
Trabajo de Diploma

En Opción al Título de Ingeniero Forestal

Título: Propuesta de acciones de recuperación en las fajas forestales hidrorreguladoras del río Bano, en el municipio Guantánamo

Autor: Yunior Eduardo Labrada

2020

“Año 62 de la Revolución”

Trabajo de Diploma

En Opción al Título de Ingeniero Forestal

Título: Propuesta de acciones de recuperación en las fajas forestales hidrorreguladoras del río Bano, en el municipio Guantánamo

Autor: Yunior Eduardo Labrada

Tutor: MSc. Joaquín J. Pérez Márquez

2020

“Año 62 de la Revolución”

RESUMEN

La investigación se desarrolló en las fajas forestales hidrorreguladoras del río Bano, de la Cuenca Hidrográfica Guantánamo-Guaso, subcuenca del río Bano, desde septiembre de 2019 hasta junio de 2020, con el objetivo de elaborar una propuesta de acciones de recuperación. Los datos fueron tomados en un área con una superficie de 20,48 Km², donde se levantaron un total de 50 parcelas: 25 del margen derecho y 25 del margen izquierdo de 20 x 25 m (500 m²), distribuidas de forma aleatoria en la zona de estudio a una distancia estimada entre parcelas de 100 m. El tamaño de la muestra se determinó mediante la curva área – especies, además se caracterizó la diversidad de especies florísticas, a partir del estudio de diversidad beta (β), a través de un conglomerado jerárquico, también la diversidad alfa (α), donde se evaluaron elementos de la estructura horizontal y vertical (índice de valor de importancia ecológica [IVIE] y se elaboró una propuesta de acciones con los indicadores sociales y los resultados de la estructura y composición florística. Se identificaron un total de 13 familias, 477 individuos y 31 especies leñosas correspondientes al estrato arbóreo. La familia con mayor riqueza de especies fue la Mimosaceae con 354 individuos. Las especies con mayor abundancia en el orden de importancia ecológica fueron: *Leucaena leucocephala*, *Cordia alba* y *Coccoloba Costata*, las más dominantes: *Samanea saman* y *Leucaena leucocephala*, lo que permitió proponer seis acciones de recuperación a desarrollar a corto, mediano y largo plazo.

Palabras clave: diversidad de especies, estructura, cuenca y fajas forestales hidrorreguladoras.

ABSTRACT

The research was carried out in the hydroregulatory forest strips of the Jaibo river, in the Guantánamo-Guaso Hydrographic Basin, sub-basin of the Jaibo river, from June 2019 to December 2020, with the objective of preparing a recovery proposal. The data were taken in an area with a surface of 20.48 Km², where a total of 50 plots were raised: 25 from the right margin and 25 from the left margin of 20 x 25 m (500 m²), distributed randomly in the study area at an estimated distance between plots of 100 m. The size of the sample was determined by the area - species curve, besides the diversity of floristic species was characterized, from the study of beta diversity (β), through a hierarchical conglomerate, also the alpha (α) diversity, where elements of the horizontal and vertical structure (value index of ecological importance [IVIE]) were evaluated and a proposal was elaborated for the results of the structure and floristic composition and the social, indicators A total of 13 families, 477 individuals were identified and 31 woody species corresponding to the herbaceous, arboreal and shrub layers, respectively The family with the highest species richness was the Mimosaceae with 354 individuals The species with the greatest abundance in the order of ecological importance were: *Leucaena leucocephala* *Cordia alba* and *Coccoloba Costata*, the most dominant: *Samanea saman* and *Leucaena leucocephala*, which allowed proposing six recovery actions ad Develop in the short, medium and long term.

Key words: diagnosis, diversity of species, structure and hydroregulatory forestry strips.

ÍNDICE		
Nº	Contenido	Pág.
I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1.	Cuencas Hidrográficas. Conceptos e importancia	4
2.2.	Experiencias en la creación de plantaciones protectoras de agua y suelos en Cuba	4
2.3.	Tratamientos de los bosques descuidados o muy antropizados	5
2.4.	Comportamiento de la deforestación en Cuba y en el mundo	6
2.5.	Fajas hidrorreguladoras	7
2.5.1.	Principales manejos silvícola en las fajas forestales hidrorreguladoras	8
2.5.2.	Características de las especies a plantar en las fajas forestales hidrorreguladoras	10
2.5.3.	Antecedentes en Cuba de la reforestación en las fajas hidrorreguladoras	11
2.6.	El recurso natural suelo	12
2.6.1.	La degradación de los suelos	13
2.6.2.	Estrategias para el control de erosión	14
2.6.3.	Control del agua de escorrentía	14
2.6.4.	Cambios de cobertura y uso del suelo (CCUS) y deforestación	15
2.7.	Experiencias sobre restauración ecológica de ecosistemas degradados en Cuba	16
2.8.	Estructura del bosque	16
2.8.1.	Estructura horizontal del Bosque	16
2.8.2.	Índices para evaluar la vegetación	17
2.10.	Estructura vertical del Bosque	18
2.11.	Diversidad florística	20
2.11.1	Diversidad beta (β)	21
2.11.2	Diversidad Alfa (α)	21
2.12.	Diversidad ecológica	21
2.13	Amenazas a la biodiversidad riqueza de especies florísticas	22
2.14.	Conservación de biodiversidad	23
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1.	Ubicación del área de estudio	24
3.2.	Características del suelo en el área de estudio	24
3.2.1.	Propiedades físico-químicas	24

3.3.	Caracterización climática del municipio	25
3.4.	Realización del diagnóstico	25
3.5.	Estrategia de diagnóstico	26
3.5.1.	Social	26
3.5.2.	Medioambiental	27
3.5.2.1	Metodología empleada	27
3.6.	Diversidad de especies	28
3.6.1.	Diversidad beta (β)	28
3.6.2.	Diversidad alfa (α)	28
3.6.3.	Estructura horizontal	29
3.7.	Diseño acciones en las fajas forestales hidrorreguladoras del río Bano	30
3.8.	Análisis estadístico	31
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1.	Comportamiento del criterio social y económico en las fajas forestales hidrorreguladoras en el río Jaibo	32
4.2.	Comportamiento Medioambiental	35
4.3.	Diversidad beta (β)	36
4.4.	Diversidad Alfa	40
4.5.	Propuesta de acciones de recuperación de las fajas forestales hidrorreguladoras del río Jaibo	53
4.5.1.	Acciones de recuperación de las fajas hidrorreguladoras	54
V.	CONCLUSIONES	57
VI.	RECOMENDACIONES	58
	BIBLIOGRAFÍA	

I. INTRODUCCIÓN

En el mundo, de forma general, siempre se ha visto el bosque como productor de madera en sus distintas formas, en algunos países se le concede además un rol importante en la conservación del medio ambiente y la biodiversidad, 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 (Navarro y Flores, 2017).

Los bosques producen beneficios importantes para la sociedad, tanto directos (madera, frutos, leña, caza, etc.) como indirectos (regulación del ciclo hidrológico, protección contra la erosión, protección contra las avalanchas en alta montaña, mantenimiento de la composición atmosférica, mantenimiento de la vida silvestre, de la biodiversidad vegetal y animal), y aportan belleza, esparcimiento y educación (Sylla *et al.*, 2018)

En los últimos años las investigaciones confirman que el mal manejo de los recursos naturales (agua, suelo, bosque y otros), han sido las causas fundamentales de los problemas ambientales. Ellos han generados efectos adversos en los aspectos biofísicos (deforestación, pérdida de suelos, de la biodiversidad, disminución y contaminación de caudales en los ríos y quebradas), además en la vida de los pobladores (pérdidas económicas por inundaciones, sequías, disminución en la producción de sus cultivos y enfermedades), también la calidad de vida de la población (García y Romero, 2013).

El trabajo desarrollado en las fajas hidrorreguladoras de ríos y embalses ha recibido una atención insuficiente en los últimos años. Solo el 28% de estas se encuentra cubierto de vegetación, por lo que se requiere de un esfuerzo significativo para lograr que el 100% de las mismas estén reforestadas, en correspondencia con los lineamientos trazados por la máxima dirección del país (Romero *et al.*, 2016).

El manejo de las cuencas hidrográficas y específicamente las fajas hidrorreguladoras es muy favorable para poder aprovechar y conservar los

recursos naturales en función de las necesidades del ser humano, donde se pueda alcanzar una adecuada calidad de vida en armonía con su medio ambiente. Se trata de hacer un uso apropiado de los recursos naturales para el bienestar de la población teniendo en cuenta que las generaciones futuras tendrán necesidad de esos mismos recursos, por lo que habrá que conservarlos en calidad y cantidad (Peña, 2015).

No obstante, en Cuba las fajas hidrorreguladoras no están exentas a la contaminación que degrada al medio ambiente, dada al mal manejo de la flora y la capacitación de las personas para la conservación del recurso agua y también los contaminantes como el aceite automotor, los productos de pintura, los desechos de mascota, la basura, las sustancias químicas como fertilizantes y plaguicidas que son llevados por la lluvia, los cuales producen daños al ecosistema (Hernández y González, 2013).

Existe una tendencia en la región a la agudización de los problemas ambientales que se relacionan a continuación: deforestación (pérdida o carencia de las franjas hidrorreguladoras), contaminación de las aguas y degradación de los suelos. Ante esta situación, se evidencia la importancia de buscar métodos y herramientas, que posibiliten establecer estrategias encaminadas a lograr una gestión ambiental para el desarrollo sostenible de los recursos naturales (CITMA, 2008).

Específicamente en las fajas forestales hidrorreguladoras del río Bano en la provincia Guantánamo, los problemas medioambientales están dada por la contradicción externa entre la necesidad de lograr el equilibrio medio ambiental y la aplicación de una política sistemática de educación medio ambiental que garantice un desarrollo sostenible, donde la conservación de los recursos naturales: agua, bosque y suelo, jueguen un papel importante, que permitan reducir la degradación de los mismos.

Problema

Degradación de las fajas forestales hidrorreguladoras en el río Bano en el municipio Guantánamo.

Objeto de estudio

Las fajas forestales hidrorreguladoras en el río Bano.

Hipótesis

Si se diagnostica las fajas forestales hidrorreguladoras y se diseñan acciones de recuperación, sería posible mejorar la degradación del río Bano en el municipio Guantánamo.

Objetivo general

Elaborar una propuesta de acciones recuperación en las fajas forestales hidrorreguladoras del río Bano, en el municipio Guantánamo.

Objetivos Específicos

1. Evaluar los principales problemas sociales - económicos en las fajas forestales hidrorreguladoras.
2. Caracterizar la estructura y composición florística en las fajas forestales hidrorreguladoras.
3. Proponer acciones para la recuperación en las fajas forestales hidrorreguladoras.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Conceptos e importancia. Cuencas Hidrográficas.

La cuenca hidrográfica se define como una unidad territorial en la cual el agua que cae por precipitación se reúne y escurre a un punto común o que fluye toda al mismo río, lago o mar, además no solamente abarcan superficie, a lo largo y ancho, sino también la profundidad, comprendida desde el extremo superior de la vegetación hasta los estratos geológicos limitantes bajo la tierra (Acosta *et al.*, 2016).

García y Romero (2013) plantean que dentro de una cuenca se pueden distinguir: la parte alta, la parte media y la parte baja. En las partes altas, la topografía normalmente es empinada y generalmente están cubiertas de bosque. Tanto en la parte alta como en la parte media se encuentran la gran mayoría de las nacientes y de los ríos; las partes bajas, a menudo tienen más importancia para la agricultura y los asentamientos humanos, porque ahí se encuentran las áreas más planas. Se presenta la cuenca como un verdadero sistema, ya que está formada por un conjunto de elementos que se interrelacionan. Los más importantes son: el agua, el bosque, el suelo y los estratos geológicos.

2.2. Experiencias en la creación de plantaciones protectoras de agua y suelos en Cuba

La reforestación de las zonas de protección de los cursos de agua tiene en Cuba una larga tradición práctica que se remota a los años iniciales del Triunfo de la Revolución 1959 cuando se inició la reforestación de las orillas del río Cauto, el mayor del país. Sin embargo, el reconocimiento de las importancias 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 la zona de protección de los ríos de sus orígenes y en los alrededores de manantiales y cárcavas (Peña, 2015).

De 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 reforestada en nuestro país en los primeros años de la década del 60 fue la del Charco Mono, construida en la primera mitad del siglo pasado y una de las que abastece de agua la ciudad de Santiago de Cuba (Ramírez y Chang, 2016).

La presa Zaza, la mayor de Cuba ubicada en Sancti Spíritus, fue plantada casi en su totalidad durante los años 60 al igual que la presa Minerva. En estos lugares se ha hecho notoriamente positivo el hecho de que la regeneración natural con especies autóctonas como palma real, el ocuje, la majagua, etc. Ha ido colonizando la plantación original realizada en algunos tramos con especies exóticas. El manejo recomendado en estos casos va encaminado a la situación de la plantación original por el bosque mixto logrado por regeneración (Herrero, 2007).

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 suelo como parte integral de esta zona, posibilitó eliminar ciertas cárcavas de diferentes tamaños así como otros tipos de erosión y deslizamiento (Herrero, 2007).

2.3. Tratamientos de los bosques descuidados o muy antropizados

Álvarez y Varona (2006) plantean que el bosque natural es cualquier comunidad o biocenosis forestal que no ha sido establecida por el hombre, sino por las propias fuerzas remanentes de la naturaleza del bosque. Estos autores afirman que en estos bosques naturales se evidencia una fuerte presión antrópica, estableciéndose con el tiempo un bosque secundario con pocos individuos de

valor económico, donde la estructura y composición florística ha sido afectada a pesar de estar sujetos a planes de manejo, es evidente la poca presencia de las principales especies de valor.

Sánchez (2015) deja claro que independientemente el estado del bosque descuidado, el grado de la influencia antrópica sobre su composición y la existencia de madera en pie, la estructura de edades constituye un punto de partida para definir las tareas silviculturales. Tomando en cuenta los criterios de estos autores, se pudiera señalar una vía para la rehabilitación de los bosques a través de la aplicación de cortas de mejora con enriquecimientos, en la cual propicie el cumplimiento del objetivo propuesto.

2.4. Comportamiento de la deforestación en Cuba y en el mundo

En 1990, el mundo tenía 4 128 millones de hectáreas (ha) de bosque; en 2030 esa área había disminuido a 3 999 millones de ha. Esto representa un cambio de la superficie mundial del 31,6% en 1990 al 30,6% en 2030 (FAO, 2015).

Se ha dicho que dos terceras partes del total de las especies de plantas del mundo (alrededor de 300 000) desaparecerán dentro de un período de tiempo no mayor de cuarenta años. Se considera que ésta será la segunda gran pérdida de diversidad biológica del planeta, sólo superada por la extinción de los dinosaurios. Las causas fundamentales del fenómeno estarán condicionadas, entre otras, por los cambios climáticos, la tala indiscriminada de los bosques y las guerras (Aguirre y Calderón, 2016).

La deforestación, en las últimas décadas es debido a sus implicaciones ambientales como el calentamiento global, la pérdida de biodiversidad, la degradación de suelos, los cambios en la hidrología de cuencas y los cambios en el bienestar humano (Suárez, 2016).

