



## ¿CUÁN IMPORTANTES SON LOS BOSQUES SECOS PARA LAS URBANIZACIONES? EL CASO DE DAULE, ECUADOR

<sup>1</sup>Jamil Rojas-Salvatierra, <sup>2</sup>Edgardo I. Garrido-Pérez, <sup>3</sup>Víctor Rueda-Serrano, <sup>1</sup>Maritza Cárdenas, <sup>4</sup>Iris Pérez-Almeida, <sup>1</sup>Argenis Torres, <sup>1</sup>Pablo Maquilón-Caicedo, <sup>1</sup>Israel Cabrera & <sup>1</sup>Daniel Mieles

<sup>1</sup>Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química, Ciudadela Universitaria, Av. Delta entre Av. Kennedy, Guayaquil, Ecuador.

<sup>2</sup>Asociació Llapis i llavors (Pencil and Seeds), Calle Aragó 565 Bajos, Barcelona, España.

<sup>3</sup>Universidad Regional Amazónica –Ikiam, vía Muyuna km.7, Tena 150150, Napo, Ecuador.

<sup>4</sup>Universidad ECOTEC, Facultad de Ingenierías, Km 13.5 vía Samborondón, Guayaquil, Ecuador.

e-mail: <sup>1</sup>jamilrojas@outlook.com; <sup>2</sup>edgardoga2@hotmail.com;

<sup>3</sup>vars11591@gmail.com; <sup>1</sup>maritza.cardenasc@ug.edu.ec; <sup>4</sup>iperez@ecotec.edu.ec;

<sup>1</sup>gilsontorres95@outlook.com; <sup>1</sup>miguel08-99@hotmail.com;

<sup>1</sup>israel77cabrera@hotmail.com; <sup>1</sup>danielmieles99@hotmail.com

### RESUMEN

El calentamiento global y el sol directo cerca del ecuador aumentan la temperatura en las ciudades, mientras que los bosques son los encargados de regular dicha temperatura. Evaluamos la estructura y biomasa aérea de dos remanentes de bosques cerca de una urbanización en construcción en Daule, Ecuador (Daule 1-2). Se tomaron  $n=5$  transectos (25 m x 4 m) cubriendo 0.05 ha/sitio, medimos todos los árboles  $\geq 2,5$  cm dap (1.3 m sobre el nivel del suelo) y comparamos con otros bosques estudiados por Alwyn Gentry. Daule-1 y Daule-2 tenían 39 y 35 individuos, respectivamente, mientras que Gentry encontró 159 y 216 individuos en Capeira y Esmeraldas. La densidad en los  $n=5$  transectos (promedio  $\pm$  error estándar) fueron menores para (Daule-1=780 $\pm$ 37.42 ind/ha) y (Daule-2=740 $\pm$ 40.00 ind/ha) en tanto que Capeira y Esmeraldas ( $n=10$  transectos para cada sitio) tuvieron (2270 $\pm$ 211.37 ind/ha) y (3540 $\pm$ 265.50 ind/ha), respectivamente (ANOVA,  $P<0.001$ ). El carbono capturado fue

Daule-1=131.6 Mg/ha, Daule-2=111.7 Mg/ha, Daule-1+Daule-2=243.3Mg/ha así mismo Capeira 210.6 Mg/ha y Esmeraldas 181.5 Mg/ha. Tales resultados sugieren que los remanentes de bosques juegan un papel importante para la calidad de vida de las personas al capturar dióxido de carbono y producir oxígeno; papel que jugarían mejor si los bosques fueran más extensos.

### **PALABRAS CLAVES**

captura de carbono, fragmentación de bosques, oxigenación del aire, urbanización.

