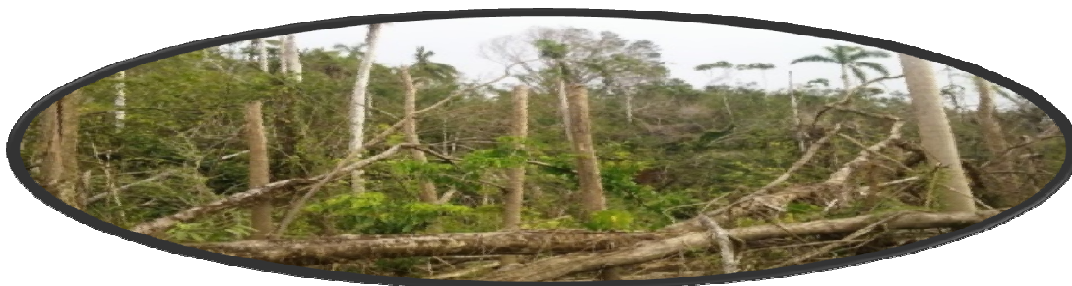




**Ministerio de Educación Superior  
Universidad de Guantánamo  
Facultad de Agroforestal**



**MEMORIA ESCRITA EN OPCIÓN AL GRADO ACADEMICO DE MASTER EN  
CIENCIAS FORESTALES**

**Título:** Propuesta de recuperación de las fajas forestales hidrorreguladoras del río Toa, después del paso del huracán Mathew

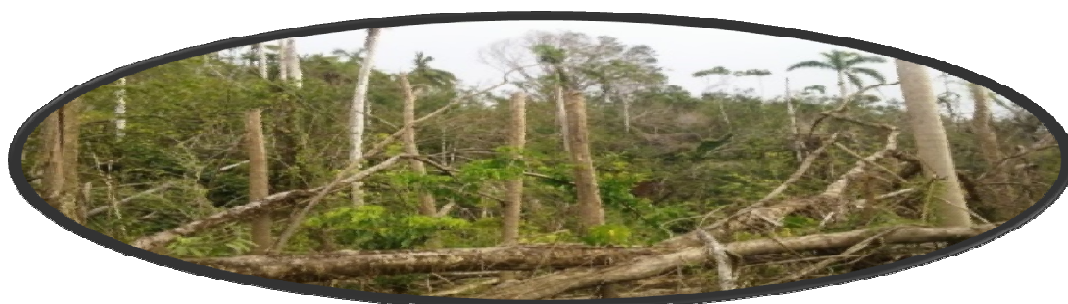
**Autor:** Ing.Samat Romero Castellanos

**2019**

**Guantánamo**

**Ministerio de Educación Superior**  
**Universidad de Guantánamo**  
**Facultad de Agroforestal**

**MEMORIA ESCRITA EN OPCIÓN AL GRADO ACADÉMICO DE MASTER EN  
CIENCIAS FORESTALES**



**Título:** Propuesta de recuperación de las fajas forestales hidrorreguladoras del río Toa, después del paso del huracán Mathew

**Autor:** Ing.Samat Romero Castellanos

**Tutor:** Ing.Dr.C.Yordan Lores Péres.Profesor titular

**2016**

**“Año 58 de la Revolución”**

## **Pensamiento**

*El único camino abierto a la prosperidad constante y fácil es el de conocer, cultivar, aprovechar los elementos inagotables e infatigables de la naturaleza.*

José Martí Pérez

## **Dedicatoria**

Dedicatoria:

Ay muchas personas que merecen y jamás piden, hay personas que sin pedir lo merecen todo, por eso quiero dedicar esta obra a:

- Lo más grande que me ha dado la vida, a mi madre Rafaela Árcia Bauta, que, aunque no la tengo viva sus consejos van conmigo donde quiera que voy
- Lo más grande que me ha dado la vida, a mi madre Elsis Castellano Arguelles por ser la madre que es conmigo
- A mi hija Gretchel Romero Ramírez por ser inspiración en todo momento
- A mis compañeros de aula por su comprensión y estar siempre a mí lado en los momentos más difíciles durante mí formación como profesional.
- Al Líder Indiscutible de la Revolución Cubana Fidel Castro Ruz, por constituir un ejemplo de Revolucionario.

## **Agradecimientos**

Agradecimientos:

Ay personas que se han portado tan bien con alguien que uno muere y vuelve a nacer y no le da el tiempo para pagar lo que han hecho por ti. Por eso quiero agradecer a:

- Ornildes Romero Árcia (El delegado), mi padre a quien le debo la vida que si no hubiera sido por el padre que tengo no hubiera sido posible que un joven como yo hubiera hecho realidad tantos sueños en esta vida.
- A toda mi familia en general que ha sabido apoyarme en los momentos más difíciles en mi vida dándome el apoyo necesario e incondicional para superarme.
- Al Doctor en Ciencias Yordan Lores por ser un gran tutor y amigo en todo momento.
- Al Doctor en Ciencias Wilmer Toirac Arguelles por su apoyo desinteresado en todo momento.
- A mi amigo y director Pedro Laffita Cardoza por darme tanto apoyo cuando más lo necesitaba en la vida profesional (Gracias hermano por confiar en mí).
- Los profesores del Departamento de Ciencias Forestales de la Facultad Agroforestal de la Universidad de Guantánamo.
- Pido disculpas a las personas que no pude mencionar en este papel, solo les aseguro de que los llevaré siempre en lo más profundo de mi corazón, y que serán siempre la fuente de inspiración para ser cada día un mejor profesional.

A todos, gracias por estar y por ser

## RESUMEN

Con el objetivo de proponer acciones para recuperar las fajas hidrorreguladoras del río Toa después del paso del huracán Mathew se llevó a cabo la caracterización estructural del bosque que se localiza cercano a la margen del río Toa, este trabajo parte de investigaciones ya realizadas en donde se establecieron aguas abajo 35 parcelas de 20 x 25m (0,05hectárea), en estas se midieron las especies arbóreas mayor e igual a 5m de altura con el objetivo de conocer el estado actual del bosque, evaluándose además la regeneración natural mediante sub parcela de 10 x 10m. Se identificaron un total de 18 especies, 13 familias, 16 géneros y 330 individuos, destacando presencia de especies de alto valor económico. El bosque fue evaluado estadísticamente en cuanto riqueza, composición, estructura, diversidad y abundancia, comprobándose una alta diversidad alfa y beta. Se determinaron las especies con mayor índice de valor de importancia ecológica. Las familias con mayor representatividad en cuanto a las especies y géneros son: Combretaceae, Arecaceae y Anacardaceae ambas con 2 taxones respectivamente, las especies más importantes resultaron ser: *Terminalia catappa* (30,5%), *Cocos nucifera* (21,4%), *Roystonea regia* (30,6%) y *Calophyllum antillano* (23,6%) respectivamente.

**Palabras claves:** hidrográfica, muestreo, diamétricas, económico, especies, subparcelas, Cuenca.

## **Abstract**

With the objective of proposing actions to recover the Toa river's hydroregulatory belts after the passage of Hurricane Mathew, the structural characterization of the forest that is located near the Toa river margin was carried out. This work is based on research already carried out where 35 plots of 20 x 25m (0.05 hectares) were established downstream, in which the tree species greater than and equal to 5m in height were measured in order to know the current state of the forest, and also to evaluate the natural regeneration by means of a subplot of 10 x 10m We identified a total of 18 species, 13 families, 16 genera and 330 individuals with an incidence rate of 46.8%, highlighting the presence of species of high economic value. The forest was evaluated statistically in terms of richness, composition, structure, diversity and abundance, demonstrating a high alpha and beta diversity. The species with the highest value index of ecological importance were determined. The most representative families in terms of species and genera are: Combretaceae, Arecaceae and Anacardaceae, both with 2 taxa respectively, the most important species were: *Terminalia catappa* (30.5%), *Cocos nucifera* (21.4%), *Roystonea regia* (30.6%) and *Calophyllum antillano*(23.6%)respectively.

**Keywords:** hydrographic, sampling, diametric, economic, species, subplots, basin.

ÍNDICE		
Nº	Contenido	Pág.
<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II.</b>	<b>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	5
2.1.	Situación de las fajas forestales hidrorreguladoras en Cuba	5
2.1.1.	Ancho de las fajas forestales hidrorreguladoras	5
2.1.2.	Definición del nivel inferior de las fajas	6
2.1.3.	Faja forestal hidrorreguladoras en las márgenes de los ríos	6
2.1.4.	Descripción de las labores que se realizaran en la faja forestal	8
2.1.5.	Función de la vegetación ribereña en el estado ecológico de los ríos	8
2.2.	Experiencias en las plantaciones protectoras de agua y suelos.	12
2.3.	Efectos ocasionados por huracanes en bosques	12
2.3.1.	La importancia de los huracanes para la biodiversidad	14
2.3.2.	Los efectos benéficos de los huracanes en el bosque	16
2.4.	Desarrollo sostenible	19
2.5.	Características de las especies a plantar en las fajas forestales hidrorreguladoras	20
2.6.	Estado y conservación de la biodiversidad	21
2.7.	Análisis florísticos y estructurales del bosque	23
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	29
3.1.	Características del área	29
3.1.1.	Datos del clima del área de estudio	29
3.1.2.	Tipo de suelos	30
3.2.	Inventario florístico	30
3.3.	Análisis estadístico	31
3.4.	Diversidad de especies	31
3.4.1.	Diversidad Beta ( $\beta$ )	31
3.4.2.	Diversidad Alfa ( $\alpha$ )	31
3.5.	Índice de riqueza	32

3.6.	Índice de Similaridad	33
3.7.	Valores Estructurales	33
3.7.1.	Estructura horizontal	33
3.7.2.	Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVIE)	34
3.8.	Estructura Vertical	34
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>35</b>
4.1.	Validación del muestreo	35
4.2.	Resultados del inventario florístico en las fajas hidrorreguladores del Río Toa.	35
4.3.	Familia más representada en las fajas forestales hidrorreguladoras del río Toa.	37
4.4.	Abundancia relativa para las diez especies más abundantes en el área de estudio	38
4.5.	Cantidad de individuos en los diferentes estratos del bosque	40
4.6.	Diversidad beta ( $\beta$ )	41
4.6.1.	Análisis florístico del bosque antes del paso del huracán Mathew	41
4.6.2.	Análisis florístico del bosque después del paso del huracán Mathew	44
4.7.	Medidas de similitud florística en las fajas forestales hidrorreguladoras del río Toa.	46
4.8.	Estructura horizontal	48
4.8.9.	Índice de valor de importancia ecológica a nivel de especie en el área	48
4.9.	Estructura Vertical.	50
4.9.1.	Análisis de la estructura vertical (antes y después) del huracán	50
5.	Riqueza y diversidad de especies leñosas en las fajas hidrorreguladoras del río Toa.	52
6.	Propuesta de recuperación de las fajas hidrorreguladoras del	54

	río Toa después del paso del huracán Mathew	
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>58</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>59</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	

## **I. INTRODUCCIÓN**

El ecosistema del bosque es extraordinariamente útil al ser humano para su supervivencia. Son igualmente de extraordinaria importancia los beneficios indirectos que los bosques prestan a la humanidad: protegiendo los suelos contra la erosión, mejorando su estructura y enriqueciéndolos en materia orgánica; purificando el ambiente, al fijar el carbono y enriquecer en oxígeno el aire mediante la fotosíntesis; facilitando la infiltración de las aguas de lluvia, para aumentar el caudal de los mantos acuíferos; propiciando, en menor o mayor grado, la precipitación fluvial; suavizando los rigores del clima alrededor y sobre las masas boscosas; contribuyendo a mantener el equilibrio biológico, tan indispensable para el desarrollo y supervivencia de los seres vivos; sirviendo de recreación y en otras diversas formas (Betancourt, 2000).

Por otro lado (Verdecía, 2007). Plantea que los bosques son de suma importancia en la conservación del ecosistema, pues engalanan el entorno y constituyen el hábitat de las plantas y animales. Cuba posee especies endémicas, muchas de las cuales viven en ambientes forestales. La pérdida de árboles debido a la deforestación o degradación por cambios en su composición tiene un impacto negativo directo en la calidad de la biodiversidad.

Por cuanto conservar la biodiversidad es un asunto que rebasa los planteamientos de buena voluntad. En los países industrializados, ricos, que han alcanzado un alto nivel de desarrollo entre otras cosas por un uso abusivo, despiadadamente simplificador y utilitario de los recursos naturales propios y ajenos, muchas personas de buena voluntad tienden a ver la problemática de la conservación de la biodiversidad en los países tropicales, pobres y muchas veces sobre poblados, como un asunto de educación. Siempre es mucho más barato proponer apoyo a la educación o transferencia de la misma, que a cambios socio-económicos que pueden afectar los propios intereses del benévolo donador (Moreno y Halffter, 2000).

La adaptabilidad y sostenibilidad del desarrollo puede ser, significativamente, mejorada al reducir su vulnerabilidad ante los desastres. Se puede reducir las pérdidas a raíz de los peligros naturales, mediante estrategias apropiadas de planificación y administración. Acciones estas adaptables a los desastres y que debe basarse en una buena comprensión del riesgo que presenta el peligro natural; este entendimiento debe ser incorporado en la planificación social y económica. Además, los escenarios en torno al cambio climático indican una posible elevación del nivel del mar, aumento en las sequías severas, cambios en las zonas agrícolas y huracanes

más frecuentes, subrayando la necesidad de una eficiente mitigación y preparación (Naciones Unidas ;1990).

Los ecosistemas de hoy en día se pone de manifiesto palabras tan célebres pronunciadas por nuestro invicto comandante en jefe Fidel Castro Ruz al anunciar un mal que atentaba contra la humanidad, expresando: Una importante especie biológica está en riesgo de desaparecer por la rápida y progresiva liquidación de sus condiciones naturales de vida: el hombre, ahora tomamos conciencia de este problema cuando casi es tarde para impedirlo, los bosques desaparecen, los desiertos se extienden, miles de toneladas de tierra fértil van a parar cada año al mar, numerosas especies se extinguen, la presión poblacional y la pobreza conducen a esfuerzos desesperados para sobrevivir aun a costa de la naturaleza (Fidel Castro Ruz;1992).

Debido a eso, importantes áreas del mundo se encuentran sujetas a los riesgos naturales. Los terremotos, las erupciones volcánicas, las sequías, las inundaciones y los huracanes, detienen el desarrollo por sus impactos directos, indirectos y acumulados. Existe una estrecha relación mutua entre el deterioro del ambiente y los peligros naturales. Es decir, la erosión del suelo, la deforestación, la desertificación y la degradación costanera, aumentan el riesgo de los eventos extremos; a la vez los peligros naturales aceleran la degradación ambiental. Es más, el potencial para ocasionar pérdidas humanas y económicas se relaciona directamente con su vulnerabilidad ante los peligros naturales (Naciones Unidas ;1990)

Tal vez la conservación sostenible y sostenida solo se pueda lograr a través de la educación en todos los niveles de la sociedad para que los niños de hoy y los adultos de mañana se familiaricen con su entorno natural, reconozcan las consecuencias de las distintas decisiones que afectan ese entorno y tomen sus decisiones concienzudamente (Fein Singer et al., 1997).

Entrando en el temas que estaremos estudiando iniciaré que siendo las 18:00 PM de la tarde del 4 de octubre del 2016 toca tierras Baracoense el huracán Mathew con categoría 4 en la escala de Saffir Simpson con vientos sostenidos de 270Km/h destrozando la exuberante vegetación que siempre ha caracterizado a nuestro Municipio y dejando en condiciones crítica a todos los aspectos económicos, políticos y sociales, como: El turismo., La Agricultura, La Educación, La Salud, quedándose incomunicado Municipios como Baracoa y Moa entre otras cosas.

Según Sánchez (2015) aunque en las fajas forestales hidrorreguladoras de los ríos Toa y Quibiján, se aprecian en muchos tramos resultados positivos, hasta el momento los esfuerzos realizados solo van dirigidos a la reforestación con plantaciones mono específicas, con vista a

la recuperación de áreas naturales degradadas. Por eso en relación con la biodiversidad, hay que señalar que en su estado natural persisten sectores aislados de vegetación, donde las condiciones favorables del territorio para la práctica agrícola han propiciado la transformación y desaparición de la cobertura vegetal autóctona.

Así mismo Sánchez (2015) plantea que entre las principales causas de la pérdida de diversidad biológica puede situarse el inadecuado manejo de ecosistemas frágiles, destrucción del hábitat natural de especies y las actividades de desarrollo económico, que no son fronteras agrícolas, sino pequeñas pero nocivas prácticas de agricultura de supervivencia y algunas mono culturas forestales de la empresa que no tienen en cuenta mantener la biodiversidad, sumándole a esto que otro de los principales problemas causantes de la pérdida de la biodiversidad en la cuenca del Toa, es principalmente, las prácticas violatorias de la Ley Forestal Cubana.

La protección y conservación de recursos naturales, como los suelos, las aguas, las zonas costeras, los recursos de la biodiversidad, y el equilibrio y mejoramiento del medio ambiente en general, son también funciones insustituibles de los ecosistemas forestales (Herrero, 2003).

Por otro lado (Sayer *et al.*, 2004) planteó que la multiplicación de los bosques mediante la restauración puede proveer una mayor estabilidad productiva y económica a diferencia de las plantaciones mono específicas, frecuentemente basadas en el uso de especies exóticas. La restauración de rodales con alta diversidad puede ofrecer un potencial de beneficios a la conservación de la biodiversidad local, incluso si los fragmentos iniciales son pequeños.

Por otro lado tenemos que el estudio del comportamiento de las comunidades vegetales aporta infinidad de datos, que permiten conocer, entre otros elementos, cómo será la recuperación y desarrollo de los ecosistemas, el comportamiento fenológico de las especies que forman estos sistemas y su estrategia en el proceso de regeneración (Sánchez (2015).

Las fajas hidrorreguladoras del río Toa a consecuencia del paso del huracán Mathew se encuentran fuertemente afectadas, por lo que se hace necesario el restablecimiento de la estructura y composición florística, así como sus potencialidades en dependencia de sus funciones protectivas, aprovechando las condiciones edafoclimáticas para poder contar en un futuro con bosques de riveras que puedan satisfacer la demanda de la economía nacional y del territorio.

Cuba por su localización geográfica está sometida a condiciones climáticas generadas por desastres naturales de forma recurrente como ciclones, inundaciones y sequía.

Por tales efectos nos planteamos el siguiente problema científico ¿Degradación de la estructura y composición florística de las fajas hidrorreguladoras del río Toa tras el paso del huracán Mathew?

**Objeto de estudio:** Las fajas hidrorreguladoras del río Toa, municipio Baracoa

**Hipótesis:** Si se diagnostica las fajas forestales hidrorreguladoras y se diseñan acciones de recuperación, sería posible mejorar la degradación del río Toa después del paso del huracán Mathew

**Objetivo general:** Evaluar los efectos del huracán Mathew en la estructura y composición florística de las fajas hidrorreguladoras del río Toa.

**Objetivos específicos:**

1-Diagnosticar la estructura y composición florística de las fajas hidrorreguladoras del río Toa después del paso del huracán Mathew.

2- Diseñar acciones de recuperación en las fajas hidrorreguladoras del río Toa, municipio Baracoa

**Aporte Teórico:** A través del siguiente estudio se brindara una información actualizada y minuciosa sobre que existía antes del huracán y que existe hoy en día, explicando cómo impacto el huracán Mathew a los diferentes aspectos de la estructura y composición como son: La estructura vertical, la estructura horizontal entre otros aspectos que cierta forma contribuirán al desarrollo del proyecto de ordenación de la Empresa Agro-Forestal Baracoa, independientemente que contribuye de una manera directa a la realización de las diferentes acciones para su rehabilitación que se puedan realizar en estos bosques ,siempre respetando sus funciones de protección de agua y suelo.

**Aporte Práctico:** La investigación realizada brinda toda la información necesaria desde el punto de vista estructural del bosque, estos datos contribuirán al proyecto de ordenación de la Empresa Agro-Forestal Baracoa, de este trabajo se realizará un Servicio Científico Técnico en aras de solucionar la problemática de la recuperación de estas áreas.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Situación de las fajas forestales hidrorreguladoras en Cuba

Según Herrero (2007), el archipiélago cubano transitó por más de cuatro centurias por un largo proceso de deforestación, las zonas que con más intensidad sufrieron por esta razón fueron sin duda las orillas de los ríos por varias razones entre las cuales se cuentan, la buena fertilidad de los suelos de esos lugares, que los hacen adecuados para su uso agrícola, la cercanía al agua y la tala de árboles de madera de primera calidad que abundaban en esos lugares. De esta forma desaparecieron a un ritmo vertiginoso y en gran escala los bosques de galería, circundantes de los cuerpos de agua.

Donde este mismo autor plantea que las orillas de los ríos o zonas riparianas como se les conoce, son sin lugar a dudas, las de mayor debilidad erosiva en una cuenca hidrográfica. En ella incide no solo la lluvia que cae sobre la misma y el agua de escorrentía proveniente de la parte alta de la ladera, sino también la erosión lateral producida por la propia corriente fluvial

#### 2.1.1. Ancho de las fajas forestales hidrorreguladoras

De acuerdo con el reglamento de la ley 85, Ley Forestal Cubana 1998, el ancho de la faja forestal se determinará mediante un estudio realizado por entidades debidamente autorizadas, empleando la fórmula y el procedimiento citado. Los valores del ancho de la faja forestal hidrorreguladora, calculados por cada perfil, se promedian para los sectores de ríos o subcuentas con características homogéneas y para cada orilla.

