
Determinación de la fragmentación del bosque seco del arroyo Pechelín, Montes de María, Caribe, Colombia

Determination of the dry forest fragmentation of the Pechelín stream, Montes de María, Caribbean, Colombia

Silvia Galván-Guevara, Gastón Ballut-Dajud y Jaime De La Ossa-V.

Resumen

Se caracterizó la fragmentación actual que muestra el bosque seco tropical relictual del arroyo Pechelín en los Montes de María, Caribe colombiano. Los cálculos de cobertura, tamaño y selección de los fragmentos se llevaron a cabo por análisis de imágenes mediante el uso de sistemas de información geográfica. Se calculó el grado de fragmentación, la continuidad espacial e índice de diversidad de forma de Patton. El área media de los parches totales fue de 16,08 ha (Máx. 149,8 ha y Mín. 0,17 ha). Por su parte, el perímetro medio fue de 2.979,99 m² (Max. 12.475,76 m² y Min. 4334,98 m²); la media de parches es reducida, lo que probablemente afecte la estabilidad ecológica del área de estudio debido a cambios microclimáticos. Los datos obtenidos muestran que existe fragmentación en el bosque del área de estudio. Según el índice de grado de fragmentación ($F= 0,355$), la zona boscosa se encuentra en la categoría de insularizado, con un índice de continuidad de 3,98 que lo categoriza como discontinuo; en cuanto a la forma predomina la irregular con un promedio de 41,7 %, seguida de oval-oblonga con 19,4 %. Se demuestra la existencia de una matriz desventajosa para el bosque remanente en estudio, que conduce a una alta fragmentación debido a un uso del suelo en el que prima el factor productivo agropecuario.

Palabras clave. Sistema de información geográfica. Parches. Bosque de galería. Bioma tropical alternohígrico.

Abstract

The present work characterized the current fragmentation of the relictual tropical forest dry of the Pechelín stream drainage, in Montes de María, Colombian Caribbean. The selection and calculation of cover and size of the forest fragments was done using satellite images and geographical information systems. The degree of fragmentation, spatial continuity and Patton form diversity index were calculated. The average area of the patches was 16.08 ha (Max. 149.8 ha and Min. 0.17 ha). The perimeter average was 2979.99 m² (Max. 12475.76 m² and Min. 4334.98 m²). The average patch size is small so that probably affects the ecological stability of the study area due to microclimate changes. The obtained data show that fragmentation exists in the forest of the study area. According to the degree of fragmentation index ($F = 0.355$), the forest area is in the insular category, with a continuity index of 3.98, or discontinuous. As for shape, the most common was irregular (41.7%), followed by oval-oblong (19.4%). Conditions of remaining forest fragments are unfavorable with the high degree of fragmentation caused by local agricultural practices.

Key words. Geographical information system. Patch. Gallery forest. Alternohígrico tropical biome.

Introducción

El bosque seco tropical es una de los ecosistemas más amenazados del mundo y uno de los menos estudiados (Pizano y García, 2014); se define como aquella formación vegetal que presenta una cobertura boscosa continua y que se distribuye entre los 0-1000 m de altitud, con temperaturas superiores a los 24°C, ubicado en el piso térmico cálido, con precipitaciones entre los 700 y 2000 mm anuales y con uno o dos periodos marcados de sequía al año (IAvH 1998). De acuerdo con Hernández y Sánchez (1992), esta formación corresponde a los llamados bosques higrotropofíticos, bosque tropical caducifolio, bosque seco tropical de Holdridge o al bosque tropical de baja altitud deciduo por sequía de la clasificación propuesta por la Unesco (IAvH 1998).

