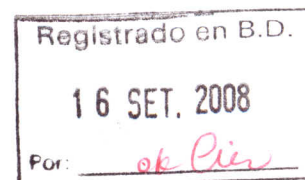


**INFORME FINAL**  
**Proyecto #111-A3-130**



**Variación espacial y temporal en el crecimiento de árboles y en la lluvia de semillas del bosque premontano del Parque Nacional Braulio Carrillo**

31-03-08

- 1) CODIGO DEL PROYECTO: 111-A3-130
- 2) VIGENCIA DEL PROYECTO: 01-01-2003 hasta 31-12-2007
- 3) INVESTIGADOR PRINCIPAL: Dr. Gerardo Avalos
- 4) CARGA ACADEMICA: 10 horas.
- 5) OBJETIVOS

**Objetivo general:** Analizar el impacto de la variación en factores físicos (lluvia, luz y temperatura) sobre el proceso de regeneración del bosque premontano.

**OBJETIVO ESPECÍFICO: 01**

1) Relacionar la variación en el crecimiento diamétrico de los árboles, la producción de hojarasca y la reproducción con la variación estacional en PDF, la temperatura, y la precipitación.

**METAS:**

1) Elaborar una base de datos sobre la estructura del bosque premontano del Braulio Carrillo con información sobre cambios en la producción de hojarasca, la producción de frutos y semillas, y la variación estacional en radiación fotosintéticamente activa.

**OBJETIVO ESPECÍFICO: 02**

1) Describir la fenología vegetativa (producción de hojas) así como la fenología reproductiva (producción de flores, frutos y semillas) de los árboles del Parque Nacional Braulio Carrillo.

**METAS:**

1) Utilizar la base de datos mencionada anteriormente para medir el crecimiento vegetativo y reproductivo del bosque.

**OBJETIVO ESPECÍFICO: 03**

1) Reconocer zonas de mayor productividad y llegada de semillas a través de sistemas de información geográfica.

**METAS:**

1) asociar el estatus sucesional del bosque con la producción de semillas.

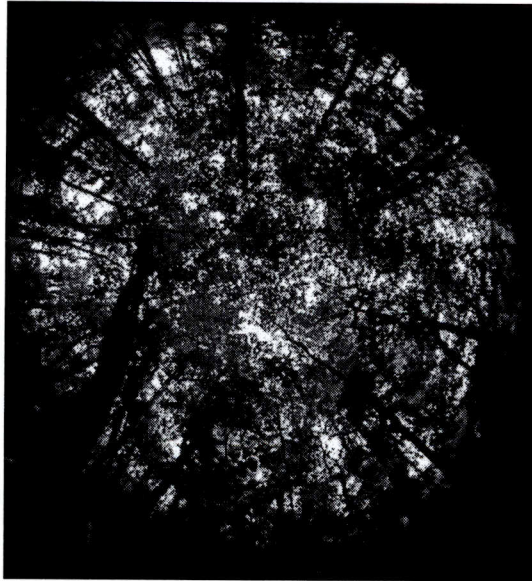
## Logros alcanzados

Este proyecto fue iniciado en Abril del 2003, y se inscribió en la Vicerrectoría de Investigación el mismo año. Este trabajo fue conducido en el Parque Nacional Braulio Carrillo (PNBC), en el sector de Quebrada González (400-500 msnm, 10°09'43''N, 83°56'17''O). El área de Quebrada González está ubicada en la vertiente caribeña de la Cordillera Central, e intercepta una cantidad considerable de precipitación (4,500 mm promedio anual), correspondiendo a la zona de vida de Bosque Tropical Lluvioso Premontano (Tosi 1969).

Desde el inicio del proyecto hasta Abril del 2007, fecha en que se finalizó con la fase de campo, continué con la toma de fotografías hemisféricas a lo largo de los 20 transectos de 50 m de longitud por 2 m de ancho bajo condiciones de bosque primario en los senderos El Ceibo y Las Palmas. Los transectos estuvieron separados por una distancia mínima de 25 m y una máxima de 50 m dependiendo de las condiciones de topografía del terreno y del estadio sucesional. Los transectos produjeron un total de 641 plantas pertenecientes a 128 especies. Se tiene un registro fotográfico muy amplio de la variación espacial y temporal en la disponibilidad de luz medida mediante las fotografías hemisféricas (Figura 1). Todas las plantas con una altura superior o igual a 40 cm que estuvieran enraizadas dentro de los transectos fueron consideradas en el estudio. El dosel del bosque primario de Quebrada González se dividió en 3 estratos: sotobosque (0-5 m de altura), estrato medio (de 6-16 m de altura) y estrato superior (de 17 a 40 m de altura). Los análisis de diversidad en relación con la disponibilidad de luz se realizaron con base en esta división arbitraria de la estructura vertical del bosque. El estrato menos diverso fue el sotobosque, mientras que el estrato medio y superior no mostraron diferencias significativas en diversidad de especies medida mediante el índice de diversidad de Shannon (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Resumen de los resultados del análisis de la diversidad de especies por estrato en el bosque primario de Quebrada González, Parque Nacional Braulio Carrillo.

N transectos	20
Área muestreada	2,000 m <sup>2</sup>
N individuos	641
N especies	128
Promedio de plantas por transecto	38
Porcentaje de especies en el estrato 0-5 m	76,00%
Porcentaje de especies en el estrato 6-15 m	10,00%
Porcentaje de especies en el estrato 16-40 m	13,00%
Índice de Shannon de 0-5 m	3,51
Índice de Shannon de 6-15 m	3,74
Índice de Shannon de 16-40 m	3,70



**Figura 1.** Imagen hemisférica del dosel obtenida en la confluencia de los senderos El Ceibo y Botarrama bajo condiciones de bosque primario a 1.6 m sobre el suelo, Abril 2006.

La lista de especies presentada en informes anteriores constituye la *Flórmula del PNBC en el sector de Quebrada González*. Esta lista se finalizó a inicios del año 2007, integrando las especies reportadas en los nuevos transectos (de las cuales *Calyptrogyne ghiesbreghtiana* representó el 22%) ya que se necesitaba incluir comentarios sobre la abundancia de especies (especies comunes y poco frecuentes) en el área que no lograron ser representadas en los transectos (ver Cuadro 2). Actualmente se cuentan con más de 225 especies de plantas vasculares presentes en esta base de datos. El 42% de las familias presentó solamente una especie, mientras que el 25% estuvo representado por tan sólo 2 especies (Figura 2). A través de los transectos se observó un alto grado de equidad (promedio = 88%), lo cual era de esperar en esta área. Sitios de elevaciones medias (400-800 msnm) como Quebrada González generalmente mantienen un alto grado de concentración de especies, siendo hábitats de alta diversidad en el país (L. Poveda, com. pers). También se observó la planta parásita de raíces *Prosopanche costaricensis* (Hydnoraceae), la cual es muy rara en el país.

**La flórmula de Quebrada González constituye uno de los aportes principales de este proyecto**, ya que permite contar con una lista de especies preliminar ordenada de acuerdo con su abundancia, y a la vez, servir de base para proyectos posteriores, tanto puramente ecológicos como de acción social. Por ejemplo, mediante el establecimiento de los patrones de abundancia de las especies arbóreas es posible generar una guía fotográfica para las plantas de este sector, el cual es muy visitado por naturalistas nacionales y extranjeros, enfocándose en las especies más comunes y que son más probables de ser

observadas. En el futuro, pretendo iniciar un proyecto que genere una guía de campo de las plantas de este sector del Parque con comentarios sobre sus características diagnósticas, así como su historia natural (fenología, distribución, asociaciones ecológicas, prioridades de investigación).

**Cuadro 2.** Lista de especies arbóreas y arbustivas del bosque primario de Quebrada González, Parque Nacional Braulio Carrillo según abundancia (no incluye palmas, epífitas o herbáceas).

