

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE
MONTES, FORESTAL Y DEL MEDIO NATURAL



GRADO EN INGENIERÍA FORESTAL
PROYECTO FIN DE GRADO

CARACTERIZACIÓN POST-HURACÁN DE
LA VEGETACIÓN RIBEREÑA EN LOS
ARROYOS DE CABECERA DE UN
BOSQUE TROPICAL MONTANO-BAJO;
ESTRUCTURA ARBÓREA Y
COMPOSICIÓN DE ESPECIES

ALBERTO PASTOR IBÁÑEZ

2020



**CARACTERIZACIÓN POST-HURACÁN DE
LA VEGETACIÓN RIBEREÑA EN LOS
ARROYOS DE CABECERA DE UN BOSQUE
TROPICAL MONTANO-BAJO;
ESTRUCTURA ARBÓREA Y COMPOSICIÓN
DE ESPECIES**

Autor:

Alberto Pastor Ibáñez

Directora:

Codirector:

Tamara Heartsill Scalley

Alfonso San Miguel Ayanz

2020

©UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID, AÑO 2020.

Todos los derechos reservados.

HOJA DE CALIFICACIÓN DEL TRABAJO/PROYECTO FIN DE GRADO

TÍTULO
AUTOR
GRADO EN

MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Presidente/a: _____

Vocal: _____

Secretario/a: _____

Reunido el Tribunal de calificación con fecha _____. Acuerda otorgar la CALIFICACIÓN GLOBAL de _____

☐ Indicar, en su caso, si se propone la concesión de la mención Matrícula de Honor

PRESIDENTE	SECRETARIO	VOCAL
Fdo:	Fdo:	Fdo:

Informe explicativo de la calificación: _____

AGRADECIMIENTOS:

En primer lugar, agradecer a Tamara Heartsill Scalley, mi directora del proyecto, por enseñarme y guiarme en uno de los ecosistemas más bonitos que he visto y darme la oportunidad de conocer y aprender otra forma de vida. Gracias por introducirme en un ámbito desconocido para mí, el de la investigación y la estadística, del que espero seguir trabajando.

A Alfonso San Miguel Ayanz, mi codirector del proyecto, por su comprensión y disposición a aceptar un trabajo externo sin escatimar ayuda.

A Jesus Gómez Carrasquillo “Chu” por sus consejos para la toma de datos en campo y sus recomendaciones de como moverse en un bosque tropical.

Gracias a Jamaris Torres Díaz por enseñarme la mayoría de las especies vegetales del bosque y el procedimiento de medición de parcelas.

A mis amigos de la estación biológica de El Verde, de los que aprendí y disfruté durante los 5 meses en los que estuvimos viviendo y trabajando conjuntamente.

A mi padre, quien me abrió la puerta al mundo de la naturaleza y la ecología; por sus refelexiones a los objetivos del trabajo y su conocimiento estadístico que me ayudó a la realización de este.

Y a mi novia, quien me aguantó día y noche estos meses de realización del proyecto.

Gracias.

Título: Caracterización post-huracán de la vegetación ribereña en los arroyos de cabecera de un bosque tropical montano-bajo; estructura arbórea y composición de especies

Autor: Alberto Pastor Ibáñez.

Directora: Tamara Heartsill Scalley.

Codirector: Alfonso San Miguel Ayanz.

Departamento: Sistemas y recursos naturales.

RESUMEN

PALABRAS CLAVE: Bosque Experimental de Luquillo, Área de Investigación El Verde, LFDP, StreamFRE, cambio climático, huracán María, vegetación ribereña

Este experimento, realizado en el Área de Investigación El Verde, en el Bosque Experimental de Luquillo, Puerto Rico; se incluye dentro del proyecto llamado StreamFRE. Este proyecto perteneciente al programa Luquillo-Long Term Ecological Research (LTER) pretende dar respuesta a los cambios en los ecosistemas acuáticos y riparios de bosques tropicales ante el cambio climático, simulando efectos de sequía con experimentos de reducción de flujo en arroyos/quebradas. El estudio de la reducción de flujo será puesto en práctica con la colocación de una presa hidráulica en la quebrada experimental en verano de 2020. Ello provocará una reducción severa del caudal, simulando la condición de sequía y permitiendo su estudio. StreamFRE no incluía una caracterización previa de la vegetación ribereña circundante al área experimental. Por eso, este estudio da a conocer el estado de la vegetación (estructura y composición de especies) antes del inicio del experimento de reducción de flujo, para poder así adjudicar efectos sobre la vegetación. Esta caracterización fue realizada tras el paso del huracán María, donde las condiciones y características del bosque cambian significativamente. Se establecieron 5 parcelas ribereñas de 25 m²/parcela en la zona expuesta al experimento de reducción de flujo, y 5 parcelas de 25 m²/parcela exentas al experimento de reducción de flujo (control). Se midieron e identificaron todas las especies arbóreas que medían más de 1 cm de diámetro a DBH. Los objetivos del experimento fueron: caracterizar la composición y estructura de las parcelas inventariadas, comparación estadística entre la zona experimental y la zona control antes del experimento de sequía y comparativa estadística de los efectos producidos por el huracán antes (2016) y después (2019) del mismo. Los resultados mostraron que las condiciones de la vegetación ribereña previas al experimento de sequía para la zona experimental y la zona control eran similares y que los efectos del huracán tras el paso de dos años no eran estadísticamente significativos. La similitud entre la zona experimental y la zona control, es la conclusión de mayor importancia, ya que esa similitud permitirá seguir utilizando las parcelas control cuando se inicie el experimento de reducción de flujo, sin necesidad de buscar otras parcelas y poder así adjudicar efectos sobre la vegetación ribereña. Para poder adjudicar efectos ante una perturbación ciclónica como es el huracán, debemos caracterizar tamaño muestrales más grandes.

ABSTRACT:

KEY WORDS: Luquillo Experimental Forest, Research Area El Verde, LFDP, StreamFRE, climate change, hurricane María, riparian vegetation.

This experiment, carried out in the El Verde Research Area, in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico; it is included within the project called StreamFRE. This project that belongs to the Luquillo-Long Term Ecological Research (LTER) program aims to respond to changes in the aquatic and riparian ecosystems of tropical forests due to climate change, simulating the effects of drought with flow reduction experiments in streams. The study of the reduction of flow will be put into practice with the placement of a hydraulic dam in the experimental creek in the summer of 2020. This will cause a severe reduction in flow, simulating the drought condition and allowing its study. StreamFRE did not include a previous characterization of the riparian vegetation surrounding the experimental area. For this reason, this study discloses the state of the vegetation before the start of the flow reduction experiment, in order to assign effects on the vegetation. This characterization was carried out after the passage of Hurricane Maria, where the conditions and characteristics of the forests changed significantly. Five riparian plots of 25 m²/plot were established in the exposed area to the flow reduction experiment, and five riparian plots of 25 m²/plot were established in the exempt area from the flow reduction experiment (control). All tree species measuring more than 1 cm in diameter at DBH were measured and identified. The objectives of the experiment were: to characterize the composition and structure of the examined plots, statistical comparison between the experimental zone and the control zone before the drought test and statistical comparison of the effects produced by the hurricane before (2016) and after (2019) of the same. The results showed that the riparian vegetation conditions prior to the drought experiment for the experimental zone and the control zone were similar and that the effects of the hurricane after the passage of two years were not statistically significant. The similarity between the experimental area and the control area is the most important conclusion, since this similarity will allow the control plots to continue to be used when the flow reduction experiment is started, without the need to search for other plots and thus be able to assign effects on riparian vegetation. In order to allocate effects of a cyclonic disturbance such as a hurricane, we must characterize larger sample sizes.

ÍNDICE

LISTADO DE FIGURAS	14
LISTADO DE TABLAS	16
1 Introducción:	18
1.1 Bosques ribereños a escala global	18
1.1.1 Bosques tropicales con elevadas precipitaciones	19
1.1.1.1 Sectores de cabecera de cuencas hidrográficas.....	20
1.2 Revisión del estado de conocimientos	20
1.3 Justificación	24
2 Objetivos	25
3 Material y Métodos.....	28
3.1 Área de estudio	28
3.1.1 Puerto Rico, historial de huracanes	28
3.1.2 Bosque Nacional El Yunque o Bosque Experimental de Luquillo	29
3.1.3 Área de Investigación El Verde.....	33
3.1.4 Luquillo Forest Dynamic Plot (LFDP)	34
3.1.5 Parcelas ribereñas inventariadas	35
3.2 Diseño Experimental	37
3.2.1 Protocolo de establecimiento de parcelas StreamFRE	37
3.2.1.1 Estudio y localización de parcelas	37
3.2.1.2 Representación espacial y análisis con ArcGIS.....	38
3.2.2 Medición de parcelas	43
3.2.2.1 Protocolo censo de árboles.....	43
3.2.2.1.1 Material a utilizar	43
3.2.2.1.2 Medición de árboles.....	44
3.2.2.2 Protocolo de censos posteriores.....	47
3.2.2.2.1 Hoja de campo de censos posteriores StreamFRE.....	49
3.2.2.3 Parcelas ribereñas LFDP	50
3.2.2.3.1 Extracción de datos Tree Census LFDP 2016.....	50
3.2.2.3.2 Hojas de campo post-huracán LFDP	51
3.3 Análisis de datos.....	53
4 Resultados y discusión	55
5 Conclusiones	62
6 Referencias bibliográficas	64
7 Anexos.....	70
7.1 Hoja de campo censo de árboles StreamFRE.....	70

7.1.1	Explicación de códigos.....	72
7.2	Recolección datos hojas de campo parcelas StreamFRE	73
7.3	Recolección datos hojas de campo parcelas LFDP	81
7.4	Guía de especies LFDP.....	83
7.5	Fotografías parcelas ribereñas StreamFRE.....	99

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1.1. (a) Trayectoria Huracán Irma (línea morada) y Huracán María (línea punteada naranja) en la zona del Caribe (La isla de contorno naranja es Puerto Rico); (b) Localización del Bosque Nacional el Yunque o Bosque Experimental de Luquillo (P4). Modificado de Liu et al., (2018).....	22
Figura 2.1. El mapa muestra las cuencas hidrográficas presentes en el Luquillo Experimental Forest (Contorno punteado). El cuadrado negro, muestra el área de estudio del presente experimento, situada en el sector de cabecera de la cuenca hidrográfica del Río Espíritu Santo. Modificado de Pike and Scatena, (2010).....	26
Figura 2.2. Los cuadrados verdes (Parcelas ribereñas – LFDP) muestran las parcelas de análisis post-huracán y con las que se van a comparar las parcelas ribereñas -StreamFRE (cuadros rojos). 5 parcelas expuestas a experimento de sequía en Quebrada Prieta Experimental (B) y 1 parcela control en Quebrada Prieta Control (A).).....	26
Figura 3.1. Zonas bioclimáticas de Puerto Rico. Modificado de Brandeis et al. (2007).....	28
Figura 3.2. Uso del terreno. Modificado de Brandeis et al. (2007).....	28
Figura 3.3. Trayectorias de alguno de los huracanes y tormentas más intensas que afectaron la isla de Puerto Rico. 1. San Felipe II (1928) 6. Hugo (1989) 10. Georges (1998) Modificado de López et al., (2019)	29
Figura 3.4. Representación espacial del área de estudio desde una escala mayor a una escala de detalle.....	30
Figura 3.5. Climodiagrama Ramey (Aguadilla), Puerto Rico. (GLOBALBIOCLIMATICS.ORG).....	31
Figura 3.6. Suelos hídricos El Yunque. Modificado de Quiñones et al. (2018)	31
Figura 3.7 Bosque Experimental de Luquillo antes del huracán María 2017. Autor: María Ocasio Torres	32
Figura 3.8 Bosque Experimental de Luquillo una semana después del huracán María 2017. Autor: María Ocasio Torres.....	32
Figura 3.9 Quebrada Prieta Experimental, Área de Investigación El Verde, Bosque Experimental de Luquillo antes del Huracán María. Nula presencia de sotobosque. Autor: Pablo Gutiérrez Fonseca.	32
Figura 3.10 Quebrada Prieta Experimental, Área de Investigación El Verde, Bosque Experimental de Luquillo dos años después del Huracán María. Presencia de sotobosque y una apertura del estrato dominante. Autor: Alberto Pastor Ibáñez.....	32
Figura 3.11. Clasificación de la vegetación del bosque en función del gradiente altitudinal. El punto negro simboliza la posición aproximada del presente estudio, en el que se puede ver que la vegetación predominante es El Bosque maduro de palo colorado (<i>Cyrilla racemiflora</i> L.) con Bosque maduro de palma de sierra (<i>Prestoea acuminata</i> (Willd.) H.E. Moore var. <i>montana</i> (Graham) A.J. Hend. & Galeano). Modificado de Quiñones et al. (2018)	33

Figura 3.12. Representación gráfica de las cuadrículas de 20x20m del Luquillo Forest Dynamic Plot (LFDP). Cada cuadrícula referenciada por su número de columna y su número de fila. Autor: Jamarys Torres.....	34
Figura 3.13. Representación gráfica de cada 20x20m, subdividido en 16 cuadrantes 5x5m. Cada subcuadrícula está referenciada con su columna y su fila dentro del 5x5m y de cada cuadrícula 20x20m. Autor: Jamarys Torres.....	35
Figura 3.14. Localización de las parcelas ribereñas en función de los objetivos del presente estudio.....	36
Figura 3.15. Localización de las parcelas de StreamFRE en función de la posición de las pozas localizadas a lo largo de la quebrada. Las siglas C3PA, C4PA, C6PA, C8PA, C9PA, C10PA simbolizan la posición de las diferentes pozas.	37
Figura 3.16. Modelo Digital de Elevaciones del Área de Investigación El Verde (Formato Raster).....	39
Figura 3.17. Mapa de pendientes Área de Investigación El Verde (Formato Raster)	39
Figura 3.18. Mapa de pendientes reclasificado y transformado a formato vectorial (polígonos) del Área de Investigación El Verde.....	40
Figura 3.19. Zonas potenciales para la localización de las parcelas ribereñas.....	40
Figura 3.20. Zonas potenciales y posicionamiento real de las parcelas ribereñas.....	41
Figura 3.21. Clasificación de las parcelas ribereñas de StreamFRE. Cada código representa el nombre de la quebrada y el número de la parcela. QPA1: Quebrada Prieta A, parcela número 1.	42
Figura 3.22 Herramientas para medición. Autor: Jamarys Torres Díaz.....	43
Figura 3.23. Hojas de campo. Autor: Jamarys Torres Díaz.....	44
Figura 3.24. Medición de diámetro. Modificado de Condit, (1998)	44
Figura 3.25. Brotes laterales. Modificado de Condit, (1998)	45
Figura 3.26. Raíces tabulares. Autor: Jamarys Torres Díaz.....	45
Figura 3.27. Medición tallos inclinados. Modificado de Condit, (1998)	45
Figura 3.28. Medición tallos tumbados. Modificado de Condit, (1998)	45
Figura 3.29. Medición de palma de sierra. Modificado de Condit, (1998).....	45
Figura 4.1. Representación gráfica de la prueba estadística para la comparativa entre la zona StreamFRE y la zona LFDP.	57
Figura 4.2. Representación gráfica de la prueba estadística para la comparativa entre las parcelas antes del huracán (2016) y las parcelas después del huracán (2019) dentro del LFDP.	59

LISTADO DE TABLAS

Tabla 3.1. Clasificación de las pendientes para determinar las inclinaciones permitidas en la localización de las parcelas.....	38
Tabla 3.2. Hoja para la toma de datos de censos posteriores en las parcelas ribereñas de StreamFRE.....	49
Tabla 3.3. Tabla de inventario de las parcelas ribereñas en Quebrada Prieta dentro del LFDP cuatro años después del último censo.	51
Tabla 3.4. Tabla de inventario de las parcelas ribereñas en Quebrada Toronja dentro del LFDP cuatro años después del último censo.....	52
Tabla 4.1. Estadísticos descriptivos de la zona expuesta a reducción de flujo de StreamFRE. Cantidad de plots/parcela y N válido (N=5).	55
Tabla 4.2. Estadísticos descriptivos de la zona exenta (control) a la reducción de flujo (4LDFP + 1StreamFRE). Cantidad de plots/parcela y N válido (N=5).	55
Tabla 4.3. Estadísticos de grupo de la zona expuesta a la reducción de flujo (1), frente a la zona exenta a la reducción de flujo (2). Cantidad de plots/parcela y N válido (N=5)	56
Tabla 4.4. Estadísticos descriptivos zona LFDP pre-huracán 2016. Cantidad de plots/parcela y N válido (N=4).	58
Tabla 4.5. Estadísticos descriptivos zona LFDP post-huracán 2019. Cantidad de plots/parcela y N válido (N=4).....	58
Tabla 4.6. Cuantificación de daños a la masa remanente y proliferación de sotobosque zona LFDP post-huracán 2019.....	60

1 Introducción:

1.1 Bosques ribereños a escala global

Resulta de vital importancia conocer las características y funcionalidad de los bosques ribereños en todas las regiones y biomas de la tierra. Estas líneas boscosas a orillas de lechos fluviales y cuerpos de agua, suponen uno de los recursos mas importantes y diversos del mundo (Naiman y Décamps, 1997) que contribuyen a la calidad del agua dulce, la cual es esencial para la sobrevivencia del ser humano. Las zonas ribereñas son una parte fundamental de todo ecosistema dulceacuícola, áreas de transición entre los sistemas terrestres y acuáticos, zonas de gran dinamismo y complejidad (Tabacchi et al. 1998; Grabs, 2010; Webb et al., 2019). Naiman y Décamps (1997) establecieron algunas de las características y funcionalidades más importantes de estos ecosistemas: las zonas ribereñas o riparias tienen la particularidad de crear microclimas con condiciones aptas de humedad, fertilidad y sustrato para los diferentes organismos que en ellas habitan, pudiendo actuar también como corredores biológicos para determinadas especies. Su vegetación tiene un gran protagonismo como sumidero de carbono (tanto en biomasa aérea como en el suelo) debido a ciclos más rápidos de descomposición y crecimiento. Las raíces de esta particular vegetación, actúan como barrera protectora, disminuyendo la velocidad del agua y evitando la erosión ante excesivos aumentos de caudal; además, con su biomasa, reducen la llegada de aportes de arenas, arcillas y limos al río o arroyo.

Son muchas las diferencias entre las zonas ribereñas de todos los biomas del mundo, sin embargo, todas ellas guardan unas similitudes hidrológicas y adaptaciones fisiológicas de las especies vegetales que albergan (Sadava et al., 2009).

La extensión de estas áreas es algo difusa, no existe un límite exacto entre una zona ribereña y la que no lo es. Desde una perspectiva hidrológica del paisaje, las zonas ribereñas son generalmente parte de las áreas de descarga ubicadas en los fondos de valles o llanuras aluviales, áreas que cubren normalmente una pequeña fracción del paisaje. Estar ubicado en la interfaz entre tierra y agua, supone que las zonas ribereñas son la última etapa antes de que el agua subterránea se mezcle con el agua transportada en las corrientes fluviales (Grabs, 2010). Las zonas ribereñas están a menudo caracterizadas por altos niveles de agua subterránea y humedad en el suelo, en comparación con el paisaje circundante (Grabs, 2010). Su proximidad a la red de arroyos, así como la combinación de capas freáticas elevadas y suelos húmedos es lo que hace que las zonas ribereñas sean áreas clave para la generación rápida de escorrentía (Hewlett and Hibbert, 1967; Dunne and Black, 1970; Sklash and Farvolden, 1979).

Desde un punto de vista ecológico, las características hidrológicas distintivas de los ecotonos ribereños están a menudo reflejadas por la vegetación ribereña (Nilsson et al., 1991; Jansson et al., 2007b). El alto grado de humedad del suelo, provoca que los

microespacios presentes en la capa más superficial donde se encuentran las raíces estén ocupados por agua, en vez de oxígeno. Estas condiciones anóxicas y la exposición a inundaciones frecuentes representan condiciones extremas que sólo son toleradas por ciertas especies de plantas (Grabs, 2010).

En general, las comunidades de plantas riparias presentan cuatro amplias categorías (no excluyentes) de adaptaciones funcionales útiles para comprender los procesos que conducen a la sucesión de los bosques ribereños y sus patrones de distribución (Naiman y Décamps, 1997):

- Colonizadora o pionera: Plantas productoras de grandes cantidades de propágulos diseminados por el viento y el agua que colonizan sustratos aluviales.
- Rebrotadora: Rebrotos después de la rotura o entierro de tallos o raíces posterior a inundaciones.
- Resistente: Soportan inundaciones constantes durante las etapas de crecimiento, incendios moderados y plagas.
- Restrictiva: Carecen de adaptaciones a tipos de perturbación específicos; individuos germinando en un hábitat desfavorable que no sobreviven.

1.1.1 Bosques tropicales con elevadas precipitaciones

El bosque tropical supone una de las comunidades vegetales más importantes a escala mundial, siendo también una de las zonas más complejas por su multitud y diversidad de especies (Richards, 1996; Whitmore, 1998). Estos biomas tan particulares se deben a varias características ambientales exclusivas de estos ecosistemas como (Poorter et al., 2003):

- Fotoperiodo más corto y constante (no varía con las estaciones).
- Desarrollo homogéneo de las temperaturas.
- Ausencia de estaciones térmicas definidas
- Presencia de estaciones hidrológicas.

Los ecosistemas ribereños representan un elemento fundamental para las cadenas alimenticias. En bosques tropicales húmedos y muy húmedos existe mayor cantidad de biomasa (materia orgánica) que en cualquier otro lugar. Esta es una de las razones por la que estos biomas son tan biodiversos, y aún más los que están cercanos a cuerpos de agua (Ceccon, 2013).

Las zonas ribereñas en este tipo de bosques presentan unas características significativas, ya que sus zonas ribereñas y las no ribereñas tienen una amplia disponibilidad de humedad y son consecuentemente similares en composición (Scatena y Luego, 1995). En este tipo de biomas, no existen patrones de especies arbóreas asociadas exclusivamente a zonas ribereñas, ya que casi todas las especies están representadas cerca de las quebradas/arroyos.

Lo que esto sugiere, es que las zonas ribereñas de un bosque tropical húmedo de montaña incluyen todas las especies arbóreas presentes en el paisaje. (Heartsill et al., 2009b).

1.1.1.1 Sectores de cabecera de cuencas hidrográficas.

Los sistemas de cabecera son áreas donde se origina el agua dentro de una red de canales, caracterizados por interacciones entre procesos hidrológicos, geomorfológicos y biológicos. Comprender las variaciones espaciales y temporales de estos procesos en los sistemas de cabecera es la llave para comprender la diversidad y heterogeneidad de los ecosistemas riparios. Por su aislada geografía, presentan especies genéticamente aisladas, lo que significa un componente importante para la biodiversidad de las cuencas hidrográficas (Gomi et al., 2002).

En los bosques tropicales montanos con elevadas precipitaciones, los sistemas de cabecera albergan quebradas/arroyos con cauces empinados y compuestos fundamentalmente de un sedimento grueso, alternando estas zonas con numerosas cascadas de roca madre (Pike y Scatena, 2010). Este tipo de cauces se ha llamado “flood dominated”, donde las inundaciones torrenciales juegan un papel muy importante y sólo se aprecian deposiciones de sedimentos más finos en gradientes más bajos (Ahmad et al., 1993). Nos situamos en un escenario donde los hidrogramas de alto flujo son cortos y la escorrentía se elimina rápidamente, de modo que las corrientes vuelven al flujo base en cuestión de horas, incluso después de los eventos más grandes (Pike y Scatena, 2010).

Por las características de estos sistemas de cabecera, las laderas de los canales y por ende, la vegetación que los rodea, están sujetas a cambios y perturbaciones constantes, que sin las adaptaciones y características enumeradas en el primer apartado sería imposible su establecimiento y resistencia.

Por todo ello y a la luz de las perturbaciones existentes, también las incluidas por el ser humano, como el cambio climático; los ríos tropicales de montaña pueden usarse como un modelo de sistema natural para examinar los efectos rápidos en impulsores o indicadores abióticos y su influencia en la biodiversidad y función del ecosistema (Encalada et al., 2019).

1.2 Revisión del estado de conocimientos

Situándonos en el contexto de estudio, y teniendo en cuenta que tanto los arroyos tropicales de cabecera como su vegetación suponen un entorno que actúa como indicador directo ante perturbaciones, resulta de vital importancia conocer y estudiar su composición florística, cómo actúan los eventos naturales

perturbadores más frecuentes de estas latitudes (huracanes) y por supuesto la principal afección antrópica, el cambio climático.

La composición florística del Bosque Nacional El Yunque o Bosque Experimental de Luquillo situado al noreste de la isla de Puerto Rico, ha sido estudiada y descrita detalladamente por muchos investigadores desde principios del siglo XX. Bruner (1919) estableció cuatro tipos de bosques basados “en la naturaleza y elevación de la vegetación por conveniencia para su descripción y para ayudar en la preparación de planes de gestión”. Los cuatro tipos de bosques fueron: Ribereño o ripario, de pendientes, Palma de Sierra y Bosque Enano o Bosque de Musgos. Esta clasificación fue redefinida por Wadsworth (1951) quien propuso una nueva nomenclatura asociada directamente a las especies representativas de cada bosque: Bosque de Tabonuco (*Dacryodes excelsa*), Palo colorado (*Cyrilla racemiflora*), Palma de Sierra (*Prestoea montana*) y Bosque Enano. Esta clasificación basada únicamente en los gradientes de elevación fue modificada por Brown et al. (1984), que explicaba que la distribución de la vegetación estaba condicionada tanto por un gradiente altitudinal como topográfico.

Tras estas investigaciones ha habido otros estudios de caracterización y composición florística del bosque (Weaver and Murphy 1990; Waide et al. 1998) pero la mayoría describen los tipos de comunidades vegetales de forma discreta. Sólo se encuentra algunos estudios recientes (Barone et al. 2008; Harris et al. 2012) que explican que la distribución de especies en el perfil altitudinal del Bosque Experimental de Luquillo tiene un enfoque más complejo en cuanto a las comunidades de vegetación, tipos de bosques y asociaciones individuales que el paradigma de los cuatro tipos de bosques que se sugerían.

Las zonas ribereñas de este tipo de bosques, ya comentado en el apartado 1.1.1., no guardan un patrón de especies arbóreas asociadas exclusivamente a zonas ribereñas, por lo que no se visualiza una vegetación característica de estas zonas. La mayoría de las especies arbóreas con diámetros mayores de 10 cm presentan una distribución independiente a la localización de los arroyos (Heartsill et al., 2009b). Sin embargo, la abundancia de especies no se encuentra en la misma proporción en todos los gradientes altitudinales y longitudinales, destacando especies que son típicamente de zonas premontanas, otras que están presentes con elevada abundancia en todos los gradientes altitudinales y otras que son especies puramente de montaña. Además, y con independencia de la abundancia de las diferentes especies presentes, la densidad de tallos por superficie ocupada cerca de las quebradas/arroyos es superior que la densidad de zonas alejadas de estas (Harris et al., 2012).

Los huracanes son un acontecimiento ciclónico que da forma o modifica la mayoría de los ecosistemas que se encuentran afectados por él. Los bosques son uno de los ecosistemas más perturbados tras el paso de estos sucesos, por ello resulta de vital importancia conocer los efectos que producen en la vegetación, y más concretamente en las especies arbóreas (López-Marrero et al., 2019).

Puerto Rico es una de las islas del Caribe con un largo historial de sucesos ciclónicos (1900-2017), destacando dos de los huracanes más recientes que causaron estragos en toda la isla, Huracán Irma y Huracán María en Septiembre de 2017 (Figura 1.1), ambos de categoría 5 (Bueno, 2017).

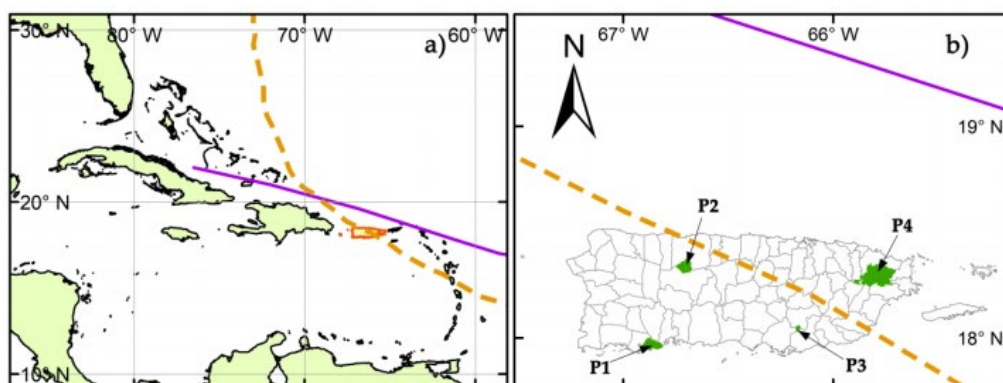


Figura 1.1. (a) Trayectoria Huracán Irma (línea morada) y Huracán María (línea punteada naranja) en la zona del Caribe (La isla de contorno naranja es Puerto Rico); (b) Localización del Bosque Nacional el Yunque o Bosque Experimental de Luquillo (P4). Modificado de Liu et al., (2018)

Los efectos causados sobre la vegetación por el huracán, son mucho más visibles en este tipo de bosque. Estos efectos presentan a corto plazo un cambio drástico de la estructura, composición y diversidad de las especies. En el largo plazo, presentan procesos de selección natural, en el que sólo las especies capaces de aguantar este tipo de perturbaciones perduran (López-Marrero et al., 2019). Para determinar la magnitud de estos eventos ciclónicos, antes de los huracanes Irma y María (2017), el Bosque Experimental de Luquillo, junto a tres bosques más, presentaba una caída de materia orgánica anual al suelo con los siguientes porcentajes: 50-81% de hojarasca, 16-44% de madera y ramas y 3-6% de órganos reproductores. Tras el paso instantáneo de los huracanes, la producción de materia orgánica anual total aumentó entre el 95-171%, con un aumento del 63-88% para hojarasca y del 122-763% para madera respecto a su caída anual. Por lo que el incremento en la caída inducida por los huracanes fue del 30-45% de hojarasca y del 55-70% de madera (Liu et al., 2018). Estos datos nos indican que los huracanes son acontecimientos que destruyen una parte muy importante de la cubierta arbórea del bosque. Esta apertura del dosel, permite el paso de la luz generando una fase de reconstrucción o proliferación de las especies pioneras (Lugo, 2008).

