Ciencias de la Tierra y el Espacio, enero-junio, 2021 Vol.21, No. 1, pp. 20-34 ISSN 1729-3790

Evaluación de impactos y resiliencia de un sistema natural, después de un evento climático extremo

Gerardo Begué-Quiala[1*], Bárbaro Zabala-Lahitte[1], Jorge L. Delgado-Labañino[2], Jorgelino Gámez-Diez[2], Geovanys Rodríguez-Cobas[3], Norvis Hernández-Hernández[3], y Carlos Díaz-Maza[4]

1 Unidad Presupuestada de Servicios Ambientales (UPSA) Alejandro de Humboldt, Agencia de Medio Ambiente del CITMA Guantánamo, Cuba. Email: begue@upsa,gtmo.inf.cu*
ORCID: 0000-0002-1841-4404
2. Departamento de Conservación La Melba, Parque Nacional Alejandro de Humboldt (PNAH). Agencia de Medio Ambiente del CITMA, Guantánamo.
3. Departamento de Conservación Baracoa, Parque Nacional Alejandro de Humboldt (PNAH). Agencia de Medio Ambiente del CITMA, Guantánamo.
4. Centro Nacional de Áreas Protegidas (CNAP) de la Agencia de Medio Ambiente del CITMA, Ciudad de la Habana, Cuba.

Recibido: agosto 2020	*Aceptado: enero 2021*

Resumen

Los ecosistemas conservados y resilientes tienen alta elasticidad y reducen vulnerabilidades ambientales y sociales ante los efectos negativos del cambio climático. En los objetivos de la investigación se evaluaron comparativamente los impactos ocasionados por el huracán Matthew en el 2016 en La Melba, se midió la respuesta de resiliencia de los ecosistemas afectados, y se identificaron las lecciones aprendidas ante estos fenómenos naturales. La metodología se basó en las evaluaciones rápidas de impacto ambiental *in situ* del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Cuba, también se implementó un sistema de monitoreo ecológico, se utilizó el método histórico legal para la compilación de informaciones climáticas, sociodemográficas y comportamiento del pasado. Los resultados mostraron daños en unas 5200ha de bosques. La recuperación pasiva, combinada con criterios de manejo activo y adaptativo fue satisfactoria con un 83.2% de eficiencia y la vulnerabilidad demostrada del fondo habitacional en las dos comunidades humanas fue del 96.3%, muy alta.

Palabras clave: Impactos, clima extremo, ecosistemas, resiliencia.

Impacts Assessment and Resilience of a Natural System after an Extreme Climatic Event

Abstract

Preserved and resilient ecosystems have high elasticity and reduce environmental and social vulnerabilities to the negative effects of climate change. In the objectives of research the impacts caused by Hurricane Matthew in 2016 in La Melba were comparatively evaluated, the resilience response of the affected ecosystems was measured, and the lessons learned from these natural phenomena were identified. The methodology was based on quick environmental impact assessments in situ from the National System of Protected Areas of Cuba. In addition, an ecological monitoring system was implemented, and the legal historical method was used for the compilation of climatic, sociodemographic and past behavior information. The results showed

ORCID: 0000-0002-1841-4404

damage to some 5,200 ha of forests. Passive recovery, combined with active and adaptive management criteria, was satisfactory with 83.2% efficiency, and the demonstrated vulnerability of the housing at the two human communities was 96.3%, very high.

Keywords: Impacts, extreme climate, ecosystems, resilience.

1. Introducción

La ocurrencia de los ciclones en Cuba es un tema bien conocido y tratado, sus afectaciones a la economía, la sociedad y los ecosistemas alcanzan proporciones inusitadas que erosionan a la economía nacional y el bienestar del pueblo, a pesar de las rápidas y efectivas respuestas del gobierno y la población cubana en la fase de recuperación. El saber que existe la probabilidad de un aumento en la intensidad y frecuencia de estos fenómenos naturales nos obliga a estar atentos, prevenidos y conscientes de los peligros que enfrentamos (Ramos-Cortés, 2018).

La principal novedad de esta investigación fue la identificación de un grupo de lecciones aprendidas que permitieron establecer un paquete de medidas y estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático antropogénico global (AbE), con una visión inclusiva, participativa y equitativa. Notable importancia tuvo el poder comprobar y evaluar la respuesta positiva de resiliencia de los ecosistemas afectados, los cuales estuvieron sometidos a los criterios de manejo pasivo, activo y adaptativo, los que condujeron a un considerable ahorro de recursos humanos, físicos y financieros con la reducción de costos de restauración y tiempo con decisiones de manejo más idóneas y efectivas.

El aporte principal desde el punto de vista científico fue que se pudo validar la hipótesis que los ecosistemas bien conservados y resilientes son efectivos para proteger la biodiversidad, procesos ecológicos y a la población de los efectos adversos del clima, al reducir vulnerabilidades sociales y ecológicas.

La adaptación basada en ecosistemas (AbE) integra el manejo sostenible, la conservación y la restauración de ecosistemas para proveer servicios que permitan a las personas adaptarse a los impactos negativos del cambio climático. Su propósito es mantener y aumentar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas y las personas (Andrade, 2010).

La (AbE) tiene tres elementos básicos, según (CDB, 2017), estos elementos reflejan la definición de AbE del (CDB, 2009), ellos son (1) la AbE ayuda a la persona a adaptarse al cambio climático, (2) la AbE promueve el uso activo de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, (3) la AbE involucra el contexto de una estrategia de adaptación general.

Los fenómenos naturales y climáticos extremos tienen un impacto de alta destructividad en la estructura biofísica de los ecosistemas, en esta investigación el principal problema a solucionar estuvo relacionado con la medición y evaluación de la resiliencia intrínseca de los sitios afectados, al tiempo que paralelamente se evaluó el rol de las diferentes intervenciones de manejo en contribución a la resiliencia del ecosistema, con la implementación de medidas de AbE. Por ejemplo, como la restauración y la conservación de bosques y suelos degradados.

