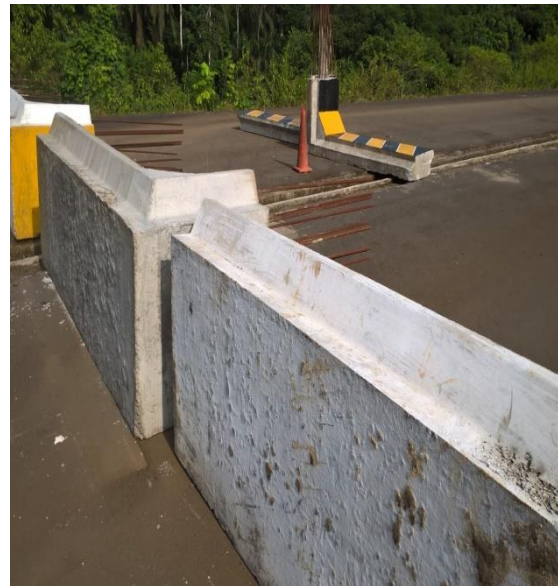




PRINCIPALES EFECTOS AMBIENTALES DE LA AUTOVÍA NACIONAL MALABO-LUBA (ISLA DE BOKO, GUINEA ECUATORIAL) Y PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTORAS DESDE UN ENFOQUE DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA



TRABAJO FIN DE MASTER

Alcalá de Henares, septiembre de 2016

Autor:

Santiago Nsue Esono Avomo

Director y Tutor Académico:

José Francisco Martín Duque (UCM)

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	I
RESUMEN.....	II
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN.....	3
2.1. Objetivos.....	3
2.2. Justificación.....	4
3. PLAN DE TRABAJO. MATERIALES Y MÉTODOS.....	5
4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	7
5. ESTUDIO DEL MEDIO.....	9
5.1. Clima.....	10
5.2. Geología.....	11
5.4. Hidrología superficial y subterránea.....	13
5.5. Suelo.....	14
5.6. Vegetación y usos de suelo.....	16
5.7. Fauna.....	18
5.8. Medio socioeconómico.....	19
6. DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES EFECTOS AMBIENTALES DE LA AUTOVÍA MALABO-LUBA.....	22
6.1 Identificación de impactos.....	22
6.2 Descripción de impactos.....	25
6.2.1 Movimientos de tierras y destrucción de la capa vegetal.....	26
6.2.2 Contaminación de suelo y agua.....	26
6.2.3 Ocupación de grandes áreas de terreno.....	27
6.2.4 Fragmentación y destrucción de hábitat.....	27

6.2.5 Presencia en taludes de especies colonizadoras ajena a la matriz.....	28
7. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS.....	28
8. PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTORAS DESDE UN ENFOQUE DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA	30
8.1 Principales medidas preventivas propuestas para minimizar el Impacto Medio-Ambiental en las fases de elaboración y ejecución de la Autovía.....	31
8.2 Otras medidas preventivas propuestas para tal fin.....	37
9. PROGRAMA DE VIGILANCIA.....	47
10. CONCLUSIONES.....	50
11. REFERENCIAS.....	51
12. ANEXOS	

AGRADECIMIENTOS

Mi más sinceros agradecimientos a mi Director y Tutor Académico del proyecto D. José Francisco Martín Duque, profesor titular del Departamento de Geodinámica de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid (UCM), que por su apoyo incondicional, su entrega, su interés y, sin sus sabias orientaciones, este trabajo no habría sido posible.

Al Banco Africano de Desarrollo (BAD) y al Ministerio de Educación de la República de Guinea Ecuatorial, por habernos brindado la oportunidad de elevar nuestro nivel de formación.

A la Fundación General de la Universidad de Alcalá (FGUA) y a la Universidad de Alcalá de Henares, por habernos apoyado y formado, y sobre todo por la acogida de la que hemos sido objeto durante la formación.

A la Universidad Nacional de Guinea Ecuatorial (UNGE), institución en la que formamos parte de su historia, que por su afán de elevar el nivel de educación de sus profesionales, nos ha apoyado de forma incondicional, antes, durante y después de esta formación.

A la empresa OAS y al Ministerio de Obras, Infraestructuras y Urbanismo, con especial mención a José Ekan, técnico del Ministerio, por facilitarme parte de la información a pesar de las dificultades habidas para acceder a ella.

A todos los profesores del Máster en Restauración de Ecosistemas, por su entrega, voluntad, y sobre todo, por su saber estar y saber hacer.

A todos mis compañeros del máster, por el aguante, espíritu de compañerismo y trabajo en equipo. A todos os guardo un recuerdo especial.

Y por último, agradecer a todos aquéllos que de una forma directa o indirecta hayan aportado su granito de arena para la feliz culminación de este trabajo.

A todos, muchas gracias de corazón.

RESUMEN

La Autovía Nacional Malabo-Luba ocupa una superficie de 1,0535 km² (105,35 ha), lo que supone nada menos que un 0.37% del territorio de la Isla de Bioko, República de Guinea Ecuatorial. Sin embargo, a pesar del EsIA realizado, muchas de las actividades del proyecto generan una serie de efectos ambientales, sociales y económicos muy significativos. Y a su vez, este proyecto de Autovía carece de medidas de restauración ecológica propiamente dichas.

Este estudio se ha llevado a cabo sobre esta Autovía Nacional, que consta de dos tramos: Tramo 1 (Glorieta aeropuerto-Glorieta Basupu), y Tramo 2 (Glorieta Basupu-Glorieta Luba), de aproximadamente 49 km. Dada las características del entorno, se requerirían medidas de restauración ecológica a escala del paisaje.

Este trabajo supone pues un inicio para caracterizar los principales efectos ocasionados por la construcción de carreteras en la Isla de Bioko, y para establecer medidas correctoras desde un enfoque de restauración ecológica.

Dada las características de la zona, estas medidas se han centrado en la necesidad de implementar acciones tendentes a activar los procesos de colonización natural, así como en establecer instalaciones que faciliten el movimiento de especies de una zona a otra, en tanto la fragmentación de un área de alto valor ecológico es el principal impacto ambiental a abordar. A su vez, se proponen medidas de remodelado geomorfológico y de manejo de las propiedades edáficas.

Éste es un estudio pionero a nivel de la República de Guinea Ecuatorial, que puede servir como modelo o base para tratar de incorporar principios ecológicos en la necesaria transformación de un territorio que está en proceso de desarrollo económico y social.

ABSTRACT

The National Highway Malabo-Luba covers an area of 1,0535 square kilometers (105.35 ha), which is not less than 0.37% of the territory of the island of Bioko, activities and according to different studies related to environmental impact into different projects can generate a high number of environmental effects, hence this highway project doesn't have standard measure for ecological restoration. Including social and economic activities. Can generate a high significant number of environmental effects between social and economic. However this highway project doesn't have appropriate standard measure for ecological restoration.