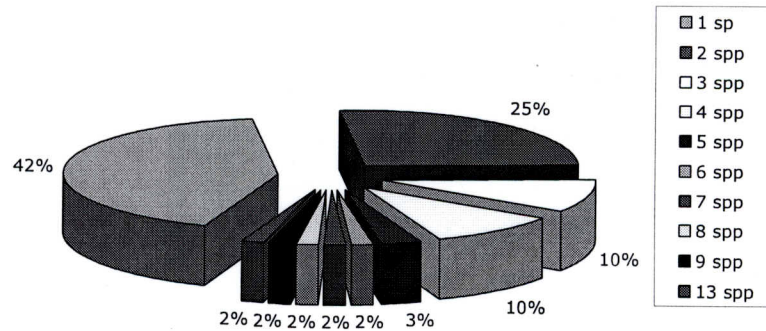
<b>FAMILIA</b>	<b>Género</b>	<b>Especie</b>	<b>Abundancia</b>
<b>ACANTHACEAE</b>	<u>Bravaisia</u>	<u>integerrima</u>	Muy frecuente
<b>ACTINIDIACEAE</b>	<u>Saurauia</u>		Frecuente
<b>ANACARDIACEAE</b>	<u>Tapirira</u>	<u>myriantha</u>	Poco frecuente
<b>ANNONACEAE</b>	<u>Desmopsis</u>		Poco frecuente
	<u>Guatteria</u>		Poco frecuente
	<u>Rollinia</u>	<u>pittieri</u>	Poco frecuente
<b>APOCYNACEAE</b>	<u>Rauvolfia</u>		Poco frecuente
	<u>Stemmadenia</u>		Poco frecuente
	<u>Tabernaemontana</u>		Poco frecuente
<b>ARALIACEAE</b>	<u>Dendropanax</u>		Frecuente
	<u>Oreopanax</u>		Frecuente
	<u>Schefflera</u>		Poco frecuente
<b>BIGNONIACEAE</b>	<u>Amphitecna</u>	<u>kennedyae</u>	Poco frecuente
	<u>Jacaranda</u>	<u>copaia</u>	Poco frecuente
<b>BOMBACACEAE</b>	<u>Ochroma</u>	<u>pyramidale</u>	Poco frecuente
	<u>Pachira</u>	<u>aquatica</u>	Frecuente
	<u>Quararibea</u>		Muy frecuente
<b>BORAGINACEAE</b>	<u>Cordia</u>		Poco frecuente
	<u>Tournefortia</u>		Poco frecuente
<b>BURSERACEAE</b>	<u>Protium</u>	<u>panamence</u>	Frecuente
	<u>Protium</u>	<u>costaricense</u>	Frecuente
<b>CARICACEAE</b>	<u>Jacaratia</u>	<u>dolichaula</u>	Poco frecuente
	<u>Jacaratia</u>	<u>spinosa</u>	Poco frecuente
<b>CECROPIACEAE</b>	<u>Cecropia</u>	<u>insignis</u>	Frecuente
	<u>Coussapoa</u>	<u>villosa</u>	Poco frecuente
	<u>Pourouma</u>	<u>bicolor</u>	Frecuente
	<u>Pourouma</u>	<u>minor</u>	Muy frecuente
<b>CHLORANTHACEAE</b>	<u>Hedyosmum</u>		Frecuente
<b>CHRYSOBALANACEAE</b>	<u>Couepia</u>	<u>polyandra</u>	Poco frecuente
	<u>Hirtella</u>	<u>lemsii</u>	Poco frecuente
	<u>Licania</u>	<u>hypoleuca</u>	Poco frecuente
	<u>Maranthes</u>	<u>panamensis</u>	Poco frecuente
<b>CLETHRACEAE</b>	<u>Clethra</u>	<u>mexicana</u>	Poco frecuente
<b>CLUSIACEAE</b>	<u>Calophyllum</u>	<u>brasiliense</u>	Poco frecuente
	<u>Chrysochlamys</u>		Poco frecuente
	<u>Clusia</u>		Frecuente
	<u>Dystovomita</u>	<u>paniculata</u>	Muy frecuente
	<u>Garcinia</u>	<u>intermedia</u>	Poco frecuente

	<u>Symphonia</u>	<u>globulifera</u>	Frecuente
	<u>Tovomita</u>	<u>weddelliana</u>	Muy frecuente
	<u>Vismia</u>	<u>billbergiana</u>	Frecuente
<b>COMBRETACEAE</b>	<u>Terminalia</u>		Poco frecuente
<b>DICHAPETALACEAE</b>	<u>Dichapetalum</u>	<u>axillare</u>	Poco frecuente
<b>ELAEOCARPACEAE</b>	<u>Sloanea</u>	<u>medusula</u>	Poco frecuente
<b>ERYTHROXYLACEAE</b>	<u>Erythroxylum</u>	<u>macrophyllum</u>	Poco frecuente
		<u>m</u>	
<b>EUPHORBIACEAE</b>	<u>Acalypha</u>		Poco frecuente
	<u>Alchornea</u>	<u>costaricensis</u>	Muy frecuente
	<u>Croton</u>		Poco frecuente
	<u>Hura</u>	<u>crepitans</u>	Poco frecuente
	<u>Hyeronima</u>	<u>alchorneoides</u>	Poco frecuente
	<u>Richeria</u>	<u>dressleri</u>	Poco frecuente
		<u>obovata</u>	
	<u>Sapium</u>		Poco frecuente
	<u>Tetrorchidium</u>	<u>euryphyllum</u>	Frecuente
	<u>Pousandra</u>	<u> trianae</u>	Poco frecuente
<b>FABACEAE/MIMOSOID EAE</b>	<u>Albizia</u>		Poco frecuente
	<u>Cojoba</u>		Poco frecuente
	<u>Inga</u>		Frecuente
	<u>Pentaclethra</u>	<u>macroloba</u>	Frecuente
	<u>Zygia</u>	<u>longifolia</u>	Poco frecuente
<b>FABACEAE/PAPILION OIDEAE</b>	<u>Andira</u>	<u>inermis</u>	Poco frecuente
	<u>Dipteryx</u>	<u>panamensis</u>	Poco frecuente
	<u>Dussia</u>	<u>macrophyllata</u>	Poco frecuente
		<u>gibbosa</u>	Frecuente
	<u>Erythrina</u>		Poco frecuente
	<u>Lonchocarpus</u>		Poco frecuente
	<u>Pterocarpus</u>		Poco frecuente
	<u>Swartzia</u>	<u>simplex</u>	Muy frecuente
<b>FLACOURTIACEAE</b>	<u>Casearia</u>	<u>arborea</u>	Frecuente
	<u>Casearia</u>	<u>corymbosa</u>	Poco frecuente
	<u>Hasseltia</u>	<u>floribunda</u>	Poco frecuente
	<u>Lacistema</u>	<u>aggregatum</u>	Poco frecuente
	<u>Xylosma</u>	<u>chlorantha</u>	Poco frecuente
<b>HERNANDIACEAE</b>	<u>Hernandia</u>	<u>stenura</u>	Poco frecuente
<b>HYPPOCASTANACEAE</b>	<u>Billia</u>	<u>rosea</u>	Poco frecuente
<b>ICACINACEAE</b>	<u>Calatola</u>	<u>costaricensis</u>	Poco frecuente
<b>LAURACEAE</b>	<u>Nectandra</u>		Poco frecuente
	<u>Ocotea</u>		Poco frecuente
<b>LECYTHIDACEAE</b>	<u>Grias</u>	<u>cauliflora</u>	Frecuente
<b>MALPHIGIACEAE</b>	<u>Bunchosia</u>	<u>macrophylla</u>	Poco frecuente
	<u>Bunchosia</u>	<u>ocellata</u>	Poco frecuente
	<u>Hampea</u>	<u>appendiculata</u>	Frecuente
<b>MALVACEAE</b>		<u>arboreus</u>	Frecuente
	<u>Malvaviscus</u>		Frecuente
<b>MELASTOMATACEAE</b>	<u>Blakea</u>		Frecuente
	<u>Clidemia</u>	<u>hammelii</u>	Muy frecuente
	<u>Conostegia</u>	<u>micrantha</u>	Muy frecuente