El área de estudio se encuentra en el circuito que más llueve en Cuba el polígono La Melba-Boca de Jaguaní con medias anuales entre los 2500L/m^2-4500L/m^2, según (Núñez *et al*., 2008) condicionado también por los ciclones tropicales, los frentes fríos, el relieve y la elevada cobertura boscosa de las selvas tropicales del área.

Los autores se propusieron evaluar comparativamente los impactos ocasionados por el huracán Matthew en el 2016 en La Melba, medir la respuesta de resiliencia de los deslizamientos de tierra y la estructura del bosque, como afectaciones extremas bajo criterios de manejos pasivo, activo y adaptativo dos y tres años después, así como determinar lecciones aprendidas ante estos fenómenos naturales.

2. Materiales y métodos

Esta investigación se desarrolló en el departamento de conservación La Melba, que tiene una extensión de 18590ha, es el tercer departamento de los cuatro que conforman al Parque Nacional Alejandro de Humboldt (PNAH), está ubicado físicamente en los municipios de Moa, provincia de Holguín y Yateras, Guantánamo.

La adaptación basada en ecosistemas (AbE) o (EbA) por sus siglas en inglés es definida: como la utilización de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, como parte de una estrategia más amplia de adaptación, para ayudar a las personas a adaptarse a los efectos adversos del cambio climático (CDB, 2009).

Al hacer la evaluación rápida de impactos en el 2016 se establecieron transectos lineales y visuales que garantizaron la rápida y precisa evaluación cualitativa y cuantitativa de las afectaciones. Las diferentes categorías de afectación se definieron por la metodología del SNAP (Sistema Nacional de Áreas Protegidas) para las evaluaciones rápidas de impactos ocasionados por eventos naturales: afectaciones **extremas:** las que cambian cobertura/estructura/composición o elementos concretos superior al 80% de los parámetros establecidos, **altas:** las que oscilan entre el 50-80% de los parámetros establecidos, **moderadas:** cambian o modifican los parámetros establecidos entre el 30-50% y **bajas:** las que cambian o modifican los parámetros establecidos < 20%.

Los deslizamientos de tierra fueron evaluados por una metodología establecida por el equipo de trabajo y se determinaron tres categorías conforme a la dimensión: **pequeños** aquellos que tenían una superficie de hasta 100m^2, **medianos** los que tienen más de 100m^2 hasta 1000m^2 y **grandes** más de 1000m^2.

En el proceso de rehabilitación y restauración se consideraron los tres tipos de manejos, **pasivo:** no se hizo intervención humana, solo monitoreo, **activo:** se utilizó la intervención humana con manipulación en el ecosistema y **adaptativo:** es el manejo que asume que los recursos naturales siempre se manejan de forma experimental y que podemos aprender a partir de la implementación de actividades y este manejo puede ser mejorado en base a lo aprendido (IUCN, Co-management of Natural Resources, 2000). En esta segunda fase del trabajo se

ORCID: 0000-0002-1841-4404

monitorearon los mismos sitios para establecer comparaciones del proceso de evolución de los ecosistemas impactados.

Para la evaluación de la categoría constructiva del fondo habitacional se utilizó el sistema de categoría considerado en los lineamientos metodológicos de la (AMA, 2007) categoría I viviendas de paneles prefabricados, bloques o ladrillos con techo de hormigón armado fundido *in situ* o losas prefabricadas), categoría II (viviendas de bloques o ladrillos prensados con viguetas de hormigón con techo de losas planas o abovedadas de hormigón), categoría III (viviendas de bloques de hormigón, ladrillos prensados viguetas de hormigón, metálica o madera aserrada con techo de tejas de barro, zinc o fibrocemento), categoría IV (viviendas de bloques o ladrillos prensados vigueta de madera aserrada o rolliza con techo de zinc o fibrocemento) y categoría V (viviendas de madera aserrada o tabla de palma con techo de guano, zinc, fibrocemento, cartón asfáltico y papel embreado).

Las imágenes comparadas permitieron tener informaciones graficas en tiempo real del cambio cualitativo y cuantitativo en el sitio impactado, el banco de imágenes del 2016 mostró la devastación sobre la estructura, cobertura y composición de la vegetación, las imágenes actuales visualizaron el estado del bosque, así como la estimación de la resiliencia.

El método histórico legal consistente en el testimonio oral, el testimonio escrito, las evidencias y pruebas del pasado. Nos permitió obtener un cúmulo importante de información pretérita que al compararla nos muestra la franca evolución de los diferentes procesos en el tiempo.

En el trabajo se utilizaron cámaras fotográficas, GPS, prismáticos, cintas métricas, marcadoras, hojas cartográficas, clinómetro, brújula, densitómetro GLS, hipsómetro además se aprovechó el Sistema de Información Geográfica SIG con el MapInfo Profesional®.

3. Resultados y discusión

3.1. Evaluación de los daños ocasionados por el huracán Matthew en el 2016 a la estructura, composición, función de la flora y la vegetación en La Melba

Los ciclones tropicales tienen baja incidencia en el norte de oriente, desde el período 1851-2019 (168 años) la zona ha sido azotada por 55, de ellos (48 de forma directa y siete de forma indirecta), para una frecuencia de afectación de un ciclón cada 3.05 años; siendo categorizados seis de ellos como depresiones tropicales, 20 como tormentas tropicales y 22 como huracanes.

Septiembre es el mes con mayor número de casos 28, seguido de octubre 16, y agosto 11. Los huracanes que han azotado la zona han sido 15 de categoría 1, cinco de categoría 2, uno de categoría 3 y otro de categoría 4 en la escala Saffir-Simpson de un máximo de 5.