### **HOW IMPORTANT ARE DRY FORESTS FOR HOUSING DEVELOPMENTS? THE CASE OF DAULE, ECUADOR.**

#### **ABSTRACT**

Global change and direct sun near the ecuador increase the temperature of cities whereas forests regulate such temperature. We therefore assessed the structure and above ground biomass of two forest remnants nearby a newly built urbanization in Daule, Ecuador (Daule 1-2). We made  $n=5$  transects (25 m  $\times$  4 m) covering 0.05 ha/site, then measured all trees  $\geq 2.5$  cm dbh (1.3 m above ground level) and compared with other forests studied by Alwyn Gentry. Daule-1 and Daule-2 had 39 and 35 individuals, respectively whereas Gentry found 159 and 216 individuals at Capeira and Esmeraldas. The densities for our  $n=5$  transects (average  $\pm$  standard error) were smaller for (Daule-1=780 $\pm$ 37.42 ind/ha) and (Daule-2=740 $\pm$ 40.00 ind/ha) while Capeira and Esmeraldas ( $n=10$  transects for each site) which had (2270 $\pm$ 211.37 ind/ha) and (3540 $\pm$ 265.50 ind/ha), respectively (ANOVA,  $P<0.001$ ). The carbon captured was Daule-1=131.6 Mg/ha, Daule-2=111.7 Mg/ha, Daule-1+Daule-2=243.3 Mg/ha likewise Capeira 210.6 Mg / ha and Esmeraldas 181.5 Mg / ha. Such results suggest that forest remnants play an important role for people's life quality by capturing carbon dioxide and producing oxygen; role they would play better if the forests would have more extensive.

#### **KEY WORDS**

carbon capture, forest fragmentation, air's oxygen, urbanization.

#### **INTRODUCCIÓN**

El reemplazo indiscriminado de los bosques por estructuras de cemento, asfalto, metal y vidrio incrementa la temperatura y reduce la calidad de

vida en las ciudades. Estos aumentos de la temperatura en las localidades urbanas se acentúan con el calentamiento global, el cual es inducido principalmente por la acumulación en la atmósfera de gases residuales de la quema de combustibles fósiles, tales como los óxidos de nitrógeno y el dióxido de carbono (Ibrahim *et al.*, 2007). Lo antedicho se agudiza en ciudades ecuatoriales como Guayaquil, donde los rayos del sol llegan mucho más directo que en otras latitudes. Todo ello es contrarrestado por el efecto refrigerante de los bosques, los cuales además son sumideros del carbono que asimilan por fotosíntesis y fijan en sus estructuras de celulosa durante los largos periodos de vida de los árboles (Ordóñez & Masera, 2001; Balvanera, 2012). En la región litoral (Oeste) de Ecuador, ese rol lo ejercen los bosques secos. Estos sufren grave deforestación, están muy fragmentados y comúnmente rodeados por otros usos de suelo (Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeita, 2010) que, en los últimos años, incluyen una vigorosa expansión de las ciudades. En este trabajo evaluamos la estructura y el carbono capturado (y por ende el oxígeno aportado) por dos fragmentos contiguos de bosque seco actualmente circundados por la construcción, -aún en marcha, de una urbanización en Daule, Provincia de Guayas, Ecuador. Nuestra meta es proporcionar una visión rápida y precisa de las características de un bosque seco capaz de aportar a la calidad de vida de una barriada en expansión, a fin de que se considere su conservación y mejora para beneficio de los habitantes. Respondemos la siguiente pregunta: ¿Cómo varían la densidad, el área basal, las distribuciones de tallas de los árboles y el carbono de la biomasa en pie en dos fragmentos de bosque contiguos a una urbanización en construcción? Ello lo evaluamos en comparación con bosques cercanos inventariados por el botánico Alwyn Gentry, quien estudió selvas tropicales en un aceptable estado de conservación ubicadas en áreas protegidas.

## **MATERIALES**

### **Área de estudio**

Este estudio se llevó a cabo en el Cantón Daule, Provincia de Guayas, Ecuador (2°0'52.77" S, 79°55'11.52" O), aproximadamente a 45 km de la ciudad de Guayaquil; con una población de 120326 personas (INEC,

2010); altitud del lugar de estudio ~25 m.s.n.m, temperatura media anual ~20-27 °C; lluvias anuales 804 mm/año; con ocho meses de estación seca (Clinebell *et al.*, 1995). Estudiamos dos fragmentos de bosque (Daule-1 y Daule-2) separados por una calle y rodeados por una barriada en construcción, y a 2 km, una carretera que conecta el sitio con los cantones aledaños.