Muchos son los estudios que analizan y cuantifican los efectos producidos por los huracanes en las zonas caribeñas, y en particular en la isla de Puerto Rico (Walker, 1991; Weaver et al., 1994; Lin et al., 2003; Lugo, 2008; Heartsill-Scalley, 2017; Liu et al.,

2018). Todos ellos están centrados en los efectos inmediatos o a muy corto plazo que estos generan: pérdida de la cubierta arbórea y rotura de árboles, cambios en el ciclo de nutrientes del suelo, cambios en la diversidad y biomasa del suelo y pequeños invertebrados (Vitousek, 1984), aumentos de concentraciones de CO₂ del suelo a la atmósfera (Sayer et al., 2007) y mortalidad de plántulas (Scariot, 2000). Sin embargo, no se encuentran muchos artículos (Shiels et al., 2014; Zimmerman et al. 2014; Shiels et al. 2015) que determinen un efecto posterior (no tan inmediato) como es el de caracterizar la composición y diversidad de las especies regeneradas o pioneras unos años después desde el paso de los huracanes.

El cambio climático, es una realidad a nivel mundial que afecta y modifica la mayoría de procesos biológicos. Los bosques tropicales, son uno de los mayores responsables en la mitigación del cambio climático, así como los primeros indicadores de este (Beer et al., 2010). Estos ecosistemas, suponen un escenario imprescindible en la fijación del dióxido de carbono y regulación de los ciclos del agua a escala mundial (Bonafant et al., 2016). Es tal la importancia de estos bosques que son capaces de almacenar el 25 % del carbono terrestre, alrededor de tres mil millones de toneladas de carbono al año (Beer et al., 2010). Se prevé que el cambio climático actuará en estos ecosistemas creando bosques neotropicales más secos y cálidos a las condiciones actuales (Bachelot et al., 2020). Las predicciones más optimistas muestran que la temperatura mundial en las próximas dos décadas aumentará 2°C y que los patrones de precipitaciones cambiarán, creando escenarios con muchas partes de los trópicos cada vez más secos (Anderson, 2011). Estas nuevas condiciones provocadas por un rápido cambio climático, provocarán que la función de los bosques tropicales como sumideros de carbono disminuya (Feng et al., 2018).

El estudio del cambio climático es algo relativamente reciente en nuestra sociedad. Se han hecho experimentos simulando estas condiciones de sequía y aumento de las temperaturas para examinar efectos sobre los ecosistemas tropicales y su vegetación (Feng et al., 2018). Sin embargo, existe una comprensión limitada de como las plantas tropicales responderán al cambio climático (Booth et al. 2012; Piao et al., 2013).

Bajo las condiciones de sequía citadas, los primeros cuerpos de agua afectados serán los que menor cantidad de agua presenten, situando a los arroyos de cabecera como principal escenario de estudio, así como su vegetación.

1.3 Justificación

Este experimento se incluye dentro del proyecto StreamFRE (Stream Flow Reduction Experiment), perteneciente al programa Luquillo-LTER (Long Term Ecological Research), el cual tiene un periodo de vida estimado de al menos 10 años, desde 2016 a 2026. Este proyecto pretende dar respuesta a dos hipótesis: 1) “un aumento de la frecuencia de sequías irá acompañado de una disminución de la corriente de los ríos, mayor cantidad de hojarasca acumulada, cambios en la dinámica trófica de las quebradas y mayores tasas de descomposición de hojarasca” y 2) “los efectos acumulativos que ocurrirán como consecuencia de la sequía serán: reducción de aportes a las cadenas tróficas forestales por parte de insectos acuáticos emergentes y camarones, aumentos en la producción primaria algal, respuesta de vegetación ribereña y efectos sobre predadores riparios entre otros”. El estudio de la reducción de flujo será puesto en práctica con la colocación de un dique de contención no permanente en la quebrada experimental (Quebrada Prieta B) en 2020. Ello provocará una reducción severa del caudal, simulando la condición de sequía y permitiendo su estudio.

StreamFRE no incluía una caracterización de la vegetación ribereña circundante al área experimental, por lo que no se tenía cuantificada ni la composición, ni la estructura de dichas comunidades vegetales. Por eso este experimento pretende dar respuesta al desconocimiento de su composición florística tras el paso de un acontecimiento ciclónico como el huracán. Pero más aún, dará a conocer el estado de la vegetación antes del inicio del experimento de reducción de flujo y nos llevará a poder adjudicar efectos sobre la vegetación ribereña.

Para la caracterización de la zona StreamFRE se analizaron otras parcelas ribereñas exentas al experimento de reducción de flujo, denominadas “control”. Lo ideal previo al experimento de reducción de flujo, sería: 1) Que se tenga certeza de en que condiciones esta la vegetación ribereña en ambas zonas (experimental y control) antes de comenzar el experimento; 2) Que las condiciones, estructura y composición de especies de la vegetación ribereña, en ambas zonas ribereñas (experimental y control), sea similar antes de comenzar el experimento; 3) Que la vegetación ribereña en ambas zonas, se continúe midiendo/muestreando durante el transcurso del experimento para entonces documentar cualquier cambio en las condiciones de la vegetación ribereña.

2 Objetivos

Objetivo general: El objetivo principal de este Trabajo de Fin de Grado es caracterizar la estructura arbórea y composición de especies (previo al escenario de condiciones de sequía y en un periodo post-huracán) de las zonas ribereñas en los sectores de cabecera de un bosque tropical montano bajo en el Bosque Experimental de Luquillo, área de investigación El Verde, Puerto Rico (Figura 2.1). Este objetivo general incluye los siguientes objetivos específicos:

- (i) Determinación de la composición de especies vegetales (riqueza de especies e índices de diversidad) y estructura arbórea (densidad de tallos, área basimétrica y biomasa) de las parcelas ribereñas inventariadas.
- (ii) Grado de similitud de las parcelas ribereñas sujetas a la reducción de flujo de StreamFRE con otras zonas ribereñas bajo las mismas condiciones ambientales (Parcelas ribereñas LFDP + parcela QPA de StreamFRE).
- (iii) Análisis y cuantificación de los efectos producidos por los huracanes Irma y María (2017) en la vegetación de las parcelas ribereñas inventariadas del LFDP. Atendiendo a densidades poblacionales antes y después del huracán, proliferación de especies pioneras y daños producidos en la masa remanente (Figura 2.2).

Riparian Vegetation - StreamFRE 2019

Map by Alberto Pastor Ibáñez, May 5, 2020

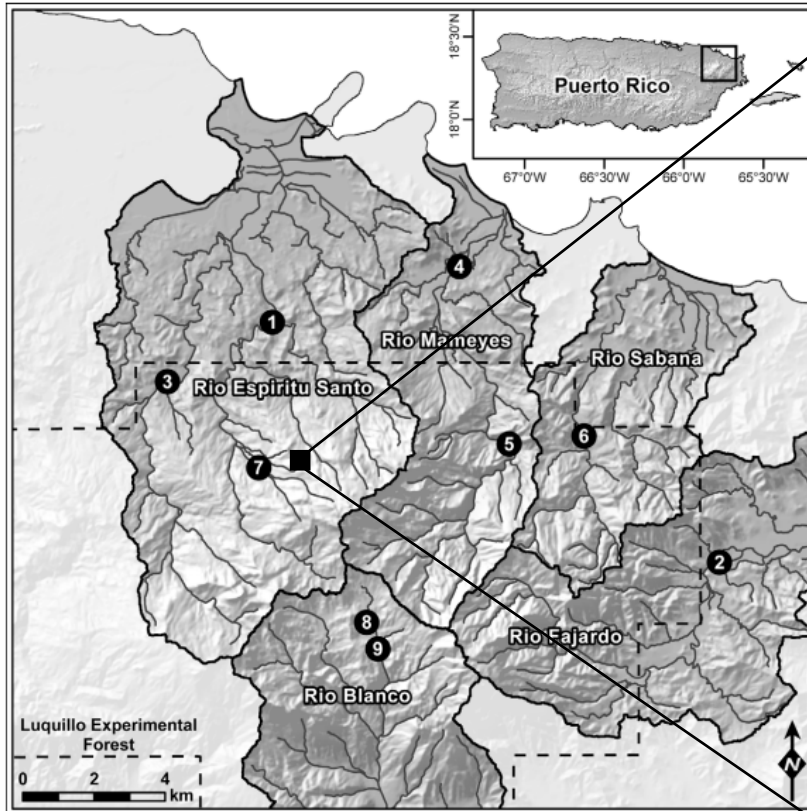


Figura 2.1. El mapa muestra las cuencas hidrográficas presentes en el Luquillo Experimental Forest (Contorno punteado). El cuadrado negro, muestra el área de estudio del presente experimento, situada en el sector de cabecera de la cuenca hidrográfica del Río Espíritu Santo. Modificado de Pike and Scatena, (2010).

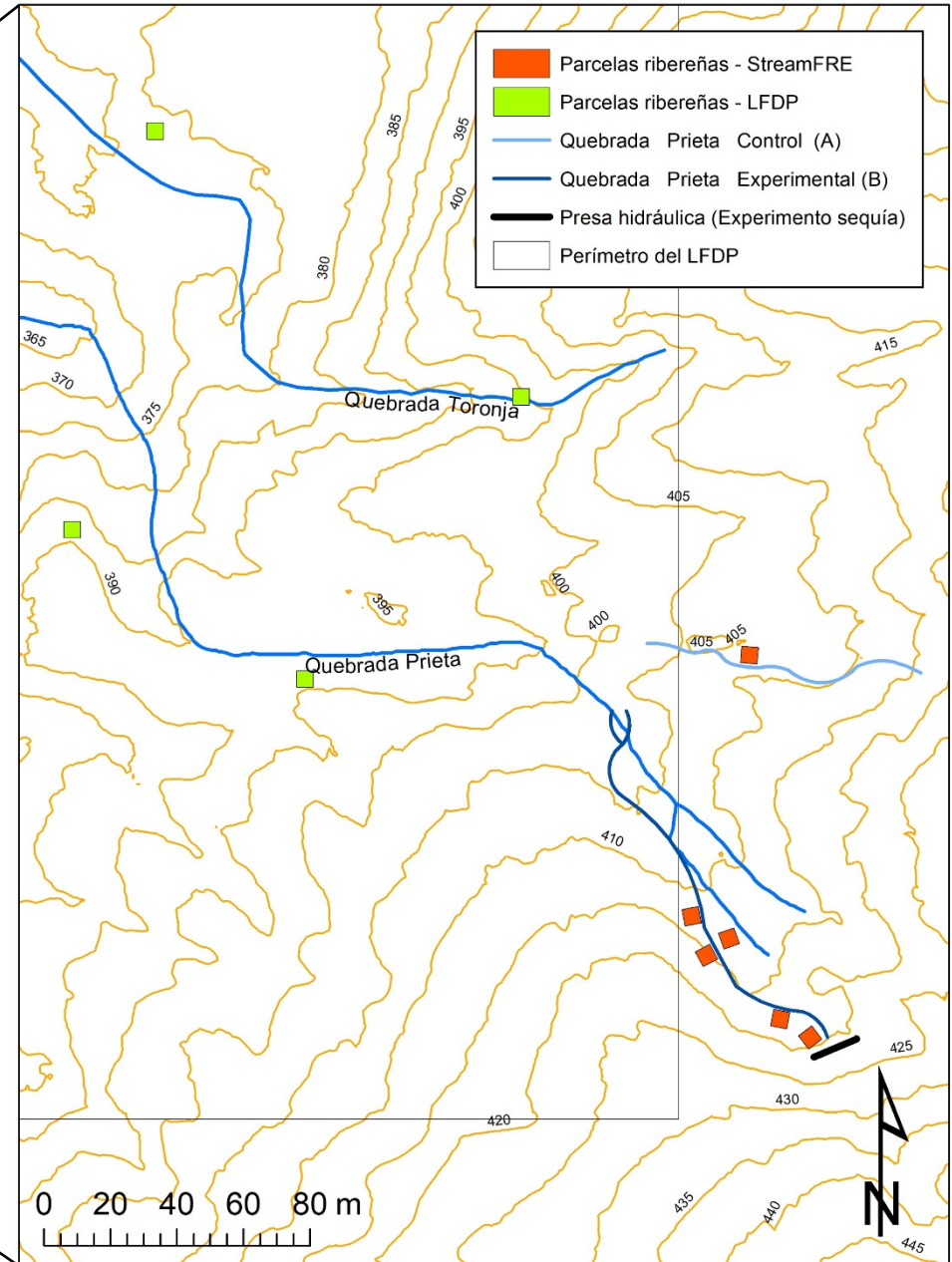


Figura 2.2. Los cuadrados verdes (Parcelas ribereñas – LFDP) muestran las parcelas de análisis post-huracán y con las que se van a comparar las parcelas ribereñas -StreamFRE (cuadros rojos). 5 parcelas expuestas a experimento de sequía en Quebrada Prieta Experimental (B) y 1 parcela control en Quebrada Prieta Control (A).

3 Material y Métodos

3.1 Área de estudio

3.1.1 Puerto Rico, historial de huracanes

Puerto Rico, estado libre asociado de los Estados Unidos, es la última isla hacia el este de las Antillas Mayores dentro de la zona del Caribe. Presenta una población de aproximadamente 3.200.000 personas, con una densidad poblacional de 360 personas/km², donde la mayoría de la población se alberga en las zonas costeras. Esta isla presenta una gran superficie cubierta por bosque, que representa hasta el 55% de la superficie global (Figura 3.2). Estos bosques van desde manglares y bosques secos en las regiones costeras y marítimas, hasta bosques tropicales montanos a diferentes elevaciones en regiones húmedas con elevadas precipitaciones (Figura 3.1) (López et al., 2019).

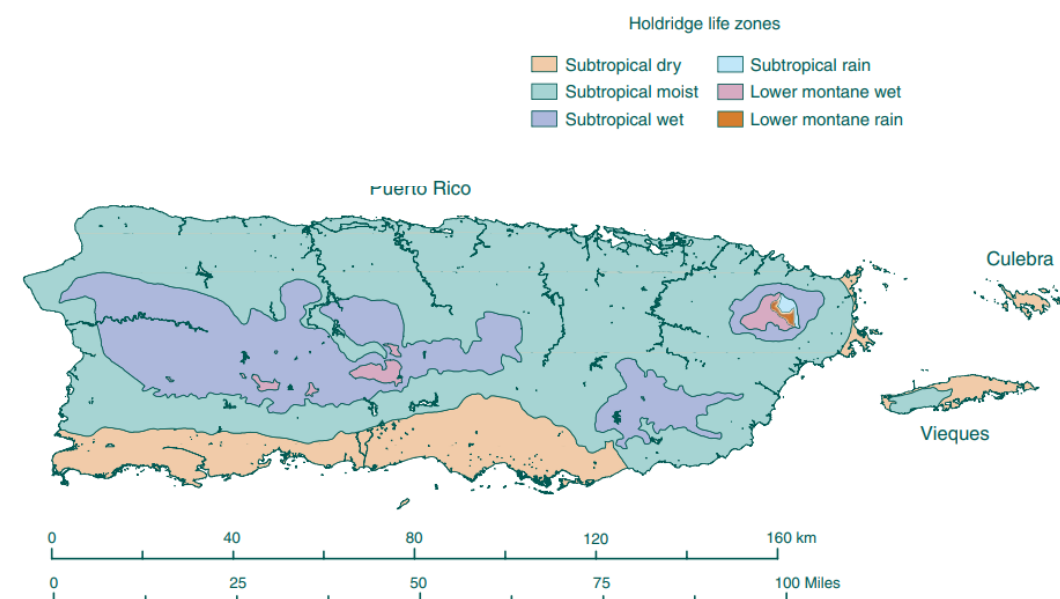


Figura 3.1. Zonas bioclimáticas de Puerto Rico. Modificado de Brandeis et al. (2007)

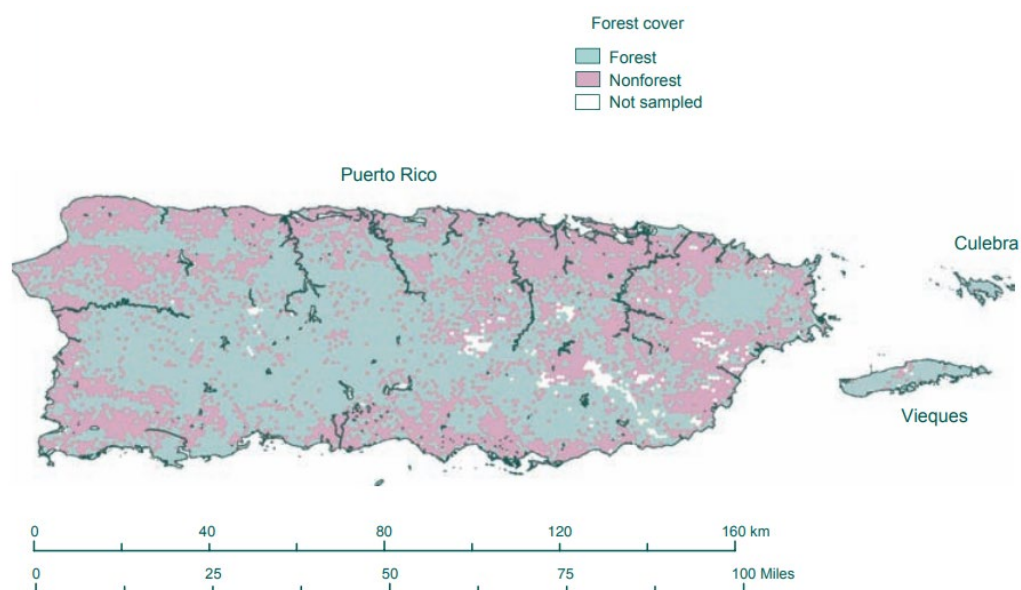


Figura 3.2. Uso del terreno. Modificado de Brandeis et al. (2007)

La posición geográfica de Puerto Rico, situada en la Cuenca del Atlántico, es una zona expuesta a ciclones tropicales constantes que afectan a la totalidad de la isla o partes aisladas, dependiendo de las trayectorias y categoría de los acontecimientos ciclónicos. Las épocas en la que tienen lugar estos sucesos son de junio a noviembre, con la mayoría de las tormentas en agosto y septiembre (López y Castro, 2017).

Puerto Rico presenta un largo historial de actividades ciclónicas desde 1867, siendo una de las islas del Caribe más afectada por estos acontecimientos. Noventa y cuatro ciclones pasaron sobre Puerto Rico o sus alrededores (como máximo a 138 km de la costa) desde finales del siglo XIX hasta hoy en día. Estos acontecimientos ciclónicos se encuentran repartidos entre tormentas y huracanes, 45 fueron tormentas tropicales y 44 fueron huracanes. Veintitrés de estos huracanes fueron clasificados de baja intensidad (inferior a categoría 3) y los restantes fueron intensos, destacando 7 de categoría 4 y 3 de categoría 5.

Algunos de los huracanes más devastadores que afectaron la isla fueron: San Ciriaco (1899), San Felipe II (1928), Hugo (1989), Georges (1998) y María (2017).

Acontecimientos que por su intensidad de vientos y lluvias causaron estragos en toda la isla (Figura 3.3) (López y Castro, 2017).

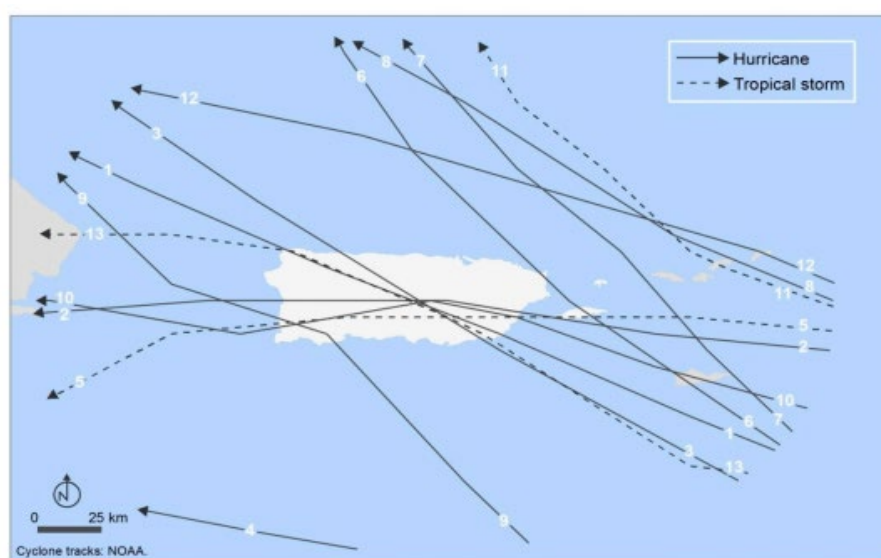


Figura 3.3. Trayectorias de alguno de los huracanes y tormentas más intensas que afectaron la isla de Puerto Rico. 1. San Felipe II (1928) 6. Hugo (1989) 10. Georges (1998) Modificado de López et al., (2019)

3.1.2 Bosque Nacional El Yunque o Bosque Experimental de Luquillo

El Bosque Experimental de Luquillo, situado al noreste de la isla de Puerto Rico (Figura 3.4), es el único bosque tropical lluvioso que presenta el Sistema de Bosques Nacionales de los Estados Unidos. Los picos de la Sierra de Luquillo que forman el bosque superan los 1000 metros de altitud. Debido a esto y a la relativa cercanía al océano, las masas de aire que traen los vientos alisos del este cargados en humedad se acumulan y precipitan con abundancia, siendo esta precipitación cuatro veces mayor que en la costa cercana (Quiñones et al., 2018). Este tipo de lluvia se conoce como lluvia orográfica y es aquella que ocurre por la topografía o el relieve de las montañas. En la lluvia orográfica las nubes están cerca de la montaña, a relativamente baja elevación y con lluvias de gotas regularmente pequeñas (Heartsill et al., 2006). Aunque

la mayoría de los eventos de lluvia en este bosque son producidos por la lluvia orográfica, otros eventos como las tormentas tropicales y los huracanes también traen precipitación al bosque.

A pesar de que esta lluvia es una de las características más significativas de este bosque, no es el único factor que lo hace tan particular; las lluvias de convección, las ondas alisias o tropicales procedentes del este con aire del océano Atlántico, las depresiones y vaguadas, el polvo del Sahara y los huracanes son factores que también influyen y caracterizan al Bosque Experimental de Luquillo (Heartsill et al. 2006). Este bosque nuboso presenta gran cantidad de especies endémicas. La mayoría de los remanentes de los bosques primarios más antiguos se encuentran en elevaciones más altas, mientras que en las tierras bajas hay bosques jóvenes secundarios (Quiñones et al., 2018).

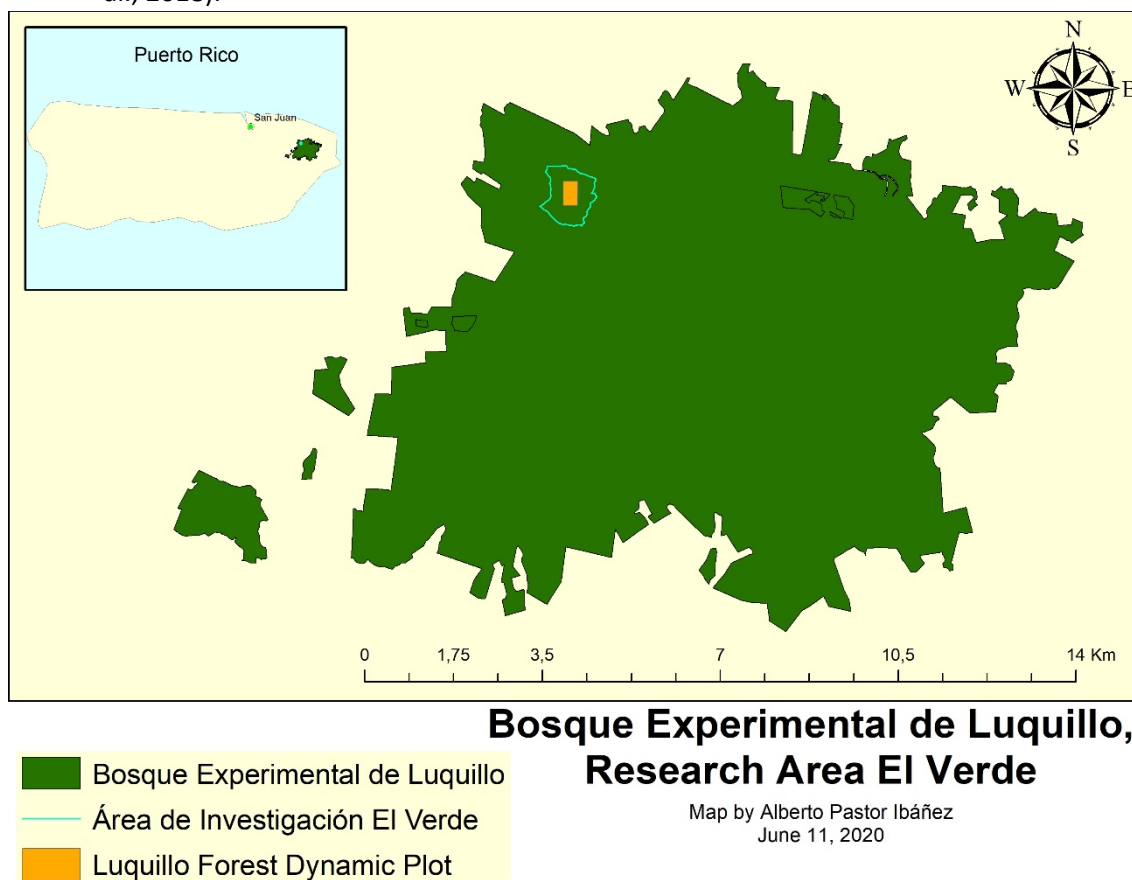


Figura 3.4. Representación espacial del área de estudio desde una escala mayor a una escala de detalle.

A continuación, describiremos algunas de las características de este bosque (Quiñones et al., 2018):

- Condiciones climáticas:

Las características climatológicas generales de la isla de Puerto Rico oscilan entre los 25,6 °C de temperatura media y 1400 mm de precipitaciones al año con los meses de enero y febrero más secos (Figura 3.5). Ha diferencia de estos, el Luquillo Experimental Forest presenta un clima tropical marítimo, con precipitaciones medias anuales de 3860 mm para el bosque completo (aumenta con la elevación). Las temperaturas promedio oscilan entre los 22°C para los meses de noviembre a enero y entre los 30°C para los meses de abril a octubre.

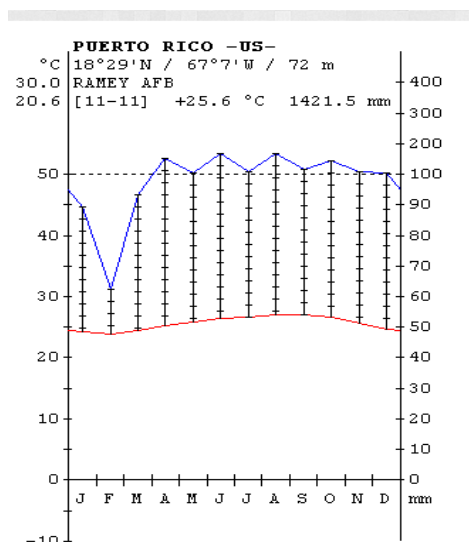


Figura 3.5. Climodiagrama Ramey (Aguadilla), Puerto Rico. (GLOBALBIOCLIMATICS.ORG)

- Datos generales:**
 Engloba una extensión total 11.540 ha, en el cual alberga más de 1000 especies de plantas vasculares, 225 especies nativas de árboles (60 endémicas de Puerto Rico, 8 endémicas de la Sierra de Luquillo). En cuanto a su hidrología, presenta 7 cuencas hidrográficas dentro del bosque con 10 grandes ríos.
 Topografía variada, con elevaciones de 120 a 1074 m sobre el nivel del mar (5 picos con elevaciones de más de 1000 m). El tipo de suelo predominante es la roca volcánica.
- Suelos hídricos:**
 La mitad de la superficie de El Yunque está cubierta por suelos predominantemente hídricos, zonas inundadas o saturadas de agua donde se desarrollan condiciones anaeróbicas en el suelo (Figura 3.6). Estas condiciones alteran las reacciones biológicas y químicas del suelo, que crean propiedades únicas donde solo los organismos y plantas hidrófilas pueden sobrevivir. La mayor parte de los suelos hídricos se encuentra cerca de los picos a más de 600 m de altitud, donde aproximadamente comienzan a desarrollarse las nubes de la lluvia orográfica.

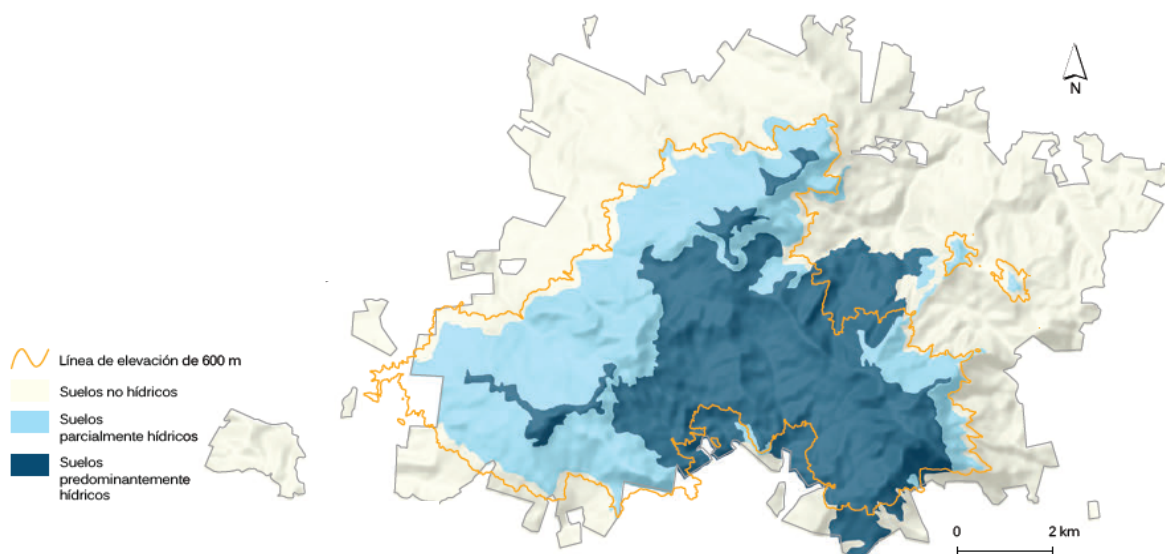


Figura 3.6. Suelos hídricos El Yunque. Modificado de Quiñones et al. (2018)

- Cobertura del terreno:

El Bosque Experimental de Luquillo, está considerado como un bosque tropical lluvioso cerrado, lo que significa que el dosel de copa supera el 80 % de la fracción de cabida cubierta (Figura 3.7) (Quiñones et al., 2018). Sin embargo, a día de hoy, hay diferencias significativas en el porcentaje de dosel (Figura 3.8) debido al paso del Huracán María (Scatena et al., 1996). Antes de este suceso el bosque no disponía de sotobosque aparente (Figura 3.9) (Royo et al., 2011), después del huracán, el dosel se redujo permitiendo una mayor incidencia solar al suelo, favoreciendo entonces la proliferación de sotobosque (Figura 3.10), el cual representa actualmente más del 90 % de cobertura (Soto y Heartsill, 2018). Por lo tanto, nos encontramos en un periodo de transición entre la perturbación generada por el huracán y la estabilización del bosque por alcanzar el estrato dominante, donde se podrá apreciar la evolución de las especies supervivientes al agente perturbador y la proliferación de las especies pioneras.