Según la Ley forestal Cubana 1998 establece que, el ancho mínimo de dichas faja, medido en proyección horizontal serán de las siguientes formas: los embalses de abasto a la población serán de 100m de ancho, los embalses (naturales o artificiales) 30m, los ríos principales y canales magistrales de 20m, los ríos de primer orden y otros canales de 15m, los ríos de segundo orden en adelante con un ancho de 10m, y aquellas áreas que circundan los orígenes de manantiales ríos y arroyos presentarán un ancho de 30m, así como lo largo de cárcavas y barrancas de 30m de ancho.

La misma ley afirma que estos son valores promedio resultantes de estudios realizado en varias cuencas del país. En terrenos de relieve llano en los cuales las longitudes de la vertiente son considerablemente largas y en donde las líneas divisorias de las aguas, en ocasiones no están bien definidas, el cálculo del ancho de la faja mediante la fórmula no es procedente. En estos casos se asume el estipulado en la legislación vigente.

Plantea que a los efectos del cálculo de la superficie que ocupará la faja en el curso de un río o sector de este, se multiplica el ancho de la faja forestal calculado (suma de las orillas), por la longitud del río o tramo que se considere. La longitud se mide sobre un mapa empleando un curvímeter o compás de punta seca. La corrección del cálculo se realiza empleando modelos de sinuosidad.

#### 2.1.2. Definición del nivel inferior de las fajas

Según lo planteado por Herrero(2007) Cuando no se define correctamente la línea adyacente al río o al embalse a partir del cual se debe iniciar la plantación se corren dos riesgos: pérdida de las plantaciones por inundaciones prolongadas o arrastre por la corriente cuando la plantación o parte de ella, se realiza por debajo del nivel inferior de las fajas forestales(NIFF) y desaprovechamiento de extensas áreas que a la larga se cubren de vegetación indeseable o son utilizadas de forma inapropiada cuando la plantación se realiza a partir de una cota por encima de este nivel.

En ríos, el NIFF es variable y depende entre otros factores de la forma del valle, de las características de la orilla, de las fluctuaciones del caudal, periodicidad de las avenidas, etc. Por lo general el NIFF se establece a partir del nivel de avenida medio. En los embalses en general es a partir del nivel de aguas normales (NAN) u otro nivel que se determine de acuerdo con las condiciones de regulación del mismo.

#### 2.1.3. Faja forestal hidrorreguladoras en las márgenes de los ríos

Según Betancourt, (2005). Los tipos de vegetación que crecen naturalmente en los márgenes de las corrientes fluviales son conocidos comúnmente como bosques de galería, de acuerdo que cuando están bien desarrollados y conservados forman verdaderos túneles o galerías de vegetación. Normalmente estos bosque presentan una diversa composición de especies que dependen de las condiciones edafoclimáticas del sitio. Los suelos de estas zonas en ocasiones se corresponden con el tipo aluvial, que por sus características físico-químicas, resultan muy apropiadas para la agricultura. Debido a esto y a su cercanía del agua, en el transcurso de muchos años los bosques de galería han sido talados para facilitar la actividad agropecuaria.

Bonilla (2007). Expresa que las orillas de los ríos son, sin lugar a dudas, zonas de mayor debilidad erosiva en una cuenca hidrográfica. En ellas no solo incide la lluvia que les cae directamente, sino también el agua de escorrentía proviene de las partes altas de la ladera y la erosión lateral producida por la propia corriente fluvial.

Las fajas forestales hidrorreguladoras representan la versión artificial de los bosque de galería, y son imprescindibles en las orillas de los ríos o embalses. Propician el traslado del escurrimiento superficial hacia los horizontes inferiores del suelo y la retención de los productos de a erosión y sales disueltas por lo que influyen de manera decisiva en la disminución de las tasas de asolvamiento de los cuerpo de agua, en el mejoramiento de la calidad de las aguas y en la regulación de los caudales Herrero (2008).

Según Álvarez, (2008). Su efectividad irreguladora y antierosiva se incrementan con la edad y solo se empiezan a ver sus efectos cuando las copas de los árboles han cerrado y la acumulación de materia orgánica en el suelo es notoria.

Ese estadio se alcanza a la edad de brinzal o latizal, entre los 6 y 10 años. Según Hoover, (2005). Se debe tener presente que estas son plantaciones de carácter policultural, que además de sus funciones propiamente hidrorreguladoras y antierosivas, cumplen otras muy importantes de caracteres ambientales y socioeconómicos, que pueden resumirse como sigue:

- Alargamiento de la vida útil de los embalses mediante la disminución de la tasa de asolvamiento.
- Mejoramiento de la calidad de las aguas al mitigar la carga contaminante que llevan consigo las aguas superficiales.
- Protección de las orillas y causas de las corrientes fluviales.
- Protección de los suelos contra la erosión, y su mejoramiento.
- Estabilización de los caudales y disminución de los niveles de inundación.
- Disminución de la evaporación desde la superficie libre del agua al reducir la temperatura del agua y la velocidad del viento.
- Mejoramiento de las condiciones para el desarrollo de la fauna acuática, al ser la temperatura del agua inferior y más estable.
- Brindar abrigo y alimento a la fauna silvestre.
- Producción de productos forestales, madereros y no madereros (miel de abeja, semillas, resinas, ETC).
- Protección de cultivos agrícolas contra las plagas y enfermedades y vientos dañinos.
- Mejoramiento de paisajes.
- Disfrute y esparcimiento de la población ecoturismo.
- Protección de las aguas antes posibles acciones de contaminación y en la defensa del país.

- 

#### 2.1.4 Descripción de las labores que se realizarán en la faja forestal.

La reforestación:

Es una operación en el ámbito de la silvicultura destinada a repoblar zonas que en el pasado histórico reciente (se suelen contabilizar 50 años) estaban cubiertas de bosques que han sido eliminados por diversos motivos, como pueden ser:

- Explotación de la madera para fines industriales o para consumo como plantas.
- Ampliación de la frontera agrícola o ganadera.
- Ampliación de áreas urbanas.
- Incendios forestales (intencionales, accidentales o naturales).

Por extensión se llama también reforestación, aunque sería más correcto el término forestación, a la plantación más o menos masiva de árboles, en áreas donde estos no existieron, por lo menos en tiempos históricos recientes (igualmente, unos 50 años). Conjunto de técnicas que se necesitan aplicar para crear una masa forestal, formada por especies leñosas.

#### **Medidas de conservación de suelo:**

Las fajas hidrorreguladoras representan un marco apropiado para la planeación y aplicación de medidas destinadas a corregir impactos ambientales generados por un uso desordenado de los recursos naturales y donde se facilita la gestión ambiental (implementación de programas para mejorar el nivel de vida de sus habitantes). La importancia de aplicación de trabajos con enfoque de las fajas radica en que se pueden cuantificar y evaluar los efectos de las diferentes actividades del hombre tales como: erosión, sedimentación, escurrimiento e infiltración. Es vital considerar que el agua es el elemento unificador de la cuenca; muchos de los fenómenos que se cuantifican en ella, tienen que ver con el fenómeno hídrico (CONAFOR; 2001).

## **Barreras vivas**

La barrera viva es una práctica que ayuda a la conservación del suelo y del agua en la parcela. Las barreras vivas son cultivos que se siembran en curvas a nivel, principalmente en las laderas, con el propósito de controlar la erosión. Poseen la característica de que se manejan tupidas en los surcos, con alta densidad; por este motivo actúan como barreras. Las barreras vivas o vegetativas retienen la tierra que arrastra el agua, dejando pasar solamente el agua que corre. Las barreras son multiuso porque proporcionan beneficios en pastos, leña, alimento para animales y humanos y funcionan para el mejoramiento del suelo. Evita, a largo plazo, la pérdida de fertilidad de los suelos (FAO; 2011)

## **Materiales**

Estacas o semillas de zacate, semillas de arbustos, árboles forestales o frutales, plantas Leguminosas y otros. Las especies varían según la región. Las más comunes son: zacate, té de limón, pasto, piña, piñuela/muta, caña de azúcar, izote, gandul, banano, malanga y pacaya entre otras (FAO; 2011)

## **Herramientas**

Aparato para el trazo de la curva a nivel (nivel en "A").

Estacas para marcar el trazo.

Un nivel de pita.

Una piocha.

Un azadón.

Una pala.

Un machete.

Una macana/chuzo/cubo.

Un metro

### 2.1.5 Función de la vegetación ribereña en el estado ecológico de los ríos

La franja ribereña es una zona de transición entre los hábitats fluviales y terrestres, es una larga franja de vegetación adyacente a riachuelos, ríos, lagos y embalses que incluye bancos y pantanos dentro de la llanura de inundación. Su existencia es vital para la salud de cualquier sistema acuático, ya que genera amplios beneficios, como mantener la calidad del agua al frenar su eutrofización a causa de los contaminantes que arrastra el escurrimiento superficial de zonas urbanas y agrícolas. Es decir, es un filtro de la contaminación difusa (Herrero 2003).

Mander *et al.* (2005) consideran que el sistema radicular de la vegetación ribereña (VR) aumenta la rugosidad de la superficie, lo que favorece la infiltración y retiene sedimentos, contaminantes y nutrientes. Aunque Vigiak *et al.* (2007) estiman que la retención de sedimentos es mayor que la de los contaminantes, debido a que las partículas de los sedimentos son más finas y por lo tanto, se facilita su adherencia a la superficie. Los contaminantes disueltos, son los que se retienen menos. Por su parte, Ceccon (2003) estima que 85 % del fósforo disponible de los escurrimientos superficiales se adhiere a las partículas del suelo, mientras que el 25 % del nitrógeno se asimila en el crecimiento de árboles y otras plantas, además de que se puede almacenar por largos periodos.

Algunos estudios muestran que 80 % del nitrógeno de los escurrimientos superficiales se reduce después de pasar un bosque ribereño. De esta manera, la creación de corredores vegetales a lo largo de los ríos es uno de los medios que permiten restaurar la calidad de las aguas superficiales (Greer 1978).

La VR también reduce la energía del flujo de agua, evita la erosión del suelo y fortalece los bancos de las orillas del cauce. Actúa como un agente transformador cuando los procesos químicos y biológicos cambian la composición de los nutrientes. Por ejemplo, como cuando las bacterias de esta zona descomponen los residuos de pesticidas y los transforman en componentes no tóxicos y otras formas biodegradables.

Además de la protección al agua, el bosque ripario concede una variedad de servicios a la vida silvestre local, como abundantes y diversos recursos alimenticios a la comunidad animal, por lo que es la base de la cadena alimenticia de los cuerpos de

agua. El material orgánico que proviene del mantillo (hojas y ramas caídas en descomposición) se transporta al cuerpo de agua a partir de la vegetación marginal y constituye el suministro energético más importante sobre la producción autóctona de los ríos (Ceccon 2003).

La madera que flota, producto de árboles muertos, desacelera el flujo de la corriente y crea hábitats para ciertos peces, al formar lagunas y espacios encrespados de agua en medio de la corriente, los cuales se convierten en áreas de desove, crianza y refugio en veranos secos e inviernos muy fríos. Por su parte, los árboles controlan el flujo de radiación lumínica que llega al lecho de los ríos, mediante la sombra que proyecta sobre el curso del agua, lo que limita la producción autóctona y modifica el microclima del río (Guevara *et al.* 2008).

La VR ofrece un espacio de reposo para la fauna silvestre local y migrante, pues ahí puede anidar, alimentarse, moverse o refugiarse. Incluso, puede albergar a especies depredadoras de roedores o insectos de zonas agrícolas o a especies endémicas. Entre otros beneficios se encuentran el suministro de alimento a seres humanos, la generación de ingresos agrícolas a través de los productos cosechados, la captura de dióxido de carbono que contribuye a reducir los gases de efecto invernadero y la diversificación del paisaje (Naiman *et al.* 2005).

Sin embargo, existe cierta incertidumbre sobre la amplitud óptima de la franja ribereña para maximizar su funcionalidad. En condiciones naturales, ésta depende de la geomorfología del canal y del valle, mismos que varían en la longitud del río. En las cabeceras, los valles se confinan (muestran forma de "V") y la dimensión lateral del canal que presenta influencia fluvial es pequeña, la cual se ensancha progresivamente conforme avanza la trayectoria del río, es decir, en valles confinados se puede estimar en 5 m, en valles semi-abiertos 10-15 m y en abiertos  $\pm$  50 m (González y García 2006).

Sin embargo, el desbordamiento lateral del canal hacia la zona de inundación se asocia con las fluctuaciones del nivel del agua del río, es decir con el régimen de variabilidad de los escurrimientos. González y García (2006) comentan que esta conectividad lateral es importante durante el crecimiento y la recesión de una inundación pues se

transfieren sedimentos, nutrientes y biota. Thoms (2003) añade que la liberación de carbón orgánico disuelto y nutrientes, desde la superficie de sedimentos y su transporte de regreso al río, constituye una importante fuente de energía para los organismos acuáticos, por lo que se considera la base del alimento en los sistemas lóticos.

Poole (2002) menciona que la energía cinética del agua juega un papel importante al moldear el área, causar erosión y colocar y remover sedimentos de diferente índole, lo que genera nuevos hábitats para la gran heterogeneidad de formas vegetativas.

Con el fin de determinar el ancho óptimo necesario para elevar la riqueza de especies y para retener nutrientes de los campos agrícolas, Spackman y Hugh (1995) estiman que el mantenimiento del 90 % de especies vegetales y del 90 % de especies de aves requiere de 10-30 m y de 75-175 m, respectivamente.

Granados *et al.* (2006) consideran que para retener 50 % de nitrógeno y 95 % de fósforo de las áreas agrícolas, son suficientes 16 m. Otros científicos enfatizan que el ancho mínimo aceptable para el buen funcionamiento del bosque ripario es de 30m. Sin embargo, si se requiere mayor oferta de beneficios significativos para la vida silvestre y la biodiversidad, son necesarios desde 100 m hasta la amplitud de la zona inundable cada 10 años, cualquiera que ésta sea (Barton *et al.* 1985).

En el tenor de las necesidades naturales de estos ecosistemas, González y García (2006) señalan que la anchura óptima se reconoce como la zona lateral al canal que se inunda sin restricciones, con la periodicidad de una vez cada 2-8 años (de acuerdo con la variabilidad del régimen de flujo). Una amplitud intermedia (menor a óptima) corresponde a aquella que se inunda una vez cada 10 años o bien cuando las restricciones obedecen a la regulación del flujo, dragados o incisiones del canal. Amplitudes deficientes se observan cuando los bancos están levantados por estructuras ingenieriles y los desbordamientos ocurren una vez cada 25-30 años.

Estrela (1994) coincide con lo anterior al explicar que las inundaciones ordinarias incluyen los flujos máximos anuales, cuyo periodo de retorno en ríos permanentes y con regímenes de flujo regulares oscila entre 1.5-2 años. Mientras que en ríos de

temporal, con más variabilidad en el régimen del flujo y de regiones semiáridas, es entre 5-8 años.

Por todo lo anterior, la VR constituye una unidad biológica que permite evaluar los efectos de cambios que ocurren y permanecen en el tiempo, ya que su supervivencia, biodiversidad y productividad dependen de la geomorfología del sistema y de la dinámica fluvial. En conjunto estos atributos regulan los intercambios ecológicos en la zona de transición acuática-terrestre, por lo que la VR se convierte en un elemento clave del paisaje y de la ecología y entorno de los ríos.

De acuerdo con Granados *et al.* (2006) en México alrededor del 16 % de la tierra está sujeta a inundaciones periódicas, razón por la cual se considera como parte de ecosistemas riparios o con cierta semejanza a ellos. Aunque más del 70 % de esta área se convirtió en urbana y agrícola o está inundada por reservorios, cerca del 2 % permanece como ecosistema ripario natural. De aquí la necesidad de crear un instrumento normativo que cuide la existencia y funcionalidad de estos bosques ribereños, así como su rehabilitación en beneficio del EE de los ríos.

## 2.2. Experiencias en las plantaciones protectoras de agua y suelos

La reforestación de las zonas de protección de los cursos de agua tiene en Cuba una larga tradición práctica que se remonta a los años iniciales del triunfo de la Revolución en 1959 cuando se inició la reforestación de las orillas del río Cauto, el mayor del país. Sin embargo, el reconocimiento de la importancia que tienen los bosques de galería data de finales del siglo XIX cuando ya en las Ordenanzas de Montes y posteriormente en numerosas leyes y decretos de la primera mitad del siglo pasado, se hacía referencia a la importancia de los bosques situados en las zonas de protección de los ríos, de sus orígenes y en los alrededores de manantiales y cárcavas Herrero (2007).

El mismo Herrero (2007) plantea que las plantaciones realizadas en Cuba con este objetivo, existen no pocos ejemplos de su eficacia y beneficio a los efectos de la conservación de los suelos y las aguas. La primera presa que quedó completamente reforestada en nuestro país en los primeros años de la década del 60 fue la de Charco Mono, construida en la primera mitad del siglo pasado y una de las que abastece de agua a la ciudad de Santiago de Cuba. Una experiencia más reciente lo constituye la

reforestación del río más grande de nuestro país, el río Cauto. El establecimiento de Fincas Forestales en las orillas del río ha posibilitado un alto nivel de logros y supervivencia de las plantaciones realizadas que ya cubren todas las áreas de protección de este importante curso fluvial. De igual forma, las Fincas Forestales han permitido una protección muy efectiva contra actividades de tala, caza y pesca furtiva. La ejecución de medidas de conservación de suelos, como parte del manejo integral de estas zonas, posibilitó eliminar cientos de cárcavas de diferentes tamaños, así como otros tipos de erosión, deslizamientos, etc.

### 2.3. Efectos ocasionados por huracanes en bosques

En el ámbito científico, desde hace algunas décadas, el tema de los huracanes ha sido abordado, y uno de los aspectos que ha sido estudiado es el impacto sobre la biodiversidad. Asimismo, Pascarella et al.(2004) Sugieren que los huracanes contribuyen en una escala regional y paisajística en la modificación de la estructura y composición de las especies, estudiando la dinámica, estructura y composición de especies en bosques secundarios, en Puerto Rico después del paso del huracán George, las cuales se modificaron notablemente al descender la densidad de árboles de las categorías de diámetro a la altura del pecho (DAP) más bajas, mientras que las mayores tuvieron un mejor desarrollo.

En estudios de monitoreo destaca el trabajo de Vandermeer y Granzow (2004), quienes reportan 14 años de monitoreo del crecimiento de árboles de un bosque tropical lluvioso en Bluefields, Nicaragua, a partir del impacto del huracán Joan en 1988. Ellos reportan un crecimiento elevado en árboles ubicados en el dosel del bosque después del huracán, así como una intensa competencia con los árboles ubicados abajo del dosel, corroborada con una alta mortalidad de estos últimos.

Estos autores sugieren que, en el contexto de los impactos de un huracán, éstos podrían preservar la diversidad de especies. Del mismo modo, Granzow et al. (1997) realizaron un estudio de monitoreo sobre la riqueza de especies en un bosque tropical húmedo de Nicaragua, sugiriendo en su hipótesis que eventos catastróficos como el huracán Joan, en 1998, incrementa la diversidad de especies de árboles.

En un trabajo similar, Conner e Inabinette (2003), monitorearon a lo largo de diez años (1991-2001) nueve especies arbóreas de tres humedales de la costa noreste de Estados Unidos, que fueron afectadas por el paso del huracán Hugo. Concluyeron que el influjo de agua salada sobre los humedales ocasionó mortalidad en más de cinco especies arbóreas, e incluso que la mortalidad fue persistente a lo largo de varios años después del paso de un huracán, al haber causado mortalidad en los bancos de semillas. Debido a lo anterior, se sugiere que los impactos de los huracanes y tormentas tropicales pueden afectar seriamente a las especies si lo hacen en alguna etapa de su vida reproductiva, mientras que en otras especies no es tan evidente el daño.

Un caso particular en el que el efecto de un huracán modificó la distribución de una especie fue registrado por Bellingham et al., (2005) quienes encontraron que, en el bosque tropical lluvioso de Jamaica, la especie de árbol *Pittosporum undulatum* Vent aumentó su distribución a partir de 1974 hasta 2004. De acuerdo a los autores, el área basal de esta especie fue correlacionada positivamente con el área basal perturbada en 1988 por un huracán. No obstante que los efectos de los huracanes hasta ahora vistos han modificado la estructura de la biodiversidad, hay algunos ejemplos que demuestran la existencia de efectos positivos y negativos sobre un sitio en particular.

Tal y como lo demuestra Roth (1992) quien realizó un estudio antes y después del huracán Joan en 1988 sobre los bosques de manglar en la Isla del Venado en Nicaragua, en donde concluyó que el impacto del huracán afectó negativamente, reduciendo el índice de complejidad de los bosques; sin embargo, sugiere que se promovió la regeneración potencial de todas las especies de mangle allí presente. Este último proceso se considera como un efecto positivo sobre la fase reproductiva de las especies con respecto al paso del huracán.

### 2.3.1. La importancia de los huracanes para la biodiversidad

El estudio de la biodiversidad ha revelado que las actividades humanas ejercen una marcada influencia en la disminución del número de especies, en el tamaño y la variabilidad de las poblaciones silvestres y en la pérdida irreversible de hábitats y ecosistemas Dirzo (1990).

Así mismo este autor plantea que mientras muchas especies disminuyen en abundancia y distribución, otras incrementan su población de forma explosiva hasta constituirse, en algunos casos, en plagas. Esta situación mundial es parte de lo que se ha denominado la crisis de la biodiversidad.

Las amenazas que atentan contra la integridad y permanencia de los recursos naturales y la biodiversidad, se pueden manifestar a nivel de ecosistemas, especies y genes, por lo que sus efectos pueden ser de amplio espectro e incluso acumulativos. Dentro de las amenazas a nivel de ecosistemas se identifican el cambio climático, el cambio global, la erosión, la fragmentación de hábitats, la contaminación, la disminución de la riqueza y la abundancia de especies y los efectos acumulativos de todas estas (Dirzo, 1990).