This study was carried out on the National Highway, which consists of two sections: Section 1 (Glorieta airport- Glorieta Basupu) and Section 2 (Glorieta Basupu- Glorieta Luba), about 49 km. Given the characteristics of the environment, ecological restoration measures would be required at the landscape scale.

This project can be considered as the beginning to find out the principals effects caused by the road construction in the Island of Bioko and to establish the correctives measure from the perspective of ecological restoration.

Given the characteristics of the area, these measures have focused on the need to implement actions to activate the processes of natural colonization and to establish facilities to improve the flow of species from sideways, meanwhile the fragmentation of the high ecological area is the principal environmental impact to address. In turn, measures geomorphological remodeling and management of soil properties are proposed.

This is a pioneer study with high impact at the Republic of Equatorial Guinea, which can serve as a model or support to introduce ecological principles in the need of territory transformation currently in the process for economic and social development.

1. INTRODUCCIÓN

Desde hace décadas, la construcción de infraestructuras de transporte ha experimentado un alto grado de mecanización, haciendo posible mover grandes volúmenes de tierra (Paris Solanilla, 2009). El movimiento de tierras asociado a la construcción de infraestructuras lineales constituye hoy en día uno de los procesos geomorfológicos más activos y efectivos a escala global. En 1994 se estimó que la construcción de carreteras en Estados Unidos movilizaba 3 gigatoneladas de materiales, una cifra que suponía el 40% del total de movimientos de tierras por actividades humanas para ese país. Para ese año, la suma de movimientos de tierra por actividades humanas se situaba en el mismo orden de magnitud que lo estimado para los agentes geológicos denominados ‘naturales’, como ríos, glaciares, viento... (Martín Duque et al., 2011).

Esta actividad, cuya finalidad es proporcionar sistemas de transportes seguros y eficientes de personas y bienes, lleva asociada una serie de alteraciones sobre el medio ambiente, destacando la degradación del paisaje, la desaparición del uso productivo de la tierra, el aumento de la erosión, la contaminación del agua, la contaminación acústica, y del aire, la eliminación de vegetación autóctona, y la aparición de especies invasoras, entre otras (Paris Solanilla, 2009).

Es muy bien sabido que el desarrollo impone casi siempre una degradación del medio natural, con el que circunstancialmente nos hemos acostumbrado convivir, y que para muchos es inadmisibile. Las infraestructuras lineales constituyen una de esas actividades que contribuyen al desarrollo y conlleva una degradación territorial.

La evaluación del impacto ambiental (EIA) se ha convertido en uno de los principales instrumentos preventivos para una gestión protectora del medio ambiente, y por tanto, para que la sociedad disponga de una elevada calidad ambiental acorde con su grado de desarrollo y con las circunstancias económicas y sociales con que cuenta. Esta poderosa herramienta consiste en un procedimiento administrativo para el control ambiental de planes, programas y proyectos, que se apoya en la formulación de estudios técnicos y en un proceso de participación pública y de los agentes socioeconómicos, y que conduce a un pronunciamiento o decisión de la administración ambiental.

Actualmente, ya no se discute la necesidad de implementar la evaluación de impacto ambiental (EIA) previa a un proyecto de obra, dado que la EIA está regulada en la mayoría de las legislaciones vigentes. Este proceso técnico-científico y administrativo está orientado a identificar, prevenir e interpretar los impactos o efectos ambientales que un proyecto o actividad produciría en caso de ser ejecutado, así como la prevención, corrección y valoración de los mismos, con la finalidad de ser aceptado, modificado o rechazado por las entidades públicas competentes (Conesa Fernández, 2003). Hasta 1970 no existía tal exigencia, y fue Estados Unidos el primer país en implementar una norma de este tipo.

La preocupación por los problemas medioambientales en la República de Guinea Ecuatorial es reciente. La Ley nº 9 /2006, de fecha 3 de noviembre, reguladora de minas en Guinea Ecuatorial, y la Ley 7/2003, reguladora del Medio Ambiente en Guinea Ecuatorial en sus artículos 49 y 50 respectivamente, incluye la Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) y la Protección y Saneamiento del Medio Ambiente antes y después de acometer una obra. Sin embargo, al no existir artículos específicos que detallen la forma en que debe realizarse el proceso de evaluación, así como las medidas correctoras, muchas de las empresas aprovechan este vacío legal, haciendo caso omiso a la ley. Todo ello que ha provocado que muchas actividades, como es el caso particular de carreteras nacionales, quedasen abandonadas, sin un plan de vigilancia una vez concluida la obra, provocando la desestabilización de taludes, así como la pérdida de la biodiversidad del lugar, hipotecando sus potenciales beneficios futuros.

La política nacional en la última década ha buscado la modernización de las construcciones urbanas y rurales en todo el ámbito nacional, lo que ha causado un aumento considerable de infraestructuras viales. Estas actividades llevan asociadas una serie de alteraciones del medio ambiente local, con transformaciones de terrenos que suponen la creación de taludes (desmontes y terraplenes), vertederos y préstamos; y a escala del paisaje, afectan a la fauna y flora, a las redes de drenaje, al suelo y al microclima o a la atmósfera, entre otros.

Pero en el momento actual se asume, casi a nivel global, que los proyectos de construcción de obras de cualquier naturaleza, y en el caso particular de la construcción de carreteras, tienen que realizarse de manera respetuosa con el entorno, conciliando los servicios sociales que prestan con los ecosistemas.

En este trabajo se pretende demostrar que, en el proceso de construcción de cualquier tipo de infraestructura se puede restaurar, en buena medida, el entorno degradado, siendo la respuesta óptima cuando se realiza desde un enfoque ecológico. Para ello proyectamos identificar y prevenir los impactos ambientales ocasionados por la construcción del tramo de carretera Malabo-Luba, así como proporcionar una propuesta de restaurar algunos de los elementos y espacios afectados desde un enfoque ecológico.

2. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

2.1 Objetivos

Generales

1. Realizar una descripción de los principales impactos ambientales ocasionados por la construcción de la Autovía, estimando sus efectos sobre el medio ambiente local.
2. Proponer un plan de corrección de los efectos ambientales ocasionados por la construcción de dicha carretera, mediante un enfoque de restauración ecológica.

Específicos

1. Describir el entorno en el cual se desarrollan las actividades constructivas de la infraestructura.
2. Identificar y caracterizar los principales impactos o afecciones sufridas por la construcción de dicha Autovía.
3. Elaborar un procedimiento de corrección de impactos ambientales.
4. Completar otros aspectos de la EIA, como la vigilancia ambiental.

Para alcanzar los objetivos de restauración se prevé la realización de los siguientes trabajos:

1. Propuesta de remodelación de taludes (desmontes y terraplenes) si procede.
2. Realización de mejoras edáficas.
3. Implantación de la cubierta vegetal.
4. Acciones sobre la fauna.
5. Trabajos auxiliares de protección de las zonas restauradas.