Figura 3.7 Bosque Experimental de Luquillo antes del huracán María 2017. Autor: María Ocasio Torres



Figura 3.8 Bosque Experimental de Luquillo una semana después del huracán María 2017. Autor: María Ocasio Torres



Figura 3.9 Quebrada Prieta Experimental, Área de Investigación El Verde, Bosque Experimental de Luquillo antes del Huracán María. Nula presencia de sotobosque. Autor: Pablo Gutiérrez Fonseca.



Figura 3.10 Quebrada Prieta Experimental, Área de Investigación El Verde, Bosque Experimental de Luquillo dos años después del Huracán María. Presencia de sotobosque y una apertura del estrato dominante. Autor: Alberto Pastor Ibáñez

- Vegetación del bosque:

La vegetación de la Sierra de Luquillo está influenciada por la evolución, el clima, las perturbaciones naturales, la historia del uso de terrenos y el gradiente altitudinal que se eleva abruptamente a más de 1000 metros sobre el nivel del mar a una corta distancia de este (8 km). Los tipos de bosque en El Yunque no son homogéneos ni estáticos y sus fronteras no siempre son fáciles de demarcar (Figura 3.11) (Harris et al., 2012).

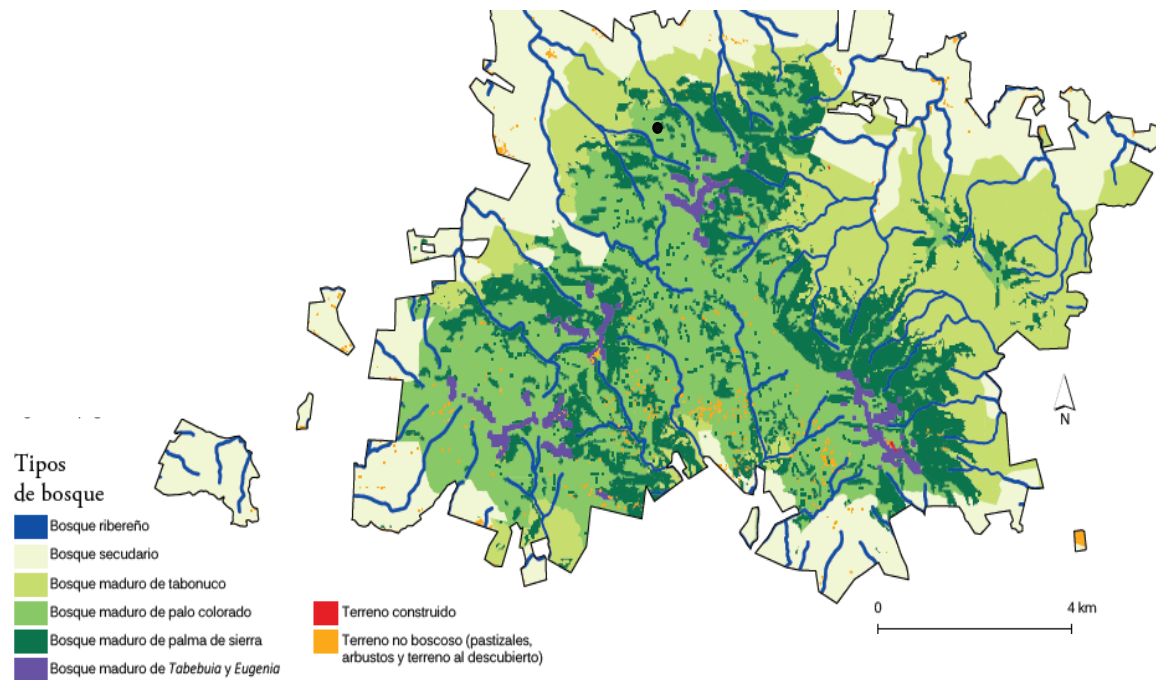


Figura 3.11. Clasificación de la vegetación del bosque en función del gradiente altitudinal. El punto negro simboliza la posición aproximada del presente estudio, en el que se puede ver que la vegetación predominante es El Bosque maduro de palo colorado (*Cyrilla racemiflora* L.) con Bosque maduro de palma de sierra (*Prestoea acuminata* (Willd.) H.E. Moore var. *montana* (Graham) A.J. Hend. & Galeano). Modificado de Quiñones et al. (2018)

3.1.3 Área de Investigación El Verde

Esta es una de las parcelas de estudio a largo plazo del Luquillo-Long Term Ecological Research (LTER), programa iniciado en 1988 para el estudio de los efectos a largo plazo de las perturbaciones naturales o antrópicas en los bosques tropicales y arroyos en el Bosque Experimental de Luquillo. Parcela establecida en 1943 (Drew et al., 2009), situada al noroeste del Bosque Experimental de Luquillo, con una superficie aproximada de 105 ha (Figura 3.4). Área situada a unos 420 m sobre el nivel del mar en el que el tipo de bosque predominante es el Bosque de Tabonuco (Drew et al., 2009). En ella se estudian y evalúan los patrones naturales y los cambios debidos a huracanes y otras perturbaciones. Algunos parámetros o variables estudiadas en este bosque son: el clima, la fenología de la floración y la fructificación de los árboles comunes, la química y descarga de las aguas de arroyos y las poblaciones de animales (camarones, coquíes, lagartos, caracoles e insectos).

3.1.4 Luquillo Forest Dynamic Plot (LFDP)

El Luquillo Forest Dynamic Plot, anteriormente conocido como Hurricane Recovery Plot (Zimmerman et al., 1994) y The Luquillo long-term ecological research grid (Soil Survey 1995), es una parcela de 16 ha en el interior del Área de Investigación El Verde (Figura 3.4). La parcela tiene una longitud de 500 m por 320 m de ancho y está dividida en 400 cuadrantes de 20 x 20 m (Figura 3.12), con cada cuadrante subdividido en 16 subcuadrantes de 5x5 m (Figura 3.13).

THE LFDP “BIG GRID”
400 20x20m Quadrats (arranged in a rectangle, 25 rows N-S by 16 columns E-W)

25	01,25	02,25	03,25	04,25	05,25	06,25	07,25	08,25	09,25	10,25	11,25	12,25	13,25	14,25	15,25	16,25
24	01,24	02,24	03,24	04,24	05,24	06,24	07,24	08,24	09,24	10,24	11,24	12,24	13,24	14,24	15,24	16,24
23	01,23	02,23	03,23	04,23	05,23	06,23	07,23	08,23	09,23	10,23	11,23	12,23	13,23	14,23	15,23	16,23
22	01,22	02,22	03,22	04,22	05,22	06,22	07,22	08,22	09,22	10,22	11,22	12,22	13,22	14,22	15,22	16,22
21	01,21	02,21	03,21	04,21	05,21	06,21	07,21	08,21	09,21	10,21	11,21	12,21	13,21	14,21	15,21	16,21
20	01,20	02,20	03,20	04,20	05,20	06,20	07,20	08,20	09,20	10,20	11,20	12,20	13,20	14,20	15,20	16,20
19	01,19	02,19	03,19	04,19	05,19	06,19	07,19	08,19	09,19	10,19	11,19	12,19	13,19	14,19	15,19	16,19
18	01,18	02,18	03,18	04,18	05,18	06,18	07,18	08,18	09,18	10,18	11,18	12,18	13,18	14,18	15,18	16,18
17	01,17	02,17	03,17	04,17	05,17	06,17	07,17	08,17	09,17	10,17	11,17	12,17	13,17	14,17	15,17	16,17
16	01,16	02,16	03,16	04,16	05,16	06,16	07,16	08,16	09,16	10,16	11,16	12,16	13,16	14,16	15,16	16,16
15	01,15	02,15	03,15	04,15	05,15	06,15	07,15	08,15	09,15	10,15	11,15	12,15	13,15	14,15	15,15	16,15
14	01,14	02,14	03,14	04,14	05,14	06,14	07,14	08,14	09,14	10,14	11,14	12,14	13,14	14,14	15,14	16,14
13	01,13	02,13	03,13	04,13	05,13	06,13	07,13	08,13	09,13	10,13	11,13	12,13	13,13	14,13	15,13	16,13
12	01,12	02,12	03,12	04,12	05,12	06,12	07,12	08,12	09,12	10,12	11,12	12,12	13,12	14,12	15,12	16,12
11	01,11	02,11	03,11	04,11	05,11	06,11	07,11	08,11	09,11	10,11	11,11	12,11	13,11	14,11	15,11	16,11
10	01,10	02,10	03,10	04,10	05,10	06,10	07,10	08,10	09,10	10,10	11,10	12,10	13,10	14,10	15,10	16,10
9	01,09	02,09	03,09	04,09	05,09	06,09	07,09	08,09	09,09	10,09	11,09	12,09	13,09	14,09	15,09	16,09
8	01,08	02,08	03,08	04,08	05,08	06,08	07,08	08,08	09,08	10,08	11,08	12,08	13,08	14,08	15,08	16,08
7	01,07	02,07	03,07	04,07	05,07	06,07	07,07	08,07	09,07	10,07	11,07	12,07	13,07	14,07	15,07	16,07
6	01,06	02,06	03,06	04,06	05,06	06,06	07,06	08,06	09,06	10,06	11,06	12,06	13,06	14,06	15,06	16,06
5	01,05	02,05	03,05	04,05	05,05	06,05	07,05	08,05	09,05	10,05	11,05	12,05	13,05	14,05	15,05	16,05
4	01,04	02,04	03,04	04,04	05,04	06,04	07,04	08,04	09,04	10,04	11,04	12,04	13,04	14,04	15,04	16,04
3	01,03	02,03	03,03	04,03	05,03	06,03	07,03	08,03	09,03	10,03	11,03	12,03	13,03	14,03	15,03	16,03
2	01,02	02,02	03,02	04,02	05,02	06,02	07,02	08,02	09,02	10,02	11,02	12,02	13,02	14,02	15,02	16,02
1	01,01	02,01	03,01	04,01	05,01	06,01	07,01	08,01	09,01	10,01	11,01	12,01	13,01	14,01	15,01	16,01

20m

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16
COLUMNS

Figura 3.12. Representación gráfica de las cuadrículas de 20x20m del Luquillo Forest Dynamic Plot (LFDP). Cada cuadrícula referenciada por su número de columna y su número de fila. Autor: Jamaris Torres

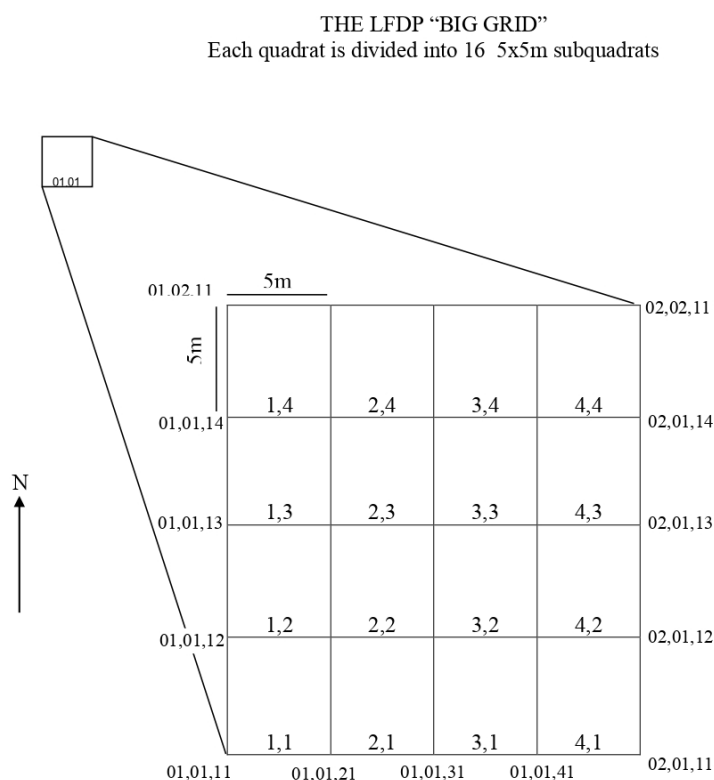


Figura 3.13. Representación gráfica de cada 20x20m, subdividido en 16 cuadrantes 5x5m. Cada subcuadrícula está referenciada con su columna y su fila dentro del 5x5m y de cada cuadrícula 20x20m. Autor: Jamaris Torres

El LFDP, al igual que el Área de Investigación El Verde, suponen dos parcelas permanentes pertenecientes al Center for Tropical Forest Science (CTFS, Smithsonian) desde 1988, que contribuyen a comprender el funcionamiento y predicción de los bosques tropicales.

Los huracanes y los diferentes usos del terreno han sido y son perturbaciones que interactúan e influyen en la dinámica de la comunidad y la composición de las especies en el LFDP. El área norte (aproximadamente dos tercios de la parcela) fue perturbada por la tala de árboles y la agricultura hasta 1934, cuando el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos compró la tierra. El tercio sur no fue cultivado y solo sufrió perturbaciones relativamente leves por la tala selectiva (Zimmerman et al., 1994). La distribución de especies como resultado de la historia del uso de la tierra interactúa con la perturbación de huracanes, ya que las especies que colonizan la parte norte del LFDP son más susceptibles al daño por huracanes (Zimmerman et al., 1994).

3.1.5 Parcelas ribereñas inventariadas

El experimento consta de 10 parcelas de 5 x 5 m cada una, localizadas a lo largo de quebrada Prieta y quebrada Toronja, dos arroyos permanentes pertenecientes al sector de cabecera estudiado. Situadas entre los 370 y 450 m de altitud, han sido estudiadas las características botánicas, dendrométricas y fisiológicas de todos los tallos que medían igual

o más de un centímetro de diámetro a la altura de 130 cm (altura cambiante dependiendo de la morfología del fuste). Entre las 10 parcelas, 8 han sido localizadas en quebrada Prieta y 2 en quebrada Toronja. Atendiendo al rango altitudinal en el que se encuentran las clasificamos de la siguiente manera: 6 de las 8 se sitúan en la parte más alta del sector de cabecera entre los 410-450 m de altitud, las cuales se distribuyen en dos afluentes de quebrada Prieta, 5 parcelas en la quebrada “experimental” o QPB (parcelas que se van a ver afectadas por una reducción de flujo por la construcción de una presa hidráulica desde Agosto de 2020; actuación del proyecto StreamFRE) y 1 en quebrada “control” o QPA (parcela exenta a la reducción de flujo y que actuará como comparativa frente a las 5 parcelas en experimentación). Las 4 restantes, dos en quebrada Toronja y dos en quebrada Prieta están situadas en la parte inferior del sector de cabecera entre los 370-410 m de altitud dentro de la zona experimental “Luquillo Forest Dynamic Plot” (LFDP), las cuales ya existían (Figura 3.14). Estas cuatro últimas parcelas serán parcelas control junto con la parcela QPA para la comparativa con las parcelas de StreamFRE y también serán objeto de los efectos producidos por el huracán María en 2017, comparándolas antes y después del acontecimiento ciclónico.

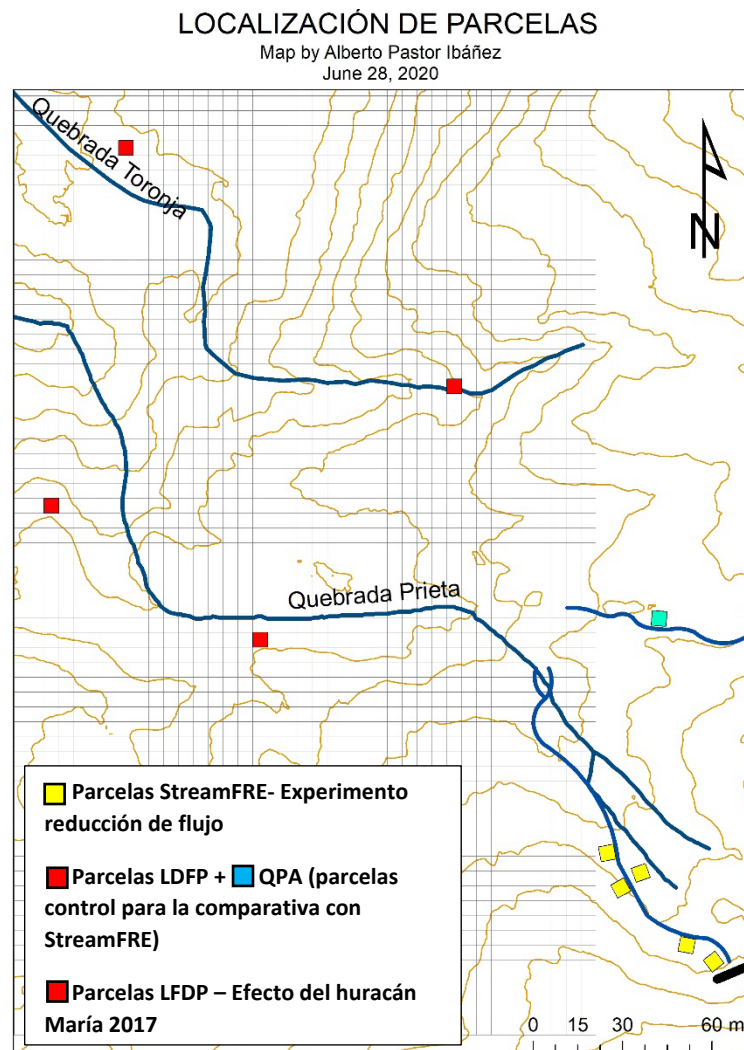


Figura 3.14. Localización de las parcelas ribereñas en función de los objetivos del presente estudio

En el apartado de diseño experimental, todos los protocolos de establecimiento y medición de las parcelas están fundamentadas y/o modificadas de Condit (1998).

3.2 Diseño Experimental

3.2.1 Protocolo de establecimiento de parcelas StreamFRE

3.2.1.1 Estudio y localización de parcelas

Localización de 5 parcelas ribereñas en Quebrada experimental (Quebrada Prieta B) y 1 parcela ribereña en Quebrada control (Quebrada Prieta A). Todas ellas situadas fuera del Luquillo Forest Dynamic Plot (LFDP).

El límite del LFDP en Quebrada Prieta B se encuentra en la poza 9 y en Quebrada Prieta A en la poza 3 (**Figura 3.15**).

Riparian Vegetation Plots - StreamFRE 2019

Map by Alberto Pastor Ibáñez, 26 April, 2020

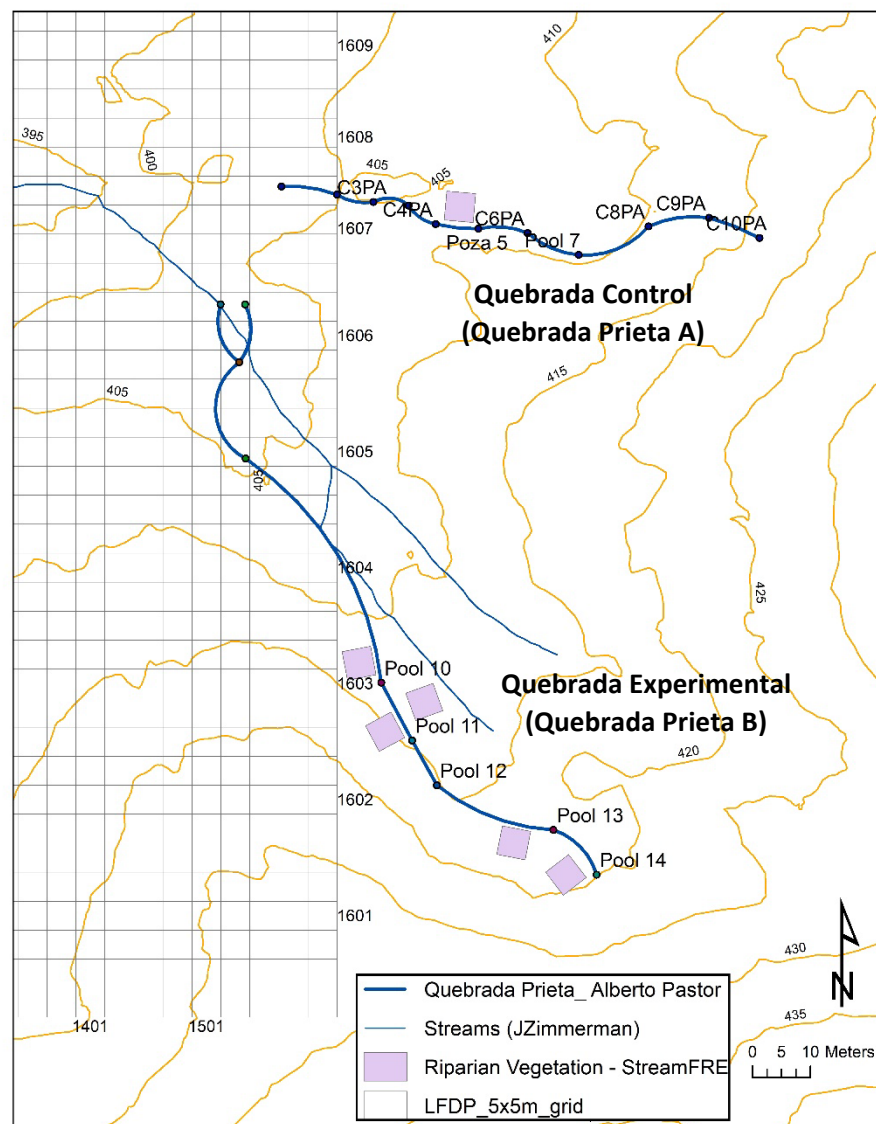


Figura 3.15. Localización de las parcelas de StreamFRE en función de la posición de las pozas localizadas a lo largo de la quebrada. Las siglas C3PA, C4PA, C6PA, C8PA, C9PA, C10PA simbolizan la posición de las diferentes pozas.

Para la localización de las parcelas o identificación de las zonas potenciales de localización se atiende básicamente a cuatro premisas:

- Forma geométrica cuadrangular de las parcelas, debido a que nuestra intención es poder realizar una comparación directa de nuestra información del censo de árboles con la información presente en los cuadrantes de 5x5 m del LFDP. Sin esta representación cuadrangular, se perdería la posibilidad de hacer una comparación directa, teniendo que hacer extrapolaciones y aplicar otros recursos.
- Todas las parcelas deben ser morfológicamente similares entre sí; se pretende buscar una homogeneidad vegetativa que sea representativa o que pueda ser representativa de lo que simbolizaría el total del área ribereña.
- Todas las parcelas deben tener similar inclinación, evitando las pendientes muy pronunciadas. Este es un requisito importante ya que, si colocamos parcelas a una distancia relativamente pequeña en este tipo de hábitats, donde las crecidas por tormentas torrenciales son comunes, podría existir la posibilidad de desprendimientos de laderas y por tanto la pérdida de la vegetación presente en nuestra zona de estudio.
- Deben situarse lo más cerca posible del cauce del río, evitando siempre las veredas de paso y cualquier tipo factor antrópico. Este apartado es esencial para clarificar que nos encontramos en zona ribereña y no en otra más alejada a ella. La distancia escogida fue de un máximo de 5 metros, desde el centro de la quebrada hasta uno de los lindes de la parcela. Se toma esta distancia porque todos los procesos hidrológicos y biológicos que actúan en la quebrada afectan directamente a esta área.

Estos dos últimos apartados fueron estudiados con el programa de información geográfica ArcGIS.

3.2.1.2 Representación espacial y análisis con ArcGIS

A partir del modelo digital de elevaciones (DEM) del Área de Investigación El Verde (**Figura 3.16**) se creó un mapa de pendientes de la zona (**Figura 3.17**), posteriormente se realizó una reclasificación con un rango de inclinación en el que las pendientes escogidas no permitieran un desprendimiento o un movimiento masivo de sedimentos tras crecidas severas de caudal. Esta reclasificación presenta el rango de pendientes de *Lugo* (1988) y *Pedraza* (1996), con la que se determina que la máxima pendiente permitida para que no ocurra este suceso es ≤ 12 grados.

Tabla 3.1. Clasificación de las pendientes para determinar las inclinaciones permitidas en la localización de las parcelas

RANGOS DE PENDIENTES RECLASIFICADOS (DEGREES)		
0-3	Planicie	Verde oscuro
3-12	Terreno ligeramente inclinado	Verde pistacho
12-30	Deslizamiento de laderas o taludes	Amarillo
30-45	Deslizamiento de laderas o taludes	Naranja
>45	Caída libre	Rojo

Tras la reclasificación se convirtió esta capa de formato “raster” a formato “vectorial” (polígonos) (**Figura 3.18**), con el fin de poder ubicar los puntos de las zonas potenciales para la localización de las parcelas.

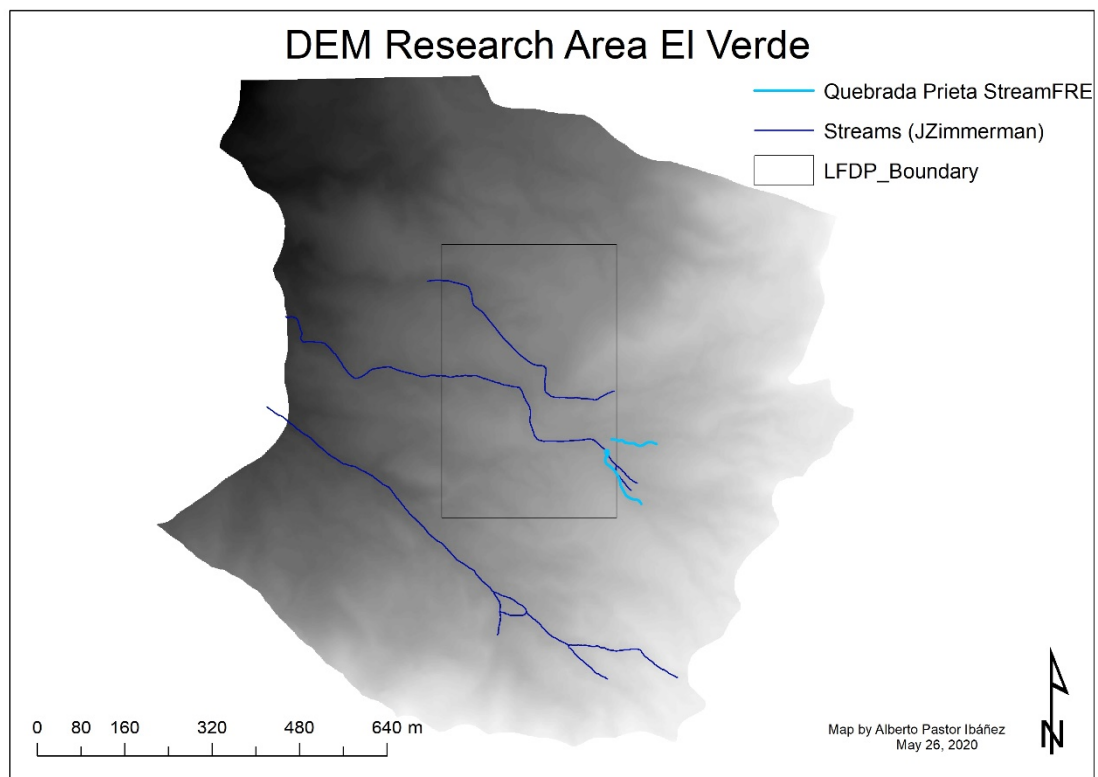


Figura 3.16. Modelo Digital de Elevaciones del Área de Investigación El Verde (Formato Raster)

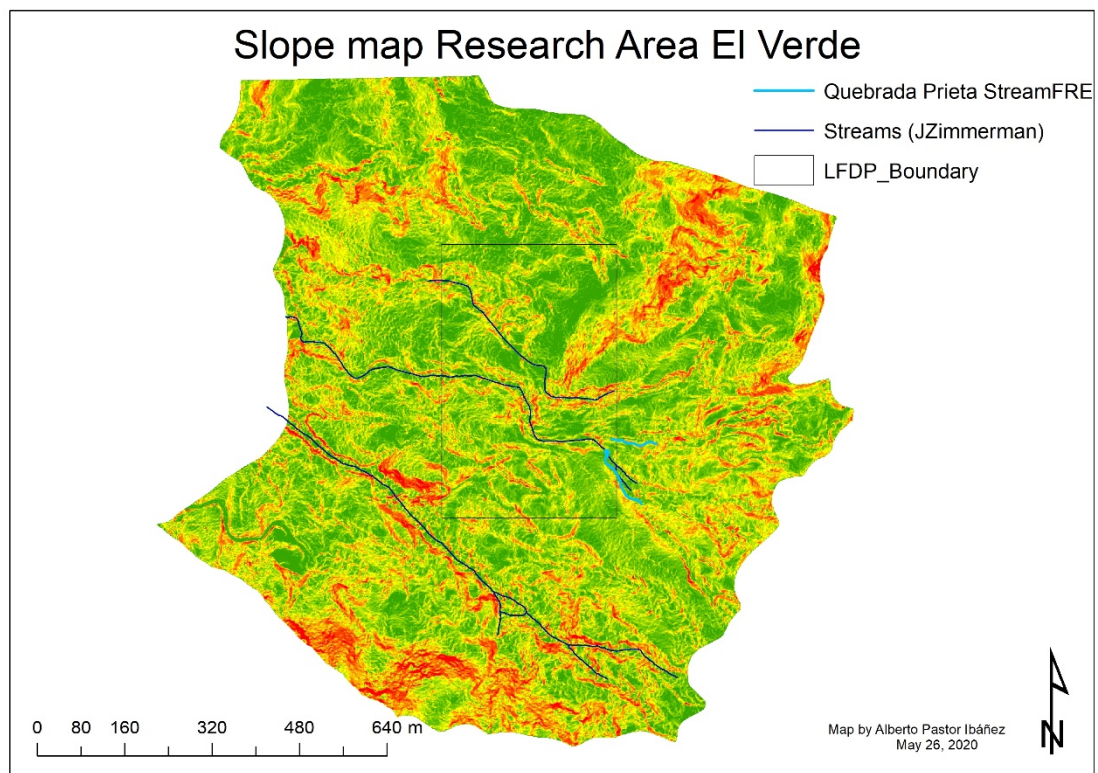


Figura 3.17. Mapa de pendientes Área de Investigación El Verde (Formato Raster)