A nivel de especies se identifican como amenazas la introducción, la erradicación y el comercio ilegal e irracional de las mismas (Peña y Neyra, 1997). Otros fenómenos naturales que atentan contra la biodiversidad en nuestro país son los relacionados con la dinámica atmosférica del planeta: huracanes, nortes, ciclones, inundaciones y sequías. Por esto la destrucción que sufren los ecosistemas y la alteración de la dinámica poblacional de las especies que los conforman son inevitables, además de difíciles de evaluar. Sin embargo, los efectos que puede producir un huracán, una tormenta tropical o un ciclón van desde el derribo de árboles hasta cambios en el régimen hídrico de las zonas afectadas, como sucedió en la zona afectada por el huracán Paulina en el estado de Oaxaca en 1997.

Por otro lado, el deterioro ambiental también eleva la vulnerabilidad a las tormentas tropicales. El blanqueamiento de los corales y la pérdida de manglares, por ejemplo, hacen las costas más propensas a inundaciones (Mark de Souza, 2004).

Asimismo, plantearon que el calentamiento global del planeta también puede contribuir a un aumento futuro en el número y la intensidad de los huracanes que azotan la zona del Caribe y el sur de los Estados Unidos, aunque los científicos no se ponen de acuerdo sobre los efectos concretos de dicho fenómeno. Estudios recientes sugieren que, debido a la mayor concentración atmosférica de gases de efecto de invernadero,

para 2080 el calentamiento de los mares podría incrementar la intensidad de un huracán normal en medio nivel adicional, en base a la escala de cinco niveles referente a su capacidad destructiva. La intensidad de la precipitación en un radio de hasta 100km (60millas) de distancia del núcleo de la tormenta también podría elevarse hasta cerca del 20%.

Como muchos otros países del mundo, México sufre a menudo desastres climáticos: sequías prolongadas, inundaciones, heladas y, en verano, huracanes que azotan las costas del Golfo de México y del Pacífico, y que pueden penetrar tierra adentro (Tamayo, 1990; Jáuregui, 1989). Los fuertes vientos y las torrenciales lluvias asociadas a esos huracanes pueden ocasionar deslaves de tierra y de lodo, inundaciones y desarraigar árboles, tanto en los ambientes urbanos como en los rurales (Aridjis, 1989). Resulta claro que las perturbaciones naturales (huracanes, caída de árboles, deslaves, erosión fluvial, incendios, sequías, entre otros.) son factores que aumentan la heterogeneidad de los hábitats y promueven la diversidad de las selvas húmedas. Esto no se debe a la evolución de especies capaces de sacar partido de tales hábitats, sino también que las perturbaciones crean gran diversidad de micro hábitats, los cuales influyen fuertemente en la regeneración subsecuente de la selva en cuanto a su composición de especies. Eso contribuye también a la generación y mantenimiento de la diversidad de la selva húmeda (Collins, 1990; Mabberly, 1983; Martínez-Ramos, 1985).

### 2.3.2. Los efectos benéficos de los huracanes en el bosque

Es cierto que la existencia de fenómenos naturales tales como sismos, terremotos, ciclones, huracanes y tormentas tropicales, entre otros, son considerados también como catástrofes naturales por su incidencia y la magnitud de sus efectos sobre las actividades del hombre, sus materiales y además para la naturaleza en sí misma, dichas catástrofes también suelen repercutir en el bienestar de algunos aspectos determinantes para el porvenir de la variedad de individuos presentes en la Tierra, considerando entonces que la biodiversidad, aun cuando puede verse desequilibrada por la presencia de fenómenos naturales (huracanes y tormentas tropicales), también obtiene ciertos beneficios que por pequeños que resulten forman parte de la

perpetuidad de ésta; dichos beneficios, que pueden medirse cualitativamente y cuantitativamente, son el resultado del efecto directo e indirecto del paso de tales fenómenos (Collins, 1990; Mabberly, 1983; Martínez-Ramos, 1985).

Siempre que los “efectos” a los ecosistemas puedan resultar benéficos, podrá decirse que no es tan grave el paso de ciertos fenómenos naturales y entonces puede hablarse de beneficios directos (EFECTOS DIRECTOS) que son suscitados a favor de la biodiversidad. Tal es el caso de las selvas húmedas, donde la caída de árboles, la rotura de ramas, el desprendimiento de enredos de lianas y/o la muerte de árboles crean constantemente claros en el dosel, los cuales sanan gradualmente conforme la selva se regenera. En realidad, la selva entera es un mosaico dinámico de parches de vegetación de diferentes edades que abarca todas las fases de la sucesión secundaria, junto con áreas de vegetación primaria, las fases “de claro”, “de construcción” y “de madurez” del proceso de regeneración de la selva, que se denomina “silvigenesis” (Hallé et al., 1978; Martínez-Ramos, 1985).

Por otro lado plantean (Hallé et al., 1978; Martínez-Ramos, 1985). Que si bien es cierto que la caída de árboles y, por ende, la caída de otros individuos que dependen de ellos a causa de los fuertes vientos suscitados durante un huracán y/o una tormenta tropical resultan ser deplorables, la variabilidad de edades a causa de la regeneración en las selvas hace que estos ecosistemas sean considerados importantes para la biodiversidad, por la variabilidad de individuos y edades que hace que las selvas sean un mosaico completo de individuos.

Sosa y Puig (1987), afirman que pueden determinarse beneficios directos a partir del paso de huracanes y tormentas tropicales, estos beneficios también pueden interpretarse de un modo indirecto para la biodiversidad, a partir de las características de un ecosistema o a partir de la función que cumplen ciertos individuos para favorecer a otros.

Por otro lado plantean estos autores que, tal es el caso del mecanismo denominado reproducción vegetativa que puede presentarse en el bosque mesófilo de montaña donde la tasa de mortalidad es sumamente baja; sin embargo, cuando se presenta la

caída de árboles o ramas que dañan a los individuos de esas especies en un evento de formación de claro. Estos se regeneran y vuelven a crecer con rapidez gracias a que vuelven a brotar tallos en la base del tronco roto o a partir de las propias raíces frecuentemente a varios metros de la planta original (como en el caso de *Liquidámbar sp.*).

También plantean estos autores que en ciertos bosques mesófilos la predominancia de esas especies se debe en gran medida a esta estrategia reproductiva, aunque las plántulas de las mismas también responden positivamente ante las mejores condiciones de luz de los claros formados en el dosel. Así mismo, la caída de árboles por el paso de fuertes vientos generados por huracanes y tormentas tropicales, provoca condiciones microclimáticas que favorecen a ciertos individuos, tal es el caso de algunas especies del bosque mesófilo de montaña, donde de las últimas especies en formar nuevas poblaciones en un sitio del bosque en regeneración, como ciertos árboles y arbustos del sotobosque los cuales se ven favorecidos por la sombra, sus semillas permanecen muchos años en el banco de semillas del suelo, de modo que su larga latencia les permite mantenerse viables hasta que se presentan condiciones microclimáticas favorables para su desarrollo.

Si es posible la determinación de efectos benéficos que pueden suscitarse por el paso de un huracán para la biodiversidad, también pueden determinarse los efectos negativos singulares y potenciales, considerando que estos efectos pueden tornarse directos e indirectos según la escala y el grado de afectación emitida para los organismos, grupos de organismos, el ecosistema y la biodiversidad en sí (Sosa y Puig, 1987).

La diversidad de individuos de flora y fauna y ecosistemas presentes que forman la biodiversidad en el mundo es parte de la multivariedad de formas existentes en la tierra y, por tanto, desempeñan papeles determinantes para la permanencia y estabilidad de la misma. Por lo anterior, la presencia de fenómenos tales como huracanes y tormentas tropicales se torna factor de riesgo para la estabilidad de dichos individuos y ecosistemas, encontrándose entonces que los fuertes vientos y las lluvias generados por estos fenómenos propician daños directos; por ejemplo, en las selvas de México

puede haber mortalidad (árboles) dependiente del tamaño como un factor relacionado con las pendientes o la exposición al viento, ya que los árboles corpulentos o muy altos son más vulnerables al derribo eólico que los pequeños (Ibarra, 1985).

Por otro lado, con respecto a la cantidad de lluvia caída durante huracanes y tormentas tropicales, origina que el peso de las colonias grandes de epifitas, sobre todo cuando están saturadas con agua después de las tormentas, también sea causa de rotura de ramas y caída de árboles (Martínez Ramos, 2000).

Por otro lado, la tasa de formación de claros en el dosel puede exhibir patrones estacionales en concordancia con la distribución anual de las lluvias y los vientos fuertes. Por ejemplo, las selvas húmedas de la península de Yucatán tienen su tasa más alta de formación de claros a finales del verano y durante el otoño (agosto a octubre), ya que en esa época las azotan huracanes que se forman en el Caribe y penetran tierra adentro (Jáuregui, 1989; La jornada, 1995; SEMARNAPCONABIO, 1995).

Por el contrario, las selvas de Veracruz tienen su máxima frecuencia de eventos de formación de claros durante la época otoño-invierno (octubre a marzo), cuando los “nortes” traen consigo fuertes vientos y abundantes lluvias. Durante tales fenómenos, la mayor plasticidad (es decir, menor tolerancia al esfuerzo del deslizamiento) del suelo saturado de lluvias, se combina con el mayor peso de los árboles y sus epifitas empapadas, así como con el menor anclaje de las raíces del árbol producto de la acción de sacudimiento ocasionado por los vientos, que da como resultado un mayor número de árboles derribados, ramas caídas o troncos desgajados por arriba del nivel de los contrafuertes (Sukumar, 1978, citado en Martínez Ramos (1982).

Otro efecto particular de las fuertes lluvias ocurridas por cualquiera de los dos fenómenos meteorológicos mencionados es la pérdida de suelos, fenómeno denominado erosión hídrica, cuya característica es la remoción del suelo bajo la acción del agua. Esto afecta tanto a las zonas de las cuales se retira el sustrato como aquellas que son sepultadas por el depósito de sedimentos; esta erosión toma dos formas fundamentales: la erosión superficial que ocurre cuando el agua fluye en forma más o menos homogénea por una zona, arrastrando la capa superior del suelo donde existen

más nutrientes y materia orgánica y a partir de ahí el suelo pierde su fertilidad; y la otra forma es que el flujo del agua se concentra en un cauce donde la erosión es más rápida, de modo que va abriendo una zanja cada vez más profunda o cárcava y por lo tanto se habla de una deformación del terreno (Conner, 2002).

A partir de los efectos negativos directos generados por las tormentas tropicales y los huracanes, se pueden determinar los efectos indirectos que, sin lugar a dudas, estarán en función de los primeros. De tal manera que, si se considera que la caída de árboles y ramas en selvas o en algún otro ecosistema genera grandes cantidades de madera o leña y que éstas no sean levantada posterior al paso del viento, cuando llega la temporada seca, esta madera junto con alguna actividad antrópica puede llegar a generar incendios que si bien se observan en sitios específicos, ponen en riesgo a los individuos cercanos a dicho fenómeno (Koonce y González-Caban, 1990).

Aunque, por otro lado, resulta contradictorio el hecho de que ciertos árboles que sobreviven o que remplazan la selva quemada suelen ser los mismos que colonizan inicialmente los hábitats secos y que a menudo tienen adaptaciones para las condiciones xéricas, como hojas de pequeño tamaño o espinas, o los que tienen capacidad para dispersar sus semillas y crecer con rapidez (Koonce y González-Caban, 1990).

#### 2.4. Desarrollo sostenible

El desarrollo sostenible es un tema que cada día atrae a más especialistas de diferentes áreas, a gobernantes y a muchas personas de pueblo, ya que en este se plasman los deseos de lograr un desarrollo armónico con: la sociedad la economía y el medio ambiente; sin afectar el desarrollo de las futuras generaciones, ni truncar los sueños por venir (Ayes, 2006).

De ahí que, el término de desarrollo sostenible tuvo sus raíces en diferentes situaciones, por lo cual no es descabellado plantearlo como el resultado de un proceso de maduración de la conciencia humana que se percató de los problemas que estaban afectando al ser humano como especie (Kart, 2004).

Sin embargo USDA-ARS (2002) definen el desarrollo sostenible, como un desarrollo duradero, o sea, para nosotros para nuestros hijos y nietos, por ello se ve como un desarrollo capaz de hacer frente a las necesidades actuales sin impedir que las generaciones futuras puedan hacer otro tanto en su momento.

El desarrollo sostenible según refiere Cruz (2006), propone entre otros aspectos buscar que un sistema, urbano o rural funcione indefinidamente, sin agotar o sobrecargar los recursos fundamentales de los que depende, donde se tendría que incluir, la necesidad de recuperar la base de recursos que existen. En Cuba hay avances significativos que se corresponden con los objetivos del desarrollo sostenible, pero también hay retos y riesgo. Muchos de estos están relacionados directamente con las debilidades de nuestra cultura agraria.

Por lo tanto, la educación para el desarrollo sostenible, según refieren Hernández y Tilbury (2006), es una propuesta educativa que puede contribuir a los necesarios procesos de cambios socioculturales hacia un futuro sostenible; desde esta perspectiva se puede abordar, el análisis y la reflexión desde el ámbito sociocultural, que podría generar nuevas formas de plantear los problemas ambientales y de trabajar hacia el futuro más sostenible

#### 2.5. Características de las especies a plantar en las fajas forestales hidrorreguladoras.

Herrero (2007) explica que teniendo en cuenta que los objetivos inmediatos de estas plantaciones son la defensa del suelo contra la erosión, la regulación del régimen hidrológico y la estabilización de las márgenes, la elección de las especies en una primera aproximación debería basarse en sus habilidades protectoras, tales como:

- 1- Crecimiento rápido.
- 2- Perennifolias y de follaje denso.
- 3- Sistema radical profundo.
- 4- Que permitan el desarrollo del sotobosque.
- 5 - Transpiración baja a moderada.

En una segunda aproximación se tendría que examinar la adaptación de las especies a las características edafoclimáticas del lugar. La comparación de esta información con los correspondientes “caracteres culturales” de las especies examinadas es, sin dudas, una orientación sobre la viabilidad biológica de su introducción.

Una tercera aproximación, no menos importante, es la viabilidad ecológica. Como herramienta de elección bajo esta aproximación, se debería tener en cuenta criterios fitosociológicos, como el grado de dominancia de las diferentes especies, sus pautas de comportamiento en cuanto a la regeneración natural y competencia, etc., además de considerar:

- Especies de madera preciosa, melífera, o que sus frutos u hojas sean de valor económico o medicinal.
- Que sirvan de alimentación y abrigo a la fauna silvestre.
- Especies amenazadas, autóctonas o endémicas.

## 2.6. Estado y conservación de la biodiversidad

El estado y conservación de la diversidad biológica garantizan servicios y beneficios insustituibles en relación con el suministro, regulación y desarrollo de los recursos naturales, así como en lo relativo a la cultura, la recreación, la religión y otros, como elementos básicos para alcanzar el bienestar humano. El Estudio Nacional para la Diversidad Biológica de la República de Cuba reconoció como causa fundamental de la pérdida de la diversidad biológica cubana, la transformación de hábitat (Vales et al.1998), asociada principalmente a fenómenos de deforestación en relación con las actividades socioeconómicas del país (Abreu, 2000).

Según Vales et al. (1998) la fragmentación o pérdida de hábitat / ecosistemas / paisajes se reconoce entre los principales procesos endógenos que afectan a la diversidad biológica cubana. Cuba constituye el país con mayor diversidad biológica de Las Antillas, tanto en riqueza total de especies, como en el grado de endemismo. La plataforma insular presenta el relieve de una llanura sumergida, con una superficie de 67 831 km<sup>2</sup> lo que evidencia el valor de los ecosistemas costeros y marinos para la estabilidad ecológica de la biota.

Así mismo plantea que en la biota cubana están documentados con representatividad: las plantas vasculares, grupos de invertebrados como los moluscos, arácnidos, insectos, y zoonemátodos, y dentro de los vertebrados las aves, los mamíferos, los reptiles y los anfibios.

Vales et al. (1998), Plantea que la distribución de las especies no es uniforme a lo largo del territorio, ya que se concentra en las regiones más antiguas y estables, como son los macizos montañosos de occidente, centro, norte oriental, y sur oriental de la isla, así como en áreas de condiciones extremas, como las colinas y llanuras serpentinosas, las costas semiáridas sur orientales y las llanuras de arenas silíceas del occidente

Un aspecto importante al hablar de la biodiversidad, es la disminución que ha tenido esta en los últimos años.

Las pérdidas de algunas áreas de bosques naturales que se convirtieron al uso agropecuario han afectado también a las cuencas hidrográficas. Según La Dirección de Medio Ambiente (DMA) y el Centro Nacional de Biodiversidad (2007), el trabajo de reforestación que se realiza actualmente va dirigido a satisfacer necesidades de la economía nacional en diferentes surtidos de madera y también se hacen plantaciones de carácter protector, entre ellas, de las aguas y los suelos en las zonas de protección de los cuerpos de agua y en cuencas hidrográficas, así como en zonas montañosas de alta pendiente.

Este centro plantea que, a lo largo de la historia, la principal causa de la extinción de especies ha sido la introducción de otras no autóctonas en ecosistemas nuevos, pudiendo dañar severamente la flora y fauna autóctonas y trastornar el equilibrio ecológico. Esto ocurre específicamente en las áreas de las cuencas hidrográficas, dedicadas a los cultivos agrícolas.

## 2.7. Análisis florísticos y estructurales del bosque

A criterio de Noble y Dirzo (1997) los bosques están considerado como el mayor reservorio de especies, hábitat y diversidad genética, en donde las actividades humanas en estos tendrán un impacto significativo en las diversidades locales, regionales, global, en la salud y en el funcionamiento de los ecosistemas naturales

(Kimmins, 1997).

Kumar et al. (2002) plantearon que muchos bosques perturbados requieren intervención para mantener su biodiversidad, productividad y sostenibilidad. El estudio de la diversidad de especies y los patrones de distribución son importantes para evaluar la complejidad y los recursos de los mismos (Kumar et al., 2006). Phillips et al. (2003) plantearon que el inventario florístico es un prerrequisito necesario para la mayoría de las investigaciones en ecología de las comunidades tropicales, como es el caso de la modelación de patrones de diversidad de especies o de la distribución de las especies.

Para Jayakumar et al. (2011) la evaluación de la diversidad florística se ha tratado a nivel local y regional para determinar el estatus presente y hacer que el manejo de estrategias para la conservación sea efectivo. La mayoría de los estudios florísticos realizados se han focalizado en el inventario (Chittibabu y Parthasarathy, 2000; Sagar et al., 2003; Padalia et al., 2004; Appolinario et al., 2005)

A través de los análisis florísticos se han estudiado también, la intensidad de las perturbaciones sobre la regeneración (Kennard et al., 2002; Denslow, 1995), la evaluación fenológica (Frankie et al., 1974), la comparación de la diversidad de árboles (Pitman et al., 2002), el monitoreo de especies (Sukumar et al., 1992), la distribución de las especies y las relaciones individuales de las especies (Condit et al., 1996).

Condit et al. (1996) plantearon que la determinación de la composición florística de los bosques como: familias, géneros, especies, ayuda a caracterizar las comunidades y generan información sobre la dinámica de los bosques naturales y su respuesta a diferentes regímenes de perturbación y que la mayoría de los estudios de composición florística se han basado en especies arbóreas por su representatividad en términos de dominancia (biomasa, abundancia, cobertura) lo que determina por lo tanto, la estructura y funcionamiento del bosque.

Timilsina et al. (2007) refieren que los estudios ecológicos destacan que la estructura, composición y función son atributos importantes de los ecosistemas boscosos y cambian en respuesta al clima, topografía, suelos y grado de disturbio. Estos factores, de conjunto con el proceso sucesional de la vegetación, son responsables de la variación en los atributos del bosque a nivel local y de paisaje, al producir heterogeneidad espacial. Por otra parte Guariguata y Kattan (2002) plantean que la vegetación sobre un paisaje determinado está influida por tres factores: estructura geológica, gradientes ambientales y regímenes de perturbación natural.

Mientras que Acosta et al. (2006) fundamentan que todo análisis estructural permite un estudio detallado de las comunidades vegetales y debe comprender los estudios sobre la estructura hori A sí mismo Barkman (1979), citado por Cortés (2003), identificó la estructura de la vegetación como un patrón espacial de distribución de las plantas ya que a la caracterización de una agrupación vegetal de especies leñosas se llega a través de la definición de su ordenamiento vertical y horizontal. El ordenamiento vertical consiste en la identificación de los estratos que presenta el grupo vegetal con la utilización del parámetro altura, en conjunto con la cobertura, permite un análisis complementario de la dominancia energética según la disposición vertical y el ordenamiento horizontal se analiza a través de la densidad, abundancia, el diámetro y

la cobertura, entre otros (Rangel y Velázquez, 1997).

El estudio de la estratificación vertical durante mucho tiempo fue muy relevante por la alta diversidad de especies de diferentes tamaños y el gran número de individuos en el dosel medio, superior y emergente. De acuerdo a sus objetivos Jayakumar et al. (2011) definieron la estructura vertical como la distribución de los individuos que conforman la comunidad en relación a sus alturas, cuya descripción implica el reconocimiento de estratos en los que se agrupan árboles de tamaños similares. Por otro lado la estructura horizontal entendida como la distribución espacial de las diferentes poblaciones e individuos está relacionada con los factores del medio ambiente. A gran escala puede estar influida por la altitud o por la latitud; en tanto, a pequeña escala la topografía local y la disponibilidad del agua parecen ser los principales agentes.

Para la UNESCO (1980) la estructura de un bosque puede definirse como cualquier situación estable o evaluativa, no anárquica; de una población o comunidad en la cual aunque mínima, pueda detectarse algún tipo de organización representable por un modelo matemático, una ley estadística de distribución, una clasificación o un parámetro característico.