Cuba se ubica como la única nación latinoamericana con un índice positivo de crecimiento boscoso en los últimos dos años. Fuentes oficiales afirman que Cuba cuenta hoy con más de 2 000 223 mil hectáreas de bosques naturales con 3 48

700 de especies plantadas, es uno de los 55 países del continente que crece en recursos forestales, entre los 213 países monitoreados por la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2014).

El área deforestada alcanza 922,5 mil hectáreas, el 70,7% de la cual son tierras en otros usos actuales o diseminadas dentro del fondo agrícola. El 60,9% de las tierras deforestadas corresponden a áreas ex cañeras del Ministerio del Azúcar (MINAZ). Las existencias maderables en pie se estiman en 132 millones de m³ de ellos 17 millones de m³ corresponden a coníferas, y 115 millones de m³ a foliáceas, de los cuales alrededor del 23 millones de m³ están en bosques de conservación, 22 millones de m³ en zonas costeras (manglares) 35 millones de m³ en bosques protectores y 35 millones de m³ en bosques productores (Congreso Forestal de Cuba, 2011).

2.5. Fajas forestales hidrorreguladoras

Las fajas hidrorreguladoras representan la versión artificial de los bosques de galería, y son imprescindibles en la orilla de los ríos y embalses. Propician el traslado del escurrimiento superficial hacia los horizontes inferiores del suelo y la retención de los productos de la erosión y sales disueltas por lo que influyen de manera decisiva en la disminución de la tasa de azolvamiento de los cuerpos de agua, en el mejoramiento de la calidad de las aguas y en la regulación de los caudales (Romero *et al.*, 2016).

Álvarez (2008) deja claro que la efectividad irreguladora y antierosiva de las fajas, se incrementan con la edad y 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.

La Ley forestal (1998) establece que, el ancho mínimo de dichas fajas, medido en proyección horizontal serán, los siguientes:

Embalses de abasto a la población	100 m
Embalses (naturales o artificiales)	30 m
Ríos principales y canales magistrales	20 m
Ríos de primer orden y otros canales	15 m
Ríos de segundo orden en adelante	10 m
Los orígenes de ríos y arroyos	30 m
A lo largo de cárcavas y barrancas	30 m

Estos son valores promedio resultantes de estudios realizados 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.

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.

2.5.1. Principales manejos silvícola en las fajas forestales hidrorreguladoras

Los manejos de los bosques protectores surgidos de la reforestación, deberán cumplir con los objetivos generales de persistencia y dosificación de la competencia junto con el mantenimiento de espesuras cerradas y con la restricción de afianzar la estabilidad de las masas creadas (Suárez, 2016).

También deja claro que la consecución de estos objetivos lleva a formular las siguientes líneas de actuación silvícola:

- Fomento y mantenimiento de espesuras cerradas.
- Diversificación de edades (masa disetáneas).
- Diversificación de especies en el estrato arbóreo.
- Completamiento de estratos (arbóreo, arbustivo y herbáceo).

Período de establecimiento de la plantación:

- Se realizarán los mantenimientos que sean imprescindibles, tratando de escarificar el suelo lo menos posible.
- Disponer los residuos de la chapea en cordones, perpendicular a la pendiente.
- En terrenos pobres, la fertilización se hará preferiblemente con material orgánico (Humus, compost). En caso de emplear fertilizantes químicos se suministrarán en pequeñas dosis.
- Protección efectiva contra el libre pastoreo e incendios.
- Ejecución de medidas de conservación de suelos.
- Reposición de fallas.

Grupo de edad brinza:

- Mantener las medidas de protección.
- Ejecución de limpiezas.
- Chapea de arbustos y del estrato herbáceo, solo en los casos en que sea estrictamente necesario como en lugares y épocas de gran peligrosidad de incendios.

Grupo de edad latizal:

- Mantener las medidas de protección.
- Ejecución de raleos de baja intensidad (mayor de 10%), de tal forma que la densidad del arbolado siempre se mantenga uniforme por encima del 0,8%.
- Disposición de los residuos transversales a la pendiente y extracción de todos los productos obtenidos de este manejo.
- Ejecución de podas si fuese necesario y aconsejable.
- Chapea de sotobosque solo en casos imprescindibles y de forma local.

Grupos de edad fustal y maduro:

- Mantener las medidas de protección.
- Ejecución de raleos de baja intensidad, eliminando el árbol enfermo y mal formado, de forma tal que la densidad del arbolado siempre se mantenga por encima de 0,8%.
- Disposición de los residuos transversales a la pendiente y extracción de todos los productos obtenidos de este manejo.
- Chapea del sotobosque solo en casos imprescindibles y de forma local.
- Aprovechamiento de los árboles que hayan llegado a su madurez biológica mediante tala selectiva, individual o en grupos, y extracción de todos los residuos previa aprobación del esquema tecnológico de aprovechamiento.

2.5.2. Características de las especies a plantar en las fajas forestales hidrorreguladoras

Tamayo *et al.* (2014) explican 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.

Herrero (2007) citado por Romero *et al.* (2016) plantean que se debe tener en cuenta que:

- Es frecuente que las primeras hileras presenten condiciones de alta humedad o de anegamientos periódicos. En estos casos, las especies deben ser resistentes a la humedad y a un m arco de plantación estrecho (2x2m; 2x2, 5 m).
- Ha dado buen resultado la plantación de una hilera de Bambú en la primera hilera pues por sus hábitos de crecimiento, esta especie es efectiva para el control de la erosión a un m arco de plantación de 6x6 m.
- Las últimas hileras de la faja pueden plantarse de especies de frutales a un m arco de plantación de 4x4m hasta 6x6 m.
- En el caso que se emplee una mezcla de especies, tener en cuenta su compatibilidad.

La creación de la plantación no siempre resuelve los problemas de erosión por lo que hay que ejecutar medidas de conservación de suelos.

2.5.3. Antecedentes en Cuba de la reforestación en las fajas hidrorreguladoras

La reforestación de las zonas de protección de los cauces de agua tienen 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 la zonas de protección de los ríos, de sus márgenes y en los alrededores de manantiales y cárcavas (Herrero, 2007; 2008 y Romero *et al.*, 2016).

En Cuba plantar árboles tiene una importancia mayor debido, entre otras razones, a que es un archipiélago y por tanto más vulnerable a los efectos del cambio climático causado por la falta de árboles (Suárez, 2016).

El mismo autor plantea que entre los servicios ambientales que ofrecen los árboles está el de la protección de los recursos hídricos, que en Cuba son escasos; por tanto, la protección de estos cuerpos de agua resulta de gran importancia estratégica.

También deja claro que las comunidades cubanas han sido escenario importante durante todo el desarrollo histórico de la Nación. Por tal motivo en Cuba grandes figuras han tratado o se han referido a este espacio donde se desenvuelve la vida cotidiana y al lugar que le corresponde a la comunicación en ella.

2.6. El recurso natural suelo

El Suelo, según Aragón y Cruz (2014) representa la cubierta superficial de la mayoría de la superficie continental de la Tierra. Es un agregado de minerales no consolidados y de partículas orgánicas producidas por la acción combinada del viento, el agua y los procesos de desintegración orgánica.

La principal propiedad del suelo es su fertilidad, conceptualizada como el equilibrio armónico que existe entre el estado físico del suelo y el medio que lo circunda. Por tanto, un suelo fértil es condición necesaria para un ecosistema sostenible en equilibrio (Graaff *et al.*, 2013).

Los suelos con mayor vocación agropecuaria en las montañas de Cuba son los alíticos, ferríticos, ferralíticos, fersialíticos y pardos sialíticos, que ocupan una

superficie de 1 007 054 hectáreas, el 71,37% del total. Estos suelos presentan los recursos edáficos fundamentales para la producción del cultivo del cafeto, cacao, viandas, hortalizas y granos, así como una buena parte del desarrollo ganadero y forestal en estas regiones (Zucca *et al.*, 2010) y (Beheshti *et al.*, 2012).

El agua es el recurso más importante de la Tierra, sin él no hay vida; cada vez es más apreciado, tanto por su función ecológica como por su uso doméstico, industrial o agrícola, lo cual pone de relieve el papel fundamental que tiene el agua en la supervivencia humana y el desarrollo sostenible (Chirinos *et al.*, 2008).

2.6.1. La degradación de los suelos

La degradación de los suelos es la disminución de su capacidad para soportar vida, no solo la vegetal, que es la más aparente, sino también la de la microflora y de la fauna propia del mismo y tiene como efecto principal, la disminución de la producción de biomasa vegetal. Además dificulta la integración de la materia orgánica depositada sobre el suelo por la agresión que se produce en la fauna y en la microflora (Labrada, 2014).

El mismo plantea que la degradación de los suelos lleva siempre consigo una serie de efectos, todos ellos negativos. Cualquiera que sea el tipo de degradación sufrida, una de las propiedades que se ve siempre afectada es la estructura, formándose agregados más inestables y con fuerte tendencia a la destrucción y dispersión de los coloides.

En gran medida, del suelo, el cual es considerado un recurso natural vital, que no es renovable en la escala humana de tiempo y muy vulnerable al desequilibrio ecológico, provocado por factores humanos y naturales (Robinson *et al.*, 2013).

Referido a la degradación del suelo, Tully *et al.* (2015) y Young *et al.* (2015) afirman, que es un importante y creciente problema mundial, con implicaciones para una serie de áreas clave de la política, en especial la seguridad alimentaria, el cambio climático, la gestión del riesgo de inundaciones, la sequía, la tolerancia, la calidad del agua potable, la capacidad de recuperación agrícola frente a las nuevas enfermedades de los cultivos, la biodiversidad y el futuro genético.

2.6.2. Estrategias para el control de erosión

La erosión, entendida no como un proceso de formación del paisaje, sino mejor como resultado de la intervención humana del territorio, con diferentes finalidades, ha adquirido con el paso del tiempo una magnitud tal, que hoy día se le considera uno de los principales problemas ambientales a nivel global, asociado, en gran medida, a la deforestación. Así, en América del Sur (PNUMA, 2000).

Se entiende como barreras vivas las hileras de plantas perennes (árboles y arbustos) o de larga vida destinadas a contrarrestar la erosión en las laderas. Se colocan en contra de la pendiente del terreno, siendo la principal finalidad la de reducir la escorrentía del agua que corre sobre la superficie del terreno y asimismo, captar y retener la tierra transportada por el agua. A largo plazo las barreras vivas reducen la pendiente creando pequeñas terrazas (Pasolac, 2000).

2.6.3. Control del agua de escorrentía

El agua de escorrentía es el agua que no se infiltra en el suelo, por el contrario, es la que fluye por encima de este, para el control se deben diseñar para recibir los caudales de una lluvia predeterminada, con un período de retorno generalmente de 100 a 500 años, de acuerdo con la importancia de la obra depende de varios factores que incluyen: intensidad de la lluvia, área de drenaje, pendiente y longitud de los taludes a drenarse, naturaleza y extensión de la vegetación o cultivos, condiciones de la superficie y naturaleza de los suelos subsuperficiales (Benavides y Robayo, 2013).

La desviación del escurrimiento de la cabecera de la cárcava, es fundamental para el control de su crecimiento; la forma más común de controlar el agua de escorrentía ha sido mediante la construcción de estructuras de captación llamadas zanjas, canalículos o acequias, que cortan el recorrido del flujo de agua sobre el terreno, disponiéndolo más rápidamente y en forma adecuada, a un canal natural u otra estructura receptora sin que se produzca erosión (Maccaferri, 2013).

La estructura más común es la zanja de coronación o canal de corona, la cual se dispone en la parte superior a una distancia prudencial; debe estar

impermeabilizada y verter sus aguas a un canal principal, el cual, en condiciones de alta pendiente, se acompaña de estructuras que disipan la energía alcanzada por las aguas en su recorrido, caso de pantallas deflectoras, canales escalonados o enrocados. Algunas técnicas propias a la captura y canalización de aguas en laderas, y aplicadas a actividades productivas de tipo agrícola, son empleadas para el manejo de aguas superficiales en la corrección de cárcavas; dentro de éstas se tienen los surcos profundos, los surcos en curvas de nivel y el aterrazado continuo de nivel (Durán *et al.*, 2013).

2.6.4. Cambios de cobertura y uso del suelo (CCUS) y deforestación

La cobertura terrestre se refiere a las características físicas de la superficie de la tierra, capturadas en la distribución de la vegetación, el agua, el suelo y otras características físicas de la tierra, incluidas las creadas únicamente por actividades humanas, por ejemplo, asentamientos. Mientras que el uso de la tierra se refiere a la forma en que la tierra ha sido utilizada por los humanos y su hábitat, por lo general con énfasis en el papel funcional de la tierra para las actividades económicas (Rawat y Kumar, 2015).

Rawat y Kumar (2015) plantean que el patrón de CUS de una región es el resultado de factores naturales y socioeconómicos y su utilización por el hombre en el tiempo y el espacio. La información sobre la CUS y las posibilidades para su uso óptimo es esencial para la selección, planificación e implementación de esquemas de uso de la tierra para satisfacer las crecientes demandas de bienestar y necesidades humanas básicas. Esta información también ayuda a monitorear la dinámica del uso del suelo como resultado de las demandas cambiantes de una población en aumento.

El uso del suelo afecta la cobertura del suelo y los cambios en la cobertura del suelo afectan el uso del suelo. Los cambios en la cobertura del suelo por uso del suelo no implican necesariamente la degradación del suelo. Sin embargo, muchos patrones cambiantes de uso del suelo impulsados por una variedad de causas sociales resultan en cambios en la cobertura del suelo que afectan la

biodiversidad, el agua y los presupuestos de radiación, las emisiones de gases y otros procesos que afectan el clima y la biosfera (Benavides y Robayo, 2013).

2.7. Experiencias sobre restauración ecológica de ecosistemas degradados en Cuba

La restauración ecológica es considerada como el conjunto de acciones multidisciplinarias sobre elementos naturales degradados de un ecosistema, mediante el uso de técnicas adecuadas de manejo, que permitan guiar la sucesión ecológica, hacia la recuperación de las características típicas o cercanas a estas, de un ecosistema, hasta lograr que por sí solo pueda alcanzar su maduración o clímax (Martínez, 2013).

Cada día gana más terreno la tendencia de ver a la restauración ecológica enfocada hacia la recuperación de:

- Las funciones de los ecosistemas (procesos).
- Las interacciones biológicas (relaciones).
- Ecosistemas autosustentables, íntegros y sanos (evolución y continuidad).
- Los bienes y servicios que aportan los bosques, la participación del hombre como parte y no dueño (participación comunitaria y educación ambiental).
- La aplicación de técnicas de manejo adaptativo.

2.8. Estructura del bosque

Se define la estructura de un bosque como cualquier situación estable o evaluativo, 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 (UNESCO/CIFA, 1980).

2.8.1. Estructura horizontal del Bosque

Está determinada tanto por las características del suelo y del clima, las características y estrategias de las especies como por los efectos de los disturbios sobre la dinámica del bosque. La respuesta a estos factores se ve reflejado en la

distribución del número de individuos por clase diamétrica, por lo tanto, las variables relacionadas son diámetro a la altura del pecho (DAP), y su frecuencia. Se han definido dos estructuras principales: las coetáneas, donde la mayoría de individuos están en la misma clase de tamaño, y la discetánea, en la cual los individuos están distribuidos en varias clases de tamaño (Ramos, 2004).