El 23 de septiembre de 1998 por el Parque Nacional Alejandro de Humboldt pasó, de sur a norte, el huracán Georges, pero este al estrellarse con el macizo montañoso de la Española con su más 3000msnm lo debilitó por lo que entró al sureste de Cuba como una tormenta tropical, con vientos entre 50-80 km/h, siendo mínimos los daños reportados en la vegetación y la fauna. Sin embargo, los huracanes más intensos que han azotado la zona de estudio son Ike el 7 de septiembre de 2008 (categoría 3), pero centró sus daños más al oeste de la provincia de Holguín,

considerando esto los daños no fueron de relevancia en el PNAH y Matthew el 4 de octubre de 2016 (categoría 4), este si centró sus daños con ímpetu en el extremo más oriental de esta área protegida (Perigó *et al.,* 2019).

En octubre del 2016 luego de 72 horas de haber pasado el evento climático extremo un grupo de expertos, entre ellos investigadores, especialistas y técnicos pertenecientes al Centro Nacional de Áreas Protegidas (CNAP), la Unidad Presupuestada de Servicios Ambientales (UPSA) Alejandro de Humboldt de Guantánamo y el Centro de Investigaciones de Servicios Ambientales y Tecnológicos (CISAT) de Holguín, los mismos trabajaron en La Melba y Baracoa en la evaluación rápida de impactos.

Dentro de la subcuenca del río Jaguaní los principales impactos y daños del huracán se centraron en las formaciones boscosas adyacentes al río principal del mismo nombre, ya que se pudo comprobar que los vientos utilizaron el cañón del río como brecha, por los que impactaron con gran intensidad y destructividad en los bosques ribereños y laderas expuestas al viento (barlovento) en las que afectaron con diferentes grados de impactos unas 5200ha (**Figura 1**), o sea, el 27.1% de la superficie total del departamento de conservación.

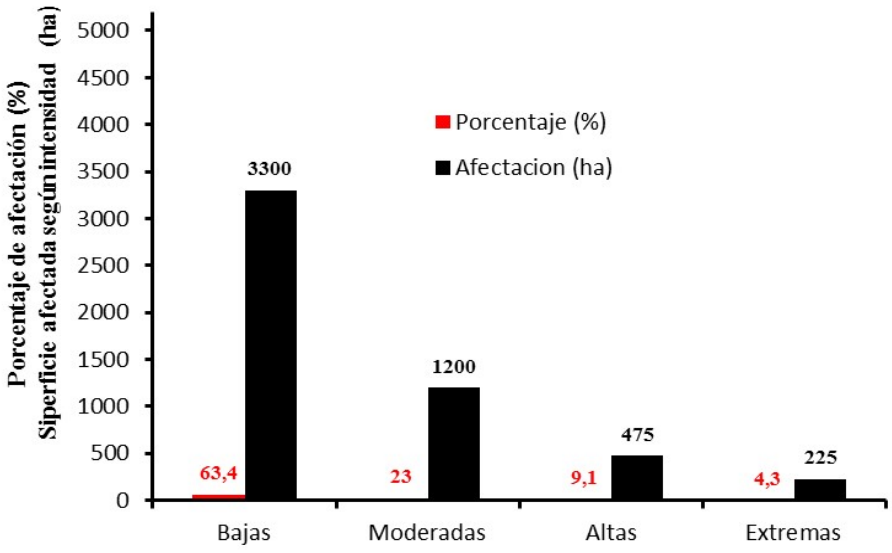


Fig. 1. *Comportamiento de las diferentes categorías de afectaciones en el área impactada en el departamento de conservación La Melba. Fuente UPSA, 2016.*

En el primer monitoreo realizado a los seis meses de haber pasado el ciclón la recuperación de la estructura general del ecosistema era de 31%, sin embargo, a los 30 meses después (2.5 años) ya se había recuperado en un 89,4%.Aproximadamente el 86% de los árboles descopados habían rebrotados, otros se secaron en pie contribuyendo a la complejidad estructural del bosque, y muchos de los caídos en dependencia de la dureza, por ejemplo, algunas especies de madera blanda ya estaban en estado de descomposición y la vegetación oprimida del sotobosque había ganado espacio hacia estratos superiores, buscando el dosel de la vegetación. En los sitios donde se decidió manejar, los manejos fueron esencialmente talas para quitar árboles derribados que yacían sobre otros, en algunos calveros, restauración con reforestación, facilitación asistida de la regeneración natural, etc.

ORCID: 0000-0002-1841-4404

No obstante, en el 2016 se pudo comprobar durante el estudio de evaluación rápida de los daños ocasionados por el evento climático extremo, que en aquel entonces tuvieron un efecto marcado en los diferentes ecosistemas del área y sobre los Medios de Vida estos últimos, según (ACNUR, 2014) los define como aquellas actividades que permiten a la persona asegurar las necesidades básicas de la vida como: alimentos, agua, vivienda y ropa. La población en estas comunidades locales depende de la agricultura familiar de subsistencia a media escala, del trabajo de manejo y protección en el área protegida, la apicultura a baja escala y la pesquería de subsistencia limitada, así como otras prestaciones de servicios que fueron menos afectados.

Por tanto, se concluye que en presencia de fenómenos climáticos adversos estas comunidades presentan una alta vulnerabilidad funcional enmarcada en: baja capacidad de alojamiento y protección segura para la población, al menos en el momento que se acerque y pase el evento climático, la vía principal de acceso es muy compleja y queda incomunicada total con la capital municipal, Moa, las telecomunicaciones son deficientes, son pobres las señales de radio, televisión y telefonías, tampoco poseen un acueducto rural definido por lo que quedan sin agua potable de calidad, hasta tanto se restablezcan sus vías alternativas.

La vulnerabilidad social es alta, ya que el 100% de la población es afectada de diversas maneras, estas son debilidades que con el accionar mancomunado de la población y el gobierno municipal se puede mitigar como un indicador de calidad de vida.