Según Danserau (1957) la estructura de la vegetación es la organización en el espacio de los individuos que forman un rodal, y por extensión, un tipo de vegetación o asociación de plantas. Los elementos primarios de esta estructura son la forma de crecimiento, la estratificación y la cobertura. Para Wadsworth (2000) la estructura define el grado de uniformidad del bosque y la intensidad de las cortas en el futuro, por lo que tiene importancia ecológica y silvicultural.

Todo análisis estructural permite un estudio detallado de las comunidades vegetales. Este análisis debe comprender los estudios sobre la estructura horizontal, que incluye densidad, frecuencia y dominancia (Kellmann, 1975). Además se debe considerar la estructura vertical (posición sociológica) y la regeneración natural (Finol, 1971). Asimismo, la estructura horizontal y vertical debe incluir estudios sobre la estructura paramétrica (Hosokawa, 1982).

Para Lamprecht (1962, 1964) la estructura de un bosque natural refleja en muchos aspectos su historia y los parámetros analizados difieren en función del objetivo del estudio. Existe una gran diversidad de opiniones sobre lo que debería contemplar cualquier análisis estructural, aunque en general deberían cumplir los siguientes requisitos: Que sea capaz de ofrecer un cuadro representativo de la estructura del tipo de masa estudiada, que sea aplicable a cualquier tipo de masa forestal, que los resultados sean objetivos, sin las influencias subjetivas del investigador y, en lo posible, que se expresen numéricamente. Que los resultados del análisis del mismo o de distintos tipos de bosques, sean directamente comparables.

Según Lamprecht (1990) la estructura horizontal se determina por los valores de abundancia, dominancia, y la frecuencia relativa de cada especie. Asimismo conceptualiza la abundancia absoluta como el número de individuos de una especie que aparecen en una unidad muestral, lo cual indica el comportamiento del liderazgo de la población en una comunidad. Finol (1971) y Lamprecht (1990), definen la abundancia relativa como el porcentaje de individuos de una especie respecto al total de individuos que se encuentran en la muestra, es decir, la relación porcentual con respecto al número total de árboles levantados.

Expresión porcentual definida por la razón entre el número de parcelas en las que una especie aparece y el número total de parcelas establecidas. Para Finol (1971) la frecuencia relativa, se conceptualiza como el porcentaje de la frecuencia absoluta de una especie con relación a la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies encontradas en la muestra y se calcula basándose en la suma total de la frecuencia absoluta. Para este mismo autor la dominancia absoluta se representa por la sumatoria de áreas basales de los individuos de una especie, expresada en  $m^2 \cdot ha^{-1}$  y la dominancia relativa, como el porcentaje de la dominancia absoluta de una especie con relación a la suma de las dominancias absolutas de todas las especies presentes.

Finol (1971) y Beck et al. (1993), plantean que se conoce como estructura vertical del bosque a su estratificación; las características a medir para evaluar la estructura de un bosque tropical son las siguientes, dosel abierto o cerrado, espaciamiento uniforme o regular de los árboles, descripción de la estratificación, agrupaciones locales de

individuos de una misma especie observada en uno de los estratos. A menudo el uso más común del término “estratificación” es para indicar que las copas de los árboles alcanzan diferentes alturas en el perfil vertical del bosque y tiene que incluir el análisis de la posición sociológica de los árboles. También se calcula el Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVIE), para cada especie, a partir de la suma de los parámetros de la estructura horizontal. Mediante este índice es posible comparar, el peso ecológico de cada especie dentro del ecosistema. La obtención de índices de valor de importancia similares para las especies indicadoras, sugieren la igualdad o por lo menos la semejanza del rodal en su composición, estructura, sitio y dinámica.

Cantos (2014) determinó la estructura horizontal y vertical, así como el índice de valor de importancia ecológica para bosques secos (Monte espinoso tropical, Monte espinoso premontano) en Ecuador mediante el cálculo de los valores absolutos y relativos de cada especie. Para conocer la estructura vertical del bosque este autor definió tres estratos (sotobosque, dosel intermedio y dosel superior), solo que lo realizó siguiendo los criterios de Godinez y López (2002), según los cuales, cuando la altura de los árboles es menor o igual a 10 metros, el estrato se considera sotobosque; cuando la altura se encuentra entre 10 y 20 metros, el estrato definido recibe el nombre de dosel intermedio. Si la altura rebasa los 20 metros se está en presencia de un dosel superior.

Jimenez (2012) determinó también la estructura en bosques semidecíduos de la Reserva Ecológica Manejada (REM) Sierra del Rosario, a través de los valores de abundancia, dominancia, y la frecuencia relativa de cada especie; así como las distribuciones de abundancia de árboles por clases diamétricas.

Para la determinación de la estructura y diversidad del bosque seco en Ecuador Aguirre (2013), caracterizó la estructura vertical, el cual consideró las especies arbóreas encontradas en el diferente estrato zontal (densidad, frecuencia y dominancia)

Para el análisis de la distribución por clases diamétricas, realizó el censo de todos los individuos del bosque y sus grupos considerando intervalos de 5 cm. Este autor evaluó la regeneración natural en parcelas de 10x10 m, anidadas en las parcelas de muestreo florístico, considerando las categorías planteadas por el Centro Agronómico Tropical de

Investigación y Enseñanza (Orozco y Brumer, 2002).

FAO (2005) ha considerado que la mejoría de los derechos de las poblaciones locales y de su acceso a los recursos forestales, es un requisito indispensable para el éxito de los programas forestales de base comunitaria, y que “la inversión del proceso de deforestación” se convierte en una meta importante en el marco del logro de los objetivos 1 y 7 de desarrollo del milenio.

Los países de América Central y el Caribe (incluyendo Cuba) presentan graves problemas de deforestación, en la mayoría de los casos, los problemas relativos al uso de la tierra y las prácticas forestales se han agudizado a causa del avance de la frontera agrícola-pecuaria, eliminando el bosque nativo y causando una fuerte erosión, pérdida de fertilidad de los suelos, y los cursos de agua, degradación de cuencas hidrográficas y avance del desierto (Martínez et al., 2011).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### CAPÍTULO III. Materiales y Métodos

##### 3.1. Características del área

El área de estudio se encuentra ubicada (Figura 1) en la parte baja de la cuenca hidrográfica del río Toa, en la fecha comprendida de enero del 2018 hasta septiembre del mismo año patrimonio de la Empresa Agro-Forestal Baracoa, en un bosque con categoría protector de agua y suelos, según Ley 85 (Ley Forestal). Esta limita al Norte con Cane y al Sur con el Pino y Duaba, al Este con la playa del Toa y al Oeste con el Naranja del Toa.

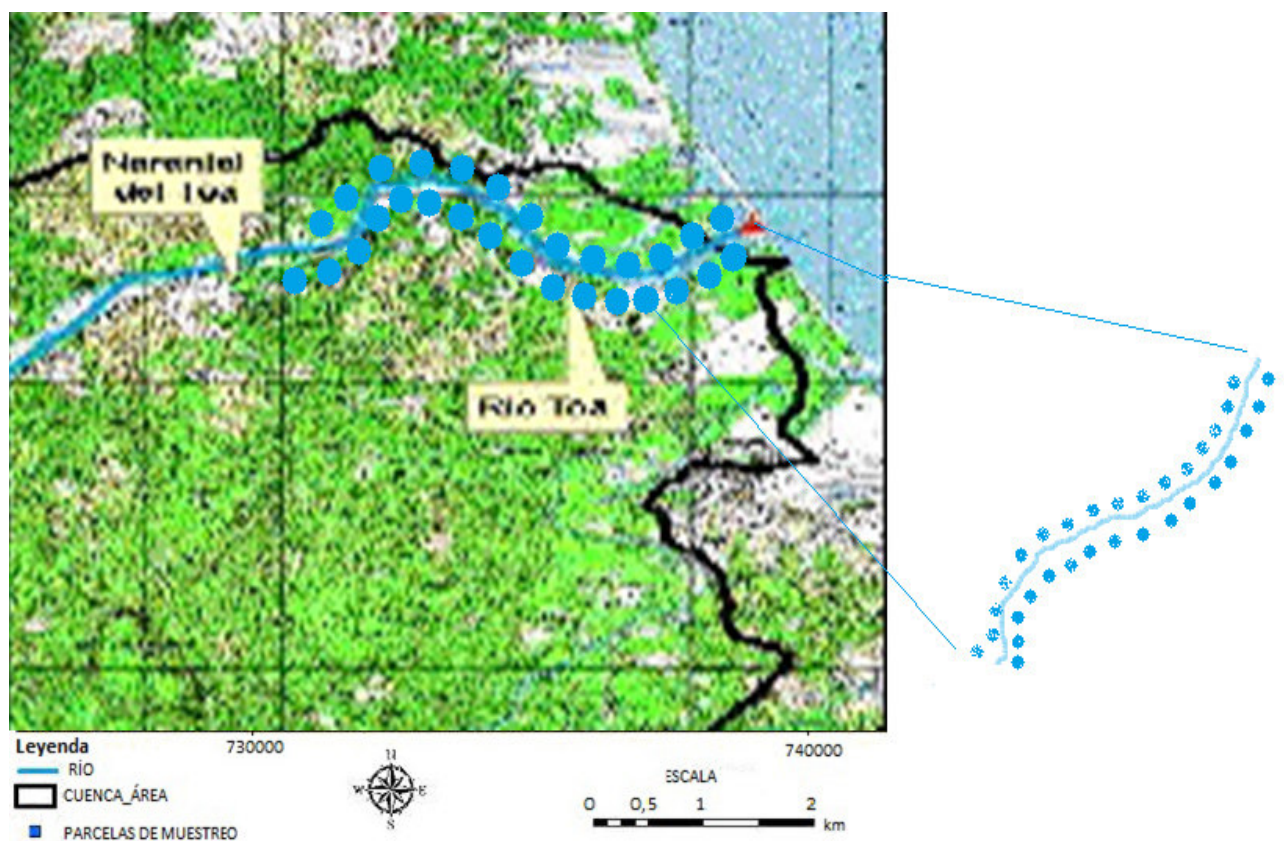


Figura 1. Área de investigación (Según Sánchez; 2016)

### 3.1.1. Datos del clima del área de estudio

El clima se clasifica como Tropical lluvioso típico según Reyes y Acosta (2005). Este se comportó según los datos de la estación meteorológica de Jamal en el municipio de Baracoa en los años comprendidos desde el 2000 al 2014 como se observa en la Figura 2.

La temperatura promedio anual es de 24,4 °C, máxima absoluta de 34,9 °C y máxima media absoluta de 32,4 °C. La mínima media registrada es de 16,7 °C y como mínima absoluta 10,3 °C, mientras las precipitaciones son de 1 909 mm, comportándose por encima de los 1 000mm mensuales, desde septiembre hasta octubre y de abril a agosto, ocurren precipitaciones por debajo de los 1 000 mm.

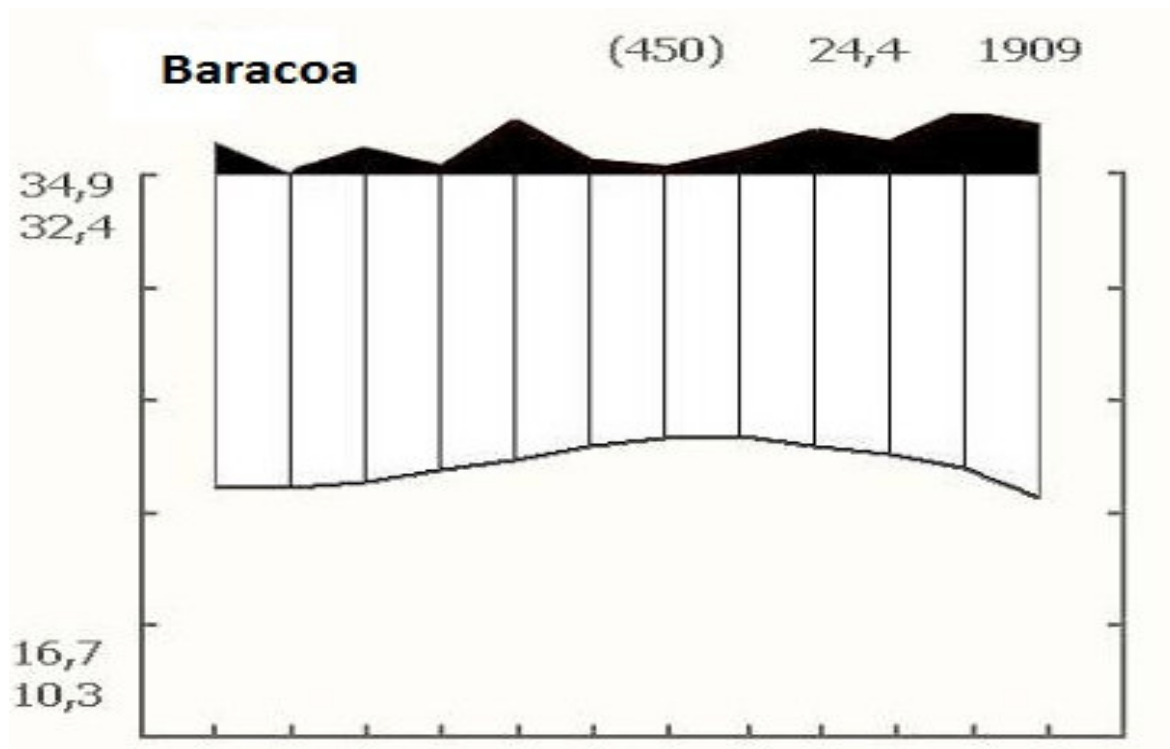


Figura 2. Climodiagrama de la estación de Baracoa en la cuenca hidrográfica del río Toa.

### 3.1.2. Tipo de suelos

Según la nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba de Hernández et al. (2015) son fersialíticos amarillento y rojo pardusco, el pardo sin carbonato y en menor medida, el ferralítico púrpura y el pardo con carbonato. Profundos (93cm), fuertemente erosionados y de mediana humificación (4 % de materia orgánica). Se caracterizan por presentar una textura loam arcillosa y una estructura granular. En el área de investigación el suelo predominante es el fersialítico amarillento. La consistencia del mismo es friable, es ligeramente plástico y ligeramente adhesivo.

### 3.2. Inventario florístico

Para la ubicación de las unidades de muestreo se midieron 20m a partir del nivel de las aguas normales del río Toa, según norma Herrero (2003), se muestrearon aguas abajo 35 parcelas de 20x25m (500m<sup>2</sup>), en el mismo lugar donde se encontraban las otras 35 parcelas georreferenciada, con el objetivo de no alterar el resultado esperado de dicho estudio, las cuales están situadas a una distancia estimada entre parcelas de 100m, 14 para la vegetación localizada próximo al margen izquierdo y 21 para la vegetación localizada próximo al margen derecho, empleándose un diseño sistemático estratificado. Contabilizando las especies florísticas presentes en los diferentes estratos definidos por Álvarez y Varona (2006): herbáceo (hasta 0,99m), arbustivo (1 a 4,99m) y arbóreo (mayor de 5m).

Se registraron los individuos con más de 2m de altura y mayores o iguales a 5cm de d1, 30m de acuerdo con los criterios de muestreo utilizados por Camacho (2000); Grela (2003); Rondon et al. (2002a); Rodríguez (2010); Dutra (2011), Aguirre (2013), y Sánchez (2015).

Para la validación del muestreo se utilizó la curva de riqueza de área/especies (curva del colector), donde se relacionaron el número acumulado de nuevas especies por parcela. Para esto se utilizó el software PC-ORD, Versión 4.17 (McCune y Mefford, 1999; Galvão et al., 2002).

### 3.3. Análisis estadístico

Los datos se procesaron a partir del programa estadístico: BioDiversity Pro: para calcular los índices de Biodiversidad (índice de riqueza, abundancia y dominancia de especies) y realizar el análisis de conglomerados (Cluster). Para introducir los datos, confección de tablas y gráficos se empleó el Microsoft Excel y para la interpretación de los resultados obtenidos Microsoft Word.

### 3.4. Diversidad de especies

#### 3.4.1. Diversidad Beta ( $\beta$ )

Para este estudio se aplicó un análisis de conglomerados jerárquicos, mediante la medida de distancia de Sorensen (Bray - Curtis), (Beals, 1984), y el método de unión fue el del promedio de vínculo entre grupos (GroupAverage Link).

#### 3.4.2. Diversidad Alfa ( $\alpha$ )

La diversidad (alfa) de especies forestales por tipo de cobertura vegetal, fue estimada mediante la riqueza de especies. Descrita como el número de especies en cada tratamiento, es considerada el indicador más importante de diversidad Magurran (1989), sobre todo en muestras con más de 3 000 individuos. Condit (1998) recomienda utilizar el índice alfa de Fisher (Guariguata y Kattan, 2002), debido a que este índice permite estimar la diversidad de especies controlando el tamaño de la muestra (número de individuos muestreados); pero no es recomendable su aplicación en muestras de menos de 500 individuos (Berry, 2002).

### 3.5. Índice de riqueza

La riqueza se refiere al número de especies pertenecientes a un determinado grupo (plantas, animales, bacterias, hongos, mamíferos, árboles, etc.) existentes en una determinada área (Margalef, 1968).

$$Dmg = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Dónde: S = Número de especies

N= Número total de individuos

Para la comparación de la riqueza de especies entre ambas fajas, se emplearon curvas de rarefacción, estas técnicas están basadas en procedimientos de muestreo aleatorio, también conocidos como métodos de Monte Carlo, que se realiza sobre un conjunto de muestras que ya han sido tomadas en una comunidad. El uso principal de curvas de rarefacción es la comparación de riqueza de especies entre muestras empíricas que difieren en el número total de individuos; para su confección, se empleó el software EcoSim, Versión 7,0 (Gotelli y Entsminger, 2001).

Para el análisis de la diversidad por localidades o sitios se realizaron gráficos de abundancia relativa para las 10 especies más importantes desde el punto de vista ecológico. Estos gráficos son también conocidos como gráficos de dominancia-diversidad, gráficos de rango-abundancia o “curva de hitaker” (Feinsinger, 2003).

Las curvas se realizaron a escala logarítmica, por lo que cada valor de abundancia fue transformado a Ln de cada Pi, dado por la fórmula:

$$P_i = n_i / N$$

Dónde:

$n_i$  es el número de individuos de la especie  $i$

$N$  es el número total de individuos

$P_i$  es la proporción de los individuos en una comunidad o una muestra que pertenece a la especie  $i$ .

Según Feinsinger (2003), por razones prácticas, o matemáticas y por ningún motivo se puede decidir usar logaritmos en base 10, en base 2, o en base  $e$  (logaritmos naturales). Las especies de cada muestra están graficadas de mayor a menor abundancia (del  $P_i$  más alto al  $P_i$  más bajo) dentro de esa muestra. Se pueden incluir varias muestras por gráficas, con solo identificar los puntos se expone la posición de cada especie en cada línea, lo cual es tal vez la característica más útil de estas gráficas.

### 3.6. Índice de Similitud

Para comprobar la similitud entre las unidades de muestreo de un bosque con respecto al otro se calculó el índice de similitud de Sorensen, utilizado por Lamprecht (1990); Wolda (1981); Moreno (2001); Aguirre y Kvist (2005), Aguirre (2013).

#### 3.5.1 Índice de Similitud de Sorensen Cualitativo

$$I_{ss} = 2C/a+b*100$$

Dónde:

a = Número de especies por familia en el bosque cercano al margen derecho del río

b = Número de especies por familia en el bosque cercano al margen izquierdo del río

c = Número de especies en común entre ambos bosques (a y b).

### 3.7. Valores Estructurales

#### 3.7.1. Estructura Horizontal

Se determinaron los parámetros de la estructura horizontal a través del cálculo de: abundancia relativa (Ar), frecuencia relativa (Fr), y dominancia relativa (Dr) de una especie (Moreno, 2001), de acuerdo a la fórmula:

$$Ar = \frac{\text{No. individuos de una especie}}{\text{No. Total de individuos del total de especies}} \times 100$$

$$Dr = \frac{\text{Área basal de una especie}}{\text{Área basal del total de especies}} \times 100$$

$$Fr = \frac{\text{No. de parcelas en la que ocurre una especie}}{\text{Total de ocurrencias en todas las parcelas}} \times 100$$

Así como las distribuciones de abundancia de árboles por clases diamétricas (establecidas teniendo en cuenta el diámetro, con intervalos de clases de 2 en 2 cm).

### 3.7.2. Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVIE)

El índice de valor de importancia es un parámetro que mide el valor de las especies, típicamente, en base a tres parámetros principales: dominancia (ya sea en forma de cobertura o área basal), abundancia y frecuencia.

El IVIE es la suma de estos tres parámetros. Este valor revela la importancia ecológica relativa de cada especie en una comunidad vegetal, es un mejor descriptor que cualquiera de los parámetros utilizados individualmente (Keels et al., 1997).

Se evaluó mediante la determinación de los valores de abundancia, dominancia y frecuencia relativa de cada especie:

$$\text{IVIE} = \text{AR} + \text{DR} + \text{FR}$$

Donde: AR (Abundancia relativa)

DR (Dominancia relativa)

FR (Frecuencia relativa)

### 3.8. Estructura Vertical

Para la caracterización de la estructura vertical se describe tomando en consideración las especies arbóreas encontradas en los diferentes estratos del bosque de acuerdo a los criterios de Finol (1971); Mueller-Dombois y Ellenberg (1974); Kent y Coker (1994); Reyes (2012).

Los datos de altura de los árboles se agruparon en tres estratos:

- Estrato inferior: de 0a10m
- Estrato medio: de 10,5a20,m de altura total
- Estrato superior: mayor o igual a 20,5m de altura total

La regeneración natural (RN) se evaluó mediante un muestreo con diseño anidado de sub-parcelas de 5 mx5 m (25m<sup>2</sup>), estableciéndose en cada una de las unidades de muestreo de 500 m<sup>2</sup> que se establecieron en el área de investigación, siguiendo la metodología propuesta por Aldana et al. (2006); designándolo como:

- Diseminado (Clase I) plantas nacientes hasta la terminación de las repoblaciones.
- Brinjal bajo (Clase I)  $h \geq 1,5$  hasta el comienzo del cierre de las copas.

