiestrato: B=cacao con banano)

Indicador	ROJO Alto riesgo (1-2) Sistema agroforestal		AMARILLO Riesgo medio (3-4) Sistema agroforestal		VERDE Bajo riesgo (5) Sistema agroforestal	
	A	B	A	B	A	B
Pendiente	X 2	X 2				
Exposición	X 2					
Diversidad paisajista		X 2		X 4	X 5	
Proximidad a bosques		X 2			X 5	
Cortinas rompe vientos		X 2				
Prácticas de conservación de suelos		X 2	X 4			
Diversidad de plantas		X 2	X 4		X 5	
Cobertura de suelos				X 3	X 5	
Profundidad de raíces				X 3	X 5	
Infiltración				X 3	X 5	

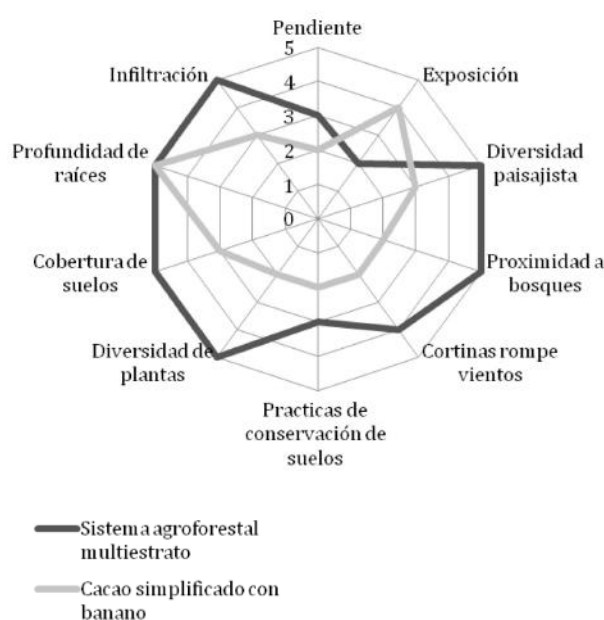
**Tabla 3.** Descripción del estado del indicador en un sistema de semáforo y la acción recomendada.

Color	Situación	Acción
VERDE	Baja vulnerabilidad o alta resiliencia	Mantener el nivel de conservación (vigilancia)
AMARILLO	Vulnerabilidad Media	Completar el diseño agroecológico (Precaución)
ROJO	Alta vulnerabilidad	Implementar prácticas agroecológicas básicas (Riesgo)

roja, es porque es muy inclinada (> 30%) se la da un valor 1, a una de 25-30% se la da un valor de 2 y una de 20-25% se le da un valor de 3. Para lograr consenso el grupo discute cada indicador y establece los criterios para dar la valoración de acuerdo a los rangos establecidos para cada color.

En la Tabla 2, se observa al lado de cada X colocado sobre el casillero del color de cada indicador un número que representa la valoración del indicador. Este valor se asigna después que el grupo discutiera cada indicador siempre en referencia a las observaciones hechas en el campo. Como se ve claramente el cacao simplificado es más vulnerable al exhibir 6 indicadores en rojo y 4 indicadores en amarillo, mientras que el cacao diversificado se muestra más resiliente exhibiendo solo 2 indicadores en rojo, 2 en amarillo y 6 en verde. Los puntos más vulnerables del cacaotal simplificado son alta pendiente, una matriz paisajística pobre, baja diversidad de plantas, ausencia de prácticas de conservación de suelos y ausencia de cortinas rompe vientos. Mientras que los puntos débiles del cacao diversificado son la alta pendiente y el nivel de exposición características que el agricultor no puede modificar. Pero si contrarrestar con prácticas de conservación de suelo y cobertura de suelo, indicadores valorados con color verde. Estos valores se representan en una araña en la que se puede apreciar las diferencias claras entre los dos sistemas y los puntos débiles (rojo y amarillo) de cada sistema (Figura 4). Lo más relevante del sistema de semáforo es que permite reconocer en qué estado (color) se encuentra cada

indicador y qué acciones tomar para transitar del color rojo al amarillo y del amarillo al verde (Tabla 3). Es así que el grupo de agricultores recomendó las siguientes medidas para incrementar la resiliencia del sistema agroforestal de cacao simplificado para incrementar su resiliencia contra posibles eventos climáticos extremos como tormentas o huracanes:



**Figura 4.** Indicadores de resiliencia en dos sistemas agroforestales de cacao en Nicaragua.

- Incrementar la diversidad de árboles de sombra y el número de estratos verticales
- Incrementar la cobertura del suelo
- Mejorar estructura del suelo con adiciones de materia orgánica para mayor infiltración
- Introducir prácticas de conservación de suelo como barreras muertas con troncos o barreras de piedras en áreas susceptibles.
- Establecer cercas vivas y/o cortinas rompe vientos en los lados de donde vienen los vientos dominantes.

## Conclusiones

Todos los estudios presentados aquí sugieren que las comunidades de plantas mas diversas resisten mejor los disturbios y son mas resilientes al enfrentar perturbaciones ambientales derivadas de eventos climáticos extremos (Vandermeer 2002). Sin lugar a dudas, la diversificación de cultivos representa una estrategia a largo plazo para los agricultores que están experimentando un clima errático. El uso de la diversificación al interior de los sistemas agrícolas puede reducir en gran medida la vulnerabilidad de los sistemas de producción al mismo tiempo que protege a los agricultores rurales y a la producción agrícola. Los agricultores que utilizan la diversidad como estrategia para el manejo de cultivos, por lo general añaden copiosas cantidades de materia orgánica a sus suelos, incrementando aun mas su capacidad para retener agua. El manejo de los cultivos de cobertura y los abonos verdes mejoran la cobertura del suelo protegiéndolo de la erosión, pero lo mas importante, adicionan biomasa, la que a su vez contribuye a un mayor nivel de materia orgánica en el suelo.

Las estrategias agroecológicas que aumentan la resiliencia ecológica de los sistemas agrícolas son esenciales pero no suficientes para alcanzar la sostenibilidad. La resiliencia social, definida como la capacidad de grupos o comunidades a adaptarse frente a elementos extremos causa de estrés, sean sociales, políticos o ambientales, debe ir de la mano con la resiliencia ecológica. Para ser resilientes, las sociedades rurales generalmente deben demostrar la capacidad de amortiguar las perturbaciones con métodos agroecológicos adoptados y diseminados a través de la autoorganización y la acción colectiva (Tompkins y Adger 2004). Reducir la vulnerabilidad social a través de la extensión y consolidación de redes sociales, a nivel tanto local como regional, puede contribuir a aumentar la resiliencia en los agroecosistemas. La vulnerabilidad de las comunidades agrícolas depende de que tan bien este desarrollado el capital natural y social que hace que los agricultores y sus sistemas más o menos vulnerables a los shocks climáticos. La capacidad de adaptación se refiere al conjunto de precondiciones sociales y agroecológicas que permiten a los individuos o grupos y sus fincas responder al cambio

climático de manera resiliente. La capacidad de responder a cambios en las condiciones ambientales existe en las comunidades en diferentes grados, pero esas respuestas no siempre son sostenibles. El desafío es identificar aquellas que sirven para intensificarlas, de manera que la vulnerabilidad pueda ser reducida, aumentando la capacidad de reacción de las comunidades para desplegar mecanismos agroecológicos que permitan a los agricultores resistir y recuperarse de los eventos climáticos. Las estrategias de organización social (redes de solidaridad, intercambio de alimentos, etc.) utilizadas por los agricultores para manejar circunstancias difíciles impuestas por tales eventos son un componente clave de resiliencia.

## Referencias

- Adger WM. 2000. Social and ecological resilience: are they related? *Prog Hum Geogr* September 24: 347-364.
- Almeida E, Petersen P, Pereira FJ. 2009. Lidando com extremos climáticos; análise comparativa entre lavouras convencionais e em transição agroecológica no Planalto Norte de Santa Catarina. *Agriculturas: experiências em agroecologia*. Rio de Janeiro AS-PTA 6(1): 28-32.
- Altieri MA. 2002. Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 93:1-24.
- Altieri MA, Koohafkan P. 2008. Enduring farms: climate change, smallholders and traditional farming communities. *Environment and Development Series 6*. Malaysia: Third World Network.
- Altieri MA, Lana MA, Bittencourt HV, Kielling AS, Comin JJ, Lovato PE. 2011. Enhancing Crop Productivity via Weed Suppression in Organic No-Till Cropping Systems in Santa Catarina, Brazil. *Journal of Sustainable Agriculture* 35:855-869.
- Altieri MA, Nicholls CI. 2004. *Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems*. New York: Haworth Press.
- Buckles D, Triomphe B, Sain G. 1998. Cover crops in hillside agriculture: farmer innovation with *Mucuna*. International Development Research Center, Ottawa, Canada.
- Bunch R. 1990. Low-input soil restoration in Honduras: the Cantarranas farmer-to-farmer extension project. *Sustainable Agriculture Gatekeeper Series SA23*, London, IIED.
- De Schutter O. 2010. Report submitted by the Special Rapporteur on the right to food. UN General Assembly. Human Rights Council Sixteenth Session, Agenda item 3 A/HRC/16/49.
- Diaz-Zorita M, Buschiazzi DE, Peineman N. 1999. Soil Organic Matter and Wheat Productivity in the



- Semiarid Argentine Pampas. *Agronomy Journal* 91: 276-279.
- Easterling WE, Aggarwal PK, Batima P, Brander KM, Erda L, Howden SM, Kirilenko A, Morton J, Soussana JF, Schmidhuber J, Tubiello FN. 2007. Food, fibre and forest products. En *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability: Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Parry ML *et al*, eds). Cambridge, UK: Cambridge University Press, 273-313 pp.
- Flores M. 1989. Velvetbeans: an alternative to improve small farmers' agricultura. *ILEIA Newsletter* 5: 8-9.
- Francis CA. 1986. *Multiple Cropping Systems*. New York: MacMillan.
- Garg N, Chandel S. 2010. Arbuscular mycorrhizal networks: process and functions. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 30: 581-599.
- Heinemann JA, Massano M, Coray DC, Agapito-Tenfen ZS, Wen J. 2013. Sustainability and innovation in staple crop production in the US Midwest. *International Journal of Agricultural Sustainability* DOI:10.1080/14735903.2013.806408.
- Holt-Gimenez, E. 1996. The campesino a campesino movement: farmer-led, sustainable agriculture in Central America and Mexico, in: *Food First Development Report No. 10*, Oakland, Institute of Food and Development Policy.
- Holt-Giménez E. 2002. Measuring farmers' agroecological resistance after Hurricane Mitch in Nicaragua: a case study in participatory, sustainable land management impact monitoring. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 93: 87-105.
- Jones PG, Thornton PK. 2003. The potential impacts of climate change on maize production in Africa and Latin America in 2055. *Global Environmental Change* 13: 51-59.
- Lin BB. 2011. Resilience in Agriculture through Crop Diversification: Adaptive Management for Environmental Change. *BioScience* 61: 183-193.
- Lin BB. 2007. Agroforestry management as adaptive strategy against potential microclimate extremes in coffee agriculture. *Agricultural and Forest Meteorology* 144: 85-94.
- Magdoff F, Weil R. 2004. Soil organic matter management strategies. En *Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture* (Magdoff F, Weil R, eds). Boca Raton, FL: CRC Press, 44-65 pp.
- Martin JF, Roy ER, Stewart AW, Ferguson B. 2010. Traditional Ecological Knowledge (TEK): Ideas, inspiration, and designs for ecological engineering. *Ecological Engineering* 36: 839-849.
- Morais H, Caramori PH, Ribeiro AMDA, Gomes JC, Kogushi MS. 2006. Microclimatic characterization and productivity of coffee plants grown under shade of pigeon pea in Southern Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 41: 763-770.
- Murgueitio E, Calle Z, Uribea, F, Calle, A, Solorio, B. 2011. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management* 261: 1654-1663.
- Natarajan M, Willey RW. 1986. The effects of water stress on yields advantages of intercropping systems. *Field Crops Research* 13: 117-131.
- NRC (National Research Council, Committee on Genetic Vulnerability of Major Crops). 1972. *Genetic vulnerability of major crops*. Washington, DC: National Academies of Science.
- Philpott SM, Lin BB, Jha S, Brines SJ. 2009. A multiscale assessment of hurricane impacts on agricultural landscapes based on land use and topographic features. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 128(1-2): 12-20.
- Rodale Institute. 2012. *The farming systems trial: celebrating 30 years*. Pennsylvania: Rodale Press.
- Rosenzweig C, Hillel D. 2008. *Climate change and the global harvest: impacts of El Nino and other oscillations on agroecosystems*. New York: Oxford University Press.
- Rosset PM, Machín-Sosa B, Roque-Jaime AM, Avila-Lozano DR. 2011. The Campesino-to-Campesino Agroecology movement of ANAP in Cuba. *Journal of Peasant Studies* 38(1): 161-91.
- Smith P, Olesen JE. 2010. Synergies between the mitigation of, and adaptation to, climate change in agriculture. *Journal of Agricultural Science* 148: 543-552.
- Tompkins EL, Adger WN. 2004. Does Adaptive Management of Natural Resources Enhance Resilience to Climate Change? *Ecology and Society* 9(2): 10. <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art10>.
- Vandermeer J, van Noordwijk M, Anderson J, Ong C, Perfecto I. 1998. Global change and multi-species agroecosystems: Concepts and issues. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 67: 1-22.
- Vandermeer J. 2002. *Tropical agroecosystems*. CRC press, Boca Raton.
- Walker B, Carpenter S, Anderies J, Abel N, Cumming G, Janssen M, Lebel L, Norberg J, Peterson GD, Pritchard R. 2002. Resilience management in social-ecological systems: a working hypothesis for a participatory approach. *Conservation Ecology* 6(1): 14. <http://www.consecol.org/vol6/iss1/art14>.

# RESILIENCIA DE SISTEMAS AGRÍCOLAS ECOLÓGICOS Y CONVENCIONALES FRENTE A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN ANOLAIMA (CUNDINAMARCA - COLOMBIA)

**Cindy Alexandra Córdoba-Vargas<sup>1</sup>, Tomás Enrique León-Sicard<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Facultad de Agronomía Universidad Nacional de Colombia, K 30 # 45 – 03 Ed 500; <sup>2</sup>Instituto de Estudios Ambientales (IDEA), Universidad Nacional de Colombia. Cll 44 # 45 – 67 Bloque B2 Unidad Camilo Torres. E-mail: cindyalexandrina@yahoo.com

## Resumen

Se estudiaron las posibilidades de resiliencia ecosistémica y cultural de seis fincas campesinas (tres ecológicas y tres convencionales) en Anolaima, localidad de los Andes colombianos. Los propósitos del estudio fueron: 1. Identificar las características biofísicas y culturales de los pobladores locales y sus sistemas agrarios 2. Valorar las prácticas agropecuarias dirigidas a resistir, contrarrestar y/o reponerse de los posibles cambios climáticos (grado de resiliencia) 3. Identificar los factores culturales (simbólicos, sociales, económicos, políticos y tecnológicos) que potencian, limitan o explican la resiliencia de los sistemas ecológicos y convencionales estudiados. La descripción de las variables biofísicas y socioeconómicas se obtuvo de revisión de fuentes secundarias y chequeos de campo. Se calculó la Estructura Agroecológica Principal (EAP) de las fincas y se realizó un estudio a profundidad con 6 familias, que consistió en sendas entrevistas, encuestas, visitas, observación participante, recorridos guiados y cartografía social, complementado con reuniones ampliadas con 30 agricultores adicionales. Los resultados muestran que las fincas ecológicas presentan mejores condiciones de EAP que las convencionales y que, en general, poseen mayores puntuaciones de resiliencia (entre 2.98 y 3.91) que sus homólogas convencionales, ninguna de las cuales alcanza el mínimo de 3.0 / 5.0. Todas las fincas son vulnerables en sus características geomorfológicas y de suelos (fincas en áreas montañosas con pendientes elevadas y suelos arcillosos, susceptibles a los movimientos en masa) y en cuestiones económicas e institucionales.

**Palabras clave:** Agroecología, Estructura Agroecológica Principal (EAP), café, cultura, agrobiodiversidad, producción campesina.

## Summary

### Resilience of organic and conventional farming systems against climate variability in Anolaima (Cundinamarca - Colombia)

We studied the possibilities of cultural and ecosystemic resilience of six peasant farms (three organic and three conventional) in Anolaima, a small town in the Colombian Andes. The purposes of the study were: 1. Identify the biophysical and cultural characteristics of the local population and their agricultural systems 2. Rate agricultural practices designed to resist, oppose and /or recover from potential climate change (degree of resilience) 3. Identify cultural factors (symbolic, social, economic, political and technological) that enhance, limit or explain the resilience of organic and conventional systems studied. The description of the biophysical and socioeconomic variables was obtained from review of secondary sources and field checks. The main Agroecological structure (EAP) of farms was calculated and a study in depth with 6 families was made, which consisted of individual interviews, surveys, visits, participant observation, guided tours and social mapping, supplemented by extended meetings with 30 additional farmers. The results show that organic farms have better conditions of EAP than conventional farms and generally, have greater resilience scores (between 2.98 and 3.91) than their conventional counterparts, none of which reaches at least 3.0 / 5.0. All farms are vulnerable in their geomorphological and soil characteristics (farms in mountainous areas with steep slopes and clay soils susceptible to mass movements) and economic and institutional issues.

**Key words:** Resilience, climatic variability, conventional agroecosystem, agroecology.

## 1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático global, explicado en gran parte por una serie de procesos antrópicos ligados al consumo y al comercio, al cambio de uso de la tierra, a la poca educación ambiental, a la falta de políticas preventivas y, en general, a los actuales modelos de desarrollo imperantes como guías rectoras de los deseos de la sociedad contemporánea, es uno de los mayores problemas ambientales a los que la sociedad actual debe hacer frente.

En América Latina, los pocos estudios desarrollados muestran los riesgos de pérdidas en biodiversidad, salinización y desertificación de tierras agrícolas, además de la disminución en la productividad de importantes cultivos y de la ganadería, con consecuencias sobre la seguridad alimentaria para los pueblos de esta región (Rodríguez 2007).

El cambio y la variabilidad climáticas llevan a cuestionar entonces diversos ámbitos del accionar humano, como por ejemplo, los patrones de consumo, la orientación actual de la ciencia y la tecnología, las relaciones sociales que generan inequidad, el acaparamiento de recursos naturales, los sistemas educativos, los intercambios comerciales, las tecnologías con las que se generaron y universalizaron los sistemas productivos, los sistemas de transporte público y privado, la dependencia energética y, en últimas, las mismas visiones y bases del desarrollo.

Gran parte del cambio y la variabilidad climática se relacionan con los procesos antrópicos que arrojan a la atmósfera los denominados gases de efecto invernadero (GEI). Los sectores que más emisiones de GEI aportaron en el año 2004 fueron: Agricultura (38%); Energía (37%) y Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura (USCUSS) el 14%, seguidos por Residuos Sólidos (6%) y Procesos Industriales (5%). Al sumar las emisiones totales de los módulos de Agricultura con los de USCUSS, es evidente el aporte que tiene el sector agropecuario (aproximadamente 50%) de las emisiones totales (IDEAM 2009).

En sistemas convencionales ligados a tecnologías provenientes de la llamada Revolución Verde (RV), la instalación de fincas o potreros generalmente se realiza a costa de la integridad de los ecosistemas o utilizando monocultivos e insumos de alta demanda energética o de altos niveles de emisión de GEI. Por su parte, la ganadería convencional, genera fuertes emisiones de gases que contribuyen al calentamiento de la atmósfera.

En contraste con esto, las actividades agrarias realizadas bajo sistemas de producción ecológica, puede inducir secuestro de carbono, protección de suelos, regulación de ciclos hidrológicos, control de deslizamientos e inundaciones y otros procesos que atenúan, mitigan o resisten estos fenómenos, que pueden constituirse en verdaderas opciones de solución para la mitigación o la adaptación al cambio y a la variabilidad climática.

Comprender las características generales de manejo y las lógicas culturales de los agroecosistemas resilientes,

puede ser la base para diseñar sistemas agrícolas más adaptados, reducir los impactos negativos del cambio y la variabilidad climáticas en la productividad de sistemas agropecuarios, buscar la disminución de las pérdidas económicas, controlar inundaciones, reducir la erosión y los movimientos en masa y evitar los problemas que puedan causar en la seguridad alimentaria de las poblaciones.

Este documento explora, precisamente, las posibilidades de adaptación a la variabilidad climática de algunos grupos de pequeños agricultores ecológicos y convencionales en una zona de los Andes colombianos dedicada al cultivo de café y hace parte de un trabajo de mayor envergadura (tesis doctoral de la autora) tendiente a aportar algunos elementos que contribuyan a esclarecer las variadas formas adaptativas de orden cultural que generan estos grupos campesinos en distintas zonas del país, frente al fenómeno descrito.

En términos generales el proyecto se propuso identificar y valorar comparativamente en conjunto con los productores locales, las principales características ambientales de sistemas agropecuarios ecológicos y convencionales que generan resiliencia a la variabilidad y al cambio climático y explicar los mecanismos culturales y las interrelaciones que facilitan su adopción, en Anolaima (Cundinamarca - Colombia).

## 2. METODOLOGÍA

El trabajo se realizó en el municipio de Anolaima (Cundinamarca-Colombia), comparando las características ambientales (ecosistémicas y culturales) y las prácticas utilizadas por los agricultores para resistir y responderse de los efectos causados por la variabilidad climática, de tres fincas ecológicas y tres convencionales, dedicadas principalmente al cultivo de café.

El municipio (11.883 has) se localiza en la provincia del Tequendama a 71 kilómetros al occidente de Bogotá, D.C. La zona se sitúa en el flanco occidental de la cordillera oriental (Andes colombianos) a 1.650 m.s.n.m., en clima templado, con precipitaciones promedio anual de 1.232 mm., temperatura entre 18 y 22°C y humedad relativa del 75% al 85%.

La descripción de las principales variables biofísicas se obtuvo de revisión de fuentes secundarias. La principal fuente consultada sobre las características edáficas de la zona fue el Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras de Cundinamarca (IGAC 2000). Se realizó un levantamiento cartográfico con GPS por finca y los mapas se elaboraron posteriormente con participación de la comunidad. Se realizaron levantamientos de vegetación que incluían árboles, arbustos y arvenses en cada sistema de producción también de manera participativa con un reporte de los usos, a fin de establecer la Estructura Agroecológica Principal de las Fincas (EAP). La EAP se determinó utilizando los criterios propuestos por León (2011).

Parte de la información socioeconómica general se obtuvo consultando los planes de ordenamiento territorial del municipio, que se complementó con trabajo de campo, empleando diferentes métodos de investigación etnográfica (Córdoba *et al.* 2011).

Se realizó un estudio a profundidad con 6 familias, que consistió en sendas entrevistas, encuestas, visitas, observación participante, recorridos guiados y cartografía social, complementado con reuniones ampliadas en las que participaron, por lo menos, 30 agricultores adicionales.

Para los análisis de las variables asociadas a la resiliencia se valoraron 62 criterios asignando valores cualitativos y cuantitativos dependiendo de cada tipo de variable biofísica y cultural, que fueron comparados entre fincas para obtener finalmente la valoración tipo semáforo.

Cada uno de las 62 variables estudiadas se valoró en una escala de 1 a 5, en donde 1 representa menores posibilidades de resiliencia y 5 la máxima. La valoración final se realizó sin ponderaciones, igualmente en escala de uno a cinco, con la misma interpretación. Para compendiar la valoración se asignaron colores rojos a las variables calificadas entre 1 y 2, colores amarillos para las variables calificadas en 3 y verdes para las que se ubicaron entre 4 y 5, significando, respectivamente, cualidades de baja resiliencia, posibilidad de mejoramiento y alta resiliencia, de acuerdo con lo propuesto por Altieri *et al.* (2012)

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El relieve está constituido por laderas montañosas de diferentes pendientes (generalmente entre el 75 -100% y mayores), en donde se ubican todos los suelos estudiados, a su vez derivados de rocas clásticas tipo lutitas en distintos grados de alteración e intemperismo, que repercuten en distintas características morfológicas y propiedades físico-químicas contrastantes de los perfiles edáficos existentes.

No obstante, la característica general de estos suelos y, a su vez, su principal limitante, es su alta susceptibilidad a los movimientos en masa (reptación, solifluxión, derrumbes) generados por una combinación de las pendientes elevadas, textura arcillosa y material parental de lutitas o pizarras con láminas orientadas, sobre los cuales el suelo saturado de agua se mueve a distintas velocidades.

El chequeo con barreno, cajuelas de 20x20x20 cm y análisis de taludes de las unidades descritas en el estudio del Instituto Geográfico “Agustín Codazzi” (IGAC 2000) permite afirmar que en las seis fincas estudiadas existen suelos con altos contenidos de arcillas expandibles, que les confieren propiedades vérticas (integrados a vertisoles a nivel de subgrupo) debido al intenso agrietamiento que sufren en verano y a la consecuente contracción de sus arcillas en los períodos de mayores lluvias. De igual manera, en todos ellos se encuentran fragmentos de roca (gravilla fina) a distintas profundidades, como consecuencia de la meteorización del material parental (posiblemente lutitas negras de la formación Villeta). En muchos casos, la pizarra o la lutita se encuentran a profundidades de 50- 60 cm, generando alta susceptibilidad a movimientos en masa de estos suelos que prácticamente “se resbalan” sobre estos materiales rocosos en diversos estados de meteorización (saprolita).

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS AGRICULTORES

En la tabla 1 se resumen los principales rasgos o características de orden socioeconómico de los agricultores que participaron en este estudio. A partir de su análisis, se pueden hacer las siguientes observaciones:

Uno de los rasgos más relevantes en este grupo de familias es la elevada edad de los agricultores cabeza de hogar que en el 66% de los casos supera los 53 años y en el 83% se sitúa más allá de los cuarenta años. La tendencia a población adulta, observada en estas fincas, parece

**Tabla 1.** Principales rasgos sociales y económicos de algunos agricultores ecológicos y convencionales en Anolaima (Cundinamarca, Colombia) en 2012.

Rasgos sociales y económicos	Fincas					
	Ecológicas			Convencionales		
	Don José	Los Pantanos	El Laurel	La Cajita	Don Arturo	El Turista
Tiempo permanencia (años)	62	5	25	11	60	5
Edad familia	62-82	30-35-14, 11-9- 5	68- 72	40-51	60-62	45-40-20-17
Tenencia tierra	Propia	Propia	Propia	Propia	Propia	Administrador
Tamaño finca (hectáreas)	5.1	1	3.8	7.04	3	6
Servicios públicos	L-A	No tiene	L-A-G	L-A-G	No tiene	L-A-G
Vías de acceso *	M	M	R	R	M	B
Instalaciones procesamiento de café	No	No	Si	Si	No	Si
Pertenencia a organizaciones	Si	Si	Si	Si	No	No

L = servicio de electrificación (luz) A = servicio de acueducto y alcantarillado G = servicio de gas doméstico B=Buenas R=Regulares M=Malas



ser una constante en las veredas aledañas. La excepción la constituye la familia propietaria de la finca ecológica Los Pantanos, cuyo núcleo está compuesto por padres jóvenes (30-35 años) y cuatro hijos menores de 14 años, que por ahora manifiestan su deseo de permanecer en su tierra. En las visitas además se evidenció que muchos jóvenes de la zona no desean continuar trabajando en sus fincas.

Con excepción de las fincas El Pantano (ecológica) y El Turista (convencional), en el resto el tiempo de residencia de los agricultores supera los 25 años (66%) y en tres de los siete casos estudiados, el lapso se eleva a más de 50 años. La residencia corta (menos de 5 años) se relaciona con las familias jóvenes.

Por supuesto que ambas variables (edad adulta y tiempo de residencia largas) combinadas generan mayores posibilidades de resiliencia cultural, ligadas esencialmente al conocimiento de la zona, de sus limitaciones y potencialidades biofísicas y por qué no de su variabilidad climática e inclusive de su cambio climático. Existen muchas expresiones de la vegetación e incluso del comportamiento animal relacionados con el clima, que solamente se conocen a través de muchos años de observaciones personales.

Las fincas consideradas en este estudio son todas de carácter minifundista e incluso microfundista (menos de 1 hectárea). Solamente dos de ellas (33%) cuentan con la Unidad Agrícola Familiar (UAF) que para el caso presente ha sido definido entre 5 y 10 hectáreas (Alcaldía municipal 2005). En general el pequeño tamaño de las fincas es un factor hacia la baja resiliencia. A favor de la resiliencia, se erige el hecho de que casi todos los agricultores de la zona, son propietarios de sus fincas, a excepción de dos de ellas, una en la que la familia solo administra el predio y otra en la que la propiedad debe definirse mediante juicio de sucesión. Esto cobra importancia en la medida en que una cosa es conocer a fondo el propio paisaje, la fertilidad y las limitaciones de sus propios terrenos, sus coberturas vegetales, fuentes de agua y las relaciones que ellos entretejen entre sí y otra cosa muy diferente es administrar una finca o relacionarse con ella a través de procesos de comunicación a distancia.

De las seis fincas estudiadas, dos (33%) (una ecológica y otra convencional) no poseen ninguna clase de servicios públicos domiciliarios, lo que las torna muy vulnerables, por razones obvias, ante cualquier situación de perturbación ambiental (ecosistémica-cultural). Otras dos (ecológicas) poseen luz y agua (acueducto y alcantarillado) pero no servicio de gas y las restantes (una ecológica y dos convencionales) poseen los tres servicios. El hecho de que algunas fincas no posean servicio de gas domiciliario, implica que las familias dependen de leña para satisfacer sus necesidades energéticas lo que a su vez podría generar presiones sobre masas de vegetación arbórea / arbustiva y finalmente disminuye su capacidad de resiliencia.

Para 1996, se reportaba una participación de la leña en la canasta energética del país del 91.62% (30,260Tcal) para el sector rural y del 21.3% (2.831Tcal) para el sector urbano (FAO 2008). En este mismo año, el documento del Consejo Nacional de Política Sectorial CONPES No.2834 referente a Política de Bosques, referenciaba el uso de la leña como una de las causas de deforestación en el país. Según este documento, la leña se usaba principalmente como combustible para cocción de alimentos en zonas rurales. El consumo calculado en Colombia para 2007 fue de 124 kg/mes/hogar y el uso principal fue para cocción y calefacción, lo que coincide con las tendencias mundiales (Mejía 2001).

A pesar que el consumo de leña se relaciona frecuentemente con deforestación, algunos estudiosos han observado que ello necesariamente no es así, porque los campesinos poseen buenos conocimientos de la dinámica de regeneración de la vegetación, conocen bien las diversas taxonomías, identifican cada especie y valoran la calidad de su leña, tal como lo demostró un estudio reciente de Valderrama y Linares (2008), sobre el uso y manejo de la leña por campesinos de San José de Suaita en el departamento de Santander.

Por otra parte, ninguna de las fincas consideradas en este trabajo se encuentra al borde de una carretera pavimentada y, por el contrario, todas ellas están en condiciones regulares a malas en términos de mantenimiento. Se trata de vías terciarias construidas sin mayores especificaciones técnicas (obras de arte, zanjas de drenaje, señalización) cuyos taludes, en muchas ocasiones, generan riesgos de deslizamientos, todo lo cual implica mayores esfuerzos de los agricultores para casi cualquier tipo de intercambio y, en últimas, mayor vulnerabilidad en relación con perturbaciones ambientales. En la época de mayores lluvias todas estas carreteras terciarias (de pendientes escarpadas y muy inclinadas), se vuelven prácticamente intransitables para muchos vehículos automotores.

Dos fincas ecológicas (Don José y Los Pantanos) y una convencional (Don Arturo) no poseen beneficiadores propios de café, lo cual los vuelve menos resilientes, debido a su dependencia de otras fincas para despulpa-do, desmucilaginado, lavado y secado.

En relación con los sistemas de producción ecológico o convencional, se encontraron diferencias en cuanto a la pertenencia de los agricultores a algún tipo de asociación, en el entendido que entre más pertenencia a redes sociales, la resiliencia a fenómenos climáticos perturbadores sería mayor, dado que los grupos sociales pueden tener mayores posibilidades de respuesta y cooperación en diversos aspectos sociales, económicos y políticos que los individuos aislados.

En este sentido y de acuerdo con la información consignada en la tabla 1, todos los agricultores ecológicos pertenecen a algún tipo de organización especialmente a la Federación de Cafeteros. Los productores ecológi-

cos además pertenecen a las Juntas de Acción Comunal y a la recientemente creada Asociación de Productores de Anolaima. Las fincas Los Pantanos y Los Laureles pertenecen a la Asociación Tierra Fértil. Ningún agricultor convencional pertenece a estas últimas redes u organizaciones mencionadas, aunque los dueños de la finca La Cajita pertenecen a la Fundación Mejía, que los capacita en temas relacionados con cultivo de café.

Sin embargo, los campesinos en general reportan que dichas organizaciones no tienen mucha capacidad de acción frente a los problemas que puede significar la variabilidad climática. La mayoría de los entrevistados en las reuniones están conscientes de la importancia de asociarse y manifiestan el deseo de hacerlo, pero hace falta que estas organizaciones tengan capacidad de convocar a mediano y largo plazo a los afiliados bajo el aval de proyectos que se mantengan en el tiempo. Ello significa tener personas a cargo de dinamizar la organización comunitaria y recursos físicos, monetarios y logísticos para que desenvuelvan sus actividades. Ligado con esto está la poca participación de personas jóvenes, que, como se anotó en los párrafos anteriores, tienden a migrar a las ciudades.

### 3.2 PRÁCTICAS CAMPESINAS RELACIONADAS CON EL MANEJO ECOSISTÉMICO Y LA RESILIENCIA A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA.

#### Prácticas campesinas relacionadas con la disponibilidad, uso y manejo del agua.

Al momento de realizar esta investigación, el municipio de Anolaima (y, en general, buena parte del país) estaba enfrentando una época de sequía ligada al fenómeno de El Niño. Aunque no se pudo tener acceso a los reportes oficiales de la oficina estatal responsable de esta información, los agricultores de la zona afirman que se trata de una situación extrema, que se ha prolongado por lo menos en los últimos cinco meses (de junio a noviembre de 2012).

La falta de agua incide en muchos procesos asociados a la producción y a la sanidad de cultivos y animales, por lo tanto, los agricultores despliegan en general prácticas y comportamientos que les permitan enfrentar estas situaciones, algunas de las cuales se reportan en la tabla 2.

La tabla 2 muestra que las fincas ecológicas en general poseen accesos directos a ríos o quebradas mientras que las convencionales no (excepción de La Cajita). En general, ello puede jugar en contra o a favor de la resiliencia a eventos extremos en función de varios factores: susceptibilidad a inundaciones, avalanchas o crecidas repentinas de estas corrientes de aguas o acceso al agua en casos de sequía. En la zona, durante la época de mayores lluvias, las quebradas se han crecido y se han llevado parte de las vías o han arrasado partes de bosque o de cultivos. Desafortunadamente algunos de estos cauces (finca Don José) se han secado en el presente evento climático (hace 3-4 meses). Todos los agricultores consultados son conscientes de la importancia del agua y su cuidado. Incluso los agricultores convencionales saben que los productos químicos que utilizan en sus cultivos pueden contaminar acuíferos. Así, en todas las fincas, indistintamente de su tendencia productiva (ecológica o convencional), se poseen prácticas de cosecha y almacenamiento de agua, generalmente ligadas a la excavación de pozos y a la compra de tanques o canecas de recolección, acompañadas con la construcción de "casquetes" y baños secos (finca El Laurel), como una estrategia para ahorrar agua.

La información colectada indica, sin embargo, que los volúmenes de recolección de agua solamente alcanzarían para resolver los problemas de abastecimiento doméstico de las familias por cortos períodos de tiempo (un mes máximo). Bajo ninguna circunstancia significa que con esta agua almacenada se puedan regar los cultivos, lo cual significa que las medidas que se están empleando tienen impactos débiles en cuanto a enfrentar la sequía se refiere, con excepción de la finca El Laurel, producto de planificación previa y asesoramiento de hijos ambientalistas que conocen del tema.

**Tabla 2.** Principales prácticas de manejo de aguas de algunos agricultores ecológicos y convencionales en Anolaima (Cundinamarca, Colombia) en 2012.

Característica / práctica	Fincas					
	Ecológicas			Convencionales		
	Don José	Los Pantanos	El Laurel	La Cajita	Don Arturo	El Turista
Cantidad ríos	1	0	0	0	0	0
Tamaño	0	-	M	-	-	-
Cantidad quebradas	0	2	1	1	0	0
Tamaño	-	P	P	P	-	-
Cosecha de agua	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Zanjas de infiltración y drenaje	Si	Si	Si	Si	No	Si
Uso de baños secos,	Si	Si	Si	No	No	No
Riego (mangueras)	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Proporción de agua que guardan las diferentes prácticas	B	B	M	M	B	M

B= Bajo M= Medio A= Alto P: Pequeño M: Mediano G: Grande

**Tabla 3.** Principales prácticas de manejo de suelos y cultivos de algunos agricultores ecológicos y convencionales en Anolaima (Cundinamarca, Colombia) en 2012.

Característica / práctica	Fincas					
	Ecológicas			Convencionales		
	Don José	Los Pantanos	El Laurel	La Cajita	Don Arturo	El Turista
Prácticas conservación de suelos	Si	Si	Si	No	No	Sólo en la huerta familiar
Uso fertilización química	No	No	No	Si	Si	Si
Manejo arvenses	Si	Si	Si	Si	No	No
Uso herbicidas	No	No	No	Si	Si	Si
Presencia de plagas	B	B	B	B	M	B
Uso plaguicidas	No	No	No	A	M	A
Compra insumos	0	0	0	A	M	A

B= Bajo M= Medio A= Alto G= Gallinas V= Vacas P= Peces, C= Caballos MIP = Manejo de plagas y enfermedades

En general todos los agricultores conocen las prácticas de cosecha de agua y quieren implementarlas pero no pueden hacerlo por falta de recursos económicos y apoyo de entidades gubernamentales.

Con excepción de la finca La Cajita (tal vez en razón de sus elevadas pendientes), en todas las fincas existen zanjas de drenaje para evacuación de aguas lluvias, práctica muy necesaria debido a la variabilidad climática que genera intensos y prolongados períodos de altas lluvias y que contribuye a mitigar en parte la saturación de suelos y su movimiento masal.

#### Prácticas campesinas relacionadas con el manejo de suelos.

En la tabla 3 se presentan algunas de las principales actividades o prácticas agronómicas relacionadas con el manejo de cultivos y de suelos, que tienen relación con la variabilidad climática. Como se puede apreciar, las diferencias fundamentales en los sistemas de cultivo estudiados se expresa en las prácticas que se utilizan.

Ninguna de las fincas ecológicas utiliza herbicidas, insecticidas, fungicidas o fertilizantes químicos y por el contrario emplean la biodiversidad como estrategia de manejo de insectos y agentes de enfermedades, utilizan abonos orgánicos e incluyen prácticas de conservación de suelos, como construcción de zanjas de drenaje y coberturas permanentes.

En estas fincas se utiliza la misma vegetación de sombrero para proveer los nutrientes del cultivo, en tanto que los procesos de recolección de frutos inciden en la escasa presencia de la broca. Las evaluaciones iniciales de broca en estas fincas (datos propios sin publicar de muestras en noviembre de 2012), indican que los niveles de infestación eran inferiores al 5% que recomienda la Federación Colombiana de Cultivadores de Café (Fedecafé) como límite permitido durante la época de cosecha para poder ofrecer "Café Tipo Federación" a las cooperativas. El umbral durante los períodos entre cosechas se establece en un 2% con el fin de no correr riesgos<sup>1</sup>

Las fincas convencionales por el contrario emplean formulaciones a base de hongos (*Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*) o insecticidas, fungicidas y herbicidas de síntesis química (aldrines, calbaryl (sevin), manzate, glifosato). No obstante, de las fincas El Turista, Don Arturo y La Cajita, solo las dos últimas tuvieron niveles superiores a los límites establecidos por la Federación de Cafeteros.

El solo hecho de utilizar prácticas de agricultura ecológica (abonamiento orgánico, eliminación de sustancias tóxicas, cobertura permanente de suelos) genera ventajas de resiliencia frente a la sequía en comparación con las prácticas convencionales, como lo han demostrado varios investigadores. En este sentido, Lotter *et al.* (2003), reportaron que suelos manejados orgánicamente tuvieron mayor capacidad de retención de agua debido al aumento de materia orgánica. Tengo y Belfrage (2004) encontraron que en América Central el uso de prácticas como cultivos intercalados, compostaje y terrazas, ayudaron a una recuperación más rápida después de la devastación del huracán Mitch, respaldando las observaciones anteriores realizadas por Holtz (2001).

Los cultivos de cobertura sostienen el suelo durante los períodos de barbecho, la vegetación permanente como árboles y setos vivos en los límites de los campos los protege de fuertes vientos y tormentas, además de proporcionar beneficios a la biodiversidad (Borron 2006).

Estas prácticas en definitiva incrementan la productividad del suelo a largo plazo, logrando mayor estabilidad del sistema (Thrupp 2000). Adicionalmente al mantener la calidad del suelo y prevenir la erosión, los cultivos permanecen sanos y en mejores condiciones de soportar eventos extremos del clima con mayor eficacia.

Finalmente todas las fincas ecológicas son autosuficientes, es decir, que no dependen para su funcionamiento de la compra de insumos externos. Esta característica en principio juega a favor de la resiliencia porque implicaría que los agricultores disponen en sus propios predios de los recursos que les permiten asimilar y enfrentar procesos de disturbio, lo cual les da mayores

1 CENICAFE <http://www.cenicafe.org/es/publications/bot024.pdf>

**Tabla 4.** Principales rasgos culturales asociados con la resiliencia a la variabilidad climática en agricultores ecológicos y convencionales de Anolaima (Cundinamarca, Colombia) en 2012.

Característica / práctica	Fincas					
	Ecológicas			Convencionales		
	Don José	Los Pantanos	El Laurel	La Cajita	Don Arturo	El Turista
Capacitación en cambio climático	No	No	No	No	No	No
Bioindicadores	Si	Si	Si	No	No	No
Ingresos extras	No	No	Si	Si	Si	Si
Ahorros	0	0	M	M	M	0
Conocimiento arvenses	Si	Si	Si	No	No	No
Conocimiento microorganismos	Si	Si	Si	No	No	No
Conocimiento polinización	Si	Si	Si	No	No	No
Conocimiento fijadores de Nitrógeno	Si	Si	Si	No	No	No

**Tabla 5.** Estructura Agroecológica Principal (EAP) de seis fincas ecológicas y convencionales en Anolaima (Cundinamarca – Colombia) – 2012.

FINCA	EEP	ECE	DCE	ECI	DCI	US	MA	OP	PC	CA	EAP
Don José*	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	100
Los Pantanos*	8	9	8	8	8	10	10	9	10	10	90
El Laurel*	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	100
La Cajita	7	9	6	9	6	8	7	5	10	9	76
Don Arturo	5	6	6	8	5	8	7	5	5	5	60
El Turista	6	7	5	6	5	8	1	1	3	3	45

\*Fincas ecológicas

posibilidades de maniobra. No obstante, ello también significa que los agricultores no poseen capacidad económica para adquirir los insumos que requieren o que no tienen contactos o fuentes secundarias de flujo de caja, lo cual podría afectar también su capacidad de respuesta. Ello se reafirma porque dos de las tres fincas ecológicas no reciben ingresos extraprediales (tabla 4).

### Prácticas campesinas relacionadas con la biodiversidad.

En la tabla 5 se presentan los datos relativos a la valoración de la Estructura Agroecológica Principal (EAP) de la finca, para los seis predios considerados en este estudio.