Uno de los impactos que parecía más desolador por su apariencia en la estructura de la vegetación general y algunos cultivos fue la defoliación y quemadura por fricción ocasionada por los fuertes vientos al follaje del dosel y el sotobosque (**Figura 2**).

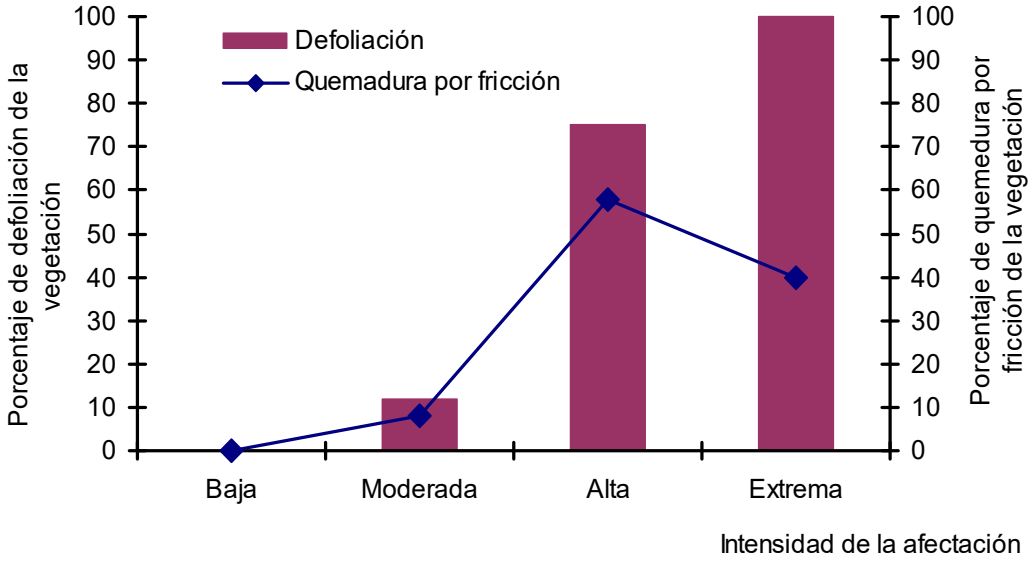


Fig. 2. *Comportamiento gráfico, según la intensidad de la afectación y el porcentaje de defoliación y quemadura por fricción a la vegetación. Fuente UPSA 2016.*

Como muestra la **(Figura 2)** en los sitios con mayores afectaciones la defoliación se comportó entre un 75-100% y la quemadura por fricción enmarcada esencialmente en el sotobosque, o sea, los estratos herbáceos, subarbustivos y arbustivos en los cuales quemó entre un 40-58% de las

plantas de esos niveles, siempre la quemadura por fricción en la parte baja del bosque será menor que la defoliación en el dosel o parte alta del mismo, ya que muchas plántulas del bajo bosque escaparon de este efecto, favorecida por la alta densidad vegetal y su baja presencia de brechas, como los calveros o claros, caminos viejos o en uso, las trochas cortafuegos, la baja existencia de estos sistemas no da posibilidad que los vientos entren al interior de la estructura de la vegetación.

A los seis meses el follaje y la quemadura por fricción en la flora y la vegetación estaban recuperados al 88%, era muy difícil de comprender las imágenes de aquel momento con las vistas actuales, lo que era una enorme desolación como si hubiese pasado un incendio combinado de superficie y copa en la vegetación. Sin embargo, en el tiempo referido ya el verdor y la cobertura se habían establecido, en esta variante los humanos no intervinieron en el ecosistema, aquí respondió la resiliencia de la vegetación a corto plazo y con alta eficiencia.

Fue evidente y se pudo demostrar durante el proceso de restauración ecológica en la meseta del El Toldo (Begué-Quiala *et al*., 2019), en el cual se estaba trabajando en el momento del paso del huracán que en los bosques tropicales a medida que estos sean y mantengan más compacta su vegetación, los vientos no encuentran muchas brechas y no pueden impactar con ímpetu sobre sus estructuras, generalmente se van por el dosel minimizando el daño, se asume que bosques bien conservados, compactos y densos, sin fragmentación ni parches actúan como diques rompevientos, por lo que revelan una importante medida de adaptación para enfrentar a los ciclones tropicales en las extensiones boscosas y las áreas protegidas.

3.2. Evaluación de la respuesta de resiliencia de los deslizamientos de tierra bajo criterios de manejos pasivo, activo y adaptativo

En el año 2016 cuando se efectuó la evaluación rápida de los daños ocasionados por el huracán en La Melba en las áreas de la subcuenca del Jaguaní se levantaron un total de 132 deslizamientos de tierra identificados y calificados de la siguiente manera (T**abla 1**).

Tabla 1. Relación de los deslizamientos de tierra por su dimensión y cantidad en las áreas afectadas.

No.	Tipos de deslizamientos de tierra por su dimensión		
	Pequeños 1-100m^2	Medianos 101-1000m^2	Grandes + 1000m^2
132	70	52	10

Como muestra la tabla en el 2016, en total por el impacto de los deslizamientos de tierra, el 97% de ellos de forma superficial se afectaron 74 000m^{2}de bosques y suelos, es decir, 7.4ha, todos ubicados en sitios con pendientes medias que oscilaron en una amplitud desde los 28^0-52^0 de inclinación, muy abruptas. Las evidencias revelaron que esta forma del relieve, las características litológicas, así como la alta pluviosidad, cayeron en unas 14 horas 472L/m^2 de precipitaciones, esto es un verdadero golpe de lluvia que conllevó a los daños referidos.

Todos los deslizamientos estaban en sitios de altas pendientes lo que dificultaba manejarlos por su complejidad y por su costoso económico, además era evidente la implementación de tecnologías especializadas que había que importarlas y son costosas en el mercado, por ejemplo,

ORCID: 0000-0002-1841-4404

las mallas plásticas, los motobarrenadores que permiten hacer hoyos profundos para hincar postes de gran porte para retener sedimentos y materiales en sitios de alta inclinación con fuerte acción hídrica de la escorrentía, debido a su desnudez y afloramiento en ocasiones de cortezas de intemperismo físico **(Figura 3)**.