- Brinjal alto (Clase II) d (1,3) = 5 cm.

## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### 4.1. Validación del muestreo

De acuerdo a las curva área-especies y la de distancias (Figura 3) indican que el muestreo con 35 parcelas es representativo de la diversidad florística en la faja forestal hidrorreguladoras del río Toa, pero sin lugar a duda después del fenómeno el área se encuentra significativamente degradada, teniendo en cuenta que se logra la asíntota en la parcela 23, lo que significa que disminuyó la riqueza de las especies en el área de estudio, teniendo en cuenta que en investigaciones ya realizadas se logró la asíntota en la parcela 29.

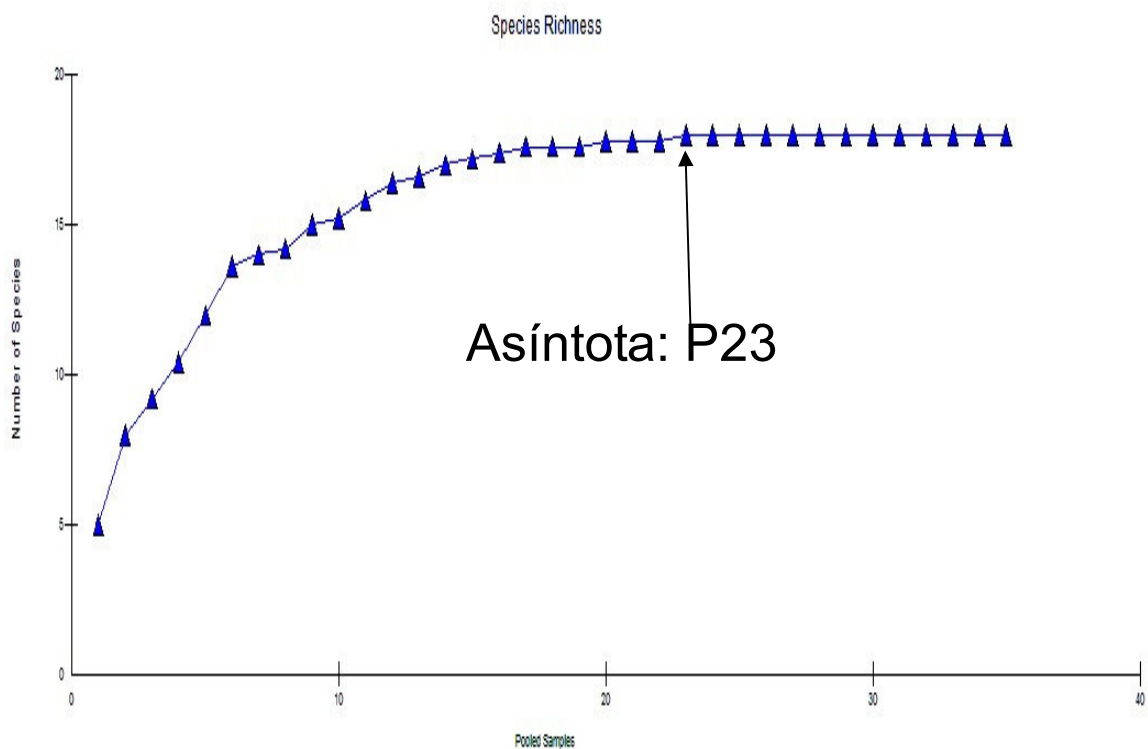


Figura 3. Curva área/especies para las fajas forestales hidrorreguladoras del río Toa después del paso del huracán Mathew

### 4.2. Resultados del inventario florístico en las fajas forestales hidrorreguladores del río Toa

La Tabla 1 muestra el inventario florístico que se realizó correspondiente a las fajas forestales hidrorreguladoras del río Toa, tanto antes como después del paso del huracán Mathew, arribando las siguientes conclusiones: con respecto a la especies

de 19 existentes se encontraron 15, para un 21,1% de afectación, las familias de 14 se encontraron 11 para un 21,43%, con respecto al género de 19 que se encontraban se encontraron 16 para un 15,79%, mientras que los individuos de 705 se encontraron 330 para un 46,8%. Respectivamente.

Momento	Especies	Familia	Género	Individuo
Antes/huracán	19	14	19	705
Después/huracán	15	11	16	330
% de afectación	21,1	21,43	15,79	46,8

Tabla1: Inventario florístico del área de estudio para dos momentos (antes y después del paso del huracán Mathew), en las fajas forestales hidrorreguladoras del Río Toa.

De manera general todos los aspectos se encuentran deteriorados después del paso del fenómeno, destacándose como mayor deterioro el indicador de los individuos con un 46,8% de afectación.

Destacando la presencia antes del huracán de especies que se encontraban en la lista roja de la flora vascular cubana como: *Chrysophyllum oliviforme* L. y *Bactris cubensis* Burret.

Encontrándose en estos ecosistemas, según Sánchez (2015) especies con gran valor económico y ecológico como: *Cedrela odorata*.; *Carapa guianensis* Aubl.; *Hibiscus elatus* Sw.; *Calophyllum antillanum* Britton., las cuales han sido antropizadas en algún momento del desarrollo de sus comunidades.

Destacándose la deficiencia de especies de valor económico como son *Calophyllum antillanum* Britton y *Cedrela odorata* teniendo en cuenta que la mayoría de los individuos de estas especies se encontraban en los estratos arbustivo y arbóreo los cuales fueron los más afectados por los embates del huracán Mathew en el territorio.

Estos resultados obtenidos guardan gran similitud con los de Solemon (2015) donde la mayor riqueza de especies se reportó en los sitios medianamente perturbados, con 34 especies, la menor riqueza, con solo 14 especies, se reportó en los sitios muy perturbados.

Por otro lado coincide con los reportados en la literatura para otras latitudes sobre todo en lo referente a la drástica disminución de la riqueza de especies si aumentan las perturbaciones, tal como expresan Mishra *et, al* (2004), pero contradice los resultados obtenidos por Kumar y Ram (2005) en este sentido, quienes encontraron la mayor riqueza de especies en los sitios más perturbados. En esto puede incidir la caracterización cualitativa de los niveles de perturbación que siempre es relativa y depende de su referencia al nivel máximo o mínimo de perturbaciones en la localidad dada.

#### 4.3. Familia más representadas en las fajas forestales hidrorreguladoras del río Toa.

Las familias mejor representadas con relación a la riqueza de especies en la faja forestal Hidrorreguladoras del Río Toa (Antes y Después) de los embates del huracán Mathew, se muestran en la Tabla 2, los siguientes resultados:

Momento	Fabaceae	Sterculaceae	Moraceae	Anacardaceae	Arecaceae	Combretaceae
Antes/huracán	1	1	3	2	2	2
Después/huracán	1	1	2	2	2	2
Afectación	0	0	1	0	0	0

Tabla 2. Familias con mayor riqueza de especies antes y después del paso del huracán Mathew.

En la faja hidrorreguladoras antes del huracán las familias mejor representadas fueron: Moraceae con tres taxones (21%), Anacardiáceas, Arecaceae y Combretaceae con dos taxones (14%), en contraste las familias menos representadas fueron: Sterculiaceae, Fabaceae, Sapindaceae, Sapotaceae, Rutaceae, Bignonaceae, Meliaceae,

Caesalpinaceae, Mimosaceae, Clusaceae, con un taxón respectivamente (7%). Con respecto a las familias de mayores riquezas después del paso del huracán Mathew fueron: Anacardaceae, Arecaceae, Moraceae y Combretaceae con dos taxones respectivamente representando (15 %), mientras que Malvaceae, Sapindaceae, Moraceae, Rutaceae, Fabaceae, Meliaceae, Caesalpinaceae, Mimosaceae, Cluciaceae y Sterculaceae con un taxón respectivamente (7 %).

En este caso, la familia con mayor representatividad difiere con respecto a el estudio realizado en esta área de estudio, pero antes del paso del huracán Mathew, resultando ser las más destacada Anacardaceae, Arecaceae, Moraceae y Combretaceae con dos taxones respectivamente representando (15 %) de las otras familias ,no siendo así en el caso anterior donde tenía la mayor riqueza Moraceae con tres taxones representando el (21%) de las familias a estudiar, dejando bien claro las afectaciones que sufrió dicha familia y la perturbación existente en el área de estudio.

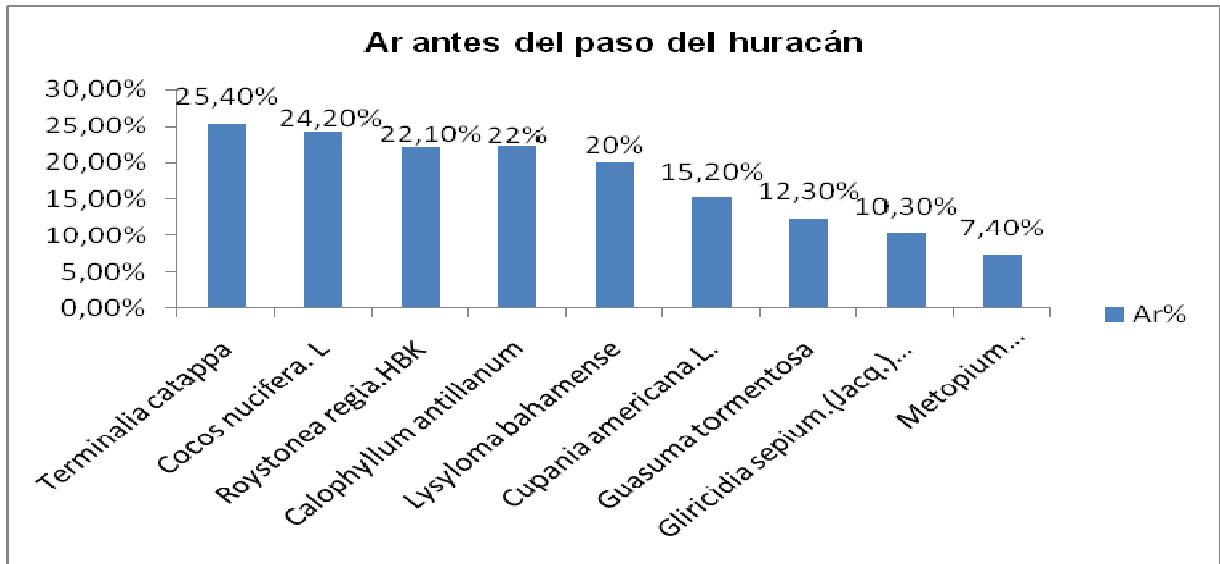
Estas familias mejor representadas con relación a la cantidad de especies, coinciden con (Durán; 2016), como las más frecuentes en estos tipos de bosques en cuanto a Familias, pero son menores los taxones presentes después del paso del huracán Mathew

Por otro lado también guardan gran similitud estos resultados con los obtenido por Lores (2017), lo que en bosques pluvisilvas de baja altitud, obteniendo la mayor riqueza de especies en la familia Arecaceae y Moraceae, no obstante Herrera (2007) plantea que la riqueza de especies en el caso de la familia Lauraceae aumenta en el bosque siempre verde mesófilo y en el pluvial montano en comparación con el bosque semideciduo.

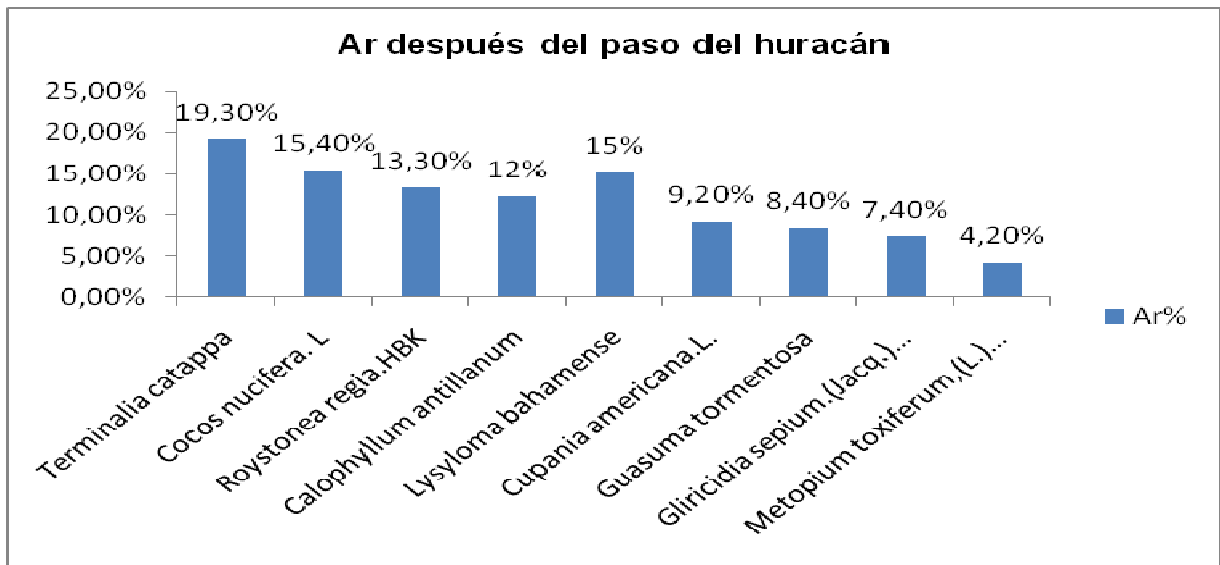
#### 4.4. Abundancia relativa de las especies en el área de estudio.

De acuerdo con la información que nos brinda las tablas la abundancia para ambos momentos en el río Toa, Figura 6 y 7 se confirma una variación en su similitud en cuanto al comportamiento de la diversidad de especies del área estudiada, pues, se observa que las especies que están dominando son especies exóticas e invasoras como: *Castilla elástica* Cerv., *Terminalia catappa* L., *Mant.*, que según Sánchez (2015)

pueden llegar a transformar la estructura y composición florística del bosque, aunque existen especies con gran valor económico, propia de este tipo de bosque como *Hibiscus elatus* Sw.; *Colophyllum antillanum* Britton.



(Figura: 6) Abundancias relativas para las 9 especies más destacadas en el área de estudio antes del paso del huracán Mathew.



(Figura: 7) Abundancias relativas para las 9 especies más destacadas en el área de estudio después del paso del huracán Mathew.

#### 4.5. Cantidad de individuos en los diferentes estratos del bosque

Los resultados que se muestran a continuación Figura 8 y Figura 9 muestran la cantidad de individuos por estratos tanto antes como después del paso del huracán Mathew, representando al estrato herbáceo con mayor cantidad de individuos, seguido del estrato arbustivo y luego el arbóreo.

El comportamiento de cada parámetro se proyectó de la siguiente manera: el estrato Herbáceo de 4817 individuos presentes en aquel entonces, solo se encontraron 4221 para un 87,6%, el Arbustivo de 1918 se inventariaron después del meteoro 993, para un 51,7%, mientras que por el estrato Arbóreo de 705 que existían solo quedan ahora 330 para un 46,8% respectivamente.

El deterioro de los estratos Arbustivo y Arbóreos se debe a que los vientos huracanados azotaron con mayor fuerza a las plantas que rebasaban 1m de altura, pero sin muchos prejuicios para el estrato Herbáceo, teniendo en cuenta que el sotobosque se encontraba protegido por las especies Arbóreas

Estos resultados se corroboran con los obtenidos por (Lores; 2017) pero en los bosques pluvisilvas submontanos de la cuenca del río Toa, obteniendo a los estratos arbustivo y arbóreo como los menos afectados, no siendo así el comportamiento de el estrato arbóreo, el cual quedo de una manera más deteriorada en cuanto a su riqueza de especies debido a que estos árboles entre mas tamaño presentan son más susceptibles a los vientos huracanados.

Esto demuestra el grado de entronización del bosque, que en su estado climático debió tener pocos individuos en el estrato herbáceo.

Esta característica se corrobora con estudios similares realizados por Reyes, Acosta (2005) y Sánchez (2015) en bosques pluvisilvas en la región oriental de Cuba, donde el estrato arbustivo fluctúa entre un 20 y 60 % de densidad, y el estrato herbáceo entre 80 y 100 % de su densidad.

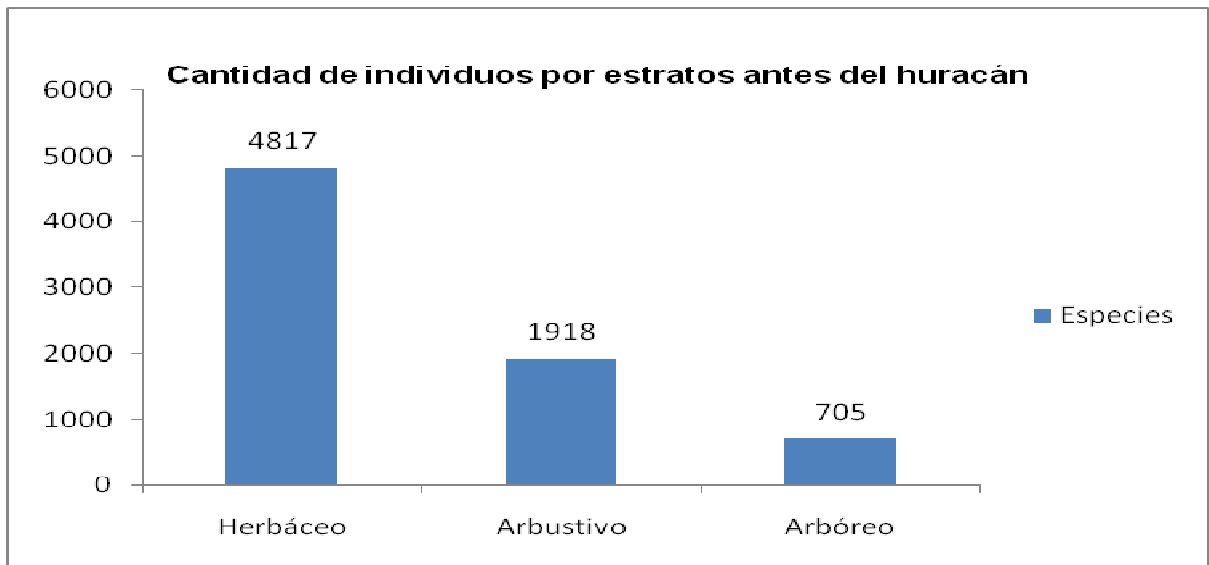


Figura 8. Cantidad de individuos por estratos en el bosque antes del paso del huracán Mathew.

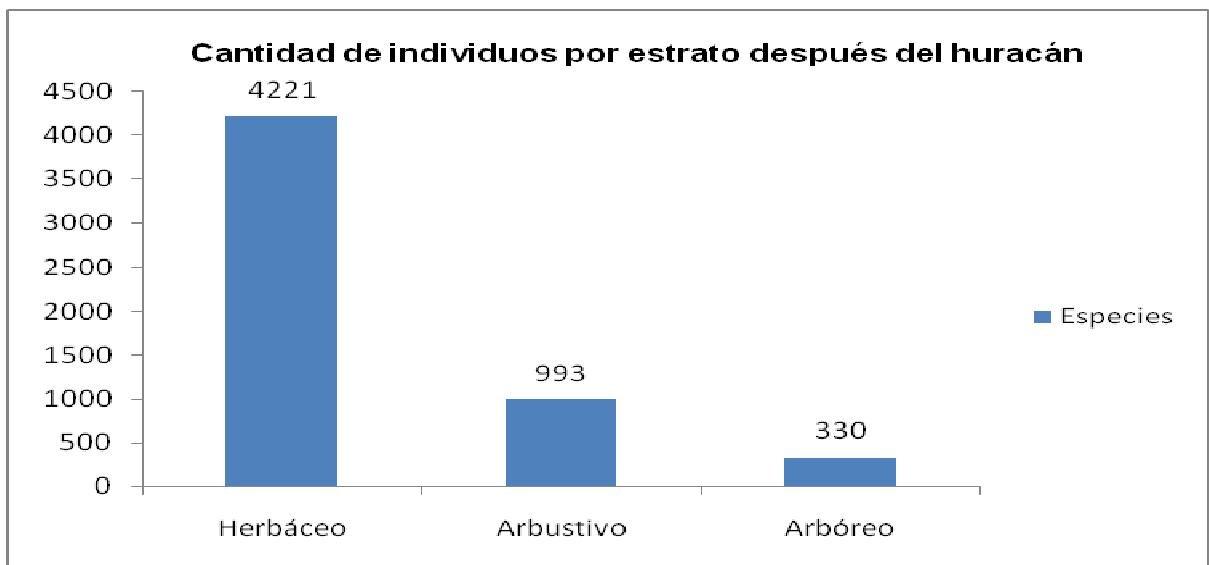


Figura 9. Cantidad de individuos por estratos en el bosque después del paso del huracán Mathew.

#### 4.6. Diversidad beta ( $\beta$ )

##### 4.6.1. Análisis florístico del bosque antes del paso del huracán Mathew

La figura que se muestra a continuación (Figura 10) presenta los resultados de la clasificación de las unidades de muestreo de acuerdo a la composición y abundancia de cada parcela, y cortando el dendrograma con una distancia de 45 % de similitud distinguen los conglomerados o grupos de parcelas que se muestran (Tabla 3).