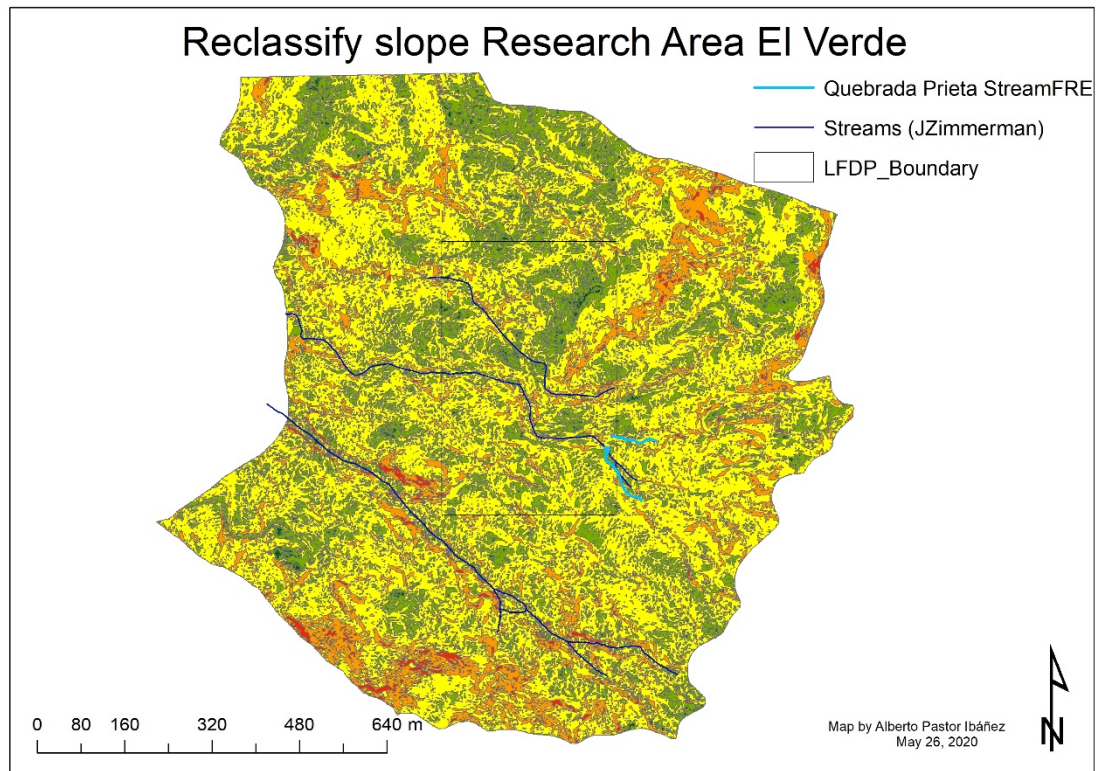


Figura 3.18. Mapa de pendientes reclasificado y transformado a formato vectorial (polígonos) del Área de Investigación El Verde

Una vez reclasificadas las pendientes del área de estudio se creó un “buffer” o zona de influencia de 7 metros (dejando 4 metros de margen que simulaban el ancho máximo del cauce) a ambos lados de las quebradas para identificar la máxima distancia a la que podría colocar las parcelas. Estas fueron las zonas potenciales de localización (**Figura 3.19**):

Buffer and Potential zones of plots location

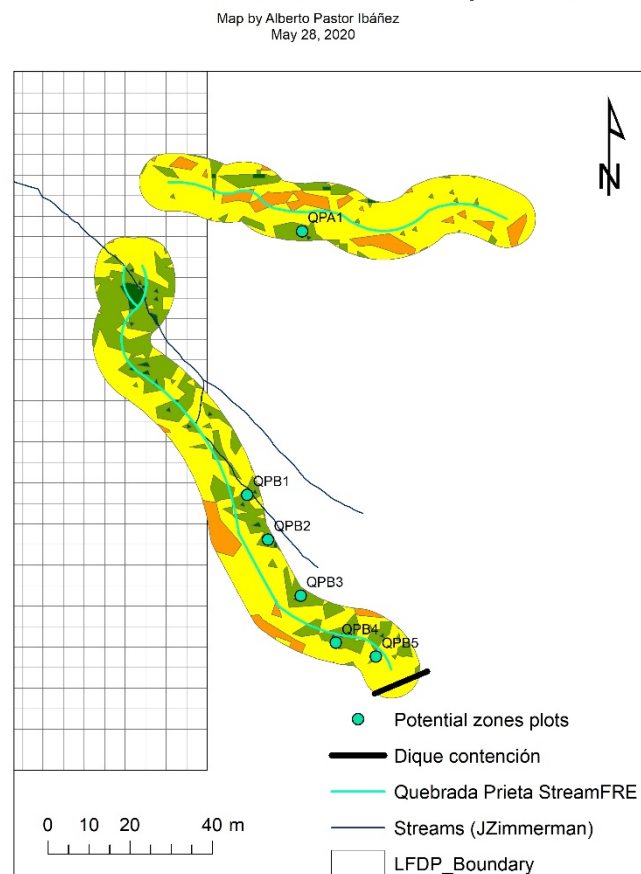


Figura 3.19. Zonas potenciales para la localización de las parcelas ribereñas

Sin embargo, la expectativa de las zonas potenciales de localización de las parcelas difiere de la posición real de las parcelas en campo (**Figura 3.20**).

Buffer and location of Riparian Vegetation Plots

Map by Alberto Pastor Ibáñez
May 28, 2020

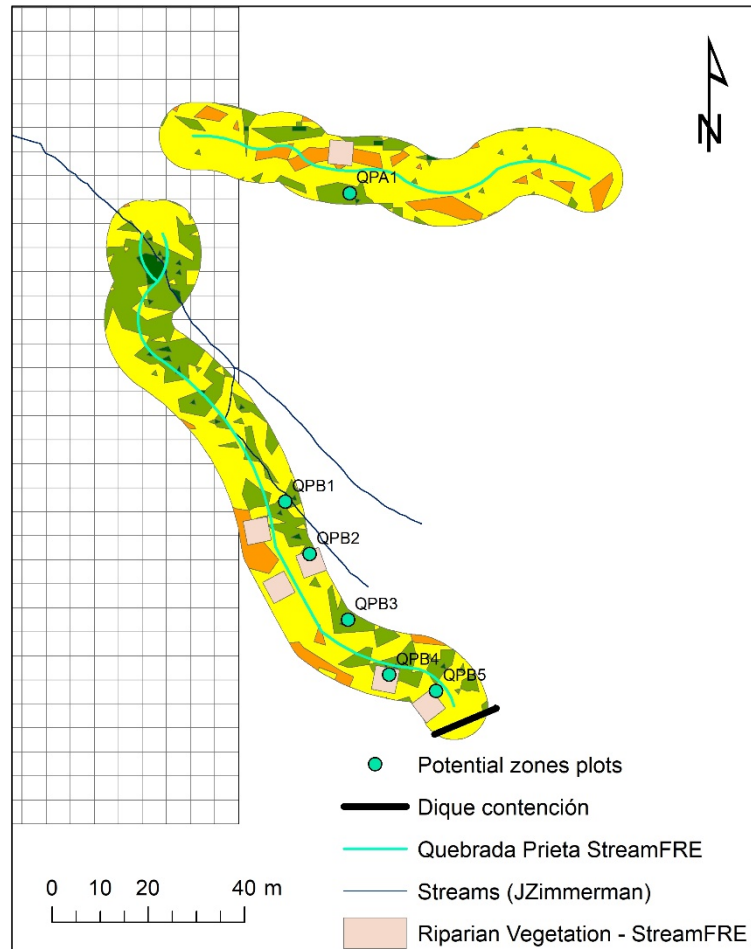


Figura 3.20. Zonas potenciales y posicionamiento real de las parcelas ribereñas

Algunas parcelas sí guardan relación con la zona potencial anteriormente seleccionada, pero hay algunos casos en las que la zona potencial y la posición real de la parcela a la hora de determinarla en campo no coinciden (**Figura 3.20**):

- QPB1 y QPB3: No se podían ubicar en sus zonas potenciales por el paso de veredas o sendas de trabajo. Las posiciones actuales de localización presentan también una pendiente baja (< 12 grados), cosa que no representan con exactitud el mapa de pendientes citado.
- QPA1: Su zona potencial era una planicie cubierta en su totalidad por roca madre, donde no había ningún afloramiento vegetal. Su posición real también presenta una pendiente permitida, aunque en el mapa de pendientes tampoco se representa con exactitud dicha inclinación.

Finalmente, con la creación de un mapa topográfico con cuervas de nivel a equidistancia 5 metros, posicioné las parcelas ribereñas con sus códigos de identificación (**Figura 3.21**).

Riparian Vegetation Plots - StreamFRE 2019

Map by Alberto Pastor Ibáñez, 26 April, 2020

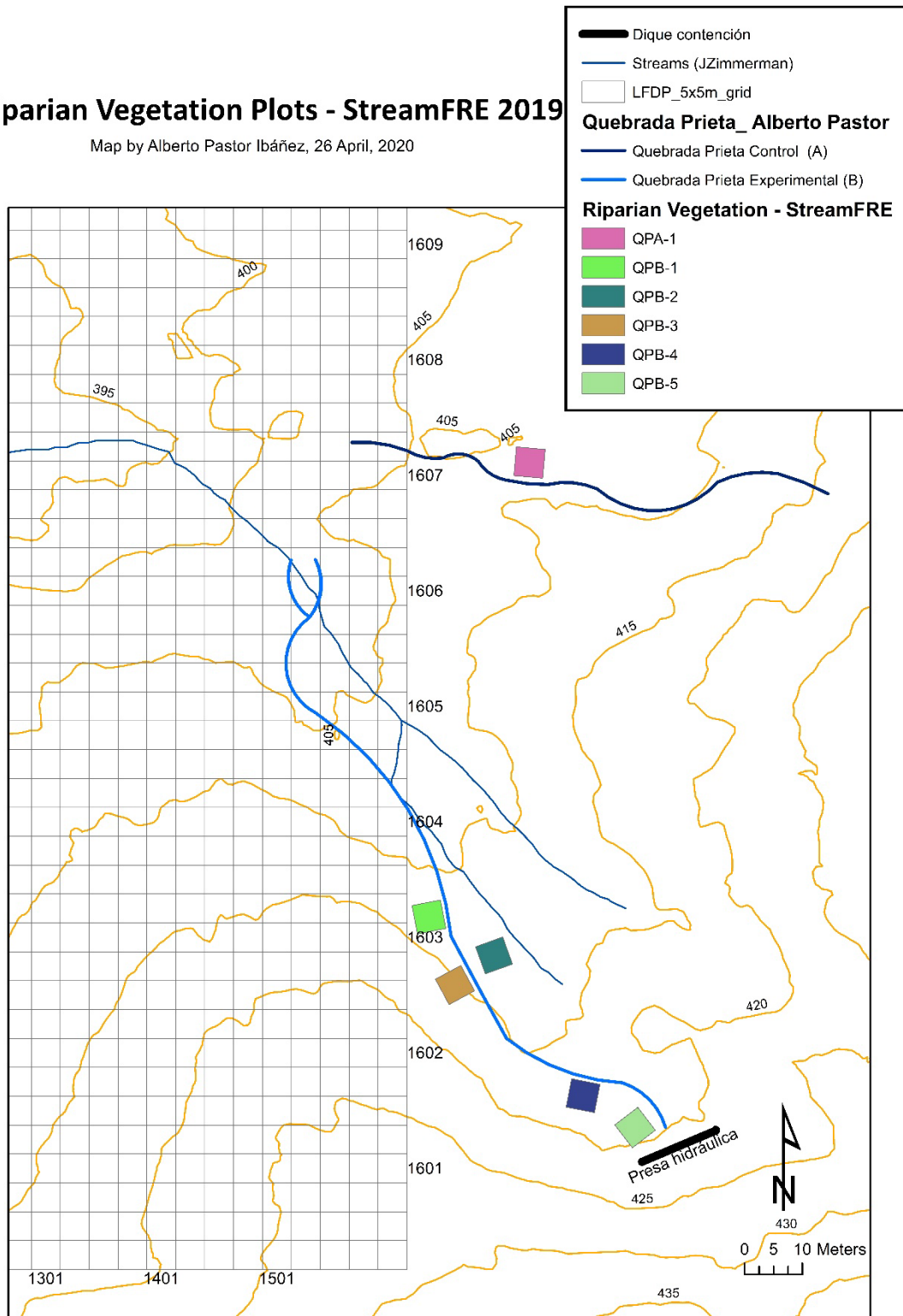


Figura 3.21. Clasificación de las parcelas ribereñas de StreamFRE. Cada código representa el nombre de la quebrada y el número de la parcela. QPA1: Quebrada Prieta A, parcela número 1.

3.2.2 Medición de parcelas

Las parcelas se marcan en las esquinas con tubos de PVC con rangos de medición de 10 cm, con una altura total de 2 metros los tubos de las esquinas SW y 1,50 metros el resto. La distinción de las esquinas SW en cada parcela serán para determinar las coordenadas (0,0) a partir de las cuales se determinará la localización de cada tallo incluido en el censo. En la determinación de los tallos incluidos en el censo, todos los tallos que queden en la línea divisoria de la parcela se incluirán 1 de cada 2 árboles presentes en dicha línea.

La metodología del estudio de los datos en el campo será la siguiente:

1. Marcación y caracterización de todos los tallos que permita el protocolo.
2. Identificación de las especies
3. Medición del dosel de copa con el densiómetro esférico en el (2'5,2'5) m de cada parcela.

3.2.2.1 Protocolo censo de árboles

En líneas generales, el procedimiento a seguir para el censo de árboles sería el siguiente:

- 1) Se incluye dentro del censo de árboles todo tallo leñoso independiente mayor o igual a 1 cm de diámetro a la altura de 130 cm o por encima de las irregularidades del tallo (explicación posterior).
- 2) Identificación de las especies.
- 3) Se mapea cada individuo con coordenadas (x, y).
- 4) Se etiqueta cada tallo cuando ingresa por primera vez al censo dentro de una parcela.

3.2.2.1.1 Material a utilizar

Tubo de PVC con marcas cada 10 cm, esto ayudará en el campo a la hora de determinar la altura a la que se mide el diámetro en cada árbol y la posibilidad de medir la altura de árboles relativamente pequeños (<3 metros).

Herramientas necesarias para la medición (Figura 3.22):

- Cinta DBH: Para medir los diámetros de > 10 cm
- Hipsómetro Vertex IV (medición alturas árboles)
- Caliper: Para medir diámetros < 5 cm
- Densiómetro esférico (medición dosel de copa)
- Tijeras: para cortar la cinta de las etiquetas
- Brújula, para poder orientar la esquina SW y determinar la posición de cada árbol.
- Martillo, para clavar los clavos en los árboles donde sean necesarios
- Cinta para amarrar las etiquetas en los árboles de < 10 cm de diámetro y las palmas.



Figura 3.22 Herramientas para medición.
Autor: Jamaris Torres Díaz

- “Lumber crayon”: para marcar el punto de medición del diámetro y facilitar la posible medición en censos posteriores.
- Clavos.
- Etiquetas numeradas para la marcación de los árboles.

En el portapapeles (Figura 3.23):



- Hoja de campo
- Protocolo del censo de árboles
- Lista de especies
- Lápices
- Marcador permanente

Figura 3.23. Hojas de campo. Autor: Jamarys Torres Díaz

3.2.2.1.2 Medición de árboles

Para árboles nuevos, hay que realizar el siguiente procedimiento:

1. Determinar el punto de medición o POM (Point of Measurement), lugar donde se toma el diámetro del árbol. Siempre que las irregularidades del fuste nos lo permitan, este punto será a 130 cm desde el suelo.
 2. Marcación con el “Lumber crayon” en el POM y medición del diámetro.
 3. Finalmente, establecer la “distancia al clavo” o DTN (Distant to nail), sólo en los árboles que midan más de 10 cm de diámetro y las palmas. Para diámetros inferiores solo se pondrá cinta verde con su respectiva etiqueta.
- Esta distancia, salvo irregularidades del fuste, será de 20 cm por encima del POM, pero puede variar siempre y cuando se especifique en la hoja de campo.

❖ Medición de diámetros (Figura 3.24):

- ✓ Los tallos no siempre presentan una circunferencia perfecta, por lo que hay que realizar varias mediciones en diferentes ángulos para determinar el diámetro más grande en el fuste. Este procedimiento tiene que ser siempre realizado con la utilización del caliper, siempre perpendicular al tallo.
 - ✓ Los diámetros, tanto como la altura se determinarán con dos decimales.
- ⇒ Tallos más grandes de 5 cm de diámetro, serán medidos con la cinta DBH.
- ⇒ Tallos de menos de 5 cm de diámetro, serán medidos con Caliper.

❖ Marcación en árboles:

- ⇒ Tallos de más de 10 cm de diámetro, clavo y etiqueta
- ⇒ Tallos de menos de 10 cm de diámetro, green tape con etiqueta.

❖ Medición de alturas:

Las alturas serán medidas en árboles de gran envergadura con el hipsómetro y el transponder.

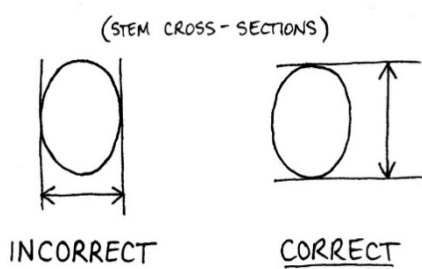


Figura 3.24. Medición de diámetro. Modificado de Condit, (1998)

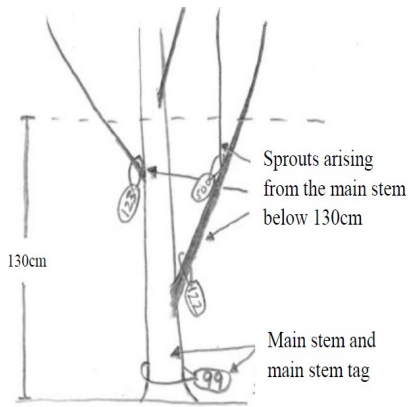


Figura 3.25. Brotes laterales. Modificado de Condit, (1998)



Figura 3.26. Raíces tabulares. Autor: Jamarys Torres Díaz

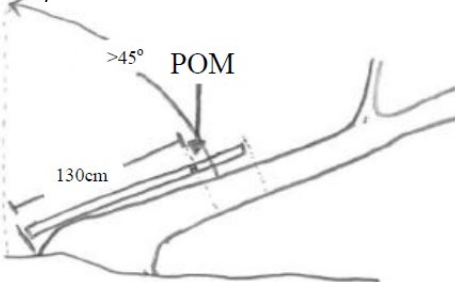


Figura 3.27. Medición tallos inclinados. Modificado de Condit, (1998)

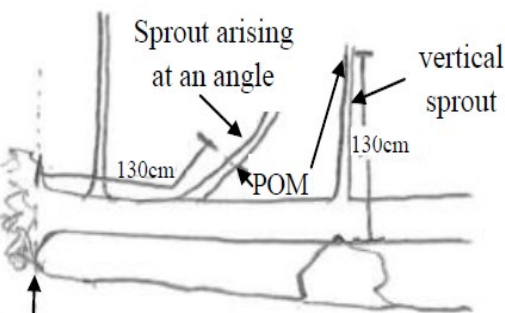


Figura 3.28. Medición tallos tumbados. Modificado de Condit, (1998)

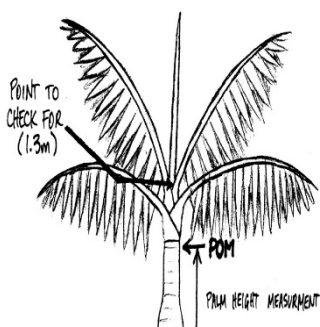


Figura 3.29. Medición de palma de sierra. Modificado de Condit, (1998)

❖ Brotes, Ramas laterales y Tallo principal (Figura 3.25):

- ✓ Cada árbol está compuesto de su tallo principal (main stem) y de una serie de brotes o ramas laterales (sprouts).
- ✓ Todos los tallos en los que a 130 cm de altura tengan más de 1 cm de diámetro deben ser medidos y etiquetados.
- ✓ Los brotes que procedan de otro brote o rama lateral no serán medidos ni etiquetados, solo se miden los primeros brotes salientes del tallo principal.
- ✓ Una planta sólo puede tener un tallo principal y no puede cambiar. Un tallo principal no puede considerarse como muerto si tiene ramas laterales vivas.

❖ Raíces tabulares o contrafuertes (Buttresses) (Figura 3.26):

El relieve abrupto de este tipo de terrenos hace que las especies presenten este tipo de estructuras en el cuello de la raíz y en la parte inferior del fuste, para dotarlas de una mayor estabilidad.

- ✓ El diámetro en árboles con raíces tabulares deberá ser medido como mínimo 50 cm por encima del fin de estas. Muchas de estas mediciones requerirán de una escalera para llegar a la altura deseada.

❖ Tallos inclinados y tumbados (Figura 3.27):

- ✓ La altura del POM en este tipo de tallos se mide desde el cuello de la raíz hacia delante, siguiendo la inclinación del árbol, siempre por la parte superior.
- ✓ Se considera un árbol inclinado cuando su ángulo respecto a la horizontal del suelo es superior o igual a los 45°.
- ✓ En algunos tallos tumbados no es posible realizar la medición del diámetro porque no se puede pasar la cinta por debajo del fuste, en ese caso, se debe especificar en los comentarios que el árbol no ha podido ser medido.

❖ Tallos inclinados y tumbados con brotes y ramas laterales (Figura 3.28):

- ✓ Se supone que los brotes que surgen inclinados a partir de un fuste tumbado son o han sido ramas "apagadas" cuando el árbol estaba de pie; por lo que el POM debe medirse desde la base del tallo principal.
- ✓ Los brotes angulados por encima de 130 cm medidos con la cinta desde la base del tallo no se miden.
- ✓ Los brotes que surgen verticalmente al fuste tumbado deben medirse a 130 cm desde la parte inferior del tallo principal.
- ✓ Los árboles tumbados o inclinados que caen dentro del "plot" de estudio NO se miden, ya que no han crecido originalmente en el área delimitada.

❖ Palmas (PREMON y ROYBOR) (Figura 3.29):

- ✓ Para palmas que superan los 130 cm de altura de estípote, se miden como otro árbol cualquiera.
- ✓ Las palmas tienen una forma diferente de marcación. Debido a que son especies propensas a expulsar con facilidad los clavos, se dispondrá de "green tape", calvo y tag (etiqueta). Así, en el

caso de que la palma expulse el clavo, la etiqueta no se perderá porque dispondrá de la cinta verde.

- ✓ SÓLO se incluirá una palma en el censo si el punto en el que se juntan las dos hojas más jóvenes es igual o superior a 130 cm. En este caso, la medición del POM se realiza en la zona de transición entre el estípite o tallo y el capitel (zona verde de crecimiento de hojas). Las palmas con estas características tendrán un DTN negativo, ya que no es posible poner el clavo más arriba de esta altura.

❖ Heliconias (HELCAR):

- ✓ La marcación de la heliconias es diferente a las demás especies, ya que no es una especie leñosa pero que si se incluye en el censo de árboles.
- ✓ Sólo se marcarán si las hojas desde el suelo hasta la terminación del limbo miden más de 50 cm de altura.
- ✓ No se mide el diámetro, se anota el número de “culms” (hojas de la planta) por mata.
- ✓ Para cada heliconia, se coloca alrededor de todos los “culms” o tallos un gran trozo de cinta con su etiqueta correspondiente.

❖ Helechos arbóreos (CYAARB y CYAPOR):

- ✓ Se mide el DBH (altura a la que se mide el POM) si los peciolos de las frondas surgen del tallo a más de 130 cm del suelo.
- ✓ Todos los helechos que no sean arbóreos no serán medidos ni marcados.

Las hojas de campo para el censo de árboles 2019 de las 6 parcelas de StreamFRE y la explicación de los códigos de cada columna de la hoja de toma de datos se encuentra en el apartado 7.1 de Anexos.

3.2.2.2 Protocolo de censos posteriores (Tabla 3.2)

Las indicaciones de comentarios de censos anteriores deben llevarse al campo. Si todavía se verifica ese comentario, debe ser rodeado con un círculo; de lo contrario debe ser tachado.

La metodología en la recolección de los datos es la siguiente en relación con el seguimiento de los árboles:

- Árboles vivos con tag:
 - Todos los tallos vivos en el último censo deberían estar en las hojas de campo al año correspondiente con la información del POM y el DTN, ya que las nuevas mediciones serán en función de esta información.
 - Verificar que las etiquetas corresponden a cada tallo y cambiar o reponer “grafting tape” o clavos si es necesario.
- Árboles muertos:
 - Siempre hay que estar completamente seguro de que el árbol está muerto para identificarlo de esta manera. Si no hay una completa seguridad de ello, no caracterizarlo como muerto.
 - Los tallos determinados como muertos se tratan de manera diferente según el tamaño:
 - Tallos más grandes de 10 cm (con clavo) deben ser medidos y determinados como muertos en el censo actual. El tag del tallo no se recolecta, pero se especifica en los comentarios su estado.
 - A los tallos menores de 10 cm (sin clavo) y palmas muertas se les recoge el tag y no es necesario medirlos. En los comentarios es importante clarificar si el tag recolectado proviene del propio tallo muerto (“Tag was Collected On the Dead Stem”, TCODS) o del suelo (“Tag was Collected On the Ground”, TCOG).
- Árboles vivos sin Tag:
 - Los árboles sin etiquetas que sean lo suficientemente grandes como para estar en el censo (≥ 1 cm y vivos a 130 cm del suelo) deben verificarse con los datos de los árboles del subcuadrante que aún no se han encontrado. Es posible que la etiqueta se haya caído y deba reemplazarse.
 - Si se han encontrado todos los tallos de censos pasados, y encontramos un tallo sin etiqueta, este debe ser medido e identificado como “New Stem”. Se considerará un nuevo tallo siempre y cuando $1 \leq \varnothing \leq 3$ cm a la altura de 130 cm.
 - Si un tallo sin etiqueta mide ≥ 3 cm de diámetro, este será llamado como “Missed” o perdido y recibirá un nuevo tag.
 - Hay dos especies de crecimiento rápido (CECSCH y SCHMOR) que sólo se considerarán como perdidas si son ≥ 5 cm de diámetro.
 - Las palmas se consideran perdidas si nunca se marcaron y miden ≥ 10 cm de diámetro a 130 cm.
- Tag en el suelo (en la data de censos anteriores):
 - Etiquetas encontradas en el suelo pueden ser de tallos vivos presentes en la parcela de estudio. El número de la etiqueta debería ser

verificado con la información del censo anterior, con el cual se puede identificar la localización del tallo, en el caso de que esté vivo.

- Si la cinta de señalización con la etiqueta está rota, es probable que se haya salido del tallo. Si se encuentra el vástago correcto se tiene que volver a colocar la etiqueta. En los comentarios se debe poner: TCOGAR (Tag Collected on Ground an Reattached), etiqueta recogida en el suelo y repuesta.
- Si el “grafting tape” está roto, y el tallo no se puede encontrar, se presume que el árbol está muerto y se debe de agregar el comentario: TCOG-Tape broken para indicar que la etiqueta se recolectó en el suelo.
- Si el “grafting tape” está intacto y el tallo es encontrado muerto o no encontrado, se determina que el árbol está muerto. En los comentarios se debe escribir: TCOG- Tape Intact.
- Tallos no encontrados:
 - Hay veces que algunos árboles no pueden ubicarse, ni tampoco su etiqueta. Estos tallos serán recopilados como NF (Not Found) en la columna de A/D/NF.
 - Si se encuentra un tallo o brote muerto en su correcta localización sin tag, este debe llamarse “Dead” y TNF (Tag Not Found) en los comentarios.

⇒ Posibles comentarios:

- L<45º: Árboles inclinados menos de 45 º y que no se consideran como inclinados en la columna A/D/NF.
- Necesidad de escalera: Para árboles donde el POM está muy alto debido a raíces tabulares.
- NM: Nail Moved (clavo movido)
- POM w/tape: En lugar de usar un tubo con una marca a 130, se puede utilizar para medir esta distancia. Esto suele ser muy frecuente en tallos curvos.
- STSTM: Sprouts Too Small To Measure: Generalmente, esto solo es usado cuando un árbol está roto y no se puede medir, pero tiene brotes vivos demasiado pequeños para ser incluidos en el censo. Esto se utiliza para justificar que la planta está viva.
Un brote o rama lateral no puede ser STSTM, si un brote está roto se considera muerto.
- TCOG: Tag Collected On Ground

StreamFRE riparian vegetation, Quebrada Prieta, El Verde Research Area

A horizontal timeline bar with a light blue background and a thin black border. The timeline is marked with vertical lines at the start of each month. The text 'CENSUS 2020' is positioned above the timeline, and 'Census 2020' is positioned below it. A red arrow points to the timeline at the end of March 2020.

En esta hoja de campo, cuando se vaya a realizar la segunda medición de las parcelas (año 2020), las columnas referentes al censo de 2019 deberán estar rellenas para contrastar la información pasado un año. Esta tabla permite incluir también los tallos considerados como “nuevos” ya explicados anteriormente, ya que en el caso de aparecer un tallo nuevo la parte correspondiente al año anterior estaría en blanco y solo se rellenaría los datos del año correspondiente al censo.

⇒ Representación espacial de los tallos:

Para determinar el estado de los tallos en el mapa de la parcela, se tendrá que llevar al campo la hoja de la posición de los tallos del censo anterior.

✓ **“Check mark”:** Para los tallos vivos que estén con su número de tag y su correcta localización se pondrá un “check mark” al lado de su correspondiente estrella.

X and D: Para los tallos muertos, el número de tag será tachado y se pondrá una “D” al lado de su correspondiente estrella.

Ø: Tallos vivos con rebrotes o ramas que no pueden ser medidas en el censo de árboles (diámetros < 1 cm) se pondrá un círculo con una línea que lo cruza

NF: Los tallos que no sean localizados debe ponerse “Not Found” (no encontrado) al lado de su correspondiente tag.

→: Todas las localizaciones de los viejos tallos deben ser verificadas. Los tallos posicionados en una incorrecta localización deben ser movidos e indicados al nuevo lugar de localización con una flecha

3.2.2.3 Parcelas ribereñas LFDP

Para la elección e inventariación de las cuatro parcelas del Luquillo Forest Dynamic Plot se sigue una metodología algo diferente al protocolo de censo de árboles de StreamFRE. Esta superficie, como ya se ha comentado al principio de este capítulo (Figura 3.12 y Figura 3.13), se subdivide en 6400 subcuadrantes de 25 m² de superficie, los cuales llevan estudiándose durante varias décadas.