Teniendo en cuenta el elevado impacto que generan las infraestructuras de obras civiles y el caso particular de las carreteras, en este trabajo se pretende minimizar y/o mitigar, en la medida de lo posible, los impactos o efectos ambientales locales (destacando los generados por desmontes, terraplenes vertederos y préstamos). Todo ello a escala de paisaje (fauna, flora, red de drenaje, suelo, microclima y atmósfera) y ocasionados por la construcción de dicho tramo de carretera, en las inmediaciones y alrededores de las dimensiones longitudinal y transversal de la autovía, desde su inicio en la ciudad de Malabo hasta su finalización en la ciudad sureña de Luba. Aunque no exclusivamente, las actuaciones correctoras se centrarán en los taludes (desmontes y terraplenes) fomentando obras que faciliten la colonización natural, así como la recuperación de la integridad ecológica de la zona.

En este trabajo pretendemos hacer una EIA muy simplificada, a posteriori, como un ejercicio académico, ya que actualmente la empresa OAS está en una fase muy avanzada de las obras de construcción de dicho Autovía (Fig. 1), que se iniciaron en mayo de 2012 y que se finalizarían entre junio y diciembre de 2018 (Marcos Santos, Gerente de Calidad, Salud y Medio ambiente, OAS, comunicación personal).



Fig. 1. Tramo Basupu-Luba de la Autovía Malabo-Luba (Fotografía de S. Nsue Esono).

2.2. Justificación

El programa político del gobierno de la R.G.E de cara al horizonte 2020, para la modernización de las infraestructuras viales urbanas y rurales en todo el ámbito

nacional, justifica la adopción de las mejores prácticas en Evaluación y Corrección de Impactos Ambientales. Estas actividades de construcción de carreteras están asociadas a una serie de alteraciones del medio ambiente, en particular la destrucción de grandes superficies de bosques, hábitat de diferentes especies florísticas y faunísticas de interés nacional, la hidrogeomorfología, el paisaje y emisión de gases a la atmósfera. Estos problemas se integran y retroalimentan, contribuyen a la pérdida de la biodiversidad, a la contaminación de los ríos y acuíferos, los impactos acústicos y a la disminución de los bienes y servicios ecosistémicos, de los cuales depende la población local.

Por otra parte, la construcción de carreteras deja taludes desprotegidos y sin una geomorfología estable, que aparte de causar un impacto visual, pueden estar sometidos a importantes procesos de erosión, provocando incluso desprendimientos, y dificultando la regeneración natural del medio biótico.

La remodelación de los taludes, junto con la creación de cubiertas edáficas y de revegetación, facilitará la creación de una masa forestal, que mejorará las condiciones ecológicas de la zona objeto de estudio, evitando además la ocurrencia de procesos erosivos. Finalmente se facilitará la instalación de nuevas especies, y se propondrá crear hábitats para la supervivencia de especies amenazadas.

3. PLAN DE TRABAJO. MATERIALES Y MÉTODOS

La ejecución del plan para la realización de este trabajo se ha llevado a cabo siguiendo varias etapas, las cuales han concluido con una propuesta de restauración ecológica (fundamentalmente de los taludes del tramo de carretera objeto de estudio), con el fin de paliar o minimizar los efectos ambientales. A continuación presentamos la secuencia de las distintas actividades que se han realizado:

- Revisión bibliográfica de información, tanto con la zona como relacionada con la temática, incluyendo los informes técnicos y trabajos de investigación, sobre el particular.
- Visita al Ministerio de Obras, Infraestructuras y Urbanismo de la R.G.E., a la empresa ejecutora del proyecto (OAS), y a GEProyectos.
- Trabajo de campo y recopilación de información.
- Análisis de información sobre los efectos y otros trabajos de gabinete.
- Elaboración de propuestas de restauración ecológica.

- Elaboración de plan de un Plan de Vigilancia Ambiental.

Para dar solución a los objetivos planteados inicialmente, se ha recopilado información relevante sobre las principales características del medio, desde la ciudad de Malabo hasta las inmediaciones de la ciudad sureña de Luba, Isla de Bioko, que es donde termina el tramo de carretera estudiado. Para conocer los aspectos legales y los detalles del proyecto visitaremos la empresa constructora de dicho tramo, Ministerio de Obras, Infraestructuras y Urbanismo y GEProyectos, entidad encargada de hacer seguimiento de los proyectos del gobierno.

Siguiendo la secuencia del Plan de trabajo establecido se ha realizado una visita a la zona, para tener una perspectiva general de la problemática, y recopilar información sobre los principales efectos ambientales directos e indirectos asociados a dicho proyecto e idear posibles medidas correctoras con base ecológica.

Para llevar a cabo este trabajo, nos hemos basado en bibliografía relacionada con obras civiles, que han ayudado a realizar listados de impactos y de acciones impactantes al medio, y seleccionar los efectos más significativos para este caso. Las imágenes de las principales vistas de la autovía y las coordenadas de los puntos de inicio y finalización de la autovía respectivamente se han obtenido a través de una cámara digital y de un GPS respectivamente; también se ha tenido acceso a los planos de la obra a través del Ministerio de Obras, Infraestructuras y Urbanismo de la R.G.E, los cuales han sido escaneados para su inserción en el trabajo.

Teniendo en cuenta que existen varias metodologías de análisis y evaluación de impactos, que van desde las más simples, donde no se pretende evaluar numéricamente el impacto global que se produce, a aquéllas más complejas, en la que a través de los diferentes procesos de ponderación, se intenta dar una visión global de la magnitud del impacto (Martínez Soto y Damián Hernández, 1999). Desde esta perspectiva, en este trabajo pretendemos ofrecer una visión sobre los principales efectos, tanto directos como indirectos, que ocasiona la construcción de la Autovía Malabo-Luba, a través de una identificación y descripción precisa de los mismos en el campo; así como proponer algunas medidas correctoras desde un enfoque de restauración ecológica. Por último para un correcto funcionamiento del proyecto de la Autovía en sus fases de ejecución y explotación, planteamos un Plan de Vigilancia Ambiental, que nos permita hacer un

control y seguimiento estricto a todas y cada una de las actividades que se lleven a cabo antes, durante y después de la construcción de la Autovía.

4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto de construcción de la Autovía Nacional Malabo-Luba se desarrolla en la Isla de Bioko (Guinea Ecuatorial), situada entre las ciudades de Malabo y Luba (entre 3° 48' y 3° 12' de latitud N) en las regiones norte y sur respectivamente de la isla de Bioko, República de Guinea Ecuatorial. El área objeto de estudio se circunscribe tanto dentro de las superficies de titularidad privada del estado de la República de Guinea Ecuatorial como de terrenos particulares. El proyecto tiene una superficie de 49 km de longitud y una plataforma de 21,5 metros transversales, lo que significa una superficie total pavimentada de 105,35 ha, de las cuales 64,329 ha (Tabla 1) corresponden a terrenos privados de 90 propietarios frente a las 41,021 ha de terreno público, que representan el 61% y 39% respectivamente. La Autovía Nacional se divide en dos tramos o lotes (Fig. 2), cuyo trazado en planta se ha representado a escala 1:5000, con franjas de reserva de 50 m a ambos lados de la carretera. El primer tramo se ubica en una zona llana (entre 3° 44' y 3° 43' latitud N y 8° 41' y 8° 40' longitud E), comienza en la glorieta aeropuerto de Malabo hacia Basupu a escasos metros del nuevo campus universitario de Malabo; el segundo (entre 3° 43' y 3° 27' latitud N y 8° 40' y 8° 35' longitud E) con similares características, comienza cerca del poblado de Basupu, pasa en la Glorieta de circunvalación de carreteras convencionales de acceso a los diferentes puntos de interés de la Isla, atraviesa el poblado de Basakato, finalizando en una glorieta cercana al centro de la ciudad sureña de Luba.