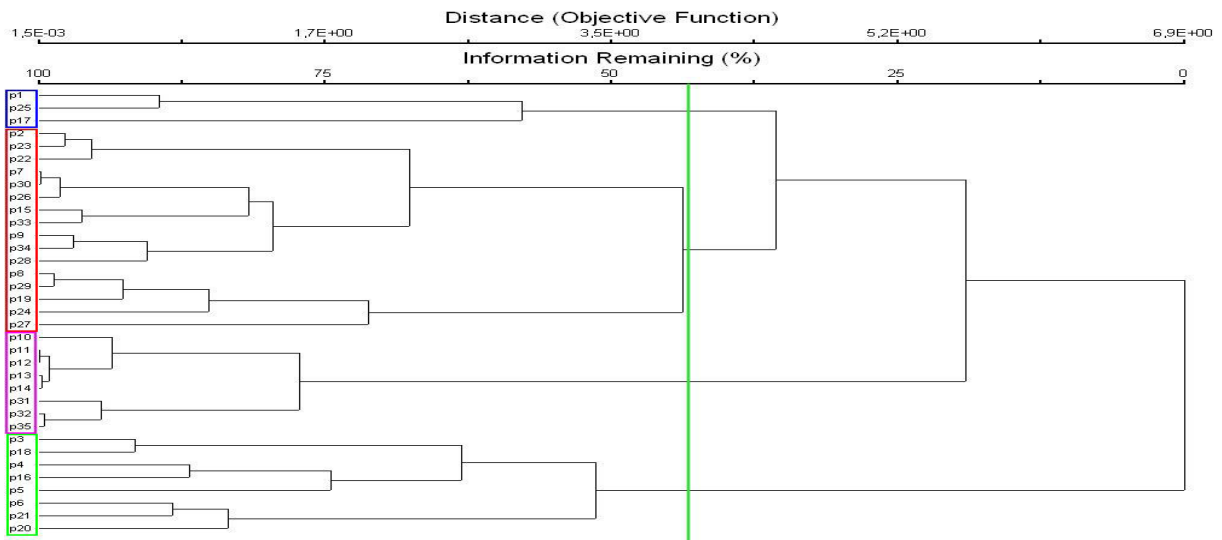


Figura 10. Dendrograma de agrupamiento de las parcelas muestreadas en el bosque

Tabla 3. Conglomerados resultantes mediante el método de vinculación de Ward's

Conglomerados	Parcelas	Total
Grupo 1	P1, P25, P27	3
Grupo 2	P2, P23, P22, P7, P30, P26, P15, P33, P9, P34, P28, P8, P29, P19, P24, P27	16
Grupo 3	P10, P11, P12, P13, P14, P31, P32, P35	8
Grupo 4	P3, P18, P4, P16, P5, P6, P21, P20	8

El grupo I presenta más de un 55 % de similitud compuesto por parcelas que se localizan tanto en la faja derecha como para la izquierda del río, presentando características florísticas similares que justifican su ubicación en el dendrograma. Estas parcelas se encuentran muy distantes una de otra en el área de estudio, especialmente la parcela uno. Su similitud florística pudiera estar dada por la presencia de *Castilla*

*elástica Cerv.*, *Terminalia catappa L.*, *Manta*, que según Oviedo (2005) están categorizadas como exóticas e invasoras.

En este grupo existen especies con buen valor comercial como: *Cedrela odorata*L. y *Tabebuia angustata* Britt., pues las que predominan son de bajo valor económico y en general no forman parte del bosque de ribera como *Mangifera indica. L.*, *Roystonea regia*.HBK, *Gliricidia sepium. (Jacq.) Kunth.* *Guazuma tomentosa. Kunth* entre otras y pueden llegar a transformar la estructura y composición florística del bosque Sánchez (2015).

El grupo II presenta 45 % de similitud compuesto por parcelas que se encuentran representadas en ambas fajas. Su similitud pudiera estar dada por la abundancia de elementos florísticos de los géneros Castilla, Cecropia, Terminalia, Cocos, Theobroma. Este grupo obedece a que estas parcelas se ubicaron sobre condiciones de claros, cuya cobertura y ambiente hacen que se comporte como un grupo. Resultados similares obtuvieron Aya y de la Hoz (2000) en el bosque alto andino de Perú, así como Sánchez (2015) en bosque pluvisilvas de baja altitud sobre complejo metamórfico en el sector de Quibiján-Naranjal del Toa.

Además, se confirma lo planteado por Sánchez (2015) que algunas de estas áreas fueron desbrozadas y preparadas para el fomento de cultivos agrícolas, luego abandonadas estableciéndose un bosque secundario con escasas especies de valor económico como: *Cedrela odorata*L. y *Tabebuia angustata*.

Pues se encuentran pequeñas áreas en barbecho y otras con cultivo de *Theobroma cacao L.*, *Coffea arabica L.* y *Cocos nucifera L.* las cuales influyen en el desarrollo y estabilidad de la faja forestal hidrorreguladora del río Toa.

El grupo III compuesto por parcelas correspondiente para ambos bosques, encontrándose en un 78% de similitud florísticas con respecto a los grupos I y II y IV, pues la baja similitud pudiera estar dada por la abundancia de *Cocos nucifera. L.*, *Roystonea regia*.HBK, *Calophyllum antillanum Britton*, plantaciones de *Theobroma cacao L.*, que hacen que se comporte como un grupo diferente al resto., en esta área la

influencia antrópica es muy marcada por la presencia de los cultivos agrícolas, los cuales han transformado la estructura del bosque de ribera.

El grupo IV está compuesto por parcelas correspondiente para ambas fajas, encontrándose a un 52 % de similitud florística, esta similitud pudiera ser por la abundancia de elementos florístico de los géneros *Cecropia*, *Calophyllum*, *Metopium*, y *Coco* que hacen su agrupamiento.

Se encuentra *Cecropia peltata* L., que se comporta como una especie pionera del bosque según Vázquez y Guevara (1985). De acuerdo con Whitmore (1999) *Cecropia* es el género de especies pioneras más grande en los neotrópicos y es característico de los bosques alterados.

En sentido general los cuatro grupos se encuentran en un rango de altitud 250 hasta 400 m.s.n.m, compartiendo especies con gran valor económico y comercial como *H. elatus*, *C. odorata*, *C. antillanum*, entre otras.

#### 4.6.2. Análisis florístico del bosque después del paso del huracán Mathew

La figura que se muestra a continuación, (Figura 11) presenta los resultados de la clasificación de las unidades de muestreo de acuerdo a la composición y abundancia de cada parcela, y cortando el dendrograma con una distancia de 45 % de similitud distinguen los conglomerados o grupos de parcelas que se muestran (Tabla 3).

El grupo I presenta más de un 65 % de similitud compuesto por parcelas que se localizan tanto en la faja derecha como para la izquierda del río, presentando características florísticas similares que justifican su ubicación en el dendrograma. Estas parcelas se encuentran muy distantes una de otra en el área de estudio, especialmente la parcela uno. Su similitud florística pudiera estar dada por la presencia de *Castilla elástica* Cerv., *Terminalia catappa* L., *Manta*, que según Sánchez (2015) están categorizadas como exóticas e invasoras.

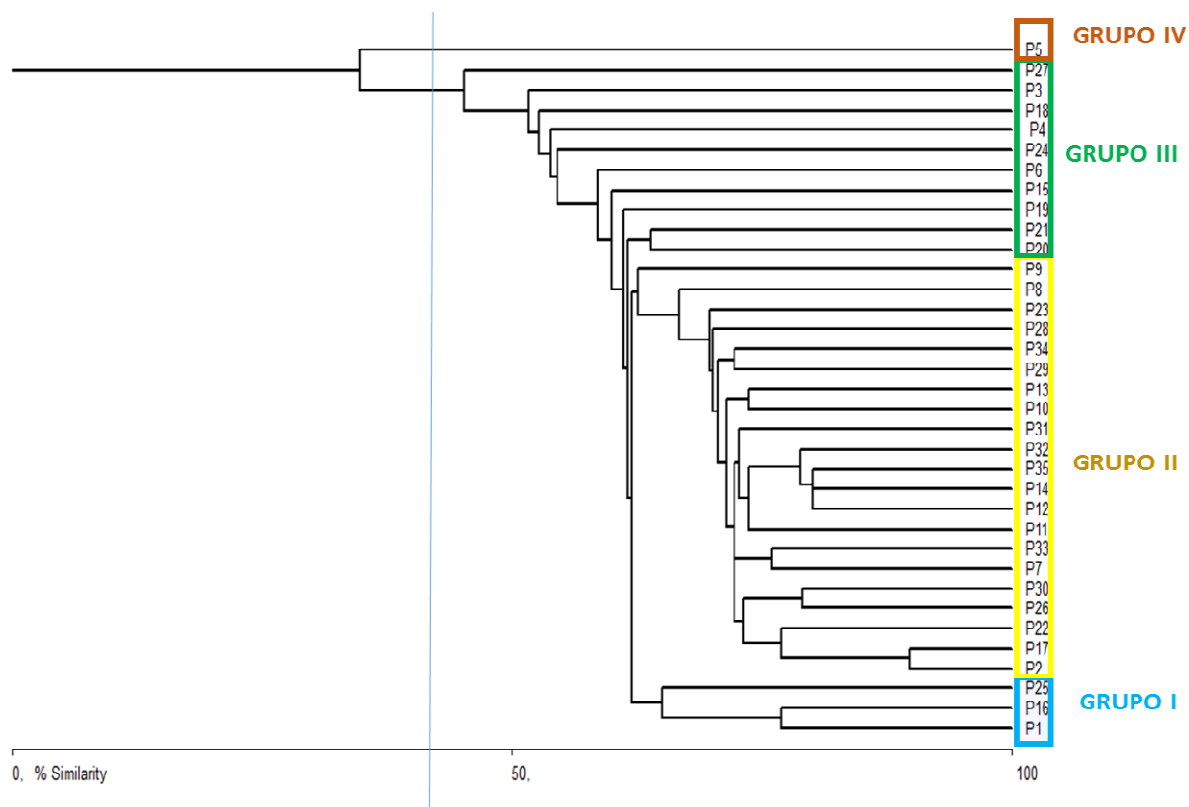


Figura 11. Conglomerado del área de estudio después del paso del huracán Mathew

Tabla 3. Conglomerados resultantes mediante el método de vinculación de Ward's

Conglomerados	Parcelas	Total
Grupo 1	P1, P16, P25	3
Grupo 2	P2, P17, P22, P26, P30, P7, P33, P11, P12, P14, P35, P32, P31, P10, P13, P29, P34, P28, P23, P8	20
Grupo 3	P20, P21, P19, P15, P6, P24, P4, P18, P3, P27,	10
Grupo 4	P5	1

En este grupo existen especies con poco valor comercial como: *Cedrela odorata* L. y *Tabebuia angustata* Britt., pues las que predominan son de bajo valor económico y en general no forman parte del bosque de ribera como *Mangifera indica* L., *Roystonea aregia*.HBK, *Gliricidia sepium*. (Jacq.) Kunth. *Guazuma tomentosa*. Kunth entre otras y

pueden llegar a transformar la estructura y composición florística del bosque Sánchez (2015).

El grupo II presenta 60 % de similitud compuesto por parcelas que se encuentran representadas en ambas fajas. Su similitud pudiera estar dada por la abundancia de elementos florísticos de los géneros *Castilla*, *Cecropia*, *Terminalia*, *Cocos*, *Theobroma*. Este grupo obedece a que estas parcelas se ubicaron sobre condiciones de claros, cuya cobertura y ambiente hacen que se comporte como un grupo. Resultados similares obtuvieron Aya y de la Hoz (2000) en el bosque alto andino de Perú, así como Sánchez (2015) en bosque pluvsilvas de baja altitud sobre complejo metamórfico en el sector de Quibiján-Naranjal del Toa.

Además, se confirma lo planteado por Sánchez (2015) que algunas de estas áreas fueron desbrozadas y preparadas para el fomento de cultivos agrícolas, luego abandonadas estableciéndose un bosque secundario con escasas especies de valor económico como: *Cedrela odorata* L. y *Carapa guianensis* Aubl.

Pues se encuentran pequeñas áreas en barbecho y otras con cultivo de *Theobroma cacao* L., *Coffea arabica* L. y *Cocos nucifera* L. las cuales influyen en el desarrollo y estabilidad de la faja forestal hidrorreguladora del río Toa.

El grupo III compuesto por parcelas correspondiente para ambos bosques, encontrándose en un 38% de similitud florísticas con respecto a los grupos I y II y IV, pues la baja similitud pudiera estar dada por la abundancia de *Cocos nucifera* L., *Roystonea regia* HBK, *Calophyllum antillanum* Britton, plantaciones de *Theobroma cacao* L., que hacen que se comporte como un grupo diferente al resto.

En esta área la influencia antrópica es muy marcada por la presencia de los cultivos agrícolas, los cuales han transformado la estructura del bosque de ribera. Se encuentra *Cecropia peltata* L., que se comporta como una especie pionera del bosque según Vázquez y Guevara (1985). De acuerdo con Whitmore (1999) *Cecropia* es el género de especies pioneras más grande en los neotrópicos y es característico de los bosques alterados.

El grupo IV compuesto por una parcela encontrándose esta a un 40% de similitud florísticas con respecto a los grupos I y II y III, pues la baja similitud pudiera estar dada por la abundancia de especies exóticas ., como es el caso de *Terminalia catappa*, que hacen que se comporte como un grupo diferente al resto.

También la presencia de esta parcela de forma aislada puede estar dada porque en esta área la influencia antrópica antes del paso del huracan Mathew era muy marcada por la presencia de los cultivos agrícolas, los cuales han transformado la estructura del bosque de ribera, si a estas causas ya mencionadas le agregamos que el paso del nefasto huracán fue devastador, entonces entenderíamos porque ella se encuentra aislada de los otros grupos de parcela.

Se encuentra *Cecropia peltata* L., que se comporta como una especie pionera del bosque según Vázquez y Guevara (1985). De acuerdo con Whitmore (1999)

#### 4.7. Medidas de similitud florística en las fajas forestales hidrorreguladoras del rio Toa.

Cuando se calcula el índice de Sorensen cualitativo (Tabla 4) para ambos bosques se observa que comparten 17 especies comunes observándose un 97 % de similitudes su composición florística. Mientras que el índice cuantitativo de Sorensen, encuentra también que existe en estos bosques similitud, lo que difieren en un 30 %. Estos valores de similaridad pueden ser explicados por factores relacionados con las características geoclimáticas del área estudiada (altitud, temperatura, pluviosidad) según indicaron Gentry (1982); Oliveira-Filho y Fontes (2000); y Nettesheim et al. (2010); así como por la degradación histórica sufrida Carvalho et al. (2006)

En relación con otros estudios, con valor de similitud entre las dos áreas analizadas (A1 y A2) puede ser considerado elevado lo que puede ser una respuesta de la pequeña distancia lineal entre los dos trechos de vegetación (cerca de 1km) y al efecto de estar en el mismo fragmento. Esa distancia relativamente corta, asociada a la ausencia de barreras físicas, permitiría la dispersión de propágulos entre las dos áreas, tanto abiótica como biótica (Alcántara et al., 2000; Dalling et al. 2002; Levine y Murrell 2003).

Eso permitirá el mantenimiento de un gran número de especies y consecuentemente explicaría la elevada similitud entre las dos áreas Aguirre (2009) muestra que en los bosques secos deciduos y semideciduos del Ecuador son los más afines, presentando un 97 % de similitud. Encontrando también para el matorral espinoso seco una alta similitud del 87 % con el bosque se codeciduo.

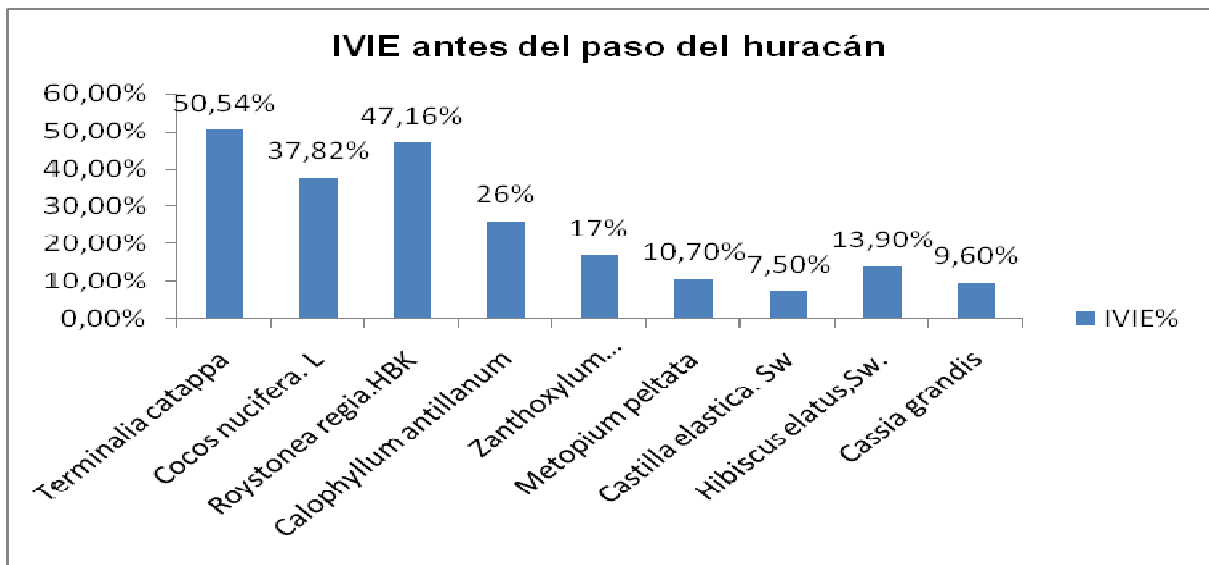
Tabla 4. Especies comunes y las que difieren en los bosques antes y después del paso del huracán Mathew.

Antes del Huracán	A	Después del huracán	B	C
Familia	No. especies	Familia	No. especies	Sp. común
Combretaceae	2	Combretaceae	2	2
Sterculiaceae	1	Sterculiaceae	1	1
Arecaceae	2	Arecaceae	2	2
Clusiaceae	1	Clusiaceae	1	1
Mimosaceae	1	Mimosaceae	1	1
Caesalpinaceae	1	Caesalpinaceae	1	1
Anacardiaceae	2	Anacardiaceae	2	2
Meliaceae	1	Meliaceae	0	0
Fabaceae	1	Fabaceae	1	1
Bignonaceae	1	Bignonaceae	0	0
Rutaceae	1	Rutaceae	1	1
Moraceae	3	Moraceae	2	0
Saponáceas	1	Sapotaceae	0	0
Sapindaceae	1	Sapindaceae	1	1
	19		15	13

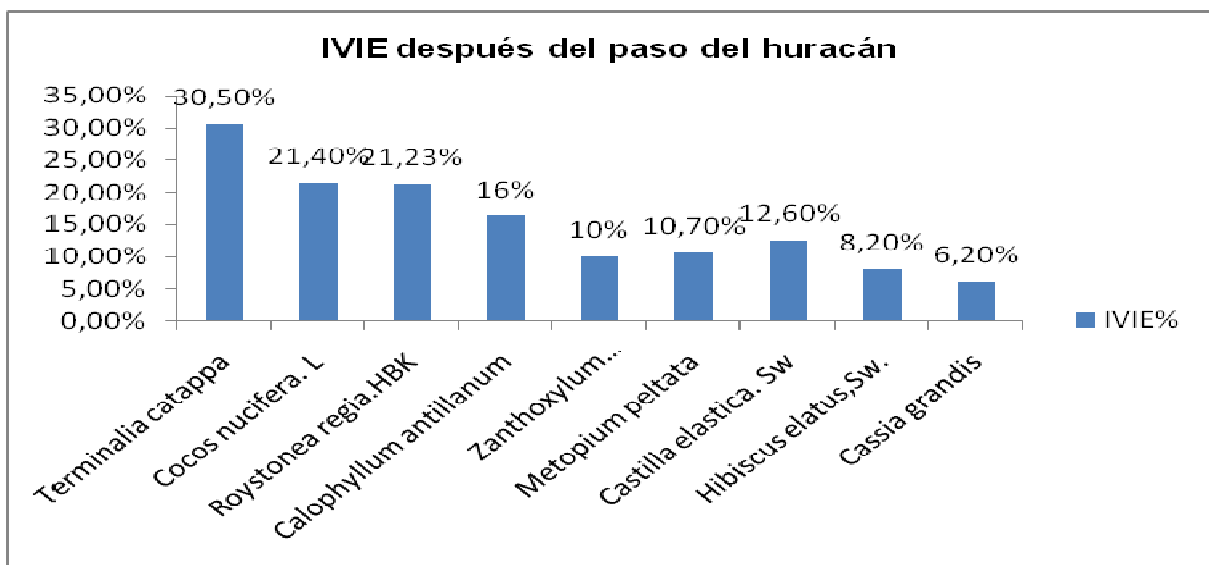
#### 4.8. Estructura horizontal

##### 4.8.1. Índice de valor de importancia ecológica a nivel de especie en el área

El estudio de la estructura horizontal permitió evaluar para ambas fajas el comportamiento de los árboles y de las especies a partir de los parámetros ecológicos asociados a la abundancia relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa de las especies.



(Figura12). Índice de valor de importancia ecológica para las 9 especies más importante en la vegetación estudiada antes del paso del huracán Mathew.



(Figura13). Índice de valor de importancia ecológica para las 9 especies más importante de la vegetación estudiada después del paso del huracán Mathew.

Teniendo en cuenta el índice de valor de importancia ecológico (IVIE) a nivel de especies, la vegetación se caracterizó en sentido general heterogénea puesto que el peso ecológico de las especies con diámetro mayores o iguales a 5cm resultó con valores diferentes, reflejando que las especies que presentan mayor dominancia antes del paso del huracán Mathew son las menos abundantes y frecuentes (Figura 13), ya que según Melo y Vargas (2003) esto ocurre siempre que el mayor peso ecológico favorece las especies raras en su conjunto.