El último censo de árboles presente en el LFDP es de 2016. Por lo que se tienen datos de la vegetación de los subcuadrantes antes del Huracán Irma y María.

Estos datos y los recogidos después del huracán nos llevarán a la resolución del tercer y último objetivo específico de este trabajo.

3.2.2.3.1 Extracción de datos Tree Census LFDP 2016 (Tabla 3.3 y Tabla 3.4)

Para la extracción de datos de las parcelas de inventariación se tomaron al azar 10 parcelas ribereñas de 5x5 m, 5 cercanas a Quebrada Prieta y 5 a Quebrada Toronja. Una vez seleccionadas esas 10 parcelas, se extrajeron los datos del censo de árboles correspondientes a cada una de ellas. De las 10 parcelas seleccionadas, solo se inventariarían 4 de ellas en campo, debido a que servirían como parcelas control con la parcela de Quebrada Prieta A.

La selección en campo de estas cuatro parcelas fue en función de:

- Similitud con las características de localización de las parcelas de StreamFRE (homogeneidad vegetal, pendiente suave, cercanía a las quebradas)
- Dificultad de llegar al lugar y la posibilidad de medición de los árboles. Algunas zonas que eran difícilmente transitables debido a excesivas pendientes o afloramiento de especies vegetales que impedían el paso o podrían provocar daños dermatológicos (Ortiga, *Urea baccifera* o Cortadora, *Scleria scindens*)

Las parcelas seleccionadas se encuentran marcadas en amarillo en las siguientes hojas de campo:

- Quebrada Prieta
 - 070944
 - 110723
- Quebrada Toronja
 - 091514
 - 141134

3.2.2.3.2 Hojas de campo post-huracán LFDP

Tabla 3.3. Tabla de inventario de las parcelas ribereñas en Quebrada Prieta dentro del LFDP cuatro años después del último censo.

QUAD	SUB QUAD	TAG	MAIN STEM	2016 POM	2016 DIAM	2016 DTN	2016 A/D/NF	2016 SPECIES	2019 A/D//NF	2019 SPECIES	2019 I/O/N/M	2019 diam POM in 2016	2019 POM (NP if POM changed)	2019 diam at best POM	2019 DTN	2019 S/L/P	2019 DP/B/R/T/ST/C/V	Height_m	2019 Tip direction	Comments and Instructions	On map?
709	44	26311		1,3	6,4		A,alive	INGLAU													
709	44	26311		1,3	29,5		A	INGLAU													
709	44	26316		1,3	50		A,alive	CHIDOM													
709	44	7726		1,3	4,5		A,alive	DACEXC													
709	44	46658		1,3	8,5		A,alive	SLOBER													
709	44	173854					A	PREMON													
709	44	46660					DEADT	SLOBER													
709	44	171059					DEADT,dead	TETBAL													
808	24	6730		1,3	27,3		A,alive	CORSUL													
808	24	42231		1,25	14,9		A,alive	PREMON													
808	24	42221		1,3	14,1		A,alive	PREMON													
808	24	6729		1,3	17,3		A,alive	PREMON													
808	24	42222					A	SAMSPI													
808	24	136021		1,3	11,2		A,alive	PREMON													
808	24	136024		1,3	34,7		A,alive	CASSYL													
808	24	136024					A	CASSYL													
1107	23	30726		1,26	15,4		A,alive	PREMON													
1107	23	133935		1,3	1,45		A,alive	MYRDEF													
1107	23	30727		1,15	18,4		A,alive	INGLAU													
1107	23	133937		1,3	2,23		A,alive	MANBID													
1107	23	5857		1,3	17		A,alive	PREMON													
1107	23	173750		1,3	1,1		A	MANBID													
1107	23	30728		1,33	8		A,alive	EUGSTA													
1107	23	170216		1,3	1,5		A	SLOBER													
1107	23	133936		1,3	1,88		A,alive	MANBID													
1107	23	35799		1,3	4,06		A,alive	MANBID													
1107	23	173751		1,3	1,05		A,alive	MANBID													
1207	23	30753		1,31	14,1		A,alive	PREMON													
1207	23	30756		1,3	8,2		A,alive	HOMRAC													
1207	23	5893		1,5	5,34		A,alive	MANBID													
1207	23	30754					DEADT	CASARB													
1507	11	5995		1,25	17,1		A,alive	PREMON													
1507	11	30914		1,3	11,4		A,alive	PREMON													
1507	11	30915					DEADT,dead	HIRRUG													
1507	11	30915					LS,stem dead	HIRRUG													
1507	11	30915					LS,stem dead	HIRRUG													
1507	11	30919		1,3	12,8		A,alive	PREMON													

Tabla 3.4. Tabla de inventario de las parcelas ribereñas en Quebrada Toronja dentro del LFDP cuatro años después del último censo

LFDP riparian vegetation, Quebrada Toronja, El Verde Research Area																					
CENSUS 2019																					
QUAD	SUB QUAD	TAG	MAIN STEM	2016 POM	2016 DIAM	2016 DTN	2016 A/D/NF	2016 SPECIES	2019 A/D//NF	2019 SPECIES	2019 I/O/N/M	2019 diam POM in 2016	2019 POM (NP if POM changed)	2019 diam at best POM	2019 DTN	2019 S/L/P	2019 DP/B/R/T/ST/C/V	Height_m	2019 Tip direction	Comments and Instructions	On map?
617	42	76123		1,3	24,1		A,alive	MYRSPL													
617	42	76122		1,3	14,4		A,alive	PREMON													
617	42	76149		1,3	13		A,alive	PREMON													
617	42	76128					DEADT	CECSCH													
618	31	15156		1,24	15,2		A,alive	EUGSTA													
618	31	143664					DEADT	CASARB													
618	31	92144					DEADT,dead	MELHER													
618	31	92144					LS,stem dead	MELHER													
618	31	15157		1,2	20,5		A,alive	EUGSTA													
618	31	51502					A	CASSYL													
618	31	92142		1,2	12,8		A,alive	PREMON													
618	31	143667					DEADT	CASARB													
618	31	92136		1,37	14,9		A,alive	MELHER													
618	31	92135		1,4	15,2		A,alive	CASARB													
915	14	69713		1,3	14,7		A,alive	PREMON													
915	14	69718					LS	CASSYL													
915	14	69718					DEADT	CASSYL													
915	14	69719		1,3	15		A,alive	CASARB													
915	14	37662		1,25	15,3		A,alive	PREMON													
915	14	141132					A	PSYBRA													
915	14	141132					LS	PSYBRA													
915	14	141132					LS	PSYBRA													
915	14	69724		1,4	1,41		A,alive	CASARB													
915	14	69724					A	CASARB													
915	14	69726					A	COMGLA													
1312	41	10946		1,3	15,9		A,alive	PREMON													
1312	41	10944		1,3	16,5		A,alive	PREMON													
1411	34	9882		1,3	15,6		A,alive	PREMON													
1411	34	53450		1,3	19,8		A,alive	ALCFLO													
1411	34	52069		1,3	14,4		A,alive	PREMON													
1411	34	59925		1,55	15,9		A,alive	CECSCH													
1411	34	59927		1,35	18,3		A,alive	CECSCH													
1411	34	59924					DEADT	ALCFLO													

3.3 Análisis de datos

Para la determinación de la composición y riqueza de especies vegetales de las parcelas ribereñas se utilizaron como variables respuesta el número de especies por parcela, el índice de Shannon (Heartsill et al, 2010) y el índice de Simpson (Magurran, 2004). Para su estructura arbórea, se utilizaron la densidad de tallos, el área basimétrica y la biomasa de las parcelas. Estas variables están clasificadas para las parcelas pertenecientes a la zona expuesta a la reducción de flujo de StreamFRE (Tabla 4.1) y a la zona del LFDP más la parcela control de StreamFRE (Tabla 4.2). Todas ellas muestran su tamaño muestral (N), valor mínimo, valor máximo, promedio y desviación estándar.

Para el cálculo de la biomasa se tomaron las ecuaciones por especie y árbol individual del estudio Scatena et al. (1993). Los promedios de alturas referentes a *Prestoea acuminata* (Willd.) H.E. Moore var. *montana* (Graham) A.J. Hend. & Galeano en función de los diámetros para el cálculo de la biomasa se recogen en Weaver and Murphy (1990) y Frangi and Lugo (1985).

Para determinar si hay diferencias entre la zona StreamFRE y LFDP se llevó a cabo la prueba estadística T student para la comparación de medias de muestras independientes (Susan, 2001). Los resultados de las pruebas son reportados en las Figura 4.1.

Para evaluar el efecto del huracán se proporcionan los mismos descriptores estadísticos (Tabla 4.5 y Tabla 4.6) que en el primer objetivo y se realiza la misma prueba estadística (T student para la comparación de medias de muestras independientes) entre la zona del LFDP antes del huracán (2016) frente a la zona del LFDP después del huracán (2019).

La metodología aplicada en esta investigación en cuanto al procesamiento de datos, determinación de los descriptores y pruebas estadísticas ha sido llevada a cabo con los softwares Microsoft Excel 2019, versión 16.0.6742.2048 y SPSS 2006, versión 15.0.1 respectivamente.

4 Resultados y discusión

Objetivo (i):

Las siguientes tablas (Tabla 4.1 y Tabla 4.2) ilustran los resultados de la estructura y composición de las especies vegetales en la zona de estudio. En ellas se especifican las variables enunciadas anteriormente con sus respectivos descriptores estadísticos.

Tabla 4.1. Estadísticos descriptivos de la zona expuesta a reducción de flujo de StreamFRE. Cantidad de plots/parcela y N válido (N=5).

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Densidad (tallos/ha)	3600	11200	5840,00	3080,26
Área basimétrica (m ² /ha)	26	110	71,20	36,18
Biomasa (t/ha)	105	568	388,40	231,37
Total especies		18		
Especies/plot	4	8	6,00	1,58
Diversidad/parcela H'	1,68	2,61	2,21	
1-D	0,64	0,82	0,74	

Tabla 4.2. Estadísticos descriptivos de la zona exenta (control) a la reducción de flujo (4LDFP + 1StreamFRE). Cantidad de plots/parcela y N válido (N=5).

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Densidad (tallos/ha)	5200	17600	10240,00	6043,84
Área basimétrica (m ² /ha)	22	89	53,80	29,41
Biomasa (t/ha)	124	647	320,60	203,35
Total especies		29		
Especies/plot	4	15	9,40	4,88
Diversidad/parcela H'	1,79	3,31	2,63	
1-D	0,68	0,85	0,7	

El hallazgo más interesante que se puede extraer de estas dos tablas en cuanto a la similitud descriptiva es que con una densidad de tallos aparentemente sesgada entre ambas zonas, las variables de área basimétrica y biomasa no son demasiado dispares. Esto nos indica que, aunque cuantitativamente parecen similares, la evolución y comportamiento de ambas zonas ha sido diferente.

Observamos también diferencias en la composición de especies, destacando diversidades más altas para la zona del LFDP, con menor rango altitudinal y más influenciada durante décadas por los diferentes usos del terreno (Zimmerman et al., 1994). En cuanto a la diversidad, se muestran dos índices, el índice de Simpson, escogido por proporcionar una buena estimación de diversidad en tamaños muestrales no paramétricos relativamente pequeños, y el índice de Shannon, entrando en controversia por su sensibilidad al tamaño de la muestra, pero sólidamente aceptado en la comunidad científica.

Haciendo alusión al estudio de Heartsill et al. (2010) en el que encontramos una tabla semejante a las del presente estudio (Tabla 4.1 y Tabla 4.2), se comparan las mismas variables descriptivas en diferentes periodos temporales, antes y después de un huracán (huracán Hugo, 1989). En analogía con las tablas del presente estudio, se aprecian similitudes en las densidades poblacionales entre el periodo de la perturbación ciclónica y la transición del bosque por alcanzar el estrato dominante. Esta transición se estima en 5 años para producir la misma cantidad de hojarasca antes y después del huracán (Scatena et al. 1996). Los rangos de área basimétrica y biomasa son susceptiblemente más altos para este estudio, pudiendo ocasionarse por la escasa representatividad del tamaño muestral.

Según estudios referenciados a diversidad de diferentes zonas del Bosque Experimental de Luquillo, (Heartsill et al., 2010; Hogan et al. 2016) los rangos promedios oscilan entre 3,0 a 6,6 para el índice de Shannon y valores por encima de 0,900 para el índice de Simpon. Estos índices son calculados para tamaños muestrales de 1600 m² y 16 ha respectivamente, superficies suficientemente representativas de una población global. Es por eso, que los valores del presente estudio son relativamente más bajos, debido al reducido tamaño muestral estudiado.

Objetivo (ii):

Los resultados obtenidos por el análisis correlacional entre la zona StreamFRE (sujeta a experimento de reducción de flujo) y la zona LFDP (parcelas exentas de experimentación) fueron relativamente altos en cuanto al nulo nivel de significación entre las mismas, por lo que sus resultados están expresados de una forma gráfica para poder ver mejor los niveles de correlación (Figura 4.1). En ellos se muestran los promedios para cada variable con sus respectivas desviaciones estándar. El último gráfico de la Figura 4.1 de diversidad/parcela se encuentra en función del índice de Shannon.

La siguiente tabla muestra los estadísticos de grupo a partir de los cuales se representaron las figuras comparativas (Tabla 4.3).

Tabla 4.3. Estadísticos de grupo de la zona expuesta a la reducción de flujo (1), frente a la zona exenta a la reducción de flujo (2). Cantidad de plots/parcela y N válido (N=5).

	1 vs 2	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Densidad (tallos/ha)	1	5840,00	3080,26	1377,53
	2	10240,00	6043,84	2702,89
Área basimétrica (m ² /ha)	1	71,18	36,11	16,15
	2	53,94	29,22	13,07
Biomasa (t/ha)	1	388,47	231,34	103,46
	2	320,47	203,59	91,05
Especies/parcela	1	6,00	1,58	,71
	2	9,40	4,88	2,18
Diversidad/parcela (H')	1	2,21	,356	,16
	2	2,63	,61	,27

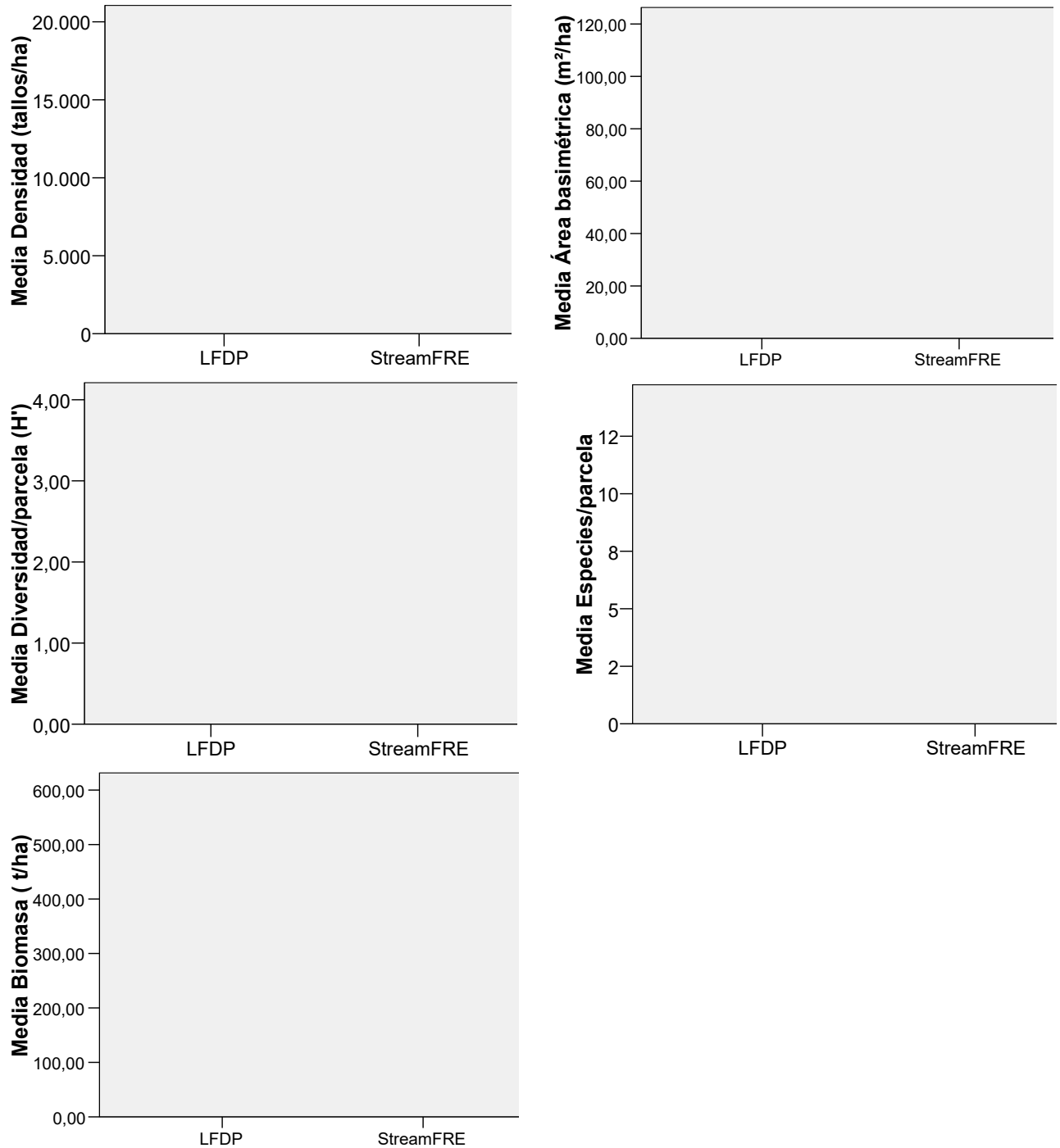


Figura 4.1. Representación gráfica de la prueba estadística para la comparativa entre la zona StreamFRE y la zona LFDP.

Estos gráficos (Figura 4.1) son bastante reveladores en cuanto al nivel de similitud estadística entre las dos zonas comparadas. Todas las variables descriptoras sometidas a prueba estadística (T student para la comparación de medias de muestras independientes) revelan que aunque algunas de ellas difieren en promedios, sus variabilidades intra-gruales hacen que ambas zonas puedan considerarse estadísticamente similares.

Dejando a un lado la comparativa estadística y centrándonos en una comparativa más biológica entre las zonas, podemos apreciar ciertas diferencias. Toda el área en experimentación se encuentra supuestamente en la interfaz entre el Bosque maduro de palo colorado (*Cyrilla racemiflora* L.) y el bosque maduro de tabonuco (*Dacryodes excelsa* Vahl) con algunos relictos de bosque maduro de palma de sierra (*Prestoea acuminata* (Willd.) H.E. Moore var. *montana* (Graham) A.J. Hend. & Galeano)(Figura 3.11). Bajo este contraste de dominancia, se analiza la presencia/ausencia de las diferentes especies y la representatividad estructural que presentan cada una de ellas dentro de las parcelas. La palma de sierra se encuentra bien representada en la totalidad de las parcelas, en cambio, el tabonuco tiene una presencia relativamente reducida (20 % zona StreamFRE y 10 % zona LFDP). Palo colorado (*Cyrilla racemiflora* L.) tuvo nula presencia en las parcelas. El área basimétrica de la palma de sierra supuso el 40,4 % del área basimétrica total para la zona de StreamFRE y el 35,1 % para la zona del LFDP. El bosque maduro de tabonuco supuso el 26 % del área basimétrica total en la zona StreamFRE y el 55 % para la zona LFDP. Esto nos indica que la palma de sierra es la especie dominante en la zona de StreamFRE y que el tabonuco, con densidades muy bajas, representa la especie dominante en la zona del LFDP.

Objetivo (iii):

En las siguientes tablas se representan las características poblacionales de las cuatro parcelas del LFDP previo al huracán en 2016 (Tabla 4.4) y post-huracán en 2019 (Tabla 4.5). En estas tablas se analizan las mismas variables que en el primer objetivo específico del trabajo.

Tabla 4.4. Estadísticos descriptivos zona LFDP pre-huracán 2016. Cantidad de plots/parcela y N válido (N=4).

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Densidad (tallos/ha)	2000	4400	2800,00	1131,37
Área basimétrica (m²/ha)	28	110	53,25	38,59
Biomasa (t/ha)	135	766	323,50	296,99
Total especies		13		
Especies/plot	3	6	4,50	1,29
Diversidad/parcela H'	1,52	2,32	1,98	
1-D	0,64	0,80	0,72	

Tabla 4.5. Estadísticos descriptivos zona LFDP post-huracán 2019. Cantidad de plots/parcela y N válido (N=4).

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Densidad (tallos/ha)	5200	16000	8400,00	5112,08
Área basimétrica (m²/ha)	22	89	47,00	29,06
Biomasa (t/ha)	124	647	307,25	232,26
Total especies		20		
Especies/plot	4	15	8,25	4,79
Diversidad/parcela H	1,79	3,31	2,53	
1-D	0,68	0,85	0,78	

Seguidamente se dan los resultados referidos a la prueba estadística de la comparativa de variables que definen la estructura y composición de las parcelas antes y después del suceso ciclónico (Figura 4.2).

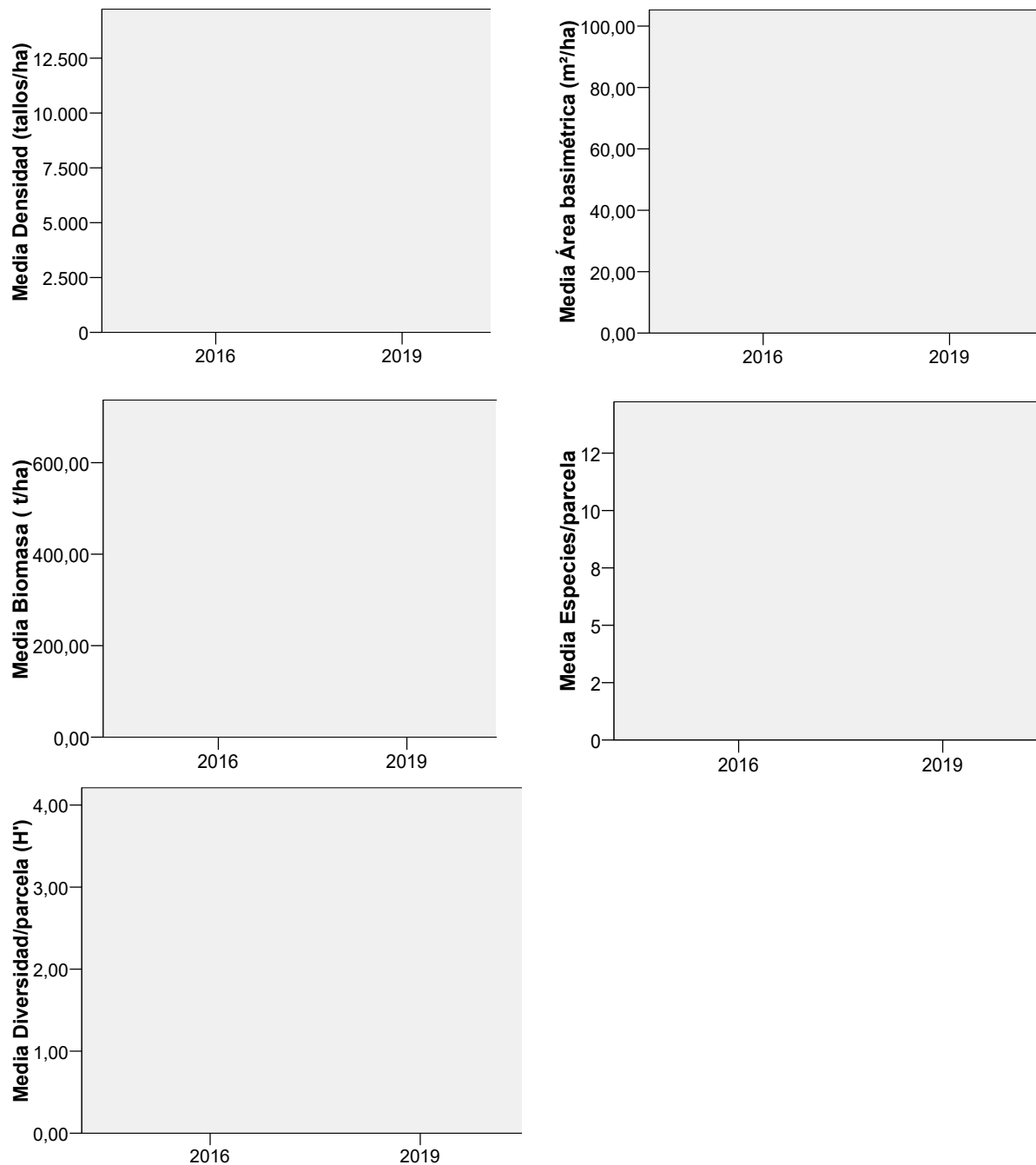


Figura 4.2. Representación gráfica de la prueba estadística para la comparativa entre las parcelas antes del huracán (2016) y las parcelas después del huracán (2019) dentro del LFDP.

A partir de los datos de la Figura 4.2, se evidencia que no hay diferencias estadísticas entre las parcelas del LFDP antes del huracán (2016) y dos años después del huracán (2019).

Vemos que hay una serie de variables que difieren mucho sus promedios, como es el caso de la densidad de tallos y las especies por parcela, pero debido a la gran variabilidad inter-grupal de y entre las parcelas antes y después del huracán no pueden considerarse diferentes.

Finalmente cuantificamos los daños producidos en las parcelas por el paso del huracán María en 2017, así como la evolución de las mismas ante el suceso. En la siguiente tabla (Tabla 4.7) representamos las afecciones a la masa remanente en cuanto al número de árboles caídos o muertos y la proliferación de las especies de crecimiento rápido que forman el estrato más bajo del perfil altitudinal del bosque.

Tabla 4.6. Cuantificación de daños a la masa remanente y proliferación de sotobosque zona LFDP post-huracán 2019.

	n° tallos 2016	masa remanente 2019	n° tallos 2019	caídos	nuevos
70944	5	4	13	1	9
110723	11	11	40	0	29
91514	7	5	14	2	9
141134	5	2	17	3	15
Zona LFDP	28	22	84	6 (21%)	62 (74%)

Dejando a un lado las evidencias estadísticas descritas en el primer apartado de este objetivo, se puede observar una clara tendencia de regeneración del bosque. Se observa una masa remanente del 79 % ante el suceso ciclónico pero afectadas por una reducción de su cubierta arbórea que permite la proliferación especies de crecimiento rápido (Shiels et al. 2015). Las especies catalogadas como pioneras o de rápido crecimiento (*Cecropia schreberiana* Miq., *Psychotria berteriana* DC. y *Schefflera morototoni* (Aubl.) Maguire, Steyerl. & Frodin) presentan una densidad de tallos muy alta (el 52% de los nuevos rebrotes) pero una representatividad estructural muy baja, alcanzando el 4,55 % de promedio para el área basimétrica total.

5 Conclusiones

Conclusión objetivo (i):

Las variables descriptoras de la estructura y composición del bosque para el reducido tamaño muestral examinado guardan relación con las variables descriptoras para tamaños muestrales más grandes. Dichos resultados nos sitúan en una etapa de transición tras el paso de una perturbación, donde las especies de rápido crecimiento junto con la masa remanente compiten por alcanzar el estrato dominante.

Conclusión objetivo (ii):

Las condiciones de estructura y composición de especies de la zona ribereña expuesta al experimento de reducción de flujo (StreamFRE) y las parcelas o zona ribereña exenta a la reducción de flujo, denominadas como “control” (LFDP), son similares antes de comenzar el experimento. Este, sin duda, es el mayor hallazgo del presente estudio, ya que esta similitud nos permitirá seguir utilizando las parcelas control cuando se construya la presa hidráulica y se inicie el experimento de sequía, comparando las parcelas expuestas a reducción de flujo frente a las no expuestas y poder así adjudicar efectos sobre su vegetación ribereña.

Las similitudes estadísticas están lejos de una comparativa más biológica, es por ello que existen diferentes dominancias de especies en ambas zonas. Esto nos indica, que los tipos de bosques en el Bosque Experimental de Luquillo no son homogéneos ni estáticos y sus fronteras no siempre son fáciles de demarcar.

Conclusión objetivo (iii):

Para analizar los efectos causados por un huracán los tamaños muestrales deben ser mucho más grandes. Sin embargo, a pesar de las limitaciones importantes de este estudio a cerca de la escasa representatividad muestral, las especies pioneras con su alta densidad de tallos y su reducida representatividad de área basimétrica, son un claro indicador de que nos encontramos en un periodo de transición después de una perturbación que reduce la cobertura arbórea y permite un crecimiento masivo de sotobosque. (Huracán Irma y María, 2017).

6 Referencias bibliográficas

- Ahmad, R., Scatena, F.N., Gupta, A., (1993). Morphology and sedimentation in Caribbean montane streams: examples from Jamaica and Puerto Rico. *Sedimentary Geology* 85, 157–169.
- Anderson, B. (2011). Near-term increase in frequency of seasonal temperature extremes prior to the 2 C global warming target. *Climatic Change*, 108, 581–589. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0196-4>. Consulta: 22 mayo 2020
- Bachelot, B.; Alonso-Rodríguez, A. M.; Aldrich-Wolfe, L.; Cavaleri, M. A.; Reed, S. C.; Wood, T. E. (2020). Altered climate leads to positive density-dependent feedbacks in a tropical wet forest. *Global Change Biology*. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/gcb.15087>. Consulta: 21 mayo 2020
- Barone, J.A.; Thomlinson, J.; Cordero, P.A.; Zimmerman, J.K. (2008). Metacommunity structure of tropical forest along an elevation gradient in Puerto Rico. *Journal of Tropical Ecology*. 24: 525–534.
- Beer, C., Reichstein, M., Tomelleri, E., Ciais, P., Jung, M., Carvalhais, N., Papale, D. (2010). Terrestrial gross carbon dioxide uptake: Global distribution and covariation with climate. *Science*, 329, 834–838. Disponible en: <https://doi.org/10.1126/science.1184984>. Consulta: 16 marzo 2020
- Bonal, D., Burban, B., Stahl, C., Wagner, F., & Herault, B. (2016). The response of tropical rainforests to drought—lessons from recent research and future prospects. *Annals of Forest Science*, 73, 27–44. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13595-015-0522-5>. Consulta: 16 marzo 2020.
- Booth, B. B. B., Jones, C. D., Collins, M., Totterdell, I. J., Cox, P. M., Sitch, S., Lloyd, J. (2012). High sensitivity of future global warming to land carbon cycle processes. *Environmental Research Letters*, 7, 024002. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/7/2/024002>. Consulta: 16 marzo 2020.
- Brandeis, T. J.; Helmer, E. H.; Oswalt, S. N. (2007). The status of Puerto Rico's forests, 2003. *Resour. Bull. SRS-119*. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture Forest Service, Southern Research Station. 72 p.
- Brown, J. H. (1984). On the Relationship between Abundance and Distribution of Species, *The American Naturalist*, 124(2), 255–279.
- Bruner, E.M. (1919). El bosque nacional de Luquillo. *Revista de Agricultura de Puerto Rico*. 2: 33–42.
- Bueno, R. (2017). Los extremos climáticos y la economía de la resiliencia. *Climate Policy Briefs*, 6, 1–11.