Tabla 1: Superficies privadas afectadas por la construcción de la autovía nacional Malabo-Luba.

Tramo	Superficie afectada(ha)
Tramo 1: Glorieta Aeropuerto- Glorieta Basupu	14,197
Tramo 2: Glorieta Basupu-Glorieta Luba	50,132
Total	64,329

Fuente: Elaboración propia en base al trabajo de campo.

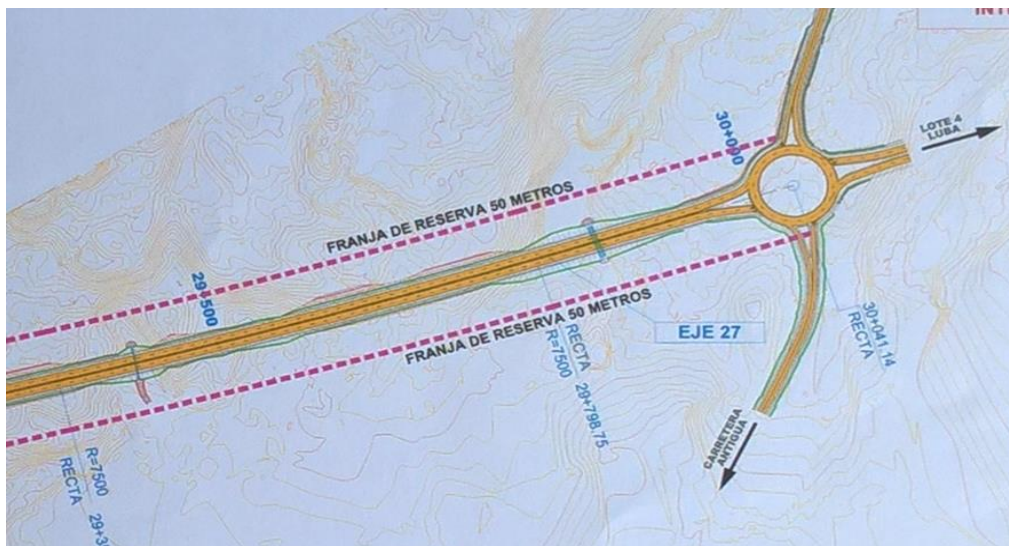


Fig. 2. Planos de la Autovía Malabo-Luba. Imagen superior, desde la glorieta existente en el Aeropuerto de Malabo, inicio de la Autovía hasta la Glorieta de Basupu, a unos 100 metros del nuevo campus universitario en construcción. Imagen inferior, desde la Glorieta de Basupu hasta la Glorieta de Luba a 1 km de la antigua carretera (Fuente: Ministerio de Obras, Infraestructuras y Urbanismo de la R.G.E).

Para la ejecución de la obra, se han abierto dos canteras, que sirven de suministro del material, así como un vertedero, un préstamo y unas pequeñas edificaciones para el almacenamiento de materiales y usos diversos.

Según la información obtenida de la empresa constructora, una vez finalizado las obras, el programa de mantenimiento correrá a cargo del Ministerio Obras, Infraestructuras y Urbanismo, entidad responsable de mantenimiento de las obras civiles. No se prevén actuaciones de restauración sobre el tramo objeto de estudio, pero

sí se va a realizar una reforestación a pequeña escala en las canteras explotadas, como medidas correctoras.

La Autovía albergará la circulación de todo tipo de vehículos, incluidos los de alto tonelaje.

El proyecto está financiado al 100% por el Gobierno de la República de Guinea Ecuatorial, con el fin de mejorar los servicios de infraestructuras viales.

6. ESTUDIO DEL MEDIO

El estudio se llevó a cabo en la Isla de Bioko, de 2017km², orientada de NE a SO, a 32 Km de las costas de Camerún y con un tamaño aproximado de 75x25 km. Bioko tiene tres grandes volcanes: el Pico de Basile (3010 m) en el norte, el Pico Biao (2010 m) y la Gran Caldera de Luba (2261m) en el sur. En base a ello, la Isla se divide en dos bloques (N y S), separados por una depresión central de unos 1000 m (Fig. 3 y 4). El Bloque Norte es el de mayor extensión y en él se encuentra la cota más alta del país, el pico Basile. En el Bloque Sur se distinguen las zonas de Moca, en la parte oriental, y la de Luba que produce el ensanchamiento occidental de la Isla (Molerio León, 2014).

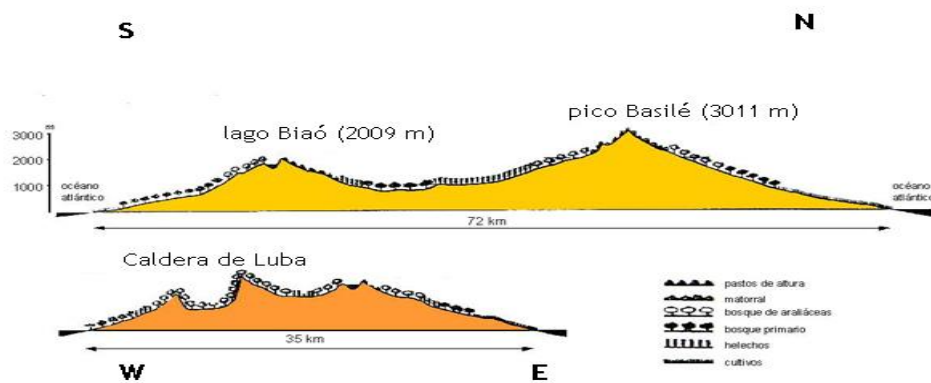


Fig. 3. Perfil topográfico de la Isla (adaptado de Terán, 1962). Fuente: <http://guinea.optyma.com/hidrografia.php>



Fig. 4. Gran caldera de Luba, al fondo. Fuente: Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente

5.1 Clima

La Isla de Bioko está situada a una latitud 3°30' al norte del Ecuador y se caracteriza por un clima ecuatorial con dos estaciones (Atlas de África, 2000). El gradiente altitudinal determina las siguientes zonas térmicas (Tabla 2 y Fig. 5).