En Colombia se ha ido perdiendo vertiginosamente la cobertura de los bosques secos tropicales, si se asume que en tiempos coloniales esta era cercana a la que naturalmente debería existir y mantenerse; su extensión total debió ser de unos 8,8 millones de hectáreas, o sea algo más del 7,3 % del territorio nacional. La introducción al país de la raza bovina cebú, a finales del siglo XIX y comienzos del XX, que se concentró en los climas cálidos estacionales de sabana y en las zonas de bosque seco tropical de la región Caribe y de los valles interandinos, fue la principal causa de dicha transformación (Otero *et al.* 2006). Se establece que después de 500 años de transformación continua, el bosque seco de Colombia posee elevada relictualidad y alta fragmentación, con una cobertura que apenas llega al 3 % de su extensión original (Pizano y García, 2014)

Entre 200 y 560 m s.n.m., en la parte suroccidental de la Serranía de San Jacinto en jurisdicción de los municipios de Tolúviejo, Colosó y Chalán, departamento de Sucre, Colombia, se localiza la Reserva Forestal Protectora Serranía de Coraza y Montes de María. Las zonas bajas han sido en gran parte transformadas en pastizales e intensamente intervenidas para la extracción de maderas y leña, pero en las partes altas aún existen remanentes de bosque seco que albergan especies estructurales de

una comunidad de clímax, al igual que permanecen como relictos algunos márgenes de arroyos (Otero *et al.* 2006).

La fragmentación es un proceso dinámico por el cual un determinado hábitat va quedando reducido a parches o islas de menor tamaño, más o menos conectadas entre sí, en una matriz de hábitat diferentes al original (Wilcove *et al.* 1986, Saunders *et al.* 1991, Didham 1997, Arroyo-Rodríguez y Mandujano 2009), por lo que este proceso conlleva pérdida del paisaje original, mayor aislamiento y reducción del tamaño de los fragmentos remanentes (Didham 1997), y un incremento en la proporción del hábitat de borde (Merriam y Wegner 1992, Laurance *et al.* 2000, Fahrig 2003). Todas estas transformaciones se verán reflejadas en cambios en las condiciones ambientales como temperatura, viento y humedad (Nepstad *et al.* 1999), debido a diferencias estructurales entre la vegetación del fragmento y la vegetación de la matriz circundante y consecuentemente por cambios en la distribución de las especies en función de su tolerancia a los efectos de borde (Murcia 1995).

Los paisajes tropicales fragmentados son cada día más comunes debido principalmente a incendios, a la remoción de bosques para agricultura o ganadería (Spellerberg y Sawyer 1999, Aguilar *et al.* 2000) o por actividades humanas como la extracción para uso maderable (Palacio *et al.* 2000, Geist y Lambin 2002) o para cubrir necesidades de leña, carbón o madera para construcción y cercados (Ochoa-Gaona 2001). En general se acepta que las actividades agrícolas son la principal amenaza para la biodiversidad en los trópicos (Donald 2004, Henle *et al.* 2004a, 2004b).

El alto grado de amenaza que sufre el bosque seco, producto de su larga historia de transformación y degradación en el Neotrópico y específicamente en Colombia, se suma a las grandes deficiencias que actualmente presentan las estrategias para su conservación. Se estima que sólo 3 % de los bosques secos del país están incluidos en áreas protegidas, todos ellos ubicados en la ecorregión del Caribe,

donde se encuentran los relictos de bosque en mejor estado de conservación (Arango *et al.* 2003), de los cuales hacen parte los Montes de María y dentro de ellos el bosque de la cuenca del arroyo Pechelín.

El objetivo del presente trabajo fue determinar el grado de fragmentación que posee en la actualidad el arroyo Pechelín, corredor biológico natural que conecta la parte oriental de los Montes de María con la sabana costera en el golfo de Morrosquillo, Caribe de Colombia. Este tipo de conocimiento permite tener una visión actualizada de la cobertura boscosa y su continuidad y además sirve como base para futuros estudios que vinculen la diversidad biológica de tan valiosa y única formación ecológica de la zona Caribe.