Fig. 3. *Deslizamiento de tierra deja una brecha en el bosque, se fue el suelo y la vegetación. Foto. G, Begué-Quiala, 2016.*

Por tanto, la acción combinada de los fuertes vientos en las laderas a barlovento, el peso de la vegetación, el peso del agua caída conjuntamente con la acción de la escorrentía superficial fueron un catalizador para desencadenar estos deslizamientos superficiales del suelo, se estimó que por cada hectárea hubo un peso de 4720t de agua para el ecosistema, por cada metro cuadrado el peso aproximado de agua caída fue de 0.47t.

En los procesos de rehabilitación y restauración de los ecosistemas degradados, ya sea por efecto de fenómenos naturales extremos o por acciones antropogénicas, poco amigables con el medio ambiente. Por lo que es recomendable reconsiderar los métodos costo-eficientes, o sea, soluciones basadas en naturaleza que resuelven los mismos problemas que las obras de ingenierías, pero a un costo económico inferior y mayor seguridad ecológica (IUCN, 2016).

Luego de haberse hecho la evaluación de impacto se pasó a la fase de rehabilitación y restauración, en el análisis para el manejo se decide dejar a los deslizamientos bajo el manejo pasivo, o sea, no intervenir en el proceso los humanos, por un tiempo definido de 17 meses, en el cual solo se iba a monitorear la resiliencia del ecosistema, cumplido el tiempo se comprobó que la respuesta del ecosistema había sido positiva, ya no era necesario intervenir porque la autoreparación de los daños era satisfactoria, la naturaleza respondió con eficiencia en el corto plazo. Condición que fue favorecida, ya que el 97% de ellos fueron de forma superficial y no dejaron grandes cortezas de intemperismo físico, proceso más pernicioso para el ecosistema enmendar y con mayor costo económico y ecológico, solo alcanzable con manejo activo y adaptativo. En la práctica muchos casos se convierten en paisajes lunares irreversibles.

También favoreció la respuesta relativamente rápida de estos impactos la frecuencia de ocurrencia de estos fenómenos extremos, en el área hacía 60 y 53 años respectivamente que no

pasaban ciclones tropicales con tal intensidad. Se ha demostrado que la flora y la vegetación emiten respuestas de adaptación que forman parte de su mismo proceso evolutivo para resistir fuertes vientos sin colapsar fácilmente, para esta zona tal adaptación será a más largo plazo debido a que estos fenómenos climáticos extremos tienen baja frecuencia de incidencia en el área estudiada.

Es necesario tener en cuenta, que en la subcuenca del Jaguaní en muchos sitios existe erosión subsuperficial típica de los suelos de la agrupación ferralítica y ferrítica (fundamentalmente los subtipos concrecionarios y laterizados), que se originan sobre las rocas ultrabásicas del tipo serpentinitas (Febles y Durán, 2006).

Es evidente que este fenómeno también se hizo sinérgico, potenciando el efecto de los procesos de deslizamientos de tierra, según (Begué-Quiala *et al*., 2019) en algunos lugares del área se forman verdaderos túneles de longitud variable por los que corren ríos subterráneos en momentos de lluvias intensas. Existen puntos donde el agua fluye hacia la superficie en forma de manantial, ahí se crean cárcavas de gran dimensión y deslizamientos de tierra.

3.3. Lecciones aprendidas in *situ* ante la presencia del fenómeno climático extremo en La Melba, Parque Nacional Alejandro de Humboldt

Las lecciones aprendidas durante el paso del huracán constituyeron postulados importantes para la adaptación y la mitigación ante los impactos de los ciclones tropicales intensos que puedan pasar por el área.

Los ciclones más impetuosos y con mayor cantidad de daños ocasionados en esta área fueron Hilda en 1956 categoría 2 y el Flora 1963 categoría 2 (tenían nombres de mujeres), es decir, hubo un intervalo de tiempo de 60 y 53 años sin ver ciclones tropicales de gran intensidad como el Matthew. El 90% de la población nunca había vivido y enfrentado un fenómeno climático con esa destructividad, aunque estaba instruida sobre estos fenómenos no tenían la vivencia, salvo muy poco en las comunidades locales involucradas.

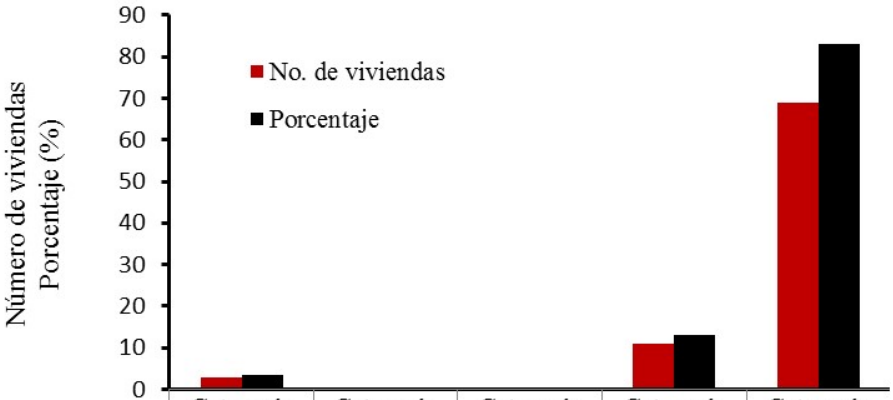
Las principales lecciones aprendidas durante la afectación de este fenómeno climático extremo resultaron las siguientes: (1) no se puede violar la Norma Cubana (NC: 23-1999) que establece, las franjas forestales de las zonas de protección a embalses y cauces fluviales, hasta tanto, no se hagan los estudios, deben dejarse las distancias mínimas establecidas: para curso principal 20m a ambos lados, curso de primer orden 15m a ambos lados y curso de segundo orden 10m, (2)las fincas o conucos que se encuentran en sitios pendientes, se debe fomentar más la agricultura de labranza mínima o cero, para garantizar mayor protección a los suelos contra los deslizamientos y la lixiviación de los nutrientes, (3) lograr que los productores y campesinos tengan garantizada la conservación de semillas agrícolas de las variedades tradicionales, para el caso de catástrofe como esta que induce a la pérdida de toda la cosecha, por lo que será un coadyuvante para autoreparar el sistema agrícola sin hacer grandes gastos o esfuerzos en la búsqueda y compras de éstas, garantizando que no se pierda el genofondo original (4) es necesario comenzar a construir e incrementar los sistemas de refugios comunales, como fosos protectores, localizar cuevas seguras cercanas y Vara en tierra o viviendas capaces de resistir más los efectos destructores de los ciclones tropicales, construcciones de categoría constructiva I y II que resisten a estos eventos.