### **Emplazamiento de los transectos, mediciones de los árboles y procesamiento de datos**

En cada sitio, y siguiendo el contorno del terreno, establecimos  $n=5$  transectos de 100 m<sup>2</sup> (25 m x 4 m cada transecto); abarcando así 0.05 ha por sitio. Cada transecto estaba separado de sus transectos vecinos por  $\geq 100$  m de distancia. En cada transecto se etiquetaron y midieron todas las plantas leñosas con diámetro a la altura del pecho (dap=1.3 m sobre el nivel del suelo) de al menos 2.5 cm (método usado por Alwyn Gentry para inventarios forestales; Phillips & Miller, 2002). Como grupos control tomamos los  $n=10$  transectos de los siguientes dos sitios de la base de datos de Alwyn Gentry, disponible gratis gracias al Jardín Botánico de Missouri (<http://www.mobot.org/mobot/research/gentry/welcome.shtml>):

Capeira (Guayas), un lugar apenas 5 km del nuestro, con clima y suelo semejantes, pero hoy en día ya urbanizado. El otro sitio utilizado como control fue Esmeraldas; un lugar más lluvioso, aunque también de la misma región de los bosques ya mencionados. Así, de acuerdo con Phillips & Miller (2002) y con Clinebell *et al.* (1995), el sitio de Capeira corresponde a un bosque tropical muy seco localizado en Guayas, en el km 21 de la carretera Guayaquil-Daule (2°0' S, 79°58' O); a 50 m.s.n.m. y con lluvias anuales de 804 mm y ocho meses de estación seca; y el sitio de Esmeraldas corresponde a la Reserva Forestal Jardín Tropical de Esmeraldas, de la Universidad Técnica Luis Vargas Torres, al Oeste de San Mateo (0°54' N, 79°37' O), a 150 m.s.n.m., con lluvias anuales de 1750 mm y con cinco meses de estación seca. Al igual que nosotros, Gentry marcó y midió las plantas con  $\text{dap} \geq 2.5$  cm, pero para 10 transectos con los que, tanto para Capeira como para Esmeraldas, abarcó 0.1 ha. Los datos de áreas basales fueron ln-transformados antes de analizarlos a fin de lograr normalidad y homocedasticidad (Zar, 1974).

Para el cálculo de biomasa aérea de los árboles se usó la fórmula de Chave *et al.* (2005):

$$AGB=p*\exp(-0.667+1.784\ln(D)+0.207(\ln(D))^2-0.0281(\ln(D))^3)$$

Donde:

AGB=biomasa arriba del suelo

p=densidad de la madera=0.64 g/cm<sup>3</sup> (promedio de densidades de madera para América tomado de Málaga *et al.*, 2014)

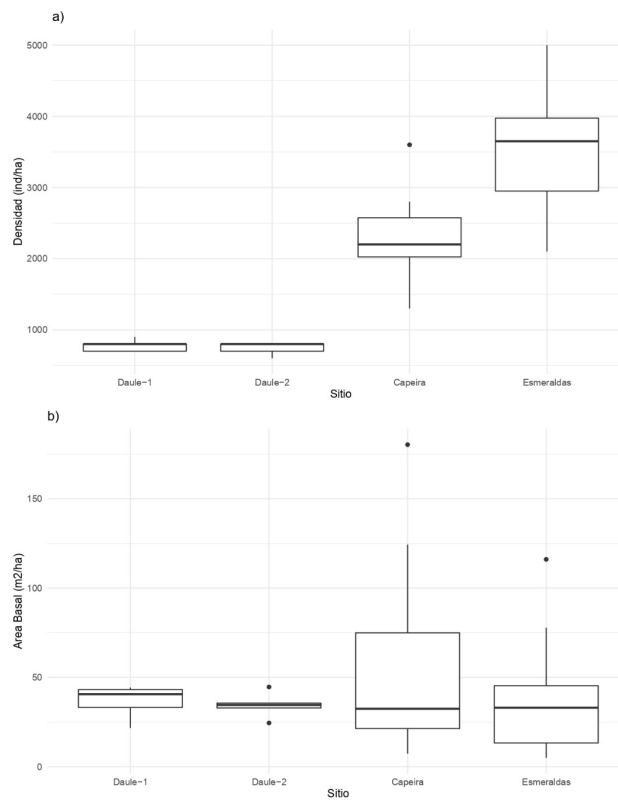
D=diámetro a la altura del pecho

Luego se dividió entre dos la biomasa de cada árbol asumiendo que el 50% de aquella es carbono (Kollman, 1959). Finalmente, los resultados fueron transformados a Mg/ha para discutirlos mejor mediante comparaciones con otros estudios.

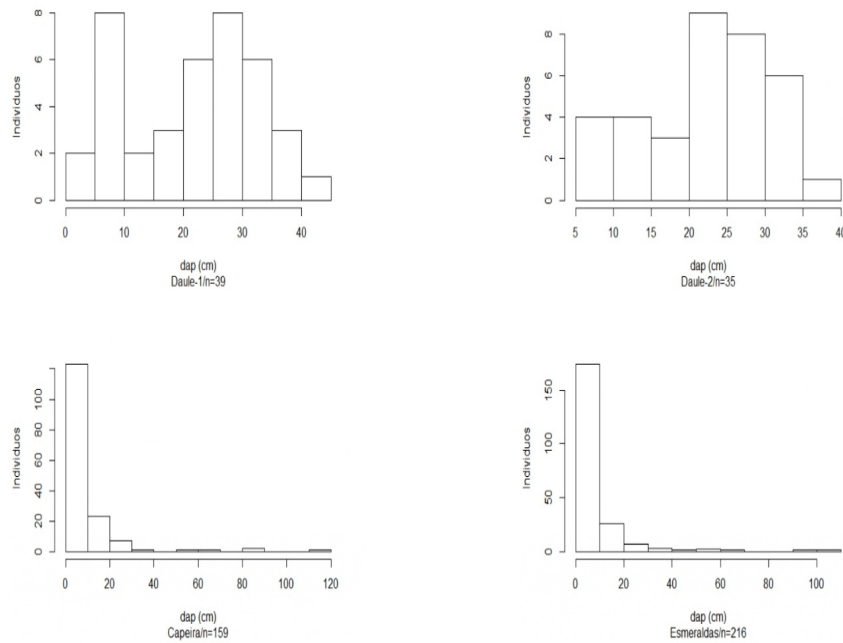
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número total de individuos en nuestros sitios Daule-1 y Daule-2 fue de apenas 39 y 35, mientras que en Capeira y Esmeraldas Alwyn Gentry encontró, respectivamente, 159 y 216 individuos. Aunque la superficie muestreada por Gentry duplicaba la nuestra, la diferencia en los individuos hallados entre nuestros sitios y los Gentry se mantuvo al estandarizarse por hectárea. Así, la densidad en los  $n=5$  transectos de Daule-1, que promedió  $780\pm 37.42$  ind/ha (media  $\pm$  error estándar), fue semejante a la de los  $n=5$  transectos de Daule-2 ( $740\pm 40.00$  ind/ha), pero menor a la de Capeira ( $2270\pm 211.37$  ind/ha;  $n=10$  transectos), la cual a su vez fue inferior a la de los  $n=10$  transectos de Esmeraldas ( $3540\pm 265.50$  ind/ha; ANOVA,  $P<0.001$ ; Fig. 1a). Esto sugiere que la vegetación leñosa fue 3-5 veces menos tupida en nuestros sitios con respecto a los de Alwyn Gentry para localidades comparables. Pese a lo antedicho, las áreas basales fueron semejantes entre los cuatro lugares (ANOVA,  $F=0.25$ ,  $P=0.864$ , grados de libertad: entre grupos=3, intragrupos=26). De hecho, el promedio de los dap de los  $n=39$  individuos en Daule-1 ( $22.24\pm 1.68$  cm) y Daule-2 ( $22.45\pm 1.49$  cm,  $n=35$ ) fue notablemente mayor al de los  $n=159$  individuos de Capeira ( $9.41\pm 1.20$  cm) y Esmeraldas ( $8.26\pm 0.88$  cm,  $n=216$ ; ANOVA,  $F=21.76$ ,  $P<0.001$ ).

El número de individuos con  $\text{dap} \geq 15$  cm en las parcelas Daule-1 y Daule-2 (27 individuos cada uno) fue apenas mayor en comparación con los 22 y 25 individuos con  $\text{dap} \geq 15$  cm en Capeira y Esmeraldas. Así que el menor diámetro promedio en Capeira y Esmeraldas se debió a la alta cantidad de individuos pequeños allí; sobre todo los que tenían un  $\text{dap} < 15$  cm (Fig. 2). Aunado a lo antedicho, la alta variación de las áreas basales en Capeira y Esmeraldas (Fig. 1b) indican una mayor irregularidad de la altura del dosel allí que en nuestros sitios Daule-1 y Daule-2. Tales resultados sugieren que, pese al aceptable estado de conservación del que gozaban sitios como Capeira durante la visita de Gentry, la vegetación del lugar seguía correspondiendo a estadios tempranos de la sucesión secundaria, la cual es clave para la recuperación de los bosques en nuestros tiempos de cambio global (Chazdon, 2016).



**Fig. 1** Densidad y Área Basal para cuatro sitios de bosques secos tropicales en Ecuador.



**Fig. 2** Distribución de frecuencias de diámetro para árboles de al menos 2.5 cm de diámetro para cuatro sitios de bosque seco en Ecuador.

Por otro lado, es destacable que el carbono capturado en nuestros sitios (Daule-1=131.6 Mg/ha, Daule-2=111.7 Mg/ha, Daule-1+Daule-2=243.3Mg/ha), es muy semejante y además superior al de Capeira (210.6 Mg/ha), e incluso significativamente mayor al de Esmeraldas (181.5 Mg/ha). Esto apunta a que el servicio ambiental de captura de carbono y purificación del aire al liberar oxígeno cumplido por nuestros pequeños parches de bosque son considerables, y sí pueden dar un aporte sustancial a la calidad de vida de las personas.

## CONCLUSIÓN

Los servicios ambientales y económicos de los parches de bosque de este estudio pueden mejorar aún más. Para ello, sugerimos a los tomadores de decisiones que se agreguen y cuiden árboles nativos

frutales, ornamentales y maderables, a fin acelerar el proceso natural de recuperación y manutención de dichos bosques. Dado que nuestra recomendación aumenta el valor estético del sitio, aconsejamos que se coloquen veredas, bancas y uno o dos gazebos con el objetivo de que el lugar pueda utilizarse para fines recreativos (e.g. aerobismo, lectura de libros, recitales poéticos, visitas escolares), potenciando tanto el valor de uso del sitio como el valor monetario a los inmuebles circundantes. Los procesos de urbanización en el mundo no deberían contraponerse al cuidado de los bosques: estos agregan valor económico a las urbanizaciones y calidad de vida a sus habitantes.

### **AGRADECIMIENTOS**

JR-S y EIG-P dedican este trabajo a la memoria de Priscila Murillo Alarcón y Federico Gabriel Pérez Candelaria.

### **REFERENCIAS**

Balvanera, P. 2012. Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Ecosistemas*. 21:136-147.

Chave, J., C. Andalo, S. Brown, M. A. Cairns, J. Q. Chambers, D. Eamus, H. Fölster, F. Fromard, N. Higuchi, T. Kira, J. P. Lescure, B. W. Nelson, H. Ogawa, H. Piug, B. Riéra, & T. Yamakura. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*. 145(1):87-99.

Chazdon, R. L., & M. R. Guariguata. 2016. Natural regeneration as a tool for large-scale forest restoration in the tropics: prospects and challenges. *Biotropica*. 48(6):716-730.

Clinebell, R. R., O. L. Phillips, A. H. Gentry, N. Stark, & H. Zuuring. 1995. Prediction of neotropical tree and liana species richness from soil and climatic data. *Biodivers. Conserv.* 4(1):56-90.

Ibrahim, M., M. Chacón, C. Cuartas, J. Naranjo, G. Ponce, P. Vega, F. Casasola, & J. Rojas. 2007. Almacenamiento de carbono en el suelo y



la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 45(1):27-36.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Resultados del censo 2010. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Ecuador.

Kollmann, F. 1959. Tecnología de la madera y sus aplicaciones. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE), Madrid, España.

Málaga, N., R. Giudice, C. Vargas, & E. Rojas. 2014. Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. Ministerio del Ambiente, Lima, Perú.

Ordóñez, J. A. B., & O. Masera. 2001. Captura de carbono ante el cambio climático. *Madera y bosques* 7(1):3-12.

Phillips, O., & J. S. Miller. 2002. Global patterns of plant diversity: Alwyn H. Gentry's forest transect data set. Missouri Botanical Press, St. Louis, Missouri, USA.

Portillo-Quintero, C. A., & G. A. Sánchez-Azofeifa. 2009. Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. *Biological Conservation* 143(1):144-155.

Zar, J. H. 1984. Biostatistical analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, United States.

*Recibido 15 de marzo de 2020, aceptado 17 de abril de 2020.*