Material y métodos

Área de estudio

La zona hace parte del relicto de bosque seco tropical que ocupa las dos márgenes (derecha e izquierda) del arroyo Pechelín, ubicado en los municipios de Colosó

y Toluviejo, y que discurre desde las estribaciones de la serranía de Coraza, Montes de María hacia su desembocadura en el golfo de Morrosquillo, departamento de Sucre, desde 9°29'44" N, 75°20'21" O hasta 9°30'35" N, 75°34'24" O, con altura máxima de 80 m s.n.m. Pertenece al bioma tropical altermohígrico y hace parte del Cinturón Árido Pericaribeño (Hernández y Sánchez 1992); se tipifica como Bosque seco Tropical (Bs-T) (Holdridge 1978) (Figura 1).

Cobertura, tamaño y selección de los fragmentos

La ubicación inicial del área de estudio y las medidas para calcular su longitud y su ubicación se hicieron mediante la aplicación del programa Google Earth (versión libre 7.1.2.2041), imagen correspondiente al 03 de 2013. Luego se generó un mosaico de imágenes mediante el software PTGui versión 7.8 Pro para obtener una imagen consolidada de toda el área de estudio y se georreferenció para la posterior digitalización manual de todos los fragmentos.

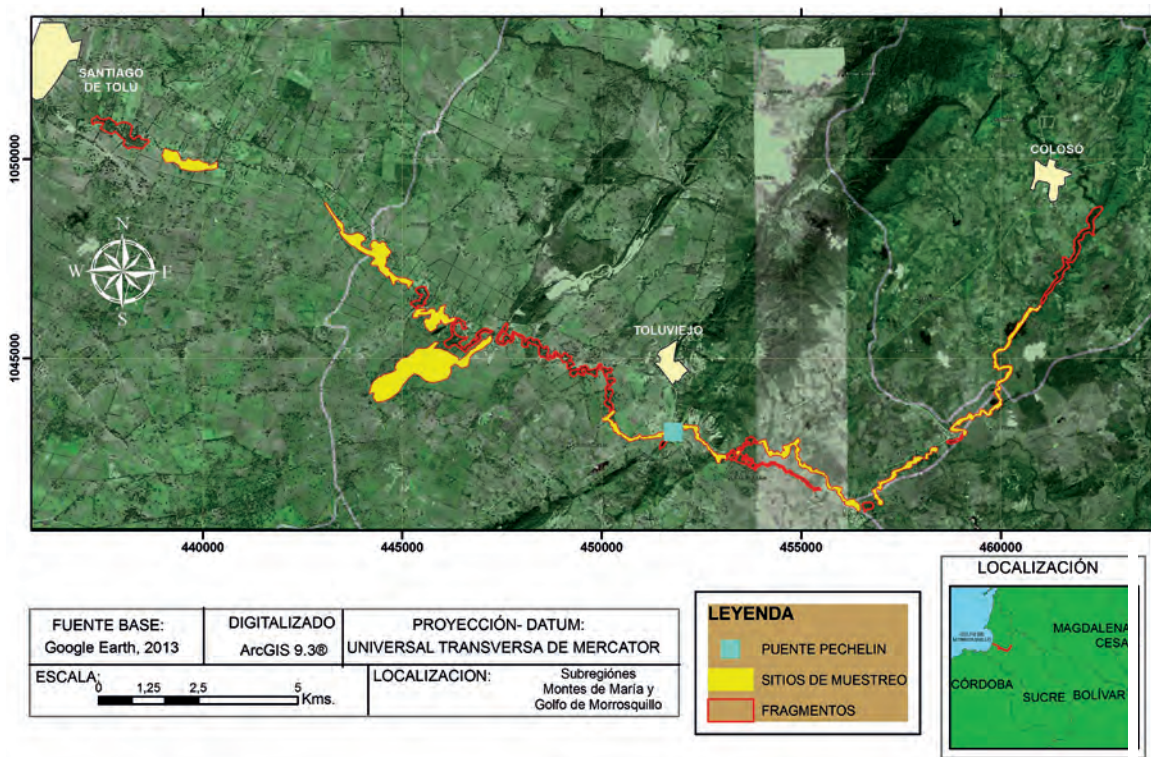


Figura 1. Área de estudio que muestra en rojo los fragmentos estudiados.