En términos generales, los valores obtenidos para la EAP en todas las fincas estudiadas es relativamente alto (con excepción de la finca El Turista), como era de esperarse para fincas cafeteras que utilizan, por tradición, policultivos de café con varios estratos rasantes, herbáceos y arbustivos (que actúan como conectores internos) y que, por lo general, se encuentran bien conectadas a la estructura ecológica principal del paisaje.

No obstante, las fincas ecológicas presentan mejores condiciones de EAP, puesto que los valores finales se encuentran próximos al 100% (estructura fuertemente desarrollada) cosa que no sucede en otras áreas del país, en donde esta propiedad en algunos agroecosistemas ecológicos ha sido reportada en valores cercanos o inferiores a 60 (León *et al.* 2011).

Por su parte, en las fincas convencionales, aun siendo cafeteras, la EAP es sustancialmente menor. El caso que más llama la atención es el de la finca El Turista (EAP = 45, débilmente desarrollada) que falla en la menor diversidad de sus conectores internos y en otros ítems comparados con sus similares ecológicas (las cercas vivas, el manejo de arvenses, en el uso convencional de los cultivos y en la percepción sobre valor e importancia de la biodiversidad y en sus posibilidades culturales de mejorarla), en atención a que es una finca manejada esencialmente por un administrador que depende para todas las decisiones de manejo del propietario que, además, no reside en Colombia.

La finca Don Arturo se encuentra en el límite inferior de la EAP moderadamente desarrollada, limitada también por factores culturales (el actual propietario, aunque nació y se crió en la finca, pasó muchos años en Bogotá y es pensionado de una empresa estatal) que dificultan la siembra de mayor diversidad de especies vegetales.

El mejor de los casos convencionales es el de la finca La Cajita (EAP = 76, moderadamente desarrollada), que pese a sus abruptas pendientes posee buena parte de su perímetro con conectores externos aunque menos diversificados que las fincas ecológicas y mantiene prácticas adecuadas de manejo de arvenses y un *estatus* intermedio en procesos de reconversión o transición a agricultura ecológica.

La mayor EAP de las fincas ecológicas se puede traducir como mejores condiciones generales de presencia,

uso y manejo de la biodiversidad y ello puede expresarse igualmente como mejores condiciones de resiliencia, en aspectos de resistencia a la perturbación climática, recuperación de condiciones iniciales, restauración productiva o autonomía alimentaria.

El uso de policultivos puede generar paisajes muy complejos, reduciendo el riesgo de pérdida total, siendo más capaces de responder a eventos externos extremos, además de incrementar la productividad cuando las combinaciones son las adecuadas. Los paisajes diversos también ofrecen mayores oportunidades para el manejo de plagas, al atraer polinizadores y predadores. Por otro lado los plaguicidas usados en la agricultura convencional a menudo eliminan las poblaciones de insectos benéficos, los cuales probablemente ya habrían sido afectados por la modificación de sus hábitats como consecuencia del cambio climático (Thrupp 2000).

Todos los agricultores de las fincas estudiadas en este trabajo (convencionales y ecológicas) manifiestan la importancia de tener pájaros en sus fincas para el disfrute de su presencia, pero los ecológicos saben que la conservación de árboles es la mejor forma de garantizarles no solo alimento sino también sitios para hospedaje y reproducción, mientras que en la finca convencional El Turista se les ha construido una gran jaula para contemplarlos y a los que están libres se les atrae con alpiste comprado en el mercado local.

Destaca el conocimiento que se tiene en las fincas El Laurel y Don José, sobre los usos de la diversidad funcional que se mantiene para proporcionar refugio a diferentes especies y dar lugar así a procesos de control biológico. Tal es el caso de las hormigas controladoras de la broca que se han observado en las fincas y gracias a las cuales no es necesaria la aplicación de ningún producto adicional para su control. Al contrario, en la finca convencional La Cajita, se utilizan plaguicidas para evitar el daño de hormigas.

### **3.3 RASGOS CULTURALES CAMPESINOS RELACIONADOS CON LA RESILIENCIA A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA**

La educación y la capacitación son elementos claves puesto que permiten prepararse con mayor eficacia y eficiencia en la prevención, asimilación y respuesta a los cambios cortos o largos del clima. Sin embargo, ningún agricultor de la zona ha recibido capacitación / educación sobre las características de la variabilidad y el cambio climático, a pesar de haber recibido otros cursos sobre manejo de plagas y enfermedades, producción, comercialización o asociatividad. Esta baja capacitación de los agricultores, juega en contra de sus posibilidades de resiliencia.

No obstante, todos los agricultores son conscientes y conocen las variaciones climáticas inmediatas e identifican claramente las perturbaciones sobre los aumentos de precipitaciones pluviales (épocas lluviosas más

fuertes y de mayor duración) y de sequía (intensidad de calor) que suceden en la zona. Todos indican que en los últimos 10 años han visto como principal cambio en el clima que las lluvias han sido más fuertes de lo normal y que también el sol ha "calentado" más fuerte de lo usual (percepción térmica).

De otro lado y como se mencionó anteriormente, el hecho de poseer otros tipos de ingresos económicos por fuera de las actividades agropecuarias de las fincas, es un factor importante a la hora de reponerse de eventos climáticos extremos y este rasgo está repartido de manera no homogénea en las fincas seleccionadas. Dos fincas ecológicas (Don José y Los Pantanos) no reciben ingresos extras, en tanto que una ecológica (El Laurel) y las tres convencionales (La Cajita, El Turista y Don Arturo) sí los reciben.

De manera sustantiva se observa que, en general, los agricultores ecológicos poseen mayores conocimientos sobre el uso de la biodiversidad funcional. En la finca ecológica "Don José" adicionalmente, se poseen e intercambian semillas de frijol resistentes a la sequía, que apuntan en la dirección correcta de la resiliencia y de la seguridad alimentaria, dado que cualquier cambio o variabilidad climática local podría ocasionar graves efectos socioeconómicos y en el abastecimiento de alimentos (Cardona 2009).

Los agricultores con una base de conocimientos tradicionales de los procesos ecológicos que se desarrollan en el agroecosistema, están en ventaja para responder a los efectos del cambio climático. Para IFOAM (2006), las prácticas basadas en la habilidad y el conocimiento a menudo evitan la necesidad de usar insumos sintéticos y reducen la dependencia de los mismos. De la misma forma los sistemas de conocimiento sobre semillas adaptadas localmente y variedades de ganado, proveen mayor capacidad de sobrellevar las difíciles condiciones del clima. Más allá de esto, las prácticas tradicionales se aplican en cada aspecto del sistema agrícola, buscando evitar el riesgo y maximizando el uso de recursos locales (Altieri y Nicholls 2006; Tengo y Belfrage 2004).

### **3.4 VALORACIÓN GLOBAL DE LA RESILIENCIA A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA.**

En la tabla 6 se resume la evaluación de la resiliencia de los agroecosistemas ecológicos y convencionales de Anolaima ante la variabilidad climática. Se valoraron 62 criterios, cuyo promedio general, sin ningún tipo de ponderación, arrojó los resultados siguientes (tabla 7):

En primer lugar se advierte que, en general, las tres fincas ecológicas presentan mayores índices relativos de resiliencia (entre 2.98 y 3.91) que sus homólogas convencionales, ninguna de las cuales alcanza el mínimo de 3.0 / 5.0.

Todas las fincas son débiles en sus ya analizados aspectos físicos relativos a sus características geomorfológicas y de suelos (fincas en áreas montañosas con



**Tabla 6.** Evaluación relativa de la resiliencia de agroecosistemas cafeteros ecológicos y convencionales en Anolaima (2012) frente a la variabilidad climática.

Parámetro	Fincas					
	Ecológicas			Convencionales		
	Don José	Los Pantanos	El Laurel	La Cajita	Don Arturo	El Turista
<b>1. FISICOS</b>						
Ubicación geomorfológica	1	1	1	1	1	1
Orientación y grado de pendientes	1	1	1	1	1	1
Protección de otras geoformas	3	1	3	2	3	3
Extensión (has)	2	1	1	2	1	2
<b>2. SUELOS</b>						
Profundidad (cm)	4	4	4	4	4	4
Textura	1	1	1	1	1	1
Susceptibilidad a remoción en masa	1	1	1	1	1	1
Susceptibilidad a la erosión	1	1	1	1	1	1
Drenaje	4	4	4	4	4	4
<b>3. MANEJO SUELOS</b>						
Uso fertilización química	5	5	5	1	1	1
Manejo arvenses	5	5	5	1	1	1
Uso herbicidas	5	5	5	1	1	1
Prácticas conservación de suelos	5	5	5	4	4	5
<b>4. MANEJO AGUA</b>						
Ríos	1	1	3	1	1	1
Tamaño	1	1	3	1	1	1
Quebradas	1	5	4	1	1	1
Tamaño	1	1	3	1	1	1
Cosecha de agua	3	3	4	3	3	3
Baños secos	5	5	5	1	1	1
Riego	3	3	3	3	3	3
% agua almacenada	2	2	4	3	2	3
<b>5. DIVERSIDAD BIOLÓGICA</b>						
EAP	5	5	5	4	3	2
Diversidad animal	2	3	5	2	0	2
Usos Biodiversidad	5	4	5	4	3	3
Presencia de plagas	4	4	4	4	3	4
Uso plaguicidas	5	5	5	1	2	1
Conocimiento arvenses	5	5	5	1	1	1
Conocimiento microorganismo	5	5	5	1	1	1
Conocimiento polinización	5	5	5	1	1	1
Conocimiento fijadores de Nitrógeno	5	5	5	1	1	1
<b>6. ASPECTOS SOCIALES</b>						
Composición familiar	5	4	4	2	2	3
Migración	2	5	4	2	2	2
Edad familia	2	5	2	2	2	3
Conocimientos sobre eventos climáticos y prevención	2	2	3	2	2	2
Seguridad en la zona	5	5	5	5	5	5
Permanencia	5	2	5	5	5	2
Tenencia tierra	5	3	5	5	5	3
Servicios públicos	3	1	5	5	3	5
Vías de acceso *	2	2	4	4	2	4
Instalaciones café	1	1	5	5	1	5
Organizaciones a las que pertenece	5	5	5	1	2	1
Percepción sobre cambios clima	4	4	4	4	4	4
Capacitación en cambio climático	2	1	5	1	1	1

Parámetro	Fincas					
	Ecológicas			Convencionales		
	Don José	Los Pantanos	El Laurel	La Cajita	Don Arturo	El Turista
<b>7. ASPECTOS ECONÓMICOS</b>						
Ingresos	2	2	4	3	3	4
Ahorros	1	1	3	3	3	1
Producción que se destina a la seguridad alimentaria.	5	5	5	5	5	5
Trabajadores contratados (%)	1	1	3	3	1	5
Compra insumos	5	5	5	1	2	1
Ingresos extras	1	1	4	4	4	1
Ahorros	1	1	3	3	2	1
<b>8. ASPECTOS INSTITUCIONALES</b>						
Presencia de Estado	2	2	2	2	2	2
Presencia ONG	5	2	5	5	2	2
Presencia Universidades	3	3	3	3	3	3
Capacitación	3	3	4	4	1	2
Acceso asistencia técnica	1	1	5	4	1	1
Pertenencia a algún grupo, sociedad, cooperativa, otro.	4	4	5	3	1	2
<b>9. ASPECTOS POLÍTICOS</b>						
Pertenece a grupo político	1	1	1	1	1	1
Liderazgo	5	4	5	4	3	3
Conocimiento derechos y deberes	5	4	5	4	3	3
<b>10. NIVEL TECNOLÓGICO</b>						
Posee maquinaria o equipos para beneficio de café	1	1	5	4	1	3
Conectividad o medios de comunicación	5	4	5	4	3	3
Depende de plaguicidas y abonos externos	5	5	5	3	3	3
<b>VALORACIÓN TOTAL</b>	<b>3,14</b>	<b>2.98</b>	<b>3.91</b>	<b>2.62</b>	<b>2.12</b>	<b>2.29</b>

**Tabla 7.** Resumen evaluación resiliencia de fincas ecológicas y convencionales en Anolaima (Colombia) – 2012, con criterios ecosistémicos y culturales (sin ponderar).

CRITERIOS	FINCAS					
	ECOLÓGICAS			CONVENCIONALES		
	Don José	Los Pantanos	El Laurel	La Cajita	Don Arturo	El Turista
<b>1. Físicos</b>	1.75	1.00	1.50	1.50	1.50	1.75
<b>2. Suelos</b>	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20
<b>3. Manejo de suelos</b>	5.00	5.00	5.00	1.75	1.75	2.00
<b>4. Manejo de aguas</b>	3.23	3.54	4.15	1.75	1.67	1.85
<b>5. Diversidad biológica</b>	4.56	4.50	4.89	2.11	1.67	1.78
<b>6. Aspectos sociales</b>	3.31	3.08	4.31	3.31	2.77	3.08
<b>7. Aspectos económicos</b>	2.29	2.29	3.86	3.14	2.86	2.57
<b>8. Aspectos institucionales</b>	3	2,5	4	3,5	1,66	2
<b>9. Aspectos políticos</b>	3.67	3.00	3.67	3.00	2.33	2.33
<b>10. Aspectos tecnológicos</b>	3.67	3.33	5.00	3.67	2.33	3.00
<b>TOTAL</b>	<b>3,14</b>	<b>2.98</b>	<b>3.91</b>	<b>2.62</b>	<b>2.12</b>	<b>2.29</b>

pendientes elevadas y suelos arcillosos, susceptibles a los movimientos en masa) y en cuestiones económicas e institucionales.

La finca con mayor nivel de resiliencia fue El Laurel (ecológica), con una puntuación de 3.91 / 5.0 con fortalezas en manejo de aguas y suelos, diversidad de la finca, organización y aspectos tecnológicos y debilidades marcadas en sus aspectos físicos y de suelos que,

sin embargo, tienden a manejarse de manera adecuada (coberturas permanentes, policultivos, zanjas).

Las fincas con menores calificaciones fueron las convencionales Don Arturo y El Turista, debido, además de las dificultades geomorfológicas y edáficas, a la baja capacidad de manejo de aguas y biodiversidad biológica, así como a las bajas interacciones de organización social e institucional.

En términos de las posibilidades de resiliencia, nótese que los colores rojos (que señalan puntos críticos) se dan esencialmente en las características geomorfológicas y edáficas que, como ya se comentó, resultan desfavorables para todas las fincas de la región por su susceptibilidad a los movimientos en masa. La zona es conocida por sus tendencias a la reptación de suelos y a los derrumbes, e incluso por la destrucción de casa y otras instalaciones. Sobre ello es muy poco lo que pueden hacer los agricultores, a excepción hecha de mantener las coberturas vegetales tipo multiestrato (café), el suelo cubierto permanentemente y construir zanjas de infiltración y drenaje.

Colores rojos de advertencia también se obtienen en relación con el manejo convencional del cultivo (uso de agroquímicos) en las correspondientes fincas, porque ello por una parte significa dependencia y menores conocimientos ante eventuales procesos climáticos y extremos y por otro significa reducir la biodiversidad. Asociado con ello, se notan debilidades en el conocimiento de las funciones de la agrobiodiversidad, que deja expuestos a estos productores a los intereses y recursos externos (dependencia).

En el manejo de aguas las alarmas están presentes para todos los agricultores, puesto que su dependencia del clima, de quebradas y ríos es muy alta. En momentos extremos como la sequía que enfrentan (semestre II de 2012), las fuentes de agua se secan completamente y las provisiones que obtienen a partir de reservorios y algunos pozos, son insuficientes. La única ventaja común es que el cultivo de café tiende a conservar mucha agua debido a su estructura en estratos y a la cobertura permanente del suelo, el cual, por su textura arcillosa, también actúa a favor de la conservación del líquido.

La relativamente avanzada edad de los productores, su poca capacitación en temas de cambio climático y la relativamente baja presencia institucional, también generan alarmas rojas en relación con las posibilidades de resiliencia de todos los agricultores de la zona, sin importar la orientación de su sistema productivo. Llama la atención la baja o nula participación política de los agricultores entrevistados, situación que juega en contra de su resiliencia cultural, porque, en la medida en que los individuos se aíslan del quehacer político, también se apartan de redes de solidaridad e incluso de influencia en las decisiones que pueden mejorar sus condiciones generales de vida.

Para mejorar (variables en amarillo) quedan los procesos de cosecha del agua a través de acciones comunitarias y de aumentar la eficiencia del riego por mangueras y el relacionamiento con ONGs o con instituciones académicas (que a partir de este trabajo comienza a sentirse con más fuerza en la zona), eventos todos que se pueden lograr fortaleciendo los intercambios entre individuos y con las organizaciones locales.

## Agradecimientos

Agradecemos profundamente a los campesinos de Anolaima que nos brindaron su desinteresada colaboración. Al Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional y a REDAGRES que hicieron posible esta investigación.

## Referencias

- Alcaldía Municipal, 2005. Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del Municipio de Anolaima.
- Altieri M, Nicholls C. 2006. Agroecology and the search for a truly sustainable agriculture. University of California. USA: Berkeley.
- Altieri M, Funes F, Henao A, Nicholls C, León T, Vázquez L, Zuluaga G. 2012. Hacia una metodología para la identificación, diagnóstico y sistematización de sistemas agrícolas resilientes a eventos climáticos extremos Documento preliminar de trabajo. Red Iberoamericana de Agroecología Para el Desarrollo de Sistemas Agrícolas Resilientes al Cambio Climático.
- Borron S. 2006. Building resilience for an unpredictable future: how organic agriculture can help farmers adapt to climate change. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Roma, Italia.
- Cardona A. 2009. Mapeo institucional. Actores relacionados con el abordaje del cambio climático en Colombia. Proyecto Integración de riesgos y oportunidades del cambio climático en los procesos nacionales de desarrollo y en la programación por países de las Naciones Unidas. PNUD. Bogotá, Colombia
- Córdoba C, Ahumada A, Pradilla G. 2011. Relaciones comunidad-fauna y educación ambiental en el Bloque Cubiro. Mamíferos, Reptiles Y Ecosistemas Del Bloque Cubiro (Casanare). Educación ambiental para la conservación en Colombia. Centro De Publicaciones De Universidad Nacional De Colombia. Bogotá, Colombia 1: 10 – 429.
- FAO. 2008. Bosques y energía: cuestiones clave. Roma. Organización de Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). Roma, Italia.
- Holtz E. 2001. Midiendo la resistencia agroecológica contra el huracán Mitch. LEISA revista de agroecología 17(1): 7-10.
- IDEAM 2001. Primera comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático en Colombia. <http://unfccc.int/resource/docs/natc/colnc1.pdf>
- IFOAM. 2006. International Federation of Organic agriculture Movements. Organic agriculture a guide to climate change and food security. High sequestration, low emission, food secure farming. Bruxelles, Belgium.



- IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). 2000. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras de Cundinamarca. Tomo II Bogotá: El Instituto, 141 – 250 pp.
- León T. 2012. Agroecología, la ciencia de los agroecosistemas: la perspectiva ambiental. Bogotá. Instituto de Estudios Ambientales (IDEA) Universidad Nacional de Colombia.
- León T, Rodríguez T, Córdoba C. 2011. La Estructura Agroecológica Principal de la Finca (EAP): un concepto útil en agroecología. Memorias Tercer Congreso Latinoamericano de Agroecología – Universidad Autónoma de Chiapas – Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología. Oaxtepec, Mexico.
- Lotter D, Seidel R, Liebhardt W. 2003. The performance of organic and conventional cropping systems in an extreme climate year. *American Journal of Alternative Agriculture* 18(3): 146-154.
- Mejía B. 2001. Implicaciones ambientales del uso de leña como combustible doméstico en la zona rural de Usme. Trabajo de grado para optar al título de magister en medio ambiente y desarrollo. Universidad Nacional de Colombia. - Facultad de Ciencias Económicas, Instituto de Estudios Ambientales (IDEA), Bogotá, D.C.
- Rodríguez. 2007. Cambio climático agua y agricultura. Común IICA. Edición N.1. II Etapa.
- Tengo M, Belfrage K. 2004. Local management practices for dealing with change and uncertainty: a cross-scale comparison of cases in Sweden and Tanzania. *Ecology and Society* 9(3). Consultado el 3 de Octubre de 2010. [www.ecologyandsociety.org/vol9/iss3/art4](http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss3/art4)
- Thrupp L. 2000. Linking agricultural biodiversity and food security: the valuable role of agrobiodiversity for sustainable agriculture. *International Affairs*, 76(2): 283-297.
- Valderrama E, Linares E. 2008. Uso y manejo de leña por la comunidad campesina de San José de Suaita (Santander, Colombia). *Revista Colombia Forestal* 11: 19-34.

# DIAGNÓSTICO DE LA COMPLEJIDAD DE LOS DISEÑOS Y MANEJOS DE LA BIODIVERSIDAD EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA EN TRANSICIÓN HACIA LA SOSTENIBILIDAD Y LA RESILIENCIA

**Luis L. Vázquez Moreno**

*Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV), Calle 110 No 514. Entre 5ta B y 5ta F. CP 11600. Playa. La Habana. Cuba. E-mail: llvazquezmoreno@yahoo.es*

## Resumen

La biodiversidad se considera esencial en el proceso de reconversión de los sistemas de producción agropecuaria y en la resiliencia al cambio climático. Como resultado de varios años de innovación, se ofrece una nueva propuesta para el diagnóstico de la complejidad de los diseños y manejos de los elementos de la biodiversidad. Se generaron 64 indicadores de los seis indicativos siguientes: 18 indicadores sobre diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad productiva (DMBPr), siete sobre manejo y conservación del suelo (MCS), cinco sobre manejo y conservación del agua (MCA), cinco sobre manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos (MISRPr), 15 sobre diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad auxiliar (DMBAu) y 14 sobre el estado de los elementos de la biodiversidad asociada (EBAs). Los resultados permiten determinar el Coeficiente de Manejo de la Biodiversidad (CMB), clasificar el sistema de producción respecto a la complejidad alcanzada y elaborar un plan de reconversión. Los resultados del diagnóstico de dos fincas cercanas: "La Provechosa", que obtuvo un Coeficiente de Manejo de la Biodiversidad (CMB) de 2,35, clasificándose los diseños y manejos de la biodiversidad como: "Medianamente Compleja"; por otro lado, la finca "La Trocha", que obtuvo un CMB de 1,3 fue clasificada como: "Simplificada", la primera está considerada localmente como en transición sobre bases agroecológicas y la segunda como convencional.

**Palabras clave:** Sistemas de producción, biodiversidad, diagnóstico, agricultura sostenible, resiliencia.

## Summary

### Diagnosis of the complexity of the designs and management of the biodiversity in agricultures production systems in transition to the sustainability and the resilience

Biodiversity is considered essential in the process of agroecological conversion of agricultural production systems and in enhancing resilience to climatic change. As a result of several years of research, we offer a new proposal for the diagnosis of the complexity of the designs and management of the biodiversity elements in agroecosystems. 64 indicators have been generated that can be grouped in the following 6 categories: 18 indicators on design and management of the elements of productive biodiversity (DMBPr), 7 indicators on soil management and conservation (MCS), 5 on water management and conservation (MCA), 5 on management of the plant protection interventions in productive systems (MISRPr), 15 on design and management of the elements of the auxiliary biodiversity (DMBAu) and 14 on the state of the elements of the associate biodiversity (EBAs). The measurement of these indicators allows one to determine the Coefficient of Biodiversity Management (CMB), to classify the production system regarding its level of complexity and thus elaborate an agroecological conversion plan. Herein we present the results of the application of this methodology on two neighboring farms: "La Provechosa" which obtained a CMB of 2,35, classified as "fairly complex" given its designs and management of biodiversity; "La Trocha" with a CMB of 1,3 obtained and thus classified as: "Simplified", therefore requiring a diversification plan to transition from conventional to agroecological management.

**Key words:** Production systems, biodiversity, diagnosis, sustainable agriculture, resilience.

## Introducción

La importancia de la biodiversidad para la reconversión de los sistemas de producción agropecuaria (SPA) hacia la sostenibilidad y la resiliencia, así como el valor que ésta tiene para la soberanía tecnológica, energética y alimentaria de los sistemas agrarios, demanda procesos de innovación local que contribuyan a generar diseños y manejos complejos, así como metodologías para evaluarlos.

Varias teorías ecológicas argumentan que, el funcionamiento eficiente de los sistemas de producción agropecuaria, no depende solamente de los elementos de la biodiversidad que se introducen y habitan en el mismo, pues la diversidad no siempre es algo inherente a la estabilidad (Tilman *et al.* 1998) y como señalaran Odum y Sarmiento (1998), son esenciales sus interacciones; por ello, la integración y diversificación de rubros productivos no es la única solución para aumentar la complejidad de los agroecosistemas (Vázquez *et al.* 2012).

La biodiversidad se refiere a todas las especies de plantas, animales y microorganismos que existen e interactúan en un ecosistema (McNeely *et al.* 1990), desconociéndose que en los sistemas agrícolas la biodiversidad debe realizar servicios que van más allá de la producción de alimentos, fibras, combustibles e ingresos, como por ejemplo el reciclaje de nutrientes, el control del microclima local, la regulación de los procesos hidrológicos locales, la regulación de la abundancia de organismos indeseables, la detoxificación de productos químicos nocivos (Altieri y Nicholls 2007a) y la resiliencia ante los eventos externos del cambio climático (Nicholls y Altieri 2012), entre otras funciones que contribuyen a la eficiencia del sistema de producción.

Para el diagnóstico de la biodiversidad en los ecosistemas son muy utilizados los índices clásicos de Shannon y Margalef, que determinan la diversidad y la riqueza de especies, mismos que también se emplean para evaluar la biodiversidad en agroecosistemas (Gliessman 2001) y que han sido adaptados al sustituir la población por la diversidad de la producción (Funes-Monzote 2009) e incluir las interacciones, el número de relaciones entre los elementos y la redundancia de dichas relaciones (Griffon 2008).

Diversas investigaciones están generando nuevas metodologías, que en la mayoría incluyen indicadores para evaluar la biodiversidad, entre otros atributos de la sostenibilidad y la resiliencia, como es el caso de la capacidad de adaptación al cambio climático (Altieri 2009, Altieri *et al.* 2012, Holt-Gimenez 2002, Zuluaga *et al.* 2013, Rogé y Astier 2013); la eficiencia energética de la agrobiodiversidad (Funes-Monzote *et al.* 2013); la biodiversidad como atributo de la sostenibilidad (Astier *et al.* 2008, Dellepiane y Sarandón 2008); funciones de la agrobiodiversidad (Leyva y Lores 2012); estructura del agroecosistema (León 2010) y diseños y manejos de la

biodiversidad (Vázquez y Matienzo 2006, Vázquez *et al.* 2011).

En el presente artículo, se ofrece una nueva propuesta metodológica para el diagnóstico de los diseños y manejos de la biodiversidad en el sistema de producción, que considera varias dimensiones: las especies, la complejidad de los arreglos espaciales, estructurales y temporales, así como el enfoque de conservación de los recursos naturales, por lo que es una versión más amplia que las anteriormente presentadas (Vázquez y Matienzo 2006, Vázquez *et al.* 2011), que facilita la planificación para realizar las transformaciones necesarias en los predios y es parte de un proyecto de diagnóstico e innovación sobre biodiversidad en fincas (BioFincas).

## Materiales y métodos

La generación de los indicativos e indicadores que se ofrecen en la presente metodología, parte de un estudio anterior realizado (Vázquez y Matienzo 2006), que fue mejorado para incluir el diagnóstico de los elementos, diseños, manejos e interacciones de la biodiversidad (Vázquez *et al.* 2011), resultados que se han perfeccionado con la participación de los agricultores y técnicos del proyecto Biofincas, que consiste en un proceso de aprendizaje, diagnóstico e innovación participativos, que se realiza en fincas de la agricultura suburbana desde 2011 (Vázquez y Alfonso 2013).

Para facilitar el diagnóstico, los cálculos finales y la representación gráfica de los resultados, los indicadores utilizados se evalúan mediante una escala de 0 a 4 grados, considerando recomendaciones de Sarandón y Flores (2009), que concibe el último valor de la escala (4) como óptimo y permite ponderar los indicadores que más interesan respecto a la capacidad de autorregulación del sistema.

El rango de la escala, en la medida que avanza hacia el valor óptimo, se ha ajustado según las demandas actuales, respecto a la reconversión de los sistemas de producción agropecuaria hacia sistemas sostenibles (Funes-Monzote 2009, Leyva y Pohlen 2005, Machín *et al.* 2010, Rodríguez 2011, Vázquez *et al.* 2012).

Con el propósito de facilitar la evaluación, los elementos de la biodiversidad se agruparon en los componentes funcionales siguientes (Vázquez *et al.* 2011): “biodiversidad productiva” como la biota introducida que se planifica y se cultiva o cría con fines económicos; “biodiversidad asociada” u organismos que influyen de manera directa, positiva o negativa, sobre el desarrollo fisiológico y la defensa de las plantas cultivadas; “biodiversidad auxiliar” como la vegetación no cultivada que habita naturalmente o se introduce, que se maneja para influir positivamente sobre el resto de la biodiversidad; y como “biodiversidad introducida” los organismos que se introducen para lograr efectos directos en beneficio de la biota productiva.

A su vez, estos componentes funcionales se relacionaron con el manejo que se realiza en el sistema de producción, para efectuar el diagnóstico mediante los indicadores siguientes:

- Diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad productiva (DMBPr). Se incluyen los indicadores sobre tipos y diversidad de rubros productivos y la complejidad de sus diseños y manejos; también la procedencia y origen del material genético que se utiliza (Tabla 1). Para determinar el coeficiente de manejo del indicativo se emplea la expresión siguiente:  $DMBPr = \frac{\sum [2Pr_1 + Pr_2 + 2Pr_3 + Pr_4 + Pr_5 + Pr_6 + Pr_7 + Pr_8 + Pr_9 + Pr_{10} + Pr_{11} + 3Pr_{12} + Pr_{13} + Pr_{14} + Pr_{15} + Pr_{16} + Pr_{17} + 2Pr_{18}]}{23}$ .
- Manejo y conservación del suelo (MCS). Se consideran los manejos específicos que se realizan en el suelo (Tabla 2), que contribuye a la conservación y mejora de las funciones de la biota que habita en el mismo. Se emplea la expresión siguiente:  $MCS = \frac{\sum [2S_1 + S_2 + S_3 + 2S_4 + S_5 + S_6 + S_7]}{9}$ .
- Manejo y conservación del agua (MCA). El agua, además de ser un recurso natural que requiere ser utilizado óptimamente, tiene una gran influencia en el manejo y conservación de la biodiversidad (Tabla 3). Se emplea la expresión siguiente:  $MCA = \frac{\sum [A_1 + A_2 + 2A_3 + 2A_4 + A_5]}{7}$ .
- Manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos (MISRPr). Las intervenciones con pro-

**Tabla 1.** Indicadores y escalas para evaluar los diseños y manejos de los elementos de la biodiversidad productiva (DMBPr). Resultados del diagnóstico de las fincas “La Provechosa” (LP) y “La Trocha” (LT).

Indicadores	Complejidad	Fincas	
		LP	LT
Tipos de rubros productivos ( $Pr_1$ )	1: ha integrado 1-2 tipos de rubros productivos; 2: ha integrado tres tipos de rubros productivos; 3: ha integrado más de tres tipos de rubros productivos; 4: ha integrado más de tres tipos de rubros productivos vegetales y animales.	4	1
Diversidad de especies de cultivos herbáceos y arbustivos ( $Pr_2$ )	1: 1-3 cultivos; 2: 3-6 cultivos; 3: 7-10 cultivos; 4: más de 10 cultivos	4	1
Aprovechamiento de los sistemas de cultivos temporales ( $Pr_3$ )	1: menos del 25 % de la superficie con 2-3 siembras; 2: 25-50 % de la superficie con 2-3 siembras; 3: más del 50 % de la superficie con dos siembras; 4: más del 50 % de la superficie con tres siembras	4	1
Superficie con diseños en policultivos ( $Pr_4$ )	1: menos 26 %; 2: 26-50 %; 3: 51-75 %; 4: más del 75 %	4	0
Complejidad de diseños en policultivos ( $Pr_5$ )	1: dos especies asociadas o intercaladas; 2: tres especies asociadas o intercaladas; 3: cuatro especies asociadas e intercaladas; 4: más de cuatro especies asociadas e intercaladas	1	0
Diversidad de especies en sistemas de cultivos arbóreos ( $Pr_6$ )	1: una especie; 2: dos especies; 3: tres especies; 4: más de tres especies	2	0
Superficie con diseños agroforestales ( $Pr_7$ )	1: menos 26 %; 2: 26-50 %; 3: 51-75 %; 4: más del 75 %	1	0
Complejidad de diseños agroforestales ( $Pr_8$ )	1: dos especies integradas; 2: tres especies integradas; 3: cuatro especies integradas; 4: más de cuatro especies integradas	1	0
Diversidad de animales en sistemas de crianza ( $Pr_9$ )	1: 1-2 especies; 2: 3-4 especies; 3: 5-6 especies; 4: más de 6 especies	1	1
Superficie con diseños silvopastoriles ( $Pr_{10}$ )	1: menos 26 %; 2: 26-50 %; 3: 51-75 %; 4: más del 75 %	0	0
Complejidad vegetal de diseños silvopastoriles ( $Pr_{11}$ )	1: dos especies integradas; 2: tres especies integradas; 3: cuatro especies integradas; 4: más de cuatro especies integradas	0	0
Complejidad de sistema con diseño mixto ( $Pr_{12}$ )	1: integran en la misma superficie diversidad de especies de 1-2 rubros productivos; 2: integran en la misma superficie diversidad de especies de 3-4 rubros productivos; 3: integran diversidad de especies de 5-6 rubros productivos; 4: integran diversidad de especies de más de seis rubros productivos.	1	0
Superficie de sistemas de cultivos complejos ( $Pr_{13}$ ). ( $Pr_4 + Pr_7 + Pr_{10} + Pr_{12}$ )	1: menos 26 %; 2: 26-50 %; 3: 51-75 %; 4: más del 75 %	4	0
Procedencia del material de siembra ( $Pr_{14}$ )	1: 100 % nacional; 2: 50-50% (nacional-provincia); 3: Mas 50-70 % forma productiva-propia; 4: Mas 70 % propia	3	1
Origen de variedades ( $Pr_{15}$ )	1: 100 % importado; 2: entre 40-60 % nacional-importado; 3: Mas 60 % obtenido en la forma productiva y propia; 4: Mas 70 % propia (incluye autóctonas)	3	1
Procedencia de pie de crías de animales ( $Pr_{16}$ )	1: 100 % nacional; 2: 50-50% (nacional-provincia); 3: Mas 50-70 % forma productiva-propia; 4: Mas 70 % propia	2	2
Origen de razas ( $Pr_{17}$ )	1: 100 % importado; 2: entre 40-60 % nacional-importado; 3: Mas 60 % obtenido en la forma productiva y propia; 4: Mas 70 % propia (incluye autóctonas)	2	2
Autosuficiencia en alimento para animales de crianza ( $Pr_{18}$ )	1: genera hasta el 25 %; 2: genera hasta el 50 %; 3: genera hasta el 75 %; 4: genera más del 75 %.	2	1
<b>DMBPr</b>		<b>2,2</b>	<b>0,6</b>

**Tabla 2.** Indicadores y escalas para evaluar el manejo y conservación del suelo (MCS). Resultados del diagnóstico de las fincas “La Provechosa” (LP) y “La Trocha” (LT).

Indicadores	Complejidad	Fincas	
		LP	LT
Sistema de rotación de cultivos ( $S_1$ )	1: rota, pero sin estar planificado o diseñado; 2: tiene un sistema de rotación concebido según demandas del suelo (propiedades); 3: el sistema de rotación planificado considera además de 2, la reducción de incidencia de arvenses; 4: el sistema de rotación es holístico; es decir, considera diferentes propósitos (suelo, arvenses, plagas, enfermedades).	4	1
Superficie en rotación de cultivos ( $S_2$ )	1: rota hasta el 25 % de los campos de cultivos temporales y anuales; 2: rota entre 26-50 %; 3: rota entre 51-75 %; 4: rota más del 75 %	3	1
Diversidad de fuentes de biomasa orgánica ( $S_3$ )	1: cuando incorpora un tipo de fuente de materia orgánica; 2: cuando incorpora dos tipos; 3: cuando incorpora tres tipos; 4: cuando incorpora más de tres tipos	4	1
Superficie con incorporación de biomasa orgánica ( $S_4$ )	1: menos del 25 %; 2: entre el 26 y 50 %; 3: entre el 50-75 %; 4: más del 75 %	4	2
Superficie de siembras con laboreo mínimo o sin laboreo ( $S_5$ )	1: menos del 20 %; 2: entre el 20 y 30 %; 3: entre el 30-50 %; 4: más del 50 %	1	0
Superficie con prácticas antierosivas ( $S_6$ )	1: menos del 25 % superficie sistema; 2: entre el 26 y 50 % superficie sistema; 3: entre el 50-75 % superficie sistema; 4: más del 75 % superficie sistema	4	0
Conservación en la preparación del suelo ( $S_7$ )	1: utiliza los implementos convencionales, pero integra los de conservación (multiarado, tiller u otros que no invierten el prisma) en 25 %; 2: utiliza los implementos convencionales, pero integra los de conservación (multiarado, tiller u otros que no invierten el prisma) en 50 %; 3: utiliza los implementos convencionales, pero integra los de conservación (multiarado, tiller u otros que no invierten el prisma) en más 50 %; 4: Solamente utiliza implementos de conservación del suelo.	4	2
<b>MCS</b>		<b>3,9</b>	<b>1,5</b>

**Tabla 3.** Indicadores y escalas para evaluar el manejo y conservación del agua (MCA). Resultados del diagnóstico de las fincas “La Provechosa” (LP) y “La Trocha” (LT).

Indicadores	Complejidad	Fincas	
		LP	LT
Superficie bajo sistemas de riego ( $A_1$ )	1: menos 25 % de la superficie; 2: 26-50 % de la superficie 3: 51-75 % de la superficie; 4: más del 75 % de la superficie	4	4
Sistemas de riego ( $A_2$ )	1: gravedad o aniego; 2: aspersores; 3: microaspersores; 4: goteo (localizado)	4	2
Fuentes de abasto de agua para uso agrícola ( $A_3$ )	1: Acueducto; 2: Pozo; 3: Natural; 4: Colecta de lluvia	2	2
Manejo del drenaje ( $A_4$ )	1: menos 25 % de la superficie; 2: 26-50 % de la superficie; 3: 51-75 % de la superficie; 4: más del 75 % de la superficie	3	3
Sistema de drenaje ( $A_5$ )	1: creado naturalmente; 2: elaborado según observación de corrientes de agua; 3: elaborado según curvas de nivel; 4: elaborado según (2) + (3)	1	1
<b>MCA</b>		<b>2,7</b>	<b>2,4</b>

ductos u otras técnicas para reducir la incidencia de organismos nocivos a las plantas cultivadas y los animales de crianza. Los indicadores utilizados consideran la reducción de intervenciones, la integración de productos biológicos y de estos, los que se obtienen en el propio sistema (Tabla 4). Se emplea la expresión siguiente:  $MIRP = \sum [I_1 + 2I_2 + I_3 + 2I_4 + I_5]/7$ .

Diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad auxiliar (DMBAu). La vegetación auxiliar en un SPA puede estar integrada por la cortina rompe vientos, cerca viva perimetral e internas, arboledas, ambientes seminaturales, corredores ecológicos internos y barreras vivas laterales e intercaladas en los campos. Se considera la estructura de los

elementos que la integran, así como la complejidad de los diseños y manejos que se realiza (Tabla 5). Se emplea la expresión siguiente:  $DMBAu = \sum [2Au_1 + Au_2 + 2Au_3 + Au_4 + 3Au_5 + Au_6 + Au_7 + 2Au_8 + Au_9 + 2Au_{10} + Au_{11} + Au_{12} + Au_{13} + 2Au_{14} + Au_{15}]/22$ . Estado de los elementos de la biodiversidad asociada (EBAs). La biodiversidad asociada son los organismos, sean animales, vegetales y microorganismos, que se asocian a las plantas cultivadas y los animales de crianza, en unos casos con interacciones positivas y en otras negativas, representados por los polinizadores, reguladores naturales, organismos nocivos, entre otros de diferentes funciones en el agroecosistema. Se considera la incidencia y diversidad de los grupos que pueden ser

**Tabla 4.** Indicadores y escalas para evaluar el manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos (MISRPr). Resultados del diagnóstico de las fincas “La Provechosa” (LP) y “La Trocha” (LT).

Indicadores	Complejidad	Fincas	
		LP	LT
Decisiones de intervenciones en rubros productivos vegetales (I <sub>1</sub> )	1: cuando realiza igual o mayor número de intervenciones; 2: cuando se ha reducido entre un 20-40 % el número de intervenciones; 3: cuando se han reducido entre un 41-60 %; 4: cuando se han reducido en más de un 60 %.	2	1
Integración de intervenciones biológicas en rubros productivos vegetales (I <sub>2</sub> )	1: menos del 20 % de insumos biológicos; 2: 21-40 % de insumos biológicos; 3: 41-60 % biológicos; 4: más del 60 % de insumos biológicos.	1	1
Decisiones de intervenciones en rubros productivos animales (I <sub>3</sub> )	1: cuando realiza igual o mayor número de intervenciones; 2: cuando se ha reducido entre un 20-40 % el número de intervenciones; 3: cuando se han reducido entre un 41-60 %; 4: cuando se han reducido en más de un 60 %.	1	1
Integración de intervenciones biológicas en rubros productivos animales (I <sub>4</sub> )	1: menos del 20 % de insumos biológicos; 2: 21-40 % de insumos biológicos; 3: 41-60 % biológicos; 4: más del 60 % de insumos biológicos.	1	1
Nivel de autosuficiencia de insumos para intervenciones en rubros vegetales y animales (I <sub>5</sub> )	1: genera hasta el 25 % de los insumos utilizados; 2: genera hasta el 50 % 3: genera hasta el 75 %; 4: genera más del 75 %.	1	0
<b>MISRPr</b>		<b>1,1</b>	<b>0,7</b>

**Tabla 5.** Indicadores y escalas para evaluar los diseños y manejos de los elementos de la biodiversidad auxiliar (DMBAu). Resultados del diagnóstico de las fincas “La Provechosa” (LP) y “La Trocha” (LT).

