



**VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN
Y EXTENSIÓN
DIRECCIÓN DE PROYECTOS**

INFORME FINAL-DOCUMENTO 1

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN:



TROPI-DRY

**Monitoreo de procesos de ecológicos del Bosque Seco
Tropical: Aplicaciones de sensores remotos para
estimaciones a nivel de paisaje y el cambio global**

Período

Julio 2010 – Junio 2014

Por :

**Dr. Julio César Calvo-Alvarado
Investigador Principal.
Escuela de Ing. Forestal**

Setiembre, 2014

Tabla de contenidos

1	Nombre y código del proyecto.	3
2	Autores y direcciones.	3
3	Resumen del proyecto.	4
4	Palabras clave.	5
5	Introducción.	5
5.1	Objetivos (Específicos).	7
6	Marco teórico.	7
7	Metodología.	9
8	Resultados.	10
8.1	Resumen de publicaciones.	10
8.1.1	Artículos en revistas indexadas.	11
8.1.2	Artículos en revistas en español.	11
8.1.3	Artículos sometidos (aceptados).	11
8.1.4	Artículos en preparación con borrador listo.	11
8.1.5	Capítulos en libros.	12
8.1.6	Presentaciones en encuentros nacionales.	12
8.1.7	Presentaciones en encuentros internacionales.	14
8.1.8	Tesis de pregrado concluidas.	15
8.1.9	Tesis de posgrado concluidas.	15
8.2	Incidencia en medios de comunicación.	15
8.3	Talleres de incidencia política.	16
8.4	Actividades de investigación y principales hallazgos.	18
8.4.1	Resumen de hallazgos en la súper parcela del estadio intermedio de Bst.	18
8.4.2	Resumen de hallazgos para la caracterización del ecosistema y la difusión de luz en el sitio de la súper parcela, etapa de sucesión intermedia.	20
8.4.3	Resumen de hallazgos para la torre de carbono y vapor de agua.	23
8.4.4	Resumen de hallazgos para los ensayos de intercepción de precipitación en tres estadios de sucesión de Bst en Costa Rica.	28
8.4.5	Resumen de hallazgos para los ensayos de intercepción de precipitación en tres estadios de sucesión de Bst en Brasil.	30
9	Discusión y conclusiones.	32
10	Recomendaciones.	34
11	Agradecimientos.	34
12	Referencias.	35
13	FIRMAS.	36

1 Nombre y código del proyecto.

Monitoreo de procesos de ecológicos del Bosque Seco Tropical: Aplicaciones de sensores remotos para estimaciones a nivel de paisaje y el cambio global.

Código VIE: 5402-1401-1012
Período de Ejecución: Julio 2010 - Junio 2014
Página web: <http://tropi-dry.eas.ualberta.ca/>

2 Autores y direcciones.

Investigador coordinador responsable: Dr. Julio César Calvo Alvarado

Cuadro 1. Investigadores participantes del proyecto Tropi-dry.

Nombre	Campo de acción	Universidad y País
Dr. Julio Calvo-Alvarado.	Manejo de Recursos Naturales.	Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.
Dr. Arturo Sánchez-Azofeifa.	Investigador líder de la Red. Sensores remotos.	Alberta University. Canadá
Dr. Theresa Garvin.	Líder aspectos sociales del proyecto.	Alberta University. Canadá
Dr. Benoit Rivard.	Líder sensores hiperespectrales.	Alberta University. Canadá
Dr. John Gamon.	Sensores. hiperespectrales	Alberta University. Canadá
Dr. Stefan Schnitzer.	Ecología de Lianas.	University of Wisconsin – Milwaukee. USA
Dr. Deborah Lawrence.	Dinámica de nutrientes.	University of Virginia. USA
Dr. Mauricio Quesada .	Coordinador México. Ecología Forestal.	UNAM. Universidad nacional Autónoma de México. México.
Dr. Kathryn E. Stoner.	Ecología de Mamíferos.	UNAM. Universidad nacional Autónoma de México. México.
Dr. Alicia Castillo.	Aspectos sociales.	UNAM. Universidad nacional Autónoma de México. México.
Dr. Jon Paul Rodríguez.	Ecología.	IVIC. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. Venezuela.
Dr. Jafet M. Nassar.	Ecología.	IVIC. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. Venezuela
Dr. Rene Capote.	Ecología Forestal.	Agencia de Medio Ambiente. Cuba.
Dr. Geraldo W. Fernandes.	Herbivoría forestal.	Universidad Estatal de Belo Horizonte. Brasil.
Dr. Marcos de Espirito Santo.	Ecología Forestal.	Universidad de Montes Claros. Brasil.
Dr. Rómulo Menezes.	Ecología Forestal.	Universidad de Pernambuco. Brasil.
Dr. Ricardo Berbara.	Suelos y micorrizas.	Universidad Estatal de Río de Janeiro. Brasil.
Ing. Francisco Monge.	Extensión comunitaria.	Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.
M.Sc. César Jiménez-Rodríguez	Ecología / Hidrología forestal.	Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.
Ing. Dorian Carvajal-Vanegas	Ecología / Hidrología forestal.	Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.
Ing. Ana Julieta Calvo-Obando	Ecología / Hidrología forestal.	Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.
M.Sc. Branko Hilje-Rodríguez	Ecología.	Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

3 Resumen del proyecto.

Este proyecto se encadenó al proyecto ya concluido "Dimensiones humanas, ecológicas y biofísicas de los bosques secos tropicales (código VIE 5402-1401-9001)". Durante su ejecución fue posible dar continuidad al análisis de datos y preparación de publicaciones científicas y académicas pendientes como fenología, dinámica de hojarasca, tasas de crecimiento, mortalidad y reingreso en el bosque seco tropical. También el proyecto trabajó en la preparación de artículos que integran los resultados de tres países: México, Costa Rica y Brasil. Así mismo se continuó con las mediciones de campo de las parcelas y procesos ecológicos para crear una base de datos robusta, actualmente y después de 10 años, estas bases permiten modelar los efectos de cambios climáticos en el comportamiento de los procesos ecológicos de los bosques secos tropicales (Bst).

El elemento novedoso de este proyecto fue la instalación de torres de fenología por medio de financiamiento externo y que miden sobre el dosel del bosque seco tropical los cambios temporales de la radiación de onda corta y onda larga, tanto de entrada como de salida. Los cambios en la reflectancia de las hojas se relacionan tanto con el ángulo del sol (que podemos corregir automáticamente) como con la biomasa de hojas. Las torres permiten la colección de datos de campo a cada 15 minutos y estos datos se pueden calibrar con los índices de reflectancia de varios sensores espaciales. Una buena calibración para los diferentes tipos de bosques secos tropicales (las torres operan en Brasil, México y Costa Rica) puede permitir hacer simulaciones del efecto del cambio climático en la productividad de los bosques, su impacto en el ciclo del agua y por ende en las capacidades de fijar carbono.

Además, el proyecto fue capaz de instalar una torre con equipo altamente especializado que permite determinar los flujos de CO₂ y de vapor de agua del bosque seco tropical mediante la técnica de Covarianza de Flujos Turbulentos. Asociada a esta torre de 22 metros se estableció una parcela de una hectárea que permite caracterizar la huella de CO₂ del ecosistema de forma más precisa. Esta hectárea permitirá mejorar la clasificación de imágenes satelitales y aéreas, así como también facilitará el uso de sensores remotos y otras técnicas de teledetección.

Desde la perspectiva de los recursos naturales, se aplicó un protocolo comprensivo y estandarizado para reconocer y comparar las clasificaciones espaciales de los Bst, la estructura y composición florística de sus etapas sucesionales, dinámica de la hojarasca, fenología y tasas de crecimiento. Desde la perspectiva de las ciencias sociales, el trabajo que se realizó fue innovador dado que se crearon vínculos con el gobierno, los científicos y las comunidades. Se estudió las interacciones de las comunidades vecinas con los Bst, así como los factores socioeconómicos, políticos y legales que controlan su conservación y manejo.

El proyecto fue capaz de generar la siguiente producción académica y científica: 9 artículos indexados, 2 artículos en español, 5 capítulos en libros en inglés, 1 capítulo en un enciclopedia, 20 ponencias en evento nacional, 6 ponencias en eventos internacionales, 10 artículos en borrador, 5 Tesis de pregrado y 2 Tesis de Doctorado. En medios de comunicación, el proyecto decidió ser más austero debido al alto valor de los equipos instalados en el Parque Nacional Santa Rosa para así no llamar la atención para provocar los robos o daños, sin embargo fue posible generar 7 publicaciones en medios impresos/Web y una intervención en radio nacional. En cuanto a la participación de talleres de incidencia política fueron organizados 3 talleres con decisores sobre el estado de los bosques secos en Costa Rica y sobre el potencial de trabajo conjunto entre organizaciones y el proyecto de investigación. Además se organizó una sesión de Simposio en el Congreso indexado de la ATBC y la OET en el año 2013. Adicionalmente se participó en otros 5 talleres organizados por otras instituciones.

En total el proyecto recibió y entrenó a 29 estudiantes, de los cuales 9 fueron extranjeros y 20 del TEC, los cuales trabajaron como asistentes de laboratorio y campo entrenándose en el uso de instrumentos, montaje y medición de diseños experimentales, colección y procesamiento de datos y muestras.

Actualmente se cuenta con una base de datos de crecimiento de 10 años, así como 4 años de datos de torres de fenología y 1 año y 3 meses de datos de flujos de carbono y vapor de agua, los cuales continuaran siendo analizados en la siguiente etapa del proyecto (código VIE 5402-1401-1028).

4 Palabras clave.

Ecología forestal, Conservación de bosques, Manejo de bosques, Sucesión secundaria, Cambio climático, Flujos de carbono, Secuestro de carbono.

5 Introducción.

La biodiversidad de los paisajes dominados por los humanos está fuertemente ligada a las fuerzas socioeconómicas (política, económica y cultural) y biofísicas que conducen a la utilización del suelo y por tanto a cambios en la cobertura de la tierra. Estas fuerzas, actuando en diversas escalas (de la esfera internacional a la unidad de producción), contribuyen a los patrones ambientales regionales de deterioro y en muchos casos esta degradación solo se puede estudiar con enfoques bien diseñados, integrados, multi y transdisciplinarios. El 49% de la vegetación de Mesoamérica (México meridional y América Central) y el Caribe, junto con el 42% de toda la vegetación forestal intratropical del mundo se considera bosque seco tropical (Murphy & Lugo 1995). Varios factores políticos y económicos han aumentado las tensiones antropogénicas en estos ecosistemas creando disturbios severos y extensos.

Los bosques secos han sido las zonas preferidas para la agricultura en Mesoamérica, el Caribe, y Suramérica (Murphy & Lugo 1986, 1995; Maass 1995; González 2003) y es de los ecosistemas más fuertemente alterados y el menos conservado de los ecosistemas tropicales (Quesada & Stoner 2004). En nuestro país específicamente la región Chorotega ha sido de las más alteradas desde tiempos de la colonia. Actualmente, la investigación en Bst tiene un gran retraso con respecto al bosque húmedo o de selvas tropicales húmedas, donde, por prominentes razones políticas e institucionales existe más apoyo para la investigación (Quesada & Stoner 2004; Sanchez-Azofeifa *et al.* 2005). Por lo tanto nuestra comprensión de las dimensiones humanas y biofísicas de las alteraciones al Bst y de sus efectos acumulativos, así como también el monitoreo de los procesos ecológicos empleando sensores remotos está todavía en los primeros pasos del descubrimiento científico. Es por esto que esta propuesta reviste importancia nacional e internacional, dado que da continuidad a un esfuerzo que el TEC, la UNAM, la UNIMONTES y la U. Alberta han iniciado desde el 2002.

Solo para ilustrar el punto anterior, en aproximadamente 59 años, entre 1945 y 2004, solo un 14% de las publicaciones sobre la investigación tropical se refirió al Bst, mientras un 86% se concentró en bosques húmedos. Los esfuerzos de investigación en Bst son dispersos y se limitan principalmente a sitios en México y Costa Rica. Consecuentemente es importante emprender un esfuerzo de largo plazo, sistemático, y coordinado para entender e integrar nuestro conocimiento biológico de los Bst y de sus relaciones con la sociedad. La red de investigación TROPI-DRY fue creada en el 2004 para hacer frente a este desafío y para reunir a investigadores dentro de los campos de la biología de la conservación, la ecología, la teledetección (sensores remotos), y las ciencias sociales, y así desarrollar una comprensión integrada de la parte ecológica, biofísica y social.

TROPI-DRY define a los Bst tropicales en sentido amplio como un tipo de vegetación dominado típicamente por árboles de hojas caducifolias, que se ubican en sitios con temperaturas anuales $\geq 25^{\circ}\text{C}$ y con un rango precipitación entre 700 y 2000 milímetros, con tres o más meses secos cada año.

Para avanzar nuestro conocimiento y mejorar nuestra gerencia de los Bst, varias preguntas fundamentales debieron de hacerse. Primero, necesitábamos determinar la distribución y el grado de los bosques secos del Neotrópico, así como las medidas cuantitativas del cambio total en la cubierta de tierra de los Bst que se pueden utilizar para expresar el grado de amenaza; mientras que también se genera una línea base de monitoreo y supervisión futura. En segundo lugar, se debe continuar estudiando los patrones ecológicos comunes que deben ser identificados dentro de los bosques secos Neotropicales, así como las diferencias principales entre localizaciones, usando métodos estandarizados que permitan comparaciones válidas y robustas a través de los sitios. ¿Cómo la composición florística, la estructura y la fenología varían a lo largo de un gradiente latitudinal?

Un componente importante es la teledetección en donde se han realizado aplicaciones recientemente (Sánchez-Azofeifa y otros 2003). TROPI-DRY además cree que hay una fuerte necesidad de desarrollar un terreno común entre el campo ecológico, las ciencias sociales, y la teledetección. El propósito primario de este protocolo común es facilitar la comparación de estudios y de reconstrucciones de la historia de la ocupación del terreno de los sitios con bosques secos tropicales (Castro-Essau y otros 2003; Kalacska y otros 2004).