Tabla 2: Principales zonas térmicas del lugar objeto de estudio

Altitud (m)	Temperaturas anuales medias	Zonas térmicas
0 - 700	23 – 24 °C	Zona tropical básica
700 - 1000	22 - 23 °C	Zona de transición premontaña tropical
1000 -1200	17 – 22 °C	Zona premontaña tropical (fuerte nubosidad)
2000 - 3000	12 – 17 °C	Zona montañosa baja tropical (nubosidad permanente)

Fuente: Elaboración propia

Por lo general se diferencian dos estaciones muy marcadas, la estación seca se extiende de diciembre a febrero con precipitaciones inferiores a los 50mm/mes, y otra lluviosa de marzo a noviembre con precipitaciones superiores de 100mm/mes (Atlas de África, 2000).

Las vertientes y cumbres expuestas al monzón reciben precipitaciones todo el año, con una media anual que varía entre los 1932 mm en Malabo y 10150 mm en

Ureka, en el sur. En Malabo la temperatura media anual es de 24,8°C, que varía según el mes más cálido, marzo (25,8°C), y la del mes menos cálido, agosto (23,8°C). Un cinturón de nieblas de evolución diurna puede aparecer, fundamentalmente, desde los 800 a los 1800 m, contribuyendo a la creación de una atmósfera casi saturada de agua entre esas cotas (Navarro Cerrillo et al., 2012).

La humedad del aire se aproxima a la saturación a lo largo de todo el año, con valores siempre superiores al 80%. Los vientos son de velocidad moderada con dirección SO-NE durante la estación lluviosa y con dirección inversa durante la estación seca (Atlas de África, 2000). La humedad relativa tiene un valor medio del 90%, aumentando este valor hacia el sur, por el elevado nivel de precipitaciones, y en altitudes de 1000 a 1500 m. Según Terán (1962), en Ureka han registrado máximos absolutos mayores de 14000 mm (<http://guinea.optyma.com/hidrografia.php>). De hecho, esta localidad se encuentra entre las de mayor pluviosidad del Planeta (Fig. 5).

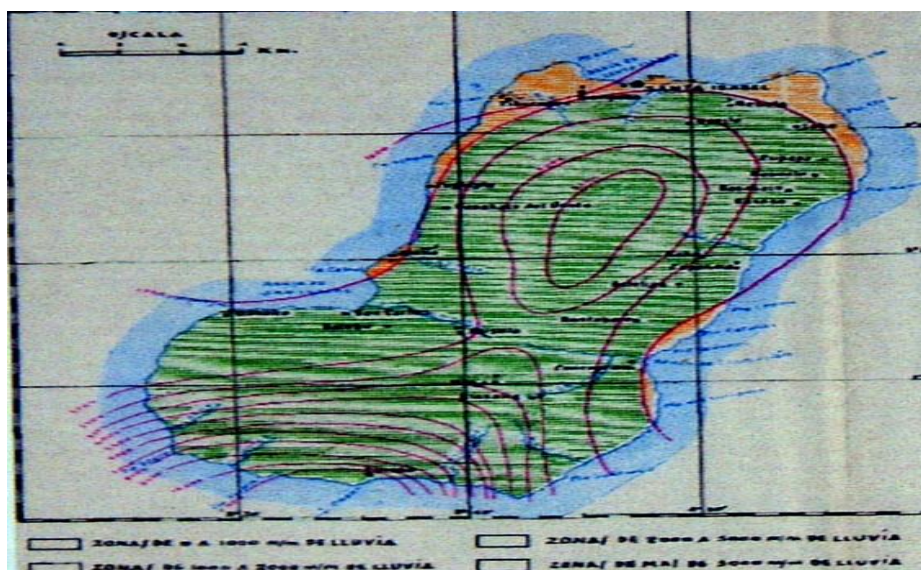


Fig. 5. Esquema de Isoyetas de la Isla de Bioko Nosti, 1942. www.floradeguinea.com/guinea/isoyetas_bioko/.

5.2 Geología

Bioko forma parte de una cadena volcánica que cruza diagonalmente desde el Lago de Chad hasta la Isla de la Ascensión, denominada Línea Volcánica de Camerún. La isla está compuesta en su totalidad de rocas de origen volcánico, principalmente basálticas, provenientes de diversas fases de vulcanismo (Molerio León, 2014).

En la Isla de Bioko las erupciones volcánicas han sido acompañadas de materiales más finos, presentes en los suelos actuales (Atlas de África, 2000).

El material rocoso muestra forma columnar y es de estructura homogénea. En definitiva, es una estructura geológica muy simple, caracterizada por rocas basálticas originadas por el enfriamiento del magma en superficie, constituyendo un solo cuerpo rocoso, depositado en un manto de lava basáltica. Como hemos señalado, el sistema primario de grietas de enfriamiento forma una estructura acentuadamente columnar, ligeramente flexionada a causa del flujo plástico durante el enfriamiento. Existe además un importante sistema de fallas verticales y un sistema de grietas más tardías y cerradas (Atlas de África, 2000) (Fig. 6).

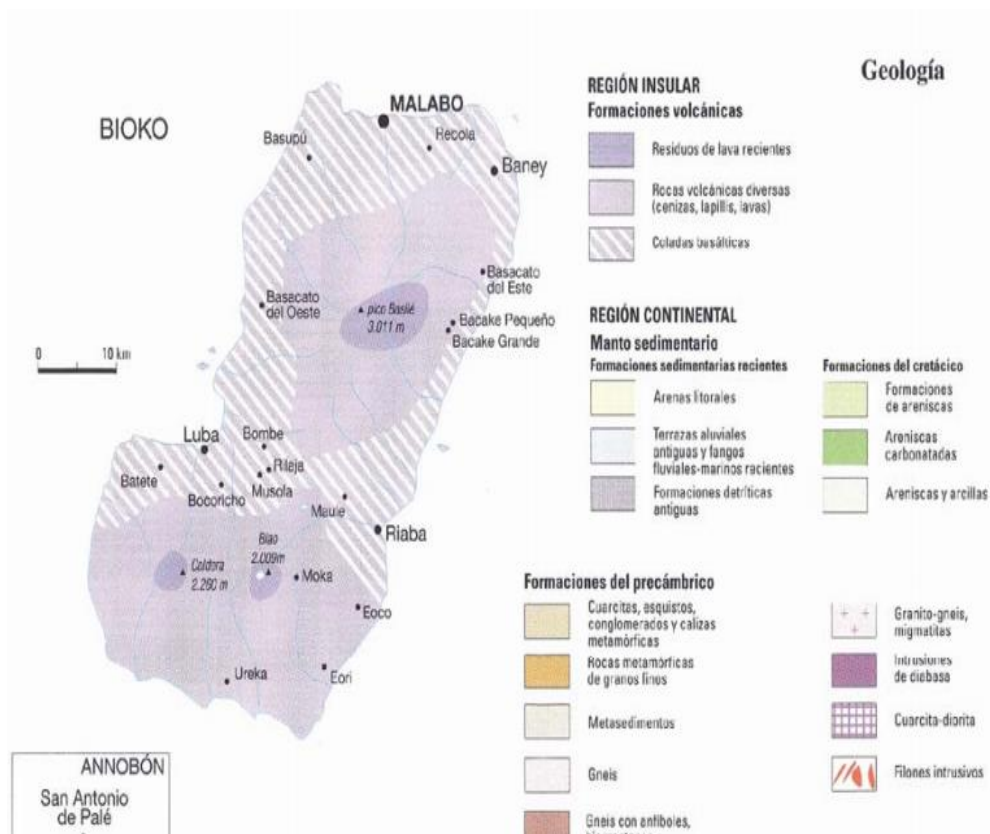


Fig. 6. Mapa geológico de la Isla de Bioko. (Fuente: Fero, 2012, redibujado por S. Nsue Esono).