Indicadores	Complejidad	Fincas	
		LP	LT
Superficie con barreras vivas laterales (Au <sub>1</sub> )	1: Menos 25 % campos; 2: 26-50 % campos; 3: 51-75 % campos; 4: mas 75 % campos	4	0
Diversidad de especies en barreras vivas laterales (Au <sub>2</sub> )	1: una especie; 2: dos especies; 3: tres especies; 4: más de tres especies.	3	0
Superficie con barreras vivas intercaladas (Au <sub>3</sub> )	1: Menos 25 % campos; 2: 26-50 % campos; 3: 51-75 % campos; 4: mas 75 % campos	3	0
Diversidad de especies en barreras vivas intercaladas (Au <sub>4</sub> )	1: una especie; 2: dos especies; 3: tres especies; 4: más de tres especies.	2	0
Corredores ecológicos internos (Au <sub>5</sub> )	1: existen, pero sin considerar sus funciones; 2: se conservan sin intervenciones para garantizar sus funciones; 3: se incrementan según diseño; 4: (2) o (3) + se conectan con barreras vivas y cerca viva perimetral.	3	0
Diversidad de especies en corredores ecológicos internos (Au <sub>6</sub> )	1: una especie predominante (mayor 30 %); 2: dos especies predominantes; 3: tres especies predominantes; 4: más de tres especies predominantes	2	0
Diversidad estructural de los corredores ecológicos internos (Au <sub>7</sub> )	1: 1-2 especies arbóreas integradas; 2: (1) + 1-2 especies arbustivas 3: (1) + (2) + 1-2 especies herbáceas; 4: Mas de tres especies arbustivas o arbóreas	2	0
Manejo de ambientes seminaturales (Au <sub>8</sub> )	1: existen, pero sin considerar sus funciones; 2: se conservan sin intervenciones para garantizar sus funciones; 3: se incrementan; 4: se mejoran sus funciones integrando plantas necesarias	1	1
Diversidad estructural de los ambientes seminaturales (Au <sub>9</sub> )	1: predominan 1-2 especies arbóreas integradas; 2: (1) + predominan 1-2 especies arbustivas; 3: (1) + (2) + predominan 1-2 especies herbáceas; 4: predominan más de cinco especies arbustivas o arbóreas	1	1
Manejo de arboledas (Au <sub>10</sub> )	1: existen, pero sin considerar sus funciones; 2: se conservan sin intervenciones para garantizar sus funciones; 3: se incrementan; 4: se mejoran sus funciones integrando plantas necesarias	1	1
Diversidad estructural de las arboledas (Au <sub>11</sub> )	1: predominan 1-2 especies arbóreas integradas; 2: (1) + predominan 1-2 especies arbustivas; 3: (1) + (2) + predominan 1-2 especies herbáceas; 4: predominan más de cinco especies arbustivas o arbóreas	1	1
Manejo de cerca perimetral (Au <sub>12</sub> )	1: Menos 25 % de la periferia; 2: 26-50 %; 3: 51-75 %; 4: Mas 75 %	3	3
Diversidad estructural de la cerca viva perimetral (Au <sub>13</sub> )	1: 1-2 especies arbóreas integradas; 2: (1) + 1-2 especies arbustivas; 3: (1) + (2) + 1-2 especies herbáceas; 4: Mas de tres especies arbustivas o arbóreas	1	1
Tolerancia de arvenses (Au <sub>14</sub> )	1: solo en la etapa final del cultivo; 2: desde que pasa el periodo crítico del cultivo; 3: según grado de incidencia; 4: durante todo el cultivo, de acuerdo a la incidencia de especies más competitivas.	1	1
Diversidad de animales para labores (Au <sub>15</sub> )	1: una especie; 2: dos especies; 3: tres especies; 4: más de tres especies.	1	1
<b>DMBAu</b>		<b>2,0</b>	<b>0,9</b>



**Tabla 6.** Indicadores para evaluar el estado de los elementos de la biodiversidad asociada (EBAs). Resultados del diagnóstico de las fincas “La Proveschosa” (LP) y “La Trocha” (LT).

Indicadores	Complejidad	Fincas	
		LP	LT
Incidencia de arvenses ( $As_1$ )	1: más de 75 % grado de enmalezamiento; 2: entre 51 y 75 % grado de enmalezamiento; 3: entre 26-50 % grado de enmalezamiento; 4: menos 25 % grado de enmalezamiento	3	3
Diversidad de arvenses ( $As_2$ )	1: se observan tres especies; 2: se observan 3-7 especies; 3: se observan 8-11 especies; 4: se observan más de 11 especies.	3	3
Incidencia de nematodos de las agallas ( $As_3$ )	1: más del 75 % plantas afectadas; 2: entre 51-75 %; 3: entre 26-50 %; 4: menos 25 %.	0	0
Incidencia de organismos nocivos en los cultivos ( $As_4$ )	1: más del 75 % superficie afectada; 2: entre 51-75 %; 3: entre 26-50 %; 4: menos 25 %.	3	2
Diversidad de organismos nocivos fitófagos ( $As_5$ )	1: se observa una especie; 2: se observan dos especies; 3: se observan tres especies; 4: se observan más de tres especies.	2	3
Diversidad de organismos nocivos fitopatógenos ( $As_6$ )	1: se observa una especie; 2: se observan dos especies; 3: se observan tres especies; 4: se observan más de tres especies.	2	2
Incidencia de organismos nocivos en los animales de cría ( $As_7$ )	1: más del 75 % individuos afectados; 2: entre 51-75 %; 3: entre 26-50 %; 4: menos 25 %.	3	3
Diversidad de parásitos en animales de cría ( $As_8$ )	1: se observa una especie; 2: se observan dos especies; 3: se observan tres especies; 4: se observan más de tres especies.	1	1
Diversidad de enfermedades de animales de cría ( $As_9$ )	1: se observa una enfermedad; 2: se observan dos enfermedades; 3: se observan tres enfermedades; 4: se observan más de tres enfermedades	0	0
Diversidad de polinizadores ( $As_{10}$ )	1: se observa una especie; 2: se observan dos especies; 3: se observan tres especies; 4: se observan más de tres especies.	2	1
Diversidad de grupos de reguladores naturales ( $As_{11}$ )	1: Se observa uno o dos grupos; 2: Se observa de uno a tres; 3: Se observa de uno a cinco; 4: Se observan más de cinco	3	1
Población de reguladores naturales ( $As_{12}$ )	1: Se observa de 1-5 individuos; 2: Más de 5 individuos; 3: Más de 10 individuos; 4: Inmediatamente se observan altas poblaciones	2	1
Diversidad de macrofauna del suelo ( $As_{13}$ )	1: 0,1-2,0 especies; 2: 2,1-3,0 especies; 3: 3,1-4,4 especies; 4: más de 4,5 especies	2	1
Población de macrofauna del suelo ( $As_{14}$ )	1: 1-5 individuos/m <sup>2</sup> ; 2: 5-9 individuos/m <sup>2</sup> ; 3: más de 10 individuos/m <sup>2</sup> ; 4: (2) o (3) individuos/m <sup>2</sup> inmediatamente	1	1
<b>EBAs</b>		<b>2,0</b>	<b>1,7</b>

observados con facilidad (Tabla 6). Para determinar el indicativo se emplea la expresión siguiente:  $EBAs = \sum [As_1 + As_2 + As_3 + As_4 + As_5 + As_6 + As_7 + As_8 + As_9 + As_{10} + 2As_{11} + As_{12} + 2As_{13} + As_{14}] / 16$ .

El proceso de diagnóstico se realiza mediante visitas directas e intercambio con el agricultor en el propio SPA. La captura de los datos primarios en algunos casos se utiliza el año actual (12 meses atrás), comparado con años anteriores o de los últimos 1-3 años, según se especifica en el indicador que se evalúa. Se confeccionan formularios, de forma tal que la información se capte y conserve con calidad, así como la guía de indicadores y la escala de evaluación.

Al concluir el proceso de diagnóstico, se determina el Coeficiente de Manejo de la Biodiversidad (CMB) del sistema de producción, mediante la expresión siguiente:  $CMB = \sum [DMBPr + MCS + MCA + MISRPr + DMBAu + EBAs] / 6$ . Finalmente se puede clasificar el sistema respecto al nivel de complejidad alcanzado por los diseños y manejos de los elementos de la biodiversidad (Tabla 7)

Para demostrar la utilización de la metodología, se ofrecen resultados del diagnóstico de dos fincas cercanas

**Tabla 7.** Determinación del nivel de complejidad de la biodiversidad durante la reconversión del SPA (modificada de Vázquez y Matienzo 2006).

CMB	Grado de complejidad de la biodiversidad
0,1-1,0	Simplificado (s)
1,1-2,0	Poco complejo (pc)
2,1-3,0	Medianamente complejo (mc)
3,1-3,5	Complejo (c)
3,6-4,0	Altamente complejo (ac)

(150 m de distancia), ubicadas en la localidad de Ciego de Ávila. Se contrastan la finca “La Proveschosa” declarada como “en transición agroecológica” y la finca “La Trocha”, que se considera “convencional”, de 11,0 y 12,3 hectáreas respectivamente, ambas cultivan principalmente hortalizas, raíces, tubérculos, granos y frutos menores, aunque integran otros rubros con diferentes propósitos.

## Resultados y discusión

Los resultados del diagnóstico de los diseños y manejos de los elementos de la biodiversidad productiva

(Tabla 1), mostraron un coeficiente mayor para la finca "La Provechosa" (2,2); en la finca "La Trocha" este fue inferior (0,6), resultados que se deben principalmente a que en la primera finca se ha logrado avanzar en la integración y diversificación de rubros productivos, así como se logra una alta superficie en diseños mediante policultivos, además de que este agricultor participa en el programa de Fitomejoramiento Participativo, específicamente en el cultivo del frijol, del cual atesora más de 60 cultivares; en cambio, la finca "La Trocha" se especializa en el cultivo del tomate y otros, mediante siembras en campos convencionales.

Estos resultados ratifican la importancia de la integración de diferentes tipos de rubros productivos, no solamente animal, sino forestal, flores, ornamentales, entre otros; también la diversificación de cada tipo de rubro productivo que se integra en el sistema, para contribuir a una mayor diversidad genética y estructural de la biota productiva (Vázquez *et al.* 2012).

Una connotación fundamental de la biodiversidad productiva resulta al considerar que todos los agroecosistemas son dinámicos y están sujetos a diferentes tipos de manejo, por tanto, los arreglos de cultivos en el tiempo y el espacio están cambiando continuamente, de acuerdo con los factores biológicos, socioeconómicos y ambientales y tales variaciones en el paisaje determinan el grado de heterogeneidad característica de cada región agrícola, la que a la vez condiciona el tipo de biodiversidad presente y la cual puede o no beneficiar los cultivos (Altieri y Nicholls 2007a).

Resultó muy elevado el nivel de manejo y conservación del suelo que se practica en "La Provechosa" (3,9), principalmente por la adopción de las prácticas siguientes: disponer de un sistema de rotación holístico, que considera diferentes propósitos (suelo, arvenses, plagas, enfermedades), incluyendo la rotación con abonos verdes; utilizar más de tres tipos de fuentes de materia orgánica, de la cual produce lombricompost, e incorpora en más del 75 % de la superficie cultivada, además de practicar el laboreo mínimo y utilizar implementos de labranza de conservación.

Estos resultados (Tabla 2) contrastan con la finca "La Trocha" (1,5), que no tiene un sistema de rotación de cultivos diseñado, rota menos del 25 % de la superficie y emplea abonos orgánicos en menos del 50 % de la superficie, observándose que este agricultor ha adoptado algunas prácticas agroecológicas en el manejo del suelo, debido a la influencia de agricultores vecinos y por la asesoría de los técnicos locales.

Respecto al manejo y conservación del agua, las fincas "La Provechosa" y "La Trocha" están bastante cercanas (2,7 y 2,4 respectivamente), principalmente respecto a la superficie bajo riego; pero constituyen una evidencia de que aún no se logra un manejo que favorezca su conservación como recurso natural (Tabla 3).

La evaluación de las prácticas de conservación y manejo del agua requiere de indicadores más detallados,

sea mediante estudios específicos o sistematizando experiencias de campesinos u otros agricultores, ya que esta tiene múltiples efectos sobre la biodiversidad en el sistema de producción; como por ejemplo, según Vázquez (2004) es esencial para la actividad de los reguladores naturales, a la vez que tiene efectos sobre los organismos nocivos a las plantas, sea por la humedad relativa que influye en su desarrollo, por los excesos que se acumulan en el suelo o la capacidad de esta para dispersar organismos nocivos.

Las intervenciones con productos para el control de organismos nocivos a las plantas y los animales en los dos SPA evaluados, muestran resultados muy similares (Tabla 4), excepto que en la finca "La Provechosa" se ha reducido el número de intervenciones y la finca "La Trocha" utiliza insumos externos solamente; en ambas fincas aún no se logra un buen nivel de manejo de las intervenciones sanitarias, debido a que aún predomina el enfoque del producto y los sistemas no logran la capacidad de autorregulación necesaria.

La estrategia de manejo de intervenciones con productos sanitarios durante la reconversión, consiste en optimizar paulatinamente el uso de los productos químicos degradativos, hasta dejar de utilizarlos, para lo cual es necesario adoptar sistemas de monitoreo para decisiones, así como integrar alternativas biológicas, hasta que las poblaciones de organismos nocivos se reduzcan a niveles tolerables económicamente, lo que se considera una práctica de conservación de la biodiversidad.

Existen diferentes formas de evaluar la optimización de intervenciones en los agroecosistemas, como por ejemplo la disminución de la carga tóxica; sin embargo, son muy útiles los indicadores relacionados con el sistema de decisiones, la reducción del número de aplicaciones o tratamientos, el nivel e integración de productos biológicos y, de estos, los que son obtenidos en el propio sistema.

El diagnóstico de la biota auxiliar (Tabla 5) muestran un manejo superior en la finca "La Provechosa" (2,0), en contraste con la finca "La Trocha" (0,9), ya que la primera mantiene una tendencia hacia la integración de este componente funcional, como se evidencia en los argumentos que expone el agricultor respecto a la importancia que atribuye a las barreras vivas entre campos de cultivos, así como los corredores ecológicos internos, en lo cual manifiesta aún no ha terminado de fomentar, lo cual expone ha adoptado por recomendaciones de especialistas en suelo y sanidad vegetal que lo han visitado.

Los diseños y manejos de la vegetación auxiliar pueden contribuir a múltiples funciones (Vázquez *et al.* 2012), como por ejemplo la cerca viva perimetral, que mediante su diseño agroecológico puede lograrse entre 10-15 funciones (Vázquez 2011).

Estos resultados evidencian que es posible, mediante indicadores sencillos, realizar un diagnóstico de la com-

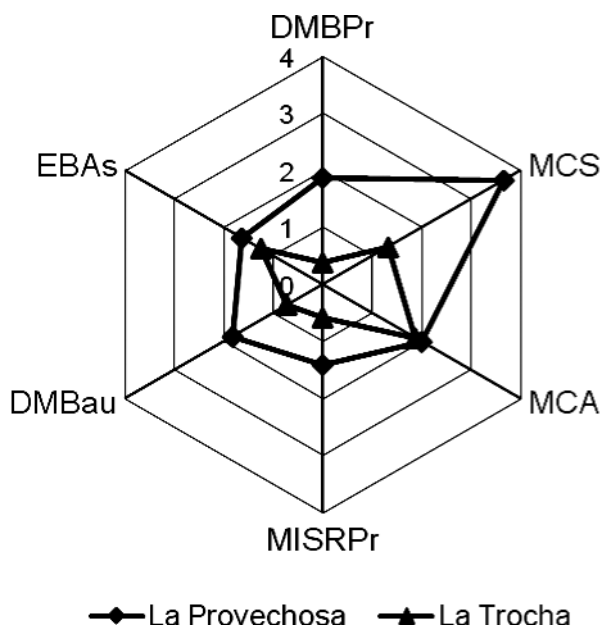


plejidad de los diseños y manejos de la vegetación auxiliar en el SPA, para lo cual se pueden generar nuevos indicadores para lograr mayor precisión.

Respecto a la biodiversidad asociada, sea con interacciones negativas (fitófagos, parásitos y patógenos) o positivas (polinizadores, reguladores naturales), ambas fincas evaluadas muestran resultados muy similares (Tabla 6), evidencia de que aun el diseño y manejo que se realiza en el SPA no contribuye a su autorregulación, además de las influencias negativas de las fincas cercanas.

Generalmente el diagnóstico de los elementos de la biodiversidad asociada requiere del apoyo en técnicas específicas para los diferentes grupos taxonómicos; sin embargo, la diversidad y población o intensidad con que se manifiestan algunos elementos, pueden servir como referencia, sobre todo los que son organismos nocivos, sus reguladores naturales y la macrofauna del suelo, que pueden considerarse como representativos por su nivel de interacción con los rubros productivos.

Como resultado del diagnóstico realizado, la finca "La Provechosa" obtuvo un Coeficiente de Manejo de la Biodiversidad (CMB) de 2,35 y la finca "La Trocha" de 1,3; fueron clasificadas respecto a los diseños y manejos de la biodiversidad como "Medianamente Compleja" y "Simplificada" respectivamente (Fig. 1).



**Figura 1.** Resultados del diagnóstico de los componentes de diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad en las fincas "La Provechosa" y "La Trocha" en Ciego de Ávila, 2013.

La evaluación de los diseños y manejos de la biodiversidad en SPA, no solamente constituyen una herramienta para el seguimiento del avance en la transición hacia la sostenibilidad, sino que permiten determinar la capacidad de respuesta ante eventos extremos del cambio climático (Altieri 2013), como es el caso de las lluvias intensas, los ciclones tropicales y la sequía (Vázquez 2013).

En Cuba, que desde 2009 se realiza un Programa de Agricultura Suburbana, que se propone lograr un mosaico de fincas agroecológicas en los alrededores de las ciudades, las que provienen de sistemas convencionales, campesinos y nuevos usufructuarios, con el propósito de garantizar un flujo constante de alimentos frescos e inocuos al mercado local (Rodríguez 2011), esta metodología es una contribución a la planificación y ejecución del rediseño de las fincas.

El enfoque integral de la biodiversidad utilizado en la presente metodología, tiene una gran coincidencia con lo expuesto por Brookfield y Stocking (1999), quienes agruparon la agrodiversidad en los componentes siguientes: "diversidad biofísica" (elementos de la biodiversidad natural y los procesos ecológicos que suceden en el sistema, incluyendo el suelo, bajo los efectos del clima), "diversidad manejada" (manejo del suelo, el agua y la biota para la producción agropecuaria, incluyendo las intervenciones con insumos externos), "agrobiodiversidad" (manejo y uso de especies biológicas, incluyendo cultivos y animales con diferentes propósitos y valores para las personas), "diversidad organizacional" (aspectos socioeconómicos que son característicos del agricultor y la región).

El énfasis debe estar en el diseño de sistemas agrícolas complejos, en los que las interacciones ecológicas y la sinergia entre los componentes biológicos, reemplazan a los insumos para proporcionar los mecanismos necesarios para el mantenimiento de la fertilidad del suelo, la productividad y la protección de los cultivos (Altieri 1995).

Es decir, en todo agroecosistema se presentan un conjunto de interacciones entre los elementos de la biodiversidad que lo componen, estas relaciones determinan en gran medida la salud del sistema (Altieri y Nicholls 2000). Entre las interacciones mejor estudiadas se encuentran las de competencia, los mutualismos y las de explotación; sin embargo, el conjunto total de interacciones es mayor y configura su arquitectura, la que está conformada básicamente por dos componentes: (i) los elementos presentes en el sistema (bióticos y abióticos), (ii) las interacciones entre estos elementos (Griffon 2008).

La evaluación de la transición hacia la agricultura sostenible y la capacidad de adaptación al cambio climático son temas que se abordan con mucho interés (Altieri 2013, Altieri y Nicholls 2007b, Astier *et al.* 2008, Funes-Monzote 2009, Kumaraswamy 2012, Nicholls y Altieri 2012, Sarandón y Flores 2009), debido a la necesidad de disponer de información sobre la marcha del proceso, como base para la planificación de diferentes acciones a escala predial y local, para lo cual se recomienda la presente metodología, misma que puede ser utilizada en procesos de aprendizaje, estudios científicos y gestión de sistemas agrarios.

### Agradecimientos

Se agradece la colaboración prestada por los especialistas de sanidad vegetal MSc. Raul Mur y MSc. Regla

Granda, así como a los agricultores Ing. Ariel González e Ing. Miguel Díaz, por su colaboración en la evaluación de ambas fincas en la provincia de Ciego de Ávila.

## Referencias

- Altieri MA. 1995. Agroecology: the science of sustainable agriculture. Westview Press, Boulder.
- Altieri MA. 2009. Determinando la capacidad de adaptación y sostenibilidad de los sistemas productivos frente al cambio climático en el marco de la Red de Servicios Ambientales del PMIE. Informe de visitas de campo y de talleres realizados en Costa Rica y Nicaragua. Informe para ACICAFOC. Costa Rica.
- Altieri MA. 2013. Construyendo resiliencia socio-ecológica en agroecosistemas: algunas consideraciones conceptuales y metodológicas. En Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático (Nicholls CI, Ríos LA, Altieri MA, eds). Proyecto REDAGRES. Medellín, Colombia. 94-104 pp.
- Altieri MA, Nicholls CI. 2000. Applying agroecological concepts to development of ecological based pest management systems. En Proc. Workshop Professional Societies and Ecological based pest management systems. National Research Council, Washington DC, 14-19 pp.
- Altieri MA, Nicholls CI. 2007a. Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas. Perspectivas agroecológicas No. 2. Junta de Andalucía. Barcelona: Icaria.
- Altieri MA, Nicholls CI. 2007b. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. Ecosistemas 16 (1): 3-12.
- Altieri MA, Funes-Monzote F, Henao A, Nicholls CI, León T, Vázquez LL, Zuluaga G. 2012. Hacia una metodología para la identificación, diagnóstico y sistematización de sistemas agrícolas resilientes a eventos climáticos extremos. REDAGRES (Red Iberoamericana de Agroecología para el desarrollo de sistemas agrícolas resilientes al cambio climático. 18p. <http://www.redagres.org>
- Astier M, Masera OR, Galván-Miyoshi Y. 2008. Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional. Valencia, España.
- Brookfield H, Stocking M. 1999. Agrodiversity: definition, description and design. Global Environmental Change 9: 77-80.
- Dellepiane AV, Sarandón S. 2008. Evaluación de la sustentabilidad en fincas orgánicas, en la zona hortícola La Plata, Argentina. Revista Brasileira de Agroecología 3 (3): 67-78.
- Funes-Monzote, FR. 2009. Agricultura con futuro: La alternativa agroecológica para Cuba. EEPF "Indio Hatuey", Matanzas.
- Funes-Monzote F, Marquez M, López Y. 2013. Innovación agroecológica, adaptación y mitigación del cambio climático en Cuba. Dos estudios de caso. En Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático (Nicholls CI, Ríos LA, Altieri MA, eds). Proyecto REDAGRES. Medellín, Colombia. 30-42 pp.
- Gliessmam SR. 2001. Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sustentable. 2da. ed. UFRGS.
- Griffon D. 2008. Estimación de la biodiversidad en agroecología. Agroecología 3: 25-31.
- Holt-Gimenez E. 2002. Measuring farmers' agroecological resistance after Hurricane Mitch in Nicaragua: a case study in participatory, sustainable land management impact monitoring. Agriculture, Ecosystems and Environment 93: 87-105.
- Kumaraswamy S. 2012. Sustainability issues in agroecology: Socio-ecological perspective. Agricultural Sciences 3 (2): 153-169.
- León ST. 2010. Agroecología: desafíos de una ciencia ambiental en construcción En: Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones (León, T, Altieri MA, eds.). Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología. Universidad Nacional de Colombia, 53-77 pp.
- Leyva A, Lores A. 2012. Nuevos índices para evaluar la agrobiodiversidad. Agroecología 7: 109-115.
- Leyva A, Pohlan J. 2005. Agroecología en el trópico: ejemplos de Cuba. La biodiversidad vegetal, cómo conservarla y multiplicarla. Aacher: Shaker Verlag.
- Machín B, Roque AD, Ávila DR, Rosset PM. 2010. Revolución agroecológica: el Movimiento de Campesino a Campesino de la ANAP en Cuba. Cuando el campesino ve, hace fe. La Habana: ANAP- Vía Campesina.
- McNeely JA, Miller KR, Reid WV, Mittermeier RA, Werner TB. 1990. Conserving the world's biological diversity. International Union for Conservation of Nature and Nature Resources. WRI, Consv. Intl., World Wildlife Funders, World Bank, Washington DC.
- Nicholls CI, Altier MAi. 2012. Modelos ecológicos y resilientes de producción agrícola para el siglo XXI. Agroecología 6: 28-37.
- Odum EP, Sarmiento FO. 1998. La Ecología: el puente entre ciencia y sociedad. México DF: McGraw Hill Interamericana de México.
- Rodríguez A. 2011. Generalidades sobre la agricultura suburbana. En: Manual para la adopción del manejo agroecológico de plagas en la agricultura suburbana. La Habana: INISAV-INIFAT- IPGRI, 13-24 pp.
- Rogé, P. y M. Astier. 2013. Previniéndose para el cambio climático: una metodología participativa. En

- Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático (Nicholls CI, Ríos LA, Altieri MA, eds). Proyecto REDAGRES. Medellín, Colombia, 124-148 pp.
- Sarandón S, Flores CC. 2009. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. *Agroecología* 4: 19-28.
- Tilman, D.; C. L. Lehman; C. E. Bristow. 1998. Diversity-stability relationships: statistical inevitability or ecological consequence. *American Naturalist*, 151: 264-276.
- Vázquez LL. 2004. Manejo agroecológico de la finca. La Habana: Entre Pueblos-ACTAF.
- Vázquez LL. 2011. La cerca viva perimetral de la finca como práctica agroecológica en el manejo de plagas. En Manual para la adopción del manejo agroecológico de plagas en fincas de la agricultura suburbana. Vol I. La Habana: INISAV-INIFAT, 69-83 pp.
- Vázquez LL. 2013. Resiliencia de fincas ante afectaciones por organismos nocivos en sistemas agrícolas expuestos a sequía y ciclones tropicales. En *Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático* (Nicholls CI, Ríos LA, Altieri MA, eds). Proyecto REDAGRES. Medellín, Colombia, 77-93 pp.
- Vázquez LL, Alfonso J. 2013. Sistema Biofincas. Proceso participativo de diagnóstico, aprendizaje e innovación para el diseño y manejo agroecológico de la biodiversidad en sistemas de producción agropecuaria. Biodiversidad en América Latina. <http://www.biodiversidadla.org/>.
- Vázquez LL, Matienzo Y. 2006. Caracterización rápida de la diversidad biológica en los sistemas de producción agrícola, como base para el manejo agroecológico de plagas. En: IV curso-taller nacional del programa para la adopción de la lucha biológica y otras prácticas agroecológicas por el agricultor. Trinidad, Sancti Spiritus.
- Vázquez LL, Matienzo Y, Griffon D. 2011. Diagnóstico participativo de la biodiversidad en fincas en transición agroecológica. En Simposio Agroecosistemas y biodiversidad: taxonomía y manejo. III Congreso Latinoamericano de Agroecología. Oaxtepec, Morelos, México.
- Vázquez LL, Matienzo Y, Alfonso J, Veitía M, Paredes E, Fernández E. 2012. Contribución al diseño agroecológico de sistemas de producción urbanos y suburbanos para favorecer procesos ecológicos. *Revista Agricultura Organica (La Habana)* 18 (3): 14-18.
- Zuluaga GP, Ruiz AL, Martínez EC. 2013. Percepciones sobre cambio climático y estrategias adaptativas de agricultores agroecológicos del municipio Marinilla, Colombia. En *Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático* (Nicholls CI, Ríos LA, Altieri MA, eds). Proyecto REDAGRES. Medellín, Colombia, 43-59 pp.

# FACTORES ECOLÓGICOS Y SOCIALES QUE EXPLICAN LA RESILIENCIA AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LOS SISTEMAS AGRÍCOLAS EN EL MUNICIPIO LA PALMA, PINAR DEL RÍO, CUBA

**Maikel Márquez Serrano<sup>1</sup>, Fernando R. Funes-Monzote<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Universidad de Pinar del Río, Facultad de Agronomía de Montaña. San Andrés, La Palma, Pinar del Río, Cuba. ZIP: 24310; <sup>2</sup> Finca La Marta. Caimito. Artemisa. Cuba. E-mail: maikelm@famsa.upr.edu.cu.

## Resumen

Los sistemas agrícolas de Pinar del Río exhiben una alta diversidad y heterogeneidad producto de sus características ecológicas e identidad socio-cultural propias. El paso frecuente de huracanes, prolongadas sequías, así como cuestiones de orden político-social le confieren alta vulnerabilidad a su sistema alimentario. Por ello se hace necesario identificar estrategias de adaptación y respuesta a tales eventos y limitaciones que generan insustentabilidad. En particular, este estudio se propuso la identificación de prácticas agroecológicas innovadoras que le confieren resiliencia a los sistemas agropecuarios frente a huracanes y sequías. Se identificó y seleccionó un grupo de fincas según criterios predefinidos. Se realizaron entrevistas y encuestas estructuradas en cada finca y se efectuaron talleres participativos con diversos actores locales relacionados con la agricultura (agricultores, profesores universitarios, técnicos agrícolas y personal del gobierno), así como pobladores de las comunidades donde se encuentran las fincas. Se enumeraron las prácticas utilizadas por los campesinos para resistir y recuperarse de las afectaciones por sequías y huracanes y se utilizó un diagrama de Venn para comprender la capacidad de ejecución de dichas prácticas a nivel local. Entre las prácticas implementadas que brindan resiliencia a las fincas aparecen: reforestación, incremento y funcionalidad de la biodiversidad, conservación artesanal de alimentos, el establecimiento de los bancos locales de germoplasma, la conservación de suelos, acceso al mercado y mínima dependencia de insumos de productos de síntesis química. Más del 80% de las prácticas fue ubicado en el nivel de gran posibilidad de aplicación. Las prácticas más complejas para su implementación son el incremento de la cubierta vegetal y el acceso al mercado debido al limitado acceso al semillas y posturas y por regulaciones económicas, respectivamente. La independencia energética fue percibida como una estrategia priorizada para ambas afectaciones. La cooperación e integración comunitaria resultó ser un hilo conductor de la ejecución y disseminación de prácticas agroecológicas innovadoras y asistencia social intra-comunitaria. Se concluye que existe conocimiento, capacidad y disponibilidad de recursos para enfrentar estas perturbaciones externas, escasa compenetración institucional; y fuerte cohesión comunitaria que permite la disseminación de nuevas estrategias para resiliencia.

**Palabras claves:** Resiliencia, sequías, huracanes, prácticas agroecológicas, tipologías de producción, capital social, integración comunitaria.

## Summary

### **Socio-ecologic aspects that explain the resilience to climate change in agricultural systems of La Palma municipality, Pinar del Río, Cuba**

Pinar del Río's agricultural systems exhibit a high diversity and heterogeneity, due to its ecological characteristics and its own socio-cultural identity. Frequent hurricanes, prolonged drought, as well as socio-political aspects, make some of the food production systems highly vulnerable. There is an urgent need to identify adaptation strategies and responses to such events and setbacks that provoke unsustainability. This study aimed at the identification of innovative agroecological practices that confer resilience to agricultural systems in facing both hurricanes and droughts. A group of farms was selected and identified according to predefined criteria. Interviews and structured surveys were conducted in each farm as well as participative workshops were organized including all local actors directly related with agriculture (farmers, university professors, students,

agriculturalists, government agents) and community inhabitants. Resistance and recovery practices used by the community to face drought and hurricanes were gleaned, a Venn diagram was utilized to understand their implementation capacity at the local level. Among the practices used to enhance resiliency in farms can be mentioned: reforestation, increase of functional biodiversity, artisanal food conservation, local germplasm banks, soil conservation and improvement, access to local markets and minimal dependence of synthetic external products. It was found that more than 80% of the practices were located in the first level of application possibility. Forest cover increase and market access were mentioned as the more complex practices to be implemented, due to limited seed availability and woody saplings as well as economic regulations. Energetic independence was perceived as a priority strategy for both, hurricanes and droughts. Community cooperation and integration appeared as a conducive thread of execution and dissemination of innovative agroecological practices, as well as, intra-community social assistance. It can be concluded that knowledge, capacity and resources availability to confront external perturbations exists in the studied communities, despite low institutional support; complemented by a strong community cohesion which allows for the dissemination of new resilience strategies.

**Key words:** Resilience, drought, hurricanes, agroecological practices, typologies, social capital, community integration.

## Introducción

El Caribe es considerado una de las regiones más vulnerables desde el punto de vista climático debido al paso cada vez más frecuente e intenso de ciclones tropicales que afectan la economía y la ecología de los países ubicados en esta área geográfica (Pachauri y Reisinger 2008, IAASTD 2009). Según un estudio pormenorizado realizado por Castaño (2000), Cuba ha recibido la influencia de más de 700 huracanes en los últimos 110 años, de los cuales alrededor de 140 han incidido sobre la provincia de Pinar del Río. De ellos, la Oficina Nacional de Estadísticas reconoce 109 como los que han impactado directamente la Isla desde 1800 hasta 2004 (ONE 2004). Estos eventos provocan daños incalculables tanto a infraestructuras sociales como a la agricultura. Por otra parte, los efectos de las sequías prolongadas que ocurren cíclicamente como efecto de la fluctuación estacional, propia de los patrones del clima tropical, provocan también desbalances en la producción agrícola y pecuaria que no por tener una manifestación tan espectacular como los huracanes deben ser subestimados. Las sequías causan anualmente la muerte de miles de animales y pérdidas cuantiosas a consecuencia de su impacto silencioso pero no menos dañino.

Los sistemas agroproductivos de la provincia Pinar del Río, se ven permanentemente amenazados por factores externos e internos que le confieren alta vulnerabilidad, entre ellos: 1) el paso frecuente de huracanes que causan daños considerables a las cosechas e infraestructura, 2) efecto antrópico que provoca la disminución de la biodiversidad, declive de la fertilidad de los suelos, entre otros impactos ecológicos negativos 3) baja eficiencia energética de la producción agropecuaria, 4) alta dependencia externa y poca integración

de los sistemas agrícola y pecuario y, en general, 5) una débil percepción de todos los actores locales de los efectos del cambio climático sobre la producción y el equilibrio medioambiental. Esto hace necesario estudiar y diseñar agroecosistemas locales más estructurados, eficientes y productivos que estén preparados para soportar y recuperarse en el menor plazo posible de perturbaciones externas. No menos importante es, conocer cómo responden las redes sociales y los niveles de organización comunitaria ante el paso de un evento climático extremo para resistir y recuperarse en el menor tiempo posible.

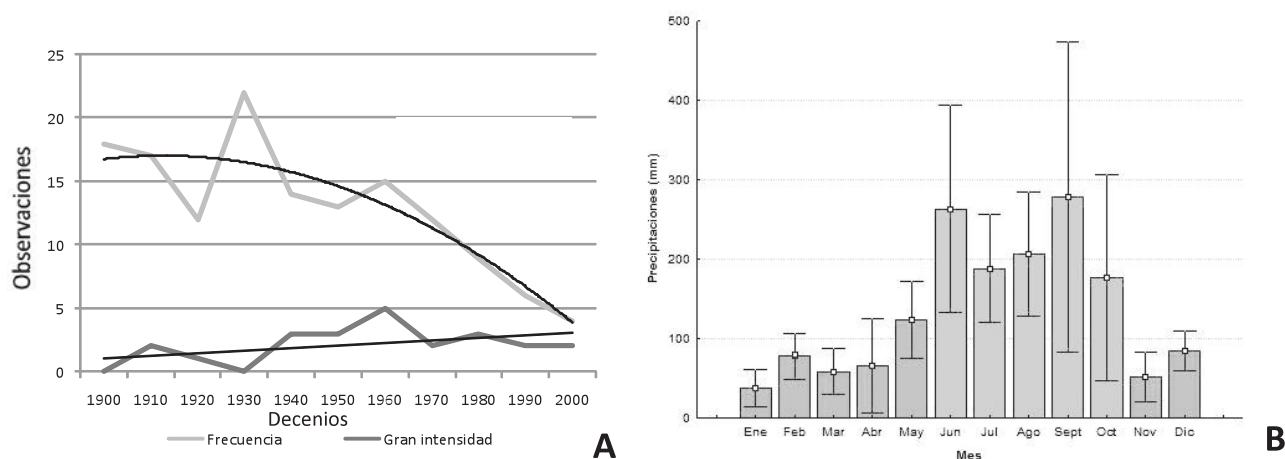
El objetivo general de este estudio fue evaluar, caracterizar y sistematizar prácticas agroecológicas innovadoras que le confieren resiliencia a los sistemas agropecuarios que sufren el impacto de ciclones tropicales y sequías en el municipio La Palma, Pinar del Río, Cuba.

## Metodología

### Caracterización de la zona de estudio

El estudio se realizó en el municipio La Palma, ubicado en la región norte-oriental de la provincia Pinar del Río, al occidente de Cuba. La Palma se caracteriza por presentar ecosistemas muy variados, desde zonas costeras con escaso régimen de precipitaciones y baja altura sobre el nivel del mar, hasta valles intramontanos con microclimas diversos de una región a otra y donde se practica la agricultura hasta unos 150 m.s.n.m. Los habitantes de la zona poseen una amplia cultura agrícola basada en la mezcla de tradiciones europeas, asiáticas y africanas, adaptadas a las características e identidad socio-cultural de la Isla. Durante los últimos 250 años esta ha sido conocida como una zona dedicada fundamentalmente a monocultivos de café, tabaco, caña y forestal. Sin embargo, la mayor parte de sus sistemas





**Figura 1.** A, Frecuencia e intensidad del paso de huracanes por Pinar del Río (serie de 110 años). B. Precipitaciones promedio mensual en el municipio La Palma (1998-2011).

de producción agrícolas son heterogéneos, diversos y a pequeña escala.

La Palma se caracteriza por tener fincas campesinas pequeñas y medianas, que raramente sobrepasan las 20 hectáreas. También se encuentran cooperativas y empresas estatales que pueden ocupar cientos de hectáreas como el caso de las plantaciones forestales y de café, en un paisaje mayormente alomado, con difícil acceso a las fincas y a veces estrechos caminos entre las pendientes elevaciones de la Sierra de los Órganos. Los suelos destinados a la producción local pueden clasificarse como ferralíticos, fersialíticos o aluviales, por ese orden de importancia (Hernández *et al.* 1999).

A pesar del criterio generalizado sobre el incremento de la frecuencia en el paso de los huracanes, una serie estadística de los últimos 110 años muestra que en la región de Pinar del Río, la frecuencia del paso de estos fenómenos atmosféricos disminuyó y fue 3 veces menor en la década 2000-2010 que a inicios del siglo XX. En cambio, según los datos compilados, se observa un incremento gradual en su intensidad (Fig. 1A). La Figura 1B presenta las precipitaciones promedio mensual (1998-2011) en el municipio la Palma (Castaño 2000, ONE 2011, INSMET-Pinar del Río 2012).

#### **Criterios de selección del sitio de estudio y la unidad experimental (Finca)**

- El sistema agrícola del municipio La Palma es diverso y heterogéneo, donde co-existen varios modelos agrícolas que son producto de políticas, tradiciones, cultura y características socio-económicas propias.
- Es una zona frecuentemente afectada por huracanes y sequías que producen un impacto severo en la estructura y funcionamiento del sistema agrario local.
- Existen evidencias del desarrollo de procesos adaptativos, aplicación de prácticas y métodos agroecológicos de manejo agrícola y pecuario.

- Las fincas estudiadas son representativas del municipio La Palma de acuerdo a la escala de producción, los cultivos principales, los sistemas de manejo, la topografía y las condiciones socio-económicas.
- Proyectos previos de investigación y desarrollo ejecutados en la zona son un antecedente importante para explicar las redes sociales que participan en la innovación y los mecanismos de resiliencia característicos de la zona.

#### **Tamaño y características de la muestra**

El municipio La Palma tiene 1011 propietarios de tierras, la mayor parte organizados en Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS). Del total, 913 son propietarios naturales y el resto son empresas estatales, estas últimas excluidas del estudio. Las fincas aparecen distribuidas por el municipio en tres ambientes heterogéneos (llano-costero, pre-montañoso y montañoso) y homogéneos de acuerdo a sus prácticas de manejo. Por su especialización en el monocultivo de la caña de azúcar, no se consideraron 127 campesinos de los consejos populares La Mulata y Marbajita. De una población total de 786 propietarios, 86 fincas es un tamaño de muestra apropiado con un margen de error calculado del 10%. De ellas se tomaron 60 fincas al azar, divididas en tres grupos, clasificados empíricamente como ecológicas, tradicionales y convencionales.

Se aplicó un cuestionario simple en forma de entrevista para identificar las características de las fincas y tipologías identificadas de acuerdo con las prácticas de manejo del agroecosistema y aspectos socioeconómicos (Tabla 1).

#### **Resiliencia de los sistemas agrícolas locales**

- I. Para evaluar las prácticas agroecológicas que le confieren mayor resiliencia a los sistemas agrícolas locales, se efectuó un taller participativo con campesinos, decisores, investigadores, profesores,

**Tabla 1:** Características principales de las tipologías en estudio

Pregunta	Tipología		
	Ecológico	Tradicional	Convencional
¿Cuáles son las principales prácticas agrícolas que lleva a cabo en la finca?	Rotación de cultivo. Trazado de curvas de nivel. Alta diversidad cultivada.	Métodos ancestrales más empleados en la zona.	Monocultivo. Uso de maquinaria y químicos.
¿Utiliza fertilizante químico?	En una parte bien definida de la finca.	Si está disponible, lo emplea en cualquier parte de la finca.	Paquetes tecnológicos definidos por el Ministerio de la Agricultura.
¿Qué número de variedades por especie agrícola mantiene?	Más de cuatro	Experimenta y selecciona la mejor.	Una o dos
¿Emplea algún sistema de riego?	No se emplea por defecto.	Siempre que es posible.	Es parte del sistema tecnológico.
¿Emplea maquinaria en la labranza del suelo?	No, emplea tracción animal.	Cuando el relieve lo permite.	Cuando el relieve lo permite.
¿Cómo controla las malezas y plagas?	Controles biológicos y manejo de la diversidad.	Productos químicos, biológicos y métodos ancestrales.	Productos químicos y control de la colindancia de cultivos.
¿A qué forma de organización se asocia fundamentalmente?	CCS	CCS y campesinos independientes	CCS, CPA, UBPC, GENT
¿Accede a algún tipo de capacitación?	Regularmente y por varias vías.	Transmisión oral empírica.	Reciben indicaciones del extensionista.
¿Qué cultivos prioriza en la finca?	Los que mejor respuesta muestren a las condiciones biofísicas de la finca.	El que mejor precio y demanda tenga en el mercado local.	El establecido por las autoridades agrícolas y el sector al que pertenece.
¿Cómo aprovecha los restos de cosecha y residuos del hogar?	Compostaje, lombricultura y biodigestores.	Quema e incorporación al área de siembra.	Quema y extracción fuera del área del cultivo. Uso de biodigestores.
¿Si aparecieran insumos químicos externos los utilizaría?	Si, en parte de la finca.	Si, no existe preferencia por tipo de insumo.	Si
¿Qué asistencia técnica accede a usted?	Instituciones de investigación, universidad, técnicos y extensionistas.	Ninguna	Técnicos y extensionistas.
¿Qué procedencia tienen las semillas utilizadas?	Instituciones de investigación, bancos locales de semillas y producción propia.	Producción propia e intercambio irregular.	Adquiridas del sistema formal en dependencia del cultivo y producción propia.

**Nota:** CCS (Cooperativa de Créditos y Servicios), CPA (Cooperativa de Producción Agropecuaria), UBPC (Unidad Básica de Producción Cooperativa), GENT (Granja Estatal de Nuevo Tipo).

estudiantes universitarios y miembros de las comunidades donde se encuentran las fincas. Todos fueron considerados expertos, debido a que cada uno estaba en condiciones de aportar criterios válidos que serían tomados en cuenta para hacer un análisis integral.

- a) Se formaron cuatro grupos con la tarea de formular una pregunta que constituyera un problema para el logro de agroecosistemas resilientes al cambio climático en la región. La pregunta no debía tener un sí o un no por respuesta y sería una motivación para el debate posterior.
- b) Un representante de cada grupo expuso las preguntas en plenaria, las que trataron de ser respondidas por el auditorio a través de una lluvia de ideas (brain storming) que de-

bía combinar las diferentes perspectivas o posibles soluciones (respuestas o hipótesis) al problema planteado. Las respuestas debían servir de insumo para elaborar un set de prácticas, métodos o acciones relacionados con la resiliencia de los agroecosistemas a eventos climáticos extremos (huracanes y sequías).