Estas iniciativas de la investigación deben ser inter-, multi- y transdisciplinarias en naturaleza. Debe haber acoplamientos fuertes entre la teledetección remota, la ecológica y las dimensiones humanas, si queremos realmente incidir en las políticas de desarrollo sostenible (Bawa y otros 2004). La red cree que el enfoque de su investigación puede servir como base para la discusión en las tres disciplinas presentadas. Estas discusiones parecen caber bien en las prioridades de la investigación reconocidas por la asociación para la biología y la conservación tropicales (Bawa y otros 2004) y grupos de investigación internacionales tales como Diversitas (Rodríguez y otros 2005)

5.1 Objetivos (Específicos).

- (1) Desarrollar un protocolo para identificar diversas etapas sucesionales de bosques secos tropicales y caracterizar sus tasas de crecimiento, fenología, herbivoría y producción de hojarasca y construir un modelo de sucesión de bosques secos.
- (2) Comparar el bosque seco tropical, la estructura, la fenología, grupos funcionales, y procesos de la regeneración sobre un gradiente latitudinal (México, Costa Rica y Brasil)
- (3) Estudiar las relaciones sociales, socioeconómicas y políticas en la conservación y manejo de los ecosistemas de bosques secos tropicales.
- (4) Desarrollar un modelo con el uso de sensores remotos que simule la fenología de los bosques secos y cuantificar los servicios del ecosistema proporcionados por los bosques secos tropicales en las Américas (principalmente secuestro de carbono).

6 Marco teórico.

A nivel del Instituto Tecnológico de Costa Rica la coordinación del proyecto recae en la Escuela de Ingeniería Forestal, concretamente en el Dr. Julio César Calvo Alvarado quien desde el 2002 trabaja conjuntamente con el Dr. Arturo Sánchez Azofeifa (Universidad de Alberta, Canadá), el Dr. Mario Marco do Espírito Santo (Universidad de Montes Claros de Brasil, UNIMONTES) y el Dr. Mauricio Quesada (Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM) en el tema de la conservación y manejo sostenible de los bosques secos tropicales (Bst), con la aplicación de conocimiento sobre la ecología, aspectos sociales, políticos y de la aplicación novedosa de los sensores remotos.

Desde el 2002 se ha generado una amplia gama de productos académicos y científicos que han permitido ir creando el marco teórico en el cual se justifica este proyecto. Específicamente para el caso de Costa Rica se han desarrollado 5 proyectos que han generado el conocimiento del estado del arte para el estudio de los bosques secos tropicales. Tales proyectos de investigación se mencionan a continuación:

- a) El primer proyecto desarrollado entre el ITCR-Universidad de Alberta-UNAM, fue el proyecto código VIE 5402-1401-7001: "*Valoración del área y dinámica de los Bosques Secos Mesoamericanos. Herramientas para una mejor toma de decisiones para la conservación de los Bosques Secos*", que inicio en Junio del 2002 y concluyó en el 2005, el mismo contó con el financiamiento de la Fundación Tinker, del IAI (Inter-American Institute for Global Change) y del TEC. Fue en el año 2002 cuando se creó la red de investigación Tropi-Dry con la meta de profundizar el conocimiento y entendimiento que se tenía de los bosques secos tropicales.
- b) El segundo proyecto que se realizó conjuntamente entre la Universidad de Alberta y el ITCR fue el proyecto código VIE 5402-1401-8801: "*Estudio de Monitoreo de Cobertura Forestal de Costa Rica 2005*", con financiamiento de FONAFIFO, del TEC y de la U. Alberta y se ejecutó entre Junio 2005 y se presentó su informe final en Junio 2007.
- c) El tercer proyecto relacionado fue el código VIE 5402-1401-9001: "*Dimensiones humanas, ecológicas y biofísicas de los bosques secos tropicales*". Período de Ejecución: Enero 2006-Junio 2010. Este proyecto aunque finalizó en Junio 2010 tuvo recursos del IAI (Inter-American Institute for Global Change) por un año más hasta Junio 2011. Nunca coincidieron las fechas porque la VIE solo aprueba propuestas de 2 años. En esa ocasión se sugirió continuar con este proyecto pero agregando nuevos componentes de innovación.
- d) Con base a lo anterior surge el cuarto proyecto código VIE 5402-1401-1012: "*Monitoreo de procesos ecológicos del Bosque Seco Tropical: aplicaciones de sensores remotos para estimaciones a nivel de paisaje y cambio global*". Período de ejecución: Julio 2010-Diciembre 2012, posteriormente se tramitó y aprobó por parte de la VIE una ampliación hasta el 30 de junio del 2014. El proyecto ha logrado establecer en el Parque Nacional Santa Rosa una red inalámbrica de monitoreo fenológico (producción primaria de biomasa foliar) y una estación para la medición de flujos de carbono del bosque y vapor de agua con un equipo científico de última generación que supera los US\$64000. Es importante comprender que este proyecto se caracteriza por desarrollar el tema de sensores remotos de forma amplia y pionera a nivel de bosque seco tropical y cambio climático, lo que indudablemente a colocado al TEC a la vanguardia en este tipo de monitoreo ecológico y climático.

- e) Actualmente se encuentra en ejecución el quinto proyecto de Tropi Dry código VIE 5402-1401-1028: *“Fortalecimiento del intercambio de conocimiento para el manejo y la conservación de los bosques secos tropicales en las Américas.”*, cuyo periodo de ejecución es del 1 de abril del 2013 al 31 de diciembre del 2015. Resulta fundamental entender que la red Tropi Dry durante el periodo 2015- 2017 hará propuestas de financiamiento externo para continuar con estos proyectos a nivel latinoamericano (Brasil y México) y que por tanto el TEC igualmente debe tratar de mantenerse activo.
- f) De forma paralela a las investigaciones que se han desarrollado en el marco de la red de investigación Tropi Dry, el Dr. Calvo llevó a cabo el proyecto código VIE 5402-1401-9801: *“Valoración y planificación del recurso hídrico de la cuenca alta y canal principal del Río Tempisque”*, que inicio en enero del 2008 y concluyó en Diciembre del 2012, el mismo contó con el financiamiento del NSF (National Science Foundation) a través del Stroud Water Research Center y también con recursos del TEC. Esta investigación evaluó los recursos hídricos de la cuenca alta del río Tempisque a través de ensayos de intercepción de lluvia en tres estadios sucesionales de Bst y bosque húmedo, así como el establecimiento en el Parque Nacional Guanacaste y Parque Nacional Santa Rosa de una red de medición hidrometeorológica con nueve estaciones climáticas y nueve estaciones de aforo, las cuales a la fecha continúan funcionando y colectando datos de temperatura, humedad relativa, precipitación y caudales. Actualmente se cuenta con registros de mediciones de 8 años. Este proyecto resulta clave dado que provee de los datos necesarios para incluir en las nuevas propuestas de investigación el tema de los flujos de agua en cuencas de Bst.

7 Metodología.

Este proyecto definió con detalle los materiales y métodos de cada una de las etapas de investigación. Para esto se elaboró un manual que define cada etapa y describe con detalle el trabajo de campo, las mediciones, el procesamiento de datos.

El Manual esta en formato impreso y en PDF, y se encuentra accesible en las página web (http://tropi-dry.eas.ualberta.ca/3_datapub_publications.html#_2008). El documento se anexa a este informe (**Anexo 1**) y su cita completa es la siguiente:

Álvarez, M., L. D. Avila-Cabadilla, R. Berbara, J. C. Calvo-Alvarado, P. Cuevas-Reyes, M. M. do Espirito Santo, Á. Fernández, G. Wilson Fernandes, R. Herrera, M. Kalácska, D. Lawrence, F. Monge Romero, J. M. Nassar, M. Quesada, R. Quesada, B. Rivard, V. Sanz D'Angelo and K. Stoner. 2008. **Manual of Methods: Human, Ecological and Biophysical Dimensions of Tropical Dry Forests.** J. M. Nassar, J. P. Rodríguez, A. Sánchez-Azofeifa, T. Garvin and M. Quesada, editors. Ediciones IVIC, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), Caracas, Venezuela. 127 p.

Adicionalmente, para la coordinación de este proyecto se realizaron reuniones en cada país: México, Costa Rica y Brasil, generalmente una reunión por año y además se programaron dos visitas a la U. Alberta en Canadá para talleres de planificación del proyecto. Todos los gastos de estas reuniones han sido cubiertos por el IAI o la U. Alberta.

8 Resultados.

Los resultados son muy amplios y se ha generado una gran variedad de productos. El proyecto ha sido capaz de generar durante 4 años de ejecución: 8 artículos indexados (ISI y Latindex), 2 artículos en revistas en español, 5 capítulos en libros en inglés y un capítulo en una Enciclopedia Mundial y con consejo editorial, 20 presentaciones en encuentros nacionales, 6 presentaciones en encuentros internacionales, así como otros 18 productos en otras categorías que se resumen en el Cuadro 2.

En las secciones 8.1, 8.2 y 8.3 de los resultados se presenta un listado de las publicaciones generadas por el proyecto, y que ya han sido divulgadas. Por su tamaño, diversidad y complejidad se presenta como un resumen de publicaciones, sin embargo se anexan a este informe en formato digital y físico para su respectiva evaluación. Posteriormente en la sección 8.4, se presentan los principales hallazgos y resultados del proyecto, sin embargo se muestran de forma general.

Cada producto tiene su propio resumen y ya han sido publicados y divulgados, vale recalcar que ya han recibido el escrutinio de expertos y por tanto la evaluación de este informe debería ser un trabajo sencillo de verificar contra la propuesta original.

8.1 Resumen de publicaciones.

Cuadro 2. Publicaciones del proyecto según categoría y año.

Categoría	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Total
Período	Julio2010- Junio2011	Julio2011- Junio2012	Julio2012- Junio2013	Julio2013- Junio2014	
Artículos en revistas indexadas	1	2	2	3	8
Artículos en revistas en español	-	1	-	1	2
Artículos sometidos	-	-	-	1	1
Artículos en borrador	-	-	-	10	10
Capítulos en libros	-	-	6	-	6
Presentaciones en encuentros nacionales	1	6	5	8	20
Presentaciones en encuentros internacionales	1	1	-	5	7
Tesis de pregrado	-	3	2	-	5
Tesis de posgrado	-	-	1	1	2
Total	3	13	16	29	61

8.1.1 Artículos en revistas indexadas.

- 1) Portillo-Quintero, C; Sanchez-Azofeifa, A; Calvo-Alvarado, J; Quesada, M; do Espiritu-Santo, M. 2014. The role of tropical dry forests for biodiversity, carbon and water conservation in the neotropics: lessons learned and opportunities for its sustainable management. Regional Environmental Change. DOI 10.1007/s10113-014-0689-6. **(Anexo 2)**
- 2) Calvo-Alvarado, J., Jiménez-Rodríguez, C. and W. Jiménez. 2014. Rainfall erosivity factor in Costa Rica: a practical approach for its determination. Mountain research and Development. 34(1):48-55 **(Anexo 3)**
- 3) Guzmán-Arias, I. 2014. Recurso Hídrico Superficial en la Cuenca del río Tempisque, Costa Rica: Escenarios de Disponibilidad y Demanda. Tecnología en Marcha. Edición especial: Día Internacional de la Mujer. 118-132 **(Anexo 4)**
- 4) Guzmán-Arias, I; Calvo-Alvarado, J. 2013. Planning and development of Costa Rica water resources: status and perspectives. Tecnología en Marcha. 26(4): 52-63. **(Anexo 5)**
- 5) Guzmán, I. y Calvo-Alvarado, J. 2013 Planificación del Recurso Hídrico en América Latina y el Caribe. Tecnología en Marcha 26(1) **(Anexo 6)**
- 6) Guzmán, I. and Calvo-Alvarado, J. 2012 Water Resources of the Upper Tempisque River Watershed, Costa Rica. Tecnología en Marcha 25(4) **(Anexo 7)**
- 7) Castillo M, Rivard B., Sánchez-Azofeifa A., Calvo-Alvarado J., and R. Dubayah. 2012. LIDAR remote sensing for secondary Tropical Dry Forest identification. Remote Sensing of Environment. 121: 132–143 **(Anexo 8)**
- 8) Castillo-Nuñez M., Sánchez-Azofeifa A., Croitoru A., Rivard B., Calvo-Alvarado J. and R. Dubayah. 2011. Delineation of secondary succession mechanisms for tropical dry forest using LIDAR. Remote Sensing of Environment. 115: 2217-2231. **(Anexo 9)**

8.1.2 Artículos en revistas en español.

- 1) Carvajal, D; Calvo-Alvarado, JC. 2013. Tasas de crecimiento, mortalidad y reclutamiento de vegetación en tres estadios sucesionales del bosque seco tropical, Parque Nacional Santa Rosa, Costa Rica. Revista Forestal Mesoamericana Kurú (Costa Rica) 10(25). **(Anexo 10)**
- 2) Calvo-Alvarado J., Jiménez-Rodríguez C. y M. Saá-Quintana. 2012. Intercepción de precipitación en tres estadios de sucesión de un Bosque húmedo Tropical, Parque Nacional Guanacaste, Costa Rica. Revista Forestal Mesoamericana Kurú (Costa Rica) 9(22). **(Anexo 11)**

8.1.3 Artículos sometidos (aceptados).

- 1) Hilje, B; Calvo-Alvarado. J; Jimenez-Rodriguez, C; Sanchez-Azofeifa, A. Floristic composition according to breeding systems and pollination and dispersion syndromes in a Costa Rican tropical dry forest.

8.1.4 Artículos en preparación con borrador listo.

- 1) Calvo-Rodríguez S, Calvo-Alvarado J, D; Rodriguez da Luz, J; Nunes, Y, Espírito-Santo. M. Crecimiento y desenvolvimiento de la especie *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (Aroeira) en el Parque Estadual da Mata Seca.
- 2) Calvo-Rodríguez S, Calvo-Alvarado J, D; Rodriguez da Luz, J; Nunes, Y, Espírito-Santo. M. Estructura y composición del bosque seco tropical en tres estadios sucesionales en el Parque Estadual da Mata Seca, estado de Minas Gerais, Brasil.
- 3) Calvo-Rodríguez S, Calvo-Alvarado J, D; Rodriguez da Luz, J; Nunes, Y, Espírito-Santo. M. Crecimiento diamétrico del bosque seco tropical en tres estadios sucesionales en el Parque Estadual da Mata Seca, estado de Minas Gerais, Brasil.
- 4) Calvo-Alvarado, JC; Jimenez-Rodriguez, C; Calvo-Obando, AJ; Jackson, J. Hydrological impacts of future land use and climate change scenarios: study case of Tempisque River, Costa Rica.