ORCID: 0000-0002-1841-4404

Desde el punto de vista agrícola refiere (Zabala, 2018) en estudio realizado en el ordenamiento ambiental de la Reserva de Biosfera Cuchillas del Toa, que el potencial agrícola principal del área estudiada, al tener predominio de ecosistemas montañosos y favorables condiciones climáticas, ha condicionado la existencia de una agricultura basada fundamentalmente en cultivos de plantaciones permanentes que no necesitan riego, como es, el cacao, frutales, café, coco y forestales.

Las lecciones aprendidas nos permitieron desarrollar un protocolo para reducir y eliminar un grupo de vulnerabilidades reales presentes en las comunidades evaluadas. Según el (IPCC, 2007) la vulnerabilidad es el grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático, y en particular las variabilidades del clima y los fenómenos climáticos extremos.

En los estudios de (PVR, 2011) en este municipio se identificaron cinco tipos de vulnerabilidades: estructural, no estructural, funcional, social y ecológica, de todos modos, todas están presentes en las áreas estudiadas, aunque la estructural, no estructural y social son las más notables en Arroyo Bueno y La Naza, en la subcuenca del Jaguaní.En una evaluación del fondo habitacional de las dos comunidades que conviven en el área evaluada, se identificó una importante vulnerabilidad relacionada directamente con la protección y seguridad de la población, sus casas (**Figura 4**).



	Categoría constructiva I	Categoría constructiva II	Categoría constructiva III	Categoría conctructiva IV	Categoría constructiva V
No. de viviendas	3	0	0	11	69
Porcentaje	3,6	0	0	13,2	83,1

Fig. 4. Representación gráfica del fondo habitacional actual en las comunidades del área. Fuente. UPSA 2019.

Como muestra el gráfico las viviendas de categoría III, IV y V, son vulnerables a fenómenos climáticos extremos (ciclones tropicales), las mismas representaron el 96.3% del total, este tipo de categoría el techo es levantado por los fuertes vientos y las viviendas pueden ser completamente destruidas, incluso viviendas de mampostería que no tengan columnas y cerramientos fundidos son derrumbadas por los huracanes de categoría 3, 4 y 5 en la escala Saffir-Simpson. Estos ciclones enmarcados en estas categorías ocasionan daños generales en el entorno calificados como extensos, extremos y catastróficos, según (Defensa Civil de Cuba, 2017).

Los ciclones tropicales para esta área geográfica a pesar de no tener una alta frecuencia de incidencia son riesgos y peligros potenciales. Pero que un ciclón sea categoría 1, 2 o 5 no está bajo la voluntad de las personas evitarlo o minimizarlo, por tanto, las comunidades locales y la estructura de gobierno deben centrarse en reducir las vulnerabilidades y no la amenaza, se coincide con (Cortés *et al*., 2017). Siempre un fenómeno climático u otro natural cuando se concreta en un área equis va ocasionar algún nivel de daños.

Durante el estudio rápido de evaluación de impactos después de haber pasado el ciclón, se pudo comprobar que por la forma en que entraron los vientos, la compleja geografía y el relieve abrupto con un valle intramontano encajado, al quedar el 84.3% de las viviendas a sotavento (cara opuesta al viento), esta condición fue ventajosa para el fondo habitacional, ya que imposibilitó que los vientos no fueran más siniestros contra la estructura habitacional de ambas comunidades, de modo general catalogada de mala, por tanto, es evidente presumir que un ciclón que entre al área con categoría 1 que tiene vientos sostenidos de 119-153 Km/h (estos son los ciclones menos impetuosos) y si las viviendas quedaran a barlovento (de cara a los vientos) el 96.3% de ellas colapsarán parcial y totalmente, (esta es una importante hipótesis que queda en pie que puede ser aceptada o rechazada). Un categoría 4 o 5 puede dejar esta imagen desoladora como sucedió con Mattehew en algunas viviendas de La Melba **(Figura 5).**



Fig. 5. *Esta vivienda al quedar expuesta a los vientos fue completamente arrasada, momento en que se trabajaba en la fase de recuperación y reconstrucción: Foto. G. Begué-Quiala, 2016.*

Aunque parezca contradictorio en Arroyo Bueno y La Naza a pesar del fondo habitacional en el 96.3% de las viviendas catalogado de malo, solo hubo afectaciones parciales en unas 12 viviendas y derrumbe total de una sola. Por suerte, esto sucedió por lo ya referido que la mayoría de las viviendas quedaron a sotavento y la condición de valle intramontano con muchas cuchillas y laderas empinadas actuaron de parapeto y los vientos no pudieron destruir el fondo habitacional endeble, sin embargo, en muchas laderas y elevaciones a barlovento los daños fueron, intensos, devastadores y horrendos, por supuesto a la estructura del ecosistema.