Ceccon, E. (2013). *Restauración en bosques tropicales: Fundamentos ecológicos, prácticos y sociales*. México D.F., México: Ediciones Díaz de Santos.

Drew, A.P.; Boley, J.D.; Zhao, Y.; Johnston, M.H.; Wadsworth, F.H. (2009). Sixty-two years of change in subtropical wet forest structure and composition at El Verde, Puerto Rico. *Interciencia*. 34(1): 34-40.

Dunne, T. and Black, R.D., (1970). Partial area contributions to storm runoff in a small New England watershed. *Water Resources Research*, 6(5): 1296-1311.

Feng, X.; Uriarte, M.; González, G.; Reed, S.; Thompson, J.; Zimmerman, L.K.; Murphy, (2018). Improving predictions of tropical forest response to climate change through integration of field studies and ecosystem modelling. *GlobalChange Biology*, 24(1), 213-232.

Frangi, J. L., and A. E. Lugo. (1985). Ecosystem dynamics of a subtropical floodplain forest. *Ecol. Monogr.* 55: 351-369

Gomi, T., Sidle, R.C., Richardson, J.S. (2002), Understanding Processes and Downstream Linkages of Headwater Systems: Headwaters differ from downstream reaches by their close coupling to hillslope processes, more temporal and spatial variation, and their need for different means of protection from land use *BioScience*, 52(10), 905–916.

Grabs, T. (2010). Water quality modeling based on landscape analysis: Importance of riparian hydrology. Stockholm, Sweden: Stockholm University. 39 p. Dissertation. pp. 11-12
Harris, N. L.; Lugo, A. E.; Brown, S.; Heartsill, T.S. (2012). Luquillo Experimental Forest: Research History and Opportunities. *Experimental Forests and Ranges EFR-1*. Washington, D.C: USDA Forest Service. 152 p.

Heartsill, T. S.; Estrada Ruiz, C. R.; Moya, S. (2006). Patrones de lluvia, transcolación y flujo de nutrientes en las cuencas de Bisley, Bosque Experimental de Luquillo, Puerto Rico. *Acta Científica*. 20(1-3): 67-88.

Heartsill, T.S. (2017). Insights on Forest Structure and Composition from Long Term Research in the Luquillo Mountains. *Forests*. 8.204. 10.3390/f8060204

Heartsill, T.S.; Crowl, T. A. and Thompson, J.. (2009b). Tree species distributions in relation to stream distance in a mid-montane wet forest, Puerto Rico. *Caribbean Journal of Science* 45 (1), 52-63.

Heartsill, T.S.; Scatena, F. N.; Lugo, A. E.; Moya, S.; Estrada Ruiz, C. R. (2010). Changes in structure, composition, and nutrients during 15 years of hurricane-induced succession in a subtropical wet forest in Puerto Rico. *Biotropica*. 42(4): 455-463

Herbert, D.A.; Fownes, J.H.; Vitousek, P.M. (1999). Hurricane damage to a Hawaiian forest: Nutrient supply rate affects resistance and resilience. *Ecology*, 80, 908–920.

Hewlett, J.D. and Hibbert, A.R., (1967). Factors affecting the response of small watersheds to precipitation in humid areas. *Forest Hydrology*. 6(5), 275-290.

- Hogan, J. A.; Zimmerman, J. K.; Thompson, J.; Nytch, C. J.; Uriarte, M. (2016). The interaction of land-use legacies and hurricane disturbance in subtropical wet forest: twenty-one years of change. *Ecosphere*. 7(8): e01405. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/ecs2.1405>. Consulta: 23 mayo 2020
- Jansson, R., Laudon, H., Johansson, E. and Augspurger, C., (2007b). The importance of groundwater discharge for plant species number in riparian zones. *Ecology*, 88(1): 131-139.
- Lin, K.-C.; Hamburg, S.P.; Tang, S.-L.; Hsia, Y.-J.; Lin, T.-C. (2003). Typhoon effects on litterfall in a subtropical forest. *Canadian Journal of Research*, 33, 2184–2192.
- Liu, X.; Zeng, X.; Zou, X.; González, G.; Wang, C.; Yang, Si. (2018). Litterfall Production Prior to and during Hurricanes Irma and Maria in Four Puerto Rican Forests. *Forests*. 9(6): 367-. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/f9060367>. Consulta: 21 mayo 2020
- López-Marrero T., Heartsill-Scalley T., Rivera-López CF, Escalera-García IA, Echevarría-Ramos M. (2019) Broadening Our Understanding of Hurricanes and Forests on the Caribbean Island of Puerto Rico: Where and What Should We Study Now? *Forests*, 10(9), 710.
- López-Marrero, T.; Heartsill-Scalley, T.; Rivera-López, C. F.; Escalera-García, I. A.; Echevarría-Ramos, M. (2019). Broadening Our Understanding of Hurricanes and Forests on the Caribbean Island of Puerto Rico: Where and What Should We Study Now?. *Forests*. 10(9): 710-. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/f10090710>. Consulta: 22 mayo 2020
- López-Marrero, T.; Castro-Rivera, A. Actividad Ciclónica en Puerto Rico y Sus Alrededores: 1867 al 2017 (2018). Centro Interdisciplinario de Estudios del Litoral: Mayagüez, Puerto Rico, PR, USA,.
- Lugo, A.E. (2008). Visible and invisible effects of hurricanes on forest ecosystems: An international review. *Austral Ecology*, 33, 368–398.
- Magurran, A.E. (2004) *Measuring Biological Diversity*. Victoria, Australia: Blackwell Publishing.
- Naiman, R.J. and Decamps, H. (1997). The ecology of interfaces: Riparian Zones. *Annual Review of ecology and Systematic*, 28, 621-658.
- Nilsson, C., Grelsson, G., Dynesius, M., Johansson, M.E. and Sperens, U., (1991). Small Rivers Behave Like Large Rivers: Effects of Postglacial History on Plant Species Richness Along Riverbanks. *Journal of Biogeography*, 18(5): 533-541.
- Piao, S., Sitch, S., Ciais, P., Friedlingstein, P., Peylin, P., Wang, X., Zeng, N. (2013). Evaluation of terrestrial carbon cycle models for their response to climate variability and to CO2 trends. *Global Change Biology*, 19, 2117–2132. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/gcb.12187>. Consultado: 18 marzo 2020
- Pike, A. S. and Scatena, F. N. (2010). Riparian indicators of flow frequency in a tropical montane stream network. *Journal of Hydrology* 382 (2010) 72-87.

- Poorter, L., F. Bongers, F. J. Sterck y H. Wöll (2003), Architecture of 53 Rain Forest Tree Species Differing in Adult Stature and Shade Tolerance, *Ecology*, 84: 602-608.
- Quiñones, M.; Parés-Ramos, I. K.; Gould, W. A.; Gonzalez, G.; McGinley, K.; Ríos, P. (2018). El Yunque National Forest Atlas. Gen. Tech. Rep. IITF-GTR-47. San Juan, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry. 63 p.
- Richards, P. (1996). The Tropical Rain Forest: An Ecological Study. *Journal of Tropical Ecology*, 13(5), 775-776
- Sadava, D., Heller, H.C., Orians, G.H., Purves, W.H. and Hillis, D.M., (2009). *Vida, la ciencia de la biología 8ª ed.* Buenos Aires, Argentina: Médica Parnamericana.
- Sayer, E.J.; Powers, J.S.; Tanner, E.V. (2007). Increased litterfall in tropical forests boosts the transfer of soil CO₂ to the atmosphere. *Journal PLoS ONE*, 2, e1299
- Scariot, A. (2000). Seedling mortality by litterfall in Amazonian forest fragments. *Biotropica*, 32, 662–669.
- Scatena, F. N., & Lugo, A. E. (1995). Geomorphology, disturbance, and the soil and vegetation of two subtropical wet steep-land watersheds of Puerto Rico. *Geomorphology*, 13(1-4), 199-213.
- Scatena, F.N. et al., (1993). Biomass and Nutrient Content of the Bisley Experimental Watersheds, Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. Before and After Hurricane Hugo, 1989. *Biotropica*, 25(1), 15-27.
- Shiels, A.B., Gonzalez, G., Lodge, D.J., Willig, M.R., Zimmerman, J.K. (2015). Cascading Effects of canopy opening and debris deposition from a large-scale hurricane experiment in a tropical rain forest. *BioScience*, 65, 871-881.
- Shiels, A.B., Gonzalez, G.; Willig, M.R. (2014). Responses to canopy loss and debris deposition in a tropical forest ecosystem: Synthesis from an experimental manipulation simulating effects of hurricane disturbance. *Scientific Journal (JRNL)*, 32, 124-133.
- Sklash, M.G. and Farvolden, R.N., (1979). The role of groundwater in storm runoff. *Journal of Hydrology*, 43(1-4): 45-65.
- Susan, J. M. (2010). *Estadística para biología y ciencias de la salud*. Madrid, España: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA.
- Tabacchi, E., Correll, D.L., Hauer, R., Pinay, G., Planty-Tabacchi, A.M., Wissmar, R.C., (1998). Development, maintenance and role of riparian vegetation in the river landscape. *Freshwater Biology* (1998) 40, 497-516.
- Vitousek, P.M. (1984). Litterfall, nutrient cycling, and nutrient limitation in tropical forests. *Ecology*, 65, 285–298.
- Wadsworth, F.H. (1951). Forest management in the Luquillo Mountains, part I. The setting. *Caribbean Forester*. 12: 93–114

Waide, R.B., Zimmerman, J.K. and Scatena, F.N. (1998), controls of primary productivity: lessons from the luquillo mountains in Puerto Rico. *Ecology*, 79: 31-37.

Walker, L.R. (1991). Tree damage and recovery from Hurricane Hugo in Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. *Biotropica*, 23, 379–385.

Weaver, P. and Murphy, P. (1990). Forest Structure and Productivity in Puerto Rico's Luquillo Mountains. *Biotropica*, 22(1), 69-82.

Weaver, P.L. (1994). Bano de oro Natural Area, Luquillo Mountains, Puerto Rico; Gen. Tech. Rep. SO-111; U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station: NewOrleans, LA, USA, 55p.

Webb, A.D., Falk, D.A., Finch, D.M., (2019). Fire ecology and management in lowland riparian ecosystems of the southwestern United States and northern Mexico. *Scientific Journal (JRNL)*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 132 p.

Whitmore, T. C. (1998), A Pantropical Perspective on the Ecology that Underpins Management of Tropical Secondary Rain Forests, en M. R. Guariguata y B. Finegan (eds.), *Ecology and Management of Tropical Secondary Forest*, Turrialba, catie.

Zimmerman, J.K.; Hogan, J.A.; Shiels, A.B; Bithorn, J.E; Carmona, S.M.; Brokaw, N. (2014). Seven-year responses of trees to experimental hurricane effects in a tropical rainforest, Puerto Rico. *Scientific Journal (JRNL)*, 332, 64-74.

StreamFRE – Riparian Vegetation

Quebrada Prieta – El Verde Research area

Team: _____

Plot: _____

Date: ____ - ____ - ____

NORTH

0 m

5 m

5 m

7.1.1 Explicación de códigos

- TAG NUMBER: Etiqueta con el número de cada árbol incluido en el censo de árboles.
- MAIN STEM: Cuando un árbol presenta una rama lateral, en la que a 130 cm de altura tiene un diámetro mayor de 1 cm, esta tendrá su etiqueta particular; pero en este apartado se especificará el número del Tag de su tallo principal.
- COORDENADAS (X, Y): Posicionamiento de cada árbol censado tomando como punto de inicio (0,0) m la esquina SW.
- SPECIES CODE: Cada especie tiene un código para su identificación. Estos códigos constan de seis letras, las tres primeras hacen referencia al género y las tres últimas a la especie. Esta clasificación es tomada del listado de especies del protocolo del censo de árboles del Luquillo Forest Dynamic Plot. Si no se conoce alguna especie en campo, dejar el espacio en blanco y anotarlo en comentarios, para después en laboratorio determinar la especie. Los códigos con sus respectivas especies aparecerán en anexos.
- POM: Punto de medición del diámetro (normalmente 130 cm).
- DBH: Diámetro del árbol censado, con precisión de dos decimales. Esta medida será tomada con la cinta DBH para árboles > 5 cm o con caliper para árboles < 5 cm.
- S = STANDIND: Cualquier árbol inclinado menos de 45° respecto a la perpendicular al suelo
 L = LEANING: Cualquier árbol inclinado más de 45° respecto a la perpendicular al suelo, y que no descansa sobre nada.
 P = PRONE: Cualquier árbol que haya caído hasta el punto donde no puede caer más, es decir, tumbado.
- HEIGHT = ALTURA: La medición de los árboles menores de 3 metros se realizará con los jalones de medición y los árboles de alturas superiores con el hipsómetro.
- DAMAGE:
 - B = BROKEN: El tallo está roto por debajo del punto de medición y no puede ser medido. Una rama lateral que está rota es considerada como muerta.
 - C = CROWN DAMAGED: Una gran porción de la copa se perdió o presenta gran cantidad de ramas muertas.
 - DP = DEAD AT POM: Los árboles que están muertos en el punto de medición pero que están vivos por debajo deberían medirse si es posible.
 - R = ROTTEN: El árbol se está pudriendo en el punto de medición.
 - ST = STEM BREAK: El tallo está roto por encima del punto de medición y puede ser medido.
 - T = TIPPED-UP: Vuelco del árbol por algún agente climatológico, produciendo un levantamiento de las raíces. La dirección hacia la que cae el fuste debe ser registrado, anotando los grados a los que distan del norte.
 - V = VINES: Cuando haya plantas epífitas alrededor del punto de medición, siempre que sea posible se apartarán y se medirá el diámetro únicamente del árbol. Cuando no exista esta posibilidad, se debe de anotar que se está midiendo el diámetro del fuste con epífitas alrededor y posteriormente medir el diámetro de dicha enredadera.

7.2 Recolección datos hojas de campo parcelas StreamFRE

Date: 7-Oct-2019 Plot code: QPB-1

Data collectors: Alberto Pastor Ibáñez + Jamarys Torres Díaz

StreamFRE riparian vegetation, Quebrada Prieta, El Verde Research Area													CANOPY DATA				
New Stems - CENSUS 2019													N	S	E	W	
TAG_num	MAIN STEM	X_coord	Y_coord	SPP_code	POM_cm	DBH_cm	DTN_cm	S/L/P	Height_m	Damage DP/B/T/ST/C/R/V	Tip direction	Comments and Instructions	On map?	34	6	16	10
1		4,29	4,05	CECSCH	130	2,38		S	2,9				×				
2		3,53	4,51	CECSCH	130	1,54		S	1,63				×				
3		3,5	4,66	CECSCH	130	2,17		S	1,85				×				
4		4,99	1,89	PREMON	130	16,40	20	S	12,5			Hfuste = 8,70 m	×				
5		2,9	2,4	INGLAU	130	44,00	20	S	23,2			Hfuste = 12,10 m	×				
6		1,43	1,85	MANBID	130	9,70		S	9,7			Hfuste = 4,5 m	×				
7		2,15	0,89	PREMON	112	10,70	-10	S	1,98				×				
8		4,37	1,95	PSYBER	130	1,40		S	1,48				×				
9		0,72	3,48	PREMON	130	9,40	-10	S	2,24			Fuste curvo, POM con cinta; Hfuste = 1,42 m	×				

S= STANDING
L= LEANING
P= PONE

DP= DEAD AT POM
B= BROKEN
T= TIP UP
ST= STEM BREAK

C= CROWN BREAK
R= ROTTEN
V= VINES

PAGE ____

Date: 10-Oct-2019 Plot code: QPB-2

Data collectors: Alberto Pastor Ibáñez

StreamFRE riparian vegetation, Quebrada Prieta, El Verde Research Area														CANOPY DATA			
New Stems - CENSUS 2019														N	S	E	W
TAG_num	MAIN STEM	X_coord	Y_coord	SPP_code	POM_cm	DBH_cm	DTN_cm	S/L/P	Height_m	Damage DP/B/T/ST/C/R/V	Tip direction	Comments and Instructions	On map?	23	30	12	8
10		0,60	0,70	MICGAR	130	45,20	20	S	23,90			POM desde cara E; identificación en estación	×				
11		0,00	0,00	CECSCH	130	1,69		S	1,44			Rotten en h = 85 cm	×				
12		1,77	3,07	PREMON	130	9,60	20	S	2,65				×				
13		0,55	4,60	PREMON	114	7,90	-20	S	1,88				×				
14		0,45	4,70	IXOFER	160	24,90	20	S	14,20			POM a 160 por fuste irregular; identificación en estación	×				
15		0,50	4,99	ROUSUR	130	6,50		S				Epífita leñosa (bejuco)	×				
16	15	0,50	4,99	ROUSUR	130	3,86		S				Epífita leñosa (bejuco)	×				
17		2,32	3,87	CECSCH	130	1,40		S	1,67				×				
18		2,53	4,28	CECSCH	130	1,30		S	1,63				×				
19		3,95	4,73	CECSCH	130	1,55		S	1,72				×				
20		3,60	0,80	DACEXC	130	13,80	20	S	21,00				×				
21		2,17	3,05	HETLAU	130	7,80		P				Leñosa rastrera (bejuco)	×				
22	21	2,17	3,05	HETLAU	130	1,41		S					×				
23	21	2,17	3,05	HETLAU	130	1,35		S					×				

S= STANDING
L= LEANING
P= PONE

DP= DEAD AT POM
B= BROKEN
T= TIP UP
ST= STEM BREAK

C= CROWN BREAK
R= ROTTEN
V= VINES

PAGE ____

Date: 15-Oct-2019 Plot code: QPB-3

Data collectors: Alberto Pastor Ibáñez

StreamFRE riparian vegetation, Quebrada Prieta, El Verde Research Area													
New Stems - CENSUS 2019													
TAG_num	MAIN STEM	X_coord	Y_coord	SPP_code	POM_cm	DBH_cm	DTN_cm	S/L/P	Height_m	Damage DP/B/T/ST/C/R/V	Tip direction	Comments and Instructions	On map?
24		4,60	1,00	PREMON	130	13,30	20	S	6,90			HD = SD = 7,3 m; pte = 7,3 %	×
25		3,00	3,45	PREMON	130	17,90	20	S	11,20			HD = SD = 6,3 m; pte = 2,5 %	×
26		3,70	0,10	PREMON	130	12,00	20	S	6,00			HD = SD = 8,2 m; pte = 2,1 %	×
27		0,20	3,21	PREMON	130	12,40	20	S	6,10			HD = SD = 8,4 m; pte = -6,0 %	×
28		2,90	5,00	CECSCH	130	2,34		S	1,53				×
29		3,00	5,00	CECSCH	130	1,85		S	1,75				×
30		3,00	5,00	CECSCH	130	1,14		S	1,64				×
31		2,95	5,00	SCHMOR	130	1,23		S	2,12				×
32		0,62	1,80	CECSCH	130	1,77		S	1,55				×
33		0,60	1,65	CECSCH	130	1,37		S	1,43				×
34		4,55	1,00	IXOFER	130	3,66		S	3,63			Identificación en estación	×

CANOPY DATA			
N	S	E	W
56	16	20	29

S= STANDING
L= LEANING
P= PONE

DP= DEAD AT POM
B= BROKEN
T= TIP UP
ST= STEM BREAK

C= CROWN BREAK
R= ROTTEN
V= VINES

PAGE_____

Date: 16-Oct-2019 Plot code: QPA-1

Data collectors: Alberto Pastor Ibáñez + Tamara Heartsill Scalley

StreamFRE riparian vegetation, Quebrada Prieta, El Verde Research Area													
New Stems - CENSUS 2019													
TAG_num	MAIN STEM	X_coord	Y_coord	SPP_code	POM_cm	DBH_cm	DTN_cm	S/L/P	Height_m	Damage DP/B/T/ST/C/R/V	Tip direction	Comments and Instructions	On map?
35		0,00	4,90	PREMON	130	14,60	20	S	10,90			HD = SD = 7 m; pte = 6%	×
36		0,00	4,85	CECSCH	130	2,42		S	2,12	R		Virus o insecto afectando al punto de medición	×
37		0,60	4,90	CECSCH	130	2,30		S	2,05				×
38		1,20	4,64	CECSCH	130	2,13		S	2,11				×
39		2,44	4,90	PSYBER	130	1,04		S	1,93				×
40		2,66	4,90	CECSCH	130	1,43		S	1,68				×
41		3,78	4,45	PSYBER	130	1,45		S	2,25				×
42		3,90	4,90	IXOFER	130	6,90		S	6,50			HD = 4,2; SD = 4,3; pte = -19%	×
43		4,55	4,90	PSYBER	130	1,70		S	2,70				×
44		4,95	4,65	PSYBER	130	2,02		S	3,10				×
45		4,70	4,72	CECSCH	130	2,16		S	2,65				×
46		4,58	3,68	INGLAU	130	25,20	20	S	11,20			HD = 6,1; SD = 6,2; pte = -16,6%	×
47		3,85	3,52	CECSCH	130	2,32		S	2,22				×
48		2,88	3,52	PREMON	130	13,20		S	3,70			HD = SD = 6,4; pte = 6,1 %; tag 833 de Covich	×
49		2,11	3,73	PSYBER	130	3,62		S	3,70				×
50		0,20	4,04	PSYBER	130	1,19		S	1,65				×

CANOPY DATA			
N	S	E	W
9	14	8	44

S= STANDING
L= LEANING
P= PONE

DP= DEAD AT POM
B= BROKEN
T= TIP UP
ST= STEM BREAK

C= CROWN BREAK
R= ROTTEN
V= VINES

PAGE_____

Date: 16-Oct-2019 Plot code: QPA-1

Data collectors: Alberto Pastor Ibáñez + Tamara Heartsill Scalley

StreamFRE riparian vegetation, Quebrada Prieta, El Verde Research Area													
New Stems - CENSUS 2019													
TAG_num	MAIN STEM	X_coor	Y_coor	SPP_code	POM_cm	DBH_cm	DTN_cm	S/L/P	Height_m	Damage DP/B/T/ST/C/R/V	Tip direction	Comments and Instructions	On map?
51		0,65	3,05	INGLAU	130	3,15		S	2,83				x
52		0,52	0,95	HELCAR	130							4 culms	x
53		0,00	0,69	HIRRUG	130	4,91		S	8,60			HD = SD = 7,5 m; pte = -5,4 %	x
54		0,00	0,00	HOMRAC	230	24,90	-50	S	23,40			HD = SD = 10,9 m; pte = -0,7 %	x
55	54	0,00	0,00	HOMRAC	130	3,68		S					x
56		0,67	0,95	ROUSUR	130	5,20		L					x
57		0,05	0,40	CECSCH	130	2,34		S	2,75				x
58		2,25	0,51	CECSCH	130	2,01		S	2,24				x
59		2,25	0,28	PSYBER	130	1,06		S	2,22				x
60		2,25	0,32	PSYBER	130	1,63		S	2,44				x
61		2,50	0,10	SOLTOR	130	1,00		S	1,82				x
62		2,80	0,00	PREMON	130	12,10	20	S	4,10			HD = SD = 2,5 m; pte = -14,3%	x
63		3,60	0,89	CECSCH	130	2,78		S	2,42				x
64		4,60	1,20	CECSCH	130	1,65		S	1,83				x
65		4,50	1,20	MICTET	130	1,22		S	2,12				x
66		3,52	1,62	CORSUL	130	1,71		S	2,30				x

CANOPY DATA			
N	S	E	W
9	14	8	44

S= STANDING
L= LEANING
P= PONE

DP= DEAD AT POM
B= BROKEN
T= TIP UP
ST= STEM BREAK

C= CROWN BREAK
R= ROTTEN
V= VINES

PAGE ____

Date: 16-Oct-2019 Plot code: QPA-1

Data collectors: Alberto Pastor Ibáñez + Tamara Heartsill Scalley

StreamFRE riparian vegetation, Quebrada Prieta, El Verde Research Area													
New Stems - CENSUS 2019													
TAG_num	MAIN STEM	X_coor	Y_coor	SPP_code	POM_cm	DBH_cm	DTN_cm	S/L/P	Height_m	Damage DP/B/T/ST/C/R/V	Tip direction	Comments and Instructions	On map?
67		3,57	1,82	GUEVAL	130	7,30		S	5,90			HD = SD = 4,1; pte = 11,4%	x
68		4,10	2,00	CECSCH	130	1,62		S	2,10				x
69		3,37	1,82	CECSCH	130	1,19		S	1,50				x
70		3,00	1,82	PSYBER	130	1,37		S	2,13				x
71		3,12	1,35	CECSCH	130	1,12		S	1,32				x
72		2,45	1,82	CECSCH	130	2,20		S	2,10				x
73		2,19	2,00	PREMON	130	15,00	20	S	11,50			HD = SD = 5,7 m; pte = 32,9%	x
74		2,19	1,70	CECSCH	130	1,31		S	1,63				x
75		3,00	2,60	HIRRUG	130	2,73		S	3,60				x
76		2,35	2,80	HIRRUG	130	4,55		S	6,90			HD = SD = 6,0; pte = 12,7%	x
77		3,00	2,75	MICTRAC	130	1,25		S	2,50				x
78		4,90	0,00	PREMON	130	15,90	20	S	7,70			HD = SD = 4,9; pte = 2,7 %	x