- 5) Calvo-Alvarado, J; Calvo-Obando, A. Estimación del impacto del cambio del uso de la tierra y de escenarios de cambio climático en los caudales medios de la cuenca alta del Río Tempisque, Costa Rica.
- 6) Calvo-Alvarado, JC; Carvajal-Vanegas, D; Calvo-Rodríguez, S. A comparative analysis of tree growth of three sucesional stages of tropical dry forests of México, Costa Rica and Brazil.
- 7) Pfaff A, Robalino J, Sandoval C, Leon C, & Sanchez-Azofeifa A. Increasing the Impacts of Payments for Ecosystem Services: location affects deforestation impact for Costa Rica's 2000-2005 PES. October 24, 2013.
- 8) Robalino J, Sandoval C, Barton D, Chacón A & Pfaff A. The effects of the spatial configuration of forest conservation policies on avoided deforestation. August, 2014
- 9) Marín-Gaitán, X; Calvo-Obando,A; Hilje, B; Calvo-Alvarado, J. Fenología de quince especies arbóreas en tres estadios de sucesión secundaria del bosque seco tropical en el Parque Nacional Santa Rosa, Costa Rica.
- 10) Calvo-Alvarado, J; Calvo-Obando, A; Jiménez-Rodríguez, C; Fernández, D; Hilje, B. Fenología de especies arbóreas del bosque seco tropical: Fichas técnicas. Edición especial para Revista Forestal Mesoamericana Kurú.

8.1.5 Capítulos en libros.

- 1) Calvo-Alvarado J., Sánchez-Azofeifa. A. and C. Portillo-Quintero. Neotropical Seasonally Dry Forests. In: Encyclopedia of Biodiversity (Second Edition). Ed. S. Levin. Academic Press. Pp 488-500. **(Anexo 12)**
- 2) Sánchez-Azofeifa. A; Calvo-Alvarado, J; Espiritu-Santo, M; Fernandes , G; Powers, J; Quesada, M. Chapter 1: Tropical Dry Forests in the Americas: The Tropi Dry Endeavor. In: Sanchez-Azofeifa, G.A. and Powers J. (Eds.). Tropical Dry Forests in the Americas: Ecology, Conservation and Management. CRC Press. ISBN: 978-1-4665-1200-9. **(Anexo 13)**
- 3) Lopezaraiza-Mikel,M; Quesada, M; Alvarez-Anorve, M; Avila-Cabadilla, L; Martén-Rodríguez, S; Calvo-Alvarado, J; Espiritu-Santo, M; Fernandes , G; Sánchez-Azofeifa,A; Aguilar-Aguilar, M; Balvino-Olvera, F; Brandão, D; Contreras-Sánchez,J; Correa-Santos, J; Cristobal-Perez, J; Fernandez, P; Hilje, B; Jacobi, C; Pezzini, F; Rosas, F; Rosas-Guerrero, V; Sánchez-Montoya, G; Sayago, R; Vázquez-Ramírez, A. Chapter 7: Phenological patterns of tropical dry forest along latitudinal and successional gradients in the Neotropics. In: Sanchez-Azofeifa, G.A. and Powers J. (Eds.). Tropical Dry Forests in the Americas: Ecology, Conservation and Management. CRC Press. ISBN: 978-1-4665-1200-9 **(Anexo 14)**
- 4) Jiménez-Rodríguez, C. and J. Calvo-Alvarado 2013. Chapter 14: An evaluation of Rainfall interception in secondary. In: Sanchez-Azofeifa, G.A. and Powers J. (Eds.). Tropical Dry Forests in the Americas: Ecology, Conservation and Management. CRC Press. ISBN: 978-1-4665-1200-9. **(Anexo 15)**
- 5) Carvajal-Vanegas, D; Calvo-Alvarado, J. Chapter 19: Tree diameter growth of three successional stages of tropical dry forests, Santa Rosa National Park, Costa Rica. In: Sanchez-Azofeifa, G.A. and Powers J. (Eds.). Tropical Dry Forests in the Americas: Ecology, Conservation and Management. CRC Press. ISBN: 978-1-4665-1200-9. **(Anexo 16)**
- 6) Castillo, A; Quesada,M; Rodriguez, F; Anaya,F; Galicia, C; Monge,F; Barbosa,R; Zhouri, A; Calvo-Alvarado, J; Sánchez-Azofeifa, A. Chapter 21: Tropical dry forests in Latin America: analyzing history of land use and present socio-ecological struggles. In: Sanchez-Azofeifa, G.A. and Powers J. (Eds.). Tropical Dry Forests in the Americas: Ecology, Conservation and Management. CRC Press. ISBN: 978-1-4665-1200-9. **(Anexo 17)**

8.1.6 Presentaciones en encuentros nacionales.

- 1) Calvo-Alvarado J, Calvo-Obando AJ. Experiencia del proyecto Tropi-Dry en el uso del LAI-2000. In: Environmental Remote Sensing Workshop: "From the Leaf to the Landscape: Field and Remote Sensing Approaches for Understanding Vegetation Structure and Dynamics". CIRAD/CATIE. Turrialba, Costa Rica. May, 2011. **(Anexo 18)**

- 2) Rodríguez Barrientos, F; Monge Romero, F, Calvo-Alvarado, J. 2012. Percepciones de pobladores y funcionarios sobre el área de conservación Guanacaste. El caso de la comunidad Colonia Bolaños, La Cruz, Guanacaste, Costa Rica. En: ACG Open House 2012. Research in the ACG: Successes, needs and future directions. 23-25 Mayo, 2012. Encuentro de Investigadores del Área de Conservación Guanacaste. Guanacaste, Costa Rica. **(Anexo 19)**
- 3) Carvajal Vanegas, D; Calvo-Alvarado, J. 2012. Tasas de crecimiento del bosque seco tropical en tres estadios sucesionales en el Parque Nacional Santa Rosa, Costa Rica. En: ACG Open House 2012. Research in the ACG: Successes, needs and future directions. 23-25 Mayo, 2012. Encuentro de Investigadores del Área de Conservación Guanacaste. Guanacaste, Costa Rica. **(Anexo 20)**
- 4) Jiménez Rodríguez, CD; Calvo-Alvarado, J. 2012. Intercepción de lluvia en tres estadios sucesionales del bosque seco tropical, Parque Nacional Santa Rosa, Guanacaste. En: ACG Open House 2012. Research in the ACG: Successes, needs and future directions. 23-25 Mayo, 2012. Encuentro de Investigadores del Área de Conservación Guanacaste. Guanacaste, Costa Rica. **(Anexo 21)**
- 5) Calvo-Rodríguez, S; Durán, S; Carvajal Vanegas, D; Rodriguez da Luz, J; Nunes, Y; Calvo-Alvarado, J; Espírito-Santo, M; Calvo Obando, AJ, Sánchez-Azofeifa, A. 2012. Effects of stand age on tree mortality in secondary tropical dry forests. En: ACG Open House 2012. Research in the ACG: Successes, needs and future directions. 23-25 Mayo, 2012. Encuentro de Investigadores del Área de Conservación Guanacaste. Guanacaste, Costa Rica. **(Anexo 22)**
- 6) Calvo-Rodríguez, S; Calvo Obando, AJ; Calvo-Alvarado, J. 2012. Producción de hojarasca en tres estadios sucesionales del bosque seco en el Parque Nacional Santa Rosa, Costa Rica. En: ACG Open House 2012. Research in the ACG: Successes, needs and future directions. 23-25 Mayo, 2012. Encuentro de Investigadores del Área de Conservación Guanacaste. Guanacaste, Costa Rica. **(Anexo 23)**
- 7) Calvo-Alvarado, J. 2012. Research findings of TropiDry in Guanacaste Conservation Area. En: ACG Open House 2012. Research in the ACG: Successes, needs and future directions. 23-25 Mayo, 2012. Encuentro de Investigadores del Área de Conservación Guanacaste. Guanacaste, Costa Rica. **(Anexo 24)**
- 8) Calvo-Alvarado, J; Calvo-Obando, AJ; Mullins Riley, S. 2012. Distribución de biomasa de raíces finas en cuatro estadios sucesionales del bosque seco tropical, Parque Nacional Santa Rosa, Costa Rica. En: VII Congreso Nacional de Suelos. 6-8 Nov, 2012. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. (Memoria en CD). San José, Costa Rica. **(Anexo 25)**
- 9) Calvo-Alvarado, J; Calvo-Rodríguez, S; Carvajal Vanegas, D; Calvo-Obando, AJ; Jimenez-Rodríguez, C. 2012 Dinámica mensual de hojarasca en cuatro estadios del Bosque Seco Tropical, Parque Nacional Santa Rosa, Costa Rica. En: VII Congreso Nacional de Suelos. 6-8 Nov, 2012. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. (Memoria en CD). San José, Costa Rica. **(Anexo 26)**
- 10) Jimenez-Rodríguez, C; Calvo-Alvarado, J. 2012. Efecto de los bosques secundarios sobre la humedad de suelos en un Bosque seco Tropical. En: VII Congreso Nacional de Suelos. 6-8 Nov, 2012. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. (Memoria en CD). San José, Costa Rica. **(Anexo 27)**
- 11) Calvo-Alvarado, JC, Jiménez, V. 2012. Relación entre Erosión media anual y Carga media anual de Sedimentos en suspensión en Cuencas Rurales de Costa Rica. *In*: VII Congreso Nacional de Suelos. (7th, 2012, San José, CR). 2012. Memoria en CD. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, CR. **(Anexo 28)**
- 12) Calvo-Obando, A; Calvo-Alvarado, J; Marín-Gaitan, X; Jiménez-Rodríguez, C; Sánchez-Azofeifa, A. Vegetative and reproductive phenology in three stages of secondary Tropical dry Forest in Santa Rosa National Park, Costa Rica. *In*: 50th Anniversary Meeting. (50th, 2013, San José, CR). 2013. Memoria en CD. Association for Tropical and Biology and Conservation (ATBC) & Organization for Tropical Studies (OTS). San José, CR. **(Anexo 29)**
- 13) Calvo-Rodríguez, S; Sánchez-Azofeifa, A; Espírito-Santo, M; Calvo-Alvarado, J. Diameter growth of tropical dry forest in three successional stages in Minas Gerais, Brazil. *In*: 50th Anniversary Meeting. (50th, 2013, San José, CR). 2013. Memoria en CD. Association for Tropical and Biology and Conservation (ATBC) & Organization for Tropical Studies (OTS). San José, CR. **(Anexo 30)**

- 14) Carvajal-Vanegas, D; Calvo-Alvarado; J. Growth rates of Tropical dry Forest in three successional stages in Santa Rosa National Park, Costa Rica. In: 50th Anniversary Meeting. (50th, 2013, San José, CR). 2013. Memoria en CD. Association for Tropical and Biology and Conservation (ATBC) & Organization for Tropical Studies (OTS). San José, CR. **(Anexo 31)**
- 15) Jimenez-Rodriguez, C; Calvo-Alvarado; J. Rainfall interception in three successional stages of Tropical dry Forest, Santa Rosa National Park, Costa Rica. In: 50th Anniversary Meeting. (50th, 2013, San José, CR). 2013. Memoria en CD. Association for Tropical and Biology and Conservation (ATBC) & Organization for Tropical Studies (OTS). San José, CR. **(Anexo 32)**
- 16) Marín-Gaitan, X; Calvo-Alvarado, J; Calvo-Obando, A; Jiménez-Rodríguez, C; Sánchez-Azofeifa, A. Phenology of fifteen species of secondary Tropical Dry Forest in Santa Rosa National Park, Costa Rica. In: 50th Anniversary Meeting. (50th, 2013, San José, CR). 2013. Memoria en CD. Association for Tropical and Biology and Conservation (ATBC) & Organization for Tropical Studies (OTS). San José, CR. **(Anexo 33)**
- 17) Duran, S; Sanchez-Azofeifa, A; Ferreira Nunes, Y; Magalhães Veloso, M; Espirito-Santo, M; Calvo-Alvarado, J, Berbara, R. Linking species richness, functional diversity and carbon storage in secondary tropical dry forests. In: 50th Anniversary Meeting. (50th, 2013, San José, CR). 2013. Memoria en CD. Association for Tropical and Biology and Conservation (ATBC) & Organization for Tropical Studies (OTS). San José, CR. **(Anexo 34)**
- 18) Calvo-Alvarado, J. Growth rates, structural chances and floristic composition as function of successional stage across tropical dry forests in the Americas. In: 50th Anniversary Meeting. (50th, 2013, San José, CR). 2013. Memoria en CD. Association for Tropical and Biology and Conservation (ATBC) & Organization for Tropical Studies (OTS). San José, CR. **(Anexo 35)**
- 19) V Congreso Nacional de Cuenas Hidrográficas. II Congreso Centroamericano de Cuenas Hidrográficas. 27 y 28 mayo 2013 /San José, Costa Rica. **(Anexo 36)**
- 20) Calvo-Alvarado, JC. Water, biodiversity and technologies. In: VII Congress of the Latin American Network of Environmental Sciences. TEC, UNA, UNED, UCR. San Carlos, Costa Rica. Nov, 2013. **(Anexo 37)**