Estas especies presentan baja participación de acuerdo a los parámetros fitosociológicos, las cuales las convierten vulnerables ante disturbios naturales y antrópicos tales como: la acción de ciclón, incendios forestales, tala de los árboles para la obtención de horcones, fabricación de viviendas, leña, entre otros.

Entre las 9 especies de mayor peso ecológico estudiadas (Figura 12), que representaron el 21% de la flora encontrada, *C. nucifera*, *T. catappa*, *R. regia*, *C. antillanum*, ocupan las cuatro primeras posiciones, especialmente por su dominancia y abundancia y frecuencia acumulando de conjunto un 83% del valor de importancia. El resto de las especies que se encuentran situadas hasta la novena posición son las que presentaron menores valores.

Mientras después del huracán Mathew las nueve especies de mayor peso ecológico estudiadas en la faja del río (Figura 13), que representaron el 23% de la flora encontrada sigue siendo, *R. regia*, *T. catappa*, *C. nucifera*, *C. antillanum*, ocupan las, pero con un menor porcentaje en cuanto a su composición, por presentar en sentido general alta abundancia y frecuencia acumulando entre ellas un 64% del valor de importancia. El resto de las especies que se encuentran situadas son las que presentaron menores valores.

De acuerdo con los resultados de la Figura 8a que representan las fajas antes del huracán, *T. catappa* se encuentra entre las más abundantes y frecuentes, esto

manifiesta la capacidad de migrar y reproducirse de manera más efectiva, confirmando su condición de exótica descrita por Oviedo (2005). Esta especie puede llegar a transformar la estructura y composición florística del bosque según Sánchez (2015).

#### 4.9. Estructura Vertical.

##### 4.9.1. Análisis de la estructura vertical (antes y después) del huracán.

A continuación mostramos la representación de la Estructura Vertical tanto antes como después del huracán (Tabla 5y6), donde la situación del bosque era la siguientes: En el estrato inferior (0-10m de altura), antes del huracán dominaban *C. antillanum* con 23,4%, *T. catappa* con 16,2% y *G. tomentosa*. Con 14,3% respectivamente, mientras el comportamiento de el mismo estrato, pero después del huracán dominaron *T.catappa* con 17,41%*C.elastica* con 9,37% y *C.nucifera* con 8.86%, notándose en este estrato después del huracán Mathew el dominio de especies como *T.catappa*, la cual según Oviedo (2005) la cataloga como exótica ya que es una especie que con gran facilidad se apodera del área y con el tiempo puede llegar a desplazar a especies de valor económico del área de estudio.

Puedo decir con gran seguridad que se encontró una distribución desigual en el número de individuos en las dos clases de altura, estos resultados son similares a los obtenidos por (Duran;2016), aunque se aprecia la ausencia del estrato arbóreo después del fenómeno, también se refleja que en el estrato superior que se encuentra con mayor representatividad *T. catappa* y *G.tormentosa*, corroborando lo descrito por Reyes y Acosta(2005) y(Reyes(2012), lo cuales coinciden que ellas son las tres primeras especies más abundante en el estrato superior, aunque se pueden encontrar también *Hibiscus elatus Sw* como unas de las más representativas antes del huracán .

Por otro lado guardan gran similitud estos resultados con los obtenidos por (Lóres; 2017),lo que en bosques Pluvisilvas submontanos de baja altitud el cual se encontró una gran participación en los estratos superiores y medio, sin embargo el estrato superior le resulto sin presencia .

Tabla 5. Representatividad de especies en los estratos inferior, medio y superior antes del paso del huracán Mathew.

Especies	Individuos	% SP
Estrato Inferior de 0-10m de altura		
<i>Terminalia cattapa</i>	41	14,85
<i>Cocos nucifera</i>	18	6,52
<i>Roystonea regia</i>	16	5,79
<i>Calophyllum antillano</i>	7	5,53
<i>Lysiloma bahamense</i>	13	4,71
<i>Guasuma tormentosa</i>	13	4,71
Estrato medio de 10,1-20m de altura		
<i>Terminalia cattapa</i>	55	12,28
<i>Calophyllum antillano</i>	25	8,84
<i>Roystonea regia</i>	15	5,50
<i>Guasuma tormentosa</i>	22	5,14
<i>Cocos nucifera</i>	21	4,90
Estrato superior mayor igual a 20m de altura		
<i>Terminalia cattapa</i>	10	27,77
<i>Roystonea regia</i>	8	22,22
<i>Guasuma tormentosa</i>	3	8,33
<i>Cocos nucifera</i>	3	8,33

Tabla 6. Representatividad de especies en los estratos inferior y medio después del paso del huracán Mathew.

Especies	Individuos	% SP
Estrato Inferior de 0-10m de altura		
<i>Terminalia cattapa.</i>	30	10,417
<i>Roystonea regia.</i>	27	9,375
<i>Cocos nucifera</i>	14	4,861
<i>Guasuma tormentosa</i>	10	3,472
<i>Lysiloma bahamense</i>	14	4,861
<i>Zanthoxylum martinicense (Lam.) DC</i>	9	3,125
Estrato medio de 10,1-20m de altura		
<i>Roystonea regia</i>	4	1,389
<i>Guasuma tormentosa</i>	4	1,042
<i>Terminalia catappa. L., Mant</i>	2	0,694
<i>Zanthoxylum martenicense (Lam.) DC</i>	2	0,694
<i>Casuarina equisetifolia (Lb.) Forst.</i>	2	0.694

##### 5. Riqueza y diversidad de especies leñosas en las fajas hidrorreguladoras del río Toa.

En la tabla 7 se muestra el comportamiento de la diversidad de especies florísticas en las fajas forestales hidrorreguladoras, del lado izquierdo del río, donde se identificaron 69 especies con 173 individuos, encontrándose los mayores valores de riqueza en la parcela 15 y 20 con 33,2 el índices de abundancia proporcional de especies ( $H^1$ ) para el área es bajo, con valores entre 0 y 1,07. El índice de dominancia (D), es bajo, oxilando entre 0,12 y 1,00 lo cual demuestra la existencia de poca dominancia de una especie sobre las otras, permitiendo que haya una alta diversidad ( $1/D$ ) ya que estos índices son inversamente proporcionales.

Estos tipos de ecosistemas cuando no se manejan adecuadamente, a partir de la fragilidad que existe en ellos, aumenta el deterioro medioambiental y muchas especies que son endémicas, pueden llegar a ponerse en peligro de extinción.

Estos resultados aunque en lugares diferentes coinciden con Osorio (2013) que determino a partir de estudios realizados en bosques de ribera, la distribución de las especies en estos tipos de bosques es bastante uniforme, ya que las condiciones ambientales son poco cambiantes, elemento que favorece el desarrollo de las especies típicas de estos tipos de formaciones boscosas.

De igual manera Herrero 2003 plantea que La protección y conservación de recursos naturales, como los suelos, las aguas, las zonas costeras, los recursos de la biodiversidad, el equilibrio ecológico y el mejoramiento del medio ambiente en general, son funciones insustituibles de los ecosistemas forestales.

Tabla 7. Riqueza y diversidad de especies leñosas por parcelas en las fajas forestales hidrorreguladora del lado derecho en el río Toa.

Parcelas	Número		Índice			
	Especies	Individuos	Margaleff	Shannon	Simpson	Simpson
			Mg	H'	D	1/D
<b>P1</b>	7	18	8,0	0,75	0,12	8,05
<b>P2</b>	5	16	8,3	0,85	0,23	4,29
<b>P3</b>	4	20	7,7	0,83	0,26	3,88
<b>P4</b>	2	9	10,5	0,88	0,61	1,64
<b>P5</b>	2	5	14,3	0,89	0,40	2,50
<b>P6</b>	4	17	8,1	0,92	0,30	3,32
<b>P7</b>	2	6	12,9	1,00	0,47	2,14
<b>P8</b>	4	11	9,6	0,88	0,22	4,58
<b>P9</b>	3	8	11,1	0,83	0,54	1,87
<b>P10</b>	5	13	9,0	0,52	0,17	6,00
<b>P11</b>	3	10	10,0	0,94	0,31	3,21
<b>P12</b>	3	12	9,3	0,80	0,47	2,13

<b>P13</b>	4	14	8,7	0,99	0,29	3,50
<b>P14</b>	2	4	16,6	0,94	0,33	3,00
<b>P15</b>	1	2	33,2	0,98	1,00	1,00
<b>P16</b>	3	8	11,1	0,77	0,25	4,00
<b>P17</b>	3	8	11,1	0,97	0,39	2,55
<b>P18</b>	3	6	12,9	1,01	0,27	3,75
<b>P19</b>	6	24	7,2	1,07	0,20	4,93
<b>P20</b>	1	2	33,2	0,84	1,00	1,00
<b>P21</b>	3	10	10,0	0,88	0,29	3,46

Leyenda: Mg- Índice de riqueza (Margaleff M Base 10); H'- Índices de abundancia proporcional de especies Shannon H'; D- Simpsons Diversity (D) Índice de dominancia; 1/D- Simpsons Diversity (1/D) Índice de diversidad

En la tabla 8 se muestra el comportamiento de la diversidad de especies en las fajas forestales hidrorreguladoras del lado derecho del río, donde se identificaron 65 especies con 157 individuos, encontrándose los mayores valores de riqueza en las parcelas 10 y 13 con 9,56 y el índices de abundancia proporcional de especies (H<sup>l</sup>) para el área es bajo, con valores entre 0 y 0.69, el índice de dominancia (D), es bajo, oxilando entre 0.22 y 0.37, lo cual demuestra que existe poca dominancia de una especie sobre las otras, permitiendo que haya una alta diversidad (1/D) ya que estos índices son inversamente proporcionales.

Tabla 8. Riqueza y diversidad de especies leñosas por parcelas en las fajas forestales hidrorreguladoras del lado derecho en el río Toa.

Parcelas	Número		Índice			
	Especies	Individuos	Margaleff	Shannon	Simpson	Simpson
			Mg	H'	D	1/D
<b>P1</b>	6	37	7,65	0,68	0,22	4,59
<b>P2</b>	4	32	7,97	0,53	0,30	3,33
<b>P3</b>	4	43	7,35	0,52	0,32	3,09
<b>P4</b>	6	53	6,96	0,69	0,22	4,62

<b>P5</b>	4	36	7,71	0,54	0,30	3,33
<b>P6</b>	6	36	7,71	0,63	0,28	3,60
<b>P7</b>	5	33	7,90	0,65	0,23	4,33
<b>P8</b>	6	44	7,30	0,62	0,28	3,56
<b>P9</b>	4	24	8,69	0,52	0,30	3,33
<b>P10</b>	5	18	9,56	0,59	0,26	3,83
<b>P11</b>	4	19	9,38	0,47	0,37	2,67
<b>P12</b>	4	19	9,38	0,55	0,27	3,72
<b>P13</b>	3	18	9,56	0,47	0,30	3,33
<b>P14</b>	4	19	9,38	0,52	0,30	3,35

Leyenda: Mg- Índice de riqueza (Margaleff M Base 10); H'- Índices de abundancia proporcional de especies Shannon H'; D- Simpsons Diversity (D) Índice de dominancia; 1/D- Simpsons Diversity (1/D) Índice de diversidad

#### 6. Propuesta de recuperación de las fajas hidrorreguladoras del río Toa después del paso del huracán Mathew

La propuesta se realizará en septiembre de 2018, el responsable de esta será la Empresa Agroforestal de Baracoa, donde se propone un conjunto de acciones orientadas a la recuperación de las fajas forestales hidrorreguladoras del río Toa que oriente la adopción de acciones efectivas que aporten valor a los elementos naturales y socioculturales de estos bosques, respetando siempre las funciones de dichos bosques la cual es protección de aguas y suelos.

Se realizará a partir de un régimen de protección y reproducción de forma artificial, propiciando condiciones para el desarrollo de especies leñosas con alto grado de afectación en el área.

Existen áreas afectadas por inadecuado manejo, por el factor antrópico y luego deteriorada por el paso del huracán Mathew, que en este caso, fueron perdiendo la cobertura forestal protectora y quedaron totalmente desprotegidas, en tal sentido, teniendo en cuenta que muchas de estas áreas están situadas en pendientes y otras en

lugares llanos, pues es necesario proyectar acciones de reforestación con fines de recuperación con el empleo de especies propias de este ecosistemas.

En muchos de estos casos se permiten las prácticas agroforestales como parte de un proceso integral para el rescate y mejoramiento de la biodiversidad y fundamentalmente de las especies más afectadas.

### **Objetivos**

- 1-Lograr mantener la presencia de las especies más afectadas propia del ecosistema.
- 2-Dirigir esfuerzos especiales en la reforestación con especies de alto valor económico que fueron manejadas inadecuadamente y afectada por el paso del huracán Mathew.
- 3-Potenciar el manejo de las especies endémicas que hoy no se encuentran en el área de estudio.
4. Eliminar gradualmente las especies invasoras del ecosistema.

En la fundamentación de la propuesta de recuperación se explican en detalle cada uno de los pasos y se dan recomendaciones sobre su importancia. En esta parte se desarrolla su propio marco conceptual de acuerdo al estado en que se encuentra el área, para lo cual se implementó la fase diagnóstica.

Samek (1974) y Lamprecht (1990), coinciden en señalar que antes de decidir un método específico y sus tratamientos correspondientes para cualquier bosque tropical, es necesario caracterizar el estado en que se encuentran sus rodales.

Según los resultados de la estructura y composición florística, entre otros elementos, se definió proponer el empleo del método de enriquecimiento en fajas por la característica que presentan los bosques de ribera.

Reordenar las fajas de forma sostenibles con las especies florísticas adaptadas a las condiciones edafoclimaticas donde se establecerán las especies de la siguiente forma:

- 1- La primera fila de cuatro metro de ancho del primer parte agua hacia arriba en marco de plantación de 2x2 m (*Calophyllum antillanum*) luego una segunda fila de cinco metro

de ancho que se establecerá a una distancia de siembra de 2x2 m con (*Andira inermis*). Seguido de estas franjas se realizará una tercera fila de cinco metro de ancho con (*Samanea saman*) intercalado con (*Iviscus elatum*) en un marco de plantación de 2x2 m y finalmente una gran faja de seis metro de ancho con especies frutales intercaladas (*Tamarindos indica*) y (*Mangifera indica*) a un marco de plantación de 6 x 6 metros, con el objetivo de propiciar alimentos para las aves silvestres y el disfrute de las comunidades aledañas a las fajas, además servirá vía de rescate de nuevas especies de la flora y la fauna, así como de corredor faunístico y florístico. Fecha: Enero del 2018. Responsable. Empresa Agroforestal Baracoa.

2-La preparación del suelo será de forma manual a través de hoyos de plantación y terrazas individuales para aquellas áreas que exijan preparación completa, dejando cordones de restos de plantas con espaciamiento de 4 m a favor de las curvas de nivel como vía de barrera muerta. Fecha: Abril del 2018. Responsable. Empresa Agroforestal Baracoa.

3-Se debe realizar un vivero transitorio en el área para recuperar las especies típicas con aplicación de productos biológicos y orgánicos, a partir de las semillas recolectadas. Fecha: Mayo del 2018. Responsable. Empresa Agroforestal Baracoa.

4-Los mantenimientos se realizaran teniendo en cuenta los reglamentos de la actividad forestal, y las medidas de conservación de suelos se realizará según el deterioro en cada porción de las fajas, los cueles se construirán tranques, barreras vivas y muertas con desechos de vegetación y con Betibé a favor, sugerir curvas de nivel. Fecha: Enero a Diciembre del 2018. Responsable Empresa Agroforestal Baracoa.

5-Teniendo en cuenta el poco conocimiento de la población se determinó la capacitación a corto y mediano plazo en función de la conservación de los recursos naturales y la recuperación de dichas áreas con las especies más resistentes a desastres naturales indicada por los resultados que arrojó el inventario florístico. Fecha: permanente en el 2018 y 2019. Responsable, CITMA Provincial de Guantánamo, Departamento Forestal de la Universidad de Guantánamo y Estación Agroforestal de Baracoa.

6-Eliminar gradualmente las especies invasoras, *Terminalia catappa* y *Casia elástica* a través de los diferentes raleos, sustituyéndola por otra idónea en el área. Fecha: permanente en el 2018 y 2019. Responsable: Empresa Agroforestal Baracoa.

## **V. CONCLUSIONES**

1. Como resultado de los métodos utilizados, en ambos márgenes del río Toa se identificaron un total de 14 familias, 330 individuos y 20 especies leñosas pertenecientes al estrato arbóreo donde las familias con mayor riqueza de especies fue Combretaceae, Arecaceae y Anacardaceae con presencia de especies de alto valor ecológico y económico.
2. Se propusieron seis acciones a corto y mediano plazo, en función de minimizar las principales causas que inciden en la degradación de las fajas hidrorreguladoras del río Toa.

## **VI. RECOMENDACIONES**

**Se recomienda a la Empresa Agro-Forestal Baracoa:**

1-Poner alma, corazón y vida a tareas de esta índole, debido a la importancia que representan estas actividades para combatir el llamado de la revolución.

**“El enfrentamiento al Cambio Climático”**

2-Continuar con el estudio en otras áreas de las fajas forestales hidrorreguladoras, para determinar las especies más vulnerables a los fenómenos naturales, en función de elaborar una propuesta de manejo, de forma tal que propicie su recuperación.

## BIBLIOGRAFIA

- Acosta, V. H.; Araujo, P. A. e Iturre, M. C. 2006. Caracteres estructurales de las masas. Serie Didáctica No. 2. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Cátedra de Sociología Vegetal y Fitogeografía Forestal 35 p.
- Aguirre, Z. 2013. Estructura del bosque seco de la provincia de Loja y sus productos forestales no maderables: Caso de estudio Macará. Tesis (presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales), Universidad de Pinar del Río, 97 p.
- Aguirre, Z. y Kvist, L. 2005. Composición florística y estado de conservación de los bosques secos del sur-occidente del Ecuador. Memoria de Loja. V Encuentro Nacional de Desarrollo Forestal, 35 p.
- Aguirre. 2009. Manejo de la leprosis a través del control de los vectores e impacto económico en Argentina. Conferencia en Taller Internacional sobre plagas cuarentenarias de los cítricos/Internacional Workshop on citrus quarantine pests. Villahermosa, Tabasco, México. Julio/July 27-31, 2009.
- Alcantara JM, Rey PJ, Valera F, Sanchez- Lafuente AM. 2000. Factors shaping the seedfall pattern of a bird-dispersed plant. Ecology 1937-50
- Aldana;(2006).Effect of six-food elimination diet on clinical and ...- La relación universidad entorno socioeconómico y la ...
- Álvarez, L. 2008. Obtención uso y comportamiento en bases biodegradables en fase de experimentación en la etapa de vivero. Trabajo de diploma, centro universitario. Pinar del Río.
- Álvarez, P. A. y Varona, J. C (2006). Silvicultura. Editorial Félix Varela. La Habana, 354p
- Appolinario, V.; Filho, A. T. O. and Guilherme, F. A. G. 2005. Tree population and community dynamics in a Brazilian tropical semideciduous forest. Journal Brazil. 28: 347-360.
- ARAUJO, D.S. 2010. Influence of environmental variation on Atlantic Forest trshrub-layer phytogeography in southeast Brazil. Acta Bot. Bras. 24(2):369-377. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062010000200007>

- Aridjis Perea, P. 1989. Los huracanes un mal necesario. *Información científica y Tecnológica* 11 (155): 52-54.
- Barrantes. G., Chaves H., Vinuesa. M, (2001). El bosque en el Ecuador. Una visión transformada para el desarrollo y la conservación. *Institutos de políticas para la sustentabilidad, GTZ y Comafors. Quioto, 79 pp.*
- Barton D.R., Taylor W.D. y Biette R.M. (1985). Dimensions of riparian buffer strips required to maintain trout habitat in southern Ontario streams. *North Am. J. Fish. Manage.* 5, 364-378.
- Beals EW (1984) Bray–Curtis ordination : an effective strategy for analysis of multivariate ecological data. *Adv Ecol Res* 14 :1–55
- Beck, S. G.; Killeen, T. J. y García, E. 1993. *Vegetación de Bolivia. Herbario Nacional de Bolivia. Missouri Botanical Garden. La Paz. 68 p.*
- Bellingham, P.J., Tanner, E.V.J., Healey, J.R. (2005). Hurricane disturbance accelerates invasion by the alien tree *Pittosporum undulatum* in Jamaican montane rain forests. *Journal of Vegetation Science. Volume 16, Issue 6, pp. 675-684.*
- Berry, L.L., Seiders, K., Grewal, D., 2002. Understanding service convenience. *Journal of Marketing* 66 (3), 1-17.
- Betancourt, A, (2000). “Descripción de árboles.” *Árboles maderables exóticos de Cuba, pp54-55,*
- Betancourt, A. 1987. *Silvicultura especial de árboles maderables tropicales. Editorial CientíficoTécnica. Ciudad de la Habana. 427 p.*
- Betancourt, A. 2000. *Árboles maderables exóticos en Cuba. Editorial Científica .Técnica. La Habana. 427 pp.*
- Betancourt, J. 2005. *Técnicas de establecimiento de plantaciones forestales. AGRIFOR, La Habana P52.*
- Bisse; J. 1988. *Árboles de Cuba. Editorial Científica-Técnica. Ciudad de la Habana. Cuba. 369 p.*
- Bonilla, P.2007. *Compendio de conservación de suelos, la erosión de los suelos, CNSF, Ciudad Habana P32.*

- Borhidi, A. 1991. *Phytogeography and Vegetation Ecology of Cuba*. Akadémiai Kiadó Budapest. 938 p.
- Camacho, M. 2000. Parcelas permanentes de muestreo en bosque natural tropical. Turrialba, CR. CATIE. 52 p.
- Cantos, C. G. 2014. Caracterización estructural y propuesta de restauración del bosque nativo de la Comuna El Pital, zona de amortiguamiento del Parque Nacional Machalilla, Ecuador. Tesis (presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales), Universidad de Pinar del Río, 109 p.
- Capote, R. y Berazaín, R. 1984. Clasificación de las formaciones vegetales de Cuba. *Rev. del Jardín Botánico Nacional*. 5(2): 27-75.
- Cartago Guariguata, M. R. y Kattan, G. H. 2002. *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Ed. LUR. 691 p.
- Carvalho, F.A.; Nascimento, M.T. & Braga, J.M.A. 2006b. Composição e riqueza florística do componente arbóreo da Floresta Atlântica submontana na região de Imbaú, Município de Silva Jardim, RJ. *Acta Botanica Brasilica* 20 : 727-740.
- Castro, R.F. (1992). Discurso pronunciado en la cumbre de la Tierra, Rio de Janeiro
- Ceccon E. (2003). Los bosques ribereños y la restauración y conservación de las cuencas hidrográficas. *Ciencias* 72, 46-53.
- Chittibabu, C.V. and Parthasarathy, N. 2000. Attenuated tree species diversity in human-impacted tropical evergreen forest sites at Kolli hills, Eastern Ghats, India. *Biodiversity and Conservation*. 9: 1493-1519.
- CITMA. 1998. Guía para el diagnóstico de la situación ambiental de las Cuencas Hidrográficas de la República de Cuba. 12 p.
- Collins, M. 1990. *The last rainforests: A world conservation atlas*. Oxford University Press, Nueva York. 117
- Condit, R. (1998). Tropical forest census plots: methods and results from Barro Colorado Island, Álvarez Brito (2002). Estado de la diversidad biológica de los árboles y bosques en Cuba. Documento de Trabajo FGR/47S. Taller Regional sobre los Recursos Genéticos Forestales de Centroamérica, Cuba y México CATIE, Turrialba, Costa Rica, 24 al 29 de noviembre.
- Condit, R.; Hubbell, S. P. y Lafrankie, J. V. 1996. Species-area and species-individual

- relationship for tropical trees: A comparison of three 50-ha plots. *Ecology* 84: 549-562.
- Conner, W.H. and L.W. Inabinette. 2003. Tree growth in three South Carolina (USA) swamps after Hurricane Hugo: 1991–2001. *Forest Ecology and Management*. Vol. 182, Issues 1-3, pp 371-380
- Corrales, H.; Morejón, I, (2007). El bosque como fuente de productos naturales. *Agricultura Orgánica*. Vol. 1: 47-48. Cuba. *Revista Forestal Baracoa*. ISSN : 0138 – 6441.
- Cortés, S. P. 2003. Estructura de la vegetación arbórea y arbustiva en el costado oriental de la serranía de Chía (Cundinamarca, Colombia). *Caldasia* 25 (1): 119-137
- Dalling J, Muller-Landau HC, Wright J, Hubbell SP. 2002. Role of dispersal in the recruitment limitation of neotropical pioneer species. *J. Ecol.* 90 :714-27
- Danserau, P. 1957. *Biogeography, an ecological perspective*. Edit. The Ronald Press, New York. 902 p.
- Diamond, J.M., D.W. Bressler & V.B. Serveis. 2002. Assessing relationships between human land uses and the decline of native mussels, fish and macroinvertebrates in the Clinch and Powell river watershed, USA. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 21(6): 1147–1155.
- Dirzo, R. 1990. La biodiversidad como crisis ecológica actual ¿Qué sabemos? *Ciencias, Revista de Difusión*. No. 4. Departamento de Física. Facultad de Ciencias. Centro de Ecología.
- Duran, M. R. 2016. Estructura y composición florística de la cuenca del Río Toa. Tesis (presentada en opción al Título de Ingeniero Forestal), Universidad de Guantánamo, 46p.
- Dutra, D. S. 2011. Composição e estrutura de uma floresta ribeirinha no sul do Brasil. *Biotemas*. 24 (4): 49-58.
- Estrela T. (1994). Asistencia técnica para la ordenación de cauces y márgenes inundables: informe parcial sobre aspectos prácticos de la definición de la máxima crecida ordinaria. Centro de Estudios Hidrográficos. Madrid, España. 49 pp.

- Feinsinger, P. 2003. El Diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad. Edit. FAN. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 155–157 p.
- Fernando Romero Gutiérrez, Pedro Pérez Martínez y Rigoberto Pérez Martínez (2018): “Fajas hidrorreguladoras protectoras de aguas y suelos para la defensa territorial del municipio Manatí”, Revista Caribeña de Ciencias Sociales (febrero 2018). En línea:
- Finol, V. H. 1971. Nuevos parámetros a considerar en el análisis estructural de las selvas vírgenes tropicales. *Revista Forestal Venezolana*. 14(21): 29- 42
- Galvão et al., 2002 S.M.P. Galvão, L.C. Marques, M.G.M. Oliveira, E.A. Carlini *Heteropterys aphrodisiaca* (extract BST0298): a Brazilian plant that improves memory in aged rats
- Garibaldi, C., (2008). Efectos de la extracción y uso tradicional de la tierra sobre la estructura y dinámica de bosques fragmentados en la Península de Azuero, Panamá. Tesis Doctoral para optar al grado de Doctor en Ciencias Forestales, Universidad de Panamá, República de Panamá.
- Gentry, A.H. 1982. Patterns of Neotropical Plant Species Diversity. *Evolutionary Biology* 15: 1-84.
- Godínez, O. y López, L. 2002. Estructura, composición, riqueza y diversidad de árboles en tres muestras de selva mediana subperennifolia. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 73(2):283-314.
- González T.M. y García J.D. (2006). Attributes for assessing the environmental quality of riparian zones. *Limnetica* 25, 389-402
- Granados S.D.,
- Gotelli, N.J. and G.L. Entsminger. 2001. Swap and fill algorithms in null model analysis: rethinking the Knight's Tour. *Oecologia* 129 :281–291
- Granzow-De la Cerda, Í., N. Zamora, J. Vandermeer y D. Boucher. 1997. Diversidad de especies arbóreas en el bosque tropical húmedo del Caribe nicaragüense siete años después del huracán Juana. *Revista de Biología Tropical*. Vol. 45, Issue 4, pp 1409-1419. Técnica. La Habana. 427 pp.
- Grela, I. 2003. Evaluación del estado sucesional de un bosque subtropical de Quebradas en el norte de Uruguay. *Acta Botanica Basiliica*. 17(2): 315-324.

- Guariguata, M. R., y G. H. Kattan, (2002). Ecología y conservación de bosques neotropicales. Libro universitario regional. San José : Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Guevara G., Reinoso G., García J.E., Franco L.M., García L.J., Yara D.C., Briñez N., Ocampo M., Quintana M.I., Pava D.Y., Flórez N.Y., Ávila M.F., Hernández E.E., Lozano L.A., Guapucal M., Borrero D.A. y Olaya E.J. (2008). Aportes para el análisis de ecosistemas fluviales: una visión desde ambientes ribereños. Revista Tumbaga 3, 109-127.
- Hernández G.M.Á. y López R.G.F. (2006). Ecología de las zonas ribereñas. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 12, 55-69.
- Hernández, F. 2010. Restauración de la diversidad vegetal arbórea de los bosques siempreverdes de la Reserva de la Biósfera SierradelRosario (RBSR), Pinar del Río, Cuba. Tesis (presentada en opción al título de Doctor en Ciencias) Programa de Doctorado Cooperado Desarrollo Sostenible: Manejo Forestal y Turístico. Universidad de Alicante, Universidad de Pinar del Río. 100 p.
- Herrera (2007) Publications of (as of November 2013) .... c129. Alonso, C., P. Mutikainen, and C. M. Herrera. 2007. Ecological context of breeding system.
- Herrero (2007). Fajas Forestales Hidrorreguladoras, Función Hidrológica y antierosiva de los bosques, AGRIFOR, P13
- Herrero (2008). Fajas Forestales Hidrorreguladoras, Función Hidrológica y antierosiva de los bosques, AGRIFOR, P13
- Herrero, A, (2003). Fajas tropicales Hidroreguladoras. Dirección Nacional Forestal MINAG. La Habana, 52 p.
- Hoover, M. 2005. La acción y el movimiento del agua en el bosque. Revista forestal centroamericana, CATIE, Costa Rica P8.
- Hosokawa, R. T. 1982. Manejo sustentado de florestas naturais; aspectos económicos, ecológicos e sociais. Em: Congresso Nacional sobre essências nativas, Campos do Jordão, 12 a 18/09/82, Anais... Silvicultura em Sao Paulo, 16(3):1465-1472.

- Ibarra, G. N. (1985). Estudios preliminares sobre la flora leñosa de la estación de Biología Tropical Los Tuxtlas, Veracruz, México Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México
- Jáuregui, E. (1989). Los huracanes prefieren a México. Información científica y Tecnológica 11 (155): 32-39.
- Jayakumar, S.; Seong, S. K. and Joon, H. 2011. Floristic inventory and diversity assessment - a critical review. International Academy of Ecology and Environmental Sciences 1(3-4):151-168.
- Jimenez, A. 2012. Contribución a la ecología del bosque semideciduomesófilo en el sector oeste de la Reserva de la Biosfera "Sierra del Rosario", orientada a su conservación. Tesis (presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales), Universidad de Pinar del Río, 107 p
- Jones, K.B., A.C. Neale, M.S. Nash, R.D. Van Remortel, J.D. Wickham, K.H. Riitters & R.V. O'Neill. 2001. Predicting nutrient and sediment loadings to streams from landscape metrics: A multiple watershed study from the United States Mid-Atlantic Region. Landscape Ecology 16: 301–312.
- Jornada, La. (1995). Dejó el Huracán Roxana 200 mil damnificados. La Jornada, 14 de octubre de 1995, México, p.60
- Keels, S.; Gentry, A. and Spinzi, L. 1997. Using vegetation analysis to facilitate the selection of conservation sites in eastern Paraguay. (Biodiversity measuring and monitoring certification training, Volume 2. Washington: SI/MAB
- Kellmann, M. C. 1975. Plant Geography. London, Mephen, 135 p.
- Kennard, D. K.; Gould, K. and Putz, F. E. 2002. Effect of disturbance intensity on regeneration mechanisms in a tropical dry forest. Forest Ecology and Management 162: 197-208.
- Kent, M. and Coker, P. (1994) Vegetation Description and Analysis. John Wiley and Sons, Chichester
- Kimmins, J. P. 1997. Biodiversity and its relationship to ecosystem health and integrity. Forest Chronicle 73: 229-232.
- Koonce, A. L y A. González-Cabán. (1990). Social and ecological aspects of FIRE in

Central America. En: J. G. Goldammer (Ed) FIRE in the tropical biota: Ecosystem processes and global challenges. SpringerVerlag, Berlín, pp. 135-158.

Kumar, A.; Gupta, A. K. and Marcot, B. G. 2002. Management of forests in india for biological diversity and forest productivity, a new perspective.

KUMAR. A. and R AM, J.2005. Anthropogenic disturbances and plant biodiversity in forests of Uttaranchal, central Himalaya. Biodiversity and Conservation 14: 309-331.

Lamprecht, H. 1962. Ensayos sobre unos métodos para el análisis estructural de los bosques tropicales. Acta Científica Venezolana, 13(2), 57-65.

Lamprecht, H. 1964. Ensayo sobre la estructura florística de la parte Sur-Oriental del bosque universitario: "El Caimital", Estado Barinas. Revista Forestal Venezolana 7(10/11):77-119.

Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos: Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas; posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Trad. por Antonio Carrillo. República Federal Alemana. (GTZ) 335 p.

Lamprecht, H., Eschborn, GTZ. (1990). Silvicultura en los Trópicos 21-22 pp.

Levine JM. 2003. A patch modeling approach to the community-level consequences of directional dispersal. Ecology 84 :1215- 24

Lores, T. R. 2016. Impacto del huracán Mathew en el bosque pluvisilva de baja altitud en el municipio Baracoa. Tesis (presentada en opción al Título de Ingeniero Forestal), Universidad de Guantánamo, 51p.

Lorion, C.M. & B.P. Kennedy. 2009a. Relationships between deforestation, riparian forest buffers and benthic macroinvertebrates in neotropical headwater streams. Freshwater Biology 54: 165–180.

Lorion, C.M. y B.P. Kennedy. 2009b. Riparian forest buffers mitigate the effects of deforestation on fish assemblages in tropical headwater streams. Ecological Applications 19 (2): 468– 479.

Magurran, A. E, (1989). Diversidad ecológica y su medición. España : Ediciones

Vedrá).

- Margalef, R, (1968). Perspectives in ecological theory. The University of Chicago Press. Chicago, Londres, 111 pp.
- Martínez- Ramos, M. 1985. Claros cielos vitales de los árboles tropicales y regeneración natural de las selvas altas perennifolias; En: A. Gómez-Pompa y S. Del Amo (Eds.). Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas
- McCune B, Mefford MJ (1999) PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data, version 4. MjM Software Design, Oregon Glendon Beach MISHRA, B.P.; TRIPATHI, O.P.; TRIPATHI, R.S. and PANDEY. H.N. 2004. Biodiversity and Conservation 13 : 421-436.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M & T-Manuales y Tesis SEA, Vol. I. Zaragoza, España. 84 p.
- Moreno, C. E. y G. Halffter, (2000). Spatial and Temporal Analysis of Alpha, Beta and Gamma Diversities of Bats in a Fragmented Landscape. Biodiversity and Conservation.
- Mueller-Dombois, D. and Ellenberg, H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley and Sons Ltd., New York. 547 p.
- Naciones Unidas;(1990) Informe técnico sobre desastres naturales y cambio climático. Septiembre, 65pp Naiman R.J., Décamps H. y McClain M.E. (2005). Riparia: ecology, conservation, and management of streamside communities. Academic Press. San Diego, California, EUA. 430 pp.
- Naiman, R.J., H. Décamps & M.E. McClain. 2005. Riparia, Ecology, Conservation, and Management of Streamside Communities. Elsevier Academic Press. London, 430 p.
- Noble, I. R. and Dirzo, R. 1997. Forests as human-dominated ecosystems. Science 277 : 522-525.
- Noble, I. R. and Dirzo, R. 1997. Forests as human-dominated ecosystems. Science 277: 522-525.
- Oliveira-Filho, A.T. & Fontes, M.A.L. 2000. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forest in southeastern Brazil and the influence of climate. Biotropica 32:

793-810.

- Orozco, L. y Brumer, C. 2002. Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 200 p.
- Oviedo, L. (2005). Cetaceans as seascope species in the northeast coast of Venezuela: preliminary assessment based on the seascope species approach. Paper presented at the XVI Conference on the Biology of Marine Mammals. San Diego, California, December 2005 (unpublished): 215 pp.
- Padalia, H.; Chauhan, N. and Porwal, M. C. 2004. Phytosociological observations on tree species diversity of Andaman Islands, India. *Current Science* 87: 799-806.
- Pascarella, J.B., T.M. Aide and J.K. Zimmerman. 2004. Short-term response of secondary forests to hurricane disturbance in Puerto Rico, USA. *Forest Ecology and Management*. Vol. 199, Issues 2-3, pp 379-393
- Peña, J. A., Neyra, G. L. (1998). La diversidad biológica de México: Estudio de país. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México (CONABIO). México. Pp 158-181
- Phillips, O. L.; Martinez, R. V. and Vargas, P. N. 2003. Efficient plot-based floristic assessment of tropical forests. *Journal of Tropical Ecology* 19: 629-645.
- Poole G.C. (2002). Fluvial landscape ecology: addressing uniqueness within the river discontinuum. *Freshwat. Biol.* 47, 641-660.
- Rangel, J. O. y Velázquez, A. 1997. Métodos de estudio de la vegetación. En: J. O. Rangel-Ch (ed.), *Diversidad Biótica II*. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 59-87 p.
- Renda, A; Rodríguez, Y; Placencia, T; Herrero J. A., 2011. Manual para la protección de recursos hídricos de Cuba. En: DNF. 2011. Principales resultados del proyecto Desarrollo del Sector Forestal en Cuba. P. 52-62.
- Reyes, O. J. 1998. Principales aspectos de la vegetación natural y la flora fanerógama en la cuenca del río Toa. *Canoa*, IV (1): 27-33.
- Reyes, O. J. 2012. Clasificación de la vegetación de la Región Oriental de Cuba. *Revista del Jardín Botánico Nacional* 32-33: 59-71.
- Rodríguez. M, Y. 2010. Estrategia de diversificación de la producción en el sistema

- agroforestal de la Empresa Café y Cacao “Yateras”, Guantánamo. Tesis (presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales), Universidad de Pinar del Río, 107 p
- Rondon, R. M. ; Kozera, C. ; Andrade, R. ; Cecy, A. ; Hummes, A. Fritzsons, E. ; Caldeira, M. ; Maciel, M. e Souza, M. 2002a. Caracterização florística e estrutural de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista, em Curitiba, PR. Brasil. *Floresta*, Curitiba, 32 (1):3-16
- Roth, L.C. 1992. Hurricanes and Mangrove Regeneration: Effects of Hurricane Joan, October 1988, on the Vegetation of Isla del Venado, Bluefields, Nicaragua. *Biotropica*. Vol. 24, No. 3, pp. 375-384.
- Sagar, R.; Raghubanshi, A. S and Singh, J. S. 2003. Tree species composition, dispersion and diversity along a disturbance gradient in a dry tropical forest region of India. *Forest Ecology and Management* 186: 61-71.
- Sánchez, F. J. 2015. Acciones silvícolas para la rehabilitación del bosque pluvisilva de baja altitud sobre complejo metamórfico del sector Quibiján-Naranjal del Toa. Tesis (presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales), Universidad de Pinar del Río, 101p.
- Sayer, J.; Chokkalingam, U. and Poulsen, J. 2004. The restoration of forest biodiversity and ecological values. *Forest Ecology and Management* 201:3-11.
- SEMARNAP/CONABIO. (1995). Reservas de la biosfera y otras áreas naturales protegidas de México. Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Instituto Nacional de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Shannon, C. E, (1948). The Mathematical theory of communication. pp. 3-91. En Shannon & Weiner (eds.). *The mathematical theory of communication*. Univ. Illinois Press. Urbana, 117 pp.
- Simeón, R, 2003. Situación ambiental de la cuenca del Toa. Centro de Información, Gestión y Educación Ambiental (CIGEA). Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. 56 p.
- Simon, A., S.J. Bennett & V.S. Neary. 2004. Riparian vegetation and fluvial geomorphology: problems and opportunities. Pp. 1-10. In: *Riparian vegetation*

- and fluvial geomorphology. Bennett, S. & A. Simon (eds.). American Geophysical Union, Washington, D.C.
- Solemon, L.; (2015) *Forestal Veracruzana*, vol. 17, núm. 2, septiembre, 2015, pp. 11-20 *Recursos Genéticos Forestales Xalapa, México*
- Sosa, V. J y H. Puig. (1987). Regeneración del estrato arbóreo en bosque mesófilo de montaña. En: H. Puig y R. Bracho (Coords.). *El bosque mesófilo de montaña de Tamaulipas Instituto de Ecología, México*, pp. 107-133.
- Sponseller, RA , Benfield, EF and Valett, HM. 2001. Relationships between land use, spatial scale and stream macroinvertebrate communities. *Freshwater Biology*, 46: 1409–1424.
- Sukumar, R.; Dattaraja, H. S. and Suresh, H. S. 1992. Long-term monitoring of vegetation in a tropical deciduous forest in Mudumalai, southern India. *Current Science* 62: 608-613
- Thoms M.C. (2003). Flood-plain river ecosystems: lateral connections and the implications of human interference. *Geomorphology* 56, 335-349.
- Timilsina, D.; Ross, M. S. and Heinen, J. T. 2007. A community analysis of sal (*Shorea robusta*) forests in the western Terai of Nepal. *Forest Ecology and Management* (241): 223-234.
- UNESCO, 1980: *Ecosistemas de los bosques tropicales, Investigaciones sobre los recursos naturales*. Madrid, España. 414 p.
- UNESCO/CIFA, (1980). *Ecosistema de los bosques tropicales, Investigaciones sobre los recursos naturales*. 414. Madrid España.
- Vandermeer, J. and I. Granzow de la Cerda. 2004. Height dynamics of the thinning canopy of a tropical rain forest: 14 years of succession in a post-hurricane forest in Nicaragua. *Forest Ecology and Management*. Vol. 199, Issue 1, pp. 125-135.
- Vasquez y Guevara, S. 1985 Caracterización de los grupos ecológicos de árboles de las selva húmeda. In: GOMEZ-POMPA, P.; AMO, S. D. (Ed.) *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas em Veracruz, México*. México: Alambra. Tomo II. P.76-7
- Verdecía Y, (2007). Disponible en ( [www.opciones.cubaweb.cu](http://www.opciones.cubaweb.cu)) 20 de abril.
- Volume IV: Garo Hills Conservation Area (GCA). Wildlife Institute of India –

USDA Forest Service collaborative project report, Wildlife Institute of India, Dehra Dun, India. 206 p.

Wadsworth, F.H. 2000. Producción Forestal para América Tropical. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio Forestal. Manual de Agricultura 710 p.

Welsch, D.J. 1991. Riparian forest buffers - function and design for protection and enhancement of water resources. U.S. Department of Agriculture Forest Service Northeastern Area State and Private Forestry. NA-PR-07-91. Radnor, Pa. 20 p

Whitmore ;( 1999) Species diversity, susceptibility to disturbance and tree population dynamics in tropical rain forest 10 (6):767-776 · Journal of Vegetation Science 10(6):767-776 December 1999 with58 Read

Wolda H (1981) Seasonality of leafhoppers (Homoptera) on Barro Colorado Island. In: EG Leigh, AS Rand, DM Windsor (eds), Ecology of a tropical forest: Seasonal rhythms and longterm changes. Smithsonian Press, Washington (in press).