Una importante lección aprendida se vuelve a ratificar en este caso la necesidad imperiosa de incrementar el número de viviendas o instalaciones constructivas resistentes, con las tres existentes, tratar de incrementar hasta llegar a ocho, para que funcionen como refugios comunales

ORCID: 0000-0002-1841-4404

para evacuar a la población y algunas de sus propiedades más importantes; la población total es cercana a 300 habitantes. Es necesario incrementar la construcción de los Vara en Tierra que, aunque tienen techos de guanos y yaguas por su arquitectura y funcionalidad han demostrado resistencia ante los fuertes vientos por lo que pueden proteger animales domésticos, recursos y personas también, en tiempos antiguos se le llamó Bohío (Vara en Tierra, 2012).

Es importante destacar que las tres instalaciones existentes de categoría I, el consultorio médico de la familia, la bodega y una casa de vivienda, esta última está ubicada en el plano de inundación del río Jaguaní, o sea, mal ubicada, es evidente que una crecida desproporcionada o un represamiento de éste por cualquier motivo puede quedar anegada la vivienda, testimoniaron unas 52 personas que estaban evacuadas en la misma cuando pasó Matthew, refirieron que el agua llegó cerca debido a que un deslizamiento represó el río unos 200m abajo, la salvación fue que el dique que lo represaba cedió y el agua huyó rápidamente, de no haber sucedido eso hubiese sido siniestra la situación para ese grupo de personas allí refugiadas.

Un Vara en Tierra es un tipo de obra ingeniera rústica de fácil diseño y construcción: consistente en hacer un hueco de 1m de profundidad por 1.50m de ancho y 2.50 de largo, es decir, 3.7m^2 sobre el cual se monta el techo de dos aguas de guanos y yaguas que descansa en el suelo, por tanto, no tiene paredes, con una única abertura, la puerta de enfrente. El tamaño puede ser variable, la altura máxima prudencial debe ser 2m para que sea más efectivo para soportar los fuertes vientos.

Conclusiones

Un resultado importante de la investigación fue haber analizado la hipótesis la cual fue aceptada, por lo que se concluyó que los ecosistemas conservados y resilientes son efectivos para reducir vulnerabilidades ambientales y sociales ante los efectos negativos del cambio climático. Por lo que incentivar el buen manejo y conservación de los mismos es una herramienta eficaz para la mitigación y adaptación a los cambios biofísicos globales.

Los daños ocasionados por el huracán Matthew en el 2016 en La Melba, se evaluaron de modo general de bajos en su mayor extensión con un 63.4%, tres años más tarde, se pudo validar que la respuesta de resiliencia del ecosistema y la contribución por las acciones de manejo desarrolladas por las autoridades del Parque Nacional Alejandro de Humboldt de conjunto: fueron efectivas; condición que magnificó al manejo adaptativo donde se implementó, aprendió sobre el proceso, se mejoró y perfeccionó sobre lo aprendido.

La decisión de evaluar la intensidad de los deslizamientos de tierra y por su profundidad dejarlo en recuperación pasiva, tuvo un impacto efectivo en la optimización de los recursos humanos, físicos (dígase: herramientas de trabajo, equipamientos, recursos logísticos e infraestructura) y los financieros. Esto constituyó una experiencia de buena práctica replicable a cualquier área con afectaciones similares.

Las lecciones aprendidas e identificadas durante la afectación del organismo ciclónico en el área, permitió diseñar un protocolo para reducir vulnerabilidades reales presentes en Arroyo Bueno y La Naza, acción que se convierte en una fortaleza intrínseca de ambas comunidades, de

conjunto con la gobernabilidad y gobernanza de los recursos naturales, para enfrentar eventos climáticos futuros.

Agradecimientos

Se agradece con toda sinceridad al Proyecto de Investigación, Desarrollo e Innovación de financiamiento internacional **"Cuencas Verdes"** que bajo su sombrilla nos permitió darle continuidad a esta investigación, así como a los financistas, en este caso IKI (Iniciativa Internacional del Clima) por sus siglas en alemán y adjunta al Ministerio Federal del Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear de Alemania, también a la ONG alemana Oroverde (Fundación para la Conservación de los Bosques Tropicales), así como a los colegas de los departamentos de conservación La Melba y Baracoa, pertenecientes al Parque Nacional Alejandro de Humboldt y a las comunidades locales involucradas, que siempre estuvieron al lado nuestro.

Referencias bibliográficas

Andrade, A. **2010.** Adaptación al cambio climático basada en ecosistemas. En Naranjo, G. (ed.). Cambio climático en un paisaje vivo: vulnerabilidad y adaptación en la Cordillera Real Oriental de Colombia, Ecuador y Perú. WWF-Fundación. Natura, Cali Colombia, pp. 65-74.

AMA (Agencia de Medio Ambiente). **2007**. Lineamientos metodológicos para la realización de estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo de desastres de inundaciones por penetraciones del mar, inundación por intensas lluvias y afectaciones por fuertes vientos. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), La Habana, pp. 109.

ACNUR (Agencia de las Naciones Unidaspara los Refugiados).**2014**. Global Strategy for Livelihoods-UNHCR Strategy 2014-2018. Geneva: Division of Programme Support and Management-United Nations High Commissioner for Refugees.

Begué-Quiala, G., J. L. Delgado Labañino, T. Hernández Columbié y J. Gámez Diez. **2019**. Restauración ecológica de sitios afectados por prospecciones mineras en la cuenca del Toa. Revista Ciencias de la Tierra y el Espacio, enero-junio, 2019, Vol.19, No.1 pp. 44-55.

CDB (Convenio sobre Diversidad Biológica de las Naciones Unidas). **2017**. Doce principios de enfoques basados en ecosistemas. https://www,cbd.int/ecosystem/principles.shtml. Sitio web. Consultado 30 de enero de 2020.