8.1.7 Presentaciones en encuentros internacionales.

- 1) Carvajal Vanegas, D; Calvo-Alvarado, JC. 2011. Crecimiento del bosque seco tropical en tres estadios sucesionales en el Parque Nacional Santa Rosa, Costa Rica. In Congreso Latinoamericano Forestal CONFLAT (5th, 2011, Lima, PE). 2011. Memoria en CD. Lima, PE. Cámara Nacional Forestal. sp. **(Anexo 38)**
- 2) Guzmán, I; Calvo-Alvarado, J. 2012. Planificación del Recurso Hídrico en América Latina y el Caribe. In: V Congreso Internacional de Riego y Drenaje y Convención Internacional de Ingeniería Agrícola Cubariego. (5th, 2012, Habana, Cuba) 2012, del 16 al 19 de octubre, La Habana, Cuba. **(Anexo 39)**
- 3) Robalino, J. Evaluation of forest conservation policies. Universidad Católica Pontificia, Santiago, Chile. 08,2013. **(Anexo 40)**
- 4) Robalino, J. Policy Mixes in Environmental and Conservation Policies. Leipzig, Germany. 02,2014 **(Anexo 41)**
- 5) Calvo-Alvarado, J. and A. Sánchez-Azofeifa. 2014. Socioeconomic drivers of forest cover change in Guanacaste Province, Costa Rica. In: Land Transformations: Between Global Challenges and Local Realities. Global Land Project (GLP) Second Open Science Meeting. Berlin 19th - 21st Mar 2014. Humbolt Universitat. Berlin, Germany. 322-323 **(Anexo 42)**
- 6) Durán S; Sánchez-Azofeifa A; Espiritu-Santo M; Nunez Y; Calvo-Alvarado J; Berbara R. 2014. Land transformations and the recovery of ecosystem services in tropical dry forests. In: Land Transformations: Between Global Challenges and Local Realities. Global Land Project (GLP) Second Open Science Meeting. Berlin 19th - 21st Mar 2014. Humbolt Universitat. Berlin, Germany. 321-322 **(Anexo 43)**
- 7) Calvo-Rodriguez, S; Sánchez-Azofeifa, G.A; Calvo-Alvarado, J.C; Calvo-Obando, A.J. 2014. Light diffusion in the Tropical Dry Forest of Costa Rica. 51st Annual Meeting of the Association for Tropical Biology and Conservation. ATBC. Cairns, Australia. **(Anexo 44)**

8.1.8 Tesis de pregrado concluidas.

- 1) Carvajal Vanegas, D. 2011. Crecimiento del bosque seco tropical en tres estadios sucesionales en el Parque Nacional Santa Rosa, Costa Rica. Tesis Licenciatura. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, CR. **(Anexo 45)**
- 2) Mullins Riley, S. 2011. Biomasa de raíces finas en cuatro estadios sucesionales de bosque seco tropical y dos estaciones climáticas en el Parque Nacional Santa Rosa, Costa Rica. Tesis Licenciatura. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, CR. **(Anexo 46)**
- 3) Ruiz Giménez, P; Heredia Heredero, J. 2011. Evaluación de daños causados por insectos herbívoros en tres estadios de sucesión secundaria de bosque tropical seco en el Parque Nacional Santa Rosa, Guanacaste, Costa Rica. Proyecto final graduación. Escuela Politécnica Superior de Gandia de la Universidad Politécnica de Valencia e Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, CR. 15 p. **(Anexo 47)**
- 4) Calvo-Rodríguez, S. 2012. Crecimiento del bosque seco tropical en tres estadios sucesionales en el Parque Estadual de Mata Seca, Minas Gerais, Brasil. Tesis Licenciatura. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago. CR. Universidad de Pernambuco, Minas Gerais. BR. **(Anexo 48)**
- 5) Marin-Gaitan, X. 2012. Fenología de tres estadios sucesionales del bosque seco tropical, Parque Nacional Sata Rosa, Guanacaste, Costa Rica. Tesis Licenciatura. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, CR **(Anexo 49)**

8.1.9 Tesis de posgrado concluidas.

- 1) Guzmán, I. Doctoral Thesis: “Base para la Planificación del Recurso Hídrico Superficial en la Cuenca Alta y Media del Río Tempisque, Costa Rica” /Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo, con énfasis en Gestión de Recursos Naturales. /29 Mayo 2013 /Heredia, Costa Rica.
- 2) Thiago Gonçalves Silva. 2014. Intercepção da precipitação e fluxos hidrológicos em uma floresta estacional decidual. Universidade Estadual de Montes Claros. Centro de Ciências Biológicas e da Saúde Departamento de Biologia Geral Laboratório de Ecologia Evolutiva. 24 p

8.2 Incidencia en medios de comunicación.

A partir del 2013 el proyecto ha evitado la divulgación por medios de comunicación debido al alto costo de los equipos instalados en el Parque Nacional Santa Rosa. A pesar de que se ha intentado brindar las mejores condiciones de seguridad para los mismos, son instrumentos que quedan a la intemperie durante periodos largos de tiempo.

Resumen:

Medios impresos e internet	7
Medios de radio	1
Medios televisivos	0
Total de cobertura	8

Medios impresos e internet:

- 1) Bosque seco de Costa Rica es monitoreado desde Canadá. Periódico InformaTEC. Marzo 2012.
- 2) TEC y Universidad de Canadá monitorean bosque seco de Costa Rica. El Periódico CR.com.

<http://www.elperiodicocr.com/nacionales/1393-tec-y-universidad-de-canada-monitorean-bosque-seco-de-costa-rica>

- 3) Instituto Tecnológico de Costa Rica y Universidad de Alberta tendrán sus ojos puestos en el Bosque Seco de Costa Rica. Periódico Mi Cartago. 25/02/2012
<http://www.micartago.com/index.php?news=4404>
- 4) TEC y Universidad de Canadá monitorean bosque seco de Costa Rica. Costa Rica ON.com. 28/03/2012
http://costaricaon.com/periodico/ultima_hora/bosque_seco_de_costa_rica_e_s_monitoreado_desde_canada-951.html
- 5) Congreso Nacional de Suelos fue enriquecedor. Periódico InformaTEC 328. Enero-Marzo 2013. http://issuu.com/prensatec/docs/informatec_328
- 6) Investigadores del TEC sobresalen en prestigiosas editoriales. Blog de Noticias TEC. 27 setiembre 2013.
<http://www.tec.ac.cr/prensa/blog/Lists/Entradas%20de%20blog/Post.aspx?List=4d953c52-6ce3-44c7-8b4e-eeccade55dccc&ID=438>
- 7) Investigadores del TEC sobresalen en prestigiosas editoriales. Economía de hoy.com. 30 setiembre 2013.
<http://www.economiadehoy.com/noticias/ultima-hora/49775-investigadores-del-tec-sobresalen-en-prestigiosas-editoriales.html>

Medios de Radio.

- 1) Entrevista en Programa ImpactoTEC, Radio Monumental. 31 de marzo de 2012 Bosques secos del neotrópico. Arturo Sánchez- Azofeifa.

8.3 Talleres de incidencia política.

- a. Mayo 2012 (Encuentro de investigadores, orientado a la comunidad científica): Se participó en el iACG (investigadores del Área de Conservación Guanacaste (ACG)), el cual logro definir líneas estratégicas de investigación bajo las cuales el ACG se puede ver administrativa y políticamente beneficiada. Se contó con la presencia del Director del Programa de Investigación, el Sr. Roger Blanco, así como el Director del Área de Conservación Guanacaste el Sr. Alejandro Masis. Adicionalmente fue provechoso ampliar sobre el trabajo que otros investigadores realizan en el ACG ya que permite vislumbrar potenciales relaciones de trabajo en red. Ver http://investigadoresacg.org/blog/?page_id=87&lang=es
- b. Junio 2013 (Congreso, orientado a la comunidad científica): Durante el Congreso de la ATBC y la OET en junio del 2013 el proyecto llevo a nivel de red una sesión a manera de Simposio, llamada: *“Tropical Secondary Dry Forests of the Americas: Tropi-Dry 10-Years of Collaborative Research”*.

Participaron miembros de todos los países participantes exponiendo los principales alcances y resultados obtenidos hasta la fecha.

Ver: <https://atbc.confex.com/atbc/2013/webprogram/Session1090.html>

- c. Octubre 2013 (Taller, orientado a tomadores de decisiones): Del 31 de octubre al 2 de noviembre del 2013 se llevó a cabo una reunión de trabajo con la participación de tomadores de decisiones. Se contó nuevamente con la participación del Director del Programa de Investigación, el Sr. Roger Blanco, así como el Director del Área de Conservación Guanacaste el Sr. Alejandro Masis. A partir de esta reunión queda claro que para el ACG es completamente vinculante la investigación que realiza Tropi Dry, principalmente lo referido al tema de los recursos hídricos, sensoramiento remoto para mejorar el mapeo del ACG y la estimación de los flujos de carbono del bosque seco tropical. Los resultados de nuestra investigación les sirven de insumo para participar en las Comisiones Gubernamentales y Programas asociados a la conservación. Por ejemplo, PROMEC.
- d. Mayo 2014 (Taller, orientado a tomadores de decisiones): Programado del 8-9 de mayo en el ACG. Se contó con la presencia del Director del Programa de Investigación, el Sr. Roger Blanco, así como el Director del Área de Conservación Guanacaste el Sr. Alejandro Masis. Fue posible además contar la participación de los coordinadores de Tropi Dry de México y Brasil, así como el Dr. Adrián Rodríguez Jefe, Unidad de Desarrollo Agrícola en Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y el Dr. Juan Robalino, experto en econometría del CATIE. Durante este taller fue posible definir nuevas líneas de trabajo y programas de trabajo a fin de lograr la publicación de más artículos científicos.
- e. Mesa Redonda: La exploración / explotación de la energía geotérmica del Parque Nacional de Guanacaste. Participantes: Julio Calvo - Alvarado, René Castro (Ministro de Recursos Naturales y Energía), Theofilo de la Torre (Presidente del Instituto Costarricense de Electricidad), Alejandro Masis (Director ACG). Fecha: 17 de abril de 2013 ICE.
- f. Mesa Redonda: Cuencas y Gestión de Recursos Hídricos. Colegio de Ingenieros y Arquitectos. Julio Calvo - Alvarado y la Asociación de Recursos Hídricos de Costa Rica. Fecha: 27 de mayo de 2013. CIA.
- g. Conferencia sobre Cambio Climático y Agricultura. Julio Calvo - Alvarado. Asociación de Egresados de Agronomía del TEC. Fecha: 20 de abril de 2013 en Santa Clara
- h. Taller sectorial (Sector Academia) para la construcción de “Agenda del Agua Costa Rica 2013 – 2030” /06 noviembre 2012 / San José, Costa Rica. Isabel Guzmán.
- i. Taller de Diseño de la Red Nacional de Monitoreo para Aguas Superficiales / (Proyecto Mejorando la Disponibilidad de Agua en Costa Rica – IWAVE) /21, 22, 23 mayo 2013 /San José, Costa Rica. Isabel Guzmán.

8.4 Actividades de investigación y principales hallazgos.

El proyecto fue capaz de extender el monitoreo de parcelas de campo para evaluar los cambios a lo largo de los años de la composición del bosque, la estructura de la vegetación y el crecimiento diamétrico de los árboles. El componente ecológico del proyecto nos ha dado la oportunidad de curar y construir una valiosa base de datos para analizar el impacto del tiempo, la variación del clima, y las etapas de los bosques en estas características de los ecosistemas forestales.

Continuamos el análisis de datos, preparación de documentos y presentaciones en conferencias, incluyendo temas como la herbivoría, los herbazales y la producción de hojarasca. Además, en el 2013 se estableció una súper parcela de una hectárea para medir y desarrollar una descripción aceptable del ecosistema ubicado dentro del radio de medición de la torre de medición de flujos de carbono y vapor de agua. En este apartado presentamos un análisis preliminar de los datos, aún no se ha publicado al respecto ya que únicamente se cuenta con un año y 3 meses de datos, lo cual aún es insuficiente para publicar en revistas indexadas.

8.4.1 Resumen de hallazgos en la súper parcela del estadio intermedio de Bst.

Descripción general:

- Bases de datos asociadas: Crecimiento y estructura para la súper parcela del estadio sucesional intermedio.
- Área: 1 ha
- Sub parcelas: 100
- Se midieron todos los árboles, arbustos y lianas ≥ 5 cm DBH

Los objetivos de este estudio fueron describir la composición florística, la diversidad de especies, área basal, densidad y crecimiento de los árboles en una súper parcela de 1 ha de Bst en estadio intermedio. Dicha parcela está dividida en 100 sub parcelas de 10x10 metros (100 m²). Todos los parámetros medidos se encuentran entre los rangos de los valores reportados previamente para el bosque intermedio de este sitio (véase Calvo-Alvarado *et al* 2013). Este es un buen resultado para el proyecto, ya que la idea de esta súper parcela es caracterizar el ecosistema ubicado dentro del radio de medición de la torre de medición de flujos de carbono y vapor de agua.

Cuadro 3. Valores promedio de las características estructurales de los bosques para todos los árboles de más de 5 cm de DAP (altura, área basal, la densidad y el número de especies) y el índice de complejidad de Holdridge (HCI). Súper parcela 1 ha, bosque intermedio, Parque Nacional Santa Rosa, Guanacaste, Costa Rica.

Altura (m)	Área basal (m ² 0,1 ha ⁻¹)	Densidad (fustes 0,1 ha ⁻¹)	Densidad de especies (especies 0,1 ha ⁻¹)	HCI
17,0+1,4	1,7+0,4	58,8+7,7	17,1+1,4	31,0+13,9

Cuadro 4. Familias con el mayor porcentaje de composición para todos los árboles mayores o iguales a 5 cm de DAP, Súper parcela 1 ha, bosque intermedio, Parque Nacional Santa Rosa, Guanacaste, Costa Rica.

Familia	Composición (%)	Número de especies
Fabaceae	27,8	13
Malpigiaceae	7,0	1
Malvaceae	30,5	6
Otras 31 familias	34,7	47

Cuadro 5. Índice de Valor de Importancia (IVI) superior al 10% para todos los árboles de más de 5 cm de DAP. Súper parcela 1 ha, bosque intermedio, Parque Nacional Santa Rosa, Guanacaste, Costa Rica.

Especies	IVI
<i>Luehea speciosa</i>	44,7
<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>	29,9
<i>Guazuma ulmifolia</i>	26,5
<i>Byrsonima crassifolia</i>	14,8
<i>Rehdera trinervis</i>	13,3
<i>Gliricidia sepium</i>	12,6
<i>Ateleia herbert-smithii</i>	12,2
<i>Luehea candida</i>	12,1
<i>Spondias mombin</i>	10,0
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	9,2
Subtotal 10 especies	185,2
Otras especies (57)	114,8

Cuadro 6. Incremento Corriente Anual (ICA) para todos los árboles de más de 5 cm de DAP, Súper parcela 1 ha, bosque intermedio, Parque Nacional Santa Rosa, Guanacaste, Costa Rica.

ICA (mm·año ⁻¹)	Intervalo (mm·año ⁻¹)	Número de árboles
1.9	0.0-35,6	1027

Cuadro 7. Incremento anual de diámetro en mm / año promedio para las 10 especies más importantes, Súper parcela 1 ha, bosque intermedio, Parque Nacional Santa Rosa, Guanacaste, Costa Rica.

Especies	ICA (mm*año ⁻¹)	Intervalo (mm)	Número de árboles
<i>Luehea speciosa</i>	2,2	0,0-15,3	160
<i>Guazuma ulmifolia</i>	1,6	0,0-18,1	108
<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>	1,3	0,0-15,0	107
<i>Byrsonima crassifolia</i>	1,3	0,0-9,9	73
<i>Gliricidia sepium</i>	1,9	0,0-10,5	55
<i>Luehea candida</i>	1,6	0,0-14,6	46
<i>Rehdera trinervis</i>	4,5	0,0-20,4	32
<i>Ateleia herbert-smithii</i>	10,2	0,6-23,9	30
<i>Semialarium mexicanum</i>	1,9	0,0-7,6	30
<i>Bauhinia unguolata</i>	1	0,0-2,9	24

Colaboradores: Sofía Calvo-Rodríguez, Julio Calvo-Alvarado, Ana Julieta Calvo-Obando, Dorian Carvajal, César Jiménez, María Rodríguez (Costa Rica).

8.4.2 Resumen de hallazgos para la caracterización del ecosistema y la difusión de luz en el sitio de la súper parcela, etapa de sucesión intermedia.

- a. Desde junio del 2010 dos antenas fenología habían estado trabajando en Santa Rosa (una en el estadio temprano y otra en el intermedio). Los datos se han recogido en forma mensual y se cargan a la plataforma www.enviro-net.org
- b. Durante noviembre y diciembre de 2012, se estableció la torre de flujos de carbono y de vapor de agua, pero la fase de instrumentación de la torre tuvo lugar hasta junio de 2013. La infraestructura de la torre es propiedad del ITCR mientras que los sensores de carbono y vapor de agua pertenecen a la U. Alberta. Los datos de carbono y vapor está siendo almacenados y analizados por U. Alberta.
- c. Durante febrero 2013 se estableció en la súper parcela del intermedio un estudio con una red de sensores inalámbricos para controlar la transmisión de luz y ayudar a evaluar el rendimiento de estos sensores en condiciones tropicales. Este proyecto forma parte del doctorado del estudiante de la U. Alberta Cassidy Rankine y de la estudiante de Maestría Sofía Calvo.
- d. La antena de fenología en el estadio intermedio fue trasladada a la súper parcela en enero de 2013.

Descripción general:

- Bases de datos asociadas: Torre de fenología del intermedio e Índice de Área Foliar (LAI).
- Altura: 21 metros
- Instrumentación: Sensores de radiación fotosintética activa (PAR) tanto de entrada como reflejada, Sensores de radiación solar de entrada y reflejada (PYR), sensores de temperatura y humedad relativa.

El estudio tuvo como objetivo caracterizar los cambios de vegetación y los patrones en la súper parcela del estadio intermedio. Por lo tanto, se calcularon los índices de vegetación utilizando medidas tecnológicas y de campo de percepción remota. El primer componente de esta investigación consistió en el despliegue de una torre de la fenología óptica en el mes de enero de 2013 dentro de la parcela. Posteriormente, en el mes de febrero del 2013 se instaló en la torre una red de sensores que miden la luz entrante y reflejada a intervalos de 30 segundos y que registran la información cada 30 minutos. Estos sensores se despliegan por lo menos 5 metros por encima del dosel.

Las mediciones que se obtienen de estos sensores son radiación solar (entrante y reflejada) y radiación fotosintética activa (entrante y reflejada). Se utilizaron estas variables para estimar índices de vegetación como el Índice de Vegetación Normalizado (NDVI) y el Índice de Vegetación Mejorado (EVI2) (Figura 1).

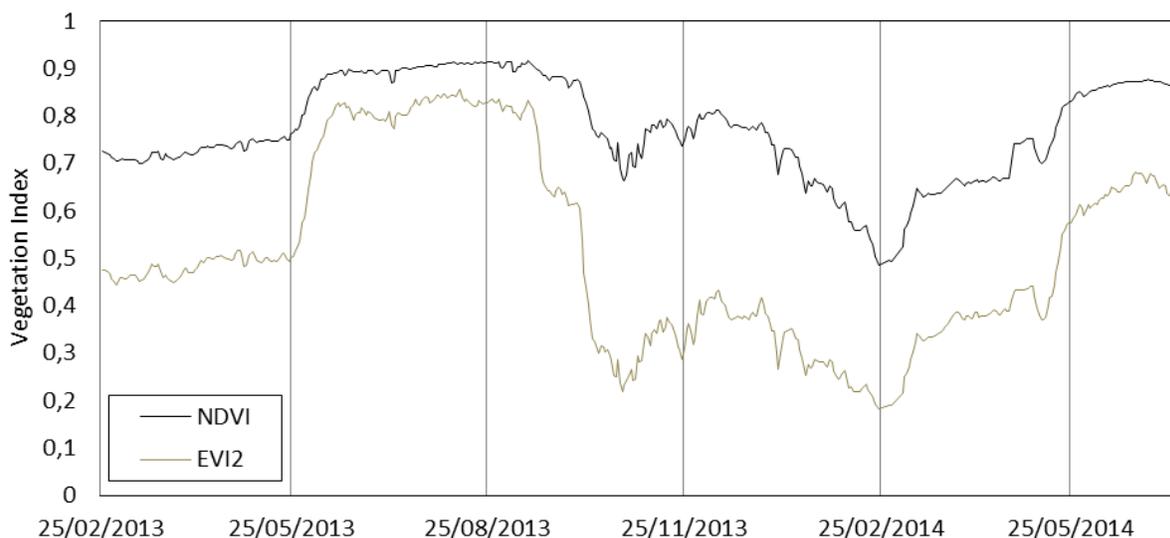


Figura 1. Variabilidad del NDVI derivado de la torre fenología óptica durante los años 2013 y 2014 para la súper parcela 1 ha, bosque intermedio, Parque Nacional Santa Rosa, Guanacaste, Costa Rica.

Por otra parte, el índice área foliar (LAI) y la apertura del dosel se determinó a través de mediciones de campo recogidos durante los años 2013 y 2014. Para la determinación de estas variables establecimos en la súper parcela 3 sub parcelas de 60x30 metros con 28 puntos de muestreo cada una, en las cuales se realizaron mediciones cada mes, utilizando un analizador de Canopy Plant Analyzer (PCA) LAI-2000 para el LAI y una cámara hemisférica con un lente hemisférico de 180° (ojo de pez) para la apertura del dosel. Las fotografías y

mediciones de LAI fueron tomadas a una altura de 1,30 m por encima del suelo del bosque, en condiciones de luz difusa durante el amanecer o el atardecer, o en días nublados para evitar la incidencia directa de la luz solar en la lente. Los resultados primarios de estas variables se muestran en las figuras 2 y 3.

El comportamiento o desarrollo de las copas evidencia grandes variaciones a través del año (Figura 2). En general, el LAI indica un patrón sincronizado de la producción, el desarrollo y la expansión de las hojas. Se observaron los valores más bajos en la estación seca, y los valores más altos se observaron en el pico de la temporada de lluvias en septiembre para la fase de hojas completamente expandidas.

La apertura del dosel (Figura 3) tiende a ser aproximadamente del 45% en la estación seca y el 15% en la temporada de lluvias. La cantidad de luz que llega al sotobosque es considerablemente mayor en la estación seca debido a la apertura de la cubierta debido a la falta de hojas en los árboles.

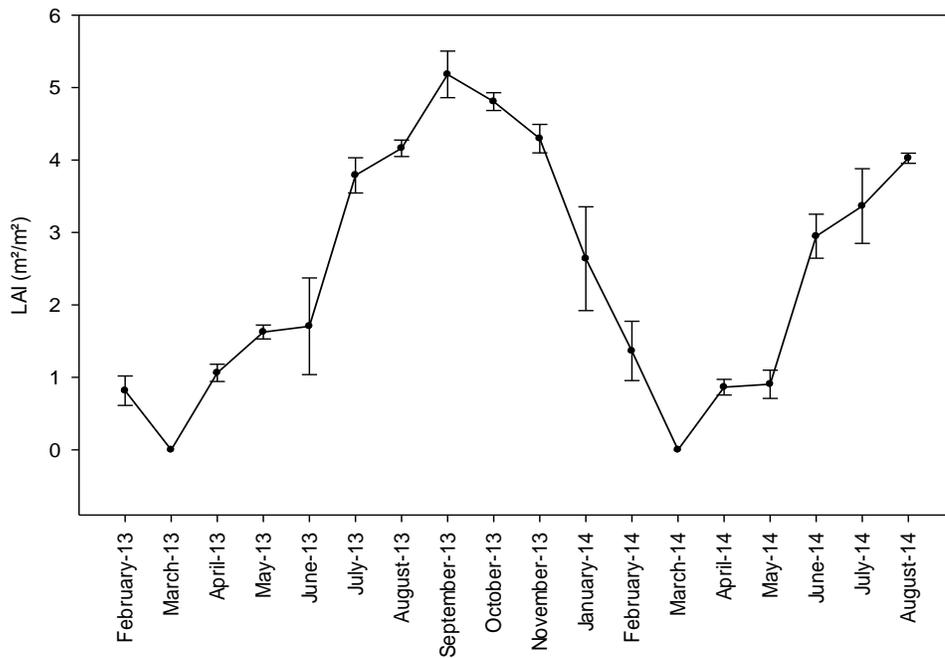


Figura 2. Valores promedio con una desviación estándar del índice de área foliar (LAI) para la súper parcela Tropi Dry (febrero 2013-agosto 2014), estado de sucesión intermedio, en el Parque Nacional Santa Rosa, Guanacaste.

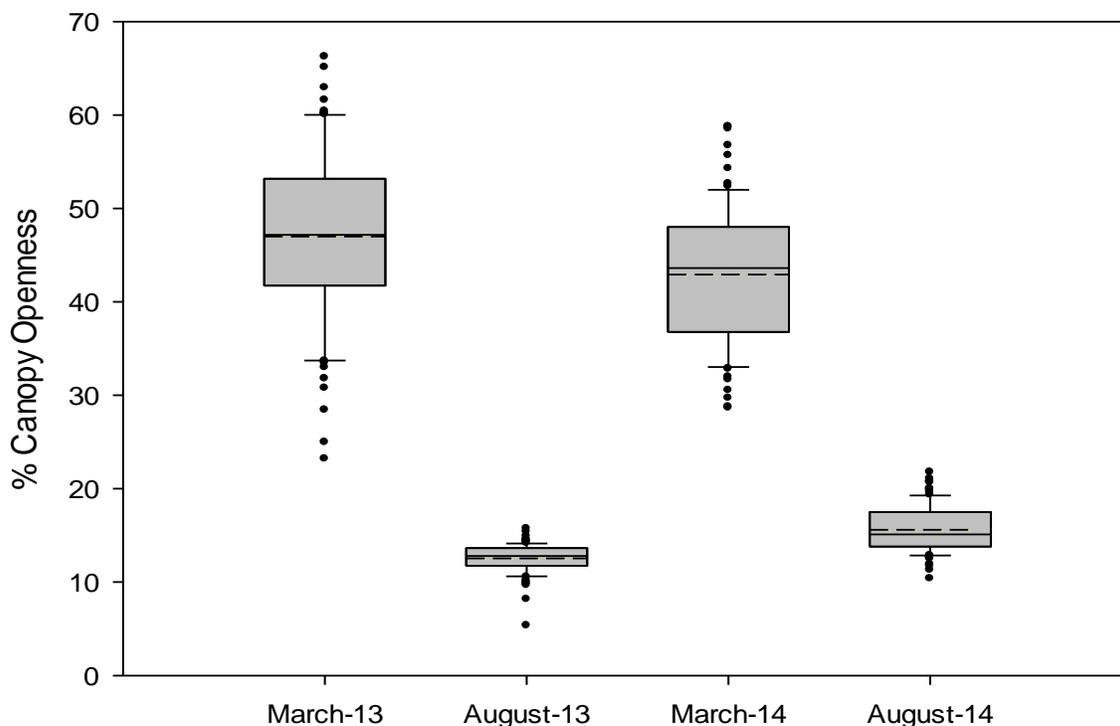


Figura 3. Porcentaje de apertura del dosel en la estación seca (marzo-13 y marzo-14) y estación de lluvias (agosto-13 y agosto-14) para la súper parcela Tropi Dry en el Parque Nacional Santa Rosa, Guanacaste. Los límites de las cajas indican los percentiles 25 y 75. La línea sólida por encima y por debajo de las cajas indican aproximadamente los percentiles 90 y 10, y los puntos indican los percentiles 5 y 95 de los puntos atípicos. Dentro de las cajas se muestra la mediana como una línea sólida y la media como una línea discontinua.

Colaboradores: Sofía Calvo-Rodríguez, Julio Calvo-Alvarado, Ana Julieta Calvo-Obando, Dorian Carvajal, Branko Hilje (Costa Rica).

8.4.3 Resumen de hallazgos para la torre de carbono y vapor de agua.

Descripción general:

- Fecha de inicio de toma de datos: 07-Jun-13
- Fecha final pre analizada: 30-Jul-14
- Total de días muestreados (días): 418
- Total de datos crudos (n): 20 064
- Total de datos analizados (n): 12 026
 - Datos para el 2013: 7 943
 - Datos para el 2014: 4 083
- Total de datos analizados: 60%
- Datos sin analizar: 40%
- Relleno de datos: No
- Criterio de eliminación de datos relacionado al 40% de datos sin analizar: Para este análisis se eliminaron todos los datos muestreados con menos del 90% del total de muestras programadas para el analizador de gases

infrarrojo (IRGA) y para el anemómetro sónico, también fueron eliminadas todas las lecturas malas del IRGA. Adicionalmente este 40% de datos sin analizar incluye datos perdidos por aproximadamente 100 días, los cuales se clasifican en las siguientes categorías: días sin muestrear, datos corruptos y datos colectados por la Universidad de Alberta y que no fueron entregados a Costa Rica.

Cuadro 8. Valores promedio de CO₂ y de densidad de vapor de agua para 418 días muestreados en el Parque Nacional Santa Rosa, Costa Rica.

Variable	2013	2014
CO ₂ annual mean (ppm)	359.25 (±20.5)	349.20 (±13.9)
Annual mean water vapor density (g/m ³)	17.1 (±3.0)	14.2 (±3.5)

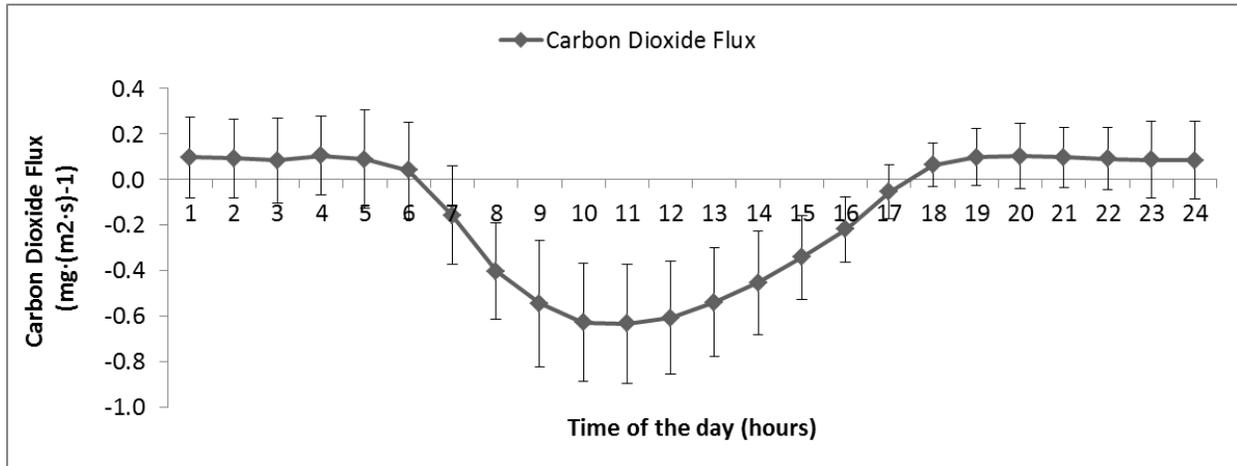


Figura 4. Flujo de carbono promedio por hora del día para 418 días muestreados en el Parque nacional Santa Rosa, Costa Rica. Los valores negativos indican la captación de CO₂ producto de la fotosíntesis, mientras que valores positivos indican liberación de CO₂ producto de los procesos de respiración.

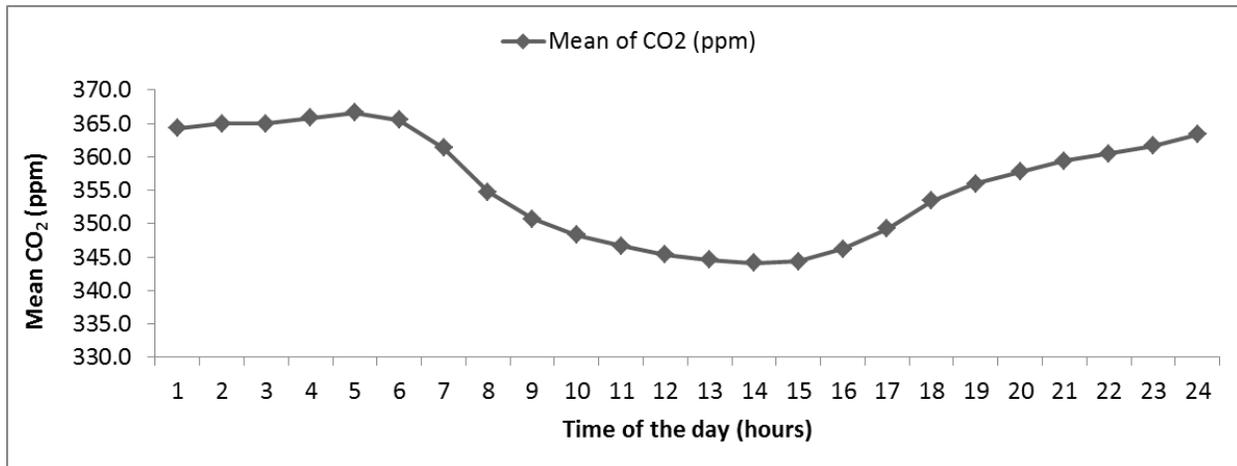


Figura 5. Valor promedio de concentraciones de CO₂ por hora del día para 418 días muestreados en el Parque nacional Santa Rosa, Costa Rica.

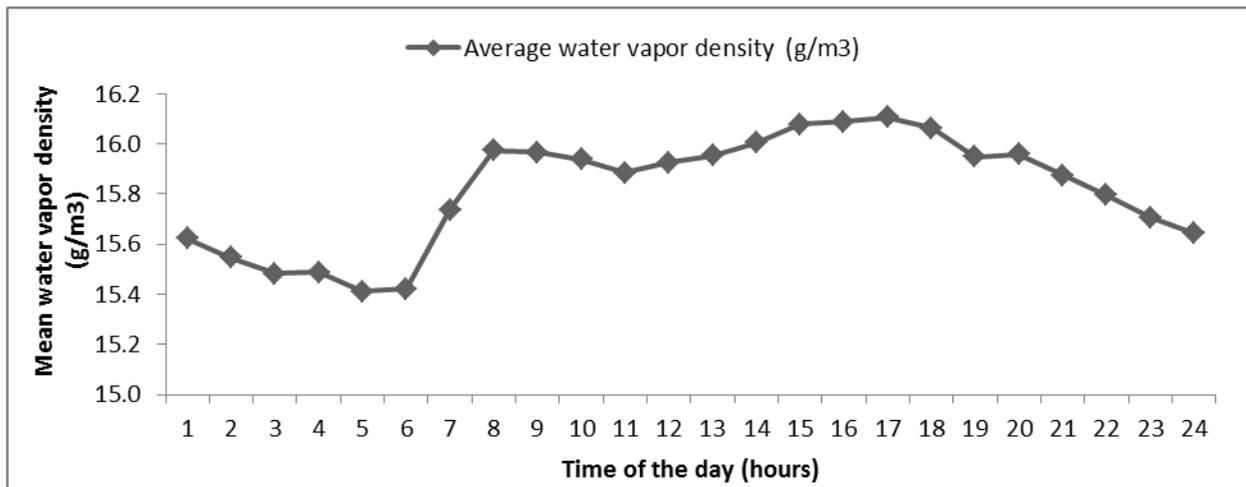


Figura 6. Valor promedio de densidad de vapor de agua por hora del día para 418 días muestreados en el Parque nacional Santa Rosa, Costa Rica.

Las figuras 4, 5 y 6 permiten describir las tendencias generales de los datos, mientras que la Figura 7 permite concluir, para este caso en estudio, que el bosque seco tropical en estadio intermedio actúa como un sumidero de CO₂. Este resultado es uno de los más importantes en este tipo de estudios ya que tiene implicaciones muy fuertes si se vinculan con los efectos de políticas de conservación. Estos datos y análisis son preliminares y para 418 días con datos, tomados durante 1 año y 3 meses. Para concluir de forma robusta es necesario seguir recolectando datos y generar series de tiempo no menores a 5 años.

Las Figuras 7, 8 y 9 resultan valiosas a nivel de diagnóstico ya que permiten evaluar si la orientación en la que se instaló el anemómetro sónico y el analizador de gases infrarrojo es la más apropiada, y en caso contrario recomendar los cambios que se consideren necesarios.

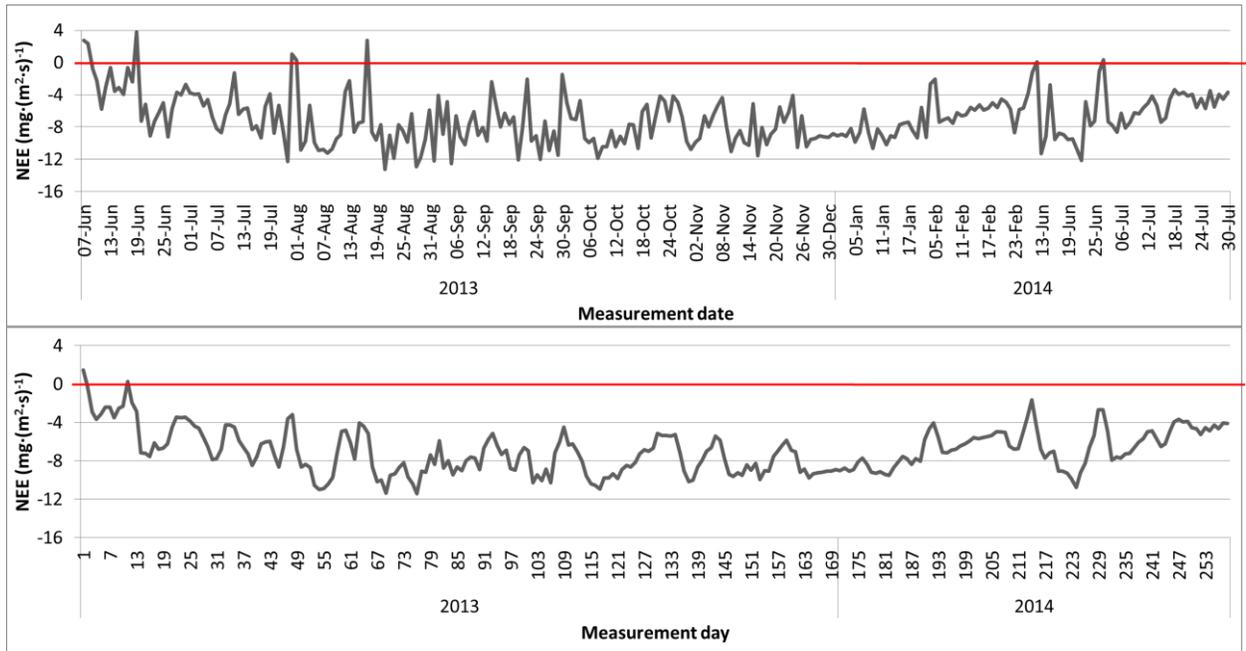


Figura 7. Arriba: Valores diarios de Intercambio del Ecosistema (Network Ecosystem Exchange, NEE) en $\text{mg}/\text{m}^2\text{s}$, resultante de sustraer a la respiración total del ecosistema la productividad neta (fotosíntesis). **Abajo:** Promedio de tres días del NEE ($\text{mg}/\text{m}^2\text{s}$). Ambos gráficos corresponden al cálculo basado en 418 días muestreados en el Parque nacional Santa Rosa, Costa Rica. Promedios positivos de NEE significan una liberación neta de CO_2 a la atmósfera (procesos de respiración), mientras que valores negativos implican una absorción neta de CO_2 . La línea roja indica el valor cero para el NEE.

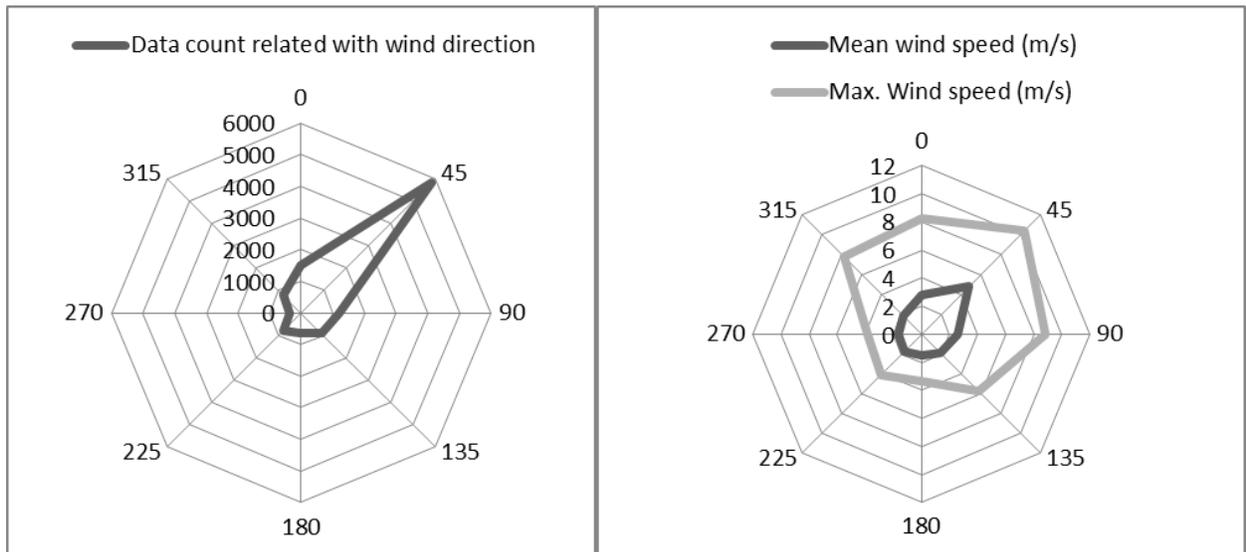


Figura 8. Izquierda: Número de lecturas (n) según la dirección del viento en grados. **Derecha:** Velocidad promedio del viento y velocidad máxima del viento de acuerdo a su orientación en grados. Ambos gráficos corresponden al cálculo basado en 418 días muestreados en el Parque nacional Santa Rosa, Costa Rica.

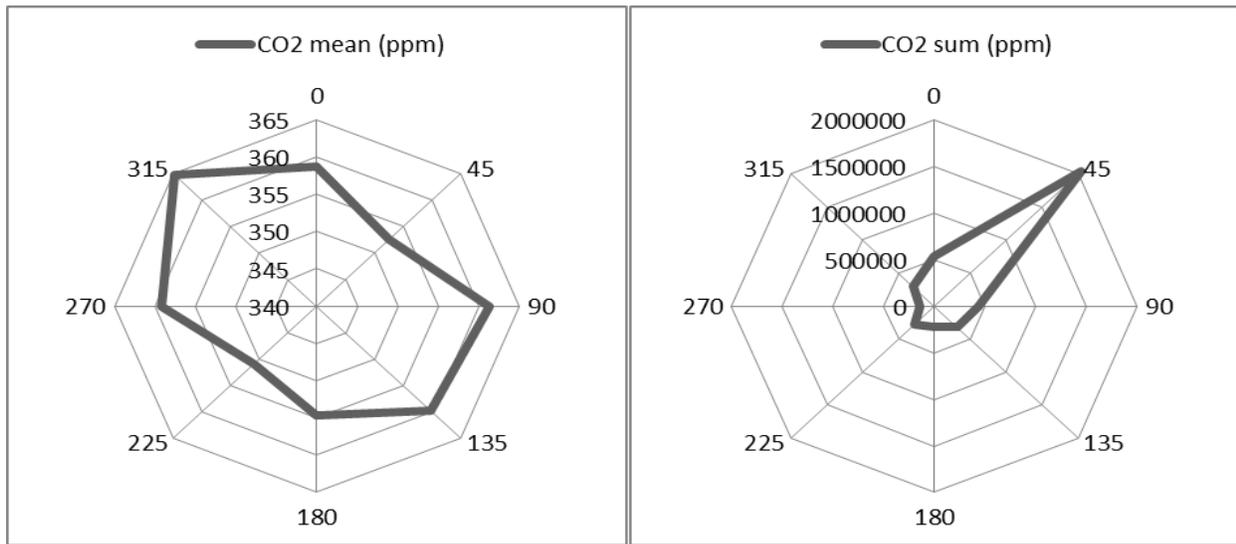


Figure 9. Izquierda: Valor promedio de CO2 (ppm) en relación con la dirección del viento en grados. **Derecha:** Suma de todas las lecturas de CO2 en relación con la dirección del viento en grados. Ambos gráficos corresponden al cálculo basado en 418 días muestreados en el Parque nacional Santa Rosa, Costa Rica.

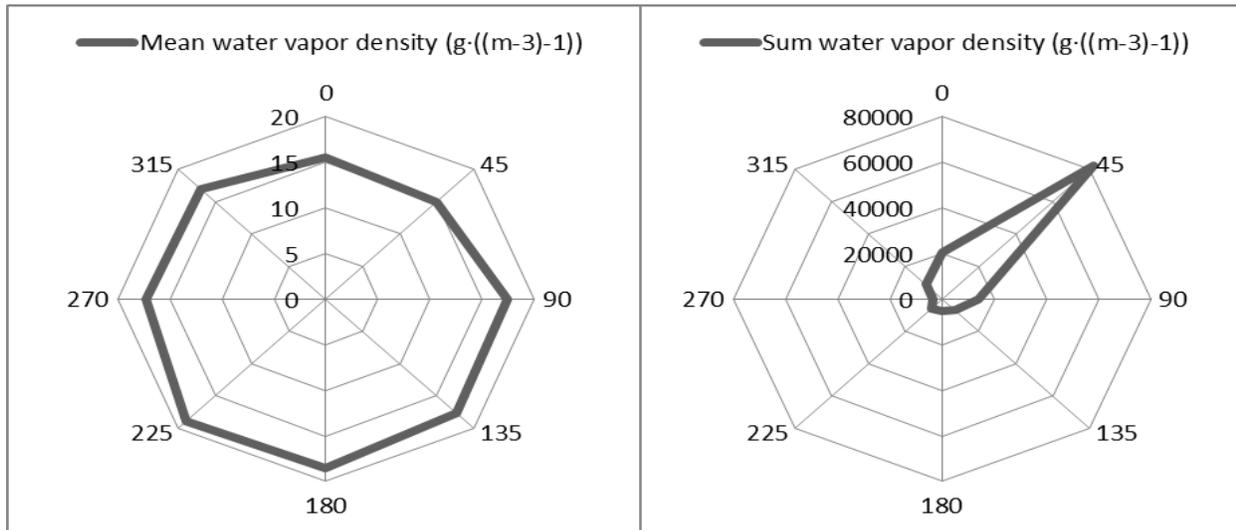


Figura 10. Izquierda: Valor promedio de vapor de agua (g/m³) en relación con la dirección del viento en grados. **Derecha:** Suma de todas las lecturas de vapor de agua en relación con la dirección del viento en grados. Ambos gráficos corresponden al cálculo basado en 418 días muestreados en el Parque nacional Santa Rosa, Costa Rica.

Colaboradores: Julio Calvo-Alvarado, Ana Julieta Calvo-Obando, Sofía Calvo-Rodríguez, César Jiménez-Rodríguez (Costa Rica).

8.4.4 Resumen de hallazgos para los ensayos de intercepción de precipitación en tres estadios de sucesión de Bst en Costa Rica.

Durante la estación lluviosa de Agosto - Noviembre del 2013 se estableció un ensayo para medir la intercepción de la precipitación en el Parque Nacional Santa Rosa. Actualmente los datos ya fueron colectados, curados y pre analizados. Este ensayo de intercepción tuvo como objetivo determinar el impacto de los diferentes estadios de sucesión en los flujos de agua del Bst. Para abarcar este objetivo, se estableció el ensayo en nueve parcelas permanentes del proyecto, 3 por estadio: temprano, intermedio y maduro, y con el objetivo de medir la precipitación a cielo abierto, la precipitación de las copas de los árboles, el flujo de fustes y la intercepción del mantillo.

Experimentos previos de intercepción de precipitación en Costa Rica indican que los estadios sucesionales tienen un efecto en los flujos de agua del ecosistema. Análisis preliminares de los datos indican que la intercepción de copas sigue una describe una tendencia lineal (Figura 12), siendo que el estadio temprano presenta la menor tasa de intercepción (11%), en segundo lugar el bosque intermedio (23%), mientras que el estadio avanzado presenta el valor más alto (27%). Esta tendencia lineal se encuentra relacionada directamente con el valor de Índice de Área de Planta (PAI), el cual es menor en el estadio temprano y se incrementa alcanzando valores más altos en el tardío.

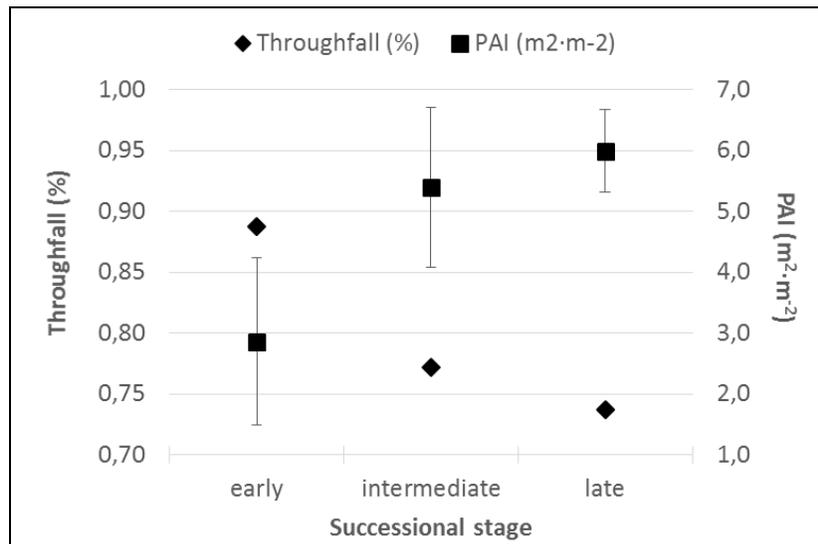


Figura 11. Intercepción de copas (%) and Índice de Área de Planta PAI (m²·m⁻²) con una desviación estándar para tres estadios de sucesión (octubre 2013) en el Parque Nacional Santa Rosa, Costa Rica. La desviación estándar aparece indicada con la línea negra sólida asociada al valor de PAI.

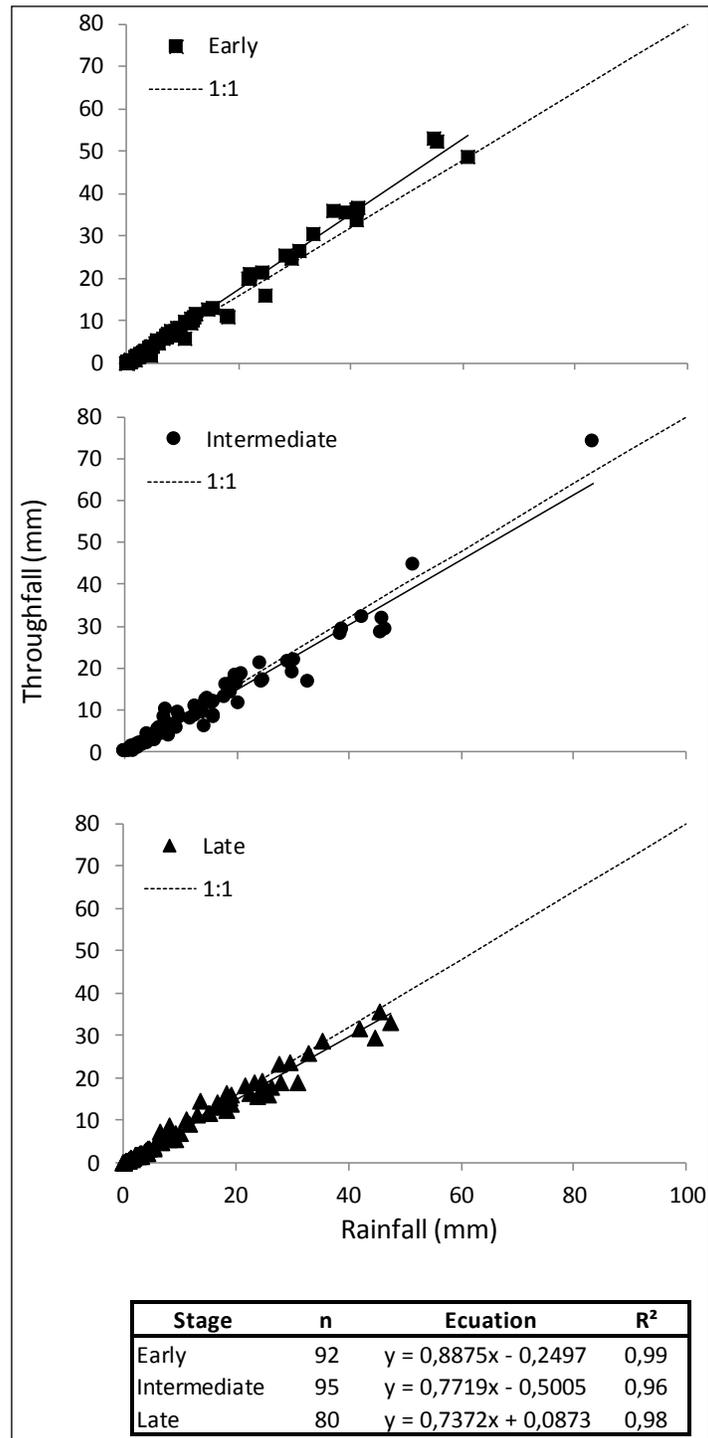


Figura 12. Precipitación de copas (Agosto – noviembre 2013) para tres estadios de sucesión del Bst, en el Parque Nacional Santa Rosa, Costa Rica. La línea negra sólida indica la línea de tendencia de la relación precipitación a cielo abierto vs precipitación de copas. La línea negra punteada indica la relación hipotética 1:1 de ambas variables.

Colaboradores: Julio Calvo-Alvarado, María Rodríguez, Ana Julieta Calvo-Obando, Dorian Carvajal-Vanegas, Branko Hilje, César Jiménez-Rodríguez (Costa Rica).

8.4.5 Resumen de hallazgos para los ensayos de intercepción de precipitación en tres estadios de sucesión de Bst en Brasil.

Durante los meses de noviembre 2012 a febrero del 2013 se llevó a cabo la medición de un ensayo de intercepción de la precipitación en el Parque Estadual Federal de Mata Seca en Brasil, este estudio fue conducido por el estudiante de la Universidad de Montes Claros (UNIMONTES) Thiago Gonçalves, bajo la dirección y supervisión del Dr. Julio Calvo (Costa Rica). Además, el ensayo de campo fue conducido por Ana Julieta Calvo (Costa Rica), quien viajó a Brasil durante el mes de octubre del 2012. Actualmente ya se concluyó la toma de datos y el análisis de datos. El estudiante Gonçalves visitó el ITCR para analizar los datos del experimento bajo la dirección del Dr. Julio Calvo. Ya está listo el primer borrador de su Tesis de Maestría y bajo revisión.

Los resultados obtenidos en Brasil muestran una tendencia diferente a los datos obtenidos en Costa Rica. No se da una tendencia lineal entre estadios, siendo que el estadio temprano muestra el menor valor de intercepción de copas (15%), el bosque tardío el segundo valor (20%) y el bosque intermedio el tercer valor (26%). Las razones que pueden explicar por qué los datos de Brasil se comportan diferente a los datos de Costa Rica podrían ser la estructura y composición de especies. Otra explicación podría estar asociada a la condición meteorológica imperante de Brasil en comparación con Costa Rica durante la estación lluviosa.

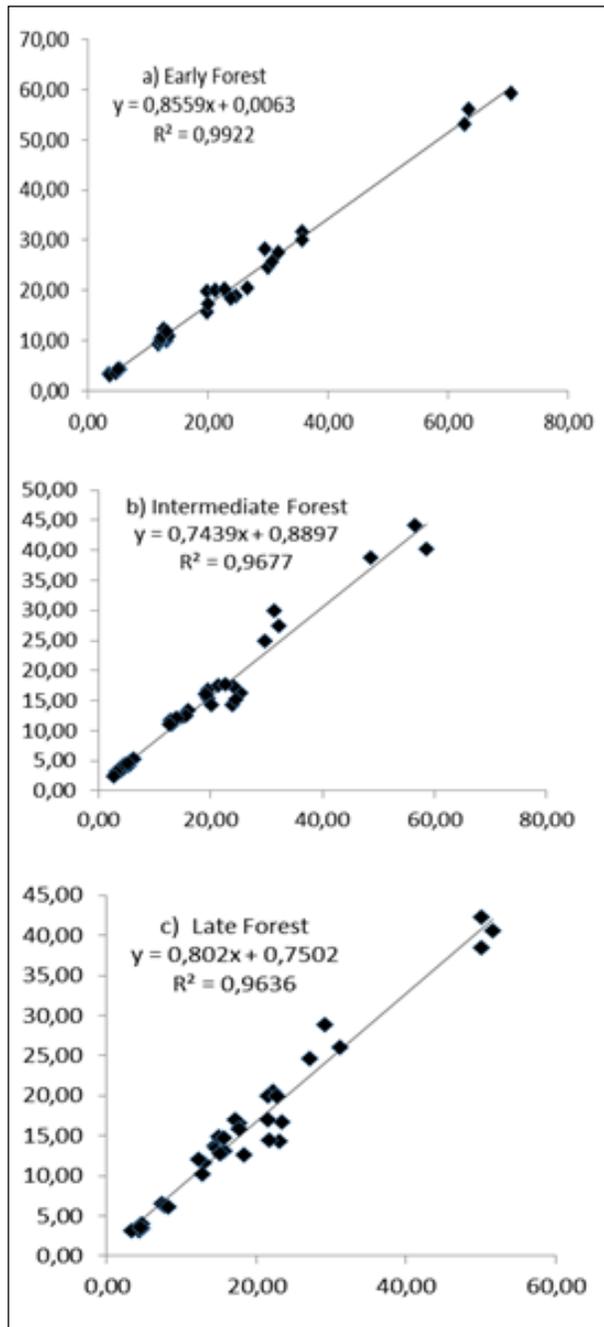


Figura 13. Precipitación de copas (Noviembre – Marzo 2012) para tres estadios sucesionales de un Bst en Mata Seca, Brasil. El eje x representa la precipitación a cielo abierto (mm) y el eje y la precipitación de copas (mm).

Colaboradores: Julio Calvo-Alvarado, Ana Julieta Calvo-Obando (Costa Rica), Mario Santos do Espiritu Santo, Thiago Gonçalves (Brasil)

9 Discusión y conclusiones.

Este proyecto amplió el seguimiento y análisis de experimentos de Tropicdry en Santa Rosa, lo que permitió la construcción de una base de datos robusta para analizar las características de los procesos de sucesión secundaria con el fin de evaluar la forma en que las etapas de sucesión afecta a los flujos de agua en los ecosistemas, el crecimiento, estructura y composición de la masa forestal, así como otros procesos bióticos. Un análisis final, integrando los estudios de interceptación llevadas a cabo en Santa Rosa y Brasil producirá por primera vez resultados únicos sobre los efectos de etapas de sucesión en la redistribución del agua de lluvia. A partir de este análisis algunos parámetros se pueden derivar para calibrar modelos hidrológicos que permiten estimar el escurrimiento diario en cuencas no aforadas en ecosistemas de Bst.

Los modelos seleccionados deben ser sensibles a los tipos de bosque y el uso de la tierra, de tal manera que la calibración de estos modelos se puede utilizar para evaluar el impacto del cambio climático, así como el cambio de la cubierta forestal. Hay una necesidad urgente de proporcionar este tipo de parámetros de interceptación de precipitación y de establecer las relaciones entre los mismos con otras variables estructurales de los bosques que se puedan medir con más facilidad como por ejemplo el índice de área foliar. Estamos listos para hacer estos análisis con datos realmente únicos para Brasil y Costa Rica.

La información que se ha recogido a través del trabajo de los estudiantes, investigadores y asistentes, se ha curado, analizado y publicado en varios artículos, capítulos de libros y presentaciones en conferencias. Las bases de datos son muy amplias y requieren de más tiempo para publicar todo el potencial que tienen, incluyendo la integración de las bases de datos de México y Brasil. Hay que reconocer que varios trabajos se han publicado en revistas locales ya que el objetivo es impactar a los tomadores de decisiones en Costa Rica, así como a los relacionados con el recurso hídrico del Río Tempisque.

Para el caso de Costa Rica, se ha realizado un esfuerzo para integrarnos, en particular con Brasil, a través del intercambio de estudiantes de ambos países con el objetivo de llevar a cabo los estudios de interceptación de lluvia, herbivoría y el análisis de crecimiento de los árboles en Mata Seca. Hay que hacer el mismo esfuerzo para integrar las bases de datos de México, por lo tanto, los coordinadores de los países deben comprometerse a dar un paso adelante en los próximos años en la integración, análisis y publicación de las bases de datos pendientes.

Es importante continuar con el monitoreo de las parcelas experimentales y con el establecimiento de nuevas parcelas de 1 hectárea en cada etapa de sucesión para crear una base de datos más sólida para analizar el efecto de la variabilidad climática y cómo en las tres etapas sucesionales evolucionan las características y procesos de restauración ecológica a lo largo del tiempo. Cualquier modelo ecológico requerirá de estas súper parcelas, las cuales también permitirán la aplicación de la teledetección y la validación de modelos.

Actualmente en Santa Rosa hay sólo una súper parcela de una hectárea en la etapa sucesional intermedia y se utiliza para caracterizar el ecosistema que se mide dentro del radio de acción/medición de la torre de flujos de carbono y vapor de agua. Es por eso que es más conveniente establecer dos parcelas adicionales para completar el marco experimental, una en estadio temprano y otra en estadio maduro. Este marco de súper parcelas permitirá desarrollar trabajos de pregrado y grado por estudiantes nacionales y extranjeros.

En el caso de Costa Rica desplegamos varios sensores ambientales, incluyendo la medición de los flujos de vapor y carbono. Nuestra misión en Costa Rica ha sido la construcción de una torre de flujos de carbono y vapor de agua y dos antenas de fenología, así como el despliegue, medición, descarga y almacenamiento de los datos. En este componente U. Alberta conduce el análisis de datos.

Adicionalmente, hasta el momento la información generada durante estos cuatro años sobre los recursos hídricos de la cuenca alta del Tempisque, el estado de la gestión de los recursos hídricos en Costa Rica y la planificación y revisión de la legislación de los recursos hídricos de América Latina, son los mejores insumos para la gestión y la conservación de los recursos hídricos de la región seca.

Cabe resaltar que este proyecto de investigación tiene un nivel de complejidad en coordinación y ejecución fuera de lo común dado que se trabaja en una red de investigación con participación de profesionales en diferentes disciplinas. En el caso de Costa Rica el proyecto ha logrado prácticamente cumplir con el 100% de las actividades programadas, restando principalmente análisis de datos y publicaciones. Esta última parte es la más difícil y la que ocupa más dedicación por parte del Investigador Principal.

Los logros de este proyecto a la fecha son sobresalientes tanto en número de publicaciones indexadas, publicaciones en español, presentación en congresos internacionales y nacionales. Ya en estado muy avanzado se encuentra 10 artículos científicos. Desde el punto de vista de participación de estudiantes el proyecto ha logrado entrenar y graduar a varios estudiantes, tanto en número como calidad de trabajo los resultados son muy satisfactorios.

La conclusión general es que hemos sido capaces de ejecutar un proyecto complejo, multidisciplinario y de gran alcance no solamente a nivel nacional sino que también a nivel internacional, lo que ha permitido posicionar al TEC a la vanguardia en monitoreo ambiental de los bosques secos tropicales. Además es importante resaltar que se ha logrado dar continuidad al proyecto con la inscripción y aceptación de una nueva propuesta, Código VIE 5402-1401-1028, la cual cuenta con financiamiento externo hasta el 2017.

10 Recomendaciones.

Dada la magnitud e importancia de este proyecto se sugiere continuar apoyando las nuevas propuestas que se presenten a futuro dentro de la línea de investigación de bosques secos, monitoreo ambiental y aplicaciones de sensores remotos. Como se mencionó anteriormente se ha logrado dar continuidad con la inscripción y aceptación de una nueva propuesta, Código VIE 5402-1401-1028, la cual cuenta con financiamiento externo hasta el 2017. Actualmente este nuevo proyecto se encuentra aprobado hasta el 31 de diciembre del 2015, razón por la cual el investigador deberá presentar una ampliación con recursos en la próxima Ronda de proyectos del 2016.

Además se sugiere evaluar la posibilidad y las opciones de someter este proyecto a algún reconocimiento internacional dado su gran aporte al conocimiento de los bosques secos tropicales; caso similar al que se experimentó con el proyecto anterior “*Dimensiones humanas, ecológicas y biofísicas de los bosques secos tropicales*” el cuál en el 2012 recibió el reconocimiento al mejor trabajo de investigación realizado en el ITCR durante el período 2010-2012. Reconocimiento dado por el Consejo Superior Universitario Centroamericano –CSUCA- y el Sistema Regional de Investigación y Postgrado –SICAR-

11 Agradecimientos.

El proyecto TROPI-DRY es un iniciativa de investigación patrocinada por Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) CRN II # 021 (Extension Grant) y apoyada por el US National Science Foundation (Grant GEO-0452325). Se reconoce el apoyo logístico y financiero de la Universidad de Alberta y del Instituto Tecnológico de Costa Rica (proyecto Código 5402-1401-1012). Se agradece el apoyo del Área de Conservación Guanacaste, del Centro de Investigaciones Integración Bosque-Industria, a los estudiantes asistentes que han participado en este proyecto. De manera muy especial se agradece a los asistentes técnicos de este proyecto en su orden cronológico de participación: Ana Julieta Calvo, Dorian Carvajal, Cesar Jiménez y Branko Hilje.

12 Referencias.

- Álvarez, M., L. D. Avila-Cabadilla, R. Berbara, J. C. Calvo-Alvarado, P. Cuevas-Reyes, M. M. do Espírito Santo, Á. Fernández, G. Wilson Fernandes, R. Herrera, M. Kalácska, D. Lawrence, F. Monge Romero, J. M. Nassar, M. Quesada, R. Quesada, B. Rivard, V. Sanz D'Angelo and K. Stoner. 2008. Manual of Methods: Human, Ecological and Biophysical Dimensions of Tropical Dry Forests. J. M. Nassar, J. P. Rodríguez, A. Sánchez-Azofeifa, T. Garvin and M. Quesada, editors. Ediciones IVIC, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), Caracas, Venezuela. 127 p.
- Bawa, K. S., W. J. Kress, N. M. Nadkarni, and S. Lele. 2004. Beyond paradise—Meeting the challenges in tropical biology in the 21st Century. *Biotropica* 36: 437–446.
- Calvo-Alvarado J., Sánchez-Azofeifa. A. and C. Portillo-Quintero. Neotropical Seasonally Dry Forests. In: *Encyclopedia of Biodiversity (Second Edition)*. Ed. S. Levin. Academic Press. Pp 488-500.
- Castro-Esau, K.,G.A. Sanchez-Azofeifa, and B. Rivard. 2003. Monitoring secondary tropical forest using space-borne data: Implications for Central America. *Int. J. Remote Sensing* 24(9): 1853–1894.
- Ceballos G., Vale M., Bonacic C., Calvo-Alvarado J., Rurik. L., Bynum N., Medellin R., Simonetti J., and J. Rodríguez. 2009. Conservation Challenges for the Austral and Neotropical America Section. *Conservation Biology*. 23 (4) 811-817.
- Gonzalez, V. 2003. Bosques secos. In M. Aguilera, A. Azocar, and E. Gonzalez-Jimenez (Eds.). *Biodiversidad en Venezuela, Tomo II*, pp. 734–744. Fundación Polar y Editorial ExLibris, Caracas, Venezuela.
- Kalacska,M.,G.A. Sanchez-Azofeifa, J. C. Calvo-Alvarado, M.Quesada, B. Rivard, and D. H. Janzen. 2004. Species composition, similarity and diversity in three successional stages of tropical dry forest. *For. Ecol. Manage.* 200: 227–247.
- Maass, J.M. 1995. Conversion of tropical dry forest to pasture and agriculture. In S. H. Bullock, H. A. Mooney, and E. Medina (Eds.). *Seasonally dry tropical forest*, pp. 399–422. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Murphy, P and A. E. LUGO. 1986. Ecology of tropical dry forest. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 17: 67–88.
- Murphy, P. G. 1995. Dry forest of Central America and the Caribbean. In S. H. Bullock, H. A. Mooney, and E. Medina (Eds.). *Seasonally dry tropical forest*, pp. 9–34. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Quesada, M., and K. E. Stoner. 2004. Threats to the conservation of the tropical dry forest in Costa Rica. In G. W. Frankie, A. Mata, and S. B. Vinson (Eds.). *Biodiversity conservation in Costa Rica: Learning the lessons in a seasonal dry forest*, pp. 266–280. University of California Press, Berkeley, California.
- Quesada, M.; Sánchez-Azofeifa, G.A., Alvarez-Anorve, M., Stoner, K., Avila-Cabadilla, L., Calvo-Alvarado, J., Castillo, A., Espiritu-Santo, M., Fagundes, M., Fernandes, G., Gamon, J.,Lopezaraiza-Mikel, M., Lawrence, D., Morellato, P., Powers, J., Neves, F., Rosas-Guerrero, V., Sayago, R. and G. Sanchez-Montoya. 2009. Succession and Management of Tropical Dry Forests in the Americas: Review and new perspectives *Forest Ecology and Management*. 258: 1014-1024
- Rodriguez, J. P., T. Good, and R. Dirzo. 2005. Diversitas and the challenge of Latin American biodiversity conservation. *Interciencia* 30: 450.
- Sanchez-Azofeifa, G. A., K. Castro, B. Rivard, M. Kalascka, and R. C. Harriss. 2003. Remote sensing research priorities in tropical dry forest environments. *Biotropica* 35(2): 134–142.
- Sánchez-Azofeifa, M.Kalacska,M.Quesada, J. Calvo-Alvarado, J.Nassar, dnd J. P. Rodriguez. 2005. Need for integrated research for a sustainable future in tropical dry forests. *Conserv. Biol.* 19(2): 1–2.

13 FIRMAS.

Investigador Principal del proyecto

Nombre: Julio César Calvo A.
Cédula: 1-639-541

Coordinador del CIIBI

Nombre: Alexander Berrocal.
Cédula: 1-944-034

Firma: _____

Firma: _____