En la zona del trazado se observan grandes accidentes geográficos naturales. De hecho, los principales desniveles que aparecen ahora aquí han sido originados por las actividades del proyecto.

Respecto al relieve, la Isla de Bioko está estructurada por dos conjuntos de conos volcánicos suturados por medio de una meseta de lavas basálticas de piedemonte. Las pendientes de estos volcanes tienen un perfil ligeramente cóncavo y muy

pronunciado en el extremo superior, suavizándose progresivamente en forma de glacis inclinado hacia el océano (Atlas de África, 2000).

El hecho de que el relieve actual conserve las formaciones volcánicas se debe a la relativa resistencia a la erosión de las lavas basálticas. A pesar de la intensidad excepcional de la pluviosidad, las diferentes coladas de lava están separadas por depósitos volcánicos más blandos, que facilitan la incisión torrencial de la red hidrográfica (Atlas de África, 2000).

5.3. Hidrología superficial y subterránea

En Bioko el sistema fluvial está influenciado por las altas masas volcánicas: Pico Basile (3.011 m), en la zona norte, Pico Biao (2.009 m) y la Gran Caldera de Luba (2.261 m) en la zona Sur. Así los ríos fluyen en un sistema radial que tiene como punto de origen las cimas de estas formaciones. Los cauces de agua de los ríos presentan ciertas características comunes:

1. Fluido variable e irregular según la época
2. Recorrido reducido, que no excede los 20 km
3. Poder erosivo intenso, caracterizado por la existencia de canales profundos

Existen numerosas cascadas, debidas a saltos abruptos dentro de los cauces de agua. En algunos ríos, estos descensos tienen una caída “vertiginosa”, de hasta 300 metros.

En definitiva, en general, los ríos son de curso rápido, por efecto de las pronunciadas pendientes del relieve. Son de origen pluvial, de pequeña longitud y gran fuerza erosiva. En la zona sur los ríos tienen mayor caudal, por el régimen de lluvias más intenso, y el estiaje es casi imperceptible (De Castro & De la Calle, 1985).

De Castro & De la Calle (1985), en la página web <http://www.floradeguinea.com/guinea/hidrología/>, agrupan los cauces más importantes según las siguientes vertientes (Fig. 7):

1. Vertiente Norte: Copetua, Bolola, Sampaka, Timbabé, Cónsul.
2. Vertiente Oeste: normalmente de mayor recorrido que los anteriores, Tiburones, Basupú, Balaopí, Apú.

3. Vertiente Sur: a la que pertenecen los ríos más importantes de la isla como el Tudela u Olé y el Moaba que drenan respectivamente la Gran Caldera de Luba y el Macizo de Biaó.
4. Vertiente Este: los ríos más importantes son el Ilachi y el Baó que suponen dos importantes elementos erosivos.

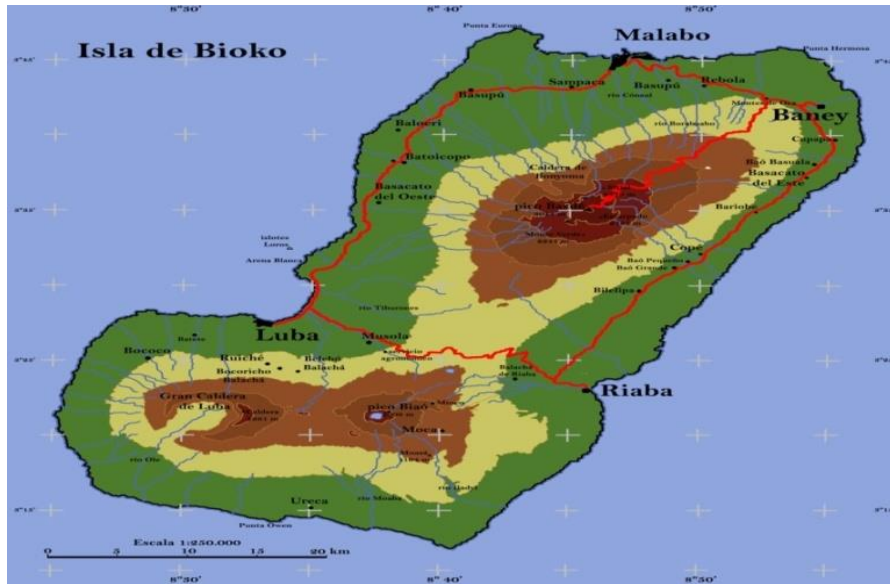


Fig. 7. Mapa que muestra la red fluvial de la Isla de Bioko en relación a la altimetría de la Isla.
Fuente: <http://www.floradeguinea.com/guinea/hidrología/>.

Dada la ausencia de rocas permeables, no existen en general, grandes acuíferos de aguas subterráneas, cuya presencia se limita a fracturas en rocas.

5.4 Suelos

Los suelos de Bioko descansan sobre rocas basálticas y la textura contiene alófonos (material con características físicas y químicas particulares). Tienen capacidad para formar complejos estables, incorporando la materia orgánica, para almacenar reservas importantes de agua y para retener elementos fertilizantes existentes en el suelo o aportados en forma de abonos y fertilizantes (Atlas de África, 2000).

Los suelos de Bioko se destacan por su homogeneidad, debido a que también lo es la roca madre. Las variaciones que encontramos son de carácter mecánico o químico, dándose el mayor contraste entre los suelos de zonas más altas por encima de los 700 m (descomposición in situ de la roca madre, que permite el desarrollo de andosoles húmicos, saturados en agua y más ácidos) y los de zonas bajas, aptos para la agricultura (carácter aluvial, que se consideran muy fértiles), resultado de la erosión y a la

meteorización de los primeros y del carácter aluvial de los segundos (De Castro & De la Calle, 1985: 11; Fa, 1991: 17).

En general, todos los suelos de la Isla de Bioko tienen una gran abundancia de elementos coloidales, lo que favorece la retención de sustancias minerales nutritivas, y son fértiles por su mayor contenido de sales nutritivas. Son ricos en hidróxido de hierro, de aspecto terroso y de color pardo rojizo y pobres en fósforo, potasio y sobre todo carbonato de cal. Su contenido en humus aumenta con la altitud y alcanza máximos de 4-13% (el valor promedio no supera el 2%), con un pH neutro nunca inferior a 6 (Fig. 8) (Fero Meñe, 2012).