Los polígonos se trasladaron al formato shape (.shp) para ser utilizados en el software ArcMap de ArcGIS® versión 9.3 licenciado a la Universidad de Sucre. Se seleccionaron 36 unidades o fragmentos inmersos en un área de bosque de 1.656,19 has. Para determinar la forma, tamaño, perímetro y área de los fragmento, se recurrió al método de polígonos mediante el uso del software ArcGIS® 9.3.

Cálculo de índices basados en sistemas de información geográfica

Se determinaron de acuerdo a lo señalado por Lozano *et al.* (2011), como se señala a continuación.

Grado de fragmentación. Se estimó a través de la relación entre el área de bosque y el área total de la siguiente manera: $F = \text{área de bosque (ha)} / \text{área total (ha)}$. Los valores de F varían entre 0 y 1 y se caracterizan de acuerdo a los siguientes intervalos de valores: $F = 1$, sin fragmentación; $1 > F \geq 0,7$, fragmentación moderada; $0,7 > F \geq 0,5$, altamente fragmentado; $0,5 > F$, insularizado.

Continuidad espacial. Se usó para evaluar la continuidad espacial, como indicador de fragmentación. $FCI = \ln (\Sigma A / \Sigma P)$, donde: FCI = índice de continuidad de Vogelmann; ΣA = área total de parches de bosque del paisaje, en metros cuadrados (m^2); ΣP = perímetro total de parches de bosque del paisaje en metros (m). Valores máximos implican mayor continuidad del bosque y valores mínimos reflejan mayor fragmentación y discontinuidad de los parches de bosque; comparados dentro de la escala logarítmica natural los valores menores a cero indican continuidad (Vogelman 1995).

Índice de diversidad de forma de Patton. Se utilizó para la evaluación de la forma de los fragmentos de bosque. Cuando el índice de diversidad es 1, la forma del fragmento semeja un círculo; a medida que este va en aumento, la forma se torna más compleja e incrementa el efecto de borde de las áreas circundantes o adyacentes. Se considera que índices de diversidad superiores a 2 reflejan formas amorfas.

$DI = P/2 * \sqrt{3.1416 * \sqrt{a}}$, donde: DI: índice de diversidad de Patton; P: perímetro de cada fragmento; A: área

de cada fragmento. El índice de diversidad se agrupa en cinco intervalos de la siguiente forma: redondo $< 1,25$, oval-redondo $1,25 \leq 1,50$, oval-oblongo $1,50 \leq 1,75$, rectangular $1,76 \leq 2$, amorfo irregular > 2 .

Análisis de información

Mediante aplicación de los postulados de muestreo aleatorio (Zar 1999), para el cálculo de la población representativa se seleccionaron los sitios de muestreo teniendo en cuenta tamaño, conectividad y cobertura, buscando la mayor uniformidad posible, con $N = 36$, $p < 0,05$, nivel de confianza (alfa) del 95 %, con error máximo de estimación del 5 %, dio como resultado 11 unidades que fueron escogidas al azar (Tabla 1).

Resultados y discusión

Las unidades o fragmentos seleccionados se muestran en la figura 1. En cuanto a los datos de perímetro y

Tabla 1. Coordenadas y medidas de área de cada sitio de muestreo.

Fragmento	Coordenadas UTM		Área (m^2)
	Este	Norte	
1	459878	1044547	221.240
2	458261	1042658	17.800
3	457352	1042029	80.600
4	455193	1042224	160.000
5	453414	1042647	4.520
6	452543	1042913	64880
7	450674	1043209	82.560
8	445462	1044718	138.800
9	445795	1046010	43.600
10	444243	1047659	124.000
11	439596	1049919	57.200
Área total			995.200
Media			90.472

área para los fragmentos totales detectados en el área de estudio se presenta la tabla 2. Por su parte la distribución porcentual de la forma de los fragmentos se indica en la tabla 3.