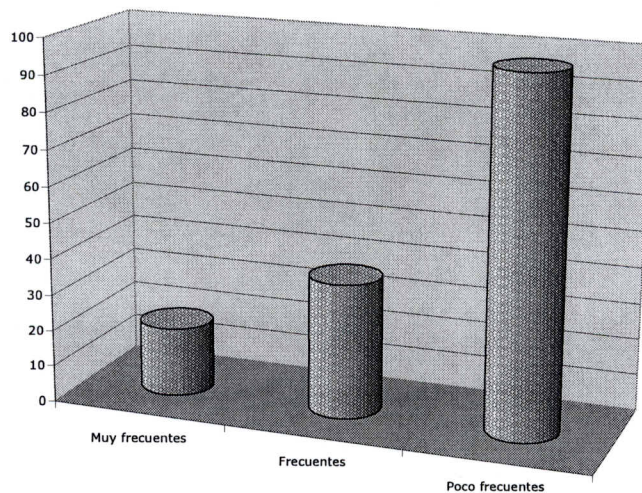
	<u>Miconia</u>		Muy frecuente
	<u>Ossaea</u>	<u>brenesii</u>	Muy frecuente
<b>MELIACEAE</b>	<u>Henriettea</u>	<u>tuberculosa</u>	Frecuente
	<u>Carapa</u>	<u>guianensis o</u>	Muy frecuente
		<u>nicaraguensis</u>	
	<u>Cedrela</u>	<u>odorata o</u>	Poco frecuente
		<u>fissilis</u>	
	<u>Guarea</u>	<u>rhopalocarpa</u>	Muy frecuente
	<u>Trichilia</u>	<u>septentrionali</u>	Poco frecuente
		<u>s</u>	
<b>MONIMIACEAE</b>	<u>Mollinedia</u>	<u>costaricensis</u>	Poco frecuente
	<u>Siparuna</u>	<u>pauciflora</u>	Frecuente
	<u>Siparuna</u>	<u>thecaphora</u>	Frecuente
<b>MORACEAE</b>	<u>Castilla</u>	<u>elastica</u>	Frecuente
	<u>Ficus</u>		Frecuente
	<u>Sorocea</u>		Frecuente
	<u>Trophis</u>		Poco frecuente
<b>MYRICACEAE</b>	<u>Morella</u>	<u>cerifera</u>	Poco frecuente
<b>MYRISTICACEAE</b>	<u>Compsoeura</u>	<u>sprucei</u>	Poco frecuente
	<u>Otoba</u>	<u>novogranaten</u>	Poco frecuente
		<u>sis</u>	
	<u>Virola</u>	<u>koschnyi</u>	Poco frecuente
<b>MYRSINACEAE</b>	<u>Ardisia</u>		Frecuente
	<u>Parathesis</u>		Poco frecuente
<b>MYRTACEAE</b>	<u>Eugenia</u>		Poco frecuente
	<u>Plinia</u>		Poco frecuente
<b>NYCTAGINACEAE</b>	<u>Neea</u>		Frecuente
<b>OCHNACEAE</b>	<u>Cespedesia</u>	<u>spathulata</u>	Poco frecuente
	<u>Ouratea</u>		Poco frecuente
<b>OLACACEAE</b>	<u>Heisteria</u>		Poco frecuente
	<u>Minquartia</u>	<u>guianensis</u>	Poco frecuente
<b>PIPERACEAE</b>	<u>Piper</u>	<u>auritum</u>	Muy frecuente
<b>POLYGONACEAE</b>	<u>Coccoloba</u>	<u>tuerckheimii</u>	Poco frecuente
<b>PROTEACEAE</b>	<u>Roupala</u>	<u>montana</u>	Poco frecuente
<b>RHAMNACEAE</b>	<u>Colubrina</u>	<u>spinosa</u>	Frecuente
<b>RHIZOPHORACEAE</b>	<u>Cassipourea</u>	<u>elliptica</u>	Poco frecuente
<b>RUBIACEAE</b>	<u>Cosmibuena</u>	<u>valerii</u>	Poco frecuente
	<u>Faramea</u>		Frecuente
	<u>Genipa</u>	<u>americana</u>	Poco frecuente
	<u>Gonzalagunia</u>	<u>bracteosa</u>	Poco frecuente
	<u>Hamelia</u>	<u>patens</u>	Muy frecuente
	<u>Palicourea</u>		Poco frecuente
	<u>Pentagonia</u>		Poco frecuente
	<u>Posoqueria</u>		Poco frecuente
	<u>Psychotria</u>		Muy frecuente
	<u>Randia</u>		Poco frecuente
	<u>Sommeria</u>	<u>donnell-</u>	Poco frecuente
		<u>smithii</u>	
	<u>Warszewiczia</u>	<u>coccinea</u>	Poco frecuente
<b>RUTACEAE</b>	<u>Elaegia</u>	<u>auriculata</u>	Poco frecuente
	<u>Zanthoxylum</u>		Poco frecuente

<b>SABIACEAE</b>	<u>Meliosma</u>	<u>donnellsmithi</u>	Frecuente
<b>SAPINDACEAE</b>	<u>Allophylus</u>	<u>psilospermus</u>	Frecuente
<b>SAPOTACEAE</b>	<u>Cupania</u>		Frecuente
	<u>Chrysophyllum</u>		Poco frecuente
	<u>Pouteria</u>		Poco frecuente
<b>SIMAROUBACEAE</b>	<u>Picramnia</u>		Poco frecuente
	<u>Simarouba</u>	<u>amara</u>	Poco frecuente
<b>SOLANACEAE</b>	<u>Cestrum</u>		Poco frecuente
	<u>Solanum</u>		Frecuente
<b>THYMELAEACEAE</b>	<u>Daphnopsis</u>		Poco frecuente
<b>TILIACEAE</b>	<u>Apeiba</u>	<u>membranacea</u>	Frecuente
	<u>Heliocarpus</u>	<u>appendiculatus</u>	Frecuente
	<u>Luehea</u>	<u>seemannii</u>	Frecuente
	<u>Trichospermum</u>	<u>grewiifolium</u>	Poco frecuente
<b>ULMACEAE</b>	<u>Celtis</u>		Poco frecuente
	<u>Trema</u>	<u>integerrima</u>	Poco frecuente
	<u>Trema</u>	<u>micrantha</u>	Poco frecuente
<b>URTICACEAE</b>	<u>Phenax</u>		Poco frecuente
	<u>Urera</u>		Poco frecuente
<b>VERBENACEAE</b>	<u>Aegiphila</u>		Muy frecuente
<b>VIOLACEAE</b>	<u>Rinorea</u>	<u>deflexiflora</u>	Poco frecuente
<b>VOCHYSIACEAE</b>	<u>Vochysia</u>	<u>ferruginea</u>	Muy frecuente
	<u>Vochysia</u>	<u>guatemalensis</u>	Muy frecuente

**Abundancia de Familias por especie**



**Número de especies según frecuencia de aparición**



**Figura 3.** Distribución de especies por familia (panel superior) y categorización de las especies de acuerdo con su porcentaje de abundancia dentro y fuera de los transectos (panel inferior) en el sector de Quebrada González, Parque Nacional Braulio Carrillo.

### **Análisis de la estructura del dosel mediante fotografías hemisféricas**

Mediante el análisis de las fotografías hemisféricas estoy relacionando la diversidad y abundancia de plantas de sotobosque con la variación espacial y temporal en el medio lumínico. El programa **GapLight Analyzer** genera una gran cantidad de información, la cual toma tiempo de explorar y cuantificar. Sin embargo, los resultados preliminares indican que la cantidad de luz disponible en el sotobosque aumenta un 63% en la estación seca con respecto a la



estación lluviosa (considerando que Quebrada Gonzalez es un sitio débilmente estacional). De los parámetros generados por el análisis de las fotografías la variable “cobertura de dosel” y su influencia sobre la penetración de luz explicó un 56% de la variación total en el medio lumínico (Cuadro 3). Esta variable estuvo positivamente correlacionada con la cantidad de luz transmitida a través del dosel y con la cantidad de luz difusa ( $r = 0.94$  y  $r = 0.54$ , respectivamente), y está inversamente relacionada con el índice de área foliar ( $r = -0.93$ ). El segundo componente principal (20% de la variación) presentó una mayor influencia del porcentaje de área del cielo que estuvo abierto (Cuadro 3, valores subrayados). Este componente es básicamente redundante con el primero. Ambos explican 75% de la variación total.

Además, el nivel de apertura del dosel está relacionado con la diversidad de especies de sotobosque, aunque se requieren análisis más detallados que particionen los transectos en intervalos de 10 m para así evitar el traslape de fotografías a lo largo de los mismos, o bien, la necesidad de calcular promedios para las diferentes variables lumínicas. Este tipo de análisis generó un manuscrito preliminar junto con el estudiante Diego Salazar, el cual se adjunta al presente informe. Se pretende determinar cómo la diversidad y composición de especies del sotobosque cambia de un sitio a otro mediante la aplicación de modelos nulos a través del programa ECOSIM así como técnicas estadísticas de análisis de gradientes (ejemplo, Multidimensional scaling).

**Cuadro 3.** Resultados del análisis de componentes principales aplicado a las fotografías hemisféricas en el bosque primario de Quebrada González, Parque Nacional Braulio Carrillo.

PCA	Eigenvalue	Porcentaje	Porcentaje acumulado
1	5,58	55,86	55,86
2	1,95	19,52	75,39
3	1,45	14,57	89,96

Eigenvectors	PCA1	PCA2
%skyarea	-0,10642	0,68554
%maskarea	0,10642	-0,68554
%canopyopenness	0,36816	-0,00560
LAI4ring	-0,27242	0,10535
transdirect	0,33827	0,10769
transdiffuse	0,34837	0,03059
transtotal	0,40345	0,09578
%transdirect	0,33887	0,10771
%transdiffuse	0,34863	0,02923
%transtotal	0,36423	0,12151

Los índices de área foliar que encontrados en Quebrada González (Cuadro 4) son muy similares a los reportados en otros estudios en bosques de la costa atlántica de Costa Rica (Nicotra et al. 1999, Montgomery 2004). Por su lado, el porcentaje de apertura de dosel tuvo un promedio y una variabilidad mayor que los observados en otros bosques del Atlántico (Nicotra et al. 1999, Kabakoff & Chazdon 1996, Ostertag 1998). Todos los estudios disponibles en la

literatura se realizaron en bosques tropicales caribeños de bajura, principalmente secundarios, y con diversos estados de madurez. Cuando se compara La Selva con Quebrada González se observa claramente una diferencia en cuanto al dosel y el sotobosque de estos dos bosques geográficamente cercanos. El dosel de Quebrada González es mucho más abierto, presentando una bóveda más alta, mientras que el sotobosque es mucho más denso y con una predominancia de palmas pequeñas, a diferencia del dosel de La Selva (obs. pers). Al hacer comparaciones entre La Selva y Braulio Carrillo se observa una tendencia a un mayor índice de área foliar en Braulio Carrillo ( $3,12 \pm 0,4$ ) en relación a La Selva ( $2,95 \pm 0,18$ ), mientras que no se encontraron diferencias en el nivel de apertura del dosel (BC =  $7,44\% \pm 1,3$ , LS =  $7,44\% \pm 0,9$ ). Es necesario tomar más fotografías en La Selva, porque actualmente cuento con 12, mientras que en Braulio Carrillo cuento con un total aproximado de 800, de las cuales hay que seleccionar las más representativas.

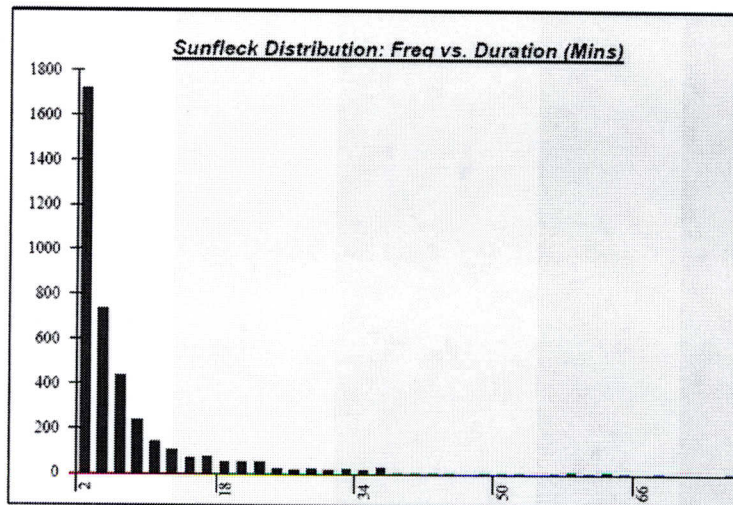
Otras características del dosel del Braulio Carrillo requieren de análisis más detallados, tales como la distribución espacial y temporal de destellos lumínicos (sunflecks, Figura 4), los cuales presentan patrones típicos descritos para otros sitios en el trópico (ejemplo, Montgomery y Chazdon 2006). Es necesario también analizar la eficiencia del dosel en absorber o filtrar la radiación fotosintéticamente activa entre estaciones y sitios, lo cual es una extensión de mi trabajo en la grúa de construcción del instituto Smithsonian en Panamá (ver Avalos y Mulkey 1999, Figura 5) en donde analicé el grado de disminución en la radiación fotosintéticamente activa 40 cm por debajo de la superficie del dosel.

De esta forma, considero haber alcanzado las metas del objetivo específico 1, el cual propone describir la estructura del bosque premontano del Braulio Carrillo y describir la variación estacional en radiación fotosintéticamente activa. Sin embargo, como se indicó en el último informe, los objetivos específicos 2 y 3 no se alcanzaron ya que no se logró contar con la colaboración de un estudiante graduado que participara en el proyecto para la colecta e identificación de semillas (se contaba con la participación de la estudiante de maestría Ruth Salas, pero esta cambió de proyecto de tesis). Esta estudiante inició el proyecto, pero decidió abandonarlo para dedicarse a otro tópico de investigación.

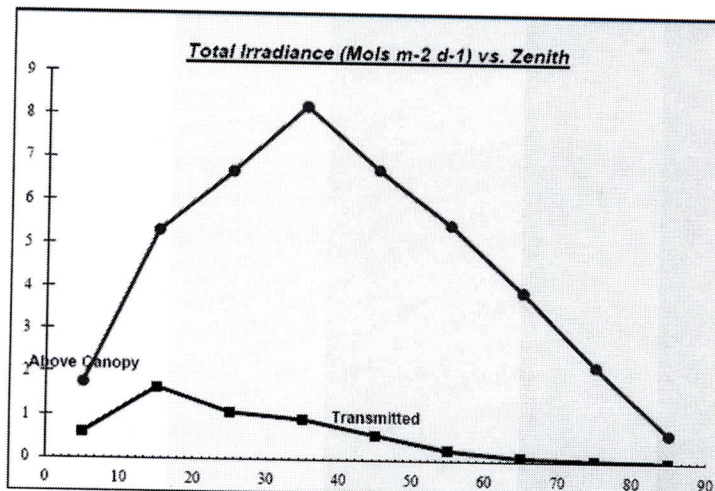
Por esta razón, el proyecto se movió hacia la caracterización de la diversidad de plantas del sotobosque, nivel medio y dosel, y su organización estructural y espacial (ej., su variación a través de diferentes micrositos y su evaluación mediante la aplicación de modelos nullos) y su relación con la disponibilidad de luz.

**Cuadro 4.** Resumen de resultados de los 3 parámetros más importantes extraídos de las fotografías hemisféricas en los transectos de Quebrada González, Parque Nacional Braulio Carrillo (LAI indica *leaf area index*, o índice de área foliar).

Parámetro	% apertura del dosel	LAI 4	LAI 5	Número de individuos por sección de 10 m	Número de especies por sección de 10 m
Promedio	17.01	2.21	1.94	5.94	4.61
N	36				
máximo	10.6	1.41	1.27	12	9
mínimo	30.47	2.99	2.65	1	1
varianza	21	0.14	0.09	8.96	4.07



**Figura 4.** Distribución de los destellos lumínicos en relación con su duración para un sitio típico en el sector de Quebrada González, Parque Nacional Braulio Carrillo. Los destellos lumínicos de alta energía ( $> 1,600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) duran solamente dos minutos y tienen una frecuencia muy baja.



**Figura 5.** Magnitud de la radiación filtrada por el dosel en un sitio típico en el sector de Quebrada González, Parque Nacional Braulio Carrillo. Cuando el sol se encuentra en su punto más perpendicular sobre el bosque (aproximadamente unos 37° de Zenit) la radiación fotosintéticamente activa alcanza los 1,800  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , pero de esta radiación solamente un 10% llega al sotobosque. El mayor porcentaje de radiación filtrada por el dosel es de 34%.

## CONCLUSIONES

Este trabajo ha generado los siguientes productos:

- Flórula del Parque Nacional Braulio Carrillo, sector Quebrada González (lista de especies, más una lista de especies arbóreas, arbustivas y por tipos de forma de vida –epífitas, herbáceas, y palmas-). Esta flórula servirá de base para estudios futuros y para la creación de una guía ilustrada de las plantas del Braulio Carrillo.
- Avalos, G. and D. Salazar-Amoretti (in prep). *Effect of changes in canopy structure on the diversity and density of understory species in the Tropical Wet Forest of Quebrada Gonzalez, Braulio Carrillo National Park.* Borrador del manuscrito adjunto al presente informe.
- Presentaciones, informes y talleres para los administradores del Parque Nacional Braulio Carrillo. La última presentación se realizó en el Primer Simposio sobre Áreas Protegidas, UCR, Sede Regional de Occidente: *Sinergismo entre investigadores y áreas silvestres protegidas: en busca de un mecanismo para llenar vacíos de información*, resumen que adjunto al presente informe.
- Se brindó entrenamiento en el uso y análisis de fotografías hemisféricas a los siguientes estudiantes de la UCR: Diego Salazar Amoretti (actualmente estudiante de doctorado en la Universidad de Missouri-St. Louis, en donde usa fotografías hemisféricas en su tesis de doctorado), Silvia Solís (actualmente estudiante de doctorado en el CIECO, UNAM, Morelia, México), Esteban Loría Calderón (profesor UCR, Tacaes), Lina

Pérez León, Alexandra Gamboa (estudiante de grado), y Olivia Sylvester (estudiante de postgrado, usa fotografías hemisféricas para su tesis de maestría). Con la experiencia y el equipo adquirido se incluyeron prácticas sobre el uso de fotografías hemisféricas en el curso B0442 Fisiología Vegetal.

## **ESTADO FINANCIERO.**

Este proyecto no solicitó contenido económico a la Vicerrectoría de Investigación. El investigador principal proporciona su equipo de campo, y como se indicó arriba, se utiliza una cámara digital y otro equipo asociado (cintas métricas, clinómetro, densiómetro esférico, etc) que facilita la colecta de datos.

## **REFERENCIAS**

- Avalos, G. y S.S. Mulkey. 1999. Photosynthetic acclimation of the liana *Stigmaphyllon lindenianum* to light changes in a tropical dry forest canopy. *Oecologia* 120(4): 1432-1939.
- Kabakoff, R.P. y R.L. Chazdon. 1996. Effects of Canopy Species Dominance on Understorey Light Availability in Low-Elevation Secondary Forest Stands in Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology* 12(6): 779-788.
- Montgomery, R. A., y R. L. Chazdon. 2001. Forest structure, canopy architecture, and light transmittance in tropical wet forests. *Ecology* 82: 2707–2718.
- Montgomery, R. A. 2004. Effects of Understory Foliage on Patterns of Light Attenuation near the Forest Floor. *Biotropica* 36(1): 33-39.
- Nicotra, A.B., R.L. Chazdon y S.V.B. Iriarte. 1999. Spatial Heterogeneity of Light and Woody Seedling Regeneration in Tropical Wet Forests. *Ecology* 80( 6): 1908-1926.
- Ostertag, R. 1998. Belowground Effects of Canopy Gaps in a Tropical Wet Forest. *Ecology* 79(4): 1294-1304.

**Effect of changes in canopy structure on the diversity and density of understory species in the Tropical Wet Forest of Quebrada Gonzalez, Braulio Carrillo National Park.**

Gerardo Avalos<sup>1</sup> and Diego Salazar Amoretti<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Biology  
University of Costa Rica  
2060 San Pedro, San Jose, Costa Rica

<sup>2</sup>Department of Biology  
223 Research Building  
One University Boulevard  
St. Louis, MO 63121-4499 USA

**Introduction**

The close relationship between habitat structure and species distribution has been a common explanation for the high degree of species diversity found in Tropical Rain Forests (Campbell & Peart 2000). The considerable spatial and temporal habitat heterogeneity prevalent in Tropical Rain Forests provides sufficient regeneration opportunities for species with different physiological requirements to get established and regenerate. Therefore, species segregate according to their physiological and morphological plasticity to use specific parts of the microhabitats, and change their morphology and physiological functioning to adapt to the dominant disturbance regime. This idea has been termed the *regeneration niche* (Denslow 1987, Tilman & Pacala 1993).

Of all the environmental factors affecting plant distribution and diversity, and thus, plant regeneration capacity, light is the most important (Chazdon 1996). Light changes over ample temporal and spatial scales, and in moist tropical forests where water is not limiting, light heterogeneity affects plant distribution across the complete forest profile (Denslow 1980, 1987, Denslow et al. 1990, Lieberman et al. 1995, Smith et al. 1992, Oberbauer 1993). Within this context, canopy structure is also essential shaping forest dynamics, especially within the forest understory, potentially the most light-limited environment on Earth (Wright 2002). Over 75% of tree species at the La Selva Biological Station depend on canopy apertures to regenerate (Hartshorn 1978). Understanding how light changes affect plant distribution at different scales is essential for an integral comprehension of forest dynamics, successional patterns, and overall, ecosystem functioning (Hubbell & Forester 1983, Pearcy 1983, Smith et al. 1992).

Complementary to the regeneration niche hypothesis, Hubbell (2001) proposed the neutral theory of island biogeography and biodiversity using data collected on Barro Colorado Island to tackle central themes on the community ecology of tropical forests, such as species abundance, distribution and diversity. In this theory, Hubbell (2001) shows that community species composition and species turnover patterns can arise from

neutral models in which all individuals have identical demographic properties and habitat requirement needs, as the consequence of local dispersal alone. The theory represents a typical null model, and has had problems to match predictions with observed patterns (see Ricklefs 2003). Despite Hubbell's theory appeal, the niche differentiation hypothesis continues to be the benchmark to which all studies are compared ((Théry 2001, Campbell & Peart 2001, Boot 1996, Zipperlen & Press 1996).

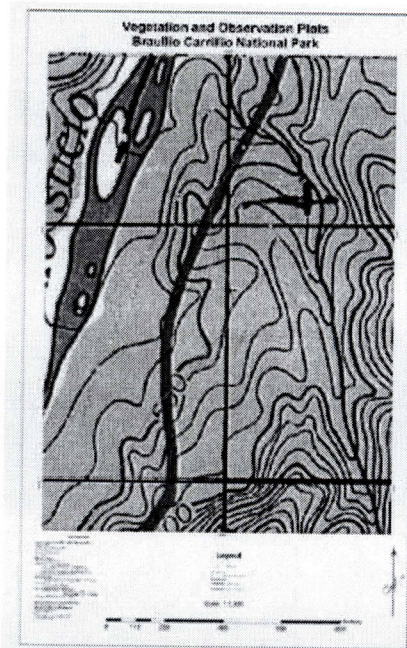
However, most studies are biased towards the examination of the influence of very large canopy gaps on patterns of plant abundance and diversity (Denslow 1980,1990, Brokaw 1985,1989). Relatively little is known regarding the influence of changes in the actual forest structure and the light conditions under a closed canopy on the diversity of understory plants (see Wright 2002). Therefore, our goal is to explore the relations between canopy structure and the species richness, diversity, density and abundance of understory species.

## Methods

**Study area.** The study was conducted at Quebrada González, Braulio Carrillo National Park (BCNP), Costa Rica (47 583 ha, 400–500 m a.s.l., 10°97'N, 83°05'W) a Tropical Premontane Wet Forest (Tosi 1969) located on the Caribbean side of the Central Mountain Slope. Rainfall at this site averages 4500 mm/year and temperature ranges between 25°C and 28°C (Herrera 2000). In Braulio Carrillo, elevation ranges from lowland tropical rainforest (30 m) to tropical montane forest (2906 m), representing one of the last protected elevation gradients still covered by continuous forests in Central America. These conditions support dense evergreen forests, complex in structure and highly diverse in species composition.

The primary forest at Quebrada González reaches over 40 m in height, with trees of over 2.5 m in DBH. Forest stratification is complex, with a rich diversity of epiphytes and hemiepiphytes, as well as understory palms (i.e., *Geonoma* spp., *Caliptrogyne* spp.) and plants of in the Melastomataceas (ej. *Miconia* spp., *Clidemia* spp.) with maximum heights of over 3 m. The canopy is dominated by *Vochycia guatemalensis*, *V. alenii*, *Pourouma minor*, *Guarea rhoupalocarpa* y *Protium panamensis*.

**Data collection.** Plants were identified using transects of 50 x 2 m located along the Botarrama and Las Palmas trails in March 2003 (Figure 1). Botarrama is located on a sandy, sedimentary terrain on a hill top overlooking the canyon of the Rio Sucio. In contrast, Las Palmas shows a more heterogeneous topography with steep slopes, being located along the creek Quebrada González.



**Figure 1.** Location of Quebrada González's trails and transect points.

We did 9 transects (7 at Las Palmas and 2 at Botarrama) of 40 X 2 m, separated by at least 60 m. All the trees, shrubs and palms over 1 cm DBH were registered and classified taxonomically (Family, genus and species). Height was measured directly using a measuring tape, or a laser range finder (Bushnell Yardage pro 1000) for trees and palms above 10 m. The position of each individual plant along the transect was also registered.

**Assessment of light conditions and canopy structure using hemispherical photographs.** Hemispherical canopy photos were taken with a Nikon manual camera adapted to a fish eye lens of 180° 1.6 m above the ground. The upper part of the image was oriented North, and the geographic position of the transect was located with a Magellan 300 GPS following the methods described in Whitmore et al (1993). We took 4 photos per transect at the following points: 5, 15, 25 and 35 m. Taking the photos at these locations allowed us to cover all the transect area affected by the canopy that was right above that section of the transect.

We used Light Gap Analyzer Versión 2.0 (GLA 2.0) to calculate the following parameters: a) Percentage of canopy openness, which is the percentage of open sky seen from the ground (Frazer et al. 1999); b) leaf area index of 4 rings, which is the amount of leaf area in m<sup>2</sup> per ground area measured in a section of 0 to 60 degrees (Stenberg et al. 1994); c) leaf area index of 5 rings, which is similar to the leaf area index of 4 rings only that the area measured in this case corresponds to an angle of 0-75 degrees.

The transects were then divided into 4 sections of 10 m, so that the volume covered by the hemispherical photographs was in the center of each of these sections. Data on plant diversity and abundance at each section was related to each photo corresponding to individual sections. We combined the data of the 4 sections using a principal component analysis (PCA) using number of individuals and number of species



per section (92.83% of the variation in the data was explained by the first principal component, which was termed PCDIVER). We also implemented a PCA for the hemispherical photos data (95.33% of the variation in the data was explained by the first principal component, which was termed PCLIGHT). The relationship between these two components was later examined using multiple correlation and a Spearman's Rho test using JMP 6.0.

## Results

We completed a total of 20 transects of 50 x 2 m (total area sampled = 2 Ha). Although the sampled area could be considered small, our personal observations indicate that it represents a significant sample of the species composition of Quebrada Gonzalez (see Appendix 1, Florula of Quebrada Gonzalez). We found a total of 128 woody species, which were concentrated in the understory. However, this was the least diverse stratum of the 3 layers in which the forest was divided (Table 1).

The canopy of Quebrada Gonzalez is relatively open, as compared to other tropical sites for which we have data (i.e., La Selva Biological Station). All transects were located in primary forest conditions. Thus, having around 20% of the canopy as open space is relatively high (Table 2). The leaf area index (LAI) for 4 and 5 rings varied accordingly.

**Table 1. Summary data of species diversity per transect and strata, Quebrada Gonzalez, Braulio Carrillo National Park.**

N transects	17
Area sampled	1,700 m <sup>2</sup>
N individuals	641
N species	128
Average individuals per transect	38
Species percentage in the 0-5 stratum	76,00%
Species percentage in the 6-16 stratum	10,00%
Species percentage in the 16-40 stratum	13,00%
Shannon of 0-5	3,51
Shannon of 6-15	3,74
<b>Shannon of 16-40</b>	<b>3,70</b>

**Table 2. Summary data of the 3 most important parameters extracted from the canopy photos and the transect sections in Quebrada Gonzalez, Braulio Carrillo National Park.**

Parameter	% canopy openness	LAI 4	LAI 5	Number of individuals per section	Number of species per section
Mean	17.01	2.21	1.94	5.94	4.61

<b>N</b>	36				
<b>Maximum</b>	10.6	1.41	1.27	12	9
<b>Minimum</b>	30.47	2.99	2.65	1	1
<b>Variance</b>	21	0.14	0.09	8.96	4.07
<b>CV</b>	0.27	0.17	1.16	0.50	0.44

**Table 3. Spearman Rho, associated probability, and R2 value among light variables and plan diversity and abundance, Braulio Carrillo National Park.**

Variable	Variable	Spearman Rho	Probability	R2
N individuals	LAI 5 ring	0.34	0.04	0.36
N individuals	% canopy openness	-0.3	0.07	-0.39
N individuals	LAI 4 ring	0.23	0.18	-0.3
N species	% canopy openness	-0.51	0.001	-0.56
N species	LAI 5 ring	0.46	0.004	0.51
N species	LAI 4 ring	0.37	0.02	0.48
PC diversity	LAI 5 ring	0.41	0.01	0.46
PC diversity	% canopy openness	-0.41	0.06	-0.49
PC diversity	PC Light	-0.39	0.004	-0.47
PC diversity	LAI 4 ring	0.32		0.40
PC light	N species	-0.47		-0.54

Missing the discussion and gradient analysis per forest strata....

#### References

- Brandani, A., G. S. Hartshorn, et al. (1988). "Internal Heterogeneity of Gaps and Species Richness in Costa Rican Tropical Wet Forest." *Journal of Tropical Ecology* 4(2): 99-119.
- Brokaw, N. V. L. (1982). "The Definition of Treefall Gap and Its Effect on Measures of Forest Dynamics." *Biotropica* 14(2): 158-160.
- Brokaw, N. V. L. (1985). "Gap-Phase Regeneration in a Tropical Forest." *Ecology* 66(3): 682-687.
- Brokaw, N. V. L. (1987). "Gap-Phase Regeneration of Three Pioneer Tree Species in a Tropical Forest." *The Journal of Ecology* 75(1): 9-19.
- Brokaw, N. V. L. and J. S. Grear (1991). "Forest Structure Before and After Hurricane Hugo at Three Elevations in the Luquillo Mountains, Puerto Rico." *Biotropica* 23(4, Part A. Special Issue: Ecosystem, Plant, and Animal Responses to Hurricanes in the Caribbean): 386-392.
- Brokaw, N. V. L. and L. R. Walker (1991). "Summary of the Effects of Caribbean Hurricanes

- on Vegetation." *Biotropica* 23(4, Part A. Special Issue: Ecosystem, Plant, and Animal Responses to Hurricanes in the Caribbean): 442-447.
- Brokaw, N. V. L. and S. M. Scheiner (1989). "Species Composition in Gaps and Structure of a Tropical Forest." *Ecology* 70(3): 538-541.
- Brown, R. L., J. W. Ashmun, et al. (1985). "Within- and Between-Species Variation in Vegetative Phenology in Two Forest Herbs." *Ecology* 66(1): 251-258.
- Campbell O., Peart D. 2000. Habitat associations of trees and seedlings in a Bornean rain forest. *The Journal Of Ecology*, Vol. 88, No. 3, Pp 464-478.
- Condit, R., R. Sukumar, et al. (1998). "Predicting Population Trends from Size Distributions: A Direct Test in a Tropical Tree Community." *American Naturalist* 152(4): 495-509.
- Condit, R., S. P. Hubbell, et al. (1992). "Recruitment Near Conspecific Adults and the Maintenance of Tree and Shrub Diversity in a Neotropical Forest." *American Naturalist* 140(2): 261-286.
- Condit, R., S. P. Hubbell, et al. (1994). "Density Dependence in Two Understory Tree Species in a Neotropical Forest." *Ecology* 75(3): 671-680.
- Condit, R., S. P. Hubbell, et al. (1996). "Changes in Tree Species Abundance in a Neotropical Forest: Impact of Climate Change." *Journal of Tropical Ecology* 12(2): 231-256.
- Denslow J. S. 1980. Gap partitioning among tropical rainforest trees. *Biotropica*. Vol. 12. Pp 47-55.
- Denslow J. S. 1987. Tropical rainforest gaps and tree species diversity. *Ann. Rev. Of Ecol. And System*, Vol. 18, Pp 431-451.
- Denslow, J. S. (1984). "Influence of Disturbance on Species Diversity: Reply to T. C. Whitmore." *Biotropica* 16(3): 240.
- Denslow, J. S. (1987). "Tropical Rainforest Gaps and Tree Species Diversity." *Annual Review of Ecology and Systematics* 18: 431-451.
- Denslow, J. S. (1995). "Disturbance and Diversity in Tropical Rain Forests: The Density Effect." *Ecological Applications* 5(4): 962-968.
- Denslow, J. S., A. M. Ellison, et al. (1998). "Treefall Gap Size Effects on above- and below-Ground Processes in a Tropical Wet Forest." *Journal of Ecology* 86(4): 597-609.
- Denslow, J. S., E. Newell, et al. (1991). "The Effect of Understory Palms and Cyclanths on the Growth and Survival of Inga Seedlings." *Biotropica* 23(3): 225-234.
- Denslow, J. S., J. C. Schultz, et al. (1990). "Growth Responses of Tropical Shrubs to Treefall Gap Environments." *Ecology* 71(1): 165-179.
- Ellison, A. M., J. S. Denslow, et al. (1993). "Seed and Seedling Ecology of Neotropical Melastomataceae." *Ecology* 74(6): 1733-1749.
- Ford, R. G. and F. A. Pitelka (1984). "Resource Limitation in Populations of the California Vole." *Ecology* 65(1): 122-136.

- Fraver, S., N. V. L. Brokaw, et al. (1998). "Delimiting the Gap Phase in the Growth Cycle of a Panamanian Forest." *Journal of Tropical Ecology* 14(5): 673-681.
- Hartshorn, G. S. (1980). "Neotropical Forest Dynamics." *Biotropica* 12(2, Supplement: Tropical Succession): 23-30.
- Hartshorn, G. S. (1989). "Application of Gap Theory to Tropical Forest Management: Natural Regeneration on Strip Clear-cuts in the Peruvian Amazon." *Ecology* 70(3): 567-576.
- Hubbell, S. P., R. Condit, et al. (1990). "Presence and Absence of Density Dependence in a Neotropical Tree Community." *Philosophical Transactions: Biological Sciences* 330(1257, Population, Regulation, and Dynamics): 269-281.
- Hubbell, S. P. 2001. *The unified theory of biodiversity and biogeography*. Princeton University Press.
- Huebner, C. D., J. C. Randolph, et al. (1995). "Environmental Factors Affecting Understory Diversity in Second-Growth Deciduous Forests." *American Midland Naturalist* 134(1): 155-165.
- Jr, C. G. (1998). "The Response of *Viola blanda* Willd. (Violaceae) to Phosphorus Fertilization and Shading." *Journal of the Torrey Botanical Society* 125(3): 194-198.
- King, D. A., E. G. Leigh, Jr., et al. (1997). "Relationships between Branch Spacing, Growth Rate and Light in Tropical Forest Saplings." *Functional Ecology* 11(5): 627-635.
- Lieberman M., Lieberman D., Peralta R. & Haetshorn G. 1995. Canopy closure and the distribution of tropical forest tree species at La Selva, Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology*, Vol. 11, No. 2. Pp 161-177.
- Lieberman, D., M. Lieberman, et al. (1985). "Growth Rates and Age-Size Relationships of Tropical Wet Forest Trees in Costa Rica." *Journal of Tropical Ecology* 1(2): 97-109.
- Lieberman, D., M. Lieberman, et al. (1996). "Tropical Forest Structure and Composition on a Large-Scale Altitudinal Gradient in Costa Rica." *Journal of Ecology* 84(2): 137-152.
- Lieberman, M., D. Lieberman, et al. (1985). "Small-Scale Altitudinal Variation in Lowland Wet Tropical Forest Vegetation." *The Journal of Ecology* 73(2): 505-516.
- Lieberman, M., D. Lieberman, et al. (1995). "Canopy Closure and the Distribution of Tropical Forest Tree Species at La Selva, Costa Rica." *Journal of Tropical Ecology* 11(2): 161-177.
- Mulkey, S. S. and R. W. Pearcy (1992). "Interactions between Acclimation and Photoinhibition of Photosynthesis of a Tropical Forest Understorey Herb,

- Alocasia macrorrhiza*, during Simulated Canopy Gap Formation." *Functional Ecology* 6(6): 719-729.
- Oberbauer, S. F. and B. R. Strain (1985). "Effects of Light Regime on the Growth and Physiology of *Pentaclethra macroloba* (Mimosaceae) in Costa Rica." *Journal of Tropical Ecology* 1(4): 303-320.
- Oberbauer, S. F. and M. A. Donnelly (1986). "Growth Analysis and Successional Status of Costa Rican Rain Forest Trees." *New Phytologist* 104(3): 517-521.
- Oberbauer, S. F., D. B. Clark, et al. (1993). "Light Environment, Gas Exchange, and Annual Growth of Saplings of Three Species of Rain Forest Trees in Costa Rica." *Journal of Tropical Ecology* 9(4): 511-523.
- O'Brien, S. T., S. P. Hubbell, et al. (1995). "Diameter, Height, Crown, and Age Relationship in Eight Neotropical Tree Species." *Ecology* 76(6): 1926-1939.
- Paciorek, C. J., R. Condit, et al. (2000). "The Demographics of Resprouting in Tree and Shrub Species of a Moist Tropical Forest." *Journal of Ecology* 88(5): 765-777.
- Pearcy, R. W. (1987). "Photosynthetic Gas Exchange Responses of Australian Tropical Forest Trees in Canopy, Gap and Understory Micro-Environments." *Functional Ecology* 1(3): 169-178.
- Pearcy, R. W. and W. Yang (1998). "The Functional Morphology of Light Capture and Carbon Gain in the Redwood Forest Understorey Plant *Adenocaulon Bicolor* Hook." *Functional Ecology* 12(4): 543-552.
- Pfitsch, W. A. and R. W. Pearcy (1992). "Growth and Reproductive Allocation of *Adenocaulon Bicolor* Following Experimental Removal of Sunflecks." *Ecology* 73(6): 2109-2117.
- Pitelka, L. F., D. S. Stanton, et al. (1980). "Effects of Light and Density on Resource Allocation in a Forest Herb, *Aster acuminatus* (Compositae)." *American Journal of Botany* 67(6): 942-948.
- Pitelka, L. F., J. W. Ashmun, et al. (1985). "The Relationships between Seasonal Variation in Light Intensity, Ramet Size, and Sexual Reproduction in Natural and Experimental Populations of *Aster acuminatus* (Compositae)." *American Journal of Botany* 72(2): 311-319.
- Plotkin, J. B., M. D. Potts, et al. (2000). "Predicting Species Diversity in Tropical Forests." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 97(20): 10850-10854.
- Poorter, L., S. F. Oberbauer, et al. (1995). "Leaf Optical Properties Along a Vertical Gradient in a Tropical Rain Forest Canopy in Costa Rica." *American Journal of Botany* 82(10): 1257-1263.
- Ricklefs, R. E. 2003. A comment on Hubbell's zero-sum ecological drift model. *Oikos* 100: 185-192.

- Sanford, R. L., Jr., H. E. Braker, et al. (1986). "Canopy Openings in a Primary Neotropical Lowland Forest." *Journal of Tropical Ecology* 2(3): 277-282.
- Schemske, D. W. and N. Brokaw (1981). "Treefalls and the Distribution of Understory Birds in a Tropical Forest." *Ecology* 62(4): 938-945.
- Sims, D. A. and R. W. Pearcy (1993). "Sunfleck Frequency and Duration Affects Growth Rate of the Understorey Plant, *Alocasia macrorrhiza*." *Functional Ecology* 7(6): 683-689.
- Smith A., Hogan K. & Idol J. 1992. Spatial and temporal patterns of light and canopy structure in a lowland tropical moist forest. *Biotropica*, Vol. 24, No. 4. Pp 503-511.
- Tilman D. & Pascala S. W. 1993. The maintenance of species richness in plant communities. *Species Diversity in Ecological Communities: Historical and Geographical Perspectives* (Eds. R. E. Ricklefs & D. Schluter), Pp 13-25. Univ. Chicago Press, USA.
- Tinoco-Ojanguren, C. and R. W. Pearcy (1995). "A Comparison of Light Quality and Quantity Effects on the Growth and Steady-State and Dynamic Photosynthetic Characteristics of Three Tropical Tree Species." *Functional Ecology* 9(2): 222-230.
- Tosi, J.A. 1969. Mapa ecológico, República de Costa Rica: Según la clasificación de Zonas de Vida del Mundo de L.R. Holdridge. Centro Científico Tropical, San José.
- Vitousek, P. M. and J. S. Denslow (1986). "Nitrogen and Phosphorus Availability in Treefall Gaps of a Lowland Tropical Rainforest." *The Journal of Ecology* 74(4): 1167-1178.
- Webb, C. O. and D. R. Peart (2000). "Habitat Associations of Trees and Seedlings in a Bornean Rain Forest." *Journal of Ecology* 88(3): 464-478.
- Welden, C. W., S. W. Hewett, et al. (1991). "Sapling Survival, Growth, and Recruitment: Relationship to Canopy Height in a Neotropical Forest." *Ecology* 72(1): 35-50.
- Wills, C., R. Condit, et al. (1997). "Strong Density- and Diversity-Related Effects Help to Maintain Tree Species Diversity in a Neotropical Forest." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 94(4): 1252-1257.
- Wright, J.S. 2002. Plant diversity in tropical forests: a review of mechanisms of species coexistence. *Oecologia* 130:1-14.
- Zipperlen, S. W. and M. C. Press (1996). "Photosynthesis in Relation to Growth and Seedling Ecology of Two Dipterocarp Rain Forest Tree Species." *Journal of Ecology* 84(6): 863-876.

Tema: 7. El estado de la investigación en las áreas protegidas, retos y oportunidades para investigadores nacionales.

Título de la ponencia:

**Sinergismo entre investigadores y áreas silvestres protegidas: en busca de un mecanismo para llenar vacíos de información.**

**Dr. Gerardo Ávalos**  
**Profesor de Ecología Tropical**  
**Escuela de Biología**  
**Universidad de Costa Rica**  
**San Pedro, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio**

**faetornis@yahoo.com**

El manejo de los valiosos recursos biológicos del país debe estar basado en un conocimiento científico robusto que permita a los administradores de áreas protegidas tomar decisiones informadas. Sin embargo, el Sistema Nacional de Áreas de Conservación adolece de un mecanismo formal que le permita llenar los vacíos de información que se requieren para visualizar claramente las prioridades de conservación así como la eficiencia de las prácticas de manejo. Desde el año 2002 y hasta el presente he implementado diferentes programas de monitoreo en los Parques Nacionales Braulio Carrillo, Volcán Poás y Carara, analizando patrones de diversidad y distribución en aves, plantas, e insectos acuáticos. Además, he evaluado las consecuencias ecológicas y sociales de procesos de extracción ilegal de diferentes especies de palmito silvestre. La experiencia acumulada muestra que un proceso de retroalimentación continua entre el investigador y los administradores de las Áreas Protegidas es crítico para detectar prioridades de conservación, así como para generar un rico mosaico de preguntas de investigación, a la vez que se facilita la transferencia de datos de forma casi inmediata a los clientes. Sin embargo, se adolece de un mecanismo formal de alto nivel que venga a integrar a las universidades públicas en este proceso, pues la mayor parte de los vacíos de información los llenan investigadores independientes, o bien ONGs. Si bien muchas necesidades de investigación podrían ser satisfechas de esta forma, la demanda de información es aún mayor. Consecuentemente, el SINAC tiene dificultades para planificar la actualización de planes de manejo, y otras prioridades de investigación, porque no cuenta con el apoyo académico formal proveniente de las universidades públicas. De ahí que sea difícil trabajar una línea de investigación consistente y a largo plazo que siga un cronograma. Las necesidades de información se van llenando oportunísticamente, a medida que se presenten investigadores independientes que posean el interés y los medios para colaborar con las Áreas Silvestres Protegidas. Tanto el SINAC como las universidades públicas deberían colaborar para optimizar el uso de recursos públicos a largo plazo mediante la creación de mecanismos que faciliten un

proceso investigativo consistente, que se adapte a los cambios en las prioridades de información, y que pueda generar los datos necesarios para mejorar el manejo de las Áreas Silvestres Protegidas.