Fig. 8. Suelos de la Isla de Bioko. Imagen superior. Suelos rubificados cercanos a la cumbre de Pico Basilé (Fotografía M. Fero). Imagen intermedia. Suelos de la parte baja de Bioko como consecuencia de su elevado componente férrico. En las zonas altas de la isla al igual que en el sur, el suelo es más oscuro al predominar las tierras volcánicas (www.floradeguinea.com/guinea/hidrografia/). Imagen inferior. Horizontes edáficos de los suelos de África (Atlas de África, 2014).

5.5 Vegetación y usos de suelo

La isla de Bioko, por sus características, pertenece florísticamente a la Región Guineo-Congolesa. En ella se distingue la dorsal de montaña de Camerún, que es una zona con una alta diversidad de especies endémicas. La isla comparte con Monte Camerún, al menos 129 especies vegetales exclusivas. Por otra parte, se tiene identificado en la Isla de Bioko un total de 1.105 especies de plantas vasculares, con 133 especies endémicas (lo que supone que un total de 12% de las plantas son endemismos).

Aparte de las diferencias geográficas existentes, cabe destacar el aspecto de la huella humana, o del grado de antropización que han sufrido las tierras de la Isla de Bioko (Fero Meñe, 2012).

Los impactos generados por el hombre, principalmente en la zona baja, y la accidentada orografía, han provocado la convivencia conjunta de especies características de varias comunidades, complicando así la delimitación precisa de las formaciones vegetales. El bosque de llanura, desde el litoral hasta los 700 m, fue prácticamente eliminado y sustituido por monocultivos de cacao en la década de 1950. Con el abandono de las fincas en los años de la década de 1970, extensiones importantes han pasado estar ocupadas por bosque secundario.

A su vez, “en Bioko, gran parte de las tierras bajas han sido dedicadas a la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) y en menor medida de café (*Coffea liberica* W. Bull ex Hiern) y plantas para consumo humano como palmeras de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.), plátanos (*Musa sp. pl.*), malanga (*Xanthosoma violaceum* Schott), yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y ñame (*Dioscorea sp. pl.*), a excepción de la parte Sur, menos poblada” (Fero Meñe, 2012; pág. 25) (Fig.10).



Fig. 10. Algunas especies de plantas de consumo humano en la zona baja de la Isla de Bioko (*Elaeis guineensis* Jacq., *Musa sp. Pl* y *Cacariaca papaya*) (Fotografía de S. Nsue Esono).

La distribución actual de la vegetación de la Isla de Bioko, se debe fundamentalmente a la existencia de franjas según la altitud, entre 700 y los 3000 m, con unas condiciones de relieve y de clima muy específicas. La extensión de los cultivos de subsistencia y de cacao cubre la mayor parte de la superficie por debajo de los 700 metros. Finalmente la vegetación autóctona de la zona sólo se ha mantenido en algunas zonas topográficamente inaccesibles.

Según el Atlas de África (2000), pueden distinguirse:

1. Selva pluvial de baja altitud, se ha conservado en la vertiente sur de la isla, dado que tiene unas condiciones específicas poco propicias para cualquier forma de explotación agrícola. Esta selva es particularmente rica en epifitos (orquídeas).
2. A partir de los 700 m, altitud máxima para el cultivo de cacao, se desarrolla la *selva ombrófila perenne*, hasta los 1800 m de altitud, con una densidad creciente de helechos arborescentes y de *Araliáceae*.

3. Por encima de los 1800 m, la selva es sustituida por formaciones vegetales bajas con *Araliaceae* y praderas de altitud.

Las principales especies botánicas a las que pertenecen los árboles del bosque de la zona baja objeto de estudio corresponden con leguminosas (*Distemonanthus benthamianus* y *Entada scandens*), caracterizado por sus gigantes legumbres; las miristicáceas como el calabó (*Pycnanthus angolensis*), las esterculiáceas, rubiáceas y palmáceas como la palmera de aceite (*Elaeis guineensis*) y la nipa (*Raphia vinifera*), malváceas como *Ceiba pentandra*, algunas moráceas y numerosas especies de *Ficus*, como el árbol lija. También forman parte de formaciones boscosas de carácter secundario algunas zonas de mayor intervención humana, por debajo de la cota de 700 m.

En definitiva, el bosque de la zona de estudio se caracteriza por tener entremezcla de grandes árboles del bosque original y árboles emergentes originados por la sustitución de la cubierta original en el pasado, los cuales pueden alcanzar hasta los 70 metros de altura.

Sobre todo este mosaico se distingue tres tipos de usos de suelo:

1. Uso agrícola, zona de cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) y plantaciones rudimentarias (*Xanthosoma violaceum*, *Cacariaca papaya*, etc.), zona baja entre los 650-700 m de altitud.
2. Uso extractivo, zonas de canteras activas y abandonadas, zonas perturbadas por las actividades extractivas, registradas en cotas inferiores a los 900 m de altitud, con una incidencia de los rayos solares que dificulta el crecimiento de la vegetación en las mismas.
3. Usos recreativos y de conservación (áreas protegidas).

5.6 Fauna

Tanto la fauna como la flora de Bioko se parecen en composición a la del continente. Estudios realizados por la UNGE (Universidad Nacional de Guinea Ecuatorial) en colaboración con Universidad de Arcadia de Filadelfia, revelan que existen especies endémicas y en peligro de extinción en la isla. Por su parte, Moraka (Ureka) es un lugar

privilegiado para la puesta de 4 especies de tortugas marinas catalogadas en peligro de extinción por la UICN (Atlas de África, 2000).

En Bioko se encuentran más de 300 especies de vertebrados, de los cuales un 2% son especies endémicas y un tercio pertenecen a subespecies endémicas. Han sido identificadas más de 60 especies de mamíferos terrestres, incluyendo formas endémicas (28%), siendo especialmente llamativos los primates. Entre la avifauna se han clasificado 138 especies terrestres, incluyendo 45 endémicas a nivel de subespecies, además de las aves de paso. Se han detectado 53 especies de reptiles y 12 especies de primates. Por todo ello, la diversidad de especies es una de las más altas en África (según UICN). De las 12 especies de primates, 6 están en peligro de extinción, a causa de la caza furtiva intensiva. En Bioko destaca la presencia de 4 ó 5 subespecies endémicas, como el cola roja (*Cercopithecus erythrotis*), el mono de Preussi (*Cercopithecus preussi*) y el dril (*Mandrillus leucophaeus*). Entre los ungulados hay 2 únicas especies que son endémicas a nivel subespecífico, *C. monticola melanopheus* y *C. ogilbyi ogilbyi*. Parece que el jabalí (*Potamochoerus porcus*) y el búfalo (*Synceros cafer*) desaparecieron de la isla de Bioko con la llegada del hombre. Los murciélagos tienen una importancia fundamental en los procesos de dispersión de semillas. En Bioko hay 7 frugívoros y 21 insectívoros.

En Bioko se conocen 182 especies de aves, con un 32,6% de formas endémicas. Entre estas últimas destaca el miopito de Fernando Poo (*Speirops brunneus*).