La matriz de paisaje en la zona de estudio está compuesta en su mayoría por cobertura de origen antrópico, siendo mayoritaria la presencia de pasturas, además de zonas de rastrojos (Figura 1). Refleja el nivel de transformación histórico de esta zona que ha estado dedicada desde tiempo atrás a la actividad económica, con especial énfasis en la ganadería, lo cual concuerda para otras zonas de bosque seco de Colombia (Arcila *et al.* 2012).

El área media de los parches totales fue de 16,08 ha (Máx. 149,8 ha y Mín. 0,17 ha). Por su parte, el perímetro medio fue de 2.979,99 m² (Máx. 12.475,76

m² y Mín. 4.334,98 m²). La media de los parches es reducida, lo que probablemente afecte, debido a cambios microclimáticos, la estabilidad ecológica del área de estudio (Arcila *et al.* 2012). En el Amazonas Lovejoy *et al.* (1986) concluyeron que los efectos de la fragmentación a medida que el bosque es reemplazado por pastos, con conformación de parches remanentes de 10 ha o menos, afectan todo el parche por cambios microclimáticos debidos a la creación de bordes. A medida que los bosques son fragmentados, no solo hay pérdida de hábitat sino que la idoneidad del hábitat remanente también es afectada (Saunders *et al.* 1991, Rosenberg *et al.* 1999).

Echeverry y Rodríguez (2006) señalan que el microclima en fragmentos es diferente del bosque continuo debido a la penetración de luz y vientos en el sotobosque, resultante de su exposición a ambientes

Tabla 2. Perímetros y áreas de los fragmentos identificados en la zona de estudio.

Fragmento	Área fragmento (m ²)	Perímetro fragmento (m)	Fragmento	Área fragmento (m ²)	Perímetro fragmento (m)
1	356.643,26	7.071,98	19	7.215,21	474,13
2	389.039,52	12.475,76	20	121.346,46	3.865,70
3	26.044,02	991,05	21	1.697,18	173,98
4	28.797,06	1.146,13	22	11.276,82	535,73
5	153.606,89	4.502,99	23	22.384,05	724,18
6	42.267,02	873,97	34	144.679,15	4.629,61
7	314.565,34	9.196,23	25	100.970,02	2.408,15
8	32.826,34	969,25	26	39.086,35	1.212,24
9	5.607,85	337,63	27	97.178,10	2.486,57
10	93.547,22	4.328,24	28	228.316,08	5.438,44
11	16.837,64	693,40	29	94.585,04	2.822,68
12	4.018,31	255,88	30	1.497.904,84	8.810,47
13	6.154,57	357,22	31	238.828,69	5.531,92
14	38.379,74	1.067,35	32	261.800,04	4.150,47
15	9.227,38	506,23	33	114.577,17	2.001,18
16	6.311,74	307,99	34	559.275,69	8.302,23
17	7.258,58	356,99	35	303.196,98	3.501,42
18	9.168,75	402,24	36	404.898,42	4.334,19
			Total	5'789.517,50	61.403,29

Tabla 3. Distribución porcentual de las formas de los fragmentos para el área de estudio.

Redondo	Oval-redondo	Oval-oblongo	Rectangular	Irregular
16,7	13,9	19,4	8,3	41,7

no forestales como pastos abiertos y campos de cultivo, concordando con Laurance y Gascon (1997). Este aumento de la penetración de luz y de los vientos en la porción más externa del fragmento generan lo que se suele llamar “efecto de borde”, o sea, una diferencia en la composición y abundancia de especies en el borde, con mayores oportunidades para especies invasoras y con repercusiones significativas en la comunidad animal (Laurance y Gascon 1997, Echeverry y Rodríguez 2006).

Los datos obtenidos muestran que existe fragmentación en el bosque del área de estudio. Según el índice de grado de fragmentación: $F=0,3550$, la zona boscosa se encuentra en la categoría de insularizado, con un índice de continuidad $FCI=3,98$ que lo categoriza como discontinuo. Se asume que este paisaje fragmentado es el resultado de los efectos causados por la actividad agrícola y la ganadería extensiva como subsecuente explotación productiva, donde los parches de bosque existentes tienen una forma irregular y discontinua.