La estructura horizontal permite evaluar el comportamiento de los árboles individuales y de las especies en la superficie del bosque. Puede evaluarse a través de índices que expresan la ocurrencia de las especies, lo mismo que su importancia ecológica dentro del ecosistema, es el caso de las abundancias, frecuencias y dominancias, cuya suma relativa genera el Índice de Valor de Importancia (I.V.I). Los histogramas de frecuencia que son una representación gráfica de la proporción en que aparecen las especies, expresan la homogeneidad del bosque. Por otro lado, existen modelos matemáticos que expresan la forma como se distribuyen los individuos de una especie en la superficie del bosque, lo que es conocido como patrones de distribución espacial (Figuroa, 2014).

Expresa Reyes (2012), que el análisis de la estructura horizontal cuantifica la participación de cada especie con relación a las demás y muestra cómo se distribuyen espacialmente y que este aspecto puede ser determinado por los índices de densidad, dominancia y frecuencia. Para una determinación más objetiva se necesitan mediciones y definir índices que expresen la cantidad de árboles, su tamaño y su distribución espacial.

2.8.2. Índices para evaluar la vegetación

Los índices han sido y siguen siendo muy útiles para medir la vegetación. Si bien muchos investigadores opinan que los índices comprimen demasiado la información, además de tener poco significado, en muchos casos son el único medio para analizar los datos de vegetación. Los índices que se mencionan en este libro son los más utilizados en el análisis comparativo y descriptivo de la vegetación (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

- **Dentro del bosque se evalúan diferentes índices tales como:**

Abundancia absoluta

Que es el número de individuos de una especie que aparecen en una unidad muestra, lo cual indica el comportamiento del liderazgo de la población en una comunidad (Finol, 1971).

Abundancia relativa

Se refiere al porcentaje de individuos de una especie respecto al total de individuos que se encuentran en la muestra. Ratificando lo anterior definen este parámetro como la relación porcentual con respecto al número total de árboles levantados (Finol 1971 y Lamprecht, 1990)

Frecuencia relativa

Es 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 es calculado basándose en la suma total de la frecuencia absoluta (Finol, 1971).

Dominancia absoluta

Se representa por la sumatoria de áreas basales de los individuos de una especie, expresado en $m^3 \cdot ha^{-1}$. (Finol, 1971).

Índice de valor de importancia ecológica (IVIE)

Se denomina a la suma aritmética de los valores de frecuencia relativa, abundancia relativa y dominancia relativa

2.10. Estructura vertical del Bosque

Finol (1971) y Beck (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.

2.10.1. Análisis florísticos y estructurales del bosque

Los bosques están considerado como el mayor reservorio de especies, diversidad genética y hábitat, 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 (Kumar *et al.*, 2006).

Según plantearon Kumar *et al.* (2006), 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.

Aguirre *et al.* (2013), 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 estos estudios 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.

La estructura arbórea es un indicador adecuado de la biodiversidad, por lo que los árboles son los elementos más relevantes de la estructura del ecosistema forestal la misma sirve para evaluar el estatus de un ecosistema. Este último cambia fácilmente al aplicar tratamientos silvícolas, modificándose la estructura del bosque (Castellanos *et al.*, 2008); (Mutz *et al.*, 2010); (Ozdemir *et al.*, 2012) y (Hernández, *et al.*, 2013).

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 Sánchez, (2015). 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.

2.11. Diversidad florística

El concepto de diversidad es ampliamente utilizado en el ámbito de la ecología, uno de los conceptos más simples de diversidad, es el que se refiere a esta como la variedad de todas las formas de vida, a todo nivel de integración de los organismos, desde moléculas de ADN hasta ecosistemas, es por tanto la propiedad de entes vivientes de estar formados por unidades diferentes o desemejantes. O sea está formada por más de una unidad desemejante, que se puede medir y observar como el número de elementos biológicos que coexisten en ciertas dimensiones de tiempo y espacio. Este es un parámetro útil en el estudio y la descripción de las comunidades ecológicas. Por lo cual la diversidad se compone no solo de un elemento, sino de la variación y la abundancia relativa de especies (Sonco, 2013).

Según Figueroa (2014), la diversidad se compone de dos elementos, variedad o riqueza y abundancia relativa de especies, su expresión se logra mediante el registro del número de especies, la descripción de la abundancia relativa o mediante el uso de una medida que combine los dos componentes. El propio autor refiere que se han distinguido tres niveles de diversidad biológica: La diversidad alfa, es la diversidad dentro del hábitat o diversidad intracomunitaria; diversidad beta o diversidad entre diferentes hábitats, se define como el cambio de composición de especies a lo largo de gradientes ambientales y finalmente la diversidad gamma, es la diversidad de todo el paisaje y puede considerarse como la combinación de las dos anteriores.

Moreno *et al.* (2011), plantean que la diversidad de especies es un tema central tanto en ecología de comunidades como en biología de la el estudio de la diversidad de especies, ha adquirido mayor relevancia en los últimos años debido a su posible relación con el funcionamiento de los ecosistemas a través de procesos tales como la productividad y la estabilidad y por su modificación como resultado de actividades humanas.

2.11.1 Diversidad beta (β)

La diversidad beta o diversidad entre hábitats es el grado de reemplazamiento de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales, a diferencia de la diversidad alfa y gamma, que pueden ser medidas fácilmente en función del número de especies, la medición de esta diversidad está basada en proporciones que pueden evaluarse con base en índices o coeficientes de similitud, disimilitud o de distancia entre las muestras a partir de datos cualitativos (presencia- ausencia de especies), cuantitativos o bien con índices de diversidad beta propiamente dichos (Polo, 2008).

2.11.2. Diversidad Alfa (α)

En una primera aproximación corresponde a un concepto claro y de fácil uso; el número de especies presente en un lugar, esta sencillez es engañosa, ya que el número de especies de un grupo indicador que se encuentra en un determinado punto puede variar mucho de un lugar a otro, aun dentro de un mismo tipo de comunidad y en un mismo paisaje (Sonco, 2013).

La diversidad alfa según Moreno y Halffte (2001), es la riqueza de especies de una comunidad particular a la que consideramos homogénea, la diversidad beta es el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje, y la diversidad gamma es la riqueza de especies del conjunto de comunidades que integran un paisaje, resultante tanto de las diversidades alfa como de las diversidades beta.

2.12. Diversidad ecológica

La diversidad es un concepto que abarca diferentes interpretaciones, como la diversidad dimensional y estructural, aunque en su versión más simple se emplea como sinónimo de diversidad de especies. La estructura de una comunidad vegetal hace referencia, entre otras cosas, a la distribución de las principales características arbóreas en el espacio, teniendo especial importancia la distribución de las diferentes especies y la distribución de las mismas por clases de tamaño (Mora *et al.*, 2013).

La diversidad de un ecosistema depende de dos factores, el número de especies presente y el equilibrio demográfico entre ellas. Entre dos ecosistemas hipotéticos formados por especies demográficamente idénticas (el mismo número de individuos de cada una, algo que nunca aparece en la realidad) consideraríamos más diverso al que presentara un número de especies mayor (Motz *et al.*, 2010).

Además plantean que la mayoría de los ecólogos han coincidido en que la diversidad de especies debe ser distinguida en al menos tres niveles: La diversidad local o diversidad alfa (α), la diferenciación de la diversidad entre áreas o diversidad beta (β) y la diversidad regional o gamma. La mayoría de estudios sobre diversidad se enfocan a la diversidad alfa, en forma de riqueza de especies.

2.13. Amenazas a la biodiversidad riqueza de especies florísticas

Riqueza, es el número total de especies obtenido por el censo de una comunidad. La riqueza de especies en un área determinada es una de las medidas de diversidad más utilizadas en la actualidad por su facilidad de interpretación y debido a problemas encontrados en los diferentes índices de diversidad como sobreestimaciones de equidad de la diversidad y dependencia del tamaño de la unidad muestral, por ejemplo (Quiñones, 2012).

La riqueza específica (S) se basa únicamente en el número de especies presentes. La forma ideal de medir la riqueza específica es contar con un inventario completo que nos permita conocer el número total de especies (S) obtenido por un censo de la comunidad. Esto es posible únicamente para ciertos taxos bien conocidos y de manera puntual en tiempo y en espacio. La mayoría de las veces se recurre a índices de riqueza específica obtenidos a partir de un muestreo de la comunidad (Moreno, 2001).

Cabe destacar, que la riqueza florística se evalúa de la curva área – especie, la cual proporciona información sobre el incremento de especies en superficies crecientes, a partir de un diámetro mínimo considerado. Esta curva proporciona en parte la información para detectar en qué superficie no es significativo el incremento de nuevas especies (Zamora, 2010).

Amenazas a la biodiversidad son las fuentes de peligro asociadas a procesos sociales y económicos, que tienen la probabilidad de manifestarse produciendo efectos adverso sobre la variedad y la variabilidad acciones de diferentes especies, las comunidades y los ecosistemas (Curiel, 2010).

El desarrollo de actividades, los derrame de petróleo, la minería sin control, el tráfico y el uso inadecuado de especies, uso inadecuado de pesticidas, los incendios forestales, la colonización, la apertura de vías, la demanda de la industria forestal, la presión demográfica y los desastres naturales inciden, directa o indirectamente, sobre la integridad de los ecosistemas del país (Osorio, 2013).

2.14. Conservación de biodiversidad

Los bosques tropicales cubren solo un 10% de la superficie terrestre, pero tienen una gran importancia a escala global ya que capturan y procesan grandes cantidades de carbono aproximadamente seis veces más que el carbono que la actividad humana libera a la atmósfera por el consumo de combustibles fósiles (Wright, 2010).

La mayor superficie de bosque tropical se encuentra en el continente americano (55,0%), seguida de Asia (33,8%) y África (11,2%). Esto confiere a la región tropical del continente americano, también conocida como el Neotrópico, un gran interés para el estudio de la biodiversidad y para la conservación (Achard *et al.*, 2007).

La biodiversidad contempla toda clase de variedad natural, diversidad de comunidades a nivel paisaje, entre comunidades y especies dentro de una misma comunidad, por lo que la diversidad de especies es un aspecto muy importante para el manejo forestal y la conservación (Hernández *et al.*, 2013).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del área de estudio

El presente trabajo se desarrolló en la fecha comprendida desde Septiembre del 2019 hasta junio de 2020 en las fajas hidrorreguladoras del río Bano, municipio Guantánamo, provincia Guantánamo, en un suelo pardo con carbonato. Según el Departamento Provincial de Suelo de Guantánamo 2019.

El área objeto de estudio se localizó en la subcuenta hidrográfica Bano, desde el puente Los Cocos hasta el puente La Lupe por ambas márgenes del río. Pertenece esta subcuenca a la gran Cuenca Hidrográfica Guantánamo–Guaso, que se ubica en la región suroriental de las provincias Santiago de Cuba y Guantánamo.

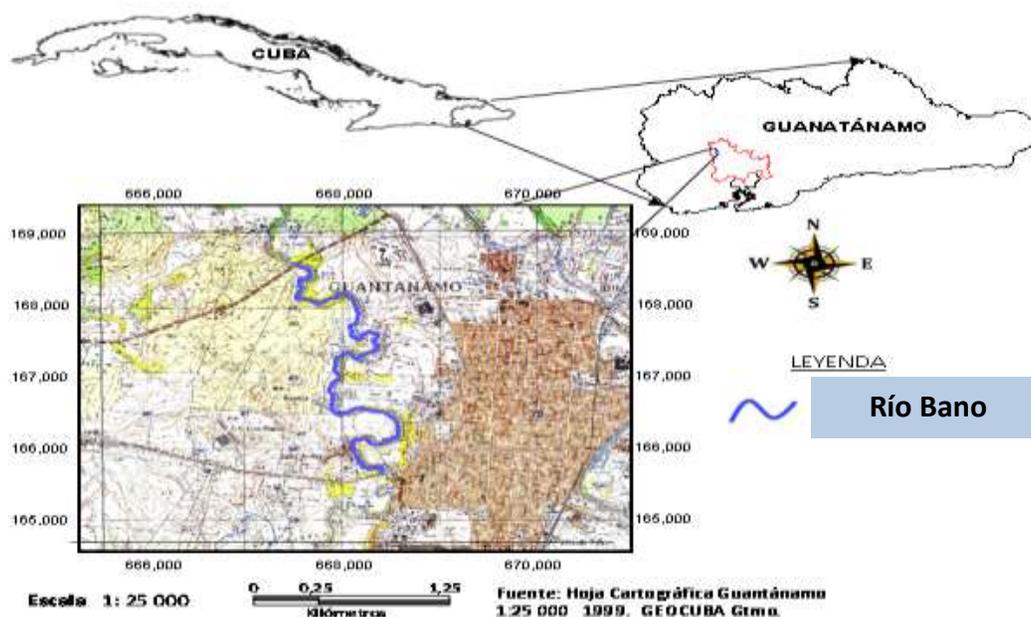


Figura 1. Localización del área de estudio de las fajas hidrorreguladoras del río Bano

3.2. Características del suelo en el área de estudio

3.2.1. Propiedades físico-químicas

Según el departamento provincial de suelos (2019) los suelos que caracterizan el área de estudio son del tipo pardo con carbonato, medianamente profundo, medianamente humificado, de textura arcilloso, de buen drenaje, con una

profundidad efectiva evaluada de profundo (63 cm.), un límite superior de plasticidad (LSP) tanto en el primer horizonte como en el resto de las capas evaluado como no plástico. La elevación capilar (EC) en estos suelos es mediana y poseen valores de pH en KCl y en H₂O ligeramente alcalinos (7,4) y medianamente alcalino tanto en superficie como en profundidad, respectivamente.

La capacidad de intercambio catiónico (T) en todos los horizontes es de (23,0 a 28,0 Cmol.kg⁻¹) y los contenidos de Ca intercambiables (42,58 Cmol.kg⁻¹), se comportan medianos en todo el perfil. Referidos al porcentaje de T, los cationes Mg, K y Na muestran valores cercanos al mínimo permisible (MINAG, 1987) para la generalidad de los cultivos. Es un suelo con contenidos bajos de materia orgánica en sus horizontes inferiores y valores muy bajos de P₂O₅. Los valores de K₂O van de medios a bajos (Tablas 1 y 2).

3.3. Caracterización climática del municipio

El climodiagrama muestra las características climáticas del municipio Guantánamo, en un período del mes Junio de año 2007 hasta el mes Junio de 2019 (con datos de 12 años de evaluación sistemática). La estación meteorológica está a una altitud de 20 metros sobre el nivel del mar (msnm), con temperatura promedio anual de 26,27°C, máxima absoluta de 32°C y máxima media absoluta de 15,6°C. La mínima media registrada es de 13,8°C y como mínima absoluta 20°C, mientras las precipitaciones son de 851,1mm anual, comportándose por encima de los 100 mm septiembre y octubre, y desde abril hasta agosto, ocurren precipitaciones por debajo de los 100 mm, además aparecen dos períodos secos: de enero a marzo y de noviembre hasta diciembre, según (Centro Meteorológico Guantánamo 2019).