CDB (Convenio sobre Diversidad Biológica de las Naciones Unidas). **2009**. Relación entre la Diversidad Biológica y la Mitigación y Adaptación al Cambio Climático: Mensajes Importantes del Informe del Segundo grupo especial de expertos técnicos sobre diversidad biológica y cambio climático.htpps://www.cbd.int/doc/publications/ahteg-brochure-es.pdf.Consultado 30 de enero de 2020.

Cortés, P. y SJR Latinoamérica y el Caribe. **2017.** La ciudad: la última frontera de la Acción Humanitaria. Una aproximación desde el caso de Altos de la Florida. (Soacha,

Cundinamarca, Colombia). Bogotá. Recuperado de:http://www://www.cpalsocial.org/documentos/431.pdf.

Defensa Civil de Cuba. **2017**. Guía familiar para la protección ante ciclones tropicales (Para residentes en áreas urbanas), pp. 16.

Febles González, J. F. y J. L. Durán Álvarez. **2006.** Manual de Erosión y Conservación de Suelos. Editorial Félix Varela. La Habana, pp. 497.

IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza).**2016.** Nature based Solutions to address global societal Challenges. E. Cohen-Shacham, G. Walters, C. Jamzen, S. Maginnis (eds.). https://Portals.org./library/sites/library/files/documents/2016-036.pdf.

IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). **2000**. Co-manegementof Natural Resources.

IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático).**2007.** Anexo 1 Glosario. En Parry M. et al., Cambio Climático. Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad. Aportes del Grupo de Trabajo 11 al Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. Cambridge University Press, Reino Unido [En línea] Disponible en: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2-annex-sp.pdf (consultado 30/01/2018.

NC: 23-**1999**. (Normas Cubanas). Franjas forestales de las zonas de protección a embalses y cauces fluviales. Oficina Nacional de Normalización. Calle E No. 261 Vedado, Ciudad de la Habana, Cuba.

Núñez, Jiménez, A. y L. Núñez Velis. **2008**. La cuenca del Toa. Fundación Antonio Núñez Jiménez de la Naturaleza y el Hombre. La Habana, Cuba, pp. 340.

Perigó, E., R. Baza y Y. Rojas**. 2019.** Cronología de los ciclones tropicales que han afectado a la provincia de Guantánamo. Periodo 1851-2019. Centro Meteorológico Provincial de Guantánamo, pp. 12.

PVR (Peligro Vulnerabilidad y Riesgos). **2011**. Afectaciones por fuertes vientos e inundaciones por intensas lluvias y penetraciones del mar. Consejo de la Administración Provincial y Delegación Territorial del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Holguín, pp. 132.

Ramos-Cortés, J. **2018.**Los ciclones tropicales, una visión del clima. Editorial El Vigía. https://www.elvigia.net/columnas/2018/11/3/los-ciclones-tropicales-una-visin-del-clima-315625.html

Zabala Lahitte, B. **2018**. Ordenamiento ambiental de la Reserva de Biosfera Cuchillas del Toa. Facultad de Geografía, Universidad de la Habana. (Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Geográficas), pp.100.

Vara en Tierra. **2012.** (https://paismaravilloso.wordpress.com/2012/07/07/varentierra/).

Acerca de los autores:

Gerardo Begué Quiala: Biólogo, Investigador Agregado de la Unidad Presupuestada de Servicios Ambientales (UPSA) Alejandro de Humboldt de la Delegación Territorial del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Guantánamo, donde se desempeña como subdirector científico en la misma. Master en Ecología y Sistemática Aplicada. Con 26 años de experiencia profesional en la institución y más de 26 artículos científicos en editoriales nacionales e internacionales, autor y coautor de algunos libros científicos de última generación, ha participado en más de 56 expediciones

científicas de campo en diferentes sitios del país ha sido jefe de proyectos de I+D+I en la entidad, además es miembro activo de la Sociedad Cubana de Zoología (SCZ) y de la ANEC (Asociación de Economistas y Contadores de Cuba.

Bárbaro Zabala Lahitte: Geógrafo, Investigador agregado de la Unidad Presupuestada de Servicios Ambientales Alejandro de Humboldt de la Delegación Territorial del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente en Guantánamo. Doctor en Ciencias Geográficas, con más de 30 años de experiencia profesional, donde ha desarrollado 16 proyectos de investigación, los resultados son publicados en editoriales nacionales e internacionales, ha participado en 53 expediciones científicas de campo por diferentes regiones del país en temas relacionados con la geoecología de los paisajes, con significativos aportes teóricos, metodológicos y práctico en este campo de las ciencias aplicadas. Actualmente presidente de la Sociedad de Geografía en la provincia y Profesor Auxiliar, adjunto a la Universidad de Guantánamo.

Jorgelino Gámez Diez: Especialista Ambiental en el departamento de conservación La Melba, perteneciente al Parque Nacional Alejandro de Humboldt, éste se subordina a la Unidad Presupuestada de Servicios Ambientales (UPSA) Alejandro de Humboldt de la Delegación Territorial del CITMA en Guantánamo. Ocupa una plaza técnica en la que tiene unos 12 años de experiencia profesional, durante este tiempo ha participado en varias investigaciones y proyectos de desarrollo e investigación e innovación, también tiene varias publicaciones de artículos científicos de conjunto con otros investigadores nacionales e internacionales, ha participado en más de 17 expediciones científicas de campo en Cuba.

Jorge Luis Delgado Labañino: Especialista Ambiental, y Jefe del Departamento de Conservación La Melba, perteneciente al Parque Nacional Alejandro de Humboldt, graduado de ingeniero forestal con 15 años de experiencia profesional. Tiene numerosas publicaciones de artículos científicos en coautoría con otros destacados investigadores, ha participado en la coautoría de capítulos de algunos libros científicos y participado en varios proyectos de I+D+I de mi institución y otras instituciones científicas nacionales, participa en expediciones científicas en el Norte de Oriente (Holguín y Guantánamo).