CANOPY DATA			
N	S	E	W
9	14	8	44

S= STANDING
L= LEANING
P= PONE

DP= DEAD AT POM
B= BROKEN
T= TIP UP
ST= STEM BREAK

C= CROWN BREAK
R= ROTTEN
V= VINES

PAGE ____

TREE CENSUS 2019

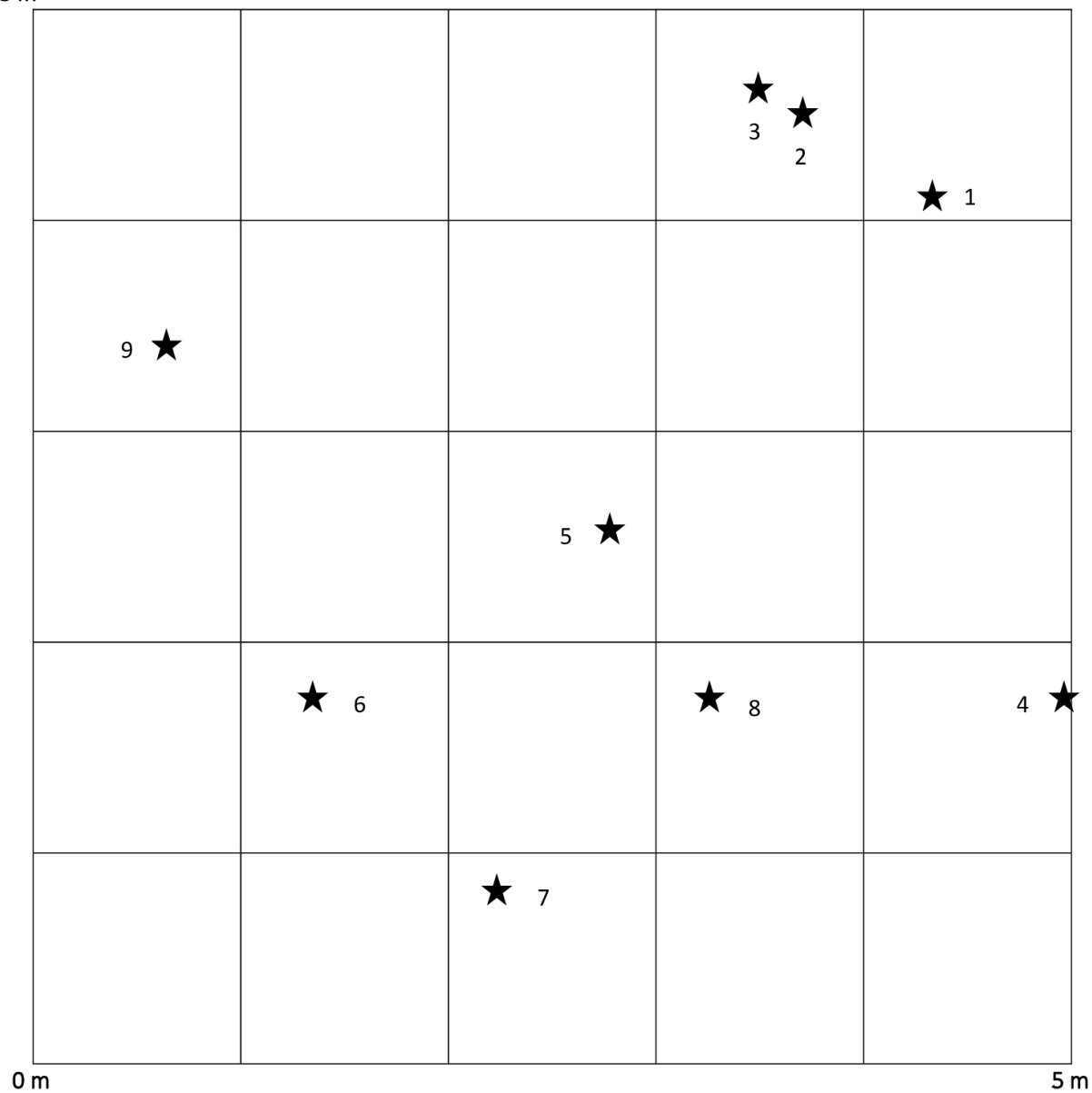
StreamFRE – Riparian Vegetation

Quebrada Prieta – El Verde Research area

Team: Alberto Pastor IbáñezPlot: QPB-1Date: 9 Oct 2019

NORTH

5 m



TREE CENSUS 2019

StreamFRE – Riparian Vegetation

Quebrada Prieta – El Verde Research area

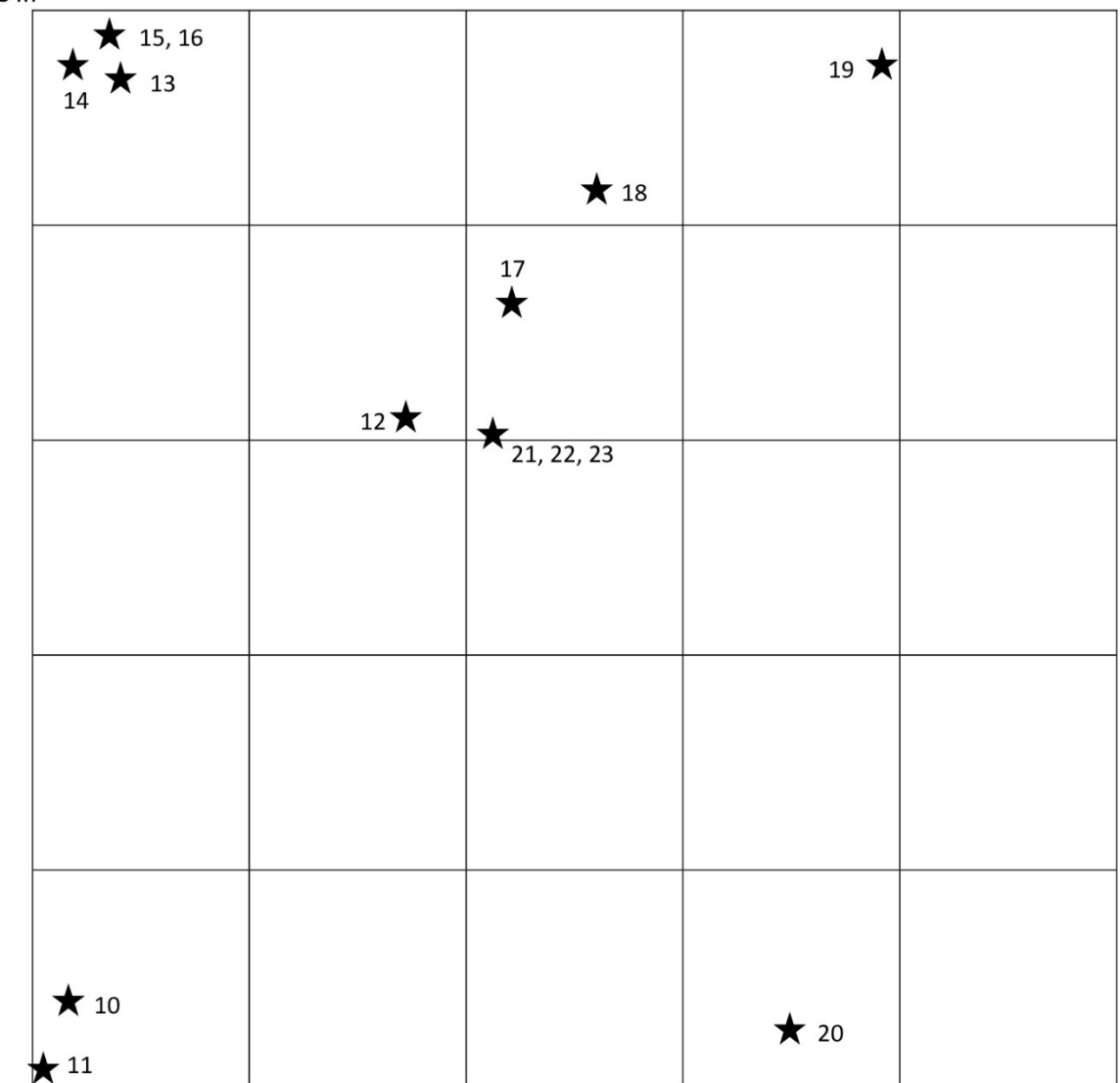
Team: Alberto Pastor Ibáñez

Plot: QPB-2

Date: 10 _ Oct _ 2019

NORTH

5 m



0 m

5 m

TREE CENSUS 2019

StreamFRE – Riparian Vegetation

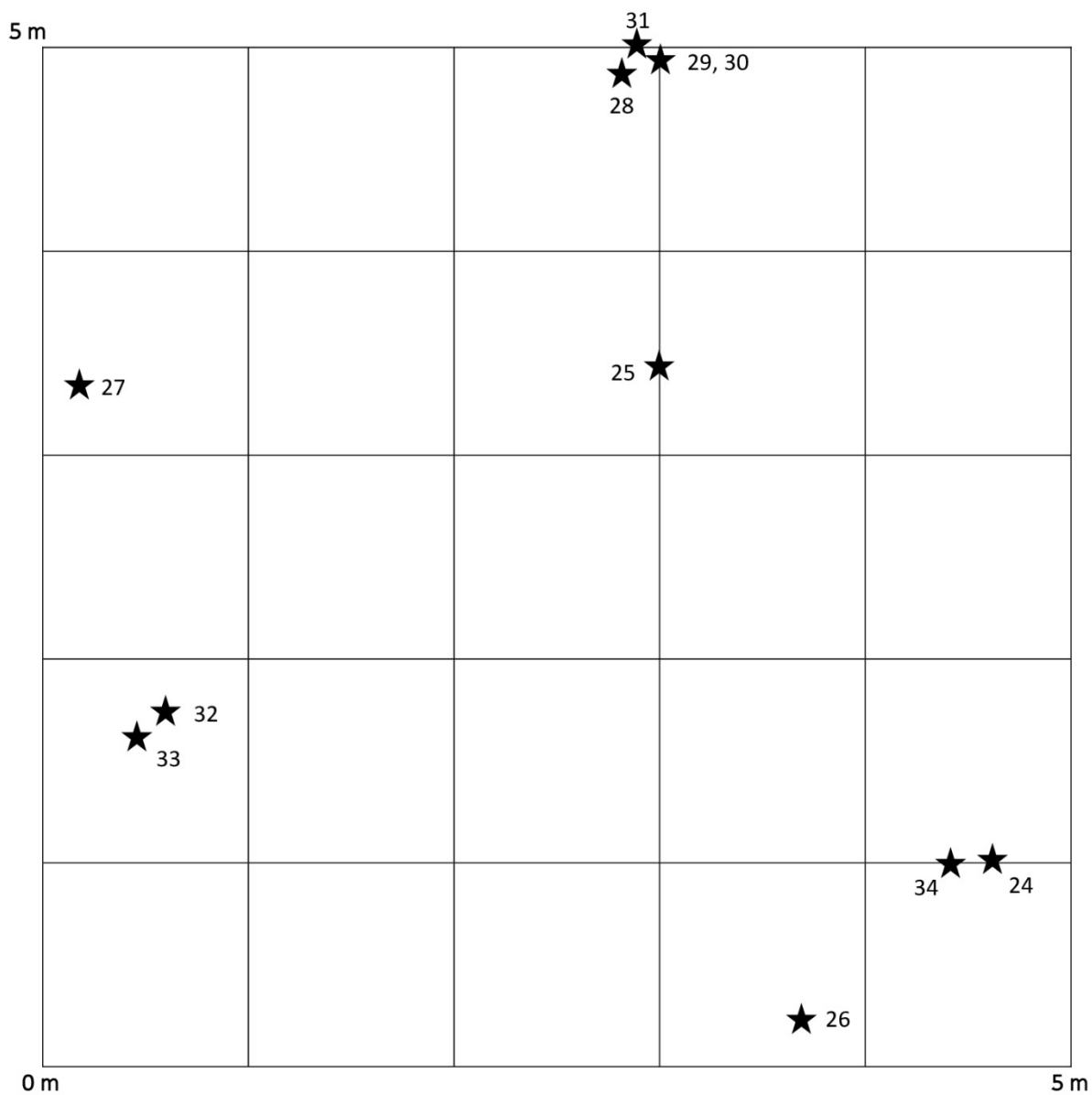
Quebrada Prieta – El Verde Research area

Team: Alberto Pastor Ibáñez

Plot: QPB-3

Date: 15 Oct 2019

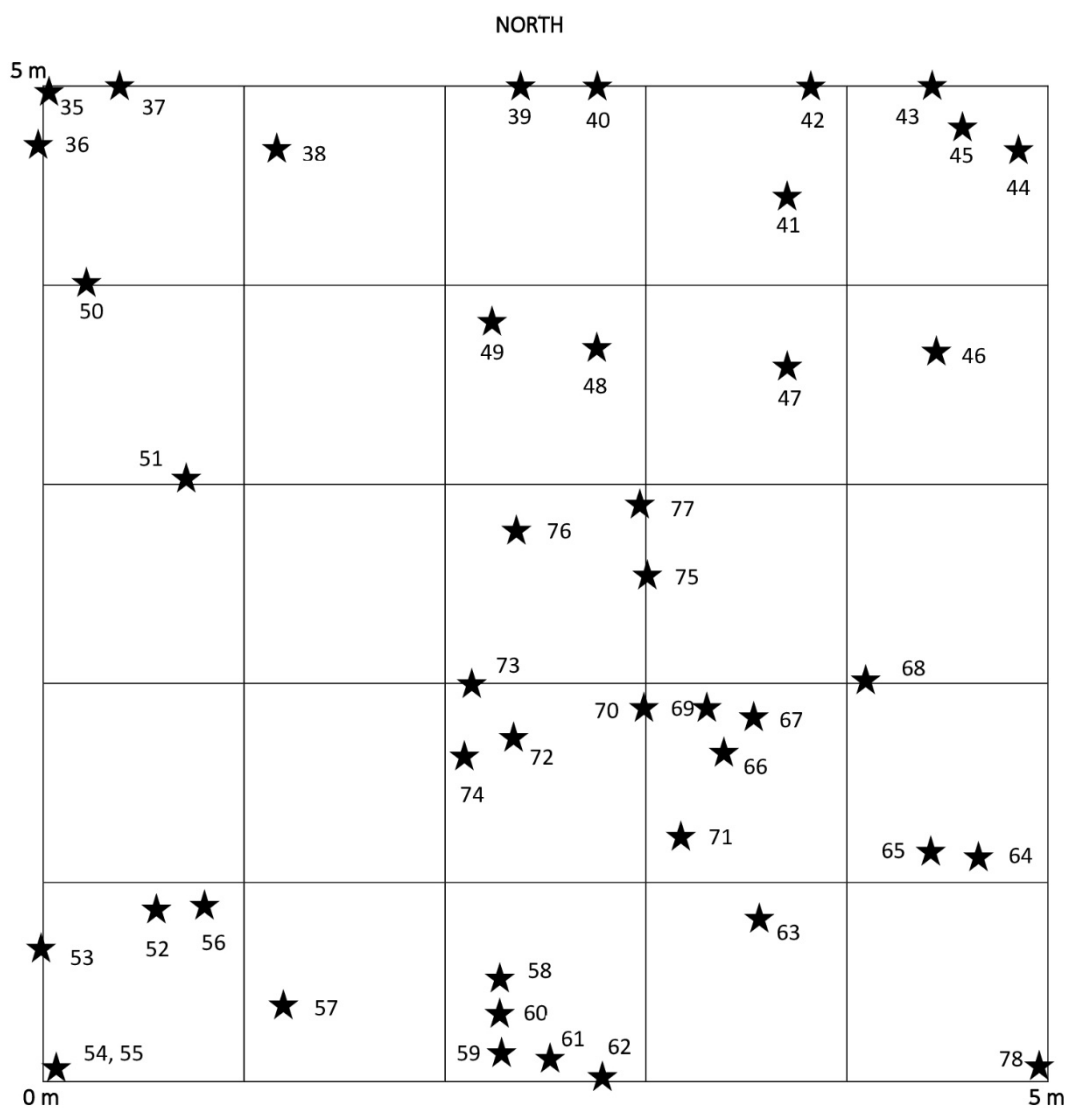
NORTH



TREE CENSUS 2019

StreamFRE – Riparian Vegetation

Quebrada Prieta – El Verde Research area

Team: Alberto Pastor IbáñezPlot: QPA-1Date: 16. Oct. 2019

7.3 Recolección datos hojas de campo parcelas LFDP

StreamFRE riparian vegetation, Quebrada Prieta, El Verde Research Area																								
New Stems - CENSUS 2019																								
Date	QUAD	SUB QUAD	PX	PY	TAG	MAIN STEM	2016 POM	2016 DIAM	2016 DTN	2016 A/D/NF	2016 SPECIES	2019 A/D/NF	2019 SPECIES	2019 I/O/N/M	2019 diam POM in 2016	2019 POM (NP if POM changed)	2019 diam at best POM	2019 DTN	2019 S/L/P	2019 DP/B/R/T/ST /C/V	Height_m	2019 Tip direction	Comments and instructions	On map?
06-dic-19	709	44	136.29	176.3	26311		1.3	6.4		A,alive	INGLAU	A	INGLAU	I	7.4				S					
06-dic-19	709	44	139.98	176.48	26316		1.3	29.5		A,alive	CHIDOM	NF												
06-dic-19	709	44	139.96	176.84	7726		1.3	50.0		A,alive	DACEXC	A	DACEXC	I	51.3			20	S					
06-dic-19	709	44	136.59	177.82	46658		1.3	4.5		A,alive	SLOBER	A	SLOBER	I	4.5				S				Rama rota	
06-dic-19	709	44	138.6	178.12	173854		1.3	8.5		A	PREMON	A	PREMON	I	10.7			-50	S					
06-dic-19	709	44	137.68	179.31	46660					DEADT	SLOBER	NF												
06-dic-19	709	44	136.22	179.98	171059					DEADT,dead	TETBAL	NF												
	808	24			6730		1.3	273		A,alive	CORSUL													
	808	24			42231		1.25	149		A,alive	PREMON													
	808	24			42221		1.3	141		A,alive	PREMON													
	808	24			6729		1.3	173		A,alive	PREMON													
	808	24			42222					A	SAMSPI													
	808	24			136021		1.3	112		A,alive	PREMON													
	808	24			136024		1.3	34.7		A,alive	CASSYL													
	808	24			136024					A	CASSYL													
05-dic-19	1107	23	208.02	130.6	30726		1.26	15.4		A,alive	PREMON	A	PREMON	I	15.4			20	S					
05-dic-19	1107	23	205.59	130.99	133935		1.3	14.5		A,alive	MYRDEF	A	MYRDEF	I	2.08	130			S				Tag NF	
05-dic-19	1107	23	209.85	131.58	30727		1.15	18.4		A,alive	INGLAU	A	INGLAU	I	21.9				S					
05-dic-19	1107	23	205.79	132.66	133937		1.3	22.3		A,alive	MANBID	A	MANBID	I	2.92				S					
05-dic-19	1107	23	205.59	133.04	5857		1.3	17.0		A,alive	PREMON	A	PREMON	I	16.8			20	S					
05-dic-19	1107	23	208.63	133.08	173750		1.3	1.1		A	MANBID	A	MANBID	I	2.22				L				Tag NF	
05-dic-19	1107	23	209.15	133.12	30728		1.33	8.0		A,alive	EUGSTA	A	EUGSTA	I	8.4				S					
05-dic-19	1107	23	207.67	133.38	170216		1.3	1.5		A	SLOBER	A	SLOBER	I	1.91				S					
05-dic-19	1107	23	205.49	133.44	133936		1.3	18.8		A,alive	MANBID	A	MANBID	I	2.72				S					
05-dic-19	1107	23	206.65	133.47	35799		1.3	40.6		A,alive	MANBID	A	MANBID	I	4.60				S					
05-dic-19	1107	23	208.01	133.67	173751		1.3	10.5		A,alive	MANBID	A	MANBID	I	2.34				S					
	1207	23			30753		1.31	141		A,alive	PREMON													
	1207	23			30756		1.3	82		A,alive	HOMRAC													
	1207	23			5893		1.5	534		A,alive	MANBID													
	1207	23			30754					DEADT	CASARB													
	1507	11			5995		1.25	171		A,alive	PREMON													
	1507	11			30914		1.3	114		A,alive	PREMON													
	1507	11			30915					DEADT,dead	HIRRUG													
	1507	11			30915					LS_stem dead	HIRRUG													
	1507	11			30915					LS_stem dead	HIRRUG													
	1507	11			30919		1.3	128		A,alive	PREMON													

[illegible]

7.4 Guía de especies LFDP

El Verde Field Station
LFDP Tree Species

Genus & Species	Family	Freq	Remarks
<i>Alchorneopsis floribunda</i> ALCFLO	Euphorbiaceae	116	TREE- leaves alternate, simple, dentate, thin & light green, young leaves spoon-shaped, trinervate at base; bark whitish, may have buttresses, trunk may be twisted; may be confused with ALCLAT- leaves narrower relative to length.
<i>Alchornea latifolia</i> ALCLAT	Euphorbiaceae	291	TREE- leaves alternate, simple, coarsely dentate, trinervate at base, heart-shaped, long petiole; bark reddish-brown, smooth.
<i>Andira inermis</i> ANDINE	Fabaceae	150	TREE- leaves alternate, pinnately compound with opposite/sub-opposite leaflets + terminal leaflet, waxy, smooth wavy margin, stipulate leaf bases and bud, smells like green beans when crushed; petiole brown, stubby; long branches.
<i>Stenostomum obtusifolium</i> ANTOBT	Rubiaceae	10	TREE- leaves opposite, simple, ovate/elliptic, dark green, chordate base; almost no petiole; swollen nodes, stipules 5-8mm, often forming a ridged scar when they fall; bark gray and smooth, inner bark reddish; twigs are gray and stout.
<i>Ardisia glauciflora</i> ARDGLA	Myrsinaceae	156	Small TREE- no petiole; leaves thick and fleshy, hard to see venation on the lower surface of the leaf; leaves opposite; almost no petiole-very short and thick (maybe confused with MANBID but no white midvein and no white sap); leaf arrangement looks like a big flower.
<i>Artocarpus altilis</i> ARTALT Breadfruit Pana	Moraceae	24	TREE- large (30-100cm), deeply lobed alternate leaves; latex; large, green, orbicular compound fruits; bark gray, smooth; confined to small area of grid.
<i>Beilschmiedia pendula</i> BEIPEN	Lauraceae	1	TREE- alternate, leathery, elliptic leaves, often holes from herbivory; spicy twigs and bark; on large trees bark peels off, and visible inner bark layers are rusty color.
<i>Brunfelsia portoricensis</i> BRUPOR	Solanaceae	1	SHRUB-obovate, long, alternate leaves, sometimes crowded on twigs and with stout petioles, broadest section above middle, slowly narrowing and coming to a long point at base, several fine side veins; twigs stout, brown, fissured, (In small area of Grid around quad 1407).
<i>Buchenavia tetraphylla</i> BUCTET	Combretaceae	239	TREE- very large- leaves small, spoon-shaped & alternate often in whorled groups; branches scooped upward toward leaf whorls; bark reddish brown & slightly fissured, peels in vertical strips; has buttresses. May be confused with BYRWAD but leaves smaller, yellow fruits.
<i>Byrsonima spicata</i> BYRSPI	Malpighiaceae	326	TREE- leaves strap-shaped, opposite, clustered in whorls at ends of branches, darkish green; translucent venation; bark reddish-brown and warty; fruits bright yellow; brown furry bud.

			Leaves may be confused with BUCTET.
<i>Byrsonima wadsworthii</i> BYRWAD	Malphiaceae	26	TREE- clustered, alternate, tiny leaves. May be confused with BYRSPI but leaves are wider relative to length, leaf edges turned under, dense hairs on and gray leaf undersides, bark brown-dark brown, fissured or furrowed.
<i>Calophyllum antillanum</i> CALCAL	Clusiaceae	79	TREE-shiny medium size thick leaves with horizontal secondary veins; white/yellow sap. Big trees have warts on bark. May be confused with MANBID but CALBRA leaves smaller more oblong and lighter shiny green.
<i>Henriettea squamulosa</i> CALSQU	Melastomataceae	24	TREE- shiny, waxy leaves, translucent, Melastome venation, opposite, elliptic, thick, yellow-green leaves. Clustered leaves at twig ends; nearly horizontal branches, brown or gray bark.
<i>Casearia arborea</i> CASARB	Salicaceae	4469	TREE-small lanceolate leaves; finely toothed. Lateral branches straight with many alternate leaves; pointed stipules stick up in leaf axils on young branches. May be confused with LAEPRO but CASARB leaves much smaller and more lanceolate.
<i>Casearia decandra</i> CASDEC	Salicaceae	0	Small TREE- alternate very small heart shaped leaves, finely saw-toothed; lightish brown spotty stem. May be confused with CASSYL, HOMRAC or CASGUI but CASDEC leaves much smaller and delicate.
<i>Casearia guianensis</i> CASGUI	Salicaceae	2	Tree- similar to CASSYL but leaves have more undulating surface and are toothed rather than with irregularly wavy margins. Leaves smaller than CASSYL.
<i>Casearia sylvestris</i> CASSYL	Salicaceae	1829	Small TREE- dark green alternate leaves with wavy margins; larger leaves than CASDEC; bark is light (white/beige) and smooth on older stems; new stems are green. May be confused with HOMRAC (toothedleaf), CASGUI or CASDEC (much smaller leaf).
<i>Cecropia schreberiana</i> CECSCH Yagrumo	Moraceae	1451	TREE- giant lobed leaf with silvery underside; triangular leaf scars with circular band around trunk; prop roots; hollow trunk; very fast growing. Trunk may be confused with SCHMOR which has leaf scars that are not complete bands around the trunk.
<i>Ceiba pentandra</i> CEIPEN	Bombacaceae	1	TREE- Spiny dark green trunk on young trees but gray when older; palmately compound leaves; Leaflets lanceolate, soft, and dentate; large buttresses on big trees. Rare in the Big Grid. Trunk may be confused with ZANMAR because of spines.
<i>Cestrum macrophyllum</i> CESMAC	Solanaceae	9	Shrub or small tree- dull green, alternate, elliptic leaves, gray, smooth bark, looks like a vine. Yellow flowers.

<i>Chionanthus domingensis</i> CHIDOM	Oleaceae	88	Big TREE- leaves simple, paired, long (to 15cm), quite narrow & pointed, lightish green, lighter on lower surface; midrib light and collecting vein on upper surface; petioles -4cm & swollen at base; leaf blade wing on petiole; leaves in pairs; bark pale yellow mature trunks often deeply fluted & wrinkled with deep invaginations & often twisted.
<i>Chione venosa</i> CHOVEN	Rubiaceae	13	TREE- leaf simple, opposite, thick, dark green with collecting vein, may be elongated in young trees; bark multicolored and comes off in chunks; often with black, shiny, ovoid fruits.
<i>Chrysophyllum argenteum</i> CHRRARG	Sapotaceae	24	TREE- alternate leaves, lower leaf surface silvery or silvery green, often w/ silky hairs, leaf veins straight and parallel, almost 90 degrees from midrib, evenly and widely spaced; milky sap; low, spreading crown; bark smooth or very fissured, gray or light brown.
<i>Cinamomum elongatum</i> CINELO	Lauraceae	4	TREE- Leaves long, spear shaped, dark green, may have light midrib; bad smell when stem crushed; pinkish petiole short and curved. May be confused with OCOSIN- still under Investigation
<i>Cinamomum montanum</i> CINMON	Lauraceae	4	TREE- branchlets rusty colored and covered with close hairs, leaves elliptic-lanceolate to ovate or oval, triplinerved, pointed at tip, papery.
<i>Citrus x aurantium</i> CITAU Sour Orange Naranja Agria	Rutaceae	1	Small TREE- leaves alternate, ovate, may be long pointed at ends; petioles have broad wings- 1-1.5 cm across; twigs with sharp spines up to 2.5cm; leaves with small rounded teeth, pleasant smell and glandular dots translucent dots when leaf underside viewed in front of the sun (like all citrus); bark brown and smoothish; rare on grid.
<i>Citharexylum caudatum</i> CITCAU	Verbenaceae	7	Small TREE- opposite leaves; leaf pairs shiny; twisted petiole swelling on branch where petiole attached, and petiole slightly winged; leaves elliptic, widely spaced apart; long branches with fine longitudinal ridges; can seem like a vine.
<i>Clibadium erosum</i> CLIERO	Asteraceae	0	SHRUB- opposite long- stalked leaves with irregular, doubly toothed (one long and one short) edges; twigs hairy, stout; bark gray-smooth to slightly fissured.
<i>Clusia rosea</i> CLUROS	Clusiaceae	39	Can become a big tree with prop roots; often begins as an air plant; opposite, very thick, big; obovate leaves; grows also over dead trunks or rocks. May be confused with other <i>Clusias</i> .
<i>Coccoloba pyrifolia</i> COCPYR	Polygonaceae	221	SHRUB- prominent venation; canal on midrib; dark green top and light green bottom leaf; short petiole curved upwards; leaf end with small pointed tip; leaf sheath around stem. May be confused with COCDIV, rounded leaf tip
<i>Coccoloba swartzii</i> COCSWA	Polygonaceae	23	TREE- Big rounded, shiny, thick, and leathery leaves, bit like GUEVAL, twigs ringed at nodes and green sheath at leaf base; bark gray-

			smooth to slightly fissured. Some may be identified as COCDIV.
<i>Coffea arabica</i> COFARA Coffee	Rubiaceae	22	SHRUB- long alternate branches, flower in axels; opposite, glossy, elliptic leaves; short petioles make a triangle shape with stem so leaf points forward. Smells like a green leaf. Can be confused with IXOFER but leaves less stiff and fleshy. Long stipule on side of stem; fleshy berry green, red when ripe.
<i>Comocladia glabra</i> COMGLA CAUTION-CAUSTIC SAP, CAUSES RASH	Anacardiaceae	55	SHRUB- common along streams and over rocks; compound, alternate leaves with one terminal leaflet; small dark green leaflet; Perpendicular lateral veins to mid vein; serrated edge (flat holly leaf); horizontal branches. caution dermatitis from all plant parts.
<i>Cordia borinquensis</i> CORBOR	Boraginaceae	627	Small TREE- leaves simple and alternate, thick and leathery; veins raised on lower surface of leaf; lateral veins widely spaced and curve up to lie parallel to leaf margin; midrib on lower surface often a rusty brown color; stem branches in threes; orange-red fruit.
<i>Cordia sulcata</i> CORSUL	Boraginaceae	127	TREE- leaves large, gray- green, softly hairy, matte, not glossy, nearly always eaten by insects Leaving only a soft vein lacy network; stem branches in threes; bark pale yellow and slightly fissured. May be confused with CORBOR but leaves much softer and bigger. Branches in 3's like CORBOR.
<i>Croton poecilanthus</i> CROPOE	Euphorbiaceae	88	TREE- leaves leathery, mid-green in color, no clear secondary veins; leaf blade acute angle and appears placed on top of petiole; Smells of curry when crushed; lower surface is covered in relatively inconspicuous silver dots; petiole is long, fleshy and has a canal; no light midvein but maybe confused with MANBID.
<i>Cassipourea guianensis</i> CSSGUI	Rhizophoraceae	107	Small TREE- collecting vein around leaf margin; flowers and fruits in axils; horizontal branches coming from leaf axils; looks like MYRSPL but leaves have an obvious collecting vein and are broader relative to their length. Leaves curve downward off stems.
<i>Cupania americana</i> CUPAME	Sapindaceae	0	TREE- Pinnate leaves with 4-8 alternate elliptic leaflets with wavy toothed edges, leaflets toward end of leaf largest with notch at end, upper leaf surface shiny and hairy only on veins, lower leaf surface duller and hairy. Brown, hairy twig and leaf axes. Gray bark either smoothish or becoming rough and breaking into plates.
<i>Cyathea arborea</i> CYAARB	Cyatheaceae	178	Tree fern. May be confused with CYABOR which has spines on trunk.
<i>Alsophila portoricensis</i> CYAPOR	Cyatheaceae	3	Tree fern with spines on trunk. May be confused with CYAARB which has no spines on trunk.
<i>Cyrilla racemiflora</i> CYRRAC	Cyrillaceae	9	TREE- Narrowly elliptic leaves; reddish-brown, sometimes twisted trunk which splits off into thin scales or plates. One of the favorite trees for nesting of the Puerto Rican parrot.

<i>Dacryodes excelsa</i> DACEXC Tabonuco	Burseraceae	1526	TREE- leaves pinnate compound, ending in one terminal leaflet; leaflets fat (width relative to length) with few widely spaced lateral, dark, shadow-like veins; sap and crushed leaf smells strongly of turpentine (although has sweeter smell to some); smooth, whitish patchy bark, stems exude fragrant white resin. Though DACEXC leaves are rounder, may be confused with TETBAL which has many translucent veins and balsam smell.
<i>Daphnopsis philippiana</i> DAPPHI	Thymelaeaceae	2	SHRUB- Elliptic, leatherly leaves, clustered together at twig ends and nodes, when leaves cut, look like cardboard or paper fibers. Twigs red-brown when young, turn brown. Bark gray, smooth or slightly fissured.
<i>Dendropanax arboreus</i> DENARB	Araliaceae	167	TREE- leaves quite large and slightly rounded, shiny dark green on top, lighter beneath; petiole very long relative to leaf size (usu. > 5cm); leaf edges wavy; leaves cluster at end of branches in whorl; bark light/white & smooth or lenticels. Can be confused with ALCLAT but no V-shaped first lateral veins and no dentition.
<i>Ditta myricoides</i> DITMYR	Euphorbiaceae	0	Small TREE- lance-shaped leaves with minutely toothed edges, which turn under. Glandular teeth at borders of leaves.
<i>Drypetes alba</i> DRYALB	Euphorbiaceae	10	Small TREE- alternate, ovate to lance-shape Leaves, long pointed at apex and inconspicuously wavy-toothed on margins. Can be confused with DRYGLA, but DRYGLA leaf fatter relative to length and not toothed.
<i>Drypetes glauca</i> DRYGLA	Euphorbiaceae	226	TREE- leaves dark green, alternate, with short, curved petioles; DRYGLA branches generally not branching greatly, terminating in a small light fuzzy gray leaf bud that looks like a hand with thumb; bark whitish gray with white warts along its length; tree often leaning, twisted with small buttresses. May be confused with DRYALB.
<i>Eugenia domingensis</i> EUGDOM	Myrtaceae	52	TREE- opposite elliptic, shiny on top with many fine veins, long pointed leaves; blackish-purple berry. May be confused when small with MYRLEP (MYRLEP has peeling reddish bark and some pink leaves).
<i>Eugenia eggersii</i> EUGEGB	Myrtaceae	0	Not seen at El Verde. Plants reported under this name have been re-identified as EUGDOM. May be confused with MYRLEP or EUGDOM.
<i>Eugenia stahlia</i> EUGSTA	Myrtaceae	426	TREE- crushed leaves smell of oregano; leaves opposite and oval with fleshy appearance, light green matte not glossy on bottom; lateral veins not obvious but nearly at right angles to midrib on close inspection.
<i>Faramea occidentalis</i> FAROCC	Rubiaceae	437	Small TREE- leaves shiny, dark green, simple, opposite; long slender stems branch out of axils; long terminal stipules look like crossed insect antennae; petioles sharply curved forward. May

			be confused with IXOFER but has more delicate stem and terminal stipules and the leaves are smaller and not as yellow-green looking or as thick as IXOFER. May also be confused with COFARA.
<i>Ficus americana</i> FICAME	Moraceae	0	TREE- white latex, aerial roots that often reach ground from branches, long pointed bud formed by a scale which makes a ring scar- (like all figs); smooth, dark brown bark; small, elliptic dark green leaves that are shiny on upper surface.
<i>Ficus citrifolia</i> FICCIT	Moraceae	7	TREE- white latex, aerial roots that often reach ground from branches, long pointed bud formed by a scale which makes a ring scar- (like all figs) whitish bark, long, slender petioles, short pointed leaf blades w/ 6-10 lateral veins on each side almost 90 degrees from midrib.
<i>Ficus crassinervia</i> FICCRA	Moraceae	2	TREE- (On Grid some are Very Big) white latex, aerial roots that often reach ground from branches, long pointed bud formed by a scale which makes a ring scar- (like all figs) Bark is gray, smoothish, or slightly fissured. Alternate leaves slightly leathery. Ends with a finely hairy bud with bunch of stipules. Distinctive roots travel over soil surface and most of the time has big buttresses.
<i>Ficus trigonata</i> FICTRI	Moraceae	30	TREE- white latex, aerial roots that often reach ground from branches, long pointed bud formed by a scale which makes a ring scar- (like all figs); bud hairy; oblong, ovate, or elliptic leaves, blunt or rounded at ends, slightly notched or rounded at base, shiny green, stiff, leathery.
<i>Genipa americana</i> GENAME Jagua	Rubiaceae	4	TREE- opposite, very large, spatulate, fleshy Leaves; almost no petiole; mature trees have round, crater-like scars on trunk; big fruits look like kiwi from below. May be confused with PSYGRA which has big stipule.
<i>Gonzalagunia spicata</i> GONSPI	Rubiaceae	1	Small SHRUB- leaves softly hairy, light green, & opposite, veins sunken on upper surface; tiny leaf pairs in axils and long fine stipules; often infected with leaf miners; new stems slightly hairy; flowers white, often in long pendulous raceme; fruit purple when ripe (sometimes white), stem often looks dead. DBH will be less than 2cm most of the time.
<i>Guarea glabra</i> GUAGLA	Meliaceae	242	Small TREE- leaves pinnately compound, generally matte green color (smaller & less shiny than GUAGUI); 2 terminal leaflets that are somewhat pointed; petioles short, swollen and brownish; red-pink abundant flowers born on twigs and branches; shorter branches than GUAGUI. Less common than GUAGUI and doesn't reach large size; trunk often twisted; may be confused with SWIMAC as well.