3.4. Realización del diagnóstico

Se realizó un diagnóstico general en el asentamiento del río Bano, a partir de los principales problemas que afectan las fajas hidrorreguladoras, a través de los indicadores agroecológicos (social y medio ambiental), en busca de soluciones para lograr una estrategia sostenible en áreas deforestadas, adaptada al ecosistema, mostrándose la secuencia de trabajo

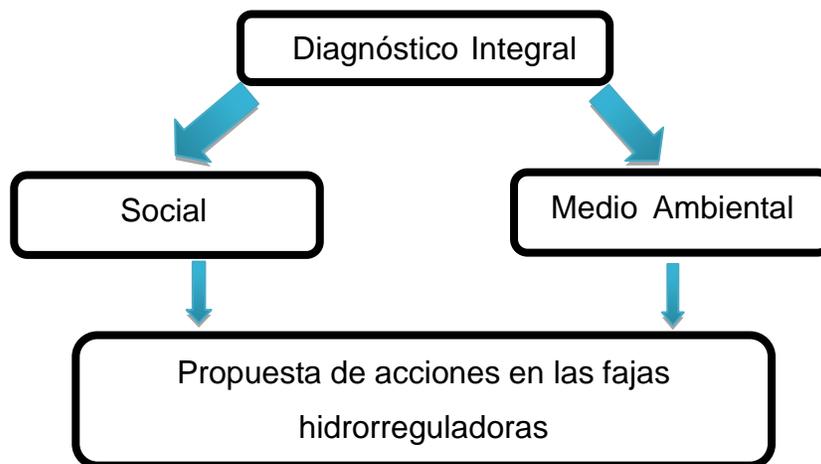


Figura 3. Metodología de investigación de las fajas forestales hidrorreguladoras del río Bano.

3.5. Estrategia de diagnóstico

3.5.1. Social

En el diagnóstico de esta información se utilizó como herramienta fundamental un cuestionario a especialistas y dirigentes, para conocer las principales problemáticas y propuestas de alternativas en las fajas forestales hidrorreguladoras del río Bano, en función de conocer el estado de opinión sobre los trabajos a realizar, donde se estructuraron preguntas, las cuales, según el objetivo, fueron esenciales (aquellas relacionadas directamente con la problemática a resolver y los objetivos definidos). Según su naturaleza las preguntas fueron de intención u opinión (aquellas relacionadas con el propósito, decisiones, proyectos, juicios, valoraciones y críticas de los encuestados) y según la forma, las preguntas fueron:

Abiertas: pues permitieron al encuestado exponer libremente sus consideraciones e informaciones sobre los problema que afectaban a las fajas forestales hidrorreguladoras.

Cerradas: pues incluían las posibles respuestas que podían ser seleccionadas por el encuestado. A su vez, las preguntas cerradas que se usaron fueron de los tipos: bivalentes, es decir podían dar dos respuestas, (por supuesto, excluyentes

y antónimas) y con alternativas excluyentes (ofrecían varias respuestas posibles pero que se rechazaban mutuamente).

Se aplicó una prueba previa o pre-test a una muestra preliminar de 30 individuos, con el fin de ajustar el cuestionario según explican Hernández (2004). Todo lo cual permitió obtener elementos complementarios sobre el problema, introducir o excluir indicadores y rediseñar preguntas.

Después de realizar la prueba previa y el cuestionario (Anexo 1), a éste se aplicó a la muestra determinada a través del procedimiento planteado para estudios sociales en poblaciones finitas o conocidas.

Las entidades que se vinculan con el trabajo de las fajas hidrorreguladoras: Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), Recursos Hidráulicos y Planificación Física, hay un total de 90 personas (60 hombres, 20 mujeres y 10 directivos). Se encuestaron el 100% de los especialistas y los 10 directivos, que son la totalidad de la muestra, con el objetivo de conocer las causas que han provocado la degradación de los suelos, la escorrentía y el deterioro medioambiental en las fajas hidrorreguladoras del río Bano.

A los resultados de la cuestionario se les realizó un análisis de comparación entre proporciones, utilizando el programa CompaPro 1.0, según (Font *et al.* 2007). Las diferencias entre medias se determinaron según Duncan (1995) en los casos necesarios.

3.5.2. Medioambiental

3.5.2.1. Metodología empleada

Se levantaron un total de 50 parcela, 25 parcelas del lado izquierdo y 25 del lado derecho de 20 x 25 m (500 m²), a una distancia estimada entre parcelas de 100 m, pues según Malleux (1982), citado por Ortiz y Carrera (2002) plantean que las grandes parcelas son las ideales para bosques heterogéneos ya que se asegura una mayor representatividad de las especies del bosque.

Se contabilizaron las especies florísticas presentes en los diferentes estratos según metodología propuesta por Álvarez y Varona (2006) donde el estrato

herbáceo (hasta 0,99 m), arbustivo (1 a 4,99 m) y arbóreo (mayor de 5 m), a las especies presentes en los estratos arbustivo y arbóreo se les midió la altura (h) que se determinó mediante la apreciación visual y el diámetro (D) con una cinta diamétrica.

El inventario se realizó mediante un muestreo aleatorio simple y para determinar si el esfuerzo de muestreo fue suficiente para representar adecuadamente la comunidad fue analizada la curva de área/especie, donde se relacionan el número acumulado de nuevas especies por parcela, esta es la llamada “curva del colector”.

3.6. Diversidad de especies

3.6.1. Diversidad beta (β)

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 (Group Average Link).

3.6.2. Diversidad alfa (α)

La diversidad (*alfa*) de especies florística del bosque de galería de las fajas forestales hidrorreguladoras, se determinó mediante la metodología de Aguirre y Yaguana (2012). Donde se determinaron el índice de riqueza, la abundancia proporcional de especies, dominancia de especies y el índice de valor de importancia ecológico.

- **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).

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

Donde: S = Número de especies

N= Número total de individuos

- **Abundancia proporcional de especies**

Índice de Shannon-Wiener. Es uno de los índices más utilizados para determinar la diversidad de especies de plantas de un determinado hábitat. Para utilizar este índice, el muestreo debe ser aleatorio y todas las especies de una comunidad vegetal deben estar presentes en la muestra (*Shannon* ,1948). Este índice se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$H' = -\sum p_i \ln p_i \quad p_i = \frac{N_i}{N}$$

Donde:

p_i = Probabilidad de la especie i respecto al conjunto.

N_i = Número de individuos de la especie i .

N = Número total de individuos de la muestra.

- **Dominancia de especies**

El índice de Simpson es otro método utilizado, comúnmente, para determinar la diversidad de una comunidad vegetal.

$$D = \frac{\sum (n_i(n_i - 1))}{(N(N - 1))} \quad R = \frac{1}{D}$$

Donde:

n_i = Número de individuos por especie

N = Número total de individuos

R = Riqueza

3.6.3. Estructura horizontal

$$AR = \frac{\# \text{ De individuos de una especie}}{\# \text{ Total de individuos de todas las especies}} \times 100$$

$$FR = \frac{\text{De parcelas en la que ocurre una especie}}{\text{Total de ocurrencia en todas las parcelas}} \times 100$$

$$DR = \frac{\text{Área basal de una especie}}{\text{Área basal de todas las especies}} \times 100$$

- **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 relativa, abundancia relativa y frecuencia relativa.

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 (Keel *et al.*, 1997).

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

$$IVIE = AR + DR + FR$$

Donde: AR (Abundancia relativa)

DR (Dominancia relativa)

FR (Frecuencia relativa)

3.7. Diseño acciones en las fajas forestales hidrorreguladoras del río Bano

Para la diseño se realizó a partir del resultado del diagnóstico que se efectuó en el asentamiento de las fajas forestales hidrorreguladoras, a partir del criterio de los especialistas y directivos según la metodología de Arencibia y Sánchez (2005), que plantean la realización de un plan operativo según el Diagrama de Gantt enriquecido.

3.8. 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**.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Comportamiento del criterio social en las fajas forestales hidrorreguladoras en el río Bano

En la tabla 3 se observa el comportamiento del criterio social en las fajas forestales hidrorreguladoras en el río Bano, donde las respuestas que predominan son de ineficiente, regular y bueno, con diferencias significativas entre ellos y los restantes criterios: muy bueno y excelente, además se manifiesta que las acciones de manejo integrado de la cuenca hidrográfica y en las fajas hidrorreguladoras, las especies forestales, la conservación de los suelos y los problemas medioambientales, no existe un criterio favorable en función del desarrollo sostenible para conservar los recursos naturales.

También se puede valorar que existe mejoría en el conocimiento de la importancia de las fajas hidrorreguladoras, con repuestas de excelente y muy bueno, además consideran que la reforestación aplicada es importantes para la conservación de la diversidad en las fajas hidrorreguladoras, donde debe consolidarse a partir de la capacitación, talleres participativos y materiales educativos.

Es de gran importancia el manejo sostenible en las fajas, donde debe dejarse claro los criterios sociales y ambientales, en función de mantener la biodiversidad del área, que cuando no se maneja bien comienzan aparecer especies invasoras en el ecosistema y desplazan a las especies típicas del entorno.

Alvarado *et al.* (2014) dejan claro que el uso de plantas para el control de la erosión es una práctica efectiva; sin embargo, las especies nativas son fundamentales por su valor ecológico y estético en los ecosistemas

Coincide con estos resultados los obtenidos por Molina *et al.* (2011) al plantear que ante las problemáticas y las potencialidades existentes, las estrategias en el futuro, deberían orientarse hacia el manejo y gestión integral en las cuencas hidrográficas, a partir de acciones que mejoren la distribución, las inversiones, institucionalidad, organización, esfuerzos conjuntos, sensibilización, gobernanza, planificación, ordenamiento territorial y otros aspectos necesarios para lograr los

objetivos de los enfoques aplicados, lo cual demanda una cantidad considerable de recursos económicos.

Resultados similares encontró Renda *et al.* (2011), citado por Pérez (2018) al plantear que en una cuenca hidrográfica de la provincia Holguín, donde los problemas de erosión y degradación de los suelos, deforestación en márgenes del río y la no existencia de un plan de acciones para el mantenimiento de esta área, fueron las más significativas.

Además (Peña, 2015) deja claro que el manejo de las fajas hidrorreguladoras es muy favorable para poder aprovechar y conservar los recursos naturales en función de las necesidades del ser humano, donde se pueda alcanzar una adecuada calidad de vida en armonía con su medio ambiente

También coinciden con estos valores los que alcanzó Durán *et al.* (2014.) al plantear que la cubierta vegetal es un factor crucial en la mitigación de la erosión del suelo, su capacidad de protección está estrechamente relacionada con la biomasa y la diversidad de especies.

Coincide con estos resultados los obtenidos Beheshti *et al.*, (2012) al plantear por Los cambios significativos de la cubierta terrestre afectan de forma crucial a la calidad y salud de los suelos, sobre todo los cambios de uso que promueven la degradación de éstos.

Tabla 3. Comportamiento del criterio social y económico-productivo en las fajas forestales hidrorreguladoras en el río Bano.

No.	Acciones	1	2	3	4	5	EE±
		Ineficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente	
		%	%	%	%	%	
1	¿Cómo considera el manejo integrado de la cuenca hidrográfica (MICH) del Bano?	58 ^a	42 ^b	0	0	0	0,74*

2	Como considera el manejo de las fajas forestales hidrorreguladoras del río Bano?.	18 ^b	66 ^a	16 ^c	0	0	0,89*
3.	¿Cómo considera el uso de las especies forestales en las fajas forestales hidrorreguladoras?	42 ^a	32 ^b	26 ^c	0	0	0,56*
4	¿Cómo considera que la importancia del manejo de las fajas forestales hidrorreguladoras.?	0	0 ^d	11 ^c	31 ^b	58 ^a	0,63*
5	¿Cómo se comportan los problemas medioambientales en las fajas hidrorreguladoras del río Bano?	70 ^a	22 ^b	8 ^c	0	0	0,58*
6	¿Usted cree que las medidas de conservación de suelos que se aplican en las fajas hidrorreguladoras logran el desarrollo sostenible?.	26 ^c	48 ^a	30 ^b	3 ^d	5 ^d	0,72*
7	¿Cómo considera las actividades de Educación Ambientales desarrolladas en las fajas hidrorreguladoras?.	4 ^d	6 ^d	38 ^a	30 ^b	22 ^c	0,96*
8	¿Usted considera que la reforestación aplicada es importantes para la conservación de la diversidad en las fajas hidrorreguladoras?.	0	2 ^d	14 ^c	28 ^b	52 ^a	0,80*
9	¿Tiene conocimientos acerca de las especies	57 ^a	25 ^b	15 ^c	3 ^d	0	0,73*

	forestales que forman parte de las fajas hidrorreguladoras?.						
--	--	--	--	--	--	--	--

Medias con letras diferentes difieren a $P \leq 0,05$ (Duncan, 1995) * $P \leq 0,05$

4.2. Comportamiento Medioambiental

En la Figura 4 y 5 se observa los resultados obtenidos del muestreo según curva área – especie, mostrando que a partir de la parcela 24 para el lado izquierdo se logra la asíntota vertical, mientras que para el lado derecho se alcanza la asíntota vertical en la parcela 22, significando que no se observa la aparición de nuevas especies en condiciones ambientales con las mismas características, pues se acepta el muestreo.

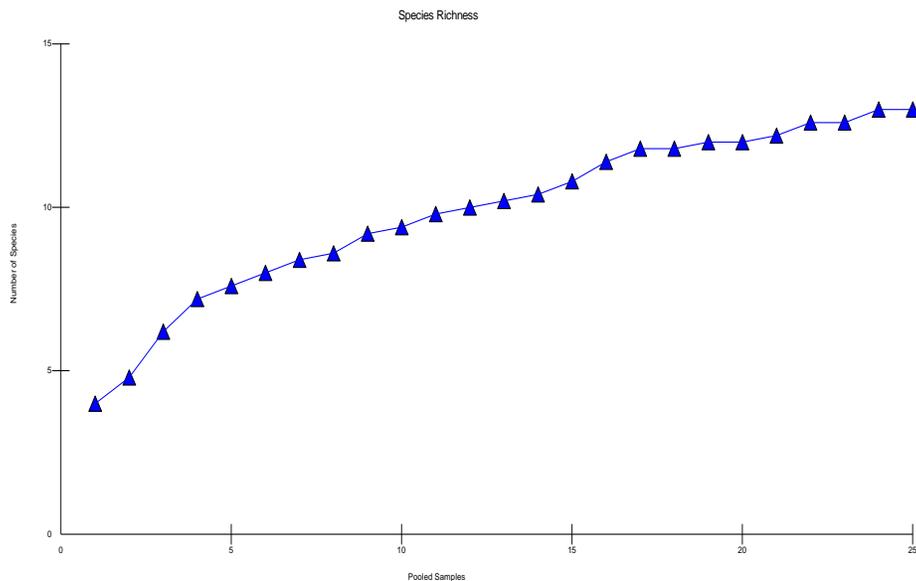


Figura 4. Curva-área especie obtenida a partir del muestreo del lado izquierdo de la faja hidrorreguladora

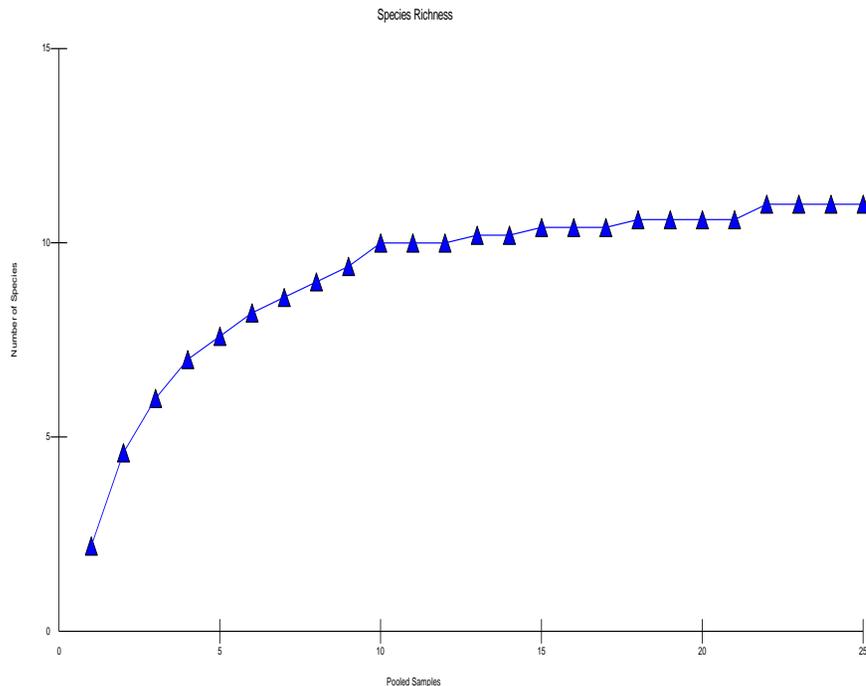


Figura 5. Curva-área especie obtenida a partir del muestreo del lado derecho de la faja hidrorreguladora

4.3. Diversidad beta

El análisis del conglomerado del lado izquierdo figura 6, permitió distinguir dos agrupaciones de acuerdo a la composición y abundancia de las especies de la flora leñosa en cada una de las parcelas, agrupándose de la manera siguiente:

Grupo I: (parcelas 1; 21; 9; 12; 13; 11; 18; 17; 19; 24; 20; 8; 23; 2; 15; 16; 25; 4; 3; 6; 5; 22; 7; 10; 14)

Grupo II: (parcela 14)

Las especies más abundantes por grupo son:

Grupo I: *Leucaena leucocephala*, *Cordia alba*, *Samanea saman*, *Cecropia peltata*, *Guazuma tomentosa*, *Talipariti elatum* y *Haematoxylum campechianum*

Grupo II: *Samanea saman*, *Leucaena leucocephala* y *Cordia alba*

El primer grupo presenta 65% de similitud compuesto por parcelas que se localizan en los bosques cercanos al margen izquierdo del río, destacando la

presencia de especies invasoras como *Leucaena leucocephala* y especies de valor económico como: *Samanea saman* y *Talipariti elatum*

El segundo grupo presenta 60% de similitud compuesto por parcelas que se encuentran representadas en este bosque, donde se pueden encontrar la especie invasora *Leucaena leucocephala*, se observó que la misma está desplazando a las especies típica del área.

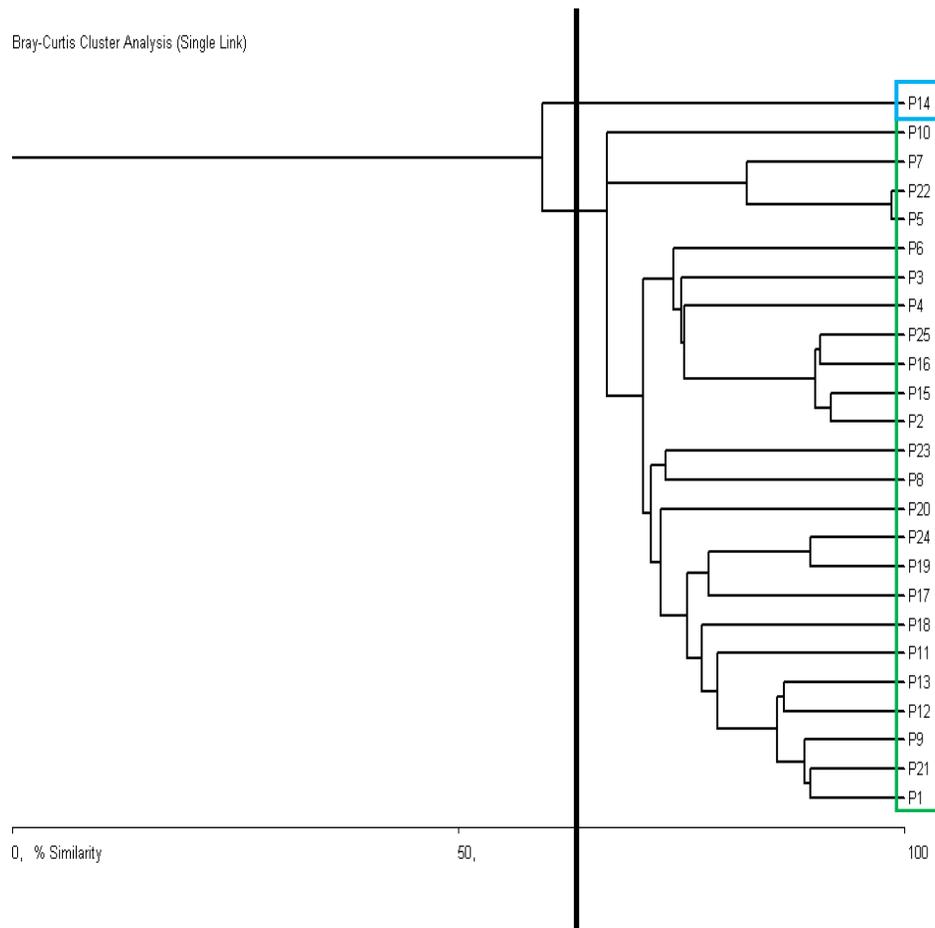


Figura 6. Dendrograma del lado derecho de la faja hidrorreguladora

Al analizar el dendrograma del lado izquierdo en la figura 7, permitió distinguir cinco conglomerados o grupos de parcelas de acuerdo a la composición y abundancia de las especies de la flora leñosa en cada una de ellas, agrupándose de la manera siguiente:

Grupo I: (parcelas 1;6; 2; 4;9; 12; 7; 11; 17; 11; 16; 18; 25; 19;23;17; 22; 13; 10; 8; 21; 24; 3),

Grupo II: (parcela 5)

Grupo III: (parcela 14)

Grupo IV:(parcela 15; 20)

Entre las especies más abundantes por grupo se encuentran:

Grupo I: *Leucaena leucocephala*, *Delonix regia*, *Cordia alba*, *Haematoxylum campechianum*, *Samanea Saman* y *Guazuma tomentosa*

Grupo II: *Samanea Saman*, *Cordia alba* y *Haematoxylum campechianum*

Grupo III: *Guazuma tomentosa*, *Haematoxylum campechianum*, *Leucaena leucocephala* y *Coccoloba costata*

Grupo IV: *Delonix regia*, *Samanea saman*, *Talipariti elatum*, *Cordia alba* y *Haematoxylum campechianum*

El grupo I presenta 55% de similitud compuesto por parcelas que se localizan en los bosques cercanos al margen derecho del río, destacando la presencia de especies invasoras como *Leucaena leucocephala*, que según Oviedo (2005) pueden llegar a transformar la estructura y composición florística del bosque y de valor económico la *Samanea saman*.

El grupo II, III y IV presenta un 50% de similitud compuesto por parcelas que se localizan en los bosques cercanos al margen derecho del río destacando la presencia de especies invasoras como *Leucaena leucocephala* y de valor económico la *Samanea saman* y *Guazuma tomentosa*, también se observó la tala indiscriminadas de algunas especies para la extracción de leña provocando la degradación del suelo.

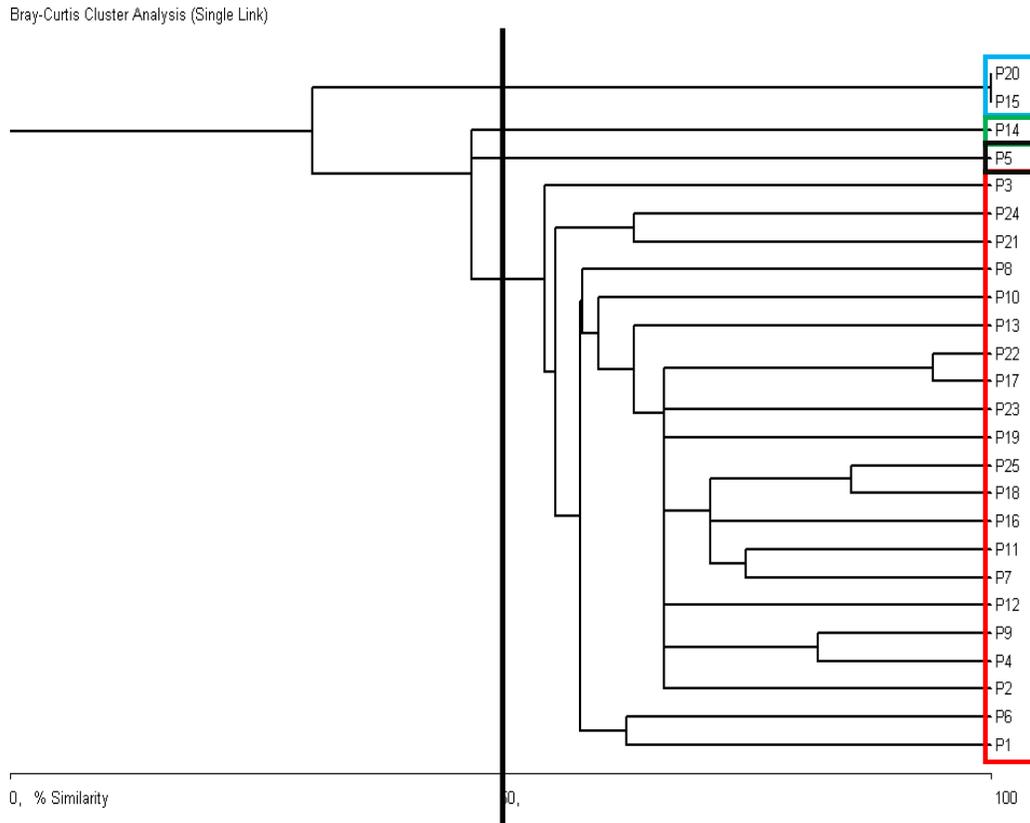


Figura 7. Dendrograma del lado derecho de la faja hidrorreguladora

De forma general se observa que en todas las parcelas tanto del lado izquierdo como en el lado derecho las especies que más abundaron son: *Samanea saman* y la *Guazuma tomentosa*, como especies de valor económico, también se encontraron como abundantes la *Coccoloba retusa* y la *Leucaena leucocephala*.

A decir de la especie *L. leucocephala*, está reportada por Regalado *et al.*, (2012), citado por Alvarado (2018), en la lista nacional de especies de plantas invasoras y potencialmente invasoras en la República de Cuba - 2011. Para estos autores *Leucaena leucocephala*, se encuentra entre las 100 especies más nocivas y también ha sido clasificada como una de las especies de mayor preocupación. Por todo lo antes expuesto la especie *Leucaena leucocephala* debe ser considerada como especie invasora en la región, ya que, en Cuba, en condiciones similares se ha expandido y alcanzado esta categoría.

También se observó la tala indiscriminada de algunas especies para la extracción de leña provocando la degradación del suelo, resultados que coinciden con los obtenidos (Samaniego *et. al.*, 2015) donde encontró un área accesible a las comunidades donde se realizan prácticas de extracción de productos maderables y no maderables, lo que genera un mayor grado de perturbación

En este bosque se corrobora lo descrito por Herrero (2008) citado por Pérez (2018) al plantear que cuando no se aplica un manejo sostenible, propicia el traslado del escurrimiento superficial hacia los horizontes inferiores del suelo, la erosión, lo que interviene en la calidad de las aguas, los caudales y en la afectación de los bosques.

4.4. Diversidad Alfa

En la tabla 4 se observan las Familias con mayor cantidad de individuos del lado izquierdo más abundantes fueron la familia Mimosaceae con 77 individuos, la Boraginaceae con 46 y Caesapinaceae con 28 individuos.

Tabla 4. Familias con especies e individuos del lado izquierdo de la faja hidrorreguladora

FAMILIAS	ESPECIES	INDIVIDUOS
Moraceae	1	18
Caesapinaceae	4	29
Stersaceae	2	18
Malvaceae	1	13
Mimosaceae	3	77
Anacardeaceae	1	6
Bombanaceae	1	5
Boraginaceae	1	46
Convosaceae	1	8
Annonaceae	1	5
Ulmaceae	1	3

En la tabla 5 se observan las Familias con mayor cantidad de individuos del lado izquierdo más abundantes fueron la familia Mimosaceae con 86 individuos, Mimosaceae con 86, Caesalpinaceae con 38 y la Boraginaceae con 35.

Tabla 5. Familias con especies e individuos del lado izquierdo de la faja hidrorreguladora

FAMILIAS	ESPECIES	INDIVIDUOS
Mimosaceae	3	86
Polygonaceae	1	36
Boraginaceae	1	40
Bursesaceae	1	7
Moraceae	1	12
Stersaceae	1	9
Bombanaceae	1	8
Caesalpinaceae	3	38
Malvaceae	1	7
Anacardaceae	1	6

De forma general se observa tanto para el lado izquierdo como para el lado derecho las familias con mayor cantidad de individuos son: Mimosaceae, Boraginaceae y la Caesalpinaceae. Estas familias mejor representadas en relación con la cantidad de especies coinciden con los mostrados por (López, 2014), (Osnil, 2018) y (Cantos *et. al.*, 2018) en investigación realizada en bosque submontano, bosque de galería y bosque pluvisilva de baja altitud sobre complejo metamórfico respectivamente, donde reportaron como unas de las familias con mayor representatividad las Mimosaceae y Boraginaceae.

La figura número 8 presenta la cantidad de individuos por estratos en el lado izquierdo del río, donde se puede apreciar que en el estrato herbáceo existe la mayor riqueza seguido del arbustivo y el arbóreo.

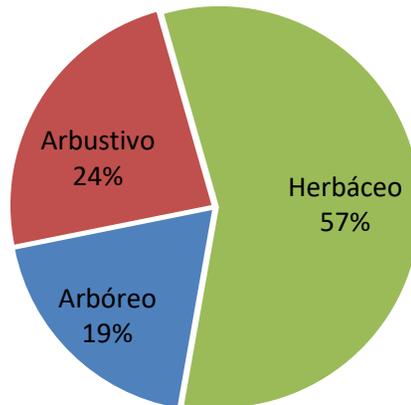


Figura 8. Total de individuos en los estratos vegetales del lado izquierdo

Mientras que la figura 9 para el lado derecho se caracteriza el estrato herbáceo, que es donde existe la mayor riqueza, seguida por el arbustivo y el arbóreo respectivamente.