- II. Tomando en consideración los resultados del primer taller se realizó un segundo taller en el municipio La Palma. Este estuvo dirigido exclusivamente a familias campesinas, a quienes se solicitó asignar un orden de prioridad de las principales prácticas o estrategias emergidas en el primer taller e identificar las posibilidades de implementarlas. Para ello fueron elaborados diagramas de Venn que permitieron visualizar las

prácticas marcadas con un número de prioridad en una diana, del centro a la periferia según el nivel de aplicabilidad.

- III. Del total de fincas bajo estudio (60), se realizaron entrevistas estructuradas para caracterizar la mitad, 10 de cada tipología identificada (ecológica, tradicional y convencional) en función de aspectos biofísicos, tecnológicos, económicos y sociales que influyen en la resistencia y recuperación a eventos climáticos extremos (huracanes y sequías). La entrevista se basó en la metodología para evaluar la resiliencia de sistemas agropecuarios a eventos extremos de la Red Iberoamericana de Sistemas Agrícolas Resilientes al Cambio Climático (REDAGRES) (Altieri *et al.* 2012).
- IV. Para identificar mecanismos socio-culturales, medioambientales y económicos que desarrollan las comunidades para garantizar el bienestar de las familias y la resiliencia de los sistemas agroproductivos, se realizó un estudio de redes sociales o de integración comunitaria (Clark 2006). Para ello se empleó el software UCINET versión 6.392.0.0. Esta parte del estudio se realizó en colaboración con el proyecto AECID A/023726/09.

## Resultados y discusión

### Prácticas y estrategias locales que confieren resiliencia y su aplicabilidad

Los participantes en el primer taller identificaron los temas prioritarios (en forma de preguntas) a tener en cuenta para poner en práctica agroecosistemas resilientes al cambio climático en la región. Las preguntas emergidas del trabajo en grupo (Tabla 2) significaron no solo los puntos de vista y preocupaciones de los presentes sobre el tema, sino que son cuestiones a tener en cuenta para futuros estudios, propuestas de desarrollo o políticas que permitan una mayor adaptación y mitigación del cambio climático (Ríos-Labrada *et al.* 2011).

La lluvia de ideas, que trató de dar respuesta a dichas preguntas con estrategias o prácticas locales empleadas o con posibilidad de serlo, resultó en mecanismos que desarrollan los pobladores locales para resistir el

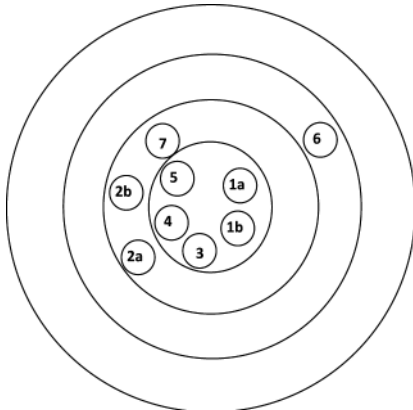
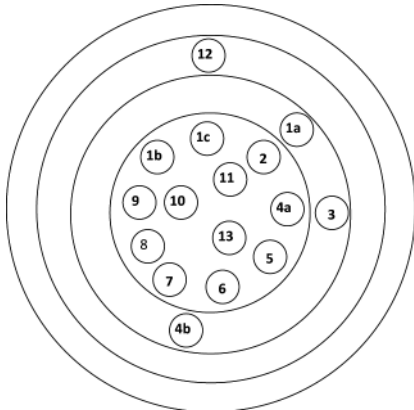
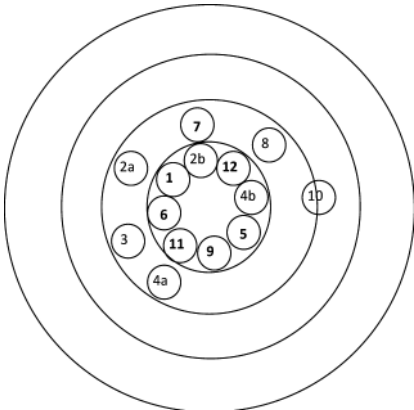
impacto de eventos climáticos extremos con un mínimo de daños durante y después de ser afectados. La tabla 3 muestra que las prácticas identificadas son variadas y no siguen un patrón específico, incluso, algunas de éstas son aplicables indistintamente para soportar sequías prolongadas, resistir huracanes y recuperar la estructura y función de los agroecosistemas en el menor tiempo posible. Prácticas como el manejo de la biodiversidad, la integración ganadería-agricultura, prácticas de conservación e incremento de la fertilidad de los suelos, las podas estratégicas de árboles y cultivos, adecuada cubierta forestal, la conservación de alimentos y la cohesión social a nivel comunitario; se repiten para las tres propiedades que confieren resiliencia a los agroecosistemas (resistencia a sequías, resistencia a huracanes y recuperación post huracanes) (Tabla 3). Las prácticas identificadas fueron consideradas de máxima prioridad por los campesinos y constituyen principios que podrían ser replicados en cualquier sitio del municipio La Palma.

En general se nota una clara correspondencia entre las prácticas y estrategias priorizadas, y su posibilidad de implementación. De hecho, casi todas se encuentran ubicadas al centro de las tres dianas, mientras que solo la estrategia 6 (cubierta forestal) para resistencia a sequías, la 12 (mercado) para resistencia a huracanes y la 10 (cubierta forestal) para recuperación del impacto de huracanes, fueron ubicadas en el tercer nivel de la diana (Tabla 3). El incremento de la cubierta forestal como una práctica o estrategia que confiere resiliencia, no se considera como aplicable por los agricultores debido a las dificultades existentes para la obtención de semillas o posturas y fallos en el servicio estatal forestal. Por otro lado, la independencia energética fue percibida como una estrategia priorizada para resistir sequías (2b), resistir huracanes (1a) y recuperarse de huracanes (8) (Tabla 3), sin embargo se considera poco aplicable debido a la falta de tecnologías, la falta de conocimiento sobre tales tecnologías y la persistente dependencia de insumos energéticos. Las demás prácticas o estrategias identificadas fueron consideradas como aplicables sin la necesidad de recurrir a recursos o mecanismos externos, sin embargo su aplicación es baja.

**Tabla 2.** Preguntas emergidas en el taller participativo (consulta de expertos) que conducen a la identificación de prácticas o estrategias que confieren resiliencia a los agroecosistemas frente a huracanes y sequías.

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿En qué medida o magnitud una tipología de producción agropecuaria puede afectar la capacidad de resiliencia?</li> <li>• ¿Cómo puede la estabilidad ecológica del paisaje contribuir a la resiliencia del agroecosistema?</li> <li>• ¿Qué estructura y funcionalidad debe tener un agroecosistema de alta resiliencia?</li> <li>• ¿Mencione los componentes de un agroecosistema que más contribuyen a lograr altos niveles de resiliencia?</li> <li>• ¿Qué sistema agro-forestal es más apropiado para la zona occidental de Cuba para lograr mayor resiliencia al cambio climático?</li> <li>• ¿Cómo lograr que las redes sociales y la organización comunitaria contribuya a una mayor resiliencia al cambio climático?</li> <li>• ¿De qué forma la gestión del conocimiento podría aumentar los niveles de resiliencia de los agroecosistemas?</li> </ul> |
|--|

**Tabla 3.** Principales prácticas agroecológicas que confieren resiliencia a huracanes y sequía en el municipio La Palma.

Resistencia a sequías	Resistencia a huracanes	Recuperación post huracanes
		
<p><b>1a-</b> Fertilidad del suelo.  <b>1b-</b> Conservación de alimentos.  <b>2a-</b> Fuentes disponibles de aguas para riego (presas, pequeños embalses o cosecha de agua corriente y lluvia.)  <b>2b-</b> Independencia energética  <b>3-</b> Huertos caseros de hortalizas y plantas medicinales.  <b>4-</b> Manejo de la biodiversidad (cantidad de especies, variedades/razas, ciclo productivo, resistencia a sequías).  <b>5-</b> Integración ganadería-agricultura.  <b>6-</b> Cubierta forestal.  <b>7-</b> Uso de animales en transporte y/o tracción animal.</p>	<p><b>1a-</b> Independencia energética  <b>1b-</b> Conservación de alimentos.  <b>1c-</b> Fertilidad de suelos.  <b>2-</b> Podas de árboles y otros cultivos para disminuir el impacto del viento en los árboles y el acame de yuca y maíz principalmente.  <b>3-</b> Cubierta forestal.  <b>4a-</b> Acceso a servicios públicos (educación, capacitación, salud, información).  <b>4b-</b> Integración a proyectos y redes comunitarias de cooperación.  <b>5-</b> Huertos caseros de hortalizas y plantas medicinales.  <b>6-</b> Infraestructura (concreto, recursos locales, bohíos)  <b>7-</b> Fuentes disponibles de Agua no contaminada (riego y potable)  <b>8-</b> Manejo de la biodiversidad (cantidad de especies, variedades/razas, tamaño, ciclo productivo, resistencia a (sequías, inundaciones, plagas y enfermedades).  <b>9-</b> Integración ganadería-agricultura.  <b>10-</b> Aproveccionamiento de semillas.  <b>11-</b> Uso de animales en transporte y/o tracción animal.  <b>12-</b> Mercado  <b>13-</b> Mantener animales y cultivos alejados de ríos que desborden el cauce.</p>	<p><b>1-</b> Uso de animales en transporte y/o tracción animal.  <b>2a-</b> Conservación de alimentos  <b>2b-</b> Huertos caseros de hortalizas y plantas medicinales.  <b>3-</b> Mercado.  <b>4a-</b> Integración a proyectos y redes comunitarias de cooperación  <b>4b-</b> Integración Ganadería agricultura.  <b>5-</b> Fuentes disponibles de aguas para riego y potable (cosecha de agua)  <b>6-</b> Fertilidad del suelo  <b>7-</b> Árboles multipropósito (Madera, leña, forraje, frutas, cortinas rompevientos).  <b>8-</b> Independencia energética.  <b>9-</b> Aproveccionamiento de semillas.  <b>10-</b> Cubierta forestal.  <b>11-</b> Infraestructura (concreto, recursos locales, bohíos)  <b>12-</b> Acceso a servicios públicos (educación, capacitación, salud, información).</p>

**Al centro de la diana significa que** conocen la práctica y tienen pleno acceso a implementarla, **el segundo círculo significa que** conocen la práctica y el acceso depende de fuentes externas a la comunidad o la finca. **Tercer círculo:** Saben que la práctica existe y el acceso o implementación depende de gestión integradora de factores externos e internos. **Cuarto círculo:** resulta muy difícil o es imposible manejar o implementar la práctica.

**Nota:** Orden de prioridad donde 1 es más importante y el mayor valor es el menos importante.

### Principales limitaciones y soluciones probadas y posibles

Entre los asuntos más repetidamente tratados en los talleres que afectan la resiliencia de los sistemas agrícolas en el municipio La Palma se encuentran: a) que es

una agricultura en condiciones desfavorables en zonas de laderas, b) que aún persisten una dependencia de insumos externos, c) que se siguen dedicando grandes áreas fértiles y en condiciones más favorables a monocultivos de muy baja productividad y alto impacto am-

biental negativo, d) el insuficiente apoyo del sistema formal para el aprovisionamiento de semillas, e) la escasa comunicación y divergencia de perspectiva entre los decisores y campesinos, así como f) cierto rechazo de los jóvenes a las actividades agrícolas. Estas se destacan entre las agravantes del proceso de producción agrícola en el municipio y que son indudablemente aspectos de prioridad para la investigación y el desarrollo de políticas agrícolas que confieran resiliencia a los sistemas agropecuarios.

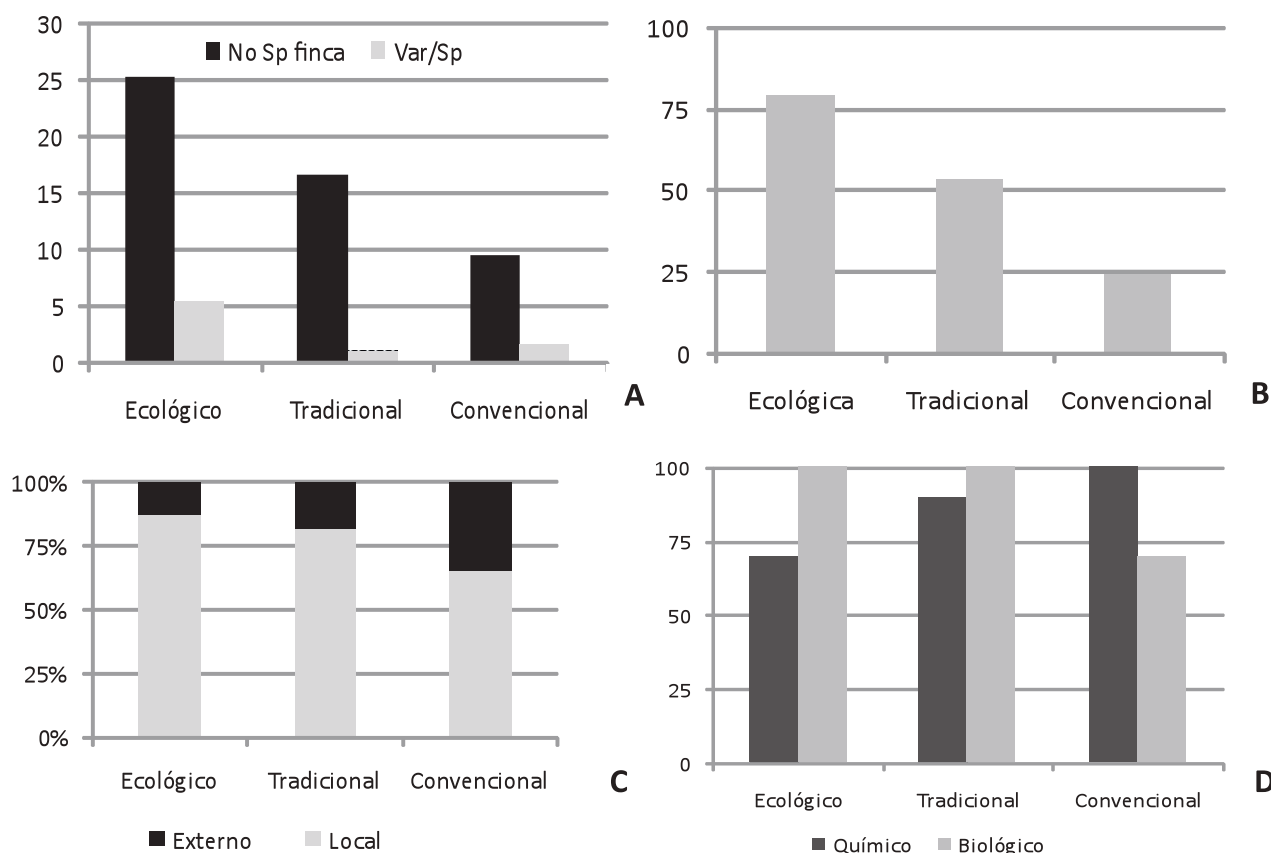
Los bancos locales de germoplasma han sido la estrategia de adaptación y respuesta más reconocida como efectiva a eventos climáticos extremos en La Palma. El Programa de Innovación Agropecuaria Local desarrollado en el municipio activó redes de intercambio de variedades que permitieron un incremento de la biodiversidad cultivada en los sistemas agrícolas locales (Ríos 2004, 2006, Márquez *et al.* 2009). Estos bancos han sido, además, una alternativa directa para hacer frente al vacío que deja el sector formal de semillas.

#### **Análisis de mecanismos de resiliencia por tipología estudiada**

Como se esperaba, según las características de las tipologías previamente identificadas (Tabla 1), las fincas ecológicas tuvieron una alta diversidad de especies y

variedades (Fig. 2A), así como mayor soberanía alimentaria y energética que las tradicionales o convencionales (Figs. 2C y 2D). También, según las entrevistas realizadas, las fincas ecológicas emplearon una proporción mayor del total de las prácticas y estrategias identificadas referentes a aspectos tecnológicos que confieren resiliencia (80%), mientras que las tradicionales solo aplican el 55% y las convencionales el 24% (Fig. 2B). Desde el punto de vista tecnológico, existen disímiles variantes utilizadas para incrementar la resiliencia de la finca, de acuerdo a sus características bio-físicas. Dichas prácticas se pueden agrupar en: 1) conservación de suelos, 2) podas estratégicas de árboles y cultivos, 3) conservación de semillas para autoaseguramiento, 4) conservación artesanal de alimentos, 5) integración ganadería-agricultura, 6) construcciones estratégicas con recursos locales para proteger la familia, los animales, los bienes y los alimentos ej. Bohíos; 7) selección de las semillas en el campo con el objetivo de fijar caracteres de ciertas plantas, 8) Incremento y mantenimiento de la biodiversidad, 9) jardines de plantas medicinales y 9) la reforestación. La figura 2B muestra el número de variantes tecnológicas utilizadas por las distintas tipologías por cada aspecto antes mencionado.

Un estudio sobre la contribución del sistema formal de aprovisionamiento de semillas de frijol, maíz y arroz



**Figura 2.** A. Diversidad de especies y variedades. B. Adopción de prácticas relacionadas con los aspectos tecnológicos (%). C. Soberanía alimentaria (nivel de autoabastecimiento). D. Soberanía energética (dependencia de insumos).



a la agricultura del municipio La Palma en el periodo 2006-2009 reveló que la amplia diversidad de especies y variedades conservadas por los campesinos permitió el uso para consumo doméstico, el mercadeo y su aseguramiento para la próxima siembra. Estas semillas se producen a muy bajo costo y se seleccionan para fijar caracteres específicos como, por ejemplo, resistencia a sequía, variedades de maíz que acaman menos ante fuertes vientos y resistencia a plagas en la pos-cosecha que le confieren resiliencia a los sistemas agrícolas locales (Ferro *et al.* 2009). Las variedades más rústicas son empleadas en terrenos de menor fertilidad y para ser sembradas en periodos más secos o más húmedos, lo que optimiza el área disponible durante el año e incrementa el uso equivalente de la tierra.

Encuestas realizadas a agricultores de la zona mostraron que los parámetros de selección y adopción de nuevas variedades de los campesinos no tienen correspondencia directa con los rendimientos del cultivo (objetivo principal del sistema formal de mejoramiento y producción de semillas), sino con otros indicadores como la resistencia a plagas, vientos y pérdidas de post-cosecha (Ferro *et al.* 2004). Un estudio llevado a cabo para evaluar la resistencia de 55 variedades de maíz procedentes del sector formal e informal a la resistencia de la palomilla del maíz (*Spodoptera frugiperda*) en fincas campesinas de La Palma, mostró que: 1) las variedades tradicionales campesinas sufrieron menores índices de afectación por pérdida de área foliar que las provenientes del sistema formal de semillas las que sobrepasaron el umbral económico; y 2) la baja afectación en el área foliar por la palomilla en algunas variedades estuvo condicionada por la arquitectura de la planta (Ferro *et al.* 2004), la cual es mantenida o mejorada por métodos tradicionales de fijación de caracteres.

Con el objetivo de reducir las pérdidas de cosecha en el cultivo de la yuca (*Manihot manihot*) y plátano (*Musa* sp.), causadas por fuertes vientos se realizan podas estratégicas previo al evento climático a una altura razonable sobre el nivel del suelo de forma tal que el viento provoca menos daño. De esta forma los tallos vuelven a generar yemas, la planta sigue realizando fotosíntesis y alargan el periodo de cosecha. Los árboles de la finca cercanos a producciones, establos o el hogar son podados con igual objetivo. La biomasa obtenida de la poda se convierte en proveedor de leña, postes para linderos afectados por los huracanes, madera para reparación de almacenes, establos, alimento animal o para compostaje.

Los alimentos conservados garantizan una provisión estable durante y posterior a sequías prolongadas, inundaciones y huracanes. La conservación de alimentos también es una estrategia efectiva para adicionar valor a las cosechas e incide positivamente en la economía familiar. Especies frutales como el mango, la guayaba, la naranja, el tamarindo, así como de hortalizas y granos, además de contribuir a la soberanía alimentaria

al garantizar la provisión de alimentos, cumplen otras funciones en el agroecosistema (reforestación de riberas, cercas vivas, secuestro de carbono, conservación del suelo, medicinas y refugio a controles biológicos). Durante el paso de huracanes o en la fase de recuperación, muchos servicios colapsan como el fluido eléctrico, la obstrucción de caminos, las comunicaciones, etc. En esta situación, los alimentos conservados son de vital importancia para conferir resiliencia al cambio climático. Esta es una perspectiva socio-ecológica que garantiza indirectamente la resiliencia agroecosistémica. La familia, como la sociedad en general y las redes sociales de apoyo son componentes indispensables para garantizar sistemas agrícolas resilientes al cambio climático.

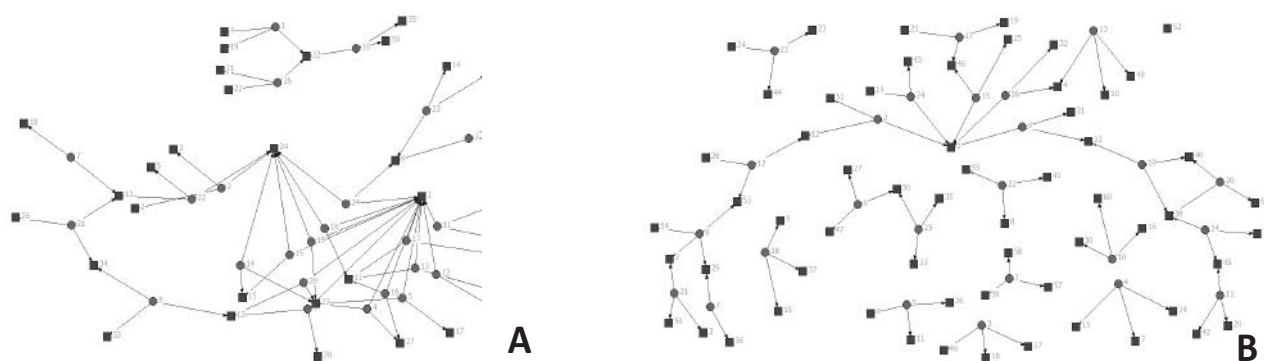
### Redes sociales de apoyo comunitario

La cohesión y cooperación comunitaria es vital para soportar sequías y resistir huracanes así como para recuperarse en el plazo más breve posible. El intercambio de semillas, trueques de tierras, préstamos de áreas altas para mantener el ganado a salvo de inundaciones o uso de animales de tiro en la limpieza de las fincas tras el paso de un huracán, pueden marcar la diferencia entre la pérdida de las producciones y el propio hogar o recuperación del predio, minimización de daños y mantenimiento de la soberanía alimentaria familiar.

El municipio La Palma ha enfrentado en varias ocasiones eventos climáticos extremos y estas estrategias de apoyo comunitario les han permitido a sus pobladores minimizar los daños y reducir el tiempo de recuperación. El estudio de las redes sociales de apoyo comunitario partió de las siguientes preguntas:

- ¿En caso de ser afectado por un evento climático extremo, mencione tres personas de la comunidad o fuera de ella a la que recurriría a pedir ayuda o consejo para recuperar su finca?
- ¿Si tuviera un problema familiar a qué persona de la comunidad acudiría a pedir ayuda?

Los resultados del estudio se muestran en la Figura 3. Es evidente la fuerte cohesión y organización comunitaria que confiere resiliencia a fenómenos climáticos extremos. Al comparar la red de la Figura 3A (red de apoyo comunitario para la resiliencia agroecosistémica) y la Figura 3B (red de apoyo familiar ante problemas cotidianos), se evidencia que las personas recurren comúnmente a dos o tres personas, generalmente con vínculo familiar o amistades cercanas (Fig. 3B), mientras que la afectación directa por eventos climáticos extremos amplía la red de apoyo, incrementando las interacciones entre sus componentes. Los agricultores 1 y 24 son visiblemente líderes dentro de la comunidad por poseer conocimientos, recursos o influencias, como lo consideraron al menos 13 y 7 personas respectivamente, de los que participaron en el ejercicio (Fig. 3A).



**Figura 3:** Análisis de redes comunitarias, Comunidad "Puesto Escondido". A: Asuntos relacionados con la finca. B: Asuntos relacionados con cuestiones individuales.

Los números de los cuadros (Figura 3A) con mayor número de enlaces circulares constituyen nodos estratégicos de articulación con los que se debe comenzar a trabajar en caso de propuestas de capacitación e investigación agroecológica para fortalecer la resiliencia de los agroecosistemas de la comunidad Puesto Escondido, municipio La Palma.

### Conclusiones

El municipio La Palma cuenta con un vasto conocimiento de prácticas agroecológicas resilientes y posee amplia capacidad de implementar un gran número de estas sin dependencia externa. Las fincas que adoptan un enfoque ecológico acentúan más dichas estrategias, las cuales son reforzadas con conocimientos agrícolas tradicionales. A pesar de ello, aun persisten sesgos que el sistema formal no puede cubrir. Las alianzas estratégicas y la incorporación de todos los actores vinculados al sector agropecuario en la toma de decisiones de la planificación del desarrollo local supone un gran paso para alcanzar una comunidad más resiliente. Para los sistemas locales de producción de alimentos, la resiliencia no solo implica prácticas agrícolas de adaptación y mitigación, sino, un enfoque arraigado en el metabolismo socio-ecológico de la comunidad. Otros aspectos como las redes de solidaridad y la implementación de mercados locales resultan ser aspectos socioeconómicos decisivos en la resiliencia. El conocimiento de los productores locales acerca de las medidas y prácticas agroecológicas que confieren resiliencia a los agroecosistemas palmeros constituyen verdaderos puntos de entradas si los decisores deciden inclinar la balanza de inversión en incentivo de las prácticas socio-ecológicas locales sobre el uso de tecnologías e insumos externos y de síntesis.

### Referencias

Altieri MA, Funes-Monzote FR, Henao A, Nicholls CI, León-Sicard T, Vázquez L, Zuluaga G. 2012. Hacia una metodología para la identificación, diag-

nóstico y sistematización de sistemas agrícolas resilientes a eventos climáticos extremos. Red Iberoamericana de Agroecología Para el Desarrollo de Sistemas Agrícolas Resilientes al Cambio Climático (REDAGRES).

Castaño EG. 2000. Ciclones en Pinar del Río (1900-1999), (inédito), Centro Meteorológico Provincial, Pinar del Río.

Clark L. 2006. Manual para el mapeo de redes como una herramienta de diagnóstico. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). La Paz. 32 p.

Ferro EM, Chirino E, Márquez M, Ríos H, Rodríguez O, Valdés R, Sarmiento A. 2009. Aporte del sistema formal en semillas mejoradas de granos básicos y cereales a la seguridad alimentaria de La Palma, Pinar del Río. Cultivos Tropicales, vol. 30, no. 2

Ferro EM, Ríos H, Chirino E, Márquez M, Valdés R, Suárez Y, Alfaro F. 2004. Comportamiento de 10 variedades de maíz (*Zea mays*, L.) ante la palomilla del maíz (*Spodoptera frugiperda*) en dos épocas de siembra. Memorias del XIII Congreso Científico del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.

Hernández A, Pérez JM, Bosch D, Rivero L. 1999. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos, AGRINFOR, La Habana, Cuba.

IAASTD (International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development). 2009. Agriculture at a Crossroads. In: International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development Global Report, Island Press, Washington, D.C.

Márquez M, Valdés N, Pérez D, Ferro EM y Ortiz R. (2009). Impacto del Fitomejoramiento Participativo (FP) como parte de la innovación Agropecuaria Local por difusión de diversidad genética en sectores agrícolas de la provincia Pinar del Río. Cultivos Tropicales, 30(2): 18-23.

ONE (Oficina Nacional de Estadísticas), 2011. Anuario estadístico de Cuba 2011, La Habana, Cuba.

ONE (Oficina Nacional de Estadísticas), 2004. Anuario estadístico de Cuba 2004, La Habana, Cuba.

- Pachauri RK, Reisinger A. 2008. Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. IPCC. Ginebra.
- Ríos H. (ed.). 2006. Fitomejoramiento participativo: Los agricultores mejoran cultivos, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana, Cuba.
- Ríos H. 2004. Logros en la implementación del fitomejoramiento participativo en Cuba. *Cultivos Tropicales* 24(4): 17-23.
- Ríos H, Vargas D, Funes-Monzote FR. (cords.) 2011. Innovación agroecológica, adaptación y mitigación del cambio climático. INCA, La Habana, Cuba.

# INCIDENCIA DE GALLINA CIEGA, SISTEMAS DE MANEJO CAMPESINOS Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN LA COMUNIDAD DE NAPÍZARO, MICHOACÁN (MÉXICO)

**Ek del Val<sup>1</sup>, Esperanza Arnés<sup>2</sup>, Jesús Antonio Gaona<sup>3</sup>, Marta Astier<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México. Campus Morelia, CP: 581910, México; <sup>2</sup> Departamento de Producción Vegetal. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. CP: 28040, España; <sup>3</sup> Universidad Intercultural Indígena de Michoacán, Pátzcuaro, CP: 61614, México; <sup>4</sup> Centro de Investigaciones de Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México. Campus Morelia, CP: 581910, México. E-mail: ekdelval@cieco.unam.mx

## Resumen

La agricultura campesina sigue siendo una práctica muy importante en México, sin embargo no se presenta de manera homogénea, existe una diversidad de manejos que repercuten en los rendimientos de la cosecha y en el mantenimiento de la biodiversidad. En tiempos recientes, dada la excesiva utilización de pesticidas y al aumento de los monocultivos, las plagas se han convertido en un problema muy importante. En particular las plagas del suelo ocasionan muchas pérdidas anualmente, sin embargo aún falta evidencia que permita decidir que estrategias de manejo minimizan el efecto de éstas sobre las cosechas. Para estimar el efecto del tipo de manejo sobre la abundancia de gallina ciega se evaluaron tres sistemas de manejo en la comunidad de Napízaro en la cuenca del lago de Pátzcuaro. Los sistemas evaluados fueron: cultivo convencional (SCC), fertilización orgánica (SFO) y rotación de cultivos (SRC) en cuatro parcelas de cada uno. Entre tres años consecutivos (2010-2012) durante la temporada de cultivo entre junio y diciembre se muestreó la abundancia de gallina ciega una vez por mes y al final de cada temporada se evaluó el rendimiento de maíz por hectárea en cada parcela. Así mismo se evaluaron los parámetros químicos del suelo: pH y % materia orgánica en todas las parcelas. Las parcelas evaluadas muestran un gradiente de manejo que se ve reflejado tanto en la abundancia de gallina ciega como en el rendimiento de maíz. Las parcelas de fertilización orgánica y de rotación de cultivos presentaron una menor abundancia de gallina ciega en comparación con las convencionales ( $p < 0.05$ ), mientras que los rendimientos fueron mayores en las parcelas convencionales. Por otro lado los parámetros del suelo mostraron que la fertilización orgánica efectivamente aumenta el porcentaje de materia orgánica en el suelo y el pH resultó estar más cerca de los valores de equilibrio en los sistemas de rotación de cultivos. La abundancia de gallina ciega no estuvo relacionada con el rendimiento de las parcelas por lo que se sugieren nuevas investigaciones sobre el efecto directo de los insectos sobre las plantas de maíz en los diferentes sistemas de cultivo. Las parcelas con fertilización orgánica y rotación de cultivos fueron mas resilientes a los efectos de la sequía, particularmente en relación a la abundancia de gallina ciega.

**Palabras clave:** plagas, fertilización orgánica, rotación de cultivos, manejo convencional, sequía

## Summary

**White grub incidence, Campesino management systems and climatic variability in Napizaro, Michoacán, México**

Traditional agriculture continues to be an important practice in Mexico, however it is not homogeneous and presents a great diversity of managements that is reflected on crop yield and biodiversity maintenance. In recent times, due to excessive use of pesticides and the increase in monocultures, pest species have become an important problem. Particularly soil pest are causing annual losses; however evidence to decide which management strategies minimize pest effects upon harvest is lacking. In order to estimate the effect of management type upon white grub abundance, we evaluated three management systems in the community of Napizaro in the Pátzcuaro basin, Mexico. The studied systems were: conventional management, organic fertiliza-

tion and crop rotation, in four different plots per system. In three consecutive years (2010-2012) during the agricultural cycle between June and December, we sampled white grub abundance once per month and we evaluated crop yield per hectare at the end of the season. Also we measured soil parameters such as pH and percent organic matter per plot. The evaluated plots present a management gradient that is reflected on white grub abundance and on maize yield. Organic fertilized and crop rotation plots presented lower abundances of soil pests in comparison with conventional plots ( $p < 0.05$ ), while crop yield was greater in conventional plots. On the other hand, soil parameters showed that organic fertilization indeed increased % soil organic matter and soil pH reached more adequate levels in crop rotation plots. White grub abundance was not related with crop yield, therefore we suggest further investigation into the direct effect of these insects upon maize plants. Organic fertilized and crop rotation plots were resilient to drought effects, particularly regarding white grub abundance.

**Key words:** pests, organic fertilization, crop rotation, conventional management, drought

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la agricultura campesina produce más del 70% de los alimentos del planeta y está representada por casi la mitad de la población mundial (Banco Mundial 2008, Trueba y MacMillan 2011); en el caso de Latino América estos productores ocupan el 63% de las tierras agrícolas (ECLAC 2009). De igual manera, estas comunidades prestan servicios ecológicos de muy diversa índole (Clapp 1998, Altieri y Nicholls 2000).

En México, el 22% de la población vive en áreas rurales (FAO 2009) y el 78% practica agricultura familiar (siendo el 57% de subsistencia) (FAO y BID 2007). La conservación de especies y variedades de cultivos tradicionales, como el maíz, (cultivo que en México posee la mayor diversidad genética del mundo (Arslan 2011) contando con un abanico de 41 a 65 razas nativas (Kato *et al.* 2009) y multitud de sistemas agrícolas de manejo en donde éstas se cultivan) recae sobre estas comunidades rurales que aun preservan una multitud de sistemas de manejo y de conocimientos como consecuencia de las diferentes formas de apropiación de tales recursos a su modo de vida (Toledo 2010).

Las plagas agrícolas son una de las principales causas de pérdidas de rendimiento en los cultivos. Éstas junto con las enfermedades, ocasionan la disminución entre el 10 y el 40% de la producción a nivel global. En particular para el maíz se han descrito una infinidad de plagas (Reyes Castañeda *et al.* 2002) que atacan desde la raíz hasta las inflorescencias. Dadas las condiciones de intensificación de la agricultura que implican los monocultivos y la utilización creciente de pesticidas y otros agroquímicos, aunado al cambio climático, las plagas representan un problema creciente para el cultivo del maíz.

Según diversos autores (Aragón y Morón 2000, Ramírez-Salinas *et al.* 2000, Espinosa-Islas *et al.* 2005, Najera 2005) una de las plagas más importantes en México, no sólo del maíz sino de diversos cultivos de

importancia alimentaria e industrial, es el complejo "gallina ciega"; nombre que designa a la etapa larval de más de 890 especies de escarabajos principalmente de la familia Melolontidae en México (Morón 1986). Esta plaga está relacionada con pérdidas económicas importantes, algunos autores sugieren que puede causar daños de hasta 15% en el cultivo de maíz, lo que significa pérdidas anuales de 135 millones de dólares sólo en Latinoamérica (Argüello *et al.* 1999); según otros autores las larvas pueden reducir la producción de grano de maíz en 1.3 t/ha (Ríos y Romero 1982), lo que podría representar la reducción de la producción nacional en millones de toneladas por año. A pesar de la problemática que este complejo representa no existen recomendaciones viables para su control, esto se debe en gran medida a la falta de conocimiento de la especie de "gallina ciega" que está causando daño, sus hábitos más generales y en consecuencia un método para combatirlas (Aragón y Morón 2004). En particular hay un gran desconocimiento sobre el efecto del tipo de manejo de las parcelas en la incidencia y daño que causan las gallinas ciegas.

Por otro lado, numerosos estudios apuntan a que una mayor diversidad ecosistémica está directamente relacionada con el logro de mejores estrategias de adaptación tanto a cambios bruscos como graduales del entorno (Altieri 1999, Astier *et al.* 2011). En este sentido, la extrema variabilidad climática registrada y esperada en el centro de México, incide de forma drástica en la agricultura mexicana, ya que más del 60% de ella es de temporal (Ruiz-Corral *et al.* 2011, Conde *et al.* 2006), por ello es crucial contar con una mayor diversidad agroecológica para minimizar los efectos meteorológicos.

La Cuenca del Lago de Pátzcuaro (CLP) localizada entre 19°25' a 19°45' N y 101°25' a 101°54' O, es una región situada en el estado de Michoacán, México con aún una importante presencia indígena purhépecha. La ocupación en este territorio data de la época prehispánica y presume de realizar agricultura desde



hace aproximadamente 5.000 años (Fisher *et al.* 2003). La relevancia del maíz en esta región ha sido mostrada por numerosas investigaciones realizadas desde la década de los cincuenta (Argueta *et al.* 1982, Mapes *et al.* 1994, Astier y Barrera-Bassols 2007). Se destaca también, que la agricultura en la CLP ha estado siempre ligada a una dinámica social regional compleja y cambiante que se expresa en los sistemas agrícolas actuales, donde puede encontrarse multitud de hibridaciones, conjugaciones, exclusiones y coexistencias entre una cultura que defiende su presencia y otra u otras que tratan de dominarla o desplazarla (Mapes *et al.* 1994).

Estos cambios tienen hoy una mayor magnitud, y como muestra, podemos mencionar la continua exposición de estos sistemas a la aplicación de agroquímicos e irrigación, particularmente para los maíces “híbridos” o “mejorados” (Seefoó Luján 2008). También los campesinos se ven afectados por los cambios y pérdidas de mercados y sistemas alimentarios locales, así como por las amenazas de la introducción de OGMs (Cleveland y Soleri 2005). Sin embargo, la realidad muestra que en esta región persisten acciones de resistencia expresadas en sistemas agrícolas que involucran conocimiento tradicional, además del manejo de la agrobiodiversidad plasmado en los diferentes paisajes agrícolas, los cultivos y la organización sociocultural que los sustenta (Astier *et al.* 2010).

Napízaro es una comunidad representativa de las comunidades agrícolas de la CLP, aunque cuenta con sus propias características edáficas y usos del suelo. Perteneció a Erongarícuaro, municipio que en 2005 contaba con casi dos mil agricultores, representando el 38% del total de productores de la región (Paré *et al.* 2005). Los sistemas de manejo agrícola que se practican en Napízaro, son también representativos del manejo de la agrobiodiversidad del paisaje de la región ya que utilizan sistemas de rotación y descanso de tierras además de maíces nativos.

En este contexto, los objetivos de este trabajo son evaluar por tres años, con clima variable, la influencia del sistema de manejo sobre la incidencia de gallina y el rendimiento del maíz en una comunidad campesina (Michoacán, México) entre 2010 y 2012.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Zona de estudio

Napízaro se sitúa a 19°36'00" de latitud norte y 101°43'00" de longitud oeste y una altitud de aproximadamente 2.100 msnm con topografía variable. El clima es templado con precipitaciones que de media alcanzan los 1.040,8 mm repartidas en cinco meses al año (de junio a octubre) y unas temperaturas que oscilan de los 6,1°C a 24,1°C, mínima y máxima respectivamente. Sin embargo, la variabilidad climática de los tres años de es-

tudio, rompe con la tendencia promedio de los últimos 40 años, habiéndose registrando mínimas de hasta 5°C por debajo de lo habitual y precipitaciones escasas durante la época de lluvias. Los Acrisoles son los suelos dominantes que se caracterizan por ser ácidos (pH 4.5-6) y ricos en sesquióxidos y arcillas (65-70%), derivados de materiales volcánicos antiguos e intensamente meteorizados; su alto contenido en arcillas favorece la formación de complejos órgano-alumínicos. El horizonte Ap es relativamente pobre en C orgánico edáfico (COS <18 mg C g<sup>-1</sup>) y N total (N<sub>t</sub> <1.6 mg N g<sup>-1</sup>) (Pajares *et al.* 2010).

La agricultura, actividad principal, demanda mucha cantidad de insumos naturales ya que debido a las escasas lluvias, los productores se ven obligados a abastecer los cultivos con agua del lago, y la creciente demanda de leña y madera está mermando los recursos forestales de la región (SEMARNAT 2007). Sin embargo, el manejo agropecuario de la zona es muy diverso en sus prácticas y consecuentemente en sus impactos para con el ambiente.

Los 520 habitantes de Napízaro no se consideran purépechas, aunque viven en un territorio considerado tradicionalmente indígena y por ello, han sabido apropiarse de ciertos aspectos culturales en su vida cotidiana y en los sistemas de manejo territorial. Los agricultores de esta región son campesinos que manejan pequeñas unidades de tierra de manera diversificada (usualmente < 5 ha), con empleo familiar, y que producen para autoconsumo y para la venta al exterior, i.e., cultivos, ganado y productos forestales (Astier *et al.* 2012). En la comunidad de estudio se distinguen tres sistemas agropecuarios predominantes: el sistema de cultivo convencional (SCC), el sistema de rotación de cultivos (SRC) y el sistema de fertilización orgánica (SFO). La mayor parte del territorio es ejidal, siendo el número de ejidatarios 84, pero debido al éxodo rural de la última década y el envejecimiento de la población, sólo quedan en activo 62 productores. Se obtuvieron datos climáticos de precipitación y temperaturas máximas y mínimas por parte de la Comisión Nacional (CONAGUA) para los años 2010, 2011 y 2012.

### Descripción de la metodología

Para evaluar el efecto de los diferentes sistemas de manejo sobre el desempeño del maíz, en primer lugar se tipificaron los sistemas de manejo por medio de la realización de 12 entrevistas a productores de la comunidad que tipificaron las distintas formas de manejo de los recursos naturales de acuerdo a los diferentes métodos de siembra y de manejo del suelo. Para representar cada tipo de manejo se seleccionaron 12 parcelas (cuatro parcelas para cada uno de los tres sistemas de manejo) con una superficie promedio de 0.25 ha y situadas al azar dentro de la comunidad pero considerando las mismas condiciones edafológicas y climáticas para todas ellas. Los suelos en esta localidad son Acrisoles,

todos ellos poseen una textura clasificada como franco-arcillosa, con pHs ligeramente ácidos y buena capacidad de intercambio catiónico (en torno a los 30 ppm) aunque estos dos últimos factores varían en función del manejo utilizado.

### Caracterización de los sistemas de manejo

La tabla 1 recoge de forma general las particularidades de cada uno de los tres manejos que cohabitan en Napízaro. El SCC cultiva año tras año monocultivo de maíz o de avena sin dejar descansar la tierra en ningún ciclo. La labranza es con tractor a una profundidad mínima de 30 cm, y se pasa el arrastre para desmenuzar la tierra y desboronar los terrones. La siembra se efectúa en los primeros días del mes junio, utilizando sembradora mecánica, con una distancia entre surcos de 80 cm y una densidad de siembra de aproximadamente 20 kg ha<sup>-1</sup> de semilla. Para el control de plagas como *Phyllophaga* spp. (gallina ciega) y *Diabrotica* spp. (gusano raicero) se aplican 20 kg ha<sup>-1</sup> de Lorsban 3% (Clorpirifos etil) y para el de arvenses 1 kg ha<sup>-1</sup> de Primagram Gold®. La fertilización se realiza en dos etapas, la primera en el momento de la siembra, utilizando fosfato de amonio (18-46-00) en dosis de 150 kg ha<sup>-1</sup>, y la segunda, 35 días después de la siembra con una aplicación de 400 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de amonio (22.5-00-00) o de 150 a 200 kg ha<sup>-1</sup> de urea

(45-00-00) representando un aporte final de N<sub>2</sub> de 70 kg ha<sup>-1</sup>. La cosecha de grano se realiza de forma manual durante el mes de diciembre, y la de forraje en los meses de abril y mayo.

El SRC rota en un mismo año: maíz, asociado con calabaza (milpa) de primavera a verano, con un policultivo de leguminosas de otoño a invierno. Estas leguminosas son comúnmente janamargo (*Vicia sativa*), haba (*Vicia faba*) y chícharo (*Pisum sativum*), de consumo ganadero la primera, y humano las dos últimas. Se deja en el suelo aproximadamente 30% de *Vicia sativa*, el resto se corta como forraje, y todos los residuos de las otras leguminosas después de la cosecha. En el primer cultivo, el manejo del suelo consiste en un laboreo con yunta a una profundidad de 20-30 cm durante el mes de mayo. La siembra del maíz, se efectúa antes del 20 de junio utilizando tracción animal, con una distancia entre surcos de 80 cm. Se realiza un aporque cuando el maíz alcanza los 25-30 cm para fortalecer la sujeción al suelo. No se aplica fertilizante de ningún tipo y el control de malezas se realiza mecánicamente con yunta a los 15 días del aporque. Durante el periodo de estudio, la milpa presentó un color amarillento y se realizó una aplicación de sulfato de amonio (22.5-00-00) en una dosis de 150 kg ha<sup>-1</sup> (tres bultos). La cosecha se efectúa a partir del 25 de octubre rozando el maíz con machete y amontonándolo-

**Tabla 1.** Variables del agroecosistema bajo los diferentes manejos: sistema de cultivo convencional (SCC), sistema de rotación de cultivos (SRC) y sistema de fertilización orgánica (SFO).

Variables del agroecosistema		SCC	SRC	SFO
Biofísicas		El clima es templado y subhúmedo. La Tª media anual es 15°C y la precipitación media anual es de 1000 mm. Se encuentra a 2100 msnm. La temporada de siembra se alarga hasta julio debido a las tardías y escasas lluvias. Hay heladas tempranas en noviembre que merman la producción de haba.		
Prácticas de manejo	Condiciones del suelo	Degradados por los agroquímicos	Buenas condiciones de producción	En proceso de conservación y mejora
	Especies y variedades	Maíces criollos y mejorados	Maíz criollo, calabaza, avena, haba, chícharo y janamargo	Maíz criollo, frijol y calabaza
	Especies dominantes	Monocultivo de maíz	Maíz, haba, chícharo y janamargo	Maíz blanco, de color y calabaza
	Tracción	Labranza	Tracción mecánica	Tracción animal
		Labores culturales	Aporque y asegunda	Aporque asegunda y barbecho en invierno
	Manejo suelos	Conservación	Aporte de materia orgánica de la rotación	Aporte de abono orgánico
		Fertilización	Química. Con 18:46:00 y 22:00:00	Incorpora el 30% de la biomasa del cultivo de invierno y sulfato de amonio 22.5:00:00
	Manejo de plagas		Plaguicida	No
	Manejo de arvenses		Herbicida	No
Socioeconómicos	Tipo productores		Ejidatarios con un área promedio de 3,5 ha de cultivo y 6 hatos de ganado.	
	Destino producción		Forraje y venta de excedentes	Autoconsumo, forraje y venta
	Tipo mano de obra		Jornales	Familiar
	Organización para producción		Sólo predios comunales	Familiar y jornales

lo en toros para que se vaya secando hasta que en enero se destusa y desgrana. El zacate que creció en el maíz se pica en trozos pequeños para que el arado lo pueda enterrar. El siguiente cultivo se establece inmediatamente después a la roza del maíz para aprovechar la humedad residual de las lluvias temporales. Se realiza un laboreo con yunta a una profundidad de 30 cm y una pasada de rastra. La siembra se efectúa con tracción animal y la densidad de siembra es de: 40 kg ha<sup>-1</sup> de janamargo, 20 kg ha<sup>-1</sup> de haba y 15 kg ha<sup>-1</sup> de chícharo. La cosecha se realiza en mayo, cortándose manualmente con hoz a una altura 10 cm del suelo permaneciendo las raíces enterradas. El haba y el chícharo se vorean para extraer su semilla y lo que queda es forraje para el ganado o para elaborar compostas.

El SFO establece un ciclo de policultivo con maíz, frijol y calabaza (milpa) e incorpora composta semi-madura elaborada con el estiércol y restos de los cultivos. La preparación del terreno se realiza en mayo y junio con tracción animal y a una profundidad de 30 cm. Después se pasa la rastra a una profundidad de 15 cm. La siembra del maíz, se efectúa antes del 20 de junio y la distancia entre surcos es de 80 cm. La fertilización se realiza en tres aplicaciones. La primera, con la siembra utilizando 5 Mg ha<sup>-1</sup> de composta preparada con estiércol del ganado propio y restos vegetales, la segunda 30 días después de que nazca el maíz y la última cuando la milpa alcanza un metro de altura, aplicando 0.5 Mg ha<sup>-1</sup> en cada una de estas dos fertilizaciones. Esta fertilización se complementa con el estiércol directo del ganado cuando éste pasta el rastrojo de la milpa en la parcela. El control de arvenses se realiza con machete (chapeo) y en dos tiempos; el primero cuando la maleza alcanza los 30 cm de altura y el segundo cuando el maíz comienza a espigar. La cosecha es de diciembre a enero y siempre con mano de obra familiar.

### Evaluación de rendimiento e incidencia de plagas

Para evaluar la eficiencia de los sistemas se midió el rendimiento del maíz expresado en Mg ha<sup>-1</sup>. En cada parcela de cultivo se delimitaron cuatro subparcelas, de 1.40 m x 5.0 m donde se cuantificó la biomasa total (peso de la mazorca en seco) y se extrapoló a 1 ha. Por otro lado se evaluó la incidencia de plagas en el suelo, expresado como el número de *Phyllophaga* spp. m<sup>-3</sup>. Para ello se sacaron una vez al mes y durante 6 meses (Junio-Diciembre) 4 cepellones de 30 x 30 x 30 cm, situados al azar dentro de cada parcela donde se contabilizan los insectos (Pacheco *et al.* 2008) y los resultados se extrapolaron para 1 m<sup>3</sup>. Tanto el rendimiento como la incidencia de plagas se evaluaron durante 3 años consecutivos 2010-2012.

### Evaluación de suelos

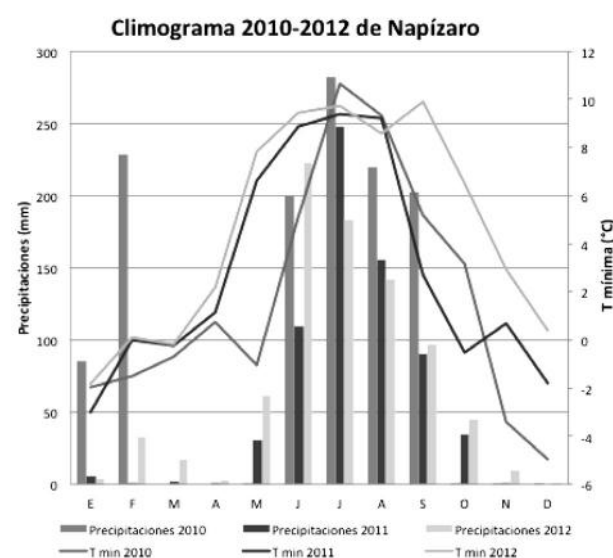
Las muestras se tomaron de los primeros 15 cm de suelo mineral en los mismos campos muestrados. El pH

del suelo se midió en una solución de agua:suelo, 1:10, agitada por 30 min. La material orgánica del suelo se determinó mediante el método Walkley-Black (1934).

## RESULTADOS

### Variabilidad climática

Se registró la precipitación y temperaturas mínimas (para identificar los días con heladas) en los tres años en los que se llevó a cabo la investigación (Fig. 1). En el año 2011 la precipitación es considerablemente más baja de la media en meses críticos de siembra y crecimiento de la planta de maíz además se registran días con heladas tempranas en Octubre (Fig. 3b).



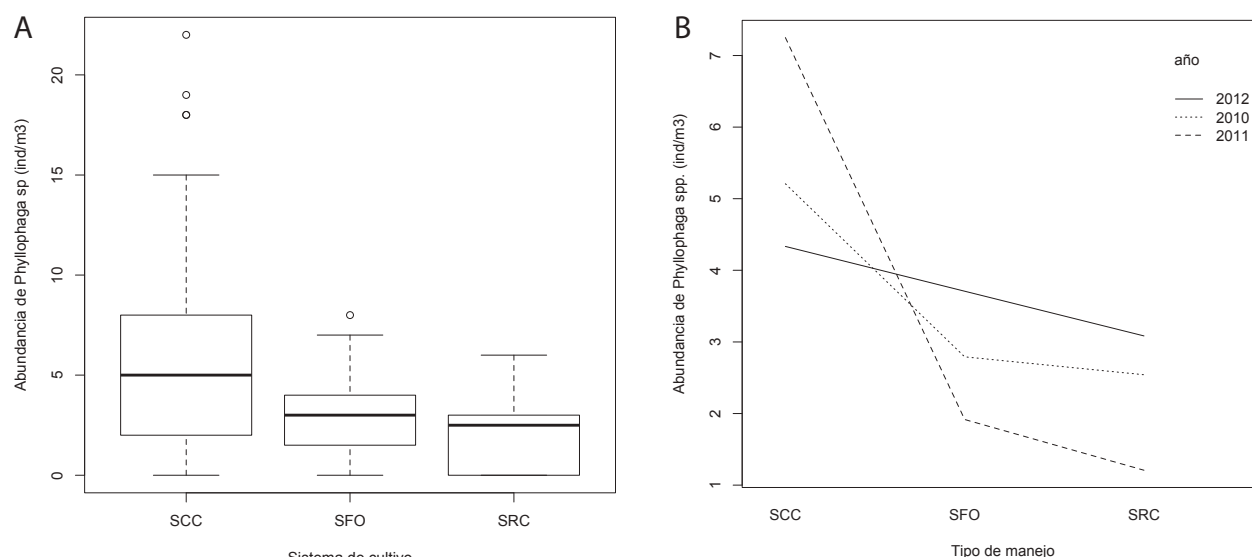
**Figura 1.** Precipitación pluvial y temperaturas mínimas registradas por la estación meteorológica de CONAGUA en los años 2010, 2011 y 2012, Pátzcuaro, Michoacán.

### Sistemas de manejo

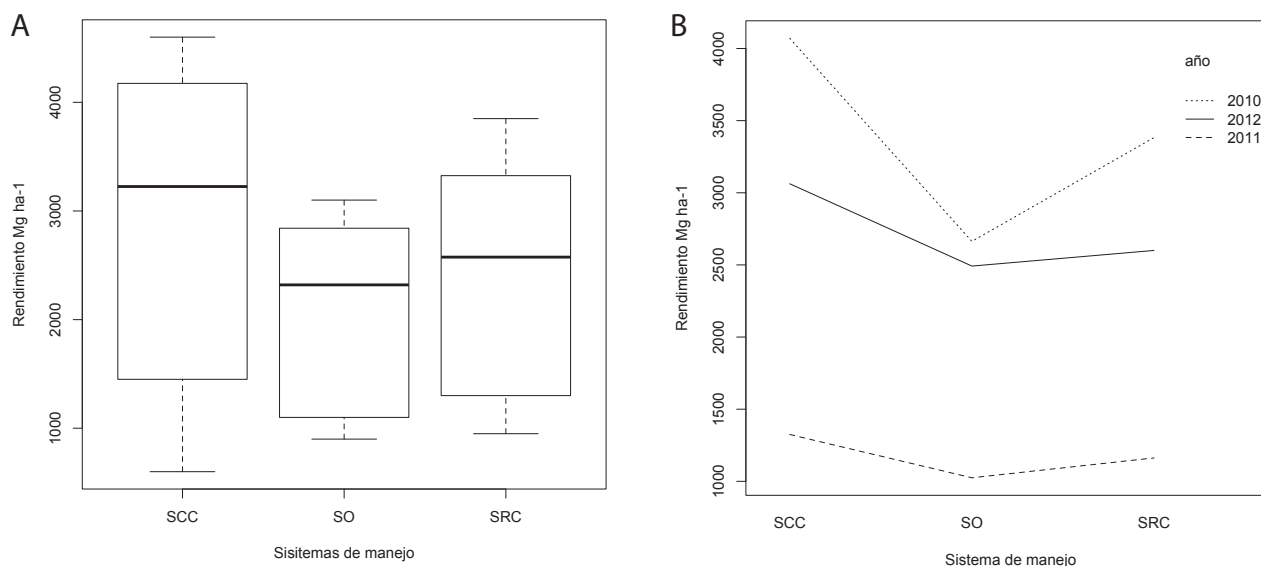
La tipología de los sistemas de manejo de la comunidad de Napízaro se muestra en la Tabla 1, donde se explican las principales características de cada uno de ellos. A diferencia de los agricultores bajo el SCC, que dependen exclusivamente de insumos químicos y de maquinaria, los agricultores bajo el SFO y el SRC utilizan tracción animal para preparar el suelo y hacer labores culturales, siembran otros cultivos además del maíz y fertilizan mayoritariamente con materiales orgánicos.

### Rendimiento, plagas y condiciones del suelo

La incidencia de plagas mostró estar significativamente relacionada con el sistema de manejo. El sistema de manejo SCC fue el que presentó una abundancia mayor de *Phyllophaga* spp. ( $F_{2,12} = 7.29$ ,  $p=0.008$ , Fig. 2A) con respecto a SFO y SRC, durante los 3 años de estudio. A pesar de las diferencias climáticas entre años, no hubo un efecto significativo del año sobre la abundan-



**Figura 2.** Abundancia de *Phyllophaga* spp. en relación a los sistemas de manejo. A. Promedio de los tres años de muestreo por tipo de manejo. B. Promedio por año por tipo de manejo.



**Figura 3.** Rendimiento del maíz (Mg ha<sup>-1</sup>) en relación a los sistemas de manejo estudiados. A. Promedio de los tres años de muestreo por tipo de manejo. B. Promedio por año por tipo de manejo.

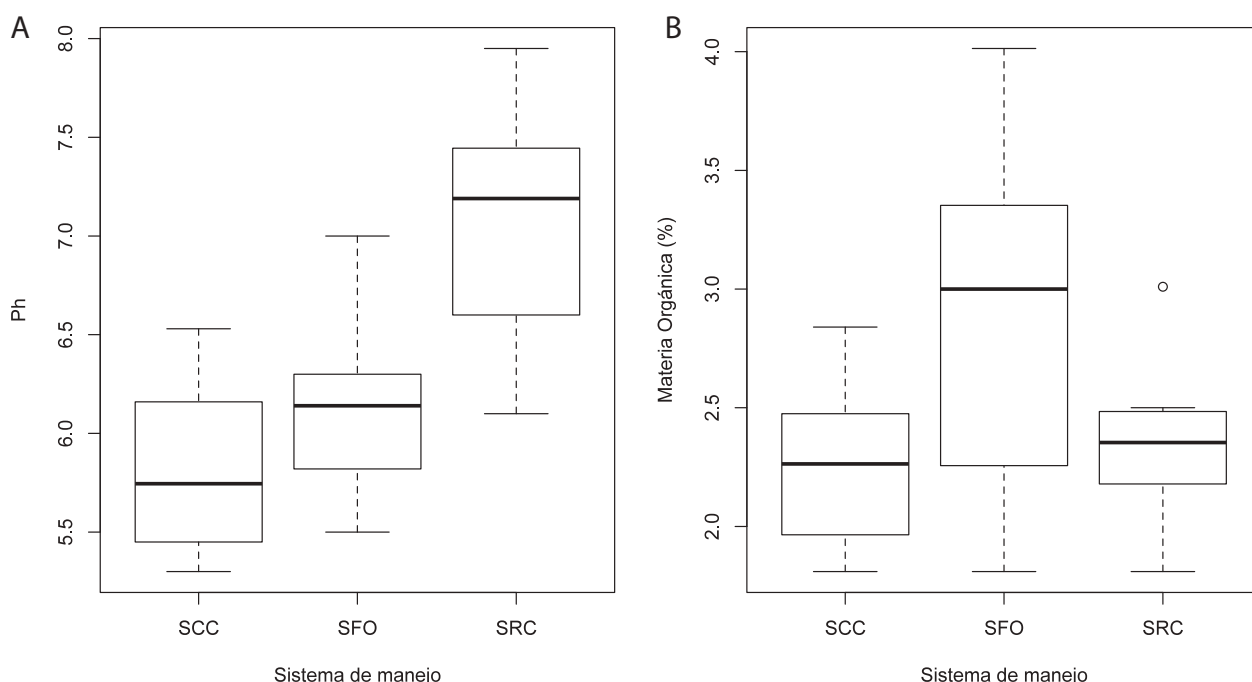
cia de plagas ( $p > 0.05$ ) ni tampoco hubo interacción del año con el sistema de manejo ( $p > 0.05$ ), sin embargo en 2011, en el año que hubo sequía, el sistema de manejo convencional tendió a presentar una mayor abundancia de gallina ciega (Fig. 2B).

El rendimiento de maíz por hectárea mostró un patrón similar al de las plagas, las parcelas con manejo convencional presentaron un rendimiento significativamente mayor ( $2819.17 \pm 413.13$  Mg ha<sup>-1</sup>) que las parcelas de rotación de cultivos ( $2060.04 \pm 242.6$  Mg ha<sup>-1</sup>) y orgánicas ( $2381.7 \pm 300.2$  Mg ha<sup>-1</sup>;  $F_{2,29} = 4.7$ ,  $p = 0.02$ ; Fig. 3A), no hubo diferencias entre años, pero en general en 2011 todos los sistemas produjeron menos (Fig. 3B).

Sin embargo al relacionar la abundancia de *Phyllophaga* spp. por parcela con el rendimiento de

ésta ( $F_{1,35} = 0.11$ ,  $p = 0.73$ ), no se observa una relación, es decir la producción de las plantas de maíz no estuvo relacionada con la presencia de la plaga, hubo parcelas con alto y bajo rendimiento y gran abundancia de *Phyllophaga* spp.

Los parámetros del suelo que se midieron únicamente en 2010 y 2012, muestran que el pH de las parcelas de rotación de cultivos ( $7.06 \pm 0.6$ ) es significativamente mayor que el pH de las parcelas de orgánicas ( $6.12 \pm 0.45$ ) y convencionales ( $5.81 \pm 0.43$ ;  $F_{2,18} = 20.89$ ,  $p < 0.001$ ), y esto es consistente en ambos años (interacción manejo: año no significativa). La materia orgánica en suelo fue mayor en las parcela orgánicas en ambos años con respecto a las parcelas convencionales y de rotación de cultivos ( $F_{2,18} = 3.88$ ,  $p = 0.04$ ).



**Figura 4.** A. pH. B. Materia orgánica de las parcelas correspondientes a los sistemas de manejo estudiados.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El estudio de los sistemas de cultivo de maíz en Napízaro entre 2010 y 2012 muestra una amplia gama de posibilidades que van desde la fertilización orgánica y de rotación de cultivos hasta un manejo convencional con fuerte utilización de insumos químicos externos. En la comunidad coexisten los diferentes sistemas de cultivo lo que permite evaluar las bondades y deficiencias de cada uno. En esta investigación encontramos que el sistema de manejo tiene una fuerte influencia sobre las condiciones del suelo de las parcelas y esto a su vez se ve reflejado en la incidencia de plagas, en particular de gallina ciega (*Phyllophaga* spp.) y en el rendimiento del maíz en todos los años de estudio.

Las parcelas convencionales donde se utilizan herbicidas, insecticidas y fertilizantes fueron las que presentaron menores concentraciones de materia orgánica y un pH más ácido, lo cual se reflejó en una mayor incidencia de gallina ciega, por lo que los insumos químicos que se añadieron no repercutieron en una disminución en los insectos plaga en comparación con los sistemas de rotación y orgánicos donde no se controlaron las plagas con químicos externos. En otros estudios donde se ha comparado la incidencia de gallina ciega en sistemas de labranza de conservación y sistemas convencionales, se ha encontrado que contrario a nuestros resultados, los sistemas con labranza reducida y aumento de residuos agrícolas la abundancia de gallina ciega es mayor (Nájera y Valdéz 1997) así como en sistemas donde se utilizó abono verde y labranza cero (Pérez-Agís *et al.* 2004), en estos trabajos también se encontró que no solamente aumentan las poblaciones de gallina ciega

en los sitios con labranza reducida sino que también las poblaciones de otros insectos benéficos. Sin embargo en un estudio previo en Estados Unidos, Rivers *et al.* (1977) compararon la distribución de gallina ciega en una parcela infestada que cultivaron con labranza y con labranza cero y encontraron que la densidad de larvas alrededor de las plantas de maíz era significativamente mayor en los surcos con labranza que sin labranza y los autores lo adjudican a que los sitios sin labranza la gallina ciega se repartía entre el maíz y el pasto. De tal manera que no existe un consenso sobre el efecto de la fertilización y labranza en la abundancia de gallina ciega, particularmente porque la labranza no solamente afecta la abundancia de gallina ciega sino también la de otros artrópodos que pueden estar funcionando como control biológico (Clough *et al.* 2007).

Por otro lado, la mayoría de los trabajos solamente evalúa la abundancia de gallina ciega bajo diferentes esquemas de cultivo pero no cómo cambia el daño sobre el maíz dependiendo del sistema de manejo, por lo tanto resulta difícil hacer inferencias sobre la relación de la abundancia de la plaga con el desempeño de la planta. En un estudio donde se evaluaron el daño por gallina ciega en relación al tipo de fertilización (orgánica vs. química), Sosa *et al.* (2003) encontraron que la gallina ciega perjudicó en menor medida al maíz en las parcelas orgánicas debido a que las plantas tenían menor concentración de nitrógeno. En el caso de insectos plaga asociados al follaje, sí existe una evidencia más contundente en la disminución del daño foliar en cultivos orgánicos en comparación con los convencionales (revisado por Gomiero *et al.* 2011).



En el presente trabajo, para las parcelas convencionales, se puede inferir que la utilización de fertilizantes y herbicidas si cumplieron su función para incrementar la cosecha, mientras que los insecticidas solamente consiguieron reducir el número de gallinas ciegas por hectárea a los niveles de los otros sistemas de manejo, pero no lograron eliminarlas por completo, por lo que una modificación en los patrones de manejo podría ayudar a disminuir la incidencia de gallina ciega sin utilizar pesticidas y por lo tanto aminorar los efectos ambientales y el gasto innecesario.

Para corroborar que los sitios donde se encontró una mayor abundancia de gallina ciega, son efectivamente los lugares de la planta con mayor daño, habría que evaluar directamente sobre las raíces de las plantas el daño causado y sus repercusiones sobre el desempeño de la planta de maíz.

### Variabilidad climática

En el presente trabajo se encontró que el año 2011 presentó una sequía importante (de registró 50% de la precipitación promedio, tanto en la precipitación total anual como en el mes de Junio que es el mes de siembra) y esto se vio reflejado en el rendimiento del maíz en todos los sistemas de manejo, como era de esperarse, la producción de maíz disminuyó para ese año. Sin embargo, cuando se evalúa la incidencia de gallina ciega en ese año en particular, se observa que el sistema de cultivo convencional presentó una mayor abundancia que el sistema de fertilización orgánica y que el de rotación de cultivos. Estos dos sistemas son más resilientes a este tipo de plaga ante los cambios drásticos de clima. Esta resiliencia podría ser fundamental para sostener la alimentación de la población humana en el largo plazo (Gomiero *et al.* 2011) puesto que las tendencias de cambio climático predichas presentan un panorama de muchas fluctuaciones y eventos extremos (Conde *et al.* 2006). Pareciera que la diversidad mostrada en las parcelas orgánicas y de rotación está permitiendo amortiguar los efectos de la sequía como se ha propuesto en otros trabajos (Altieri 1999, Astier *et al.* 2011). Para cuantificar el efecto directo de la gallina ciega sobre el maíz en situaciones extremas, habría que realizar experimentos controlados utilizando las condiciones de los sistemas de manejo estudiados en este trabajo.

Dada la situación crítica en la que se encuentra la agricultura en México, de degradación de los recursos agua y suelo a causa del exceso uso de agroquímicos y el monocultivo, resulta muy importante realizar estudios a profundidad y demostrar con evidencias las ventajas de los manejos diversificados. En particular, existen pocos estudios relacionados con la abundancia y daños ocasionados por las plagas en sistemas convencionales y diversificados, en el presente estudio encontramos que la abundancia de la gallina ciega es menor en los sistemas de fertilización orgánica y rotación de cultivos,

por lo que estos ofrecen una ventaja comparativa frente a los convencionales, en particular, en años con condiciones climáticas extremas.

### Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología a través del Fondo sectorial SEMARNAT-CONACYT 2008-0107918 y a la Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA), a la Fundación CENSA y la Fundación CSFUND bajo el proyecto „Identifying and understanding climate change resilient peasant farming systems in Latin America: disseminating resiliency principles among small farmers of the region“.

### Referencias

- Altieri MA. 1999. Applying agroecology to enhance the productivity of peasant farming systems in Latin America. *Environment, Development and Sustainability* 1: 197–217.
- Altieri MA. 2002. Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 93: 1–24.
- Altieri MA. 2004. Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture. *Frontiers in Ecology and the Environment* 2: 35–42.
- Altieri MA, Masera O. 1993. Sustainable rural development in Latin America: building from the bottom-up. *Ecological Economics* 7: 93–121.
- Aragón GA, Morón MA 2000. Los coleópteros *Melolonthidae* asociados a la rizósfera de la caña de azúcar en Chietla, Puebla, México. *Folia Entomologica Mexicana* 108: 79-94.
- Argueta A, Ramírez A, Alonso P. 1982. El maíz en la cultura purépecha de Michoacán. Cuadernos 22, Culturas Populares-SEP. México.
- Argüello H, Morón MA. 1999. Guía ilustrada para identificación de especies de gallina ciega (*Phyllophaga* spp.) presentes en las principales zonas agrícolas de Nicaragua. PROMIPAC–Nicaragua, Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras.
- Arslan A. 2011. Shadow vs. market prices in explaining land allocation: Subsistence maize cultivation in rural Mexico. *Food Policy* 36: 606–614.
- Astier M, Barrera-Bassols N. 2007. Catálogo de maíces criollos de las Cuencas de Pátzcuaro y Zirahuén. GIRA, INE, INIFAP, SEDAGRO, UNAM, México.
- Astier M, Speelman EN, López-Ridaura S, Masera OR, Gonzalez-Esquivel C.E. 2011. Sustainability indicators, alternative strategies and trade-offs in peasant agroecosystems: analysing 15 case studies from Latin America. *International Journal of Agricultural Sustainability* 9: 409–422.

- Banco Mundial, 2008. Informe sobre el desarrollo mundial 2008. Agricultura para el desarrollo. Washington D.C.
- CIP-UPWARD. 2003. Agricultural biodiversity: farmers sustaining the web of life, in: Conservation and Sustainable Use of Agricultural Biodiversity. GTZ, IDRC, IPGRI y SEARICE.
- Clapp RA. 1998. Regions Of Refuge and the Agrarian Question: Peasant Agriculture and Plantation Forestry in Chilean Araucania 26:571–589.
- Cleveland DA, Soleri D. 2005. Rethinking the Risk Management Process for Genetically Engineered Crop Varieties in Small-scale, Traditionally Based Agriculture. *Ecology and Society* 10(1):9.
- Clough Y, Holzschuh A, Gabriel D, Purtauf T, Kleijn D, Kruess A, Steffan-Dewenter I, Tschamntke T. 2007. Alpha and beta diversity of arthropods and plants in organically and conventionally managed wheat fields. *Journal of Applied Ecology* 44: 804–812.
- Conde C, Ferrer R, Orozco S. 2006. Climate change and climate variability impacts on rainfed agricultural activities and possible adaptation measures. *A Mexican case study. Atmósfera* 19: 181–194.
- Eakin H. 2001. Crop Choice as Adaptation to Climatic Risk in Central Mexico. Open Meeting of the Global Environmental Change Research Community, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Brazil.
- ECLAC (Economic Commission for Latin America and the Caribbean). 2009. The Outlook for Agriculture and Rural Development in the Americas: A Perspective on Latin America and the Caribbean, ECLAC-IICA-FAO, Santiago, Chile.
- Espinosa-Islas A, Morón MA, Sánchez H, Bautista N, Romero J. 2005. Complejo gallina ciega (Coleoptera: Melolonthidae) asociado con céspedes en Montecillos, Texcoco, Estado de México. *Folia Entomológica Mexicana* 44(2): 95-107.
- FAO. 2009. La FAO en México. Más de 60 años de cooperación 1945-2009.
- FAO y BID. 2007. Políticas para la Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe. Soto Baquero, F., Rodríguez Fazzone, Marcos Falconi, C. (Eds.), Santiago, Chile.
- Fisher CT, Pollard HP, Israde-Alcántara I, Garduño-Monroy, VH, Banerjee SK. 2003. A reexamination of human-induced environmental change within the Lake Pátzcuaro Basin, Michoacán, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 100: 4957–4962.
- Gomiero T, Pimentel D, Paoletti MG. 2011. Environmental Impact of Different Agricultural Management Practices Conventional vs. Organic Agriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences* 30: 95–124.
- Hoeggel U, Giger M. 2011. El potencial de la agricultura campesina para la mitigación del cambio climático. Centro de Desarrollo y Medio Ambiente (CDE), Suiza.
- Kato TÁ, Mapes C, Mera LM, Serratos JA, Bye RA. 2009. Origen y diversificación del maíz. Una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Letourneau DK, Goldstein B. 2001. Pest damage and arthropod community structure in organic vs. conventional tomato production in California. *Journal of Applied Ecology* 38: 557–570.
- Liverman D.M. 1992. The regional impacts of global warming in Mexico : Uncertainty, Vulnerability and Response. pp. 44-68 in J. Schmandt and J. Clarkson eds. *The Regions and Global Warming*. Oxford University Press, UK.
- Mapes C, Toledo VM, Barrera N, Caballero C. 1994. La agricultura en una región indígena: la cuenca del lago de pátzcuaro, in: Rojas Rabiela, T. (Ed.), *Agricultura indígena, pasado y presente*. CIESAS, México.
- Morón MA. 1986. El género *Phyllophaga* en México: morfología, distribución y sistemática supraespecífica (*Insecta: Coleoptera*). Instituto de Ecología. México. Publicación 19.
- Morón A, Hernández S, Ramírez A. 1996. El complejo gallina ciega (*Coleoptera: Melolonthidae*) asociado con la caña de azúcar en Nayarit, México. *Folia Entomológica Mexicana* 98:1-44.
- Morón MA. 2003. Diversidad, distribución e importancia de las especies de *Phyllophaga Harris* en México (*Coleoptera: Melolonthidae*). In: A. Aragón G., M. A. Morón, A. Marín J. (Eds.). *Estudios sobre coleópteros del suelo en América*. Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. pp: 1-27.
- Nájera MB. 1993. Coleópteros rizófagos asociados al maíz de temporal en el Centro del Estado de Jalisco México. *Diversidad y manejo de plagas subterráneas*, publicación especial de la Sociedad Mexicana de Entomología e Instituto de Ecología, Jalapa, México. pp.143-154.
- Nájera M, Valdez L. 1997. Efectos de los métodos de labranza y cobertura vegetal sobre macrofauna edáfica asociada al maíz de temporal. pp.65-76. In: *Avances de investigación en labranza de conservación*. Libro Técnico 1. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-PRODUCE. Morelia, Michoacán, México.
- Pacheco C, Castro-Ramírez AE, Morón MÁ, Gómez y Gómez B. 2008. Fauna de Melolontidos (*Coleoptera: Scarabaeoidea*) asociados al maíz (*Zea mays* L.) en los Altos de Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana* 24: 139–168.
- Pajares S, Gallardo JF. 2010. Impacto de prácticas de manejo agrícola sobre la distribución de nitróge-

- no orgánico en un Acrisol. *Terra Latinoamericana* 28: 165-175
- Paré L, Robinson D, González MA. 2005. Gestión de Cuencas y Servicios ambientales. Perspectivas comunitarias y ciudadanas. RAISES, INE, SEMARNAT, PNUMA, ITACA (Eds.). Mexico.
- Pérez-Agis E, Morón MA, Nájera-Rincón MB, López-Barbosa E, Vázquez-García M. 2008. Análisis de diversidad del complejo "Gallina ciega" (Coleoptera: Melolonthidae) en dos sistemas de producción tradicional de maíz en la región Purhépecha, Michoacán. *Acta Zoológica Mexicana* 24(1): 221-235.
- Pérez-Agis E, Vázquez-García M, González-Eguiarte D, Pimienta-Barrios E, Nájera-Rincón MB, Torres-Morán P. 2004. Sistemas de producción de maíz y población de macrofauna edáfica. *Terra Latinoamericana* 22(3): 335-341.
- Ramírez-Salinas C, Morón MA, Castro A. 2000. Descripción de los estados inmaduros de seis especies de *Phyllophaga* (Coleoptera: Melolonthidae) de la región Altos de Chiapas, México. *Folia Entomológica Mexicana* 109:73-106.
- Ríos RF, Romero S. 1982. Importancia de los daños al maíz por insectos del suelo en el estado de Jalisco, México (Coleoptera). *Folia Entomológica Mexicana* 52: 41-60.
- Rivers RL, Pike KS, Mayo ZB. 1977. Influence of Insecticides and Corn Tillage Systems on Larval Control of *Phyllophaga anxia*. *Journal of Economic Entomology* 70 (6): 794-796.
- Ruiz-Corral JA et al 2011. Cambio climático y sus implicaciones en cinco zonas productoras de maíz en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2: 309-323.
- Seefoó Luján JL. 2008. Desde los colores del maíz: una agenda para el campo mexicano, Volumen 2. El Colegio de Michoacán.
- SEMARNAT. 2007. ¿Y el medio ambiente? Problemas en México y el mundo. SEMARNAT (Ed.). México.
- Sosa S, Moraes H, Mac Vean C, Schuster J. 2003. Relación entre los fertilizantes químico y orgánico y las larvas de gallina ciega en cultivos de maíz en el altiplano guatemalteco. VII Congreso de la Sociedad Mesoamericana de Biología y conservación. Tuxtla Guitérrez, México, noviembre 2003
- Toledo VM. 2010. La Biodiversidad de México: Inventarios, Manejos, Usos, Informática, Conservación E Importancia Cultural. Fondo de Cultura Económica, México.
- Trueba I, MacMillan A. 2011. How to End Hunger in Times of Crises, first ed. UPM Press, Madrid.

# UTILIZACIÓN DEL ÍNDICE HOLÍSTICO DE RIESGO (IHR) COMO MEDIDA DE RESILIENCIA SOCIOECOLÓGICA A CONDICIONES DE ESCASEZ DE RECURSOS HÍDRICOS. APLICACIÓN EN COMUNIDADES CAMPESINAS E INDÍGENAS DE LA ARAUCANÍA, CHILE

**René Montalba<sup>1</sup>, Marcia García<sup>2</sup>, Miguel Altieri<sup>3</sup>, Francisca Fonseca<sup>4</sup>, Lorena Vieli<sup>5</sup>**

*<sup>1</sup>Instituto del Medio Ambiente y Sustentabilidad y Facultad de Cs. Agropecuarias y Forestales, Universidad de La Frontera. Temuco, Chile; <sup>2</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Universidad de La Frontera. Temuco, Chile; <sup>3</sup>College of Natural Resources, University of California, Berkeley, USA; <sup>4</sup>Instituto del Medio Ambiente y Sustentabilidad y Departamento de Ciencias Sociales. Universidad de La Frontera. Temuco, Chile; <sup>5</sup>Donald Bren School of Environmental Science and Management, UC Santa Barbara. E-mail: rene.montalba@ufrontera.cl.*

## Resumen

En esta investigación se pretende aportar en el análisis de la interrelación compleja entre los riesgos ambientales generados por el cambio climático y la capacidad de sistemas agrícolas para resistir a estas perturbaciones y lograr persistir en el tiempo sin colapsar, es decir, la resiliencia socioecológica. Se utilizó el concepto de Índice Holístico Riesgo (IHR) para evaluar niveles de resiliencia socioecológica en sistemas agrícolas en comunidades campesinas del Secano Interior de La Araucanía Chilena, afectados por escasez de recursos hídricos y sequías. Para ello se identificaron diez variables relacionadas con los indicadores de amenaza, vulnerabilidad y capacidad de respuesta. Las evaluaciones fueron aplicadas a 73 unidades familiares campesinas tipificadas en 4 grupos distintos de acuerdo a origen étnico (mapuche, chileno, descendientes de colonos europeos) y tiempo de radicación en el predio (mapuche tradicional, mapuche reasentados). Las técnicas de recolección de información incluyeron la generación de sistemas de información geográficas con información secundaria, medición directa, encuesta, entrevista individual y entrevista grupal. Los valores de IHR encontrados en las unidades familiares campesinas se encontraron en niveles medios (33%) y altos (48%). Del mismo modo, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre grupos de campesinos, relacionado principalmente al origen étnico de estos, donde los valores bajos de IHR (y por tanto mayor resiliencia) los presentaron los campesinos mapuche y descendientes de colonos europeos y los más altos los campesinos chilenos. El componente más relacionado con estas diferencias fue la "capacidad de respuesta" el cual depende de las redes de apoyo, nivel de conocimiento y la presencia de especies tolerantes a la sequía o de rápida recuperación ante la sequía. Ésta última variable fue la que presentó la mayor variación en los datos y por lo tanto se considera el mejor indicador de resiliencia socioecológica para los casos evaluados en este estudio.

**Palabras Claves:** Cambio Climático, sequía, resiliencia, agroecosistemas

## Summary

### **Measuring socio-ecological resilience in a context of water scarcity using the Holistic Risk Index. Application in rural and indigenous communities in La Araucania, Chile**

This study pretends to contribute to the understanding of the complex relationships between environmental risks caused by climate change and the capacity of agricultural systems to resist these disturbances and persist without collapsing, in other words, the socioecological resilience. The level of socioecological resilience of agricultural systems in rural communities of the "Secano Interior" area in La Araucania, located in South-Central Chile, was evaluated using the concept of Holistic Risk Index (HRI). These communities are affected by water resource shortages and droughts. Ten variables related to threat, vulnerability and response capacity were identified. Field evaluations were performed on 73 farms classified in 4 groups based on their ethnic origin (Mapuche, Chilean, European settlers descendants) and the time living in the farm (Traditional

Mapuche, resettled Mapuche). The assessment methods used included the generation of geographical information systems using secondary data, direct measurement, surveys, individual and group interviews. The values of HRI found ranged from medium (33%) to high (48%). Significant differences among the different ethnic groups of farms were detected. The Mapuche and European settlers descendants had low HRI (therefore high resilience) while the Chilean farms had higher HRI values. These differences were related to the response capacity of each ethnic group which depends on the (1) support networks, (2) level of knowledge and (3) presence of crop species that are tolerant to droughts or that are able to recover rapidly after extreme weather events. This last variable presented the highest variability in the response capacity component of the HRI and therefore it can be considered as the best indicator of socioecological resilience for the farms evaluated in this study.

**Key words:** Climate change, droughts, resilience, agroecosystems

## 1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial hay claras evidencias de que las actuaciones humanas de los últimos 100 años han inducido un proceso de cambio global, entre los cuales destaca el cambio climático. Según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC 2007), dentro de los principales cambios asociados a este proceso se encuentran el incremento de las temperaturas medias de la atmósfera y océanos, el derretimiento en gran escala de hielos y nieves, y el aumento en el promedio global del nivel del mar. Así también, asociados a estos cambios, se encuentra el aumento en la frecuencia de eventos climáticos extremos como huracanes, tornados, inundaciones y sequías (Altieri 2013).

El cambio climático es experimentado directamente a través de sus efectos sobre los recursos hídricos. Algunos países ya están experimentando una grave reducción y escasez de agua o están llegando a los límites de sus reservas de recursos hídricos, lo cual, según el Programa Mundial de Evaluación de recursos Hídricos de la Naciones Unidas (UN-WWAP 2009), se agravaría aún más. Este alarmante declive de los recursos hídricos presenta una serie de impactos económicos y sociales, transformándose en uno de los principales retos para la sustentabilidad de los sistemas agrícolas y agroalimentarios, particularmente en regiones áridas y semiáridas del mundo (Maleksaeidi y Karami 2013).

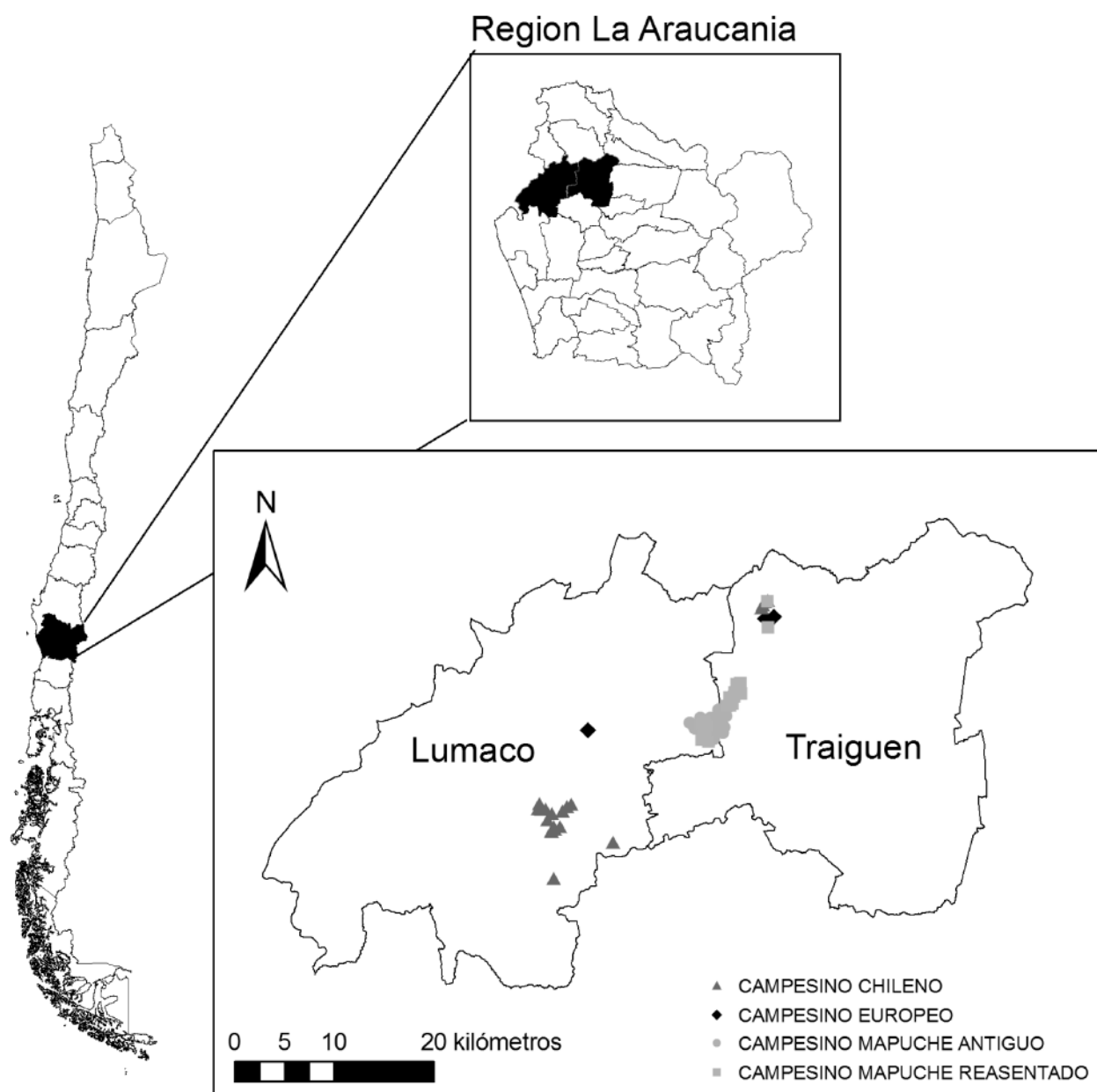
Actualmente uno de los principales enfoques o estrategias que desde el ámbito científico están siendo desarrollados para responder a los desafíos que los cambios ambientales, y en particular el cambio climático, están ejerciendo sobre la sustentabilidad de sistemas agrícolas, es la denominada "Resiliencia Socioecológica". A diferencia de la idea de la "capacidad de recuperación ante situaciones de stress o cambio" asociado habitualmente al concepto de resiliencia, Folke (2006) desarrolla el concepto de resiliencia socio-ecológica, la cual incorpora la idea de adaptación, aprendizaje, innovación, novedad y auto-organización de los sistemas, además de la capacidad general de persistir luego de la pertur-

bación. De acuerdo a Ríos *et al.* (2013), esta perspectiva resulta adecuada para el estudio de los sistemas agrícolas, porque en ellos las interacciones socioecológicas generan reajustes y cambios constantes en las dinámicas y estructuras del sistema, siendo necesario que estas interacciones se ajusten adaptativamente para que un sistema sea sustentable.

En general desde los organismos oficiales se considera que la población rural más pobre y que vive en áreas expuestas y marginales (lugares con suelos pobres o con topografía difícil) son muy vulnerables a los impactos negativos del cambio climático (Vargas 2007), y que los sistemas agrícolas menos tecnificados resultan ser mucho más susceptibles y menos adaptables al cambio climático que los modernos e intensivos (MINAGRI Chile 2010). Hipótesis alternativas consideran que justamente debido a la adaptación a estas condiciones de marginalidad y continuo cambio, los sistemas campesinos habrían desarrollado prácticas culturales, estrategias agroecológicas y formas de organización socioprodutiva que les conferirían mayor capacidad de resiliencia socioecológica que el de los sistemas modernos (Altieri 2013). Estudios sobre los impactos que genera el cambio climático, han obtenido resultados que muestran que muchos de estos agricultores campesinos se han adaptado a estas condiciones y minimizando las pérdidas en productividad, mediante prácticas como: mayor utilización de variedades locales tolerantes a la sequía, cosecha de agua, policultivos, agroforestería, recolección de plantas silvestres y una serie de otras prácticas culturales (Altieri y Nicholls 2009). Por consiguiente, las técnicas indígenas y tradicionales podrían ser una fuente imprescindible de información sobre la capacidad adaptativa que manejan los agricultores tradicionales (campesinos e indígenas) para enfrentar el cambio climático.

En esta línea de investigación sobre resiliencia socioecológica frente a efectos del cambio climático, este estudio se enfoca en el fenómeno de la sequía en la región de La Araucanía (Chile). Esta zona, según lo señalado en el informe final sobre variabilidad climática rea-





**Figura 1.** Localización de la región de La Araucanía en Chile, área de estudio y unidades familiares campesinas encuestadas y origen étnico de éstas.

lizado por CONAMA (2006), se advierten veranos más cálidos y pérdidas de pluviosidad del orden de un 40%, y en primavera de un 25%. Esta zona denominada "Secano Interior" se encuentra en la ladera oriente de la Cordillera de Nahuelbuta (800 msnm), la cual actúa como biombo climático disminuyendo las precipitaciones de la región y generando un marcado período de déficit hídrico (Rouanet *et al.* 1988). Del mismo modo, esta zona fue una de las primeras en ser apropiada por el Estado de Chile (desde 1860) y "colonizada" por chilenos y colonos extranjeros (suizos, italianos, alemanes, franceses), quienes en un periodo de 20 años quemaron más de 500.000 hectáreas de bosques para despejar suelos agrícolas y dedicarlos principalmente al cultivo de ce-

reales (Montalba 2011). El rápido agotamiento de estos frágiles suelos, la inviabilidad de la agricultura y el cambio del modelo político y económico de Chile a finales de los 70, condujo a otro rápido proceso de transformación, esta vez asociado a la expansión de plantaciones forestales de especies exóticas (principalmente pinos y eucaliptus) (Montalba *et al.* 2006). Luego de estos procesos de transformación del paisaje y degradación de los recursos prediales, las comunidades indígenas y grupos campesinos han quedado relegados a suelos marginales y rodeados de plantaciones forestales exóticas, agravando la situación de escasez de recursos hídricos. No obstante que en muchos casos los continuos cambios han provocado el colapso de los sistemas produc-

tivos campesinos y su migración a centros urbanos, se considera que muchos de ellos han logrado desarrollar prácticas, estrategias y/o modos de organización, que les han permitido resistir y adaptarse a este proceso y sobrevivir en el tiempo.

## 2. MÉTODOS

### 2.1. Área de estudio

El área de estudio corresponde a las comunas de Traiguén y Lumaco (Fig. 1) ubicadas en la región de La Araucanía (Chile), entre los 37°35' y los 39°35' de latitud Sur y desde 70°50' longitud Oeste hasta el Océano Pacífico con una superficie de 31.858,4 km<sup>2</sup>. El clima es templado con influencia mediterránea con veranos calurosos e inviernos fríos. Destaca una estación seca prolongada que se extiende entre de 5 a 6 meses o más a partir de octubre (Rouanet *et al.* 1988). Además el fenómeno climático El Niño y La Niña afectan en forma importante el clima de esta zona, generando precipitaciones más altas durante El Niño y extremadamente bajas durante La Niña. Los suelos son principalmente derivados de cenizas volcánicas antiguas y la topografía es ondulada a quebrada. La tala de bosque nativo, el monocultivo de trigo, y el pastoreo no controlado, han provocado un grado de erosión de medio a severo en al menos un 40% de la superficie total (Montalba 2011). Otro factor relevante lo constituye la "diversidad étnica", conformada por comunidades mapuches, campesinos chilenos y colonos extranjeros. Estas características hacen de estas comunas un lugar interesante desde el punto de vista de las posibles adaptaciones que los sistemas de agricultura familiar campesina pueden tener para afrontar las condiciones de sequías.

### 2.2. Identificación y caracterización de Comunidades de estudio

Las comunidades campesinas del área de estudio se tipificaron de acuerdo a criterios de origen étnico (chileno, mapuche, ascendencia europea) y período de asentamiento (antiguo, actual). En función a estos criterios fueron seleccionados cuatro "comunidades campesinas", una representativa de cada tipo. Las comunidades campesinas seleccionadas se describen a continuación:

- C.1 (*mapuche tradicional*): Esta corresponde a la comunidad indígena (mapuche) del sector de Pantano comuna de Lumaco, la mayor parte de los agricultores han vivido toda su vida en el sector y sus tierras las obtuvieron por sucesión (herencias). Cada unidad familiar posee entre 1 a 8 há aproximadamente, y está representado por 140 familias.
- C.2 (*mapuche reasentado*): esta comunidad corresponde a agricultores provenientes de la comunidad ancestral del sector de pantano, los cuales se han trasladado a este sector después de la adquisición

de tierras mediante el fondo de compras de tierra de la Corporación Nacional de Desarrollo Indígena (CONADI) en 2001, siendo beneficiados con 15 há por familia. Está representada por 149 familias.

- C.3 (*descendientes de colonos europeos 1890-1910*): no obstante que mantienen relaciones entre ellos (sociales, económicas, culturales), lo cual las permite ser consideradas para efectos de este estudio como una "comunidad campesina". En la práctica se encuentran agrupadas en dos localidades no contiguas entre sí. Poseen superficies prediales que varían entre 10 y 90 hectáreas y está representada por aproximadamente 45 familias

- C.4 (*chileno*): la mayor parte de estos se concentran en la comuna de Lumaco en el sector de "Pichipillahuen", con un promedio aproximado de 10 há por unidad familiar. Se encuentran radicados hace muchos años en el sector siendo la mayor parte de ellos pertenecientes a cinco o seis familias de colonos chilenos que llegaron a la zona a principios del siglo XX.

### 2.3. Recolección de Información socioeconómica y productiva

Para la recolección de la información socioeconómica y productiva se utilizó una encuesta que se aplicó en terreno y con facilitadores culturales reconocidos por las comunidades. Fueron encuestados 73 campesinos, distribuidos a modo de conformar a un número estadísticamente representativo de cada tipología de comunidad campesina estudiada (Fig. 1). La campaña de terreno se realizó entre los meses de Febrero y abril de 2013. La encuesta se complementó con entrevistas individuales o grupales (familia) a los campesinos y/o sus dirigentes. Del mismo modo, la encuesta permitió corroborar información secundaria y registrar información georeferenciado sobre la biodiversidad cultivada presente en los predios.

### 2.4. Recolección y análisis de información territorial y del paisaje

Se recopiló y analizó información geográfica para determinar la ubicación de las comunidades de estudio. Asimismo, el valor de algunas variables que conforman el IHR se determinó en base a información territorial, tal como el porcentaje de cobertura de las plantaciones forestales. Toda la información territorial fue analizada el programa ArcGIS 10.1 (ESRI 2013).

### 2.5. Evaluación de Resiliencia

Para determinar los niveles de resiliencia a condiciones de escasez hídrica fue utilizado el Índice Holístico de Riesgo (IHR) propuesto por Barrera *et al.* (2011). Esta metodología considera tres elementos principales para establecer el riesgo: la amenaza, la vulnerabilidad y la capacidad de respuesta (recuperación del sistema). Se-

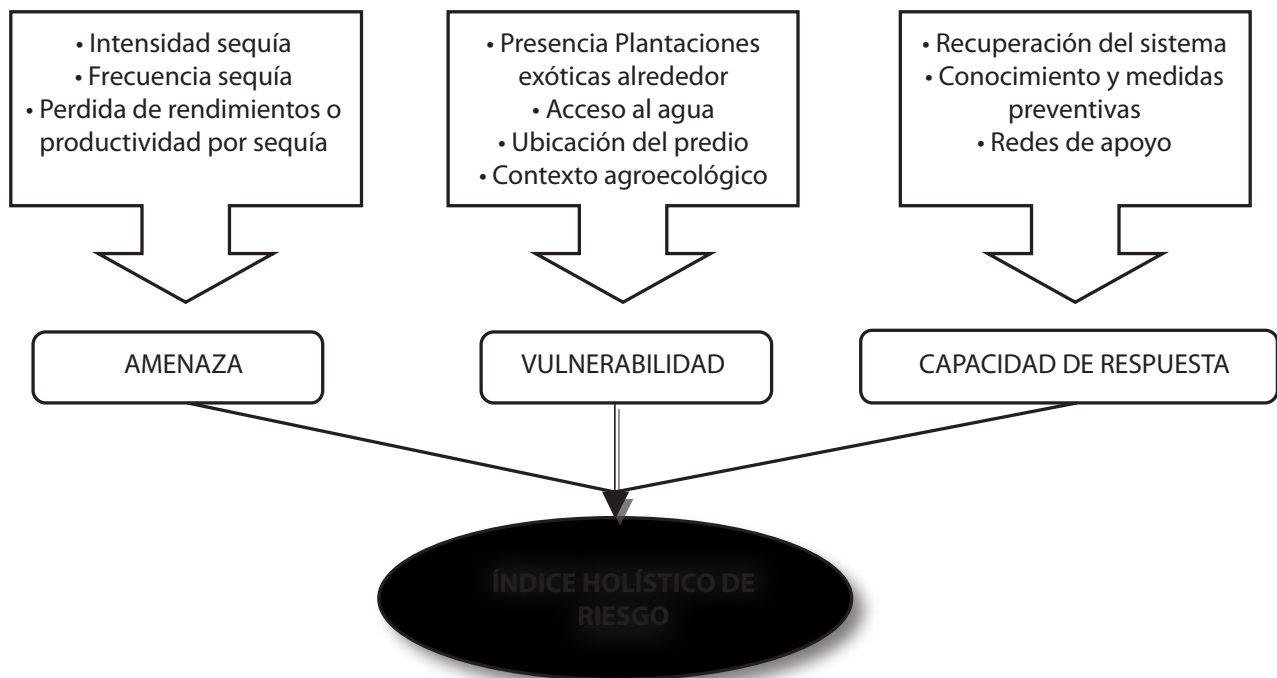
gún lo señalado por Altieri (2013), esta metodología nos puede llevar a un modelo que nos permita establecer niveles de resiliencia en predios afectados por eventos climáticos extremos. De esta forma, el riesgo resulta de la relación entre *Amenaza*, *Vulnerabilidad* y *Capacidad de respuesta* como se muestra a continuación:

$$\text{Riesgo} = \frac{\text{Amenaza} + \text{vulnerabilidad}}{\text{Capacidad de respuesta}}$$

Donde se define "**Riesgo**" como la probabilidad de que un proceso amenazante pueda afectar un área por un período específico de tiempo (huracán, sequía, inundación) y que signifique un cambio en el medio ambiente que ocupa una comunidad determinada de productores. Por su parte la vulnerabilidad denota la incapacidad de una comunidad de productores para absorber, mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, o sea su inflexibilidad o incapacidad para adaptarse a ese cambio, que para la comunidad de productores es un riesgo. La vulnerabilidad determina la intensidad de los daños que puede producir la ocurrencia efectiva del "proceso" de la comunidad. La "*amenaza*" (para una comunidad de productores) se considera como la probabilidad de que ocurra un riesgo (intensidad, frecuencia) frente al cual esa comunidad en particular y sus predios son vulnerables. Y finalmente la "*capacidad de respuesta*" se define como los atributos que posee un predio y las estrategias y manejos que usan los productores para reducir los riesgos de eventos climáticos y para resistir y recuperarse de los daños causados por dichos eventos. Desde este concepto podemos hablar de

adaptación ya que este se refiere a los ajustes que hacen los agricultores para reducir sus riesgos.

En este estudio se construyó el IHR en base a la amenaza, vulnerabilidad y capacidad de respuesta. A su vez, cada uno de estos tres componentes del IHR se estimó en base a 3 o 4 variables que promediadas permitieron darles un valor (Fig. 2). **Variables de amenaza.** (i) "intensidad de la sequía (*duración*)", (ii) "frecuencia de sequías" (número de eventos/años) y (iii) "reducción de rendimiento de los cultivos" (quintales/ha), fueron determinados por medio de la encuesta socioproductiva y la percepción de los campesinos respecto de la tendencia en los últimos 10 años. **Variables de vulnerabilidad.** (i) "superficie de plantaciones forestales" (%), utilizando la "cobertura de plantaciones forestales" (Conaf-Conama 1999) con la ubicación del predio encuestado se determinó el porcentaje del área ocupado por plantaciones forestales en un radio de 0.5 km. Cabe destacar que en el área de estudio hay presencia de empresas forestales y muchos predios del sector son utilizados con este fin. (ii) "Acceso al agua", fue determinado por medio de la encuesta socioproductiva y la percepción de los campesinos respecto de su tendencia en los últimos 10 años (entrevistas). (iii) "Contexto agroecológico", fue determinado por la evaluación a nivel predial de tres elementos en terreno: (1) número de subsistemas productivos, (2) número de especies vegetales por cada uno de ellos y (3) el número de variedades (o ecotipos) de cada especie cultivada y silvestre presente en cada sub sistema. **Variables de capacidad de respuesta.** (i) "nivel de recuperación del sistema" se relacionó con la identificación y utilización de especies vegetales cultivadas y/o variedades (ecotipos locales) que resistan o se re-



**Figura 2.-** Esquema explicativo sobre los indicadores utilizados para determinar los valores de "amenaza", "vulnerabilidad" y "capacidad de respuesta" de las unidades campesinas estudiadas, así como el cálculo del Índice Holístico de Riesgo (IHR).

cuperen de períodos de sequía, obtenidos por medio de la encuesta socioproductiva, entrevistas y evaluación predial en terreno. (ii) “nivel de conocimiento y toma de medidas preventivas”, se relacionó con el conocimiento que tiene el agricultor y las medidas preventivas que éste realiza en su predio para enfrentar las sequías. Se obtuvo con la encuesta socioproductiva y entrevistas a campesinos. Finalmente, (iii) “redes de apoyo asociadas” se refiere a si el agricultor cuenta con redes sociales, organizaciones o instituciones (ONG, Gobierno u otras) que lo apoyen en períodos de escasez hídrica o sequías. Estas variables también fueron obtenidas por medio de encuesta socioproductiva y entrevistas, aplicándose además un proceso de análisis de redes para determinar la “magnitud” y complejidad de las mismas. Todas las variables se midieron en una escala entre 0 y 100.

## 2.6. Análisis estadístico

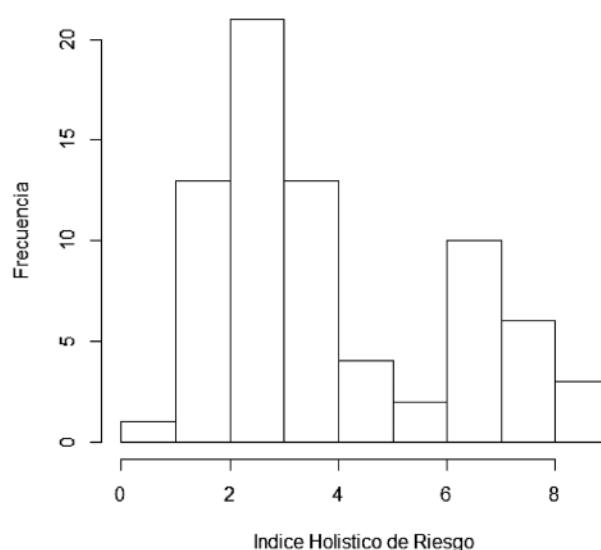
Se realizó un análisis descriptivo a las principales variables de cada uno de los indicadores. A los valores de los indicadores evaluados se les realizaron pruebas estadísticas de normalidad y posteriormente la correspondiente prueba de comparación de grupos (entre las tipologías campesinas consideradas). Los datos presentaron distribuciones no paramétricas por lo que para evaluar si el tipo de comunidad campesina tiene efecto en el IHR se utilizó la prueba de comparación de grupos Kruskal-Wallis. También se analizó la correlación con el Coeficiente de Spearman, para evaluar tanto la correlación entre los indicadores utilizados como para la correlación entre éstos y el IHR. Esto último con el objetivo de determinar la importancia de las variables recopiladas en terreno en el IHR. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa R v.2.15.0 (R Development Core Team 2012).

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Índice Holístico de Riesgo (IHR) y resiliencia socioecológica

La evaluación de las distintas variables relacionadas a los indicadores seleccionados en las 73 unidades familiares campesinas estudiadas, y el posterior cálculo IHR, muestran que una gran mayoría de las unidades campesinas (más del 70%) presentan valores de IHR menores a 4, destacando que 35 de éstas (48%) presentan valores menores a 2 (Fig. 3), lo cual de acuerdo a Barrera (2011) corresponden a niveles de riesgo bajo a muy bajo o, de acuerdo a Altieri (2013) a niveles altos o muy altos de resiliencia socioecológica (Tabla 1).

Los valores de IHR encontrados, así como su relación inversa con los niveles de resiliencia socioecológica, se condice con la realidad de la zona de estudio. La crisis del petróleo y alzas del precio del dólar de los años 80, sumado a la baja del precio de los granos y productos agrícolas, hicieron inviables gran parte de los sistemas cerealeros medianos y grandes de la zona, motivo por el cual numerosos agricultores endeudados vendieron



**Figura 3.** Frecuencia de valores de Índice Holístico de Riesgo (IHR) de comunidades campesinas del Secano Interior de La Araucanía Chilena (N=73).

**Tabla 1.** Relaciones entre valores IHR, nivel de riesgo y niveles de resiliencia socioecológica (en base a Barrera *et al.* 2011 y Altieri 2013)

Valor IHR	Nivel Riesgo	Nivel Resiliencia socioecológica
< 1	muy bajo	muy alto
1-2	bajo	Alto
2.1-4	medio	Medio
>4	alto	Bajo
>8	Muy alto	Muy bajo

sus predios a empresas forestales, las cuales establecieron extensas superficies de plantaciones para abastecer la industria de la celulosa promovida por las políticas económicas del estado de Chile a partir del decreto de ley 701 de fomento forestal. A diferencia de lo ocurrido en estas unidades de agricultura “empresarial moderna”, parte importante de los sistemas campesinos lograron sobrevivir este proceso, denotando una mayor resiliencia ante eventos económicos y de mercado (Montalba *et al.* 2011). En consecuencia, los altos niveles de resiliencia socioecológica encontrados en este estudio a condiciones de escasez hídrica y sequía son plausibles.

### 3.2. Índice Holístico de Riesgo (IHR) y niveles de resiliencia de tipologías campesinas

Los valores obtenidos para cada variable que compone los índices de amenaza, vulnerabilidad y capacidad de respuesta, expresados en escalas de 0 a 100 en función al “tipo” de campesino, son presentados en la Tabla 2. Mediante la ponderación equitativa de las variables asociadas a cada uno de estos indicadores fueron calculados a su vez los respectivos IHR en función a los “tipos” de campesinos estudiado (Tabla 3)

**Tabla 2.** Valores (mediana, máximo y mínimo) de indicadores de amenaza, vulnerabilidad, capacidad de respuesta, según tipología de campesino estudiada.

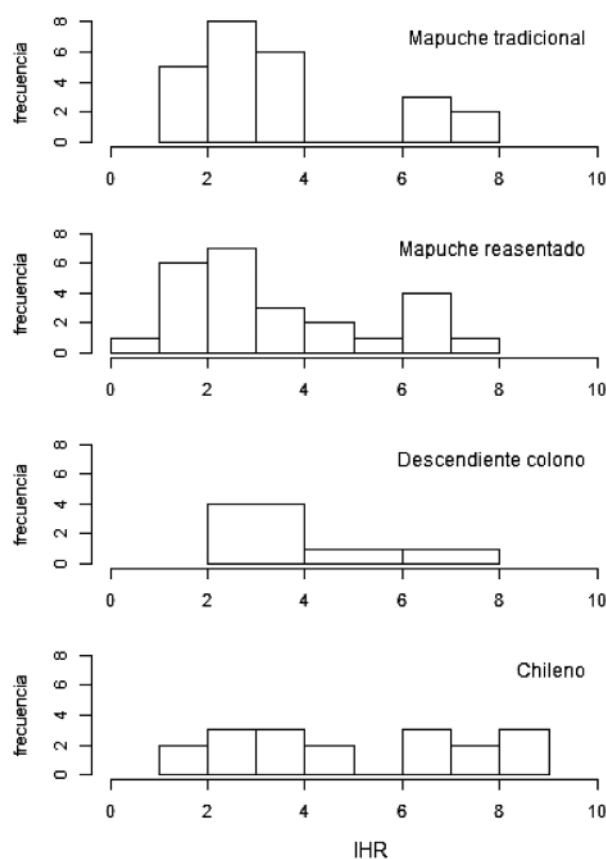
Indicadores	Amenaza			Vulnerabilidad				Capacidad de Respuesta		
Tipo Campesino	Int. sequía	Frecuencia	Perdida cultivos	% plant. for	Acceso al agua	Ubicación	Contexto agroecol.	Nivel de recup.	Nivel de conoc.	Redes de apoyo
<b>C.1</b> mapuche tradicional (N=24)	<b>33</b> (0-66)	<b>100</b> (0-100)	<b>100</b> (0-100)	<b>0</b> (0-100)	<b>99</b> (66-99)	<b>33</b> (33-33)	<b>40.9</b> (18-68.8)	<b>100</b> (0-100)	<b>50</b> (0-50)	<b>0</b> (0-50)
<b>C.2</b> Mapuche Reasentado (N=25)	<b>33</b> (0-99)	<b>100</b> (0-100)	<b>100</b> (0-100)	<b>0</b> (0-100)	<b>99</b> (33-99)	<b>33</b> (0-33)	<b>35.7</b> (13.7-63.9)	<b>100</b> (0-100)	<b>50</b> (0-100)	<b>0</b> (0-100)
<b>C.3</b> Descendiente colono (N=6)	<b>49.5</b> (0-66)	<b>100</b> (0-100)	<b>75</b> (50-100)	<b>12.5</b> (0-100)	<b>99</b> (33-99)	<b>0</b> (0-33)	<b>35.6</b> (13.9-79.3)	<b>0</b> (0-100)	<b>50</b> (0-100)	<b>0</b> (0-50)
<b>C.4</b> Chileno (N=18)	<b>33</b> (0-66)	<b>100</b> (0-100)	<b>50</b> (50-100)	<b>25</b> (0-100)	<b>82.5</b> (33-99)	<b>33</b> (0-66)	<b>50.255</b> (24.9-89.6)	<b>0</b> (0-100)	<b>50</b> (0-50)	<b>25</b> (0-100)

**Tabla 3.** Valores (moda, mínimo y máximo) de amenaza, vulnerabilidad, capacidad de respuesta e Índice Holístico de Riesgo (IHR), según tipología de campesino estudiada.

Tipo campesino	Amenaza	Vulnerabilidad	Cap. de Respuesta	IHR
<b>C.1</b> mapuche tradicional (N=24)	<b>77.7</b> (11-88.7)	<b>42.8</b> (32.5-69.2)	<b>26.4</b> (16.7-66.7)	<b>2.3</b> (1.7-7.9)
<b>C.2</b> mapuche reasentado (N=25)	<b>66.5</b> (16.7-99.7)	<b>42.2</b> (19.9-64.2)	<b>50</b> (16.7-100)	<b>2.1</b> (0.9-7.8)
<b>C.3</b> descendiente colono (N=6)	<b>87.9</b> (16.7-88.7)	<b>43.5</b> (17.1-62.9)	<b>16.7</b> (16.7-50)	<b>2.4</b> (2.0-7.7)
<b>C.4</b> chileno (N=18)	<b>69.2</b> (33.3-88.7)	<b>45.2</b> (22.7-76.9)	<b>16.7</b> (16.7-50)	<b>3.2</b> (1.5-8.9)

Los resultados obtenidos indican que el IHR es diferente entre los grupos, siendo el tipo de campesino lo que explica esta diferencia (Kruskal-Wallis,  $X^2 = 6.8$ ,  $df = 3$   $p = 0.079$ ). Esto coincide con la frecuencia de los valores del IHR diferenciado para cada "tipo" de campesino (Fig. 4), donde la mayor parte de los casos que presentan niveles medios a bajos (medias a altos de resiliencia) correspondieron principalmente a predios de campesinos mapuche (C.1 y C.2) y descendientes de colonos (C.3), y la mayor parte de los casos que presentan valores de IHR alto o muy alto (baja o muy baja resiliencia) correspondieron a campesinos chilenos (C.4).

Mediante el análisis de correlación se determinó el nivel de asociación de las variables evaluadas para cada indicador. Las tres variables evaluadas para el indicador "Capacidad de Respuesta" fueron las que presentan el mayor nivel de correlación ( $-0.88$ ,  $p < 0.01$ ) con el IHR. De las tres variables que lo componen, la variable más correlacionadas consistió en la presencia de especies tolerantes a la sequía o de rápida recuperación ante el fenómeno ( $-0.58$ ,  $p < 0.01$ ). En el caso de los campesinos chilenos (C.4) el IHR fue mayor, ya que la mayor parte de ellos no identifican este tipo de especies ni de variedades tolerantes a la sequía. En el caso de los colonos extranjeros (C.3), pese a conservar algunas prácticas antiguas y variedades de cultivos alimenticios traídos por los primeros colonos, señalan que han perdido muchas prácticas agrícolas antiguas, pero que a su vez han adquirido varias otras por medio del contacto y vínculos que

**Figura 4.** Histogramas de valores de IHR obtenidos para cada tipo de campesino.



mantienen con campesinos mapuche. Como ejemplo de lo anterior, el "campesino colono" que obtuvo el valor más bajo de IHR indicó que utilizaba variedades y formas de cultivo de éstas (tiempo de siembra, asociaciones) aprendidas de los mapuche, las cuales le "habrían dado resultado". Por su parte, los campesinos mapuche, independientemente del tiempo de radicación en el predio (C.1 y C.2) presentan una mayor proporción especies y/o variedades tolerantes a condiciones de déficit hídrico o que se recuperan de éste.

#### 4. CONCLUSIONES

A diferencia de lo planteado desde las fuentes oficiales (MINAGRI), que consideran que los sistemas agrícolas más tecnificados y modernos presentan mayor capacidad de resiliencia a cambios globales, tales como el cambio climático, este estudio plantea que dichas consideraciones son parciales dado que sólo consideran en su análisis las variaciones en los rendimientos productivos y económico frente a variaciones climáticas (como el aumento de la temperatura y la escasez hídrica), pero no integran variables más complejas como las socioecológicas y culturales que evidenciarían un proceso histórico de cambio y adaptación a condiciones adversas. Estas adaptaciones se encuentran en mayor grado en los sistemas agrícolas campesinos que han desarrollado prácticas culturales, estrategias agroecológicas y formas de organización socioproductiva que les conferirían mayor capacidad de resiliencia socioecológica para enfrentar los cambios ambientales globales.

Debido a los distintos procesos de coevolución y modos culturales de vinculación hombre-naturaleza, la capacidad de resiliencia socioecológica puede en parte depender del origen étnico de las comunidades campesinas (mapuche, chileno y colono extranjero).

Finalmente es importante destacar que los niveles de agrobiodiversidad de cultivos alimenticios presentes en las comunidades campesinas de La Araucanía, así como los sistemas de conocimiento y las estructuras socioproductivas vinculadas a su conservación, se encuentran directamente relacionadas con su capacidad de resiliencia socioecológica.

#### Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento Conicyt Chile proyecto Fondecyt N° 1120790 y Programa MEC; a IDRC Canadá proyecto N° 106963-001.

#### Referencias

Altieri MA, Nicholls CI. 2009. Cambio climático y agricultura campesina impactos y respuestas adaptativas. *LEISA revista de agroecología* 14: 5-8.  
Altieri MA. 2013. "Construyendo resiliencia socio-ecológica en agroecosistemas: algunas consideraciones conceptuales y metodológicas". En *Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático* (Nicholls CI, Ríos LA, Altieri MA, eds). Proyecto REDAGRES. Medellín, Colombia, 94-104 pp.

Barrera J, Gamboa W, Gómez J, Valle J. 2011. Método Holístico para la toma de decisiones en manejo de plagas. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) Tapachula, Chiapas, México.  
CONAF -CONAMA. 1999. Catastro y evaluación de recursos Vegetacionales nativos de Chile. Proyecto CONAF-CONAMA-BIRF.  
CONAMA, 2006. Estudio sobre la Variabilidad Climática de Chile para el Siglo XXI.  
ESRI, 2013. ArcGIS Desktop versión 10.1. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.  
Folcke C. 2006. Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. *Global Environmental Change* (16) 253-267.  
IPCC. 2007. Climate change: impacts, adaptation and vulnerability- summary.  
Ministerio Nacional de Agricultura (MINAGRI), 2010. "El cambio climático en el sector Silvoagropecuario de Chile". Gobierno de Chile.  
Maleksaeidi H, Karami E, 2013. Social-Ecological Resilience and Sustainable Agriculture Under Water Scarcity, *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 37(3):262-290.  
Montalba R. 2011. Historia de la transformación del sistema hombre en el medioambiente en el secano interior de la IX Región de Chile. Una Aproximación agroecológica. *Revista CUHUSO* 8: 18-38.  
Montalba R, Carrasco N, Araya J. 2006. The Economic and Social Context of Monoculture Tree Plantations in Chile. *World Rainforest Movement (WRM)*.  
R Development Core Team, 2012. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.r-project.org>  
Ríos L, Salas W, Espinosa J. 2013. Resiliencia socioecológica de los agroecosistemas. Mas que una externalidad. En *Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático* (Nicholls CI, Ríos LA, Altieri MA, eds). Proyecto REDAGRES. Medellín, Colombia, 60-76 pp.  
Rouanet M, Romero L, Oriella Y, Demanet F. 1988. Áreas Agroecológicas en la IX Región.  
UN-WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). 2009. Climate change and water: a world water assessment programme. Special report by the United Nations World Water Assessment Programme. <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001863/186318e.pdf>  
Vargas A. 2007. Cambio climático, agua y agricultura Desde la Dirección de Liderazgo Técnico y Gestión del Conocimiento-IICA 1: 13-23.

# PERCEPCIONES Y ESTRATEGIAS DE LOS CAMPESINOS DEL SECANO PARA MITIGAR EL DETERIORO AMBIENTAL Y LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN CHILE

**Agustín Infante L<sup>1</sup>, Felipe Infante C<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Centro de Educación y Tecnología (CET), Yumbel, Casilla 66, Región del Biobío, Chile. [cetbiobio@gmail.com](mailto:cetbiobio@gmail.com); <sup>2</sup>University of Florida, Gainesville, Florida, 32603, EE.UU. [infante@ufl.edu](mailto:infante@ufl.edu)

## Resumen

Este estudio presenta, por un lado, una serie de problemáticas ecológicas y socioeconómicas que afectan directamente a las familias campesinas que habitan la zona denominada "Secano Interior" de la Región del Biobío, Chile. Estas problemáticas son diversas tanto en su procedencia como en su naturaleza, es por esta misma razón es que para este estudio se propone una metodología y enfoque interdisciplinario. Por otro lado, este estudio aborda estas problemáticas a través de las estrategias adoptadas y gestadas por las familias campesinas para afrontar esta dinámica y progresiva crisis socio-ambiental. Estrategias que deben ser observadas con atención, ya que consisten de conocimiento materializado y puesto a prueba, y que responden también a una propuesta más agroecológica para el futuro del campo chileno.

**Palabras clave:** agricultura campesina, secano interior, cambio climático, estrategias de adaptación, agroecología

## Summary

**Dry-land peasant's perceptions and strategies aimed to the mitigation of environmental degradation and the effects of climate change in Chile.**

This study describes a number of ecological and socioeconomic problems that directly affects the peasant families that inhabit the called area of "Secano Interior" (Interior dry-land) present in the Biobío region in Chile. These problematic are diverse not only in their origin, but also, in their nature, for reason is that this study proposes an interdisciplinary methodology to approach such multitude of factors. The study also focuses on the strategies adopted and engendered by the peasant families in order to face this dynamic and progressive socio-environmental crisis. These strategies must be observed with care, as they are rooted in time tested materialized knowledge, and that also respond to a more agroecological proposal for the Chilean countryside.

**Key words:** peasant agriculture, climate change, adaptation strategies, agroecology

## INTRODUCCIÓN

Los campesinos de Región del Biobío de Chile, particularmente, las comunidades de Yumbel, San Rosendo y Florida, viven en condiciones socio-económicas bastante complejas, situación generada, entre otros fenómenos, por la ejecución de prácticas agrícolas y ambientales inadecuadas para el contexto, estas prácticas en la mayoría de los casos apuntaron a la sobreexplotación de los recursos alejadas de la sustentabilidad y el conservacionismo necesarios para la zona. Estas prácticas, ejecutadas por las generaciones anteriores al siglo pasado han terminado por agotar gran parte de los recursos naturales presentes en la zona. La agricultura, principal

recurso de la población de este sector, ha estado sumida por décadas en la marginación y pobreza, producto de un fuerte deterioro ambiental donde la erosión del suelo, la falta de agua y la pérdida de biodiversidad se constituyen en los problemas más graves y difíciles de revertir (Infante 2004). Hoy en día los efectos del cambio climático se suman a los problemas señalados, y dramatizan aun más, la permanencia de los campesinos de esta zona.

La lucha por la supervivencia, la expansión de las empresas forestales, la parcelación y el abandono de los predios, hace que se siga ejerciendo, cada vez más, presión sobre la tierra. Estas prácticas tradicionales, ejecutadas desde aproximadamente los dos últimos siglos, han

propiciado progresivamente el deterioro de los recursos, fragilizando el sistema ecológico, agravando la pobreza y comprometiendo el futuro de las siguientes generaciones. Sin embargo, también en el mismo territorio, existe un grupo de agricultores que están buscando y aplicando nuevas prácticas agrícolas sustentables, así como también instituciones de formación agroecológica que se esfuerzan en la conservación de estos agroecosistemas.

De esta forma, conocer la percepción del cambio climático que tienen los habitantes de esta zona agroecológica, describir las diferentes acciones que han adoptado para mitigar esos cambios y saber la opinión que les provoca las prácticas que propone la agroecología, se hace imprescindible para desarrollar y proponer estrategias para apoyar a la sobrevivencia y desarrollo sostenible de estas comunidades campesinas y del mundo rural en general.

## OBJETIVOS

1. Conocer la percepción que las comunidades campesinas tienen sobre la problemática en que están inmersos visto desde el deterioro de los recursos naturales y del cambio climático.
2. Identificar y sistematizar prácticas y adaptaciones productivas desarrolladas por comunidades campesinas del secano en condiciones de pérdida de los ecosistemas y cambio climático.
3. Cuantificar el valor que los agricultores otorgan a diferentes prácticas agroecológicas de restauración ecológica y de mitigación de los efectos del cambio climático.

## DESCRIPCIÓN DE LA COMUNIDAD DONDE SE DESARROLLA LA INVESTIGACIÓN

### Características biofísicas

El estudio se llevó a cabo en la comuna de Yumbel, Florida y San Rosendo, Región del Biobío (región que integra la Macrozona Centro-Sur del país), durante la temporada 2012-2013.

Con respecto a la ubicación geográfica de estas comunas, ésta se localizan aproximadamente entre las coordenadas 36°55' de latitud sur y 72°26' y 72°34' de longitud oeste. Su emplazamiento corresponde a un sector de transición entre la vertiente oriental de la Cordillera de la Costa y la franja occidental de la Depresión Intermedia, al norte del río Laja. Aproximadamente, el 60% de su territorio pertenece al ámbito de la Cordillera de la Costa y un 40% a la Depresión Intermedia. Desde el punto de vista de la asociatividad funcional y productiva, estas comunas forman parte del territorio de planificación denominado "Secano Interior" de Concepción y Biobío (PLADECO 2013).

Las condiciones climáticas de las comunas de Yumbel, San Rosendo y Florida se encuentran fuertemente

afectadas por el factor orográfico de la Cordillera de la Costa y la presencia cercana del Valle del Bio-Bío. Ambos factores ejercen influencia sobre las precipitaciones y temperaturas. Se ha definido el clima de esta zona como clima mediterráneo (templado cálido), de fuerte amplitud térmica, con 6 meses secos (desde Octubre hasta Marzo). Las precipitaciones presentan niveles cercanos a los 1100 mm anuales, concentrándose el 75% del agua caída entre Mayo y Septiembre (Maldonado 2004). Esto determina que el agua disponible para los cultivos dure hasta Octubre. El Índice de Humedad (IH) durante todo el verano, es menor que 0,5, lo que significa que en esta época existe un déficit hídrico (Del Pozo y Del Canto, 1999). El mes más seco es Enero con 16 mm, mientras que el mes más lluvioso es Junio con 256,4 mm. La temperatura media anual es de 13,7°C, siendo la media del mes más cálido (Enero) de 20,6°C y la media del mes más frío (Julio) de 8,2°C. Normalmente no presentan temperaturas bajas tan extremas, siendo frecuentes las heladas en los meses de Agosto y Septiembre.

Los suelos que predominan corresponden a Alfisoles de la Serie Cauquenes. Son suelos derivados de rocas graníticas que ocupan posiciones de cerros con pendientes muy abruptas o sectores intermedios en lomas con pendientes suaves a moderadas. Son suelos moderadamente profundos, de textura franco arcillo arenosa, con bajos niveles de macronutrientes y materia orgánica. El pH es normalmente inferior a 6. Además, presentan una muy baja capacidad de retención de humedad, aproximadamente 8% (Del Pozo y Del Canto 1999).

Son suelos susceptibles a la erosión hídrica y actualmente se encuentran muy degradados. La intensa erosión de manto ha producido un horizonte A delgado o superficial, e incluso la pérdida de casi la totalidad del suelo en algunos sectores. Los suelos son agrupados en la Clase VI y Clase VII de uso, ya que presentan serias limitaciones que restringen el establecimiento de cultivos, de modo que su aptitud se limita al crecimiento de pradera y uso forestal (PLADECO 2013). Sin embargo, los sectores de lomas son aptos para el cultivo de algunos cereales (avena, trigo, centeno, cebada) y viñas en pendiente (Ovalle y Del Pozo 1994).

Además de las heladas que afectan a los cultivos de la zona, las temperaturas extremas entre invierno (Junio – Julio – Agosto) y verano (Diciembre – Enero – Febrero) y especialmente la concentración de lluvias ya indicada, son los principales riesgos naturales climáticos de la agricultura de estas comunas.

### Características socio-económicas

La actividad económica más importante en estas comunas es la agricultura. Según la Instituto Nacional de Estadística (INE) este sector de actividad emplea a 52% de los ocupados.

Estas comunas han sido clasificadas como dentro de las 100 comunas más pobres del país. No existen industrias y la población ha vivido principalmente del comercio y de las actividades que ocurren durante las festividades religiosas y estivales. Estos índices están relacionados al deterioro ambiental, también se reflejan en todos los ámbitos de las comunas. Las problemáticas socioeconómicas presentes en la comuna abarcan una serie de aristas, no solo las más directas como salud, transporte, alimentación, etc. También, desde un punto de vista demográfico, la migración campo-ciudad y el abandono de la zona rural se presenta de forma más indirecta como un potenciador importante del círculo vicioso de pobreza y degradación ambiental (Infante 2011).

### **Limitaciones físico-ambientales para la agricultura campesina**

Las principales limitantes de la agricultura de estas tres comunas son las restricciones ligadas a las características de los suelos; suelo erosionado con baja potencialidad agrícola. El contenido de materia orgánica y los bajos niveles de N, P, y K, producto del intensivo cultivo de los suelos con los sistemas tradicionales, limitan los rendimientos de los cultivos. Así mismo, erróneas técnicas de manejo y labranza de suelos han traído consigo la erosión de un alto porcentaje de los suelos del secano, marginándose por completo del uso productivo y provocando serios problemas de sedimentación de los cursos de agua y como consecuencia, los suelos más bajos o vegas han recibido toda la sedimentación de los lomajes y han sido enterrados por capas de arena infértil.

La pérdida de fertilidad de los suelos a causa de la erosión, incide negativamente en los rendimientos y rentabilidad de las producciones futuras. Además, la escasa precipitación, y su mala distribución, característica del clima mediterráneo, es una limitante importante. Del punto de vista climático existen, además, otras limitantes, como son las horas de frío, el periodo libre de heladas, y la humedad relativa. Las condiciones anteriormente descritas se han visto agravadas los últimos años por los efectos del cambio climático.

### **EVENTO CLIMÁTICO QUE AFECTA A LA COMUNIDAD**

Los últimos años se han caracterizado por la escasa precipitación, su mala distribución, heladas fuera de temporada e intensos calores estivales.

### **METODOLOGÍA**

#### **Enfoque metodológico**

Para el desarrollo de esta investigación se trabajó desde un enfoque interdisciplinario, enfatizando la interacción entre los aspectos sociales y ecológicos que

proponen la ecología política y la agroecología. Se tomó como base para esta investigación la metodología en construcción de REDAGRES basado principalmente en Guía para el Diagnóstico de Resiliencia.

#### **Unidades de Análisis**

El estudio se realizó con familias que viven en el secano y que responden plenamente a las problemáticas que fue planteada en los objetivos, y que además, se circunscriben a las comunas de Yumbel, Florida y San Rosendo del secano y la cuenca del río Biobío.

#### **Población de Estudio y Muestra**

La población la constituyen los agricultores (dueños) de los predios de las comunas mencionadas y las unidades de análisis. Se determinó una muestra representativa intencionada y biotípica.

#### **Metodología investigativa**

##### **1.- Investigación sociocultural cualitativa**

Para esto se realizaron entrevistas semi-estructuradas en profundidad, la información obtenida se organizó desde dos enfoques principales:

- Percepción y temporalidad: En este contexto se clasificaron las percepciones y relatos entregados en relación a si se referían del pasado, presente o futuro. De esta forma se buscó contraponer las percepciones (fundamentalmente ecológicas y socioeconómicas) del pasado con el presente, junto con asociar esto a sus proyecciones a futuro.
- Estrategias concretas: Correspondiente a las técnicas y metodologías adoptadas por los entrevistados en respuesta al cambio climático, acá por sobre las percepciones se focalizó en las estrategias, además de la forma y los medios necesarios para implementarlas.

A través de estos dos enfoques se pretende analizar y presentar la información sociocultural relacionada a los efectos del cambio climático en la zona determinada y, sobre todo, profundizar en las estrategias adoptadas por las familias campesinas que habitan esta zona.

2.- Para profundizar en la búsqueda de respuestas adaptativas se realizaron encuestas técnicas dirigidas. Las encuestas fueron realizadas en tres comunas ubicadas en el secano costero de la provincia de Biobío estas son: San Rosendo, Yumbel y Florida. En cada comuna se eligieron 15 agricultores para ser entrevistados, cuya característica principal corresponde a que son hijos de agricultores y nacidos en la zona.

3.- Con el objetivo de cuantificar el valor que los agricultores otorgan a diferentes prácticas agroecológicas se realizaron dos acciones de capacitación, acompañadas posteriormente de encuestas individuales y grupos focales.



**Acción 1:** Tres cursos de “Manejo sustentable del agua y uso de tecnologías apropiadas para el riego”. Capacitación teórico práctica. La metodología pedagógica empleada fue de “aprender haciendo”, lo cual significa actividad práctica, acompañada por la entrega de un marco teórico. El lugar de realización fue en la comuna de Yumbel, en la Central de Capacitación CET, ubicada en el Cruce Reunión. Cada uno de los temas tratados, ya sea en forma teórica como práctica, fueron reforzados con la entrega de cartillas técnicas. Para ello se entrega una carpeta con material escrito. En los 3 cursos participaron 45 personas, de las 3 comunas involucradas en el proyecto.

Los temas abordados en el curso consideran desde las prácticas y técnicas de cosecha de aguas lluvia, técnicas de conservación de agua, búsqueda de napas de agua, sistemas de captación de agua por medio de pozos, punteras o agua lluvia, hasta la observación en terreno y en la práctica, sistemas de extracción y distribución eficiente del agua. Para ello se comienza con un recorrido por el predio, donde se describen diferentes sistemas de conservación de agua y de suelo.

**Acción 2:** Día de Campo “Agricultura familiar campesina y cambio climático” consistió básicamente en invitar (Fig. 1) a compartir un día en el Centro demostrativo de CET a los campesinos involucrados en el proyecto, para que observaran, discutieran y analizaran las diferentes opciones tecnológicas que ayudan a adaptar sus predios a condiciones de escasez de recursos hídricos y cambio climático. Durante el día recorrieron 6 estaciones demostrativas (cosecha de agua, sistemas de riego eficientes, manejo de cultivos, mejoramiento de suelo, germoplasma para agro diversidad y sistemas agroforestales, Fig. 2), luego se realizó un taller participativo para evaluar la posibilidad real de ser aplicado en los predios de los campesinos. Para ello, se organizó este “Día de Campo” distribuyendo las propuestas en estaciones, las cuales fueron visitadas por grupos de 16



**Figura 1.** Actividad demostrativa “Día de Campo” CET-SOCLA.

personas. Las estaciones fueron: Prospección y captación de agua, sistemas de cosecha de aguas lluvia, uso eficiente del agua, conservación del agua en el suelo y actividad en sala con videos y charlas.

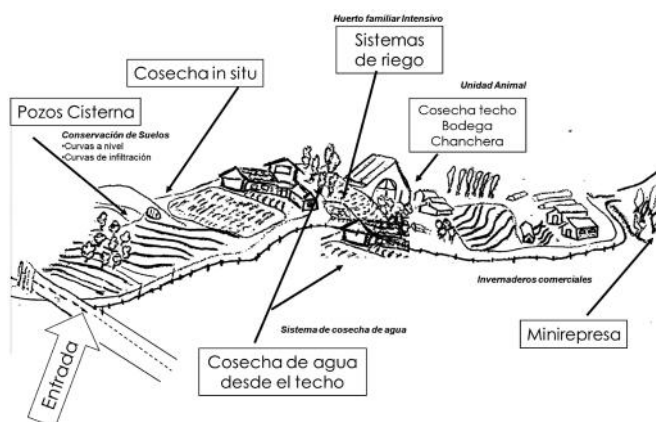
En la jornada participaron 42 agricultores de las comunas involucradas.

## RESULTADOS

**A.-** A partir de la investigación sociocultural cualitativa los principales resultados fueron:

### 1. Percepción y temporalidad:

- a) **Percepción del pasado:** Se puede decir que es prácticamente unánime, entre los entrevistados, la percepción del pasado como una realidad mucho más propicia para la agricultura en comparación a la actualidad. Especialmente desde el punto de vista ecológico, donde resalta la problemática relacionada a la escasez de agua, haciendo hincapié en el cambio de los periodos e intensidad de las lluvias. Como explican algunos de los entrevistados esta percepción se fundamenta principalmente en la observación de los esteros, canales, pozos y vertientes. Más allá de esta observación, los entrevistados asocian la escasez de agua a otros aspectos, como es la pérdida de vegetación, la mala calidad del suelo, y por sobre todo, la capacidad productiva de los predios, la cual ha mermado importantemente según los relatos.
- b) **Percepción del presente:** Fundamentalmente los relatos hacen alusión a la escasez de recursos naturales necesarios para la agricultura, en comparación con el pasado. Sin embargo, la mayoría de los relatos resaltan un fenómeno que ha comenzado a abundar en la actualidad, aunque este traería implicancias negativas, esta es la intensidad del sol. Casi la totalidad de los entrevistados señalaron



**Figura 2.** Esquema del recorrido en Día de Campo CET-SOCLA.



como la intensidad del sol ha aumentado y que incluso se presenta de otra forma, no solo entregando calor, sino que "quemando". Esto ha afectado los horarios de exposición y por ende de trabajo agrícola, reduciéndolos en la mayoría de los casos.

- c) Percepción del futuro: En este punto, la mayoría de los entrevistados se refirieron al futuro enfatizando en el tema de la migración campo-ciudad y el despoblamiento de los sectores rurales, basándose, en la mayoría de los casos, en sus propios casos. Respecto a esto, gran parte de los entrevistados se enfocaron a este problema desde un punto de vista económico, donde los productores no solo deben esforzarse mucho para encontrar mano de obra, sino que además, para el que tiene la fortuna de encontrarla se le hace imposible competir con los sueldos ofrecidos en otros sectores. Sin embargo, el punto donde la mayoría de los entrevistados hicieron un mayor hincapié fue en relación a su propia familia, al porvenir de su trabajo, su terreno y como sus hijos ya no se interesan en continuar el trabajo de su vida. En general su percepción de futuro no es para nada auspiciosa, donde se ve como única opción de subsistencia el abandono de la agricultura y la transición hacia la producción forestal.

## 2. Estrategias de adaptación:

Esta segunda parte está compuesta de las estrategias adoptadas, e incluso en algunos casos, ideadas por los propios entrevistados para afrontar las implicancias del cambio climático. Es así como de los relatos se extrajeron cuatro categorías que agrupan algunas de estas estrategias:

- a) Respecto a la falta de agua: Petición de agua (camiones aljibe) a la municipalidad, adquisición de motobombas y fabricación de estanques
- b) Respecto al aumento de la intensidad del sol: Uso de sombrero, manga larga, protector solar. Uso de malla *rachel* en invernaderos.
- c) Respecto a la pérdida de vegetación y erosión: Recubrimiento de cárcavas (árboles y leguminosas).
- d) Respecto a la producción: Mayor trabajo en invernaderos, creación de aboneras, cambio en las fechas de sembrado, cambio de variedades de cultivos, abandono de prácticas como barbecho y cavado de viñas, uso de fertilizantes.

**B.-** Sobre la información recolectada con respecto a las prácticas implementadas en cada comuna son los siguientes:

### 1. Manejo de suelo y siembras en lomajes:

En la mayoría de los casos existe conciencia del cuidado de las cárcavas, evitando su avance con el uso de restos de podas suavizando los contornos. En la comuna

de Florida se desarrolla la práctica de construcción de terrazas para la plantación de frutales y el uso de reciclaje usando los desechos de los cultivos y guano de vacuno.

En las tres comunas la superficie destinada a cultivos tradicionales como el trigo, la avena, y la lenteja, es cada vez menor por varios motivos, uno de ellos es la alta carga de fertilizantes que se debe utilizar, puesto que los suelos están muy degradados, la falta de mano de obra para las labores agrícolas por la migración a las ciudades y la baja rentabilidad por alto costo en insumos.

Los agricultores manifestaron que se ha disminuido la quema de rastrojos puesto que se han dado cuenta que ayuda en detener la erosión a sí mismo los barbechos se realizan en épocas donde ya han pasado las lluvias más fuertes para disminuir el arrastre de sedimentos, (antes se realizaban en el mes de Mayo, ahora se realizan en Agosto). Las labores agrícolas como la preparación de suelo las realizan principalmente con herramientas de tiro animal por varios motivos, principalmente la mínima superficie a cultivar y la falta de maquinaria existente. La práctica de uso de los desagües en sentido de la pendiente ya se ha ido eliminando y se están realizando de manera más perpendiculares a la pendiente. Lamentablemente el uso de guano es casi nula en cultivos tradicionales y praderas, por el alto uso de mano de obra para su aplicación. Sin embargo, se realizan enmiendas calcáreas, como cal agrícola para bajar la acidez de los suelos los cuales tienen un pH muy bajo (5,5 a 5,8) siendo un pH 6.0 el requerimiento técnico para los cultivos tradicionales. Este cambio químico del suelo se ha debido por el excesivo uso de fertilizantes químicos como la urea y por la pérdida de materia orgánica en los suelos. Según gran parte de los entrevistados existe menos pérdida de suelo por arrastre al haber menos lluvias y/o menos concentradas. Además, manifestaron que debido al atraso de las lluvias, han debido retardar las siembras lo que lleva a una cosecha tardía con un llenado de grano muy disperejo por falta de lluvias en primavera, por lo que se obtienen bajos calibres, por ende bajo rendimientos. En estos cultivos tradicionales los entrevistados manifestaron que se ven obligados a usar la rotación de cultivo o el periodo de descanso, puesto que los predios no permiten los mismos rendimientos por dos años seguidos.

Una parte importante de los agricultores entrevistados manifestaron que ahora se dedican al cultivo de hortalizas pues se han modernizado con la inserción de las motos cultivadoras, las cuales los ayuda a suplir la falta de mano de obra. El uso de guano esta dedicado solo en cultivo de hortalizas.

Desde un punto de vista general, también manifestaron que se han perdido las acciones de ayuda entre vecinos, como eran las ceremonias productivas correspondientes a mingacos y trillas, solo en la comuna de Florida algunos comentaron que todavía se realizan estas prácticas de cooperación.

## 2. Manejo de plagas y enfermedades:

En general los agricultores manifestaron que no han notado la incidencia de enfermedades y plagas nuevas puesto que están aplicando periódicamente pesticidas en sus cultivos como el trigo y la viña, pero que, sin embargo, hace una década atrás no era necesario el uso de estos productos, porque las enfermedades no causaban demasiado daño.

Al usar la rotación de cultivo o los periodos de descanso, dado que los potreros no dan los mismos rendimientos por dos años seguidos, ellos manifiestan que las enfermedades también se han reducido. Algunos comentan que también el cambio de algunas variedades ha ayudado a bajar el ataque de hongos como es el caso del trigo.

Con respecto al cultivo de hortalizas, ya sea para el autoconsumo como para el comercio, actualmente se realizan control de plagas con productos orgánicos de origen casero. Los encuestados comentan que realizando un control orgánico a tiempo y permanente se obtienen buenos resultados.

## 3. Manejo del agua.

Todos los entrevistados mencionaron que la falta de agua es uno de los principales problemas en que se ven enfrentados, y en parte lo atribuyen a la forestación de predios vecinos con especies exóticas como el eucaliptus. Por la falta de agua se ha disminuido el cultivo de especies de primavera-verano como el poroto, el maíz, y hortalizas al aire libre. Se está disminuyendo la superficie cultivada de frutales, puesto que la cantidad de agua existente en los predios no es suficiente para mantener los sistemas de riego. Los agricultores dedicados al cultivo de viñas han visto disminuidos sus rendimientos por falta de riego. Además manifestaron que están usando agroquímicos para el control de malezas por la falta de mano de obra en el campo.

Todos los entrevistados han mencionado que han tenido que profundizar sus pozos puesto que las napas de agua están cada vez más profundas y las vertientes han mermado significativamente, lo que ha obligado a el uso de bombas eléctricas para impulsar el agua hasta los sectores de riego e incluso para el uso domiciliario, lo que ha traído un gasto extra para las familias. Por la falta de agua se ha introducido casi obligatoriamente el uso de sistema de riego por goteo en cultivo tanto de uso comercial como para el auto consumo. Las escasas vertientes existentes se han tenido que entubar y conducir el agua a través de cañerías para un mejor uso del agua. Algunas familias han introducido de nuevas tecnologías para abaratar los costos del uso del agua, como es el caso del uso de paneles solares para el funcionamiento de electrobombas.

## 4. Clima:

Uno de los aspectos más notorios y comentado por los agricultores es la falta de agua y disminución de las

lluvias, así como también el cambio de las estaciones del año, como primaveras muy heladas, lo que atrasa el crecimiento y desarrollo de los cultivos, veranos muy calurosos lo que los ha obligado a usar sombreadora para bajar la temperatura ya que de caso contrario las plantas pequeñas se cortan a ras de suelo, como así también "se suben" como es el caso de lechugas y cilantro.

Los inviernos son muy helados lo que los ha obligado a cambiar las variedades de algunas especies hortícolas. Muchas familias manifestaron que se han visto en la obligación de aumentar la superficie de cultivo bajo plástico para asegurar la producción, adelantar las cosechas y así obtener buenos precios.

## 5. Uso de semillas:

Los agricultores manifiestan que la "guarda" de semillas ya se realiza en muy pocas especies como la lechuga, betarraga, perejil, apio, casi solo para el auto consumo, en el caso de hortalizas de uso comercial se han visto obligado al cambio de semillas todos los años por el uso de nuevas variedades las cuales no se obtienen el mismo resultado por 2 temporadas consecutivas como es el caso del tomate, porotos, lechugas, cilantro, etc. En el caso de cultivo de cereales están obligado al cambio de semilla cada 2 años por los bajos calibres obtenidos cada año, producto de las malas condiciones agrícolas de la producción.

## 6. Destino de la producción:

Todos los entrevistados son personas que poseen una pensión que en su mayoría es muy baja por, lo que se ven obligado a la venta de sus productos. Estos son destinados a intermediario como es el caso de los cultivos de cereales y viñas, en los cultivos hortícolas estos son vendidos directamente al consumidor en la feria dominical y puerta a puerta en el pueblo.

## 7. Apoyo institucional:

Todos entrevistados han tenido apoyo estatal para el desarrollo de su actividades mediante asesoría técnica, bonificación para compra de insumos, construcción de infraestructura como invernadero, bodegas, maquinaria, a través de los proyecto P.D.I. (Proyecto de inversiones), establecimiento de praderas, limpieza de terrenos, construcción de cercos, a través de los proyecto SIRSDS (sistema de incentivo para la sostenibilidad ambiental de los suelos agropecuario). También apoyo a través de FOSIS para la compra de insumos y herramientas y de CERCOTEC para capacitación e insumos.

## 8. Otros aspectos mencionados:

En las tres comunas la crianza de animales mayores cada vez es más escasa, esto es debido a la baja producción de las praderas, lo que conlleva a una baja presencia de guano en los predios, lo que perjudica el uso de compost y guano en los cultivos. En las tres comunas los

caminos están en perfecto estado y bien mantenidos lo que favorece al transporte de los productos. Finalmente en los sectores visitados los entrevistados señalan que ya no quedan agricultores grandes, puesto que la agricultura ya no es rentable y solo sirve para subsistir.

**C.-** Al finalizar los cursos y el día de campo los agricultores participantes opinaron sobre su realidad agrícola y el valor de las prácticas agroecológicas exhibidas. Desde un enfoque general, ellos manifestaron lo siguiente:

La gran mayoría de los campesinos encuestados manifestaron que ahora el clima esta regular (27%) o definitivamente malo (68%) coincidiendo con la opinión que tienen además sobre los rendimientos logrados, la disponibilidad de agua, la calidad del suelo y el futuro del campo.

Al recorrer el predio agroecológico de CET y al conocer las técnicas de mejoramiento de suelo, sistemas de cosecha de agua y sus efectos positivos en los cultivos, frutales y en el predio en general, cerca del 100% de los encuestados manifestó su aprobación respecto a estas técnicas, la gran mayoría (95%) coincidió en que son factible de realizar y que además estarían dispuestos a hacer algunas de las prácticas observadas (98%).

Desde un punto de vista más específico, evaluaron positivamente mantener cubierta vegetal (prioridad N1), controlar la erosión con curvas de nivel (N2) implementar sistemas de cosecha de agua (N3) y practicas de reciclaje (N4).

Finalmente, al consultarles cual sería en su opinión la respuesta del predio agroecológico en el caso de una sequía, la mayoría señaló que resistiría bastante bien (73%), la menor parte señalo que tendría un comportamiento regular (27%) y ninguno manifestó que sería un desastre para el predio.

## DISCUSIÓN

Por medio de los relatos se puede concluir que la situación de los agricultores del secano interior se ha visto empeorada progresivamente durante las últimas décadas, no solo desde un punto de vista socioeconómico, donde un proceso demográfico de migración campo-ciudad y la dificultad para contratar mano de obra ha dificultado tremendamente la producción agrícola, sino que además, desde un punto de vista ecológico directamente relacionado con el cambio climático y la degradación de los principales recursos naturales, como lo es el suelo y el agua.

En respuesta a estas problemáticas se han adoptado y generado una serie de conocimientos y estrategias con el fin de afrontar esta adversidad. La producción de cultivos tradicionales cada vez es menor donde la producción de autoconsumo ha cambiado hacia algunas practicas mas agroecológicas (uso de abonos orgánicos, rotaciones, uso de biocidas naturales, intercambio de

semillas). Al mismo tiempo, gran parte de los entrevistados han desechado prácticas altamente degradadoras (menos quemas, evitar desagües a favor de la pendiente). También han tomado medidas entorno al uso del agua como profundizar pozos, mejorar eficiencia con riego tecnificado y mejorar su conducción. Este positivo cambio también se condice con la valoración que hacen los campesinos al observar y conocer prácticas agroecológicas que se demuestran en el faro agroecológico de CET.

Sin embargo, es importante señalar desde un punto de vista más amplio, que la base de estas grandes problemáticas escapa de las acciones que puedan adoptar los campesinos a modo de estrategia de supervivencia. Se hace fundamental entender la degradación de los recursos naturales, la importante migración campo-ciudad y la imposibilidad de competir en los actuales mercados liberales en el contexto de la ecología y economía política. Se debe hacer hincapié en la importancia de no atribuir la responsabilidad de esta crisis socio-ambiental a los actores que la han heredado.

## CONCLUSIONES

Las deplorables condiciones de los recursos naturales en el secano y los efectos locales del cambio climático global han repercutido en que hoy en día la visión que tienen sobre el futuro, por parte de los campesinos sea muy negativa. La estrategia más común ha sido emigrar hacia la ciudad, sin embargo, también podemos encontrar a un grupo de familias que han sido capaces de buscar, ingeniar y adaptar diversas estrategias socioeconómicas y agroecológicas para hacer frente a estas nuevas condiciones. Son estas estrategias las que, no solo deben ser fomentadas, sino que observadas con atención, ya que se trata de conocimiento materializado y puesto a prueba en complejos contextos ecológicos y socioeconómicos como es el secano interior de la Región del Biobío. Finalmente resulta muy interesante la buena recepción y alto valor que los campesinos le atribuyen a las prácticas agroecológicas, lo que enaltece las labores de extensión rural, las políticas de fomento y la visión esperanzadora del mundo rural de modificar el rumbo y el futuro.

## REFERENCIAS

- Del Pozo, A. y Del Canto, S. 1999. Áreas agroclimáticas y sistemas productivos en la VII y VIII regiones. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, Centro Regional de Investigación Quilamapu. Chillán, Chile. 116 p.
- Infante, A. 2004. Descripción y evaluación de una estrategia para el intercambio de semillas y la conservación de la biodiversidad en comunidades campesinas del Secano Interior del sur de Chile.

- Tesis de Maestría en Desarrollo Rural y Agricultura Sustentable. Universidad Católica de Temuco. Temuco, Chile. 110 p.
- Infante, F. 2011. Implicancias de los factores socioculturales en los sistemas productivos campesinos y su repercusión en la degradación de los suelos agrícolas del secano interior, comuna de Yumbel. Tesis para optar al grado de antropólogo. Universidad de Concepción, Concepción, Chile. 164 p.
- Maldonado, I. 2004. El clima en el área agroecológica del Secano Interior. pp. 97-109. *In*: Pérez, C. (Ed.). Seminario Internacional hacia una Agricultura Sustentable y Conservacionista del Medio Ambiente con la Participación de Productores. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA. Chillán, Chile. Actas INIA N° 26. 558 p.
- Ovalle, C. y Del Pozo, A. 1994. La Agricultura del Secano Interior. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA. Cauquenes, Chile. 234 p.
- PLADECO, 2013. Orientaciones Globales, Presupuesto Municipal y Programa Anual 2013-2016. Servicio de Planificación Comunal de la Municipalidad de Yumbel. Yumbel, Chile. 247 p.

# ESTRATEGIAS SOCIALES Y ECOLÓGICAS DE RESILIENCIA AL CAMBIO CLIMÁTICO IMPLEMENTADAS POR LOS AGRICULTORES DEL MUNICIPIO DE MARINILLA (COLOMBIA)

**Gloria Patricia Zuluaga Sánchez, Elizabeth Martínez Ceballos, Aura Luz Ruiz**

*Departamento Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: gpzuluag@unal.edu.co*

## Resumen

El objetivo general de la presente investigación realizada en el Municipio de Marinilla, Colombia, fue documentar las percepciones de los agricultores sobre el cambio climático y las estrategias que realizan para adaptar su producción a las diferentes causas y efectos de los cambios del clima. La metodología utilizada combinó técnicas cuantitativas (aplicación de un formulario) y cualitativas (entrevistas). Entre las principales causas los agricultores señalan la deforestación, el uso de agroquímicos, las quemas, etc.; entre los efectos se tiene el aumento de las precipitaciones, la modificación de la estacionalidad de las épocas secas y de lluvias, los hundimientos, erosión de suelos, etc. Y entre las principales estrategias de adaptación se pudo conocer que los agricultores han desarrollado una serie de prácticas como las barreras vivas, la construcción y mantenimiento de terrazas, el incremento de la materia orgánica en los suelos, la diversificación de los cultivos y de los animales, la recolección de aguas lluvias, intercambio de semillas, la aplicación de extractos de plantas para control de plagas y enfermedades, el manejo de residuos sólidos y adopción de algunas tecnologías apropiadas como secadores solares, estufas eficientes y biodigestores. Todas ellas han posibilitado el mejoramiento de las condiciones ambientales prediales, la recuperación y valorización de los saberes locales, así como la innovación y adopción de nuevas prácticas y conocimientos. Igualmente, ello ha contribuido a fortalecer la autonomía de los agricultores y de sus organizaciones.

**Palabras clave:** Percepción ambiental, estrategias de adaptación campesina, saberes locales, prácticas agroecológicas.

## Summary

### **Socioecological strategies to enhance resiliency implemented by small farmers of Marinilla county (Colombia)**

The main goal of this research conducted in the Municipio de Marinilla, Colombia, was to document the farmers perceptions on climate change and the strategies they use to adapt their production systems to the causes and effects of climatic variability. The used methodology combined quantitative (field data gathering) and qualitative (interviews) techniques. Farmers mention deforestation, use of pesticides and burning as factoes that affect climate change and that are related to the increase in rainfall, changes in the seasonality of dry and wet seasons, soil erosion and mud slides. Farmers have developed and implemented a number of adaptation practices such as living barriers, construction and maintenace of terraces, increasing soil organic matter, crop and animal diversification, wáter harvesting and seed saving along with some appropriate technologies such as wood stoves, solar dryers and biogas. Many of these techniques have improved the environmental integrity of the farms, the recobvery and valorization of local knowledge, collective innovation, and adoption of new practices, thus strengthening the autnoly of farmers and their organizations.

**Key words:** Environmental perception, peasant adaptation strategies, local knowledge, agroecological practices.

## INTRODUCCIÓN

La investigación fue realizada en el Municipio de Marinilla, Colombia, donde se produce un alto porcentaje

de los alimentos frescos que se consumen en la ciudad de Medellín y otros municipios de la región. Sin embargo, los cambios del clima en este municipio –evidenciado en el aumento de la precipitaciones- han generado



pérdidas en las cosechas por la reducción en la productividad de sus cultivos, por el incremento en los costos de producción y comercialización y por el deterioro de la base de los recursos naturales, de los que derivan su sustento; lo que no solo ponen en riesgo la seguridad alimentaria de muchas personas, sino que ha impactado negativamente los modos de vida local de miles de agricultores.

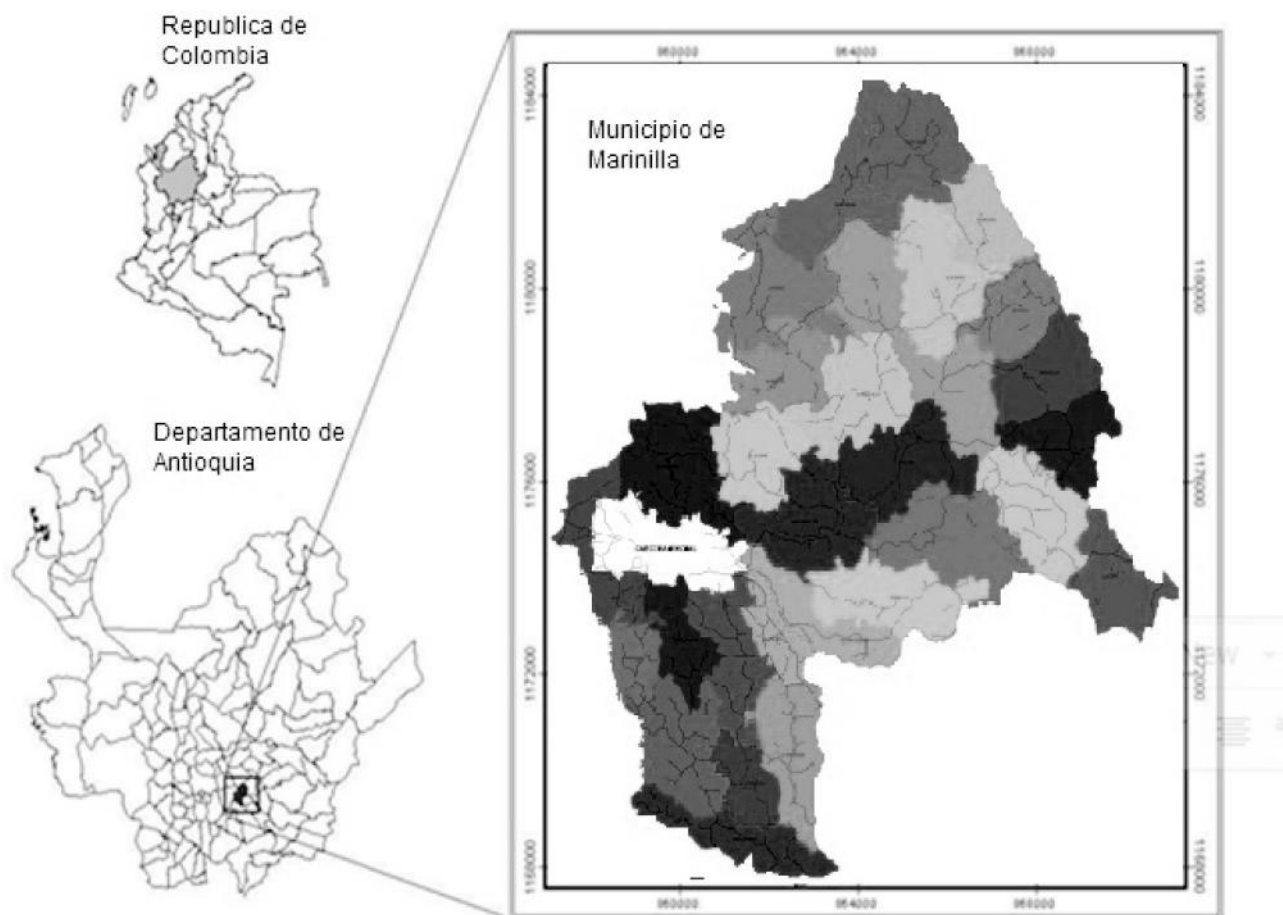
El objetivo general fue documentar las percepciones que los agricultores agroecológicos tienen sobre las causas y efectos del cambio climático, así como las estrategias que realizan para adaptarse a tales transformaciones. La metodología utilizada combinó técnicas cuantitativas (aplicación de un formulario) y cualitativas (entrevistas). Entre las principales causas los agricultores señalan la deforestación, el uso de agroquímicos, las quemas, etc.; y entre los efectos se tiene el aumento de las precipitaciones, la modificación de la estacionalidad de las épocas secas y lluviosas, la mayor ocurrencia de heladas, los hundimientos, los derrumbes y la erosión de suelos. Tanto las causas como los efectos señalados, dan cuenta de la apropiación, por parte de los agricultores, del discurso ambiental experto generado en los procesos educativos en los que participan en distintas redes agroecológicas. Discurso que a su vez se vincula con saberes y prácticas de la agricultura tradicional.

Entre las principales estrategias de adaptación se pudo conocer que los agricultores han desarrollado una serie de prácticas como las barreras vivas, la construcción y mantenimiento de terrazas, el incremento de la materia orgánica en los suelos, la diversificación de los cultivos y de los animales, la recolección de aguas lluvias, el intercambio de semillas, la aplicación de extractos de plantas para control de plagas y enfermedades, el manejo de residuos sólidos y la adopción de algunas tecnologías apropiadas como secadores solares, estufas eficientes y biodigestores. En conjunto, todas ellas han posibilitado el mejoramiento de las condiciones ambientales prediales, lo que les permite mitigar los efectos del cambio climático sobre su producción, así como recuperar y valorar algunos saberes locales, potenciar la innovación y adopción de nuevas prácticas y conocimientos. Igualmente, ello ha contribuido a fortalecer la autonomía de los agricultores y de sus organizaciones.

## MATERIALES Y METODOS

### Localización y generalidades del área de estudio

El municipio de Marinilla (Fig. 1) está ubicado en la Región Centro Andina Colombiana, al oriente de la ciudad de Medellín por vía pavimentada. Situado en los  $6^{\circ} 10' 32''$  N y a  $75^{\circ} 25' 17''$  O, la distancia de su cabecera



**Figura 1.** Localización de la Zona de Estudio.

municipal con respecto a Medellín, es de 47 kilómetros (Planeación Departamental de Antioquia 2010).

El crecimiento y desarrollo territorial en la zona está altamente interrelacionado con las funciones y demandas establecidas por el área metropolitana del Valle de Aburrá y los mercados nacionales (autopista Medellín - Bogotá) e internacionales (aeropuerto José María Córdoba). Esto ha generado algunos de los siguientes fenómenos: desplazamiento de la frontera agrícola hacia zonas más frágiles, reducción cada vez más generalizada de las áreas con vegetación natural, intensificación de cultivos y la ocupación de las zonas rurales para el uso de viviendas campestres tales como parcelaciones, fincas y condominios ([www.copoceam.org.co](http://www.copoceam.org.co)).

Con relación al clima, se tiene una temperatura media anual de 17.1°C y unas precipitaciones que oscilan entre 1.800 y 2.000 mm anuales. Se presentan 4 períodos climáticos: dos lluviosos de abril a mayo y de agosto a noviembre y dos de verano: Uno corto entre junio y julio y otro más largo entre diciembre y marzo. La humedad relativa en promedio es de 80%, el número de horas de sol al día es en promedio de 3.63 en abril y de 7.09 en julio. Las alturas oscilan entre los 1.900 y 2.400 m (Planeación Departamental de Antioquia 2010).

Según Planeación Departamental de Antioquia (2010), los suelos de este municipio son evolucionados a partir de cenizas volcánicas, lo cual favorece la infiltración de agua, variando según el espesor de la capa orgánica y la topografía del terreno. Las texturas de los suelos son francos en general, variando entre franco arenoso (FA), arenoso franco (AF) y franco arcilloso (FAr), lo cual da unas condiciones favorables para el laboreo y el aprovechamiento de nutrientes por parte de las plantas. Sin embargo, la fertilidad de sus suelos se cataloga entre baja y muy baja, ya que sus pHs son fuertemente ácidos, con bajos contenidos y desbalances de bases y fósforos. También, es importante señalar que el uso excesivo de agroquímicos por más de 30 años ha contaminado muchos de sus suelos.

El tamaño de la propiedad de la tierra indica que la mayor parte de los predios son microfundios, con una alta dificultad para la competitividad productiva, aunada a las altas cargas de tributación, estratificación y desprotección del Gobierno Nacional para con el campesino. Se estima que en la zona rural de ambos municipios el 29.9 % de la población cocina con leña o petróleo y en la zona urbana el 3 % de las familias utilizan estos combustibles en la cocción de los alimentos. El 15% de la población rural todavía hace la disposición final de las excretas a campo abierto, el 78.8% quema las basuras y el 8.2% las deposita a campo abierto. El 36.2% de los productores admiten que utilizan los plaguicidas sin ninguna precaución de acuerdo con el diagnóstico realizado por el Hospital en el año 2000, sin embargo, la Secretaría de Agricultura y Ambiente estima que más del 90% de los agricultores fumigan sin ninguna protección

y además utilizan de manera irracional los plaguicidas en sus cultivos ([www.copoceam.org.co](http://www.copoceam.org.co)).

La mayoría de los agricultores convencionales y agroecológicos poseen predios de con un promedio entre 1 y 3 hectáreas. Los sistemas de producción se caracterizan por ser altamente diversificados e intensivos, presentándose la siembra de un promedio de cinco especies en diferentes estadios de sucesión o desarrollo en cada una de las parcelas. La mayoría de los agricultores produce bajo el modelo de revolución verde, con un alto consumo de agroquímicos y de agua. Sin embargo, desde hace aproximadamente quince años con la participación de la Corporación de Estudios, Educación e Investigación Ambiental -CEAM- vienen realizando proyectos para un uso racional de agroquímicos, así como capacitación en prácticas agroecológicas sostenibles, lo que ha fortalecido algunos procesos organizativos alrededor de prácticas agroecológicas.

Para esta investigación se realizó trabajo de campo en la zona rural del municipio de Marinilla, en el primer semestre del año 2012. Se aplicó una encuesta a una muestra de población de 43 agricultores vinculados a las organizaciones agroecológicas -ASOCAMPO y AMCABF,<sup>1</sup>- de distintas edades y de ambos géneros, que tienen como actividad principal la producción agraria. La totalidad de ellos fueron contactados a través de la Corporación Ambiental CEAM. Las encuestas se realizaron en los predios o en las viviendas de cada uno, para conocer y documentar algunos de los efectos y las prácticas reportadas. También se realizaron entrevistas semi-estructuradas a algunos miembros de ONGs, a funcionarios de la Secretaría de Agricultura municipal y a líderes de las asociaciones campesinas, con el fin de complementar la información

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hemos realizado 46 encuestas en los predios de los agricultores, 5 entrevistas a personas vinculadas a entidades que trabajan en Medio Ambiente (Secretaría de Agricultura, Cornare -Autoridad regional ambiental- y Corporación Ambiental CEAM) y dos talleres con las organizaciones campesinas del municipio. Para dar cumplimiento a estas actividades se realizaron ocho viajes a la zona de estudio. Como principales resultados destacamos que los agricultores reconocen que existen cambios en el clima, señalando como principales efectos las alteraciones en las épocas de lluvia y sequía, la erosión del suelo, los hundimientos, daño de las vías y de las viviendas. Las causas que reconocen son la tala de bosques, uso excesivo y mal manejo de agroquímicos, establecimiento de monocultivos. Esta información da cuenta de que los agricultores encuestados han incorporado a su repertorio el conocimiento experto sobre agroecología y medio ambiente, ambiental, lo permi-

1 Asociación de Mujeres Campesinas Buscando Futuro.

te tender un puente de comunicación entre el conocimiento y el discurso experto de la agroecología y el medio ambiente, lo que facilita el entendimiento y la adopción de las recomendaciones dadas por la autoridad ambiental.

También se logró conocer y documentar algunas de las prácticas que han emprendido estos productores para mitigar los efectos que ellos reconoce. Entre las prácticas sobresalen las barreras vivas, la construcción y mantenimiento de terrazas, el incremento de la materia orgánica en los suelos, la diversificación y rotación de los cultivos y de los animales, la recolección de aguas lluvias, la aplicación de extractos de plantas para control de plagas y enfermedades, el manejo de residuos sólidos y la adopción de algunas tecnologías apropiadas como secadores solares, estufas eficientes y biodigestores. En conjunto, todas ellas han posibilitado el mejoramiento de las condiciones ambientales prediales, lo que les permite mitigar los efectos del cambio climático sobre su producción, así como recuperar y valorar algunos saberes locales, potenciar la innovación y adopción de nuevas prácticas y conocimientos.

**Tabla 1.** Causas percibidas por los agricultores agroecológicos de Marinilla.

CAUSAS	
Deforestación	41,7 %
Erosión	41,7 %
Quemas	36,0 %
Uso de agroquímicos	33,3 %
Contaminación	25,0 %
Sobre población	25,0 %
Monocultivos	18,0 %
Cosas de la naturaleza	16,7 %

En la tabla 1 se pueden apreciar las diferentes causas que los agricultores encuestados perciben con respecto al cambio climático. Dichas percepciones probablemente están condicionadas por la convergencia de los discursos de la agroecología y ambientalista. Ambos reconocen que el deterioro de los ecosistemas y de la producción agropecuaria se debe al establecimiento y expansión de monocultivos y al modelo agroindustrial que han sustituido bosques y sistemas agrícolas tradicionales generando pérdidas de bio y agrodiversidad, por quemas y deforestación para la expansión de la frontera agropecuaria, uso inadecuado y excesivo de agroquímicos que contaminan suelos y fuentes de agua, mal manejo de los suelos y del agua, sustitución de variedades tradicionales por híbridos, entre muchos otros impactos.

Los agricultores que participaron en esta investigación han recibido e incorporado información que los especialistas ambientales y agroecólogos han venido divulgando a través de distintos medios, a partir de la cual

logran revalorizar y actualizar los conocimientos adquiridos de su propia historia y contexto sociocultural. Ello evidencia la manera de apropiación y uso del discurso y del lenguaje técnico que se maneja a nivel global por parte de organizaciones ambientalistas. Esto da cuenta de una apertura al conocimiento experto por parte de los encuestados y de la capacidad que tienen de actualizar constantemente sus conocimientos, incorporando nuevas informaciones y lenguajes, adquiridos a partir de los medios masivos de comunicación (radio, televisión, revistas, etc.), o a través de los procesos de educación no formal en los que participan, como los impartidos por espacio de 15 años por la Corporación Ambiental CEAM y la Secretaría de Agricultura local. Como lo ha referido Gerritsen *et al.* (2004), este hecho contradice el planteamiento de que los conocimientos locales se caracterizan por una fuerte resistencia al cambio y por una cierta incapacidad para efectuar transformaciones rápidas.

Entre los efectos señalan el aumento en la intensidad de las precipitaciones y temperaturas, mayor frecuencia de granizadas y heladas, la alteración de la estacionalidad de las lluvias, los cuales conllevan el aumento de enfermedades de los cultivos o la afectación de la calidad de los productos (Tabla 2). Los efectos del cambio climático son los que con mayor claridad perciben los encuestados, puesto que cotidianamente observan en sus parcelas

**Tabla 2.** Efectos percibidos por los agricultores agroecológicos de Marinilla.

EFECTOS	
Alteraciones en la estacionalidad de las lluvias	75,0 %
Inundaciones	66,7 %
Derrumbes	66,7 %
Hundimientos	60,2 %
Granizadas	50,7 %
> Lluvia	50,3 %
< Lluvia	45,0 %
< Temperatura	45,0 %
> Temperatura	45,0 %
Deterioro en la calidad del agua	42,0 %
Sequías	40,7 %
> Vientos	30,0 %
Heladas	25,0 %

Otros efectos aluden a fenómenos físicos que son observables localmente, tales como los daños en la infraestructura vial, habitacional, erosión y hundimiento de los suelos (Figs. 2 y 3), que reducen las áreas de cultivo, principalmente en los predios de agricultura comercial, aumentando el riesgo y la vulnerabilidad y empeorando las condiciones de vida de los pobladores. Es importante señalar, que las fincas agroecológicas no presentaron estos problemas, dado que las prácticas de



**Figura 2.** Algunos efectos del aumento de la precipitación en municipio de Marinilla.



**Figura 3.** Diferentes hundimientos en municipio de Marinilla.

conservación de suelos implementadas han mostrado efectividad, tal como puede apreciarse en la figura 4. Situación que coincide con la reportada por Holt-Giménez (2002), quien realizó una investigación sobre los efectos del huracán Mich en Nicaragua, estableciendo que las fincas agroecológicas tuvieron menos daños y pérdidas que sus vecinos de agricultura convencional. El autor expresa que los sistemas agroecológicos que exhiben altos niveles de diversidad, integración, eficien-

cia, flexibilidad y productividad, son sistemas con gran capacidad de resiliencia ante los desastres.

Las evidencias físicas vinculadas a una percepción de mayor riesgo, tienen una interpretación y una valoración social, que en buena medida se vinculan a la decisión de realizar un manejo ambiental a través a las prácticas agroecológicas. Sus respuestas y prácticas cotidianas están dirigidas entonces a atacar causas para mitigar los efectos, tal como veremos más adelante.



Un alto porcentaje de los encuestados (75 %), señaló el cambio en la estacionalidad como un problema que afecta los calendarios de siembra y cosecha, dado que la mayoría no poseen sistemas de riego y dependen totalmente del régimen de lluvias. Esta situación afecta directamente la producción de sus cultivos de ciclo corto, que para el caso de Marinilla son la mayoría. Ello también afecta los momentos para realizar otras prácticas agronómicas, tales como podas y fertilización, o para la extracción y el corte de la madera. En general expresaron no tener respuesta o soluciones frente a este tipo de incertidumbres, puesto que el cambio climático probablemente genera la descontextualización de los conocimientos meteorológicos locales, perdiendo así la capacidad de predicción. Por ello, como lo ha mencionado Ramos *et al.* (2011), los cambios en el clima no sólo tienen efectos materiales (productividad de cultivos, deterioro de suelos e infraestructura, etc.), sino que impactan la cultura, al generar procesos de pérdida de conocimientos y nuevas apropiaciones y adaptaciones.

#### AGRADECIMIENTOS

Organización Campesina de Marinilla ASOCAMPO y Asociación de Mujeres Campesinas de Marinilla (AMCABF).

#### REFERENCIAS

- Planeación Departamental de Antioquía. 2010. Perfil subregional del Oriente Antioqueño. Medellín: Gobernación de Antioquia. <http://www.gob-ant.gov.co/antioquiaencifras/pdf/nordeste.pdf>.
- Gerritsen P, Montero M, Figueroa P. 2004. El mundo en un espejo. Percepciones campesinas de los cambios ambientales en el occidente de México. *Economía, sociedad y territorio* 4 (14). 253-278.
- Holt-Gimenez E. 2002. Measuring farmers agroecological after hurricane mitch in Nicaragua: a case study in participatory, sustainable land management impact monitoring. *Revista Agriculture, Ecosystems & Environment* 93:87-105.
- Ramos C, Tenorio A, Muñoz F. 2011. Ciclos naturales, ciclos culturales: Percepciones y conocimientos tradicionales en los Nasa frente al cambio climático en Toribio, Cauca, Colombia. En: *Perspectivas culturales del clima*. Instituto Latinoamericano para una sociedad y un derecho alternativo. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Colombia.



# PROPUESTA METODOLÓGICA DE MEDICIÓN DE LA RESILIENCIA AGROECOLÓGICA EN SISTEMAS SOCIO-ECOLÓGICOS: UN ESTUDIO DE CASO EN LOS ANDES COLOMBIANOS

**Alejandro Henao Salazar**

*Universidad de Antioquia, Carrera 75 N° 65-87 – Facultad de Ciencias Agrarias, Medellín, Colombia. E-mail: megaptero@hotmail.com*

## Resumen

Este estudio propone una metodología para la medición de la resiliencia agroecológica en sistemas campesinos, comparando prácticas de manejo cultural con enfoque agroecológico (a) y convencional (c) en la cordillera central de los Andes Colombianos. Un equipo técnico en conjunto con campesinos midieron los indicadores de resiliencia agroecológica en fincas agroecológicas y convencionales. Los indicadores seleccionados abordaron: a) la caracterización del evento climático (amenaza), b) estimación del nivel de vulnerabilidad y c) la capacidad de respuesta por medio de prácticas de agricultura sostenible. El estudio identificó diferencias en la resiliencia entre fincas agroecológicas e convencionales, mostrando que las prácticas de manejo agroecológico tienden a mostrar una mayor capacidad de resiliencia frente a los riesgos climáticos. La definición e identificación de estas capacidades mostraron el potencial de la gestión del riesgo desde el abordaje de la capacidad de respuesta y adaptación. Y son precisamente los campesinos con manejos alternativos los que fueron capaces de enfrentar, resistir y recuperarse de eventos meteorológicos extremos.

**Palabras clave:** Resiliencia agroecológica, Sistemas Sócio-ecológicos, Amenaza, Vulnerabilidad, Capacidad de Respuesta

## Summary

### **Methodological approach for measuring the socio-ecological systems qualification resilience: a case study in the Colombian Andes**

This study proposes a methodology to measure agroecological resilience in peasant farming systems, comparing forms of agroecological cultural systems (a) within the conventional cultural systems (c) in the central Colombian Andes. A technical team joint with farmers measured agroecological resilience indicators in agroecological and conventional properties. The selected indicators include: a) characterization of the climatic event (threat), b) level of vulnerability, c) the farmers capacity of response. This study showed that agroecological farms tend to exhibit a higher resilience capacity than conventionally managed farms in the face of climate risks. The definition and the identification of this capacity highlight the potential risk management strategies used by farmers identifying their response and adaptation capacity. Peasants using alternative cultural treatments were able to deal resist and recover from extreme meteorological events, thus serving as models for nearby farmers who experience greater damage from climate change.

**Key words:** Agroecological Resilience, Socio-ecological Systems, Threat, Vulnerability, Capacity of Response

## 1. INTRODUCCIÓN

El análisis del comportamiento de la agricultura después de fuertes eventos climáticos, es un tema de investigación clave para poder identificar que factores explican la vulnerabilidad de algunos agroecosistemas y por otro lado los factores que incrementan la resistencia y capaci-

dad de recuperarse de un agroecosistema. Investigaciones recientes, han puesto de manifiesto que la resistencia a los desastres climáticos está estrechamente relacionada con la biodiversidad presente en los sistemas productivos y así varios autores han documentado que los agricultores que usan policultivos, sistemas agroforestales y/o silvopastoriles así como prácticas de conservación de suelo sufren me-

nos daños que agricultores que usan monocultivos (Holt-Giménez 2002, Philpott *et al.* 2009, Schwendenmann *et al.* 2009, Lin 2007 y Machin-Sosa *et al.* 2010).

Esta resistencia y capacidad de recuperación es conocida en su conjunto como resiliencia y es una propiedad vinculada a unidades bio-geo-físicas, actores sociales e sus instituciones asociadas, que en conjunto se conocen como sistemas socio-ecológicos. Estos sistemas son complejos y adaptables y están delimitados por fronteras espaciales o funcionales que son rodeadas por ecosistemas particulares y sus contextos problema (Glaser *et al.* 2008).

La sociedad en su conjunto, debe considerar seriamente la posibilidad de fomentar más las formas de resiliencia de los sistemas socio-ecológicos y explorar opciones para la transformación deliberada de sistemas socio-ecológicos vulnerables (Folke *et al.* 2010). Es clave incrementar la capacidad de adaptación de los sistemas agrícolas, de manera que se incremente su resiliencia cosa que frente a amplios cambios pueda mantener la integridad de sus funciones. La otra parte de la respuesta radica en el comportamiento humano y su creatividad. Conocer como la gente responde localmente a los cambios y transformaciones extremas y la capacidad de adaptación de las comunidades y como innovan cuando se alcanzan los límites, es un componente clave de la investigación socio-ecológica (Holling *et al.* 2002).

El objetivo general de este estudio es proponer una metodología para medir la resiliencia agroecológica en sistemas socio-ecológicos y descifrar algunos mecanismos mediante los cuales los productores han sido capaces de enfrentar, resistir y hasta recuperarse de eventos climáticos extremos.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio identifico y valoro comparativamente (de manera preliminar) y en conjunto con seis productores locales del departamento de Antioquia en Colombia, las condiciones bajo las cuales las prácticas de manejo agroecológicas y convencionales se correlacionan con la resiliencia Socio-ecológica. Los métodos de observación y medición empleados fueron un híbrido de técnicas simples de campo comúnmente utilizadas por los agricultores promotores en la metodología Campesino a Campesino (Holt-Giménez 1995) y los métodos de campo para evaluación agroecológica rápida. Los indicadores seleccionados fueron construidos a partir de la revisión de literatura preliminar e intentan abordar: a) la caracterización del evento climático (Amenazas), b) estimación del nivel de Vulnerabilidad y c) la capacidad de respuesta a través de prácticas de agricultura sostenible.

### 2.1. Definición del modelo conceptual de Vulnerabilidad

La correlación entre las prácticas de manejo y la resiliencia Socio-ecológica son históricas y han sido aborda-

das por múltiples ciencias, solo que desde sus enfoques particulares y con otros nombres. El enfoque adaptado para esta metodología proviene de la investigación social de los desastres cuyos trabajos pioneros fueron realizados por el geógrafo Gilbert F. White en los Estados Unidos a partir de la década del cuarenta (White 1974). La importancia de White radica en que hasta hace pocas décadas se consideraba que la magnitud de un desastre estaba relacionada directa y únicamente con la magnitud de la amenaza, pero con sus trabajos postulo en forma explícita que los desastres no son sinónimo de las amenazas naturales. White expuso (sin utilizar exactamente esta misma terminología) que el riesgo a sufrir un desastre, dependía no sólo de la magnitud de la amenaza natural como tal, sino de la vulnerabilidad de la sociedad expuesta a la amenaza (Lavell 1997). De ahí que se llegó a la fórmula ampliamente aceptada de:

$$\text{Riesgo} = \text{Vulnerabilidad} * \text{Amenaza}$$

En el desarrollo de esta metodología se adaptan las aproximaciones de Wilches-Chaux (1993) sobre los conceptos de Desastre, Riesgo, Amenaza y Vulnerabilidad que se basan en la aplicación de la Teoría de Sistemas al estudio de los desastres. Todo esto apoyado en el modelo simple de la ecuación del Riesgo atrás expuesta, y que busca facilitar una aproximación cualitativa más que obtener unos cuantificadores aritméticos, donde se denota el Riesgo como el producto de la convergencia, en un momento y lugar determinados, de dos factores: Vulnerabilidad y Amenaza.

- Donde, el "Riesgo" es entendido como cualquier fenómeno de origen natural (huracán, sequía, inundación, entre otros) o humano que signifique un cambio en el medio ambiente que ocupa una comunidad determinada de productores, que sea vulnerable a ese fenómeno.
- Como "amenaza" (para una comunidad de productores) vamos a considerar la probabilidad de que ocurra un riesgo (intensidad, frecuencia) frente al cual esa comunidad particular y sus fincas es vulnerable.
- Por "Vulnerabilidad" se entenderá como la incapacidad de una comunidad de productores para "absorber", mediante el autoajuste o Capacidad de respuesta, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, o sea su "inflexibilidad" o incapacidad para adaptarse a ese cambio, que para la comunidad de productores constituye, por las razones expuestas, un riesgo. La vulnerabilidad determina la intensidad de los daños que produce la ocurrencia efectiva del riesgo sobre la comunidad.
- Y la "Capacidad de respuesta" la definiremos como los atributos de las fincas y las estrategias y mane-

jos que usan los productores para reducir los riesgos de eventos climáticos y para sobrevivir, resistir y recuperarse de los daños causados por dichos eventos. Esta variable entrara como divisor de la vulnerabilidad en la formulación de una nueva ecuación, así:

$$\text{Riesgo} = \frac{\text{Vulnerabilidad}}{\text{Capacidad de respuesta}} * \text{Amenaza}$$

Para esta propuesta metodológica de medición de la resiliencia, la ecuación de Riesgo permite la identificación y clasificación de los indicadores de Amenazas, Vulnerabilidades y Capacidad de respuesta encontrados en los sistemas Socio-ecológicos, logrando con ello una comprensión más profunda de las variables implicadas.

## 2.2. Técnicas e instrumentos para recolectar la información

Para la recolección de la información se utilizó un modelo de encuesta semi-estructurada, obtenida a partir de la "Herramienta didáctica para la planificación de la resiliencia en la finca", una cartilla de evaluación agroecológica rápida creada para esta investigación. Se incorporaron diferentes técnicas de medición en campo que permitieron contrastar la información y promover una mayor riqueza de la misma. A continuación se describen los tres momentos de la toma de datos:

### a. Caracterización del evento climático

En este primer abordaje, en conjunto con los productores se identificaron las Amenazas (A) por medio de una serie de preguntas sobre la percepción de los Cambios y Efectos que se presentaron en la comunidad rural durante la última década. El diálogo con los agricultores busca obtener el máximo de información sobre la intensidad, duración y frecuencia del evento y los niveles de daño registrados (perdida económicas y de producción, entre otras.) También se identificaron las prácticas e instituciones que intentan disminuir el nivel de Vulnerabilidad (V) de las fincas a eventos climáticos.

### b. Estimando la vulnerabilidad

En la segunda parte del encuentro con los productores se realizaron observaciones del paisaje en donde se ubican las fincas, para determinar el nivel de vulnerabilidad (V) considerando variables físicas como: diversidad paisajística, diversidad vegetal, pendiente, cercanía a bosques o cerros protectores, cercanía a cuerpos de agua y susceptibilidad del suelo a la erosión. Se dieron valores cualitativos a cada variable de acuerdo a su efecto

en un sistema de semáforo cuyo funcionamiento se basa en considerar el uso de colores como señales o alertas para cada una de las prácticas que se van a calificar. La asignación del color representa la situación actual en la finca así (Tabla 1):

**Tabla 1.** Descripción del estado del indicador en el sistema de Semáforo.

Color	Situación	Acción
Verde	Baja Vulnerabilidad o Alta resiliencia	Mantener el nivel de conservación (Vigilancia)
Amarillo	Vulnerabilidad Media	Debe hacer algo para mejorar (Precaución)
Rojo	Alta vulnerabilidad	Debe hacer mucho para mejorar (Riesgo)

### c. Estimando la capacidad de respuesta

En la tercera parte se procede a la identificación en campo de la capacidad de respuesta y recuperación de las fincas, por medio de un análisis de las prácticas culturales aplicadas allí, tales como: prácticas de conservación de suelos, autoconsumo, autosuficiencia de insumos externos, banco de semillas, manejo de alimento animal, diversificación de cultivos y áreas protegidas dentro de la finca. Esta identificación busca evaluar los atributos de las fincas y las estrategias y manejos que usan los productores para reducir los riesgos de eventos climáticos de manera de poder sobrevivir, resistir y recuperarse de los daños causados por dichos eventos.

## 2.3. Análisis de datos

En un intento de dar un valor cuantitativo a los resultados clasificados con el sistema de semáforo (cualitativos), se asignó una tabla de clasificación para los diferentes colores (Tabla 2):

**Tabla 2.** Tabla de Clasificación cuantitativa en el sistema de Semáforo.

COLOR DE CALIFICACION	VALOR NUMERICO
Verde	5
Amarillo	3
Rojo	1

Con la conversión numérica se aplicó el Test de Wilcoxon de rangos signados para comparar las diferencias generales (a–c) entre parcelas agroecológicas (a) y convencionales (c). Donde valores  $p < 0,05$  muestran diferencias entre los tratamientos.

Con los valores arrojados se completa la ecuación de Riesgo donde un valor  $> 1$  va en contra de la resiliencia agroecológica en sistemas socio-ecológicos y valores próximos a cero la benefician.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Caracterización del evento climático (Amenazas)

La percepción general de los agricultores es que durante la última decada se han presentado cambios en el clima de sus regiones, manifestándose principalmente en un incremento de las temperaturas y una mayor cantidad de lluvias. Esto se debe – según sus criterios – a los múltiples cambios en el uso del suelo que han experimentado sus regiones durante los últimos años, y que conllevan a la deforestación de bosques naturales, y en una escala mayor a los cambios en los ciclos bianuales de lluvias que se presentan en el territorio colombiano.

Si extrapolamos la información empírica, producto de la interacción con el medio por parte de los agricultores, vemos que concuerda con los datos arrojados por el IPCC (2007), donde advierte que durante los últimos 50 años, se han observado cambios generalizados en las temperaturas extremas, con un incremento de la frecuencia de precipitaciones fuertes en la mayoría de las áreas terrestres, en concordancia con el calentamiento y los aumentos observados del vapor de agua atmosférico.

En cuanto a los efectos causados por el incremento de las temperaturas y las lluvias a los diversos cultivos agrícolas, los agricultores con manejos convencionales manifestaron una pérdida de productividad más generalizada que los agroecológicos. Estas pérdidas de productividad parecen estar más ligadas a efectos relacionados con el suelo (compactación y derrumbes) que con plagas o enfermedades. La diferencia fundamental entre las prácticas de manejo encontradas, radica en el enfoque. Un ejemplo claro de esto, es el manejo de plagas y enfermedades, en donde el control con agrotóxicos es norma en los sistemas convencionales, en tanto que los sistemas agroecológicos recurren a prácticas del manejo ecológico de plagas y enfermedades. También se encontró un contraste fundamental en las prácticas de manejo de aguas, en donde las fincas con manejos convencionales no realizan ningún tipo de control de las aguas de escorrentía, lo genera una alta incertidumbre en épocas de lluvia, donde es común la aparición de derrumbes y erosión laminar del suelo.

Un factor fundamental en la construcción de la resiliencia socio-ecológica es el papel de las instituciones de diversa índole que forman parte del universo de los agricultores. En este caso en específico, se encontró que solo dos de las siete fincas evaluadas contaron con instituciones estatales que apoyaron la construcción de resiliencia por medio de la implantación de prácticas agroecológicas. En las otras cinco (3 convencionales y 2 agroecológicas) existe una total ausencia institucional. Se evidencia entonces como un decidido apoyo institucional puede marcar la diferencia entre fincas más y menos resilientes, ya que como menciona Milestad *et al.* (2010) los ecosistemas y su administración deben coincidir y estar en escalas similares para construir resiliencia socio-ecológica.

#### 3.2. Medición del nivel de Vulnerabilidad

Por medio del Test de Wilcoxon de rangos signados se compararon las diferencias generales (a–c) entre parcelas agroecológicas (a) y convencionales (c). Donde valores  $p < 0,05$  muestran diferencias entre los tratamientos. En el caso de los indicadores físicos de vulnerabilidad, en general no se muestran una diferencia significativa entre las vulnerabilidades físicas de los dos sistemas (Tabla 3), esto puede deberse a las condiciones geológicas, topográficas y climáticas similares de las regiones evaluadas.

Es interesante destacar que el análisis de la bioestructura del suelo fue el que marco mayor diferencia con respecto a los otros, con un 57% de mejores condiciones biológicas del suelo agroecológico (a) con respecto al convencional (c). Esto muestra una relación directa entre el manejo ecológico del suelo y la construcción de la bioestructura del suelo. El único valor negativo correspondiente a la diversidad paisajística para las parcelas agroecológicas con respecto a las convencionales fue un factor que no dependía directamente del tipo de manejo de la finca, sino de las condiciones circundantes de la matriz del paisaje, que en este caso beneficio en un 4 % más a las fincas convencionales sobre las agroecológicas.

#### 3.3. Capacidad de respuesta o recuperación (CR)

Esta identificación evaluó los atributos de las fincas y las estrategias y manejos que usan los productores para

**Tabla 3.** Indicadores físicos de Vulnerabilidad

	Agroecológicas (a)	Convencionales (c)	(a – c)	$((a - c)/c) * 100$ (%)
Pendiente	2,94	2,47	0,48	19,33
Diversidad Paisajística	3,41	3,56	-0,15	-4,17
Capacidad de infiltración	5,00	4,22	0,78	18,56
Análisis de Bioestructura	3,87	2,47	1,41	57,04
Compactación y costra superficial	5,00	4,22	0,78	18,56
Cárcavas y regueros	5,00	4,22	0,78	18,56
<b>Promedio General</b>	<b>4,12</b>	<b>3,43</b>	<b>0,68</b>	<b>21,31</b>

**Tabla 4.** Indicadores de Capacidad de respuesta

	<b>Agroecológicas (a)</b>	<b>Convencionales (c)</b>	<b>(a – c)</b>	<b>((a – c)/c)*100 (%)</b>
Cobertura vegetal (viva o muerta)	4,40	2,92	1,48	50,50
Barreras de Vegetación (Cercas y barreras vivas, barreras Rompevientos)	4,40	1,44	2,96	205,12
Labranza de Conservación	4,40	3,56	0,84	23,72
Prácticas de Manejo Hidrológico	3,41	2,08	1,33	63,87
Prácticas para aumentar Materia Orgánica	4,40	3,00	1,40	46,69
Terrazas y semiterrazas (Curvas de nivel, multiestratos)	2,94	2,08	0,86	41,48
Autoconsumo (% de alimentos producidos en la finca)	2,94	1,00	1,94	194,28
Autosuficiencia de insumos externos	3,00	2,08	0,92	44,22
Banco de Semillas	4,40	1,00	3,40	340,06
Alimentación Animal	3,00	2,08	0,92	44,22
Asociación de Cultivos	3,87	1,44	2,43	168,54
Áreas protegidas dentro de la finca	1,32	1,00	0,32	31,61
Estimación de la textura de suelo	5,00	5,00	0,00	0,00
<b>Promedio General</b>	<b>3,48</b>	<b>1,95</b>	<b>1,45</b>	<b>96,48</b>

$p < 0,0159$

reducir los riesgos de eventos climáticos de manera de poder sobrevivir, resistir y recuperarse de los daños causados por dichos eventos. Esta capacidad de respuesta o recuperación esta representada a través de 13 indicadores de practicas culturales que aportan protección en diferentes dimensiones socio-ecológicas.

El promedio general de las fincas con manejo agroecológico (3,48) es mayor que el promedio de las fincas con manejo convencional (1,95), esta diferencia muestra como las fincas agroecológicas utilizan una serie de estrategias diversificadas que generan una mayor complejidad y con ello una mayor capacidad de respuesta a las variables externas (Tabla 4). Esto se debe en principio a que poseen diferentes alternativas o complementos en las practicas de manejo, disminuyendo con ello el grado de incertidumbre que poseen los sistemas convencionales más simplificados. Por medio del Test de Wilcoxon de rangos signados se encontraron diferencias significativas ( $p = 0,0159$ ) entre parcelas agroecológicas (a) y convencionales (c). Los ejemplos más contrastantes de estas diferencias los marcan los indicadores de los sistemas agroecológicos que tienen un banco de semillas con 340% de mayor diversidad,

205% de mayor cantidad de barreras de vegetación, un autoconsumo 194% mayor y un 168% de mayor asociación de cultivos (Tabla 4). Todo esto indica que las fincas con manejos agroecológicos basan su estrategia en la diversificación de practicas en busca de sistemas socio-ecológicos más resilientes.

### 3. 4. Evaluación del índice de Riesgo

Para generar un “índice” de Riesgo se utilizaron las medias de los valores consolidados de los indicadores de Vulnerabilidad y Capacidad de respuesta. La vulnerabilidad por estar representada como un número que muestra la baja vulnerabilidad o Alta resiliencia del sistema, se transformo por medio de la resta de la calificación máxima del índice de vulnerabilidad (5). De esta manera tenemos un número que refleja realmente el grado de vulnerabilidad.

Por otro lado la amenaza, se consideró como un valor estándar de 1, ya que los eventos climáticos poseen una intensidad y frecuencia sobre la que no se tiene una acción directa y lo que el “índice” de Riesgo muestra en realidad es como la Vulnerabilidad (V) puede incrementar o disminuir esta amenaza.

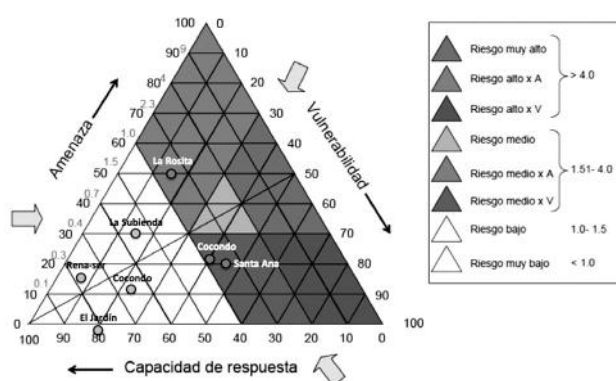


Para interpretar este “índice” de Riesgo en sistemas socio-ecológicos, se propone la siguiente hipótesis:

*Las diferencias relativas entre los “índices” de Riesgo de los sistemas agroecológicos (a) y convencionales (a) aumentan o disminuyen con respecto a la Capacidad de respuesta de los sistemas socio-ecológicos. Esta Capacidad de respuesta eventualmente llegará a un “umbral de resistencia”, donde más allá de cualquier aumento la Amenaza provocará el colapso de estas diferencias.*

Si estos supuestos son verdaderos, y a continuación observamos las diferencias entre sistemas agroecológicos (a) y convencionales (c) que arrojan los índices de vulnerabilidad evaluados (Tabla 5), encontramos que bajo sistemas agroecológicos existe una tendencia creciente hacia una mayor resiliencia agroecológica en las fincas que llevan un mayor tiempo de aplicación de prácticas agroecológicas. Los mejores resultados en cuanto al índice de Riesgo los arroja la finca Renaser con un 10,3% de riesgo asociado a sus prácticas de manejo, mientras que el potrero de la finca Cocondo presenta un 104% de riesgo mayor asociado a sus prácticas de manejo.

Finalmente, los datos de la tabla 5 fueron transformados a porcentajes para ser representados gráficamente



**Figura 1.** Triángulo del Riesgo de los sistemas agroecológicos y convencionales.

en el Triángulo del Riesgo (Barrera *et al.* 2011), donde de una manera grafica muestra una tendencia de agrupación hacia el riesgo bajo por parte de sistemas agroecológicos y un riesgo medio y alto de los sistemas convencionales (Fig. 1).

## 5. CONCLUSIONES

La definición e identificación de los manejos adaptativos locales es una estrategia clave para la construcción de la resiliencia socio-ecológica en los sistemas agrícolas. Con esta metodología se ratifica el potencial de la Gestión del Riesgo desde el enfoque de la Capacidad de respuesta y adaptación. Y son precisamente los campesinos, quienes han sido capaces de enfrentar, resistir y hasta recuperarse de eventos climáticos extremos. Y es con ellos que la academia y las instituciones publicas deben construir y aprehender. Pero lo que ocurre es lo contrario, porque a la luz de los actuales conocimientos científicos y de los avances tecnológicos estos conocimientos suelen ser subestimados y aislados. Es por ello que más que “inventar” nuevas herramientas, los resultados encontrados en este estudio validan y recuperan muchos años de trabajo en conservación de suelos, diversificación y prácticas agroecológicas realizadas por los campesinos de los Andes colombianos. Como ya vimos, los resultados sugieren que las prácticas realizadas por los sistemas agroecológicos han sido eficaces en la construcción de la resiliencia, pero es evidente que variables físicas de nivel superior como la “matriz del paisaje” pueden generar una menor resiliencia a eventos climáticos extremos.

Se seleccionaron indicadores de Vulnerabilidad física y Capacidad de respuesta desde prácticas culturales agroecológicas que fueron específicas para una Amenaza climática de lluvia intensa. Otros indicadores deberían desarrollarse para otras amenazas climáticas como sequías y amenazas antropogénicas como por ejemplo, políticas regresivas y caída de los mercados. Las pruebas estadísticas realizadas fueron pincelazos iniciales que buscaron tendencias de agrupación y diferencias entre los sistemas agroecológicos y convencionales.

**Tabla 5.** “Índice” de Riesgo de los sistemas agroecológicos (a) y convencionales (c).

	Vulnerabilidad	Capacidad de respuesta	Índice de Riesgo
<b>Sistemas Agroecológicos</b>			
Renaser (El Carmen)	0,408	3,926	<b>0,103</b>
El Jardín (San Cristóbal)	1,127	4,108	<b>0,274</b>
La Subienda (San Cristóbal)	0,782	2,740	<b>0,285</b>
Cocondo (Titiribí)	1,176	3,335	<b>0,352</b>
<b>Sistemas Convencionales</b>			
Cocondo (Potrero)	2,038	1,954	<b>1,042</b>
Santa Ana (Fredonia)	1,775	2,212	<b>0,802</b>
La Rosita (San Cristóbal)	0,782	1,726	<b>0,453</b>

Finalmente, esta propuesta metodológica solo dio cuenta de unas cuantas experiencias agroecológicas, pero lo cierto como afirman Altieri *et al.* (2012) es que existen hoy día miles de proyectos a lo largo de África, Asia y América Latina que demuestran convincentemente que la agroecología proporciona la base científica, tecnológica y metodológica para contribuir con los pequeños agricultores a aumentar este manejo adaptativo y con ello la producción de los cultivos de una manera sostenible y resiliente, permitiendo así prever las necesidades actuales y futuras de alimentos.

## 6. Referencias

- Altieri MA, Nicholls CI, Funes F. 2012. The scaling up of agroecology: spreading the hope for food sovereignty and resiliency. Ecumenical Advocacy Alliance. <http://www.agriculturesnetwork.org/library/253758>> 07/05/2012
- Altieri MA, Nicholls CI, Funes F. 2012. The scaling up of agroecology: spreading the hope for food sovereignty and resiliency. Ecumenical Advocacy Alliance. <http://www.agriculturesnetwork.org/library/253758>> 07/05/2012.
- Barrera JF, Herrera J, Gómez J. 2007. Riesgo-vulnerabilidad hacia la broca del café bajo un enfoque de manejo holístico. En La Broca del Café en América Tropical: Hallazgos y Enfoques (Barrera JF, García A, Domínguez V, Luna C, eds). México: Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur, 131-141 pp.
- Folke C, Carpenter SR, Walker B, Scheffer M, Chapin T, Rockstrom J. 2010. Resilience Thinking: Integrating Resilience, Adaptability and Transformability. Ecology And Society 15:9.
- Glaser M, Krause G, Ratter B, Welp M. 2008. Human-Nature-Interaction in the Anthropocene. Potential of Social-Ecological Systems Analysis. [http://www.dg-humanoekologie.de/pdf/DGH-Mitteilungen/GAIA200801\\_77\\_80.pdf](http://www.dg-humanoekologie.de/pdf/DGH-Mitteilungen/GAIA200801_77_80.pdf)> 07/05/2012.
- Holling CS, Gunderson LH, Ludwig D. 2002. In Quest of a Theory of Adaptive Change. In Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems. Cap 1. (Gunderson LH, Holling CS, eds). Washington: Island Press, 9,10,12-14 pp.
- Holt-Giménez E. 1995. La Canasta Metodológica. Sistema de Información Mesoamericano de Agricultura Sostenible (SIMAS), Managua.
- Holt-Giménez E. 2002. Measuring farmers? agroecological resistance after Hurricane Mitch in Nicaragua: a case study in participatory, sustainable land management impact monitoring. Agriculture, Ecosystems & Environment 93:87-105.
- IPCC. 2007. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Solomon S, Din D, Manning M, Enhen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller HL, eds). Cambridge: University Press.
- Lavell A (coord.). 1997. Viviendo en riesgo. Comunidades vulnerables y prevención de desastres en América Latina. La Red. [http://cidbimena.desastres.hn/docum/lared/libros/ver\\_todo\\_nov-20-2002.pdf](http://cidbimena.desastres.hn/docum/lared/libros/ver_todo_nov-20-2002.pdf)
- Lin BB. 2007. Agroforestry management as an adaptive strategy against potential microclimate extremes in coffee agriculture. Agricultural and Forest Meteorology 144: 85-94
- Machin-Sosa B, Roque-Jaime AM, Ávila-Lozano DR, Rosset P. 2010. Revolución Agroecológica: el Movimiento de Campesino a Campesino de la ANAP en Cuba. Habana: ANAP.
- Milestad R, Kummer S, Vogl C. 2010. Building farm resilience through farmers' experimentation. Workshop 1.8 – Knowledge systems, innovations and social learning in organic farming. 9th European IFSA Symposium, 4-7 July 2010, Vienna (Austria).
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and human well-being: Synthesis. Washington, DC: Island Press.
- Philpott SM, Lin BB, Jha S, Brines SJ. 2009. A multiscale assessment of hurricane impacts on agricultural landscapes based on land use and topographic features. Agriculture, Ecosystems and Environment 128: 12-20.
- Schwendenmann L et al. 2009. Effects of an experimental drought on the functioning of a cacao agroforestry system, Sulawesi, Indonesia. Global Change Ecology.
- White G. 1974. Natural Hazards: Local, National, Global. 1997. In: Viviendo en riesgo. Comunidades vulnerables y prevención de desastres en América Latina. La Red. [http://cidbimena.desastres.hn/docum/lared/libros/ver\\_todo\\_nov-20-2002.pdf](http://cidbimena.desastres.hn/docum/lared/libros/ver_todo_nov-20-2002.pdf)
- Wilches-Chaux G. 1993. La Vulnerabilidad Global. En Los Desastres no son Naturales (Maskrey A, ed.). La Red. Colombia: Tercer Mundo Editores.

# AGROECOLOGÍA

## Información para los autores y política editorial

La revista *Agroecología*, surge como consecuencia de la colaboración de la Sociedad Española de Agroecología (SEAE), la Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA) y la Asociación Brasileña de Agroecología (ABA), con el fin de crear un espacio de comunicación científico que sirva para recoger los trabajos que, en el campo de la agroecología, vayan apareciendo especialmente en el ámbito español y latino-americano..

### Agroecología acepta:

- artículos originales sobre temas agroecológicos.
- comunicaciones breves de hasta dos páginas manuscritas
- reseñas bibliográficas

### 1. Extensión de los artículos

Los artículos no deben exceder 25 páginas impresas en DIN A4, a doble espacio y tamaño de letra 12. Como procesador de texto se utilizará preferentemente Microsoft Word.

### 2. Presentación de los manuscritos

La primera página de cada manuscrito debe contener: Título del artículo, nombre de los autores y dirección e-mail, teléfono y fax del autor responsable de la correspondencia.

Resumen, que no excederá de 250 palabras, y de 3 a 7 palabras claves. Resumen y palabras claves en inglés y español o portugués.

Las siguientes secciones incluirán el contenido usual: Introducción, Material y Métodos, Resultados, Discusión, Agradecimientos, Referencias (ver a continuación), Tablas (ver a continuación), Ilustraciones (ver a continuación), Leyendas (ver a continuación).

### 3. Tablas

Cada tabla (Tabla 1) debe ser presentada por separado, numerada y estará referida en el texto.

### 4. Figuras

Los dibujos (Fig. 1) pueden ser enviados como originales o como fotografías en blanco y negro bien contrastadas y de alta calidad.

### 5. Fotografías y microfotografías

Deben ir numeradas secuencialmente con las figuras. Se debe incorporar una escala en el lugar que se

estime apropiado. El autor debe utilizar sus propios símbolos, números y letras tanto para las figuras como para las fotografías. El nombre del autor/es del artículo y el número de la figura debe escribirse en el dorso de la misma.

### 6. Leyendas

Las leyendas de las tablas y figuras, convenientemente numeradas, deben escribirse todas juntas en páginas separadas del resto del artículo.

### 7. Referencias

Corresponderán únicamente a los trabajos, libros, etc., citados en el texto y se escribirán según el siguiente modelo:

a) Para artículos en revista

Packer C. 1983. Sexual dimorphism: the horns of African antelopes. *Science* 221: 1191-1193.

Boyer HW, Roulland-Dussoix D. 1969. A complementation analysis of the restriction and modification of DNA *Escherichia coli*. *Journal of Molecular Biology* 41: 459-465.

Klos J, Kuta E, Przywara L. 2001. Karyology of *Plagiomnium*. I. *Plagiomnium affine* (Schrad.) T. Kop. *Journal of Bryology* 23: 9-16

Usar los nombres de las revistas completos, no en abreviación.

b) Para libros, tesis y otras publicaciones no periódicas

Whelan RJ. 1979. The ecology of fire. Cambridge: Cambridge University Press.

c) Para artículos y capítulos de contribuciones en libros

Huenneke LF. 1991. Ecological implications of genetic variation in plant population. In *Genetics and conservation of rare plants* (Falk DA, Holsinger KE, eds.). Oxford: Oxford University Press, pp. 31-44.

d) Los trabajos en prensa

Sólo se citarán si han sido formalmente aceptados para su publicación, su reseña se hará como sigue:

Werner O, Ros RM, Guerra J. in press. Direct amplification and NaOH extraction: two rapid and simple methods for preparing bryophyte DNA for polymerase chain reaction (PCR). *Journal of Bryology*.

La lista bibliográfica de un trabajo se establecerá ordenando las referencias alfabéticamente por autores (y cronológicamente para un mismo autor, añadiendo las letras a, b, c, etc., a los trabajos del mismo año). En el texto, las referencias bibliográficas se harán de la manera usual: "según Packer (1983)", "el ahorro energético (Margalef 1983)", "en trabajos recientes (Ritley 1981, Rufoss & Canno 1999)", etc. Se citarán los autores por su apellido cuando éstos sean uno o dos (Kumagai & Hasezawa 2000), pero no cuando sean más de dos, empleándose entonces, la abreviación de *et alii* (Sunderesan *et al.* 1999).

## 8. Unidades

*Agroecología* sigue el Sistema Internacional de Unidades (SI).

## 9. Abreviaturas

Las abreviaturas de uso no común deben ser explicadas.

## 10. Pruebas de imprenta

Cada autor recibirá una prueba de imprenta de su trabajo. El autor debe ajustarse a los plazos de devolución de las pruebas corregidas y evitar la introducción de modificaciones importantes al texto original. La co-

rrección de pruebas deberá hacerse según pautas y símbolos internacionalmente admitidos, de los que se adjuntará una muestra con las galeradas. En las galeradas corregidas se indicará (al margen) el lugar aproximado del texto en el que colocar las distintas figuras y tablas.

## 11. Advertencia final

Los autores deben evitar rigurosamente el uso de negritas, mayúsculas, subrayados, etc., en la totalidad del manuscrito. Subrayar sólo los nombres científicos de géneros, especies, subespecies, etc.

## 12. Envío de los trabajos originales

Toda la correspondencia relativa a la publicación de artículos en **Agroecología** puede enviarse:

a) Por correo electrónico (e-mail) a la dirección: jmegea@um.es

b) Por envío postal (original y disquette o CD-ROM, con el texto, cuadros y figuras) a:

José M. Egea  
Dpto. de Biología Vegetal (Botánica)  
Facultad de Biología  
Universidad de Murcia  
Campus de Espinardo  
30100 Murcia. España

# AGROECOLOGÍA

## *Instructions for authors and editorial policy*

*Agroecologia* (the journal) emerges as a consequence of the collaboration between Sociedad Española de Agroecología (SEAE), the Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA), the Asociación Brasileira de Agroecología with the Universidad de Murcia, to create a space of scientific communication by publishing articles in the field of agroecology to nourish new paradigms of agricultural development in Spain and Latin America.

*Agroecology* paper acceptance:

- original research papers on Agroecology
- short notes up to 2 printed pages
- book reviews

### **1. Size or length of papers documents**

Papers should not exceed 25 printed pages in DIN A4, double space and word writing size 12. Text processing preferable will be Microsoft Word.

### **2. Organization of the manuscript**

The first page of each manuscript should indicate:

The title, the author's names and the name, address, e-mail, phone and fax number of the corresponding author and 3 to 7 key words. The Abstracts must not exceed 250 words. Abstracts and key words in English and Spanish or Portuguese

The following sections covering the usual contents:

Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Acknowledgements, References (see below), Tables with figures (see below), Illustrations or graphics (see below), Legends (see below).

### **3. Tables**

Each table (Table 1) should be typed on a separated sheet, numbered and should be referred to in the text.

### **4. Figures**

Line drawings (Fig. 1) can either be submitted as original drawings ready to print or as clean and sharp glossy black and white photographs.

### **5. Photographs and microphotographs**

Photographs should be numbered in sequence with the figures. A scale bar should be drawn where appropriate. Authors should use their own symbols, numbers and lettering to figures, including photographs. The

author's name and the number of the figure should be written on the back of each figure.

### **6. Legends**

Legends of tables and figures conveniently numbered should be typed on a separate sheet and not written on the figures.

### **7. References**

Should be restricted to books, papers, etc., cited in the paper, and should be presented according to the style shown below:

a) Articles from journals

Packer C. 1983. Sexual dimorphism: the horns of African antelopes. *Science* 221: 1191-1193.

Boyer HW, Roulland-Dussoix D. 1969. A complementation analysis of the restriction and modification of DNA *Escherichia coli*. *Journal of Molecular Biology* 41: 459-465.

Klos J, Kuta E, Przywara L. 2001. Karyology of *Plagiomnium*. I. *Plagiomnium affine* (Schrad.) T. Kop. *Journal of Bryology* 23: 9-16

Write out the journal names in full.

b) Books, Theses and other sporadic publications

Whelan RJ. 1979. The ecology of fire. Cambridge: Cambridge University Press.

c) Articles and chapters from books

Huenneke LF. 1991. Ecological implications of genetic variation in plant population. In *Genetics and conservation of rare plants* (Falk DA, Holsinger KE, eds.). Oxford: Oxford University Press, pp. 31-44.

d) Papers in press

Should only be quoted if they have been accepted for publication, their quotation should be as follows:

Werner O, Ros RM, Guerra J. in press. Direct amplification and NaOH extraction: two rapid and simple methods for preparing bryophyte DNA for polymerase chain reaction (PCR). *Journal of Bryology*.

References must be given in alphabetical order of authors (and chronologically for the same author, adding the letters a, b, c, etc. for papers of the same year). In



the text, references should be cited in the conventional manner: "according to Packer (1983)"; "the energy saving (Margalef 1983)"; "in recent papers (Ritley 1998, Rufoss & Canno 1999)", etc. Authors will be mentioned by their surnames (without initials) when they do not exceed two (Kumagai & Hasezawa 2000) and by "*et al.*" when more than two (Sunderesan *et al.* 1999).

## 8. Units

*Agroecology* uses SI units (Système International d'Unités).

## 9. Abbreviations

Uncommon abbreviations should be explained.

## 10. Proofs

Authors will receive one set of proofs of their paper. Authors should obey the dead lines of the corrected proofs and should avoid introducing extensive modifications of the original text. Correction of proofs should be done according to international symbols

and standards, an example of which will be enclosed with the galley-proof. The approximate place to insert figures and tables should be indicated on the corrected proofs.

## 11. Final remark

Avoid bold, italic, capital letters, etc. in the manuscript, only underline scientific names of genus, species, subspecies, etc.

## 12. Submission of papers

All the communication regarding articles and publication of the **Agroecología** Journal can be sent to:

c) Per e-mail to: jmegea@um.es

d) Per conventional Post (original and disquette or CD-ROM, with the text, tables and figures) to:

José M. Egea

Dpto. Biología Vegetal (Botánica)

Facultad de Biología

Universidad de Murcia

Campus de Espinardo, s/n

30100 Murcia. Spain



# BOLETÍN DE SUSCRIPCIÓN, COMPRA O INTERCAMBIO (SUBSCRIPTION ORDER)

## Enviar a (Send to):

Servicio de Publicaciones  
Universidad de Murcia  
C/. Actor Isidoro Máiquez. 9.  
30007 MURCIA (España)  
Tlfno.: 868 88 30 11 y 12 (Internacional: +34 868 88 30 12)  
Fax: 868 88 34 14 (Internacional: 34 868 88 34 14)

## 1.- Suscripción:

Desde año:..... Número:..... inclusive.

## 2.- Números atrasados:

Desde año:..... Número:..... inclusive.

## Forma de pago

- Pago mediante recibo. Una vez recibido el Boletín de Suscripción, le enviaremos un Recibo, que deberá hacer efectivo antes de que podamos proceder al envío de los ejemplares correspondientes.

## Precios de suscripción:

- Suscripción normal: 30 € + gastos de envío (foreign countries: 30 U.S. \$ + postage and packing cost.)
- Número atrasado (delayed number): 30 € + gastos de envío (30 U.S. \$ + postage and packing cost.)

## Datos personales

Nombre y apellidos o razón social: .....

NIF. o CIF: .....

Calle/plaza: .....

Código postal:..... Ciudad:..... Provincia:.....

País:..... Tfno.:..... Fax:.....

## Para intercambios

Enviar solicitud a: Universidad de Murcia. Biblioteca General. Intercambios. 30071 MURCIA.  
Teléfono: 868 88 36 92 • Fax: 868 88 78 09 • e-mail: mdem@um.es

Publicación que se ofrece en intercambio (Título, dirección):

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## Editores

### Clara Inés Nicholls Estrada

Profesora de Desarrollo Rural Sustentable para América Latina de la Universidad de California. Coordinadora del programa de doctorado de Agroecología de la Universidad de Antioquia – SOCLA. Ingeniera Agrónoma de la Universidad Nacional de Colombia, con Maestría en Entomología del Colegio de Posgraduados de Chapingo, México y Doctorado en Entomología de la Universidad de California, Davis.

### Miguel Ángel Altieri

Profesor titular de Agroecología de la Universidad de California, Berkeley. Presidente de la Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA), Ingeniero Agrónomo de la Universidad de Chile, Doctorado en Entomología de la Universidad de Florida.