<i>Guarea guidonia</i> GUAGUI	Meliaceae	493	TREE- leaves even pinnate compound (up to 2 ft long) ending in 2 terminal leaflets with gray/green hook like bud (looks like duck head), shiny & dark green leaflets; petioles short & slightly swollen; mature bark maroon & fissured; trunk straight with small sprouts or branches growing close to the ground most of the time; white flowers, reddish-brown seed capsules; may be confused with GUAGLA, SWIMAC (no terminal bud just fine spike and light leaf midrib).
<i>Guazuma ulmifolia</i> GUAULM	Sterculiaceae	4	TREE- long, widely spreading branches with alternate lanceolate shaped, finely saw-toothed leaves in 2 rows in same orientation = flattened arrangement. May be confused with HOMRAC which has coarser dentition.
<i>Guatteria caribaea</i> GUTCAR	Annonaceae	324	TREE- leaves alternate, elliptic, relatively narrow & pointed with a collecting vein, bright green; petioles short, green & deeply channeled; lateral branches horizontal, straight & not branching; bark dark, almost black; new terminal leaf bud looks like a fox tail. May be confused with OXALAU which has no foxtail.
<i>Guettarda valenzuelana</i> GUEVAL	Rubiaceae	128	TREE- leaves dark green, slightly thickened, opposite and "perfectly" oval; curved lateral veins spaced relatively widely apart; petiole stout and grooved; bark dark gray (with warts); triangular terminal bud; some of the new leaves may be pink or yellow.
<i>Hamelia axilaris</i> HAMAXI	Rubiaceae	0	SHRUB- looks like a small <i>Palicourea</i> but with smaller and more rounded leaves; funnellform yellow flower.
<i>Henriettea fascicularis</i> HENFAS	Melastomataceae	20	Small TREE- opposite, elliptic, hairy leaves on upper and lower surface, pink veins on lower leaf surface (not on stems), dull gray-green in color. Looks like MICRAC but leaves are paler and not as shiny, MICRAC has stronger leaf margin hairs; can become a small tree >10cm diameter.
<i>Talipariti tiliaceum</i> HIBTIL	Malvaceae	51	Looks like a big network of tangled vines and branches which root into ground; gray branches; orange-yellow showy flowers. Measure diameter on both rooted down branches and up branches and note orientation.
<i>Hirtella rugosa</i> HIRRUG	Chrysobalanaceae	901	Small TREE-"Hairy Mary" with dense brown/orange hairs covering leaves and new stems; branches have a droopy appearance; leaves simple, heart-shaped & alternate, which often overlap; very short petiole; pink and red flowers.

<i>Homalium racemosum</i> HOMRAC	Salicaceae	233	TREE- leaves relatively small, alternate with coarsely dentate margins; stem slightly zig-zags; bark whitish (looks a little like beech trees of NE U.S.). As they grow older, some leaves become multicolored (yellow-red-orange). May be confused with CASSYL but leaves more coarsely dentate and narrower relative to length.
<i>Ilex sideroxyloides</i> ILESID	Aquifoliaceae	0	Small TREE- rare; simple, alternate, dark green, leathery, obovate leaves in bunches going in different directions; short green folded petioles; light colored stem; straight trunk and narrow crown. Bit like EUGSTA but rounder leaves and more venation.
<i>Inga laurina</i> INGLAU	Fabaceae	1116	TREE-bark yellowish-brown with lenticels as white dots on young stems which become horizontal lines on trunks of larger trees; leaves pinnately compound ending in 2 terminal leaflets that are slightly inturned "looking at each other." May be confused with INGVER but rachis not winged. Fleshy seed pods; blood red sap usually (on older trees).
<i>Inga vera</i> INGVER	Fabaceae	96	TREE- leaves pinnately compound with 2 terminal leaflets "looking at each other"; wings on rachis between leaflets; cup glands between leaflets; bark light, with horizontal lenticels around the trunk (light dots on young stems); may be confused with INGLAU (no winged rachis). Also may be confused with a vine which has very coarse dentate leaves and narrow rachis wings.
<i>Ixora ferrea</i> IXOFER	Rubiaceae	279	Small TREE- leaves opposite, lower surface smooth and pale green, upper surface green-yellowish; fat antennae stipules at tip of branch; prominent knobs on lateral twigs; bark dark brown; may be confused with FAROCC but branches, leaves, and stipules are fatter and less of a green leaf smell from crushed leaves.
<i>Laetia procera</i> LAEPRO	Salicaceae	138	TREE- leaves simple (may appear to be compound) alternate, oblong, finely serrated with large drip tip; branches long, brown, finely hairy and slightly zig-zaging; bark smooth, gray or greenish gray with lenticels, may be confused with CASARB but leaves are much larger and have parallel sides for most of length.
<i>Lonchocarpus heptaphyllus</i> LONLAT	Fabiaceae	3	Small TREE- alternate, pinnately compound leaves, usually about 7 leaflets with short fat petioles; brown-gray bark; inner bark smells spicy.
<i>Maesopsis eminii</i> MAEEMI	Rhamnaceae	1	TREE – with long horizontal branches, simple sub-opposite to alternate leaves with prominent teeth spaced about 1cm apart. Petioles about 1/4 to 3/8 inch long. Characterized by domatia in axil of secondary venation on under surface of leaves. Dry leaves have visible glands. May be

			confused with TUROCC, which is compound, has shorter petioles, and fewer secondary veins.
<i>Magnolia splendens</i> MAGSPL	Magnoliaceae	0	TREE- Alternate leathery obovate gray-green leaves; prominent, narrow, long-pointed terminal buds. May be confused with OCOMOS. Native only to the Luquillo Mountains. Rare and rapidly disappearing.
<i>Malpighia fucata</i> MALFUR Caution- fine, detachable needles that hurt	Malpighiaceae	9	Small Shrub- leaves opposite, Caution- needle-like, yellow hairs flat on lower leaf surface which stick into skin; common along rocks and streams, flowers white-pink, frilled petals, born from leaf bases. Look for the needles to identify plant.
<i>Mangifera indica</i> MANIND Mango	Anacardiaceae	5	TREE- dark green, long, lance-shaped leaves; swollen petioles where attached to stem, dark fissured bark on old stems. Restricted to a small area in the grid.
<i>Manilkara bidentata</i> MANBID Ausubo	Sapotaceae	1951	TREE- large, thick, stiff leaf with prominent white midrib; lateral veins very close together and nearly perpendicular to midrib; occasional red leaf; Shortish petiole (may confuse with ARDGLA- no petiole). Hardwood, stem straight; bark fissured and reddish; thick white sap; round fleshy fruits; was in the past the most important timber species of Puerto Rico.
<i>Margaritaria nobilis</i> MARNOB	Euphorbiaceae	16	TREE- soft, elliptic leaves, dull green and pale beneath with obvious veins; leaves stick out in pairs on short side stubs; brown bark becoming slightly fissured and scaly.
<i>Matayba domingensis</i> MATDOM	Sapindaceae	199	Big TREE- leaves quite small & stiff, medium green, lateral veins quite closely spaced; pinnately compound with 2-8 paired leaflets (form a V off twig); bark black or dark brown; often has buttress root and twisted trunk.
<i>Maytenus elongata</i> MAYELO	Celastraceae	12	Small TREE- alternate, oblong, leathery leaves, pale green lower surface, dark green upper leaf surface; inner bark deep red; narrow twigs without hair.
<i>Meliosma herbertii</i> MELHER	Sabinaceae	71	TREE- alternate, dark green leaves, toothed on young leaves and plants; very short petiole with canal; prominent veins on lower surface. May be confused with WALPEN.
<i>Miconia affinis</i> MICAFF	Melastomataceae	9	SHRUB- Small TREE- leaf veins appear to arise from petiole before dark green leaf blade, melastome venation- 3-5 veined, widely spaced secondary leaf veins that may be slightly wavy.
<i>Miconia impetolaris</i> MICIMP	Melastomataceae	103	SHRUB- five longitudinal veins, leaves are simple, opposite, and huge, with no petiole; dark green leaves with hairy margin; leaves may have rusty veins on lower surface; leaf base shaped to wrap around stem.

<i>Miconia laevigata</i> MICLAE	Melastomataceae	0	SHRUB- opposite, elliptic, or lanceolate thin, papery leaves with slender petiole, finely wavy leaf edges but sometimes not- the upper surface slightly shiny green and the lower surface dull green; pinkish young stems and petiole. Easily confused with MICAFF. May not be in GRID- usually a karst forest species.
<i>Miconia mirabilis</i> MICMIR	Melastomataceae	8	SHRUB- melastome venation, fat, big, thick leaves with sandpaper texture; pinkish midrib; long pink petiole; 5 well defined leaf veins; stem obviously 4-columnar. May be confused with HENFAS (hairy stems), MICTET (3 veined leaf), or TETURB (silvery-bronze leaf underside)
<i>Miconia prasina</i> MICPRA	Melastomataceae	595	SHRUB-five longitudinal veins (Melastomataceae char.) papery, thin leaf blade, winged petiole; leaf margin coarsely dentate; leaf dull in color; simple, opposite.
<i>Miconia racemosa</i> MICRAC	Melastomataceae	11	SHRUB-melastome venation with hairs on leaf margin; opposite leaves, broad relative to length, dark green in color shiny like a plastic bag; petiole quite long & fleshy; grows as a small tree/ undershrub
<i>Miconia tetrandia</i> MICTET	Melastomataceae	163	TREE- leaves with melastome venation (3 longitudinal veins) spear-shaped, smooth margin edge, relatively long and thick, sometimes with "heart shaped" leaf base; leaves opposite; petiole long, pink/light brown with velvety feel; bark light brown & deeply fissured when mature; thicker leaf blade than MICPRA which has a winged petiole.
<i>Micropholis guayanensis</i> MIRCHR	Sapotaceae	6	TREE- bronze, finely silky hairy on lower leaf surface of the elliptic, alternate leaves; upper surface is dark green; prominent midrib; white sap.
<i>Micropholis garciniifolia</i> MIRGAR	Sapotaceae	50	TREE- small elliptic (almost round) dark green, Alternate, stiff leaves, prominent venation; no drip tip. The bark is brown or dark gray with buttresses at base when large
<i>Myrsine coriacea</i> MYRCOR	Myrsinaceae	0	Small TREE- lance-shaped, alternate, shiny, green leaves numerous and crowded near ends of twigs. May be confused with CYRRAC which has peeling bark.
<i>Myrcia deflexa</i> MYRDEF	Myrtaceae	383	Small TREE- leaves relatively long & pointed, stiff, dark green, with prominent, horizontal lateral veins; leaves simple & opposite; terminal pair dark brown velvet on ends of new branches & dark brown furry bud.
<i>Myrcia fallax</i> MYRFAL	Myrtaceae	4	SHRUB- rare; opposite, small, elliptic leaves (like

			MYRSPL but MYRFAL peeling bark like MYRLEP). Leaves stiff and hard and venation gives them more texture.
<i>Myrcia leptoclada</i> MYRLEP	Myrtaceae	249	Small TREE- leaves elliptic, opposite, simple, paired, shiny, dark green, with drip tips, midvein sunken; some new leaves bright pink; young twigs red-brown and fuzzy; older bark red, papery & peeling. May be confused with MYRSPL but has some pink and generally larger leaves.
<i>Myrcia splendens</i> MYRSPL	Myrtaceae	230	Small TREE- leaves small, pale green, shiny, wavy undulating leaf surface, opposite with paired terminal leaves; branches often forked; bark reddish-brown; tree bushy and "dainty-looking."
<i>Ochroma pyramidale</i> OCHPYR	Bombacaceae	0	TREE- medium sized, nearly round, heart-shaped leaves, with main veins spreading from leaf base, (not strong V) long petioles.
<i>Ocotea floribunda</i> OCOFLO	Lauraceae	5	TREE- long branches spreading outward from the trunk; twigs and leaves spicy; lance-shaped, shiny, dark green leaves with long pointed apex.
<i>Ocotea leucoxylon</i> OCOLEU	Lauraceae	994	TREE- leaves very large, simple, elliptic, and leathery, often with raised translucent dots caused by insects (leaf warts); petiole -1" long, fat, and curved up towards end of stem; leaves simple and alternate; may be confused with COCDIV.
<i>Ocotea moschata</i> OCOMOS	Lauraceae	24	TREE- spicy foliage, twigs, and bark; pronounced buttresses; leathery, alternate, elliptic leaves, mostly widest beyond middle. The aromatic smell is characteristic.
<i>Ocotea portoricensis</i> OCOPOR	Lauraceae	0	TREE- uncommon tree with lance-shaped, alternate leaves, long pointed at both ends- 10cm long, callus like thickenings on leaf underside at vein angles.
<i>Nectandra turbacensis</i> OCOSIN	Lauraceae	91	TREE- leaves long, spear shaped, pointed, alternate, & dark green with lighter midrib; petioles short, with canal, & curved upwards; bark dark brown or black; may be confused with OCOLEU, but smaller, thinner leaves; leaves and stem have distinct odor. Also may be confused with PHOELO.
<i>Ocotea spathulata</i> OCOSPA	Lauraceae	0	Small TREE- leaves spoon-shaped, widest beyond middle, clustered at end of twigs, branches form distinct horizontal layers, narrow buttresses, spicy leaves, twigs, and bark; bark gray or brown and scaly, thick and fissured on large trunks.

<i>Ormosia krugii</i> ORMKRU	Fabaceae	121	Big TREE- large compound leaves with one terminal leaflet, leaflets oval, light green, matte, rounded with strong lateral veins spaced relatively wide apart, and fat, "barrel-like" petiolets; acute drip tip and fattish leaves; bark yellowish brown with raised circular lenticels; red and black seeds
<i>Oxandra laurifolia</i> OXALAU	Annonaceae	9	TREE- elliptic, alternate leaves pointed at both ends, brittle, and in 2 rows, twigs green, slender, zig-zag slightly. OXALAU may be confused with GUTCAR.
<i>Palicourea crocea</i> PALCRO	Rubiaceae	0	SHRUB- leaves simple, opposite with lighter green veins on lower surface; very like PALRIP but stipules crossed in leaf axils rather than flat against side of stem and RED inflorescence with RED petals, not yellow (2 seeds per fruit, each with tiny point) (May be confused with PALRIP or <i>Odontonema strictum</i> .)
<i>Palicourea croceoides</i> PALRIP	Rubiaceae	82	Small SHRUB- "Bunny ear" stipules, long and pointed flattened against side of stem; red flower stalk with yellow flowers. Leaves simple and opposite (Rubiaceae characteristic); sometimes purple on stems and upper surface of petiole but not on underside; smells of wintergreen; stem dark green with swollen nodes. Can confuse with PALCRO (red flower stalk and red petals, curved stipules in leaf axils) and PSYBRA (stiffer leaves, raised veins on upper leaf surface, purple underside petioles, bumps instead of stipules)
<i>Phytolacca icosandra</i> PHYICO (<i>Phytolacca rivinoides</i>)	Rubiaceae	0	SHRUB- opposite, simple, rubiaceous leaves (bit like PALRIP); dark purple stems with purple spreading into leaf veins; leaves thicker and more fleshy than PALRIP; long, red, thin, tubular flowers.
<i>Piper aduncum</i> PIPADU	Piperaceae	0	SHRUB- narrowly elliptic, long, pointed, softly hissing, yellow-green, alternate leaves; leaf blades unequal at base; smooth stem; cordlike, curved flower clusters are borne singly, opposite. Can confuse with PIPJAC- not hissing leaf, red green, mottled stem.
<i>Piper amalago</i> PIPAMA	Piperaceae	0	SHRUB- typical <i>Piper</i> leaves and stem with large nodes; leaves shiny, papery, and crinkly (veins too tight); leaf base even with main veins in a V; flower stalk long and thin; can be confused with PIPBLA (leaf base uneven, blade flatter, veins not a V, short, fatter flower spike).
<i>Piper blattarum</i> PIPBLA	Piperaceae	67	SHRUB- typical <i>Piper</i> leaves, uneven leaf base, veins not a V shape; peppery taste and odor of leaves; leaves generally smaller, more papery than PIPGLA; long, fine flower spike; enlarged ring joints (nodes).

<i>Piper glabrescens</i> PIPGLA	Piperaceae	34	SHRUB- dark, glossy, waxy, green leaves, often yellow tint on leaf edge, uneven leaf base; swollen nodes along length of stem (Piperaceae char.); large membranous sheath at leaf/flower base; flowers are upright and rod-like (Piperaceae char.). Can be confused with PIPAMA or PIPBLA.
<i>Piper hispidum</i> PIPHIS	Piperaceae	0	SHRUB- <i>Piper</i> leaves with "hissing leaves" sound, leaves and young stem feel rough, like sand paper, due to small hairs, giving matte not glossy look; leaves alternate and simple with uneven leaf base; stem with swollen nodes. An undershrub never growing taller than a few meters. Leaves stiffer and broader than PIPADU which has smooth stems.
<i>Piper jacquemontianum</i> PIPJAC	Piperaceae	0	SHRUB- infrequent understory shrub; dark glossy, green, long pointed, hanging leaves. Stem reddish with yellow/green dots; leaf shape like PIPADU but glossy, not hissing; short, fine flower stalk.
<i>Pisonia borinquena</i> (unpubl.) PISBOR	Nyctaginaceae	0	TREE- Nearly round, opposite, large leaves (-25cm long), trunk and branches smooth and gray.
<i>Pleodendron macranthum</i> PLEMAC	Canellaceae	1	TREE- One of rarest in PR; aromatic; elliptic, alternate leaves with many fine, parallel, side veins, leaves 9-13cm long; slender, hairless, brownish twigs.
<i>Piper peltatum</i> POTPEL	Piperaceae	0	SHRUB- swollen lead nodes, vertical lines of hairs on stems; almost round leaves with long petiole attached to middle of leaf blade, but this character may be variable on an individual plant, at least in juvenile growth. May be confused with POTUMB.
<i>Piper umbellatum</i> POTUMB	Piperaceae	0	SHRUB- swollen leaf nodes, vertical lines of hairs on stems; almost round leaf with long petiole attached to edge of leaf blade but this character may be variable on an individual plant, at least in juvenile growth; may be confused with POTPEL.
<i>Prestoea acuminata</i> var. <i>montana</i> PREMON Sierra Palm Palma Sierra	Arecaceae	10,425	PALM- very common in BIG GRID; long, straight, dark brownish trunk with frond scars; leaflets on each frond arranged in same plane; typical palm foliage; fingerlike roots; swollen at stem base. The smaller of the two palms in the Big Grid.
<i>Psuedolmedia spuria</i> PSESPU	Moraceae	201	TREE- dark green, alternate leaves (light green underneath) smooth margins, collecting vein, short, fine drip tip, strong tertiary vein pattern on upper and lower leaf surface; Zig-Zaging, dark brown twigs (green when young); white sap.
<i>Psychotria berteriana</i> PSYBER	Rubiaceae	475	SHRUB- big, light lime green papery thin leaves,

			semi-circular venation giving quilted appearance; new stems green and grow square in cross-section; lateral veins sunken; fat stipules; grows well in sunny places; stem diam. up to about 6 cm; new leaf pair open and leaves stick out horizontally from stem.
<i>Psychotria brachiata</i> PSYBRA	Rubiaceae	837	SHRUB- stipules are short, fat, triangular like "Batman ears; prominent side veins are raised on upper leaf surface (scratch w/ fingernail); more fleshy, shiny flatter & smaller leaves than PSYBER; purple common on underside of petiole; green inflorescence, tiny, white flowers, and UV blue berries; confused with PSYBER and PAIRIP.
<i>Psychotria deflexa</i> PSYDEF	Rubiaceae	1	Small SHRUB- dull matte, gray green, or velvety appearance of the upper leaf surface; sometimes purple midrib on leaf surface; sand-like, very rough, warty surface on some older stems.
<i>Psychotria grandis</i> PSYGRA	Rubiaceae	27	SHRUB- large spatulate, paired, opposite leaves, almost no petiole; large, united, keeled, long pointed stipule. May be confused with GENAME which has no stipule.
<i>Pterocarpus officinalis</i> PTEOFF	Fabaceae	4	Large TREE of swamp forest and stream borders with enormous, narrow, plank-like buttresses extending high up the trunk; alternate, pinnately compound leaves with alternate, long pointed, shiny, dark green leaflets.
<i>Quararibea turbinata</i> QUATUR	Bombacaceae	3	Small TREE- elliptic, alternate, dark green leaves, undulating margin; petiole scar around stem, triangular stipule flat against stem; horizontal branches attached in circles of 5 at the same point; branching resembles a turbine.
<i>Garcinia portoricensis</i> RHEPOR	Clusiaceae	69	Small TREE- pointed sharp spine at the tip of the leaves that are simple, alternate, rough, and dark green, prominent, dark green, perpendicular secondary veins; yellow fruit.
<i>Rondeletia portoricensis</i> RONPOR	Rubiaceae	5	Small TREE- opposite leaves oval to elliptic oblong, 8-20cm long, in cluster arrangement, pink or red midrib; medium size petiole.
<i>Roystonea borinquena</i> ROYBOR Royal Palm Palma Real	Arecaceae	41	PALM- leaflets on each frond arranged more in clusters than single plane; typical palm foliage; grayish and smooth bark; stem tall and straight with swelling around 1-2m up; trunk diameter usually greater than 20 cm ; the bigger of the two palms in the Big Grid.
<i>Samyda spinulosa</i> SAMSPI	Salicaceae	125	Large SHRUB- alternate, oval, dark green leaves with small, sharp spines on serrated leaf margin; prominent lateral veins nearly perpendicular to mid rib; zig-zag branches; white flowers; mostly along streams.

<i>Sapium laurocerasus</i> SAPLAU Caution: sap burns skin	Euphorbiaceae	80	TREE– leaves alternate, oblong, longer than wide, shiny, mid green color, rubbery feel, many closely-spaced, parallel lateral veins, perpendicular to mid-rib, midrib dark shadow against light; 2 raised glands ("eyes") on petiole at base of blade; bark whitish-yellow. A bit like CALCAL. CAUTION Milky SAP, BURNS SKIN.
<i>Schefflera morototoni</i> SCHMOR	Araliaceae	990	TREE- large, compound, palmate leaves (with petioles), with up to 10 stalked, softly hairy leaflets; underside of mature leaves bronze color; half-moon leaf scar on trunk (not completely around trunk); bark may be confused with CECSCH, but no prop roots.
<i>Simarouba amara</i> SIMAMA	Simaroubaceae	2	TREE- long branches green when young; sub-alternate, simple, bright lime green leaves, smooth leaf margin; occasional saplings of SIMAMA near station apparently seeded in after Hurricane Hugo(1989) from LEF test plots; found in first rows of BG; conclusive identification requires flowers.
<i>Sloanea berteriana</i> SLOBER	Elaeocarpaceae	3573	TREE- swollen nodes at both ends of long curved petiole; very big elliptic leaf (sun leaves smaller) simple, alternate; many leaves cluster together; reddish-brown bark with reddish-brown warts; bright red/brown, thin buttresses.
<i>Solanum rugosum</i> SOLRUG	Solanaceae	0	SHRUB- large, thin, elliptic, alternate leaves, long pointed leaf base that narrows gradually into petiole; leaf blades 13-25cm long; trunk branches at wide angles, bark light gray, smoothish, slightly warty; twigs greenish, with many minute, star shaped hairs, so are slightly rough; spineless, which distinguishes it from many other <i>Solanum</i> .
<i>Solanum torvum</i> SOLTUR	Solanaceae	0	SHRUB- ovate to elliptic big leaves with borders often wavy or with as many as 7 lobes. Caution sharp green straight spines or prickles scattered along twigs, sometimes on leaves.
<i>Spathodea campanulata</i> SPACAM African Tulip Tree	Bignoniaceae	1	TREE- ornamental tree with large orange-red flowers; opposite, large, pinnate leaves with as many as 5-19 opposite leaflets; hairy twigs when young.
<i>Swietenia macrophylla</i> SWIMAC Mahogany Caoba	Meliaceae	16	TREE- long, compound leaves with terminal Pair; short, fine spike between terminal pair; leaves with papery texture, light mid vein. May be confused with GUAGUI (thicker leaf, no light midvein, large bud) or GUAGLA (smaller, fewer leaflets, not shiny).
<i>Symplocos martinicensis</i> SYMMAR	Symplocaceae	20	SHRUB- leaves alternate, simple, elliptic, shiny above, slightly paler beneath, 7-12cm long, abruptly short pointed at apex and base, slight leaf teeth, leaf blade often turned upward at midvein, petioles 0.5-1.5 cm long; bark smoothish or with small fissures, light gray to brown, inner bark is red; can reach 8-10m height and 15cm dia.
<i>Syzygium jambos</i> SYZJAM	Myrtaceae	163	Small TREE- dense, opaque, dark crown; opposite, long, dark green, lance-shaped leaves; Short, fat petiole with canal on top; can see

			stomata against light; edible pale yellow fruit.
<i>Tabebuia heterophylla</i> TABHET	Bignoniaceae	436	TREE- leaves palmately compound, usually with 5 leaflets, the middle of which is longest, like a Hand; leaflets stiffish, thick, glossy; bark is brown-gray in color, furrowed & rough; pink tubular 5-lobed flowers very distinctive.
<i>Tetragastris balsamifera</i> TETBAL	Burseraceae	661	TREE-leaves pinnately compound with one terminal leaflet (with petiole), dark green with many translucent veins, crushed leaves smell of turpentine (sweeter and less strong than DACEXC); leaves longer relative to length compared to fat DACEXC leaves; bark relatively smooth and grayish in color; may be confused with DACEXC or TRIPAL which has more crinkled leaf, relatively large terminal leaflet with no or very short petiole and large node at base.
<i>Tetrazygia urbanii</i> TETURB	Melastomataceae	1	Small TREE- melastome venation, leaves narrow, often widest closer to leaf base and long pointed tip, underside markedly white-bronze or silvery, with leaf veins on underside often same color as leaf; stem may be vaguely 3-4 columnar, light brown with cross hatch appearance; may be confused with MICTET (leaf underside pale green) and esp. MICMIR (wide leaves, pink-brown leaf veins different color than leaf, obviously 4-columnar stem). Probably some are falsely identified as MICMIR, so keep an eye out.
<i>Trema micranthum</i> TREMIC	Ulmaceae	0	Small TREE- large, lance-shaped leaves, long pointed at apex, soft and dentate; smooth, brown bark with rows of warty dots.
<i>Trichilia pallida</i> TRIPAL	Meliaceae	555	TREE- leaves pinnately compound terminating in 3 leaflets, (joined together at leaflet base with swellings), the middle terminal leaflet is the largest; lateral veins on sun leaves sometimes too tight so leaflets appear crinkled; bark is dark brown-gray. Confused with TETBAL (translucent venation and balsam smell).
<i>Turpinia occidentalis</i> TUROCC	Staphyleaceae	3	Small TREE- opposite, pinnately compound Leaves; leaflets with saw-toothed edges and fine points; ridged stem; bark has vertical green stripes; may be confused with MAEEMI, but that species has longer petioles and more secondary veins that are parallel.
<i>Urera baccifera</i> UREBAC (caution-stinging hairs) Stinging Nettle Ortiga brava	Urticaceae	141	SHRUB- leaves large, heart-shaped & sparsely covered with stinging hairs that act like needles injecting acid into the skin. Leaves simple, alternate, stem has needle hairs & small spines; stem beige/brown when mature, green when new
<i>Vitex divaricata</i> VITDIV	Verbenaceae	0	Small TREE- opposite leaves mostly compound with 3 elliptic leaflets; leaflets almost round with sudden, sharp drip tip; lime green, glossy above, matte below.

<i>Wallenia lamarckiana</i> WALPEN	Myrsinaceae	0	Shrub- alternate oblanceolate leaves mostly clustered at ends of twigs; very thick petiole leading to strong mid-vein on underside of leaf; leaves leathery and stiff, matte, not glossy, light green undersurface; tip of leaf may have undulations and tiny white spots; terminal bud with tiny leaves clustered around it; may be confused with MELHER.
<i>Xylosma schwaneekeanum</i> XYLSCH	Salicaceae	4	Vine-like SHRUB- rare; ovate, alternate leaves (5-11cm long) with small teeth along edges, thick and leathery, prominent network of small veins, very young leaves reddish; slender wand-like branches; twigs brown, slender, finely hairy with raised dots when young.
<i>Zanthoxylum martinicense</i> ZANMAR	Rutaceae	28	TREE- alternate, pinnate leaves with finely wavy margin; small spines on the twigs, smoothish, light gray trunk; woody, thick, short spines on larger trees.

NOTE: Freq = frequency = # individuals present in 20 ll census.

7.5 Fotografías parcelas ribereñas StreamFRE