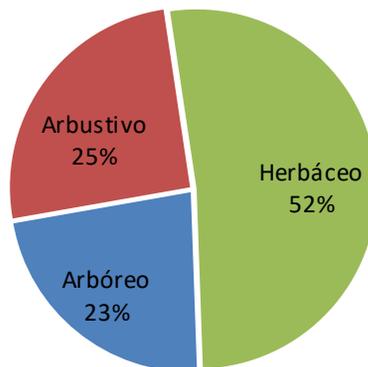


Figura 9. Total de individuos en los estratos vegetales del lado derecho

De forma general se observa tanto para el lado izquierdo como el lado derecho de las fajas, que la diferencia de individuos del estrato arbóreo y el arbustivo con respecto al herbáceo, está dado a que ambos lados de las fajas hidrorreguladoras no se realizan atenciones silviculturales a estos tipos de bosques, además, la erosión y degradación de los suelos, impiden que muchas de las especies que se encuentran en el estrato herbáceo se desarrollen correctamente, el estrato

arbustivo está en mejores condiciones que el arbóreo, debido al manejo irracional de las fajas hidrorreguladoras, provocada por la acción del hombre, con el objetivo de lograr fines particulares.

Se puede valorar que muchas de estas especies no cumplen con los requisitos para formar parte de la faja, se corrobora con lo descrito por (Herrero, 2007) citado por (Pérez, 2018) donde plantean 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, además esta área se ve afectada por la presencia del hombre ya que hay algunos árboles talados en ella y que muchas especies de estas especies no cumplen los requisitos.

Existe una reducida abundancia del estrato arbustivo, lo que indica que estas son las más aprovechadas resultados que coinciden (Chala *et al.*, 2018) plantando que estos recursos son utilizados por los pobladores fundamentalmente para varas, horcones, largueros, tablas para construcciones de viviendas, cujes y poste para la construcción de cercas y en mayor medida el uso de leña para material combustible de uso doméstico

En la tabla 6 se muestra el comportamiento de la diversidad de especies florísticas en las faja forestal hidrorreguladora del lado izquierdo del río, donde se identificaron 19 especies (anexo 1) con 228 individuos, encontrándose los mayores valores de riqueza (Mg) en la parcela 8 y 16 con 28,2 y 30,2 respectivamente, el índices de abundancia proporcional de especies (H^l) para el área es bajo, con valores entre 0 y 1,07. El índice de dominancia (D), es bajo, oxilando entre 0,15 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.

Tabla 6. Riqueza y diversidad de especies leñosas por parcelas del lado izquierdo de la faja hidrorreguladora

Parcelas	Número		Índice			
	Especies	Individuos	Margaleff Mg	Shannon H'	Simpson D	Simpson 1/D
P1	5	11	7,2	0,94	0,33	3,00
P2	4	13	9,0	0,98	1,00	1,00
P3	6	17	11,1	0,77	0,25	4,00
P4	6	15	9,3	0,97	0,39	2,55
P5	5	7	14,3	1,01	0,27	3,75
P6	3	8	11,1	1,07	0,20	4,93
P7	2	6	8,7	0,84	1,00	1,00
P8	5	11	28,2	0,88	0,29	3,46
P9	3	6	11,1	0,92	0,31	3,27
P10	5	11	8,3	0,52	0,17	6,00
P11	3	10	8,1	0,94	0,31	3,21
P12	3	12	16,6	0,75	0,15	8,05
P13	1	4	12,9	0,85	0,23	4,29
P14	2	6	10,5	0,83	0,26	3,88
P15	1	2	9,6	0,88	0,61	1,64
P16	3	8	30,2	0,89	0,40	2,50
P17	3	7	10,5	0,92	0,30	3,32
P18	2	6	12,9	1,00	0,47	2,14
P19	6	24	9,3	0,97	0,39	2,55
P20	1	4	10,0	1,01	0,27	3,75
P21	3	10	10,0	1,05	0,20	4,93
P22	4	9	7,7	0,83	0,54	1,87
P23	3	9	11,8	0,52	0,17	6,00
P24	2	7	7,2	0,94	0,31	3,21
P25	2	5	11,1	0,80	0,47	2,13

Legenda: 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 7 se muestra el comportamiento de la diversidad de especies en las fajas forestales hidrorreguladoras del lado derecho del río, donde se identificaron 16 especies (anexo 1) con 249 individuos, encontrándose los mayores valores de riqueza en las parcelas 5 y 13 con 32,1 y 31,2 respectivamente, el índices de abundancia proporcional de especies (H') para el área es bajo, con valores entre 0 y 0,94 el índice de dominancia (D), es bajo, oxilando entre 0,17 y 1,00 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 7. Riqueza y diversidad de especies leñosas por parcelas del lado derecha de la faja hidrorreguladora

Parcelas	Número		Índice			
	Especies	Individuos	Margaleff Mg	Shannon H'	Simpson D	Simpson 1/D
P1	6	18	8,94	0,80	0,30	2,14
P2	4	12	7,71	0,52	0,29	3,88
P3	3	15	7,35	0,88	0,34	3,11
P4	4	8	6,96	0,62	0,26	3,65
P5	4	10	32,1	0,89	0,30	1,64
P6	3	11	8,37	0,57	0,27	3,83
P7	2	5	7,90	0,65	0,22	2,67
P8	4	14	11,1	0,81	0,54	6,00
P9	3	7	9,3	0,88	0,61	4,33
P10	5	13	14,3	0,55	0,20	2,50
P11	4	15	11,1	0,92	0,40	3,32
P12	4	11	8,7	0,83	0,47	3,58
P13	3	10	31,2	0,49	0,22	4,58
P14	2	8	11,1	0,83	0,26	1,87
P15	1	6	7,71	0,55	0,17	4,35
P16	3	13	8,29	0,47	0,36	2,14
P17	2	14	7,65	0,69	0,24	3,00
P18	2	10	8,58	0,66	0,25	3,80
P19	4	7	9,38	0,53	0,24	4,53
P20	5	13	9,38	0,51	0,29	3,72
P21	2	8	8,1	0,81	0,31	3,14
P22	1	5	16,6	0,66	0,47	2,13
P23	3	10	12,9	0,91	0,29	3,50
P24	1	4	10,5	0,94	0,33	3,35
P25	3	7	9,6	0,83	1,00	1,00

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

De forma general la riqueza y diversidad de especies en ambas fajas hidrorreguladora se comportan similares, 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 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.

También con los obtenidos por Carricante *et al.* (2015) donde demuestra que la pérdida de diversidad provocada por las perturbaciones identificadas en el sector «Los Amaros», con la consecuente fragmentación del bosque de ribera.

Con respecto a la abundancia de especies (H'), Ramírez y Chang (2016), obtuvieron resultados similares en un estudio realizado en la flora existente en la finca Charco Mono, debido a que la mayoría de las especies resultaron escasas. El comportamiento mostrado no es negativo, ya que este indicador depende directamente del valor de abundancia y este, a su vez, del número de individuos de cada especie.

En la tabla 8 se muestra la abundancia relativa del lado izquierdo de la faja hidrorreguladora, donde se observa que es baja, ya que no llegan a alcanzar un 50%, las especies con mayor abundancia son: *Leucaena leucocephala* con 22,4%, *Cordia alba* con 19,4% y *Ampelocera cubensis* con 0,1%, las de menor son: *Dichrostachys cinerea* con 0,3%, *Ampelocera cubensis* con 0,1% y *Sterculia apetala* con 0,1%.

Tabla 8. Abundancia relativa de especies leñosa del lado izquierdo de la faja hidrorreguladora

MÁS ABUNDANTES	%	MENOS ABUNDANTES	%
<i>Leucaena leucocephala</i>	22,4	<i>Terminalia catappa</i>	3,3
<i>Cordia alba</i>	19,4	<i>Mangifera indica</i>	2,5

<i>Samanea saman</i>	8,4	<i>Annona havanensis</i>	1,4
<i>Cecropia peltata</i> Yagruma	7,6	<i>Delonix regia</i>	0,6
<i>Guazuma tomentosa</i>	5,5	<i>Dichrostachys cinerea</i>	0,3
<i>Talipariti elatum</i>	5,5	<i>Ampelocera cubensis</i>	0,1
<i>Haematoxylum campechianum</i>	4,3	<i>Sterculia apetala</i>	0,1

En la tabla 9 se muestra la abundancia relativa donde se observa que es baja, ya que no llegan a alcanzar un 50%, las especies con mayor abundancia son: *Leucaena leucocephala* con 25,5%, *Coccoloba costata* 16,1% y *Cordia alba* 13,7%, las de menor son: *Bursera simaruba* con 0,2%, y *Mangifera indica* con 0,1%.

Tabla 9. Abundancia relativa de especies leñosa del lado derecho de la faja hidrorreguladora

MÁS ABUNDANTES	%	MENOS ABUNDANTES	%
<i>Leucaena leucocephala</i>	25,5	<i>Talipariti elatum</i>	2,7
<i>Coccoloba costata</i>	16,1	<i>Cecropia peltata</i>	2,3
<i>Cordia alba</i>	13,7	<i>Ochroma pyramidale</i>	1,6
<i>Delonix regia</i>	7,4	<i>Dichrostachys cinerea</i>	1,5
<i>Samanea Saman</i>	6,6	<i>Tamarindus indica</i>	1,1
<i>Haematoxylum campechianum</i>	5,2	<i>Bursera simaruba</i>	0,2
<i>Guazuma tomentosa</i>	5,1	<i>Mangifera indica</i>	0,1

De forma general en ambos lados de las fajas hidrorreguladoras, unas de las causas en la disminución del número de individuos es la tala indiscriminada por la acción inconsciente del hombre tratando de satisfacer sus necesidades económicas y del hogar, realizando actividades como la búsqueda de leña, la fabricación de hornos de carbón vegetal y la extracción de madera para la ebanistería.

Resultados que coinciden con Acuña (2016) al plantear que en este tipo de bosque la tala indiscriminada, es una de las problemáticas que han provocado la degradación de la vegetación primaria de gran valor económico para este tipo de ecosistema, además que se fundamenta también porque en época lluviosa, aumenta la erosión hídrica del suelo, por no aplicar medidas de conservación de suelos.

Además Renda *et al.*, (2014) plantea que esto se le agrega la presencia de especies invasoras combinada con la tala indiscriminada de especies de gran valor que han provocado degradación de la vegetación primaria a lo que en la época lluviosa se le suma la erosión hídrica del suelo

Al analizar la frecuencia relativa tabla 10 del lado izquierdo de la faja hidrorreguladora, se puede observar que las especies de mejor distribución en el área son: *Leucaena leucocephala* con 33,9%, *Cordia alba* 32,6% y *Guazuma tomentosa* 16,8%, mientras que las de menor frecuencia son: *Dichrostachys cinerea* 0,3%, *Delonix regia* 0.2 % y *Sterculia apetala* 0,1%.

Tabla 10. Frecuencia relativa de especies leñosa en las fajas forestales del lado izquierdo de la faja hidrorreguladora

MÁS FRECUENTES	%	MENOS FRECUENTES	%
<i>Leucaena leucocephala</i>	33,9	<i>Samanea Saman</i>	6,4
<i>Cordia alba</i>	32,6	<i>Terminalia catappa</i>	4,2
<i>Guazuma tomentosa</i>	16,8	<i>Mangifera indica</i>	2,1
<i>Talipariti elatum</i>	13,4	<i>Annona havanensis</i>	0,3
<i>Haematoxylum campechianum</i>	10,5	<i>Dichrostachys cinerea</i>	0,3
<i>Cecropia peltata</i>	9,1	<i>Delonix regia</i>	0.2
		<i>Sterculia apetala</i>	0,1

La tabla 11 muestra la frecuencia relativa del lado derecho de la faja hidrorreguladora, las especies de mayor frecuencia son *Leucaena leucocephala*

28,1%, *Coccoloba costata* 24,1% y *Cordia alba* 18,2%, mientras que las de menor frecuencia son: *Mangifera indica* 0,6% y *Dichrostachys cinerea* con 0,3%.

Tabla 11. Frecuencia relativa de especies leñosa en las del lado derecho de la faja hidrorreguladora

MÁS FRECUENTES	%	MENOS FRECUENTES	%
<i>Leucaena leucocephala</i>	28,1	<i>Guazuma tomentosa</i>	3,0
<i>Coccoloba costata</i>	24,1	<i>Bursera simaruba</i>	1,1
<i>Cordia alba</i>	18,2	<i>Talipariti elatum</i>	1,0
<i>Delonix regia</i>	15,9	<i>Mangifera indica</i>	0,6
<i>Haematoxylum campechianum</i>	8,7	<i>Dichrostachys cinerea</i>	0,3
<i>Samanea Saman</i>	8,0	<i>Tamarindus indica</i>	0,1
<i>Cecropia peltata</i>	7,1	<i>Ochroma pyramidale</i>	0,1

De forma general se observa que la frecuencia relativa de especies leñosas en ambas fajas se comportan de manera similar, donde se observa a la *Leucaena leucocephala* como una de la especie con mayor frecuencia relativa, esto manifiesta la capacidad de migrar y reproducirse de manera más efectiva, confirmando su condición de invasora descrita por (Oviedo, 2005) esta especie puede llegar a transformar la estructura y composición florística del bosque según (Sánchez, 2015), estas se encontró en todas la parcelas levantadas en su investigación.

Además Ospina (2006), plantea que en este tipo de bosque donde la función es protector, donde están cubierto por especies de poco valor económicos, se debe realizar un manejo sostenible y en función de que las mismas den repuestas fisiológicas de los árboles leguminosos, una parte considerable de sus raíces mueren, donde por los procesos de amonificación y nitrificación en el suelo, se ha comprobado que el aporte de nitrógeno es de hasta 70 kg de N_2O_3 / ha/año.

La tabla 12 muestra el comportamiento de la dominancia relativa del lado izquierdo de la faja hidrorreguladora, donde se puede apreciar que las especies

más dominante son: *Samanea saman* con 25,3%, *Leucaena leucocephala* con 20,3% y *Cecropia peltata* 14,1%, esta especies son las que mayores dimensiones pueden alcanzar dentro de las fajas forestales del río Bano y que pueden garantizar la regeneración natural, las menos dominantes son: *Tamarindus indica* 0,3%, *Sterculia apetala* 0,1% y *Dichrostachys cinerea* 0,1%.

Tabla 12. Dominancia relativa de especies leñosa del lado izquierdo de la faja hidrorreguladora

MÁS DOMINANTES	%	MENOS DOMINANTES	%
<i>Samanea saman</i>	25,3	<i>Terminalia catappa</i>	3,2
<i>Leucaena leucocephala</i>	20,3	<i>Delonix Regia</i>	3,1
<i>Cecropia peltata</i>	14,1	<i>Mangifera indica</i>	1,4
<i>Talipariti elatum</i>	12,7	<i>Annona havanensis</i>	1,2
<i>Haematoxylum campechianum</i>	7,3	<i>Tamarindus indica</i>	0,3
<i>Cordia alba</i>	6,1	<i>Sterculia apetala</i>	0,1
<i>Guazuma tomentosa</i>	5,2	<i>Dichrostachys cinerea</i>	0,1

En la tabla 13 se muestra el comportamiento de la dominancia relativa del lado derecho donde se puede apreciar que las especies más dominantes son: *Samanea saman* 21,5%, *Guazuma tomentosa* 19,1% y *Delonix regia* 14,4%, las menos dominantes son: *Mangifera indica* 0,4%, *Coccoloba costata* 0,2% y *Dichrostachys cinerea* 0.1%.