5.8 Medio Socioeconómico

Los resultados preliminares del Censo de Población 2015, a partir de las encuestas realizadas en todo el territorio de la República de Guinea Ecuatorial muestran una población total de 1.222.442 habitantes, de los cuales 334.463 (27,8%) viven en la Isla de Bioko, distribuidos en Bioko Norte: 299.836 y Bioko Sur: 34.627 habitantes respectivamente. La densidad poblacional es de 45 habitantes/km² (<http://www.asodeguesegundaetapa.org/datos-oficiales-del-censo-de-poblacion-de-guinea-ecuatorial>).

La economía ecuatoguineana ha experimentado profundos cambios a lo largo del período 1995-2003, debido a la movilización de los recursos forestales (1995-1998) y sobre todo al reforzamiento de las explotaciones de crudo (1999-2003).

El PIB se ha visto multiplicado por 4,6 desde 1995, superando los 2200 dólares USA por habitante en el año 2000. Según el Atlas de África (2000, pág. 42, 56), su composición se caracteriza por:

1. Un fuerte crecimiento del sector primario (agricultura, ganadería, industria forestal, pesca y crudo), basados en más de 80% en el crudo en 2001.
2. Un ligero desarrollo del sector secundario (actividades relativas a la construcción y obras).
3. En cuanto al sector terciario (transportes, comunicaciones, comercio, hostelería, servicios y administración pública), experimenta un desarrollo que debería verse acentuado en un futuro próximo.

La mayor parte de la población, más de 60%, vive en las zonas rurales de la isla. Esta parte de la población sobrevive con un modo de producción de subsistencia, con una dependencia casi exclusiva de la diversidad, ya que extraen del medio natural productos útiles para: alimento, medicina, caza, pesca, construcción, cocción, artesanía, folklore, ritos, etc. Esto supone una presión enorme sobre los recursos forestales y la biodiversidad.

La mayor parte de los bosques están protegidos. Así en el parque nacional del Pico Basile y en la reserva científica de la Gran Caldera de Luba no se pueden realizar explotaciones forestales. La explotación forestal actual es de 10000 m³/año, que se destina a las necesidades de Bioko (Atlas de África, 2000).

El crecimiento de la población es de 2,54 % anual y la productividad económica en la década de los 90, ha permitido un acelerado proceso de urbanización en todas las ciudades del país, en especial en la ciudad de Malabo. El impulso del sector de las construcciones, tanto de las carreteras urbanas como las viviendas sociales de Malabo II, ha multiplicado las actividades extractivas en canteras de arena y de áridos, explotadas muchas veces de manera informal, en zonas de riesgo medioambiental, como las costas marinas y de cursos de agua. El turismo es todavía limitado, y los planes de desarrollo privilegian el turismo de élite, la organización de conferencias, y el ecoturismo.

La propiedad familiar consuetudinaria se extiende a la mayoría de las tierras agrícolas. Los agricultores no usan abonos o fertilizantes industriales, lo que sumado al

método de tumba, roza y quema utilizado para la agricultura de subsistencia, produce una paulatina degradación de los suelos forestales utilizados, con bajas productividades y largos barbechos.

Por otra parte, se registra una alta inmigración en el país, la cual está constituida por el retorno masivo de los nativos y la entrada de extranjeros.

Finalmente presentamos las emisiones atmosféricas de CO₂ de Guinea Ecuatorial, en tanto éstas constituyen también un indicador del nivel de actividad industrial (Figs. 11).

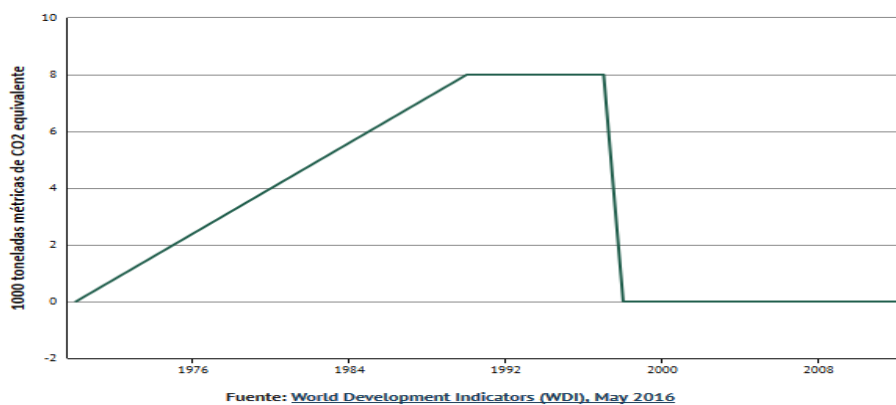
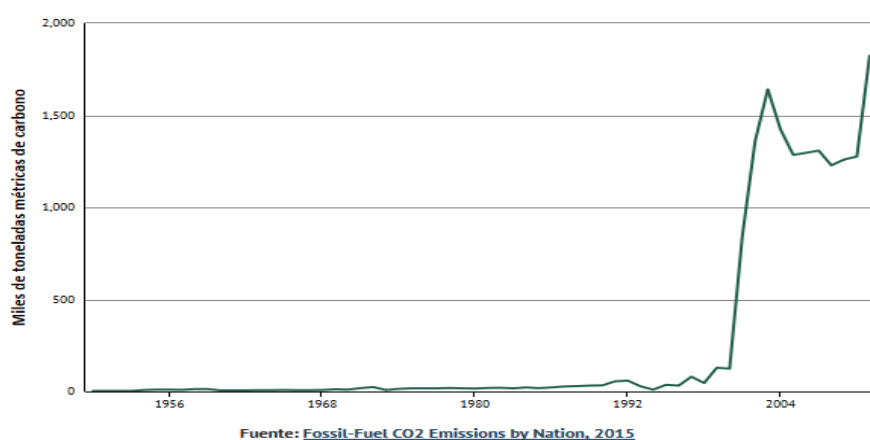


Fig. 11. Imagen superior. Emisiones de CO₂ per-cápita de combustibles fósiles (consumo de combustibles sólidos, líquidos, consumo y quema de gas y transporte marítimo). (Fossil-fuel CO₂Emissions by Nation, 2015). Imagen inferior. Otras emisiones de gases del efecto invernadero, HFC, PFC y SF₆ (equivalentes en miles de toneladas métricas de CO₂) (Word Development Indicators (WDI)).

6. DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES EFECTOS AMBIENTALES OCASIONADOS POR LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOVÍA MALABO-LUBA

6.1 Identificación de impactos

Los movimientos de tierras y en particular la construcción de obras civiles e infraestructuras lineales, como es el caso de las carreteras, impactan negativamente, y en niveles de gran magnitud, en el medio ambiente natural. Todo ello mediante acciones del propio proyecto, como son la construcción de terraplenes y desmontes, préstamos vertederos, pavimentaciones y obras menores (Fig. 12). Para ello, existe la necesidad de conocer, tanto en la fase de definición del proyecto como en la de su ejecución, los factores medioambientales susceptibles de recibir esos efectos, tanto positivos como negativos, