

## Avances de investigación

# Contribución de las cercas vivas a la productividad e integridad ecológica de los paisajes agrícolas en América Central<sup>1</sup>

Celia A. Harvey<sup>2</sup>; Cristóbal Villanueva<sup>2</sup>; Jaime Villacís<sup>2</sup>; Mario Chacón<sup>2</sup>; Diego Muñoz<sup>2</sup>; Marlon López<sup>3</sup>; Muhammad Ibrahim<sup>2</sup>; René Gomez<sup>3</sup>; Rachel Taylor<sup>4</sup>; Jorge Martínez<sup>2</sup>; Alexander Navas<sup>2</sup>; Joel Sáenz<sup>5</sup>; Dalia Sánchez<sup>6</sup>; Arnulfo Medina<sup>6</sup>; Sergio Vilchez<sup>6</sup>; Blas Hernández<sup>6</sup>; Alexis Pérez<sup>2</sup>; Francisca Ruiz<sup>2</sup>; Fátima López<sup>2</sup>; Ivan Lang<sup>4</sup>; Stefan Kunth<sup>7</sup>; Fergus L. Sinclair<sup>4</sup>

**Palabras claves:** conservación de biodiversidad; Costa Rica; manejo de finca; caracterización de paisaje; conectividad de paisaje; conocimiento local; Nicaragua.

### RESUMEN

Las cercas vivas son elementos conspicuos de los paisajes agrícolas a lo largo de América Central, pero existe poca información acerca de su abundancia, distribución y función. Aquí se presenta un análisis de sus roles ecológico y agronómico, a partir de inventarios detallados tanto a escala de finca como de paisaje, en cuatro áreas contrastantes de producción de ganado en Costa Rica y Nicaragua. Las cercas vivas fueron comunes en los cuatro paisajes, ocurriendo entre el 49% y 89% de las fincas ganaderas, con un promedio total de 0,14 ( $\pm$  0,01) km ha<sup>-1</sup> de la finca y una media de casi 20 cercas por finca. Se registró un total de 168 especies de árboles y palmeras en las cercas vivas. La abundancia, composición de especies y estructura de las cercas vivas variaron entre las fincas y los paisajes, reflejando diferencias en condiciones ambientales y estrategias de manejo. En todos los paisajes, los principales roles productivos de las cercas vivas fueron los de dividir las pasturas y actuar como barreras para el movimiento de animales, aunque también sirvieron como fuentes de forraje, leña, madera y frutos. Desde una perspectiva ecológica, la presencia de cercas vivas aumentó en gran medida la cobertura arbórea, con las copas de los árboles cubriendo desde el 3,2 hasta el 12% del total del área de pastura de los paisajes estudiados. Las mismas fueron particularmente importantes para aumentar la conectividad estructural de los hábitats arbolados en el paisaje. Más de 170 especies de aves, murciélagos, escarabajos estercoleros y mariposas fueron registradas en las cercas vivas monitoreadas en dos de los paisajes. Aquí se argumenta que las cercas vivas son aspectos importantes de los paisajes agrícolas, que merecen mucha más atención en las estrategias de manejo sostenible de la tierra, y deben ser un elemento explícito en las regulaciones y los incentivos que tienen como objetivo mejorar la integridad ecológica de los paisajes rurales en América Central.

**Contribution of live fences to farm productivity and ecological integrity of agricultural landscapes in Central America**

**Key words:** Biodiversity conservation; Costa Rica; farm management; landscape characterization; landscape connectivity; local knowledge; Nicaragua.

### ABSTRACT

Live fences are conspicuous features of agricultural landscapes across Central America but there is remarkably little information about their abundance, distribution, and function. Here we present an analysis of their ecological and agronomic roles from detailed inventories at both farm and landscape scales in four contrasting cattle producing areas of Costa Rica and Nicaragua. In all four landscapes, live fences were common, occurring on between 49% and 89% of cattle farms, with an overall mean of 0.14 ( $\pm$  0.01) km ha<sup>-1</sup> of farm land and a mean of almost 20 fences per farm. A total of 168 tree and palm species were recorded in the live fences. The abundance, species composition and structure of live fences varied across farms and landscapes, reflecting differences in environmental conditions and management strategies. In all landscapes the main productive roles of live fences were to divide pastures and serve as barriers to animal movement, although they also served as sources of fodder, firewood, timber, and fruits. From an ecological perspective, the presence of live fences greatly enhanced tree cover, with tree crowns in live fences covering from 3.2 to 12% of the total pasture area of the landscapes studied. They were particularly important in increasing the structural connectivity of woody habitat across the landscape. Over 170 species of birds, bats, dung beetles, and butterflies were recorded in live fences monitored in two landscapes. It is argued here that live fences are important features of agricultural landscapes that merit much greater attention in sustainable land management strategies and need to be an explicit element in regulations and incentives that aim to enhance the ecological integrity of rural landscapes in Central America.

<sup>1</sup> Basado en: Harvey, C.A., C. Villanueva, J. Villacís, M. Chacón, D. Muñoz, M. López, M. Ibrahim, R. Gómez, R. Taylor, J. Martínez, A. Navas, J. Sáenz, D. Sánchez, A. Medina, S. Vilchez, B. Hernández, A. Pérez, F. Ruiz, F. López, I. Lang, F. L. Sinclair. Contribution of live fences to the productivity and ecological integrity of agricultural landscapes in Central America (presentado a la revista Agriculture, Ecosystems and Environment).

<sup>2</sup> Departamento de Agricultura y Agroforestería, CATIE, Sede Central. Correos electrónicos: charvey@catie.ac.cr (autor para correspondencia), cvillanu@catie.ac.cr, villacis@catie.ac.cr, mchacon@catie.ac.cr, dmunoz@catie.ac.cr, lopezm@catie.ac.cr, mibrahim@catie.ac.cr, aperez@catie.ac.cr

<sup>3</sup> Nitlapán, Managua, Nicaragua. Correo electrónico: rene\_gomez@hotmail.com

<sup>4</sup> University of Wales, Bangor, Reino Unido. Correos electrónicos: fidhw@yahoo.com, f.l.sinclair@bangor.ac.uk

<sup>5</sup> Programa Regional de Manejo de Vida Silvestre, Universidad Nacional Autónoma, Heredia, Costa Rica. Correo electrónico: jsaenz@una.ac.cr

<sup>6</sup> Fundación Cocibolca, Nicaragua. Correos electrónicos: dsanchez02@hotmail.com, arfitoria@hotmail.com, tipitapa13@hotmail.com, reise3us@yahoo.com

<sup>7</sup> Universidad de Gottingen, Alemania. Correo electrónico: skunth@gwdg.de

## INTRODUCCIÓN

Las cercas vivas son comunes en América Central, donde delimitan los campos agrícolas, las pasturas y los límites de las fincas, y forman elaboradas redes de cobertura arbórea a lo largo de los paisajes rurales. La presencia de cercas vivas no solo se da en áreas biofísicamente diversas, con diferentes elevaciones, zonas ecológicas y tipos de suelo, sino también en aquellas con distintas culturas, historias de uso del suelo y producción agrícola, principalmente plantaciones de café, pasturas y jardines (Sauer 1979, Budowski 1987). En algunas regiones agrícolas donde la deforestación y la conversión a agricultura han sido elevadas, las cercas vivas constituyen la forma más prevalente de cobertura arbórea que permanece en el paisaje.

A pesar de la preeminencia de las cercas vivas en América Central, existe poca información acerca de sus roles funcionales dentro de los paisajes agrícolas. Aparte de unas pocas descripciones generales de las cercas vivas y su manejo (Sauer 1979, Lagemann y Heuveldop 1983, Budowski 1987), escasea la información en relación con su abundancia, densidad o distribución y su variación en las fincas y los paisajes. Igualmente, aunque varios estudios han analizado aspectos específicos de las cercas vivas, tales como la producción de forraje (Beer 1987, Beringer y Salas 2003), el establecimiento (Somarriba 1995), las tasas de crecimiento (Beer 1987) o la capacidad de enraizamiento (Lozano 1962), pocos han considerado en forma holística el rango de productos, servicios ambientales y funciones ecológicas que proveen. Los roles ecológicos de las cercas vivas como potenciales hábitats, recursos y corredores para la vida silvestre han sido particularmente descuidados, con la excepción de unos pocos estudios llevados a cabo en México (Estrada *et al.* 1993, 2000, Estrada y Coates-Estrada 2001).

El objetivo de este trabajo es llamar la atención sobre el predominio de las cercas vivas dentro de los paisajes agrícolas, para destacar tanto sus funciones agronómicas como ecológicas, y discutir su potencial contribución al desarrollo sostenible y las iniciativas de conservación en América Central. Nuestra evaluación se basa en un conjunto de estudios integrados de las cercas vivas en cuatro paisajes agrícolas contrastantes dominados por producción ganadera en Costa Rica (Cañas y Río Frío) y Nicaragua (Rivas y Matiguás), aunque los principios generales aquí identificados probablemente sean aplicables a los paisajes agrícolas en América Central en general. Para los propósitos de este trabajo, consideramos como cercas vivas aquellas “cercas establecidas median-

te el plantado de estacas grandes, las cuales fácilmente producen raíces y sobre las que se fijan varios hilos de alambre con el obvio propósito de mantener al ganado dentro o fuera” (Budowski 1987). Aunque su composición y estructura varían de un sitio a otro, la mayoría de las cercas vivas consisten de una o dos especies perennes leñosas (aunque en algunas ocasiones se incluyen especies herbáceas) que se plantan a intervalos regulares, en línea recta, adyacentes a los potreros de cultivo o a lo largo de los límites de la finca (Sauer 1979).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudiaron las cercas vivas en cuatro paisajes agrícolas, donde el pastoreo de ganado vacuno era el tipo predominante de uso del suelo: Cañas y Río Frío en Costa Rica, y Matiguás y Rivas en Nicaragua. Cañas y Rivas son zonas típicas de sistemas de producción de ganado en la vertiente Pacífica con estación seca de Centroamérica, con sistemas de manejo extensivo para producción de carne en Cañas y doble propósito (carne y leche) en Rivas. En contraste, Río Frío es una región de producción lechera sobre la vertiente húmeda del Atlántico de Costa Rica, con fincas más pequeñas e intensivas que las de Cañas. La región de Matiguás es una de las zonas claves de producción ganadera en el centro de Nicaragua, concentrada en la producción de ganado de doble propósito, en un área de transición entre el bosque tropical seco y húmedo. Las fincas de esta localidad están dedicadas casi exclusivamente a la producción de ganado vacuno, mientras que aquellas en Rivas integran la producción de ganado con la producción agrícola. En cada paisaje, se seleccionó un área de aproximadamente 10000 a 16000 ha como representativa del paisaje de la región. Cada uno de estos paisajes estaba dominado por pasturas, las cuales daban cuenta del 48 al 68% de la tierra, mientras que existían pocos remanentes de cobertura boscosa (8,2 a 23,3%), y estos eran generalmente en forma de pequeños parches de bosque y franjas riparias.

Los datos sobre las cercas vivas se recopilaron en una serie de estudios integrados que forman parte del proyecto FRAGMENT, cuyo objetivo es comprender los roles de los árboles en la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de la productividad de la finca en paisajes fragmentados dominados por la agricultura. Estos estudios incluyeron: 1) una encuesta socioeconómica de una muestra al azar de 53 a 100 fincas en cada paisaje, en la cual se recogieron datos sobre características de la finca, uso del suelo y cobertura arbórea; 2) un inventario completo de la composición florística, estructura y arreglo espacial de las cercas vivas presentes en

una muestra estratificada de 12 a 16 fincas ganaderas en cada paisaje, basado en sistemas de producción; 3) adquisición del conocimiento local que los finqueros poseen sobre las cercas vivas; 4) monitoreo del manejo de la finca, incluyendo información sobre el establecimiento de las cercas vivas, manejo y poda, en 12 a 16 fincas en cada paisaje durante un año; 5) estudios de la fauna (aves, murciélagos, escarabajos estercoleros y mariposas) presente en las cercas vivas, y 6) una caracterización del patrón espacial de las cercas vivas y su contribución a la conectividad del paisaje en un sitio (Río Frío, Costa Rica) (Cuadro 1).

Los detalles de los métodos utilizados en la encuesta socioeconómica se pueden encontrar en Restrepo (2002), Villacis (2003) y Gómez *et al.* (en prensa); los métodos sobre los inventarios de las cercas vivas están reportados en Villacis (2003) y López *et al.* (en prensa); Joya Díaz (2004), Martínez Rayo (2003) y Muñoz (2004) describen los estudios sobre conocimiento local, mientras que los detalles sobre los estudios de biodiversidad pueden encontrarse en Harvey *et al.* (en preparación). Por último, la descripción de los estudios de la contribución de las cercas vivas a la conectividad del paisaje se puede encontrar en Chacón (2004).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Abundancia de cercas vivas en fincas y paisajes

Las cercas vivas estuvieron presentes en los cuatro paisajes, representando un componente importante de la cobertura arbórea de la finca. Se inventariaron 1195

cercas vivas en los cuatro paisajes, con 60536 árboles, de los cuales aproximadamente la mitad tenían un diámetro a la altura del pecho (dap) >10 cm y abarcaban un largo total de 196,4 km (Cuadro 2). Se registró un total de 51226 postes de madera (postes muertos) dentro de las cercas vivas, lo cual indica que los finqueros suelen combinar postes de madera vivos y muertos dentro de la misma cerca. En cada paisaje hubo también cercas que consistían solamente de postes de madera muertos, que representaron el 14% de todas las cercas existentes en los sitios.

La abundancia y diversidad de las cercas vivas varió de una finca a otra tanto entre los paisajes como dentro de ellos. Las cercas vivas estuvieron presentes en más del 80% de las fincas en tres de los sitios, mientras que en Rivas ocurrieron en un poco menos de la mitad de las fincas (Cuadro 3). Había típicamente más de 22 cercas vivas por finca, aunque muchas menos en Rivas. La longitud total de las cercas vivas por finca también fue variable, con una media general de apenas más de 3 km finca<sup>-1</sup>, dándose el largo mayor en Cañas, donde se encuentran las fincas más grandes. La longitud promedio de las cercas vivas fue de 0,14 km ha<sup>-1</sup> de la finca y el promedio de la longitud de las cercas vivas fue de 0,22 km ha<sup>-1</sup> de pastura; esto fue significativamente mayor en Río Frío en comparación con otros sitios ( $p < 0,001$  por km de cerca viva ha<sup>-1</sup> de la finca y  $p = 0,0006$  por longitud de cerca viva por km ha<sup>-1</sup> de pastura).

**Cuadro 1.** Resumen de la recolección de datos en cercas vivas en los cuatro sitios de estudio, como parte del proyecto FRAGMENT.

| Datos recolectados de cercas vivas  | Cañas, Costa Rica | Río Frío, Costa Rica | Rivas, Nicaragua | Matiguás, Nicaragua | Los cuatro sitios |
|---|-------------------|----------------------|------------------|---------------------|-------------------|
| Número de finqueros entrevistados en la encuesta socioeconómica   | 53                | 71                   | 57               | 100                 | 281               |
| Número de fincas en las que se inventariaron cercas vivas   | 15                | 16                   | 12               | 15                  | 58                |
| Área total de la finca investigada para cercas vivas (ha)   | 1030,5            | 157,9                | 385,4            | 418,3               | 1992,1            |
| Área total de pasturas investigada para cercas vivas (ha)   | 800,7             | 117,9                | 248,6            | 324,6               | 1491,8            |
| Número de árboles (dap >10 cm) dentro de las cercas vivas medidos para diámetro, altura y radio de copa     | 3,331             | 1,377                | 530              | 1,737               | 6,975             |
| Número de informantes claves entrevistados acerca del conocimiento local de las cercas vivas                | 25                | 25                   | 20               | 25                  | 95                |
| Área en la cual la distribución especial de las cercas vivas fue mapeada (ha)                               | N/D               | 500                  | N/D              | N/D                 | 500               |
| Número de cercas vivas en las cuales se muestrearon aves, murciélagos, escarabajos estercoleros y mariposas | 8                 | 8 <sup>z</sup>       | 8                | 8 <sup>z</sup>      | 16                |

<sup>z</sup> En proceso.

**Cuadro 2.** Resumen del número de cercas vivas, árboles y postes de madera, y longitud de las cercas vivas en los cuatro sitios de estudio.

| Datos recolectados de cercas vivas           | Cañas, Costa Rica | Río Frío, Costa Rica | Rivas, Nicaragua | Matiguás, Nicaragua | Los cuatro sitios |
|--|-------------------|----------------------|------------------|---------------------|-------------------|
| Número de cercas vivas                       | 385               | 409                  | 71               | 330                 | 1195              |
| Número de cercas muertas                     | 51                | 1                    | 69               | 83                  | 204               |
| % de cercas vivas del total                  | 88,3%             | 99,8%                | 50,8%            | 80%                 | 85,4%             |
| Número de árboles registrados con dap >10 cm | 20974             | 3812                 | 1852             | 3464                | 30102             |
| Número de árboles registrados con dap <10 cm | 11477             | 12205                | 1958             | 4794                | 30434             |
| Número de postes muertos en las cercas vivas | 25374             | 5689                 | 12160            | 8003                | 51226             |
| Longitud total de las cercas vivas (m)       | 83551             | 35475                | 35610            | 41772               | 196408            |

**Cuadro 3.** Resumen de la abundancia y distribución de las cercas vivas en fincas ganaderas en los cuatro paisajes.

| Variable  | Cañas, Costa Rica | Río Frío, Costa Rica | Rivas, Nicaragua | Matiguás, Nicaragua | Los cuatro sitios |
|---|-------------------|----------------------|------------------|---------------------|-------------------|
| % de fincas con cercas vivas                          | 89                | 87                   | 49               | 88                  | 80                |
| Número promedio de cercas vivas por finca             | 25,7 ± 3,0        | 25,6 ± 6,3           | 4,7 ± 0,6        | 22,2 ± 2,0          | 19,6 ± 2,1        |
| Número mín-máx de cercas vivas por finca              | 8-46              | 6-79                 | 2-9              | 4-32                | 2-79              |
| Longitud promedio total de cercas vivas por finca (m) | 5570 ± 957        | 2217 ± 249           | 2374 ± 336       | 2785 ± 280          | 3220 ± 314        |
| Km promedio de cercas vivas por ha de finca           | 0,09 ± 0,01       | 0,23 ± 0,03          | 0,11 ± 0,02      | 0,13 ± 0,01         | 0,14 ± 0,01       |
| Km promedio de cercas vivas por ha de pastura         | 0,14 ± 0,02       | 0,34 ± 0,05          | 0,21 ± 0,04      | 0,16 ± 0,02         | 0,22 ± 0,02       |

Los datos sobre el porcentaje de fincas con cercas vivas provienen de las encuestas socioeconómicas ( $n = 53$  en Cañas, 73 en Río Frío, 57 en Rivas y 100 en Matiguás).

### Composición de especies

Se encontró un total de 168 especies de plantas en las cercas vivas de los cuatro sitios, de las cuales 166 fueron especies de árboles y dos de palmeras. Con la excepción de Rivas, unas pocas especies plantadas deliberadamente por los finqueros fueron las dominantes (Cuadro 4). En Río Frío, por ejemplo, *Erythrina* spp. y *Gliricidia sepium* representaron el 75,6 y 11,1% de los árboles, respectivamente, y el número promedio de especies por cerca fue de 1,5. En Cañas las cercas vivas fueron más ricas en especies, con un promedio de aproximadamente cuatro especies de árboles por cerca, pero igualmente dos especies, *Bursera simaruba* y *Pachira quinata*, fueron las dominantes, representando el 54,2% y 27,6% de todos los árboles de las cercas vivas, respectivamente. En el sitio de Matiguás, las cercas vivas también estuvieron dominadas por *B. simaruba* (representando poco más de la mitad de los árboles) y en menor medida por *Guazuma ulmifolia*, *P. quinata* y *G. sepium*. En contraste, en el sitio de Rivas en Nicaragua las cercas vivas estuvieron compuestas de una mezcla de diferentes especies (la mayoría originadas a partir de regeneración natural), y la riqueza de especies de las cercas in-

dividuales fue también considerablemente más alta. Un rasgo común a todos los sitios fue que todas las especies encontradas en las cercas vivas eran nativas o naturalizadas.

Aunque la riqueza de especies de las cercas vivas individuales fue generalmente baja, la riqueza de especies combinada de las cercas vivas a las escalas de finca y paisaje fue más alta (Cuadro 4). Por ejemplo, en el nivel de finca la riqueza de especies tuvo un rango promedio de 4,8 a 24,8 especies, mientras que en el nivel de paisaje fue de 27 a 85 especies por sitio. La mayor riqueza de especies a estas escalas mayores refleja la inclusión por parte de los finqueros de árboles relictuales cuando establecen las cercas vivas, a veces incluso moviendo ligeramente la ubicación propuesta de una cerca, de manera tal que pueda incluir árboles existentes en la pastura, o permitiendo que ocurra algo de regeneración natural dentro de la cerca. Las diferencias en la composición de las cercas vivas entre las fincas y los paisajes reflejaron diferencias en las condiciones ecológicas y físicas, así como diferencias en la manera en la cual los finqueros establecieron y manejaron sus cercas vivas.

**Cuadro 4.** Composición de especies de cercas vivas de Río Frío, Cañas y Rivas, basada en árboles con diámetros >10 cm.

|  | <b>Cañas,<br/>Costa Rica<br/>(n = 20974<br/>árboles en 385<br/>cercas vivas)</b> | <b>Río Frío,<br/>Costa Rica<br/>(n = 3812<br/>árboles en 409<br/>cercas vivas)</b> | <b>Rivas,<br/>Nicaragua<br/>(n = 1852<br/>árboles en 71<br/>cercas vivas)</b> | <b>Matiguás,<br/>Nicaragua<br/>(n = 3464<br/>árboles en 330<br/>cercas vivas)</b> |
|--|--|--|---|---|
| Número promedio de especies arbóreas por cerca viva  | 4,10 ± 0,14  | 1,38 ± 0,04  | 7,48 ± 0,64   | 3,12 ± 0,15   |
| Número promedio de especies arbóreas por finca   | 24,8 ± 2,4   | 4,8 ± 0,7  | 17,33 ± 2,5   | 20,3 ± 2,0  |
| Número total de especies arbóreas encontradas en cercas vivas  | 85   | 27   | 73  | 72  |
| Número total de especies arbóreas plantadas deliberadamente  | 13   | 2  | 28  | 23  |
| % de árboles de especies plantadas   | 92,2   | 86,6   | 38,4  | ~75   |
|  | <i>Bursera simaruba</i><br>(54,2%)   | <i>Erythrina costaricensis</i><br>(75,6%)  | <i>Guazuma ulmifolia</i><br>(9,06%)   | <i>Bursera simaruba</i><br>(50,1%)  |
|  | <i>Pachira quinata</i><br>(27,6%)  | <i>Gliricidia sepium</i><br>(11,1%)  | <i>Cordia dentata</i><br>(8,44%)  | <i>Guazuma ulmifolia</i><br>(8,7%)  |
| Cinco especies de árboles más comunes presentes en cercas vivas (% de todos los árboles inventariados) | <i>Ficus</i> spp.<br>(3,8%)  | <i>Cordia alliodora</i><br>(2,8%)  | <i>Acacia collinsii</i><br>(7,01%)  | <i>Pachira quinata</i><br>(7,1%)  |
|  | <i>Gliricidia sepium</i><br>(1,9%)   | <i>Bursera simaruba</i><br>(2,6%)  | <i>Myrospermum frutescens</i><br>(6,67%)                                      | <i>Gliricidia sepium</i><br>(5,5%)  |
|  | <i>Tabebuia rosea</i><br>(1,9%)  | <i>Dracaena fragrans</i><br>(1,8%)   | <i>Simarouba glauca</i><br>(6,3%)   | <i>Erythrina berteroa</i><br>(4,4%)   |

### Estructura de las cercas vivas

La combinación de diferentes especies de árboles, distancia de siembra, y frecuencia e intensidad de la poda crea cercas vivas con diversos tamaños, formas y composición (Cuadro 5). La mayoría de las cercas vivas eran cortas (con una longitud promedio de 164,2 m), aunque la longitud de las cercas vivas individuales varió desde 4 m hasta casi 2 km. Las cercas vivas fueron generalmente más largas en las regiones de bosque seco (Rivas y Cañas) que en los otros dos sitios, porque en aquellas tenían sistemas de pastoreo más extensivos, que utilizaban pasturas de mayor tamaño, con menos divisiones.

La densidad total de árboles, incluyendo todos los árboles plantados como postes vivos, sin considerar el diámetro, fue altamente variable en las cercas, las fincas y los paisajes, con promedios que variaron desde 148,6 árboles km<sup>-1</sup>, en Rivas, a 414,6 árboles km<sup>-1</sup>, en Río Frío (Cuadro 5). Si se consideran solamente los árboles con dap >10 cm, el promedio de la densidad de árboles de los cuatro sitios fue de 137,5 (± 5,3) km<sup>-1</sup>, con un rango de 67,5 en Rivas a 241,8 en Cañas. El promedio general del dap de los árboles medidos en las cercas vivas fue de 23,6 cm; sin embargo, considerando que solo los árboles

con dap >10 cm fueron medidos, esto sobreestima la media para todos los árboles. La altura promedio de los árboles en las cercas vivas en cada sitio fue generalmente de entre 6 y 10 m, con los árboles más altos en el paisaje de Rivas, donde las cercas vivas se podaban poco frecuentemente. El promedio del radio de la copa de los árboles de las cercas vivas fue relativamente uniforme entre los sitios, con una media de rangos de 3,1 a 4,8 m, con las copas más grandes en cercas vivas más viejas o que habían sido podados menos frecuentemente.

### Distribución y ubicación de cinco cercas vivas dentro de las fincas y los paisajes

Dentro de las fincas, la mayoría de las cercas vivas se daban adyacentes a pasturas, con un subgrupo delimitando los bordes de la finca o lindando caminos. Por ejemplo, de las 410 cercas vivas mapeadas en Río Frío, más de la mitad estaban rodeadas por pasturas. De igual manera, en Cañas más del 70% de las cercas vivas dividían pasturas, y casi el 20% bordeaban caminos; muy pocas (poco más del 3%) bordeaban bosques riparios o parches boscosos. De las 1195 cercas vivas estudiadas, 72% eran cercas internas, las cuales se encontraban dentro de pasturas o potreros y no colindaban con otras fincas.

**Cuadro 5.** Características estructurales de cercas vivas individuales en los cuatro sitios de estudio.

| Variable   | Cañas,<br>Costa Rica | Río Frío,<br>Costa Rica | Rivas,<br>Nicaragua | Matiguás,<br>Nicaragua | Los cuatro<br>sitios |
|--|----------------------|-------------------------|---------------------|------------------------|----------------------|
| Promedio del largo de cercas vivas individuales (m) <sup>z</sup>   | 217,0 ± 7,7          | 86,7 ± 3,6              | 500,3 ± 58,2        | 126,6 ± 4,4            | 164,3 ± 5,4          |
| Densidad promedio de árboles con dap >10 cm por km de cerca viva <sup>z</sup>                                  | 241,9 ± 11,8         | 88,1 ± 7,5              | 67,5 ± 6,9          | 92,1 ± 5,8             | 137,5 ± 5,3          |
| Densidad promedio de todos los árboles, incluyendo los de dap <10 cm (árboles/km de cercas vivas) <sup>z</sup> | 360,7 ± 16,2         | 414,6 ± 16,8            | 148,6 ± 15,2        | 203,6 ± 8,8            | 323,1 ± 8,6          |
| Densidad media de postes de cerca muerta por km de cerca viva <sup>z</sup>                                     | 335,7 ± 10,5         | 123,0 ± 9,3             | 369,9 ± 11,3        | 216,8 ± 9,8            | 231,8 ± 6,0          |
| Altura promedio de árboles en cercas vivas (± s <sub>x</sub> ), en m   | 7,57 ± 0,07          | 6,77 ± 0,11             | 9,8 ± 0,17          | 7,02 ± 0,11            | 7,4 ± 0,05           |
| Diámetro promedio de árboles con dap >10 cm en cercas vivas (± s <sub>x</sub> ), en cm                         | 28,5 ± 0,3           | 16,09 ± 0,2             | 27,6 ± 0,7          | 19,1 ± 0,3             | 23,6 ± 0,2           |
| Radio promedio del dosel de árboles en cercas vivas (± s <sub>x</sub> ), en m                                  | 4,23 ± 0,05          | 3,07 ± 0,04             | 4,83 ± 0,12         | 3,20 ± 0,06            | 3,79 ± 0,03          |

Datos resumidos por cerca viva (n = 385 en Cañas, 409 en Río Frío, 71 en Rivas y 330 en Matiguás). <sup>z</sup> Datos de árboles individuales dentro de las cercas vivas (n = 3331 árboles en Cañas, 1377 en Río Frío, 530 en Rivas y 1737 en Matiguás).

### Funciones y manejo de las cercas vivas dentro de los sistemas agrícolas

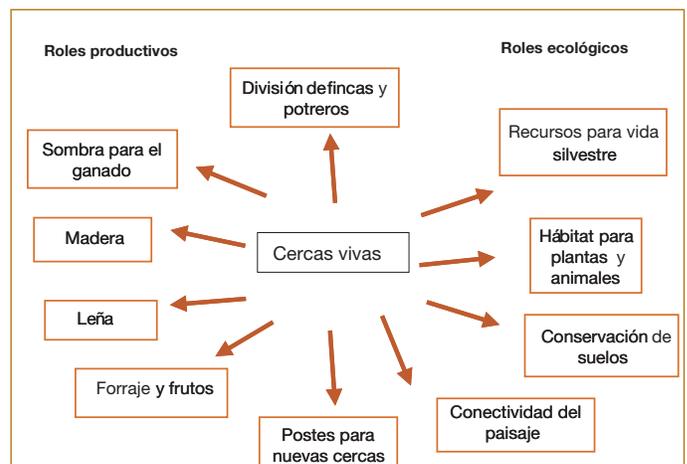
#### Roles de las cercas vivas en los sistemas agrícolas

Si bien las cercas vivas cumplen múltiples papeles dentro de los sistemas agrícolas y proveen tanto productos como servicios a los finqueros (Figura 1), la intención principal de su función fue la de delinear los límites de la finca y dividir las pasturas. Esta función fue alcanzada por medio de la provisión de un cercado que restringiera el movimiento de animales, y fue autosostenible en el sentido de que nuevas estacas fueron producidas a partir de las cercas vivas existentes. De acuerdo con los finqueros entrevistados, las cercas vivas consistieron en una manera económica de establecer cercas a lo largo de los límites de la finca y dividir las pasturas en potreros. Además, a menudo fueron más baratas que otras opciones de cercado, como el uso de cercado eléctrico o postes de madera muerta. Esto es corroborado por Romero *et al.* (1993), quienes encontraron que las cercas vivas de *Erythrina poeppigiana* eran un 54% más baratas que el establecimiento de cercas convencionales de postes de madera muerta en Guápiles, Costa Rica.

Además de servir como barreras, las cercas vivas proveen una amplia variedad de productos, incluyendo estacas vivas para las nuevas cercas, forraje, madera, leña y frutos, pero la importancia relativa de dichos productos varió entre los sitios estudiados. En todos los paisajes, la mayoría de los finqueros cosechaban las ramas de cercas vivas ya establecidas como material para el establecimiento de nuevas cercas vivas o para aumentar la densidad dentro de las cercas ya existentes. Usualmente, estas estacas fueron utilizadas dentro de la misma

finca o se dieron a vecinos, aunque ocasionalmente algunos finqueros venden estas estacas a otros finqueros de la región.

Otro producto potencialmente importante de las cercas vivas es el forraje para ganado, dado que muchas de las especies comunes de las cercas vivas, como *G. sepium* y *Erythrina* spp., proveen forraje de alto valor nutritivo y están disponibles durante la estación seca, cuando los pastos escasean (Beer 1987, Frank y Salas 2003). La adquisición de conocimiento local en los cuatro sitios ha indicado que si bien los finqueros estaban al tanto del potencial valor del follaje de las cercas vivas como forraje para el ganado, menos del 10% cortaba sus cercas con ese propósito (debido a su alta demanda de mano



**Figura 1.** Roles productivos y ecológicos de las cercas vivas en paisajes agrícolas.

de obra), aunque era práctica generalizada el dejar las ramas cortadas y el follaje en el suelo una vez podadas las cercas, para que el ganado se alimentara.

Otros posibles productos de las cercas vivas —principalmente madera, leña y frutos— raramente fueron cosechados. Por ejemplo, de los 102 finqueros entrevistados en Rivas, menos del 10% indicaron que cosechaban leña de sus cercas vivas (Gómez *et al.*, en prensa). La cosecha de madera de las cercas vivas fue esporádica en Nicaragua y rara en Costa Rica.

Además de proveer productos, las cercas vivas también pueden brindar servicios dentro de la finca, tales como la provisión de sombra y la protección contra el viento. Los finqueros de los cuatro sitios indicaron que la sombra provista por las cercas vivas era importante para el ganado, reduciendo el estrés por calor, particularmente durante la estación seca, y proveyendo un ambiente más confortable, resultando en aumentos de peso, producción de leche y tasas reproductivas más altas. Esta importancia de la sombra y la protección contra el viento para la producción del ganado ya ha sido reportada para otros sitios (Dronen 1988, Durr y Rangel 2002).

Los finqueros también consideraron la sombra como una posible desventaja, debido a que grandes cantidades de sombra podrían reducir la productividad de los pastos y, por lo tanto, la productividad general de la finca. Así, los finqueros se cuidaron de permitir que las cercas vivas crecieran demasiado, y las podaron regularmente para controlar el tamaño de la copa de los árboles. Mencionaron también la frecuente necesidad de podar o reparar las cercas, lo cual requiere considerable labor, y el hecho de que una vez que las cercas vivas son plantadas, resultan difíciles de remover y reubicar, dificultando cambiar el tamaño de los potreros o los sistemas de rotación. Asimismo, señalaron las desventajas de algunas especies de árboles en particular, tales como la tendencia de *G. sepium* a caerse debido al desarrollo de un sistema radicular superficial cuando se la propaga por medio de estacas y su susceptibilidad a las taltuzas (*Orthogeomys* spp.), y la dificultad de manejar *P. quinata* y algunas especies de *Erythrina* debido a sus espinas.

#### *Roles ecológicos de las cercas vivas en paisajes agrícolas*

Las cercas vivas pueden contribuir a la conservación de la biodiversidad en paisajes agrícolas, tanto por medio del incremento de la cantidad de cobertura arbórea —y, por lo tanto, el aumento de la disponibilidad de hábitats y recursos—, como por la mejora de la conectividad de

los paisajes. Los árboles en las cercas vivas son a menudo componentes importantes de la cobertura arbórea de la finca y cubren entre el 3,2 y el 12% del área total de las pasturas en cada paisaje.

Por medio de la provisión de sitios donde posarse, alimentarse o anidar, las cercas vivas pueden servir como hábitats parciales para algunas especies animales dentro de los paisajes agrícolas. Estudios preliminares de la biodiversidad dentro de las cercas vivas de los sitios de Cañas y Rivas sugieren que un número considerable de especies animales puede utilizarlas, incluyendo aves, murciélagos, escarabajos estercoleros y mariposas, entre otros grupos. Hasta la fecha, se ha informado de más de 170 especies animales que utilizan las cercas vivas en cada uno de los sitios de Rivas y Cañas (Cuadro 6), pero el número total de especies podría ser mucho más alto, dado que estos estudios iniciales solo analizaron ocho fincas en cada paisaje durante un período corto de tiempo, y las curvas de acumulación para grupos individuales sugieren que un esfuerzo mayor de muestreo resultaría en la detección de más especies en ambos sitios. Por ejemplo, se encontraron 92 especies de aves utilizando las cercas vivas en Río Frío durante un período de observación más largo, de seis semanas, comparado con las 28 especies registradas por mediciones de punto de ocho cercas vivas en el mismo sitio (Sáenz, datos sin publicar).

**Cuadro 6.** Resumen del número de algunas especies animales encontradas en cercas vivas en Cañas, Costa Rica y Rivas, Nicaragua.

| Taxón                    | Cañas,<br>Costa Rica | Rivas,<br>Nicaragua | Total <sup>a</sup> |
|--------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| Aves                     | 47                   | 34                  | 59                 |
| Murciélagos              | 26                   | 18                  | 30                 |
| Escarabajos estercoleros | 23                   | 25                  | 45                 |
| Mariposas                | 29                   | 25                  | 36                 |
| Total                    | 125                  | 102                 | 170                |

Datos provenientes de ocho cercas vivas en cada paisaje.

<sup>a</sup>El número de especies no necesariamente suma el total debido a que algunas especies son las mismas en ambos paisajes.

La mayoría de las especies observadas en las cercas vivas fueron generalistas, capaces de sobrevivir en paisajes fragmentados y modificados, pero un grupo más pequeño de especies dependientes del bosque también hizo uso de las cercas. Por ejemplo, en el sitio de Río Frío, de las 92 especies de aves registradas en las cercas vivas, 33 fueron consideradas dependientes de hábitats boscosos, incluyendo tanto especies residentes como migratorias.

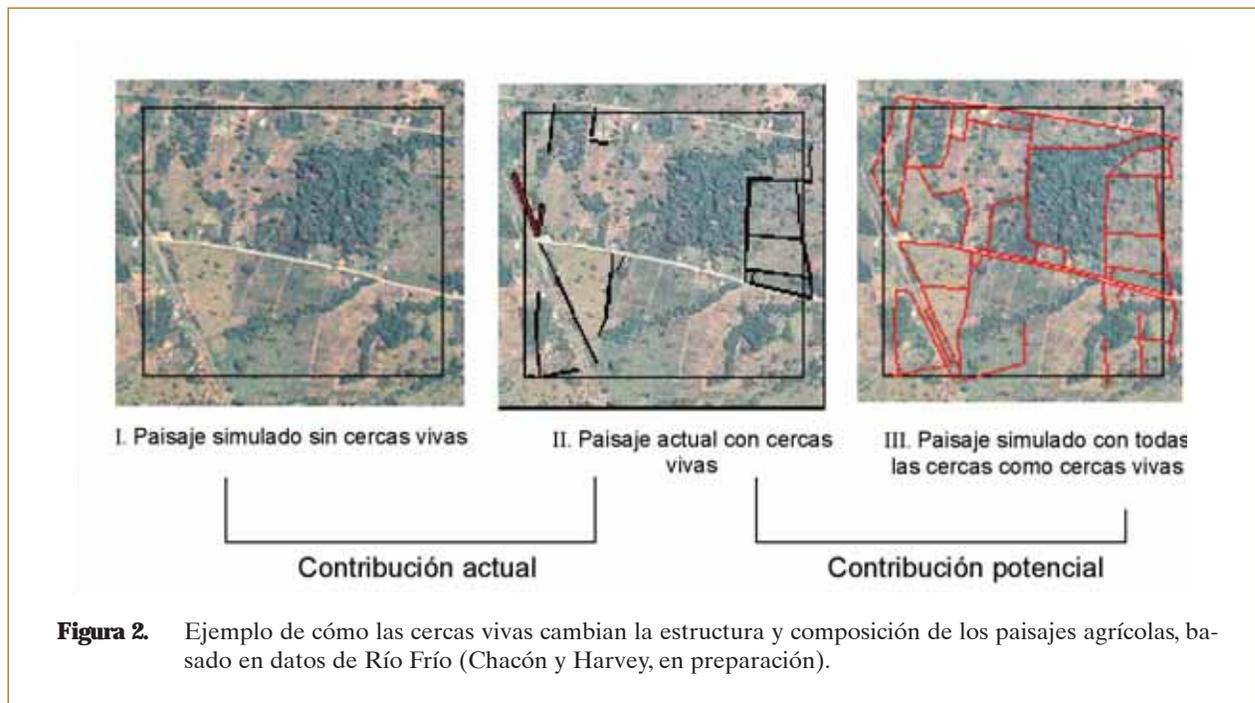
**Conectividad del paisaje y movimiento de animales**

Las cercas vivas tienen el potencial de aumentar la conectividad de los paisajes y facilitar el movimiento de animales por medio del incremento de la cantidad total de la cobertura vegetal dentro de los paisajes agrícolas (y, por lo tanto, aumentando el número de sitios de posa, descanso, alimentación y percha). Además, contribuyen al acortamiento de las distancias entre los sitios de posa o escala, reduciendo la energía que los animales deben gastar en vuelo o movimiento (Sibley 2001). Debido a que las cercas vivas dividen las pasturas en áreas más pequeñas, su presencia también reduce el área de hábitats “hostiles” que los animales deben cruzar para alcanzar la próxima porción de cobertura arbórea, y de esta manera pueden hacer más hospitalaria la matriz agrícola para algunas especies. Al mismo tiempo, el hecho de que la mayoría de las cercas vivas ocurra en redes extensas y rectilíneas que se expanden a través del paisaje, significa que las mismas invariablemente conectan diferentes áreas del mismo paisaje y proveen conexiones estructurales entre los hábitats arbóreos. Por ejemplo, de las 1195 cercas vivas estudiadas en los cuatro sitios, 17% estaban unidas directamente por un parche boscoso o un bosque ripario y proveían conexiones físicas entre estos hábitats.

Las contribuciones de las cercas vivas a la composición y estructura de los paisajes fueron exploradas en el sitio de Río Frío (Chacón 2004), donde dos escenarios hipotéticos de cercas vivas fueron comparados con la situa-

ción existente, siendo un escenario el paisaje sin cercas vivas, y el otro con todas las cercas en el paisaje convertidas en cercas vivas (Figura 2). El incremento en la proporción de las cercas que estaban vivas redujo dramáticamente el tamaño promedio de las áreas de pasturas abiertas, desde una media de 31,8 a 2,1 ha, y también redujo la distancia entre las copas de los árboles y los parches de bosque, de una media de 527 m en un paisaje sin cercas vivas a 71 m en un paisaje donde todas las cercas habían sido convertidas a cercas vivas. Además, convertir todas las cercas de madera muertas a cercas vivas incrementaría la longitud total de las segundas en un 21,2% y aumentaría su densidad de una media de 50,5 ( $\pm 15,1$ ) m ha<sup>-1</sup> de tierra a 111 ( $\pm 45,3$ ) m ha<sup>-1</sup>. Al mismo tiempo, el número de nodos (conexiones) de las cercas vivas y el número de cercas vivas directamente conectadas con el bosque ripario se duplicarían (Chacón y Harvey, en preparación). Si bien es claro que las cercas vivas contribuyen a la conectividad estructural de los paisajes agrícolas, aún queda por verse si esto resulta en un incremento de la conectividad biótica o funcional para organismos en particular, tal como se ha demostrado en el caso de setos vivos y barreras rompevientos en regiones templadas (Yahner 1982a, 1982b, 1983, Petit y Burel 1998, Baudry *et al.* 2000, Hinsley y Bellamy 2000).

Es posible que numerosos factores influyan en la importancia de las cercas vivas como herramientas de conservación en los paisajes agrícolas, incluyendo su composi-



ción de especies, manejo, abundancia y grado de conectividad. Sin embargo, existe poca información sobre la interacción de estos diversos factores para afectar tanto la diversidad como la composición de las comunidades animales que utilizan las cercas vivas.

### **¿Pueden las cercas vivas mejorar la conservación y la producción sostenible?**

Aunque las cercas vivas son típicamente ignoradas en la valoración de los usos del suelo y en los planes de conservación, los resultados reportados aquí muestran que representan un componente importante de la cobertura arbórea dentro de los paisajes rurales en Centroamérica. Como tales, pueden cumplir funciones importantes tanto para la producción sostenible como para la conservación de biodiversidad. Los finqueros establecen y manejan las cercas vivas para facilitar el manejo de la finca y el ganado, y para obtener productos y servicios específicos; sin embargo, al hacer esto, también incrementan la cobertura total de árboles dentro del paisaje e inadvertidamente crean hábitats, puntos de escala y recursos para la vida silvestre. Aún más importante, las cercas vivas generalmente forman complejas redes a través de paisajes que de otra forma se encontrarían deforestados o fragmentados, mejorando la heterogeneidad del paisaje e incrementando la conectividad del hábitat de bosque, con beneficios potenciales para la conservación. Dado que las cercas vivas son elementos duraderos, una vez establecidos es probable que mejoren la estructura, composición y funcionalidad de los paisajes rurales por al menos varias décadas.

Las cercas vivas ya parecen estar desempeñando un papel importante en la conservación dentro de los paisajes rurales de América Central. Sin embargo, existen oportunidades para que se integren más activamente aún a las estrategias de conservación y producción sostenible. Dichas estrategias incluyen aumentar la abundancia de cercas vivas dentro de los paisajes, incrementar su diversidad florística y estructural, ubicar estratégicamente las cercas vivas para maximizar su contribución a la conectividad del paisaje o minimizar la frecuencia e intensidad de las podas. Estas recomendaciones reflejan aquellas sugeridas para mejorar el valor de la biodiversidad de las barreras rompevientos en los Estados Unidos (Capel 1988) y de los setos vivos en Europa (Baudry 1988, Hinsley y Bellamy 2000).

La adopción de estrategias de manejo de las cercas vivas más amigables con la conservación requerirá de una combinación de entrenamiento y educación de los fin-

queros acerca de la importancia de las mismas (y las formas en las cuales su diseño y manejo influyen en su valor de conservación). Además, requerirá del uso de pagos o incentivos que compensen por cualquier tiempo o recursos adicionales que la adopción de estas estrategias ocasione, o que premie a los finqueros por sus esfuerzos de conservación. Es importante considerar que, aunque los finqueros ya están estableciendo y manejando cercas vivas por cuenta propia, lo hacen por motivos de producción y no con objetivos de conservación. Muchos de los cambios arriba propuestos pueden complicar las prácticas de manejo de la finca, requerir trabajo o dinero adicionales u ocupar áreas de pasturas que de otra manera estarían disponibles para el ganado. Así, cualquier cambio propuesto en el diseño o manejo de las cercas vivas debe ser considerado dentro del esquema del sistema de la finca (Le Coeur *et al.* 2002). Además, el uso de incentivos o pagos puede ser necesario para motivar a los finqueros a manejar las cercas vivas en busca de objetivos de conservación. Dado que el valor de conservación de las cercas está también fuertemente influenciado por su composición de especies de árboles y la frecuencia y severidad de la poda, involucrar a los finqueros en manejos participatorios de las cercas en estos paisajes, posiblemente incluyendo incentivos para la adopción de prácticas de conservación amigables, será crítico para maximizar su contribución a la conservación de biodiversidad.

### **AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen a un gran número de personas que ayudaron a caracterizar las cercas vivas (Vertino Jiménez, Daniel Vargas y Rachel Purdy en Cañas; Ernesto Guzmán y Silvia Guzmán en Rivas y Julio Evenor Tijerino en Matiguás). También agradecemos a Marianna Joya por su ayuda en la recopilación de conocimiento local en Rivas; a Claudia Restrepo y Giovanni Cárdenas por su ayuda con las entrevistas socioeconómicas en Cañas; a Patricia Hernández por su ayuda en la preparación de documentos; a Fernando Casanoves por el análisis de los datos y a Analia Pugener por la traducción de este artículo.

Esta investigación se realizó como parte del proyecto FRAGMENT (“Developing Methods and Models for Assessing the Impacts of Trees on Farm Productivity and Regional Biodiversity in Fragmented Landscapes”), financiado por el European Community Fifth Framework Programme (INCO-Dev ICA4-CT-2001-10099). Los autores son responsables del material reportado en este trabajo; esta publicación no representa

la opinión de la Comunidad Europea y la Comunidad Europea no es responsable del uso de los datos que aquí aparecen. Financiamiento adicional para R. Taylor y C.A. Harvey fue provisto por la Neotropical Migratory Bird Conservation Act, y para M. Cachón, J. Villacis y C. A. Harvey por FINNIDA.

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Baudry, J. 1988. Hedgerows and hedgerow networks as wildlife habitat in agricultural landscapes. *In* Park, JR. ed. Environmental management in agriculture: European perspectives. London, UK, Belhaven. p. 111-123.
- \_\_\_\_\_; Bunce, GH; Burel, F. 2000. Hedgerows: an international perspective on their origin, function and management. *Journal of Environmental Management* 60: 7-22.
- Beer, J. 1987. Experiences with fence line fodder trees in Costa Rica and Nicaragua. *In* Beer J; Fassbender HW; Hueveldop, J. eds. Advances in agroforestry research. Turrialba, CR, CATIE. p. 215-222. (Serie Técnica no. 147).
- Berninger, F; Salas, E. 2003. Biomass dynamics of *Erythrina lanceolada* as influenced by shoot-pruning intensity in Costa Rica. *Agroforestry Systems* 57: 19-29.
- Budowski, G. 1987. Living fences in tropical America, a widespread agroforestry practice. *In* Agroforestry: realities, possibilities and potentials. Gholz HL (ed). Martinus Nijhoff Publishers. p. 169-178.
- Capel, SW. 1988. Design of windbreaks for wildlife in the Great Plains of North America, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 22/23: 337-347.
- Chacón, M; Harvey, CA. *s.f.* Contribution of live fences to landscape composition and structure in an agricultural landscape in Costa Rica.
- \_\_\_\_\_. 2004. Cobertura arbórea y cercas vivas en un paisaje fragmentado, Río Frío, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 107 p.
- Dronan, S. 1988. Layout and design criteria for livestock windbreaks. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 22/23: 231-240.
- Durr, PA; Rangel, J. 2002. Enhanced forage production under *Samanea saman* in a subhumid tropical grassland. *Agroforestry Systems* 54: 99-102.
- Estrada, A.; Coates-Estrada, R; Meritt Jr, D; Montiel, S; Curiel, D. 1993. Patterns of frugivore species richness and abundance in forest islands and in agricultural habitats at Los Tuxtlas, Mexico. *Vegetatio* 107/108: 245-257.
- \_\_\_\_\_; Cammarano, PL; Coates-Estrada, R. 2000. Bird species richness in vegetation fences and in strips of residual rain forest vegetation at Los Tuxtlas, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 9: 1399-1416.
- \_\_\_\_\_; Coates-Estrada, R. 2001. Bat species richness in live fences and in corridors of residual rain forest vegetation at Los Tuxtlas, Mexico. *Ecography* 24: 94-102.
- Gómez, R; López, M; Harvey, CA; Villanueva C. Caracterización de las fincas ganaderas y relaciones con la cobertura arbórea en potreros en el municipio de Belén, Rivas, Nicaragua. *Revista Encuentros, UCA, Nicaragua. En prensa.*
- Harvey, CA; Medina, A; Sanchez, D; Vilchez, S; Hernández, B; Maes, JM; Saenz, J; Sinclair, FL. Abundance and species richness of trees, birds, bats, butterflies and dung beetles in a fragmented landscape in Rivas, Nicaragua. *En preparación.*
- Hinsley, SA; Bellamy, PE. 2000. The influence of hedge structure, management and landscape context on the value of hedgerows to birds: a review. *Journal of Environmental Management* 60: 33-49.
- Joya Díaz, MA. 2004. Conocimiento local sobre el uso y manejo de árboles en fincas ganaderas del municipio de Belén, Rivas. Tesis Lic., Managua, NI, Universidad Centroamericana. 76 p.
- Lagemann, J; Heuvelop, J. 1983. Characterization and evaluation of agroforestry systems: the case of Acosta-Puriscal, Costa Rica. *Agroforestry Systems* 1: 101-115.
- Le Coeur, D; Baudry, J; Burel, F; Thenail, C. 2002. Why and how we should study field boundary biodiversity in an agrarian landscape context. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 89: 23-40.
- López, M; Gómez, R; Harvey, CA; Villanueva, C. Caracterización del componente arbórea en los sistemas ganaderos de Rivas, Nicaragua. *Revista Encuentros (Nicaragua). En prensa.*
- Lozano, OR. 1962. Postes vivos para cercos. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE/IICA. 77 p.
- Martínez Rayo, JL. 2003. Conocimiento local de productores ganaderos sobre cobertura arbórea en la parte baja de la cuenca del Río Bulbul en Maniguás, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 159 p.
- Muñoz, D. 2004. Conocimiento local en sistemas de producción ganadera en dos localidades de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 208 p.
- Petit, S; Burel, F. 1998. Connectivity in fragmented populations: *Abax parallelepipedus* in a hedgerow network landscape. *Compte rendu Academie des Sciences, Paris, Sciences de la Vie* 321: 55-61.
- Restrepo, C. 2002. Relaciones entre la cobertura arbórea en potreros y la producción bovina en fincas ganaderas en el trópico seco, Cañas, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 102 p.
- Romero, F; Abarca, S; Orado, L; Tobon, J; Kass, M; Pezo, D. 1993. Producción de leche de vacas en pastoreo suplementadas con poró (*Erythrina poeppigiana*) en el trópico húmedo de Costa Rica. *In* Westley, S; Powell, M. ed. *Erythrina* in the new and old Worlds. Paia, Hawaii, US, NFTA. p. 223-239.
- Sauer, JD. 1979. Living fences in Costa Rican agriculture. *Turrialba* 29(4): 225-261.
- Sibley, D. 2001. The Sibley Guide to Bird Life and Behaviour, 1 ed. *In* Elphick, C; Dunning Jr, JB; Sibley, DA; Knopf, AA. ed. New York, US, Chanticleer Press. 544 p.
- Somarriba, E. 1995. Guayaba en los potreros: establecimiento de cercas vivas y recuperación de pasturas degradadas. *Agroforestería de las Américas* 6: 27-29.
- Villacis, J. 2003. Relaciones entre la cobertura arbórea y el nivel de intensificación de las fincas ganaderas en Río Frío, Costa Rica. M.Sc. Thesis, CATIE. 129 pp.
- Yahner, RH. 1982a. Avian use of vertical strata and planting in farmstead shelterbelts. *Journal of Wildlife Management* 46(1): 50-60.
- \_\_\_\_\_. 1982b. Avian nest densities and nest site selection in farmstead shelterbelts. *Wilson Bulletin* 94: 156-175.
- \_\_\_\_\_. 1983. Small mammals in farmstead shelterbelts: habitat correlates of seasonal abundance and community structure. *Journal of Wildlife Management* 47(1): 74-83.