Tabla 13. Dominancia relativa de especies leñosa del lado derecho de la faja hidrorreguladora

MÁS DOMINANTES	%	MENOS DOMINANTES	%
<i>Samanea Saman</i>	21,5	<i>Cordia alba</i>	3,0
<i>Guazuma tomentosa</i>	19,1	<i>Cecropia peltata</i>	3,0
<i>Delonix regia</i>	14,4	<i>Ochroma pyramidale</i>	2,1
<i>Talipariti elatus</i>	11,1	<i>Bursera simaruba</i>	1,3

<i>Leucaena leucocephala</i>	5,3	<i>Tamarindus indica</i>	1,2
<i>Haematoxylum campechianum</i>	5,1	<i>Mangifera indica</i>	0,4
<i>Delonix regia</i>	5,1	<i>Coccoloba costata</i>	0,2
		<i>Dichrostachys cinerea</i>	0.1

De forma general se observa que en ambos lados de las fajas hidrorreguladoras las especies que tuvieron mayor dominancia son: *Samanea Saman*, *Leucaena leucocephala* y *Talipariti elatum*, las mismas tienen las mayores dimensiones en diámetros y alturas en el área de estudio. Según Sánchez (2015), en este tipo de formación las especies valiosas existen pero generalmente en menor proporción por la presión antrópica que con frecuencia se ejerce sobre ellas, sin embargo en este caso, en sentido general, la especie *Samanea Saman* y *Talipariti elatus*, de valor maderable, muestran mayor proporción.

De acuerdo con los resultados que se muestran figura 10, lado izquierdo de la faja hidrorreguladora, las especies de mayor importancia ecológica son: *Leucaena leucocephala*, *Cordia alba*, *Samanea saman*, *Talipariti elatum* y *Cecropia peltata*.

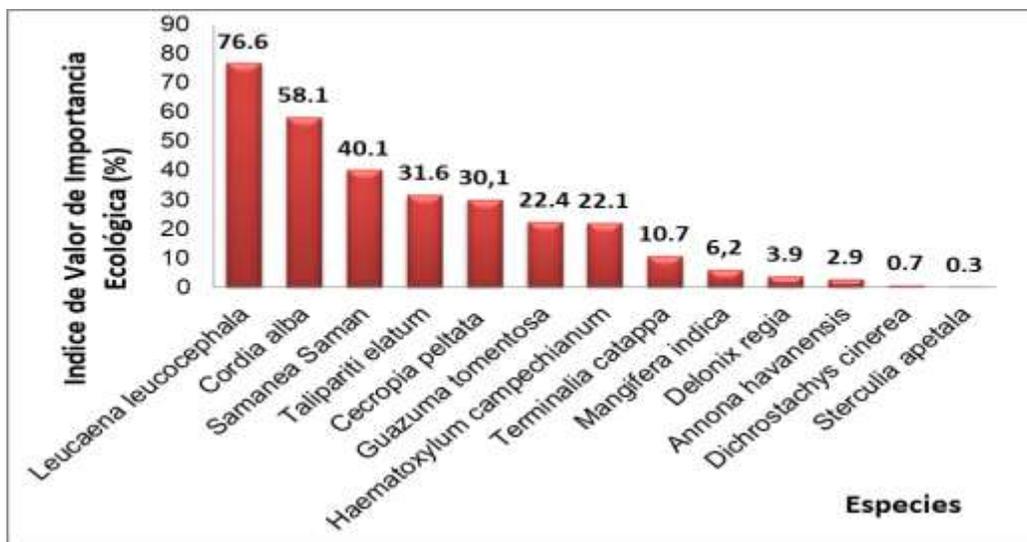


Figura 10. Índice de valor de importancia ecológica (IVIE) del lado derecho de la faja hidrorreguladora

De acuerdo con los resultados que se muestran figura 11, lado derecho de la faja hidrorreguladora las especies de mayor importancia ecológica son: *Leucaena leucocephala*, *Coccoloba costata*, *Delonix regia*, *Haematoxylum campechianum* y *Cordia alba*.

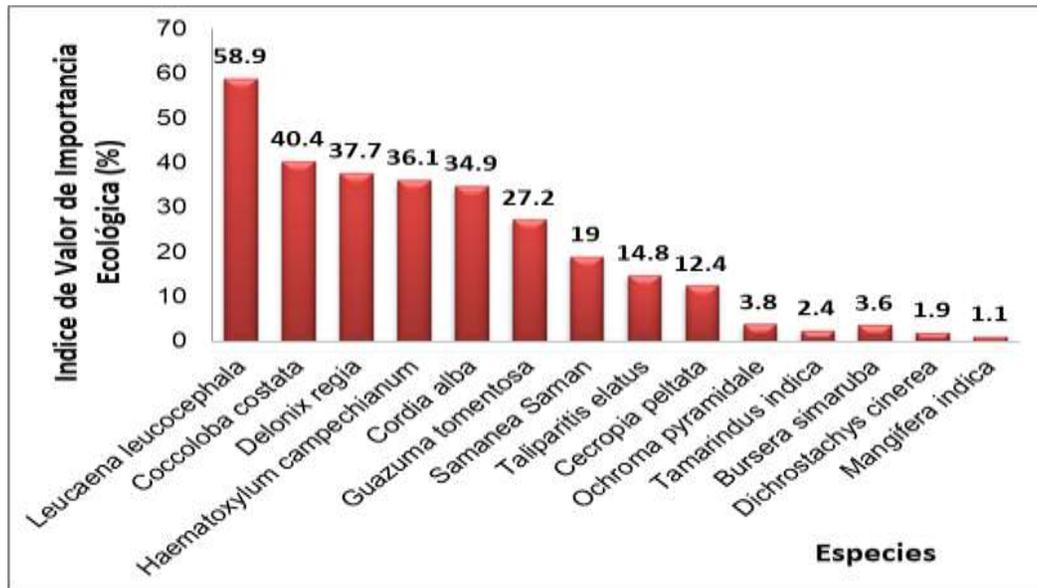


Figura 11. Índice de valor de importancia ecológica (IVIE) del lado derecho de la faja hidrorreguladora

De forma general se observa tanto para el lado izquierdo como para el lado derecho de las fajas hidrorreguladoras hay similitud en las especies con mayor índice de valor de importancia ecológica (IVE). Según (Sánchez, 2015), en este tipo de formación las especies valiosas existen pero generalmente en menor proporción por la presión antrópica que con frecuencia se ejerce sobre ellas, sin embargo en este caso, en sentido general, la especie *Samanea saman* y *Talipariti elatum*, de valor maderable, muestra mayor proporción.

No obstante concordamos con el referido autor cuando plantea que las especies que más abundan son de escaso valor maderable, ya que en ambos bosques se muestran especies como: *Leucaena leucocephala*., *Coccoloba costata*., *Delonix regia* y *Cordia alba*, que en su conjunto acumulan gran valor de importancia ecológica de importancia.

4.5. Propuesta de acciones de recuperación de las fajas forestales hidrorreguladoras del río Bano

La propuesta se realizará en Julio de 2020, la empresa responsable que dirigirá será la Empresa Agroforestal de Guantánamo, donde se propone un conjunto de acciones orientadas a la recuperación de las fajas forestales hidrorreguladoras del río Bano que oriente la adopción de acciones efectivas que aporten valor a los elementos naturales y socioculturales de estos bosques.

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, provocado fundamentalmente por el aprovechamiento forestal y 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.
3. Potenciar el manejo de especies endémicas.
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.

La propuesta se realizó según los resultados de la estructura y composición florística, los resultados del cuestionario entre otros elementos, se definió proponer el empleo del método de enriquecimiento en fajas según la metodología de Herrero (2007) citado Sanches (2015) y Pérez (2018) que plantean que se deben reordenar las fajas hidrorreguladoras de forma sostenible con especies que reúnan las siguientes características en la protección de las fajas.

- Se adapten a las condiciones del sitio, de rápido crecimiento.
- De raíces profundas y hojas perennes.
- Que permitan el desarrollo del sotobosque, de maderas preciosas, melíferas, frutales o que proporcionen Productos Forestales no maderables. Especies endémicas, amenazadas.
- Que brinden abrigo y alimentación a la fauna.

En la primera hilera se plantarán especies que sean resistentes a la humedad y a un marco de plantación de 2x2m y que las últimas hileras de la faja pueden plantarse de especies de frutales intercaladas con maderables a un marco de plantación de 4x4m hasta 6x6 m.

4.5.1 Acciones de recuperación de las fajas hidrorreguladoras

1. Teniendo en cuenta el poco conocimiento de la población que se encuentra cercana a las Fajas se determinó la capacitación a corto y mediano en función de la conservación de los recursos naturales.

2. Realizar un vivero transitorio en el área para recuperar las especies típicas con aplicación de productos biológicos y orgánicos, a partir de la recolección de semillas.

3. 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.

4. Las plantaciones se establecerán de la siguiente forma, 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*) a un marco de plantación 2x2.5 m y finalmente una gran faja de seis metro de ancho con especies frutales intercaladas con maderables (*Mangifera indica*) con (*Talipariti elatum*) y otra de (*Tamarindus indica*) con (*Tabebuia angustata*) y (*Manilkara zapotilla*) respectivamente, a un marco de plantación de 6 x 6 m, 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.

5. Los tratamientos silviculturales se realizaran según la metodología de Alvares y Varona (2006) teniendo en cuenta los reglamentos de la actividad forestal, y las medidas de conservación de suelos se ejecutará 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 de las curvas de nivel

6. Eliminar gradualmente las especies invasoras, *Leucaena leucocephala* y *Dichrostachys cinerea*, a través de los diferentes raleos, sustituyéndola por otra idónea en el área.

En la (Tabla 15) se observan las acciones a realizar de conjunto con los diferentes organismos, en función de reducir la degradación del suelo, la escorrentía y deterioro medioambiental en las fajas hidrorreguladoras.

Tabla 15. Acciones de recuperación de las fajas hidrorreguladoras

Acciones	Fecha	Responsables
Capacitación (corto, mediano y largo plazo)	Año de 2020 y 2021	CITMA Provincial de Guantánamo, Departamento Forestal de la Universidad de Guantánamo y Estación Agroforestal de Guantánamo
Vivero transitorio (corto plazo)	Julio - Septiembre de 2020	Empresa Agroforestal Guantánamo
Preparación del suelo (corto plazo)	Agosto - Septiembre 2020	Empresa Agroforestal Guantánamo
Plantaciones (corto y mediano plazo)	Octubre - noviembre 2020	Empresa Agroforestal Guantánamo
Tratamientos silviculturales (corto , mediano y largo plazo)	A partir de 2021	Empresa Agroforestal Guantánamo
Eliminar especies invasoras (corto , mediano y largo plazo)	Permanente	Empresa Agroforestal Guantánamo

V. CONCLUSIONES

- 1.** Los principales problemas sociales de las fajas forestales hidrorreguladoras están dados en el manejo inadecuado de las especies, la concientización de las personas en la conservación del medio ambiente en los ecosistemas frágiles.
- 2.** Como resultado de los métodos utilizados, en ambas márgenes del río Bano se identificaron un total de 13 familias, 477 individuos y 31 especies leñosas pertenecientes al estrato arbóreo donde la familia con mayor riqueza de especies fue Mimosaceae con 163 individuos con presencia de especies de alto valor ecológico y económico.
- 3.** 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 Bano.

VI. RECOMENDACIONES

1. Que los resultados de esta investigación se socialicen con todos los actores y decisores comprometidos con el desarrollo sostenible de la faja hidrorreguladora del río Bano para que tengan consciencia de la situación medioambiental de la misma.
2. Que los decisores de la comunidad donde está enclavada la faja hidrorreguladora del río Bano y las entidades rectoras de la protección del medio ambiente, se preocupen y ocupen en la implementación de estrategia medioambiental.

BIBLIOGRAFIA

- Achard, F., De Fries, R., Eva, H., Hansen, M., Mayaux, P. y Stibig, H. J. (2007). Pan-tropical monitoring of deforestation. *Environmental Research Letters* 2:045022.
- Acosta, D; Camarena, A; Chang, A; Díaz, A; Fuller, E; González, C & Tejedor, A. 2016. Uso de software para el procesamiento de imágenes digitales para la Definición de cuencas hidrográficas. *RIC* - Vol. 2- N.º 1 -
- Aguirre, Z. M., Betancourt, F. Y. y Geada, G. (2013). Composición florística y estructura de los bosques secos de la Provincia de Loja, Ecuador.
- Aguirre, Z. y Yaguana, C. 2012. Documento guía de métodos para la medición de la Biodiversidad. Loja, Ecuador, 72pp
- Aguirre-Calderón, O. A. (2016). Hacia el manejo de ecosistemas forestales. *Madera y Bosques*, 3 (2)11. DOI: <http://dx.doi.org/10.21829/myb.1997.321369>.
- Alvarado, V., Bermúdez, T., Romero M., Piedra L. 2014. Plantas nativas para el control de la erosión en taludes de ríos urbanos. DOI: 10.3232/SJSS.2014.V4.N1.07
- Alvarado, B. (2018). Estructura y composición florística del sitio San Francisco del Valle de Sancán. Universidad estatal del sur de Manabí Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura. Trabajo de titulación Modalidad - Proyecto de Investigación.
- 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., Varona, J. C 2006. *Silvicultura*. Editorial Félix Varela. La Habana, 354p
- Aragón, L., Cruz, I 2014 ¿Cómo es el suelo de nuestro huerto? El aprendizaje basado en problemas como estrategia en educación ambiental desde el grado de Maestro/a en Educación Infantil. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*. N.º 30. 2016 / 1, 171-188 · ISSN 0214-4379 (impresión) / ISSN 2255-3835.

- Arencibia, M y Sánchez, C 2005. Proceso de solución de problemas en grupo. Material compilatorio. Universidad de Granma (Inédito). 67 pp
- Beheshti, A., Raiesi, F., Golchin, A. 2012. Soil properties, C fractions and their dynamics in land use conversion from native forests to croplands in northern Iran. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 148:121- 133.
- Benavides, C., Robayo, B 2013. Diseño hidráulico y seguimiento de obras para el control de erosión en ríos y taludes en los tramos 2, 3 y4 de la vía Bogotá-Villavicencio. Universidad libre Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Ambiental sede bosque popular Bogotá 2013. Trabajo de Grado para optar el título de Ingeniero Ambiental.
- Cantos, G. Sánchez, J. González, E. Álvarez, P. Telo, L (2018). Ecología y manejo silvícola para la rehabilitación del bosque pluvisilva de baja altitud sobre complejo metamórfico. ISSN: 1996–2452 RNPS: 2148 enero-abril. 2018 Vol. 6(1):340-351.
<http://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/296/>
- Castellanos, J. F., Treviño-Garza, E. J., Aguirre-Calderón, O. A., Jiménez-Pérez, J., Musálem-Santiago, M., y López-Aguillón, R, (2008). Estructura de bosques de *Pinus patula* bajo manejo en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. *Madera y Bosques*, 14 (2), 51-63.
- Carricarte, F. Jiménez, A. Santoyo, P. Mercedes, M. Manrique, T. (2015). Efectos de la expansión de la actividad agropecuaria sobre la vegetación de ribera del río Santa Cruz, Cuba. *Revista Cubana de Ciencias Forestales* Año 2016, Volumen 4, número 2. ISSN 2310- 3469.
- Centro Meteorológico Guantánamo 2019. Serie de datos desde el año 2007 hasta el 2019.
- Chala, K. Rodríguez, J. Sánchez, D. Pino. (2018). Acciones para mitigar el deterioro de la estructura del bosque de Ciénaga en la UZC “Cauto Sur”. REDEL. *Revista Granmense de Desarrollo Local*. Vol.2 No.4, octubre-diciembre 2018. RNPS: 2448. redel@udg.co.cu.

- Chirinos, A.; Guarenas, M. A.; Sánchez, D. M. 2008. Calidad de agua. Instituto Universitario de Tecnología Alonso Gamero. Coro-Falcón. Venezuela. Consultado [6-3-2012]. Disponible en: <<http://www.monografias.com/trabajos40/calidad-agua-miranda/calidad-agua-miranda.shtml>>: Consultado: 21 de octubre de 2016.
- CITMA. (2008) Programa Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía. Cuba. Consultado Revista Caribeña de Ciencias Sociales (febrero 2018). En línea: [//www.eumed.net/2/rev/caribe/2018/02/defensa-territorial-manati.html](http://www.eumed.net/2/rev/caribe/2018/02/defensa-territorial-manati.html) "Fajas hidrorreguladoras protectoras de aguas y suelos para la defensa territorial del municipio Manatí",
- Congreso Florestal de Cuba 2011, Palacio de Convenciones de la Habana, 25 al 29 de abril.
- Curiel, B. C. (2010). AMENAZAS A LABIODIVERSIDAD En Jalisco. Disponible en <http://siga.jalisco.gob.mx/multi/Amenazas%20a%20la%20Biodiversidad%20en%20Jalisco.pdf> Consultado 27 02 18.
- Duncan, D. B. (1955). Multiple range and multiple F tests, Biometrics, 11, 1-42 pp.
- Durán, Z.V.H., Rodríguez, P.C.R., Francia, M.J.R., Martín, P.F.J. 2013. Land use changes in a small watershed in the Mediterranean landscape (SE Spain): Environmental implications of a shift towards subtropical crops. Journal of Land Use Science 1:47-58.
- FAO. (2015). Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2015. FAO: Roma, Italia.
- FAO. 2014. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Cambio climático, agricultura y seguridad alimentaria. FAO, Roma, Italia.
- Figuroa, P. S. (2014). Evaluación de estructura horizontal y la diversidad florística en un bosque lluvioso del medio Magdalena, hacienda San Juan del Carare, Cimitarra-Santander.
- Finol 1971 y Lamprecht, 1990. Perfil ecológico de cuatro rodales de CamuCamu árbol *Myrciariafloribunda* (H. West. ex Willd) O. Berg. En Ucayali [Ecología Aplicada](#) versión impresa ISSN 1726-2216Ecol. apl. v.5 n.1-2 Lima dic. 2006.

- Finol, 1971 y Beck, 1993 Características Estructurales de la Masas. Serie Didacta Nro.22 Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago de Estero.
- Finol, V. H. 1971. Nuevos parámetros a considerar en el análisis estructural de las selvas vírgenes tropicales. Revista Forestal Venezolana. 14(21): 29- 42.
- Font, H., Noda, A., Torres, V., Herrera, M.A., Lizazo, D., Sarduy, L. y Rodríguez, L. 2007. Comparpro 1.0. Instituto de Ciencia Animal. Departamento de Biomatemático.
- García; H, Romero; G. 2013 Estrategia de gestión ambiental para el desarrollo sostenible en la cuenca del río Naranjo, municipio Majibacoa, provincia Las Tunas, Cuba TLATEMOANI. Revista Académica de Investigación Editada por Eumed.net No. 17 – Diciembre 2014 España ISSN: 19899300 revista.tlatemoani@uaslp.mx
- Graaff, J., Aklilu, A., Ouessar, M., Asins, V.S., Kessler, A. 2013. The development of soil and water conservation policies and practices in five selected countries from 1960 to 2010. Land Use Policy 32:165 - 174.
- Hernández, J., Aguirre, O., Alanís, E., Jiménez, J. y González, M. A., 2013. Efecto del manejo forestal en la diversidad y composición arbórea de un bosque templado del noroeste de México. Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 19 (3), 189-199.
- Hernández, A., González, H. 2013 Congreso cubano de geología hidrogeología e ingeniería geológica geo5-o3 v convención cubana de ciencias de la tierra, Memorias en CD-Rom, La Habana, 1 al 5 de abril de 2013. ISSN 2307-499X .Resultados de la aplicación de la metodología para la gestión integrada de los recursos hídricos en la cuenca hidrográfica cochino-bermejo
- Herrero, A. (2008). Fajas Forestales Hidrorreguladoras, Función Hidrológica y antierosiva de los bosques, AGRIFOR, P13
- Herrero, A. 2007 Fajas hidrorreguladoras situación e importancia, editorial O.B. ACTAF, Dirección Forestal MINAG.

- 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.
- Keels, S., Gentry, A., y Spinzi, L. 1997. Using vegetation analysis to facilitate the selection of conservation sites in eastern Paraguay.
- Kumar, A., Marcot, B. G. and Saxena, A. (2006). Tree species diversity and distribution patterns in tropical forests of Garo Hills. *Current Science* 91: 1370-1381.
- Labrada (2014) Evaluación ambiental integral de ecosistemas degradados de Iberoamérica: experiencias positivas buenas prácticas, Red 411RT0430 Desarrollo de metodologías, indicadores ambientales y programas para la evaluación ambiental integral y la restauración de ecosistemas degradados II del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Barcelona, España, septiembre 2014 ISBN: 978-959-7167-46-4 Impreso por ARTIPAPEL, Barcelona, España.
- Lamprecht, H. 1990 *Silvicultura en los Trópicos*. Deutsche Gesellschaft fuer Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Eschborn, Alemania. 335p.
- Ley Forestal 1998, De los Incentivos a la Actividad. Forestal – Medioambiente. Disponible: [http: // www.medioambiente.cu/legislacion/L-85.htm](http://www.medioambiente.cu/legislacion/L-85.htm). Consultado [20/abril/ 2015](#).

Maccaferri, 2013. Control de Erosión en Taludes y Obras de Ingeniería. Obtenido de <http://www.maccaferri.com.mx/documentos/articulos/15641-1.html>

Martínez, 2013. Evaluación del estado y tendencias de los principales humedales de Cuba: problemáticas ambientales e indicadores de presión, estado e impactos. 40 En: Evaluación de los cambios de estado en ecosistemas degradados de Iberoamérica II. ISBN 978-987-29881-0-4. 261 pp.

Molina, A, Rodríguez, B y Matos, G. (2011), [Guía técnica POMCAs - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible](#). Disponible. <https://www.minambiente.gov.co/>.

Consultado: 26 de octubre de 2016.

Mora, C; Rodríguez, E; Jiménez, J; González, M Tagle, Yerena, J y Gerardo, L, (2013) Ecología Aplicada, 12(1), 2014 ISSN 1726-2216 Depósito legal 2002-5474 © Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú.

Moreno, C. E. y Halffte, G. 2001. Spatial and Temporal Analysis of Alpha, Beta and Gamma Diversities of Bats in a Fragmented Landscape. Biodiversity and Conservation. 97 P.

Moreno, C. E., Barragán F., Pineda, E. y Pavón, N. P. (2011). Reanálisis de la Diversidad Alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. Revista Mexicana de Biodiversidad 82: 1249-1261.

Mostacedo, B., Fredericksen, 2000 T. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Santa Cruz: Ed. BOLFOR, 2000.

Motz, K., Sterba, H. y Pommerening, A. (2010). Sampling measures of tree diversity. Forest Ecology and Management, 260 (11), 1985-1996.

Navarro, Y. Flores, P. 2017. Caracterización físico-natural, biológica y socio cultural de la cuenca media del Río Tírgua (Revista Agrollanía Vol. 14 / Enero - Diciembre, 2017: 93-99 ISSN: 1690-8066

Ortiz, E. y Carrera, F .2002. Muestreos en inventarios forestales en Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central. CATIE. Costa Rica. pág. 101-117.

Osorio, Y. (2013). Estructura y diversidad de la flora leñosa en un bosque pluvisilva submontano, sector Cupeyal del Norte, Parque Nacional Alejandro de Humboldt (PNAH). Tesis (en opción al título académico de Master en Ciencias Forestales) Universidad de Pinar del Río. 39 p.

Osnil, J. E. (2018) Acciones silvícolas para la rehabilitación del bosque de galería del arroyo Tortuguilla en el Bagá, reserva ecológica Baitiquirí. Memoria escrita presentada en opción al título académico de Máster en Ciencias Forestales

Ospina, A. 2006. Agroforestería. Aporte Conceptuales, Metodológicos y Prácticos para el estudio agroforestal. Editorial, Asociación del Colectivo de Agroecología del Suroccidente Colombiano- ACASOC. 209 pp.

Oviedo, R. 2005. Especies Invasoras en Cuba, consideraciones básicas.

Ozdemir, I., Ozkan, K., Mert, A., Ozkan, U. Y., Senturk, O. y Alkan, O. (2012). Mapping forest stand structural diversity using Rapideye satellite data.

Pasolac, 2000. Manejo Y Conservación de Suelos, Unidad Procesos de Degradación de Suelos: Diagnostico y Control. Disponible.

http://datateca.unad.edu.co/contenidos/30160/30160_contenidos_unidad_3.p

Consultado: 26 de septiembre de 2016.

Peña, E. 2015. Evaluación de impacto ambiental en el plano de inundación del río «Yara» en el tramo urbano del municipio «Yara», Revista Cubana de Ciencias Forestales Año 2016. Volumen 4, número 1

Pérez, J. 2018. Propuesta de recuperación de las fajas forestales hidrorreguladoras del río Jaibo, Municipio Guantánamo. Universidad de Guantánamo, Facultad Agroforestal. Cuba. Revista Científico estudiantil Ciencias Forestales y Ambientales. Enero-junio 2018; 3(1):30-41

PNUMA, 2000 [Estrategias para el control y manejo de la erosión en cárcavas.](#)

Disponible. [http://. www.unalmed.edu.co/](http://www.unalmed.edu.co/). Consultado: 21 de octubre de 2016.

- Polo, U. C. (2008). Programa de Biomasa Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad Militar "Nueva Granada" Vol. 4 N° 1: 135-142 p.
- Quiñones, G. L. M. (2012). Composición florística y su estructura en un bosque húmedo montano al suroeste del Parque Nacional Madidi. Cochabamba – Bolivia.
- Ramírez, S; Chang, P 2016. Evaluación De La Biodiversidad De La Finca Forestal Charco Mono, Palma Soriano, Santiago de Cuba. Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. Ciencia en su PC, №3, julio-septiembre, 2017, p. 29-38
- Ramos, B. Z. Sh. (2004). Estructura y composición de un paisaje boscoso fragmentado: herramienta para el diseño de estrategias de conservación de la biodiversidad. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 114 p.
- Rawat, J. S., Kumar, M. (2015). Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 18(1), 77-84.
- Regalado, L., González-Oliva, L., Fuentes, I., & Oviedo, R. (2012.). Bissea, Vol. 6. Número Especial 1 Febrero 2012 Versión impresa: ISSN 1998-4189 Versión digital: ISSN 1998-4197.
- 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. 52- 62.
- Reyes, O. J. (2012). Clasificación de la vegetación de la Región Oriental de Cuba. Revista del Jardín Botánico Nacional 32-33: 59-71.
- Romero, F., Pérez, P., Pérez, R. 2016: "Fajas hidrorreguladoras protectoras de aguas y suelos para la defensa territorial del municipio Manatí", Revista Caribeña de Ciencias Sociales (febrero 2018).
- Sánchez, 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. Pinar del río, 2015.

- 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.
- Samek, V. 1974. Elementos de Silvicultura de los bosques latifolios. Editorial Científico- Técnica. Instituto Cubano del Libro. La Habana. 291 p.
- Samaniego, E., García, Y., Neill, D., Arteaga, Y., Vargas, J., Rojas, L. (2015). Diversidad florística de tres sitios de un bosque siempreverde piemontano de la región oriental amazónica del Ecuador. Revista Amazónica Ciencia y Tecnología Volumen 4 N°1- (Pág 44-45).
- Sonco, S. R, (2013). Estudio de la Diversidad Alfa (α) y Beta (β) en tres localidades de un Bosque Montano en la Región de Madidi, La Paz- Bolivia.
- Sorensen., Bray-Curtis., Beals, W (1984). 1984. Ordination: an effective strategy for analysis of multivariate ecological data. Advances in Ecological Research 14: 1-55.
- Suárez, I. 2016. Comunicación Comunitaria para la Reforestación de la Faja Hidrorreguladora del Río Chorrillo en Delicias, Las Tunas, Cuba. Revista Científica Hallazgos 21, 1 (2), 113-124. Recuperado de <http://revistas.pucese.edu.ec/hallazgos21/>
- Sylla, D., Ramos, M., Aldana, E., Peñalver, A. 2018 Manejo Forestal Sostenible del Lote 121 De La Unidad Básica De Producción Forestal Río Mantua. UNESUM-Ciencias: Revista Científica Multidisciplinaria ISSN 2602-8166. Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Ecuador.
- Tamayo, T.; Quezada, R; Doménech, j; González, O; Verdecia, M, 2014. Efectividad del manejo forestal en la disminución de los sedimentos sólidos en suspensión de suelo, en la subcuenca número 48 (Cilantros), municipio de Pílon, provincia de Granma. Revista ingeniería agrícola, issn-2326-1545, mps-0622, vol. 4, no. 1 (enero-febrero-marzo), pp. 48-54, 2014
- Tully, K., Sullivan, C., Weil, R., & Sanchez, P. (2015). The State of Soil Degradation in Sub-Saharan Africa Baselines, Trajectories, and Solutions. Sustainability, 6523-6552.

UNESCO/ CIFA (1980). Análisis Estructural Bosques Tropicales. Disponible <http://www.almediam.org/libro%20Almeria%20al%20Natural/pagin6>. Consultado: 16 de octubre de 2016.

Wright, S.J. (2010). The future of tropical forests. *Annals of the New York cademy of Sciences* 1195:1- 27

Young, R., Orsini, S., & Fitzpatrick, I. (2015). Soil degradation: major threat to humanity. *Sustainability*, 7, 6523-6552.

Zamora, M. A. (2010). Caracterización de la flora y estructura de un bosque transicional húmedo a seco, Miramar, Puntarenas, Cartago, Costa Rica.

Zucca, C., Canu, A., Previtali, F. 2010. Soil degradation by land use change in an agropastoral area in Sardinia (Italy). *Catena* 83:46-54.