En este estudio se contaron 36 fragmentos de bosques naturales, los cuales sumaron 578,95 ha, inmersos en un área total de 1.656,19 ha; esto muestra la existencia de una matriz desventajosa para los bosques remanentes y sin duda es el resultado de un uso del suelo en el que prima el factor productivo agropecuario (Lozano *et al.* 2011).

La discontinuidad espacial muestra que los relictos son vulnerables a una mayor fragmentación ante los efectos causados por el uso actual del suelo circundante a ellos. Es importante destacar que si se aumentara la cobertura boscosa, conllevaría a mejorar los servicios ambientales de regulación hídrica, hábitats naturales,

conservación de la biodiversidad, captura de carbono, reciclaje de nutrientes y los productos de la flora y fauna silvestre (Lozano *et al.* 2011).

Por otra parte, se evaluó la cobertura boscosa de cada uno de los fragmentos. Los resultados demuestran que independientemente del tamaño, la forma menos frecuente es la rectangular; por el contrario, la predominante es la irregular con un promedio de 41,7%, seguida de oval-oblonga con 19,4% (Tabla 3). Con base en lo expuesto, para una longitud aproximada de 34 km que posee el bosque estudiado, el número de fragmentos indica que la cobertura de bosque es espacialmente fragmentada, siendo crítica con formas irregulares, con un porcentaje del 41,7 %.

Las formas irregulares generan un mayor efecto de borde respecto de la relación área/perímetro, ocasionando mayor influencia sobre la matriz cuanto más diferente es del propio hábitat. Esto implica la generación de bordes graduales que afectarían directa e indirectamente a muchas de las especies que allí habitan, generalmente debido a cambios ambientales, tales como desbalance en la abundancia, composición y distribución de especies, además de las interacciones entre ellas (Bustamante y Grez 1995, Santos y Tellería 2006, García 2011).

La situación ecológica del bosque seco tropical de los Montes de María en el Caribe colombiano es crítica, más aún la que se determina para el arroyo Pechelín, sistema que actúa como corredor biológico de gran importancia. Evaluaciones recientes muestran una tendencia continua de transformación del bosque seco a nivel global (Miles *et al.* 2006) y Colombia no es la excepción (Álvarez *et al.* 1998). La conversión de las áreas naturales a campos de explotación agrícola y ganadera (Figuras 2 y 3), son las principales causas de reducción del bosque nativo y de la fragmentación que se tiene. De persistir la transformación del sistema natural remanente hacia un sistema agropecuario, llevaría a una pérdida nociva de la diversidad biológica que aún subsiste, que en gran medida es desconocida y requiere con urgencia mayores esfuerzos investigativos y de conservación.



Figura 2. Ganadería en parches Pechelín. Foto: Luz M. Botero A.



Figura 3. Sembrado de yuca en fragmento Pechelín. Foto: Jaime De La Ossa-V.

Adicionalmente, el bioma de bosque seco tropical ha sido poco estudiado y su importancia en la generación de servicios ecosistémicos no ha sido valorada en su justa dimensión. Esta perspectiva es fundamental para orientar la restauración de las relaciones ecológicas que mantienen la funcionalidad de este bioma (Pizano y García, 2014). Igualmente, es importante resaltar que los resultados de este estudio concuerden con lo señalado por Pizano y García (op. cit.) en cuanto a que el bosque seco tropical en Colombia está altamente amenazado y en muchos lugares del país, como sucede en los Montes de María, la fragmentación y las prácticas agrícolas ejecutadas por décadas lo han llevado a un estado relictual.

Bibliografía

- Aguilar, C., E. Martínez y L. Arriaga. 2000. Deforestación y fragmentación de ecosistemas: ¿qué tan grave es el problema en México? *Biodiversitas* 30: 7-11.
- Álvarez, M., F. Escobar, F. Gast, H. Mendoza, A. Repizzo y H. Villareal. 1998. Bosque seco Tropical. Pp. 56-72. En: Chavés, M. E y N. Arango (Eds). Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad 1997, Vol. 3. Colombia. Instituto Humboldt, PNUMA, Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia.
- Arango, N., D. Armenteras, M. Castro, T. Gottsmann, O. L. Hernández, C. L. Matallana y M. Morales. 2003. Vacíos de conservación del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia desde una perspectiva ecorregional. WWF - Fondo Mundial para la Naturaleza, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C. 64 pp.
- Arcila-Cardona, A. M., C. Valderrama-Ardila y P. Chacón de Ulloa. 2012. Estado de fragmentación del bosque seco de la cuenca alta del río Cauca, Colombia. *Biota Colombiana* 13 (2): 86-101.
- Arroyo-Rodríguez, V. y S. Mandujano. 2009. Conceptualization and measurement of habitat fragmentation from the primates' perspective. *International Journal of Primatology* 30: 497-514.
- Bustamante, R. y A. Grez. 1995. Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos. *Revista Ambiente y Desarrollo* 20 (1): 58-63.
- Didham, R. K. 1997. The influence of edge effects and forest fragmentation on leaf litter invertebrates in Central Amazonia. Pp. 55-70. En: Laurance, W. F. y R. O. Bierregaard Jr. (Eds.). Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities. The University Chicago Press, Chicago, London.
- Donald, P. F. 2004. Biodiversity impacts of some agricultural commodity production systems. *Conservation Biology* 18: 17-37.
- Echeverry, M. A. y J. M. Rodríguez. 2006. Análisis de un paisaje fragmentado como herramienta para la conservación de la biodiversidad en áreas de bosque seco y subhúmedo tropical en el municipio de Pereira, Risaralda Colombia. *Scientia Et Technica* 12 (30): 405-410.
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics* 34: 487-515.
- García, D. 2011. Efectos biológicos de la fragmentación de hábitats: nuevas aproximaciones para resolver un viejo problema. *Ecosistemas* 20 (2): 1-10.

- Geist, H. J. y E. F. Lambin. 2002. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *Bioscience* 52 (2): 143-50.
- Henle, K., D. B. Lindemayer, C. R. Margules, D. A. Saunders y C. Wissel. 2004a. Species survival in fragmented landscapes: where are we now? *Biodiversity and Conservation* 13: 1-8.
- Henle, K., K. F. Davoes, M. Kleyer, C. Margules y J. Settele. 2004b. Predictors of species sensitivity to fragmentation. *Biodiversity and Conservation* 13: 207-251.
- Hernández, C. J. y H. Sánchez. 1992. Biotas terrestres de Colombia. Pp. 153-173, *En: Halffter, G. (Ed.). La diversidad biológica iberoamericana I. Acta Zoológica Mexicana. México.*
- Holdridge, L. R. 1978. Ecología basada en zonas de vida. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas IICA. San José, Costa Rica. 175 pp.
- IAvH - Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 1998. Informe Nacional sobre el Estado de la Biodiversidad. Pp. 32-78. *En: Chaves, M. E. y N. Arango (Eds.). Tomo I: Diversidad Biológica. Bogotá, Colombia.*
- Laurance, W. F., H. L. Vasconcelos y T. E. Lovejoy. 2000. Forest loss and fragmentation in the Amazon: implications for wildlife conservation. *Oryx* 34 (1): 39-45.
- Laurance, W. F. y C. Gascon. 1997. How to creatively fragment a landscape. *Conservation Biology* 11 (2): 577-579.
- Lovejoy, T. E., R. O. Bierregaard, Jr., A. B. Rylands, J. R. Malcom, C. E. Quintela, L. H. Harper, K. S. Brown, Jr., A. H. Powell, G. V. N. Powell, H. O. R. Schubart y M. B. Hays. 1986. Pp. 257-285. *En: Soulé, M. E. (Ed.). Edge and other effects of isolation on Amazon forest fragments. Conservation Biology. The Science of scarcity and diversity. Sinauer Associates Publishers, Sunderland, Massachusetts, USA.*
- Lozano, B. L., A. F. Gómez y C. S. Valderrama. 2011. Estado de fragmentación de los bosques naturales en el norte del departamento del Tolima. *Revista Tumbaga* 6: 125-140.
- Merriam, G. y J. Wegner. 1992. Local extinctions, habitat fragmentation and ecotones. Pp. 100-439. *En: Hansen, A. J. y F. di Castri (Eds.). Landscape Boundaries: consequences for biotic diversity and ecological flows. Springer Verlag, Berlin, Germany.*
- Miles, L., A. C. Newton, R. S. DeFries, C. Ravilious, I. May, S. Blyth, V. Kapos y J. E. Gordon. 2006. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography* 33 (3): 491-505.
- Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 10: 58-62.
- Nepstad, D. C., A. Verissimo y A. Alencar. 1999. Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire. *Nature* 398: 505-508.
- Ochoa-Gaona, S. 2001. Traditional land-use and deforestation in the highlands of Chiapas, Mexico. *Environmental Management* 27 (4): 571-586.
- Otero, E., L. Mosquera, G. Silva y J. Guzmán. 2006. Bosque seco tropical en Colombia. Libros de la Colección Ecológica del Banco de Occidente. Cali, Colombia. 123 pp.
- Palacio, J. L., G. Bocco, A. Velásquez, J. F. Mas, F. Takaki y A. Victoria. 2000. La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del inventario forestal nacional 2000. *Boletín del Instituto de Geografía* 43: 183-203.
- Pizano, C. y H. García (Eds.). 2014. El bosque seco tropical en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, Colombia. 350 pp.
- Rosenberg, K. V., J. D. Lowe y A. A. Dhondt. 1999. Effects of forest fragmentation on breeding tanagers: A continental perspective. *Conservation Biology* 13 (3): 568-583.
- Santos, T. y J. L. Tellería. 2006. Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas* 15 (2): 3-12.
- Saunders, D. A., R. J. Hobbs y C. R. Margules. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: A Review. *Conservation Biology* 5 (1): 18-32.
- Spellerberg, I. F. y J. W. Sawyer. 1999. An introduction to applied biogeography. Cambridge United Kingdom: Cambridge University Press. 243 pp.
- Vogelman, J. E. 1995. Assessment of forest fragmentation in southern New England using remote sensing and geographic information systems technology. *Conservation Biology* 9 (2): 439-449.
- Wilcove, D. S., C. H. McLellan y A. P. Dobson. 1986. Habitat fragmentation in the temperate zone. Pp. 237-256. *En: Soule, M. E. (Ed.). Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, USA.*
- Zar, J. 1999. Biostatistical Analysis. Prentice Hall International, New Jersey. 663 pp.

Silvia Galván-Guevara
Maestría en Ciencias Ambientales, Universidad de Cartagena
(SUE Caribe), Grupo de Investigación en Biodiversidad Tropical,
Universidad de Sucre, Colombia
silgague@gmail.com

Gastón Ballut-Dajud
Facultad de Ingeniería, Universidad de Sucre,
Sincelejo, Colombia.
gballut@hotmail.com

Jaime De La Ossa V.
Grupo de Investigación en Biodiversidad Tropical,
Facultad de Ciencias Agropecuarias,
Universidad de Sucre, Sincelejo, Colombia.
jaimedelaossa@yahoo.com

Determinación de la fragmentación del bosque seco del
arroyo Pechelín, Montes de María, Caribe, Colombia

Citación del artículo. Galván-Guevara, S., G. Ballut-Dajud
y J. De La Ossa-V. 2015. Determinación de la fragmentación
del bosque seco del arroyo Pechelín, Montes de María,
Caribe, Colombia. *Biota Colombiana* 16 (2): 149-157.

Recibido: 21 de septiembre de 2015
Aprobado: 9 de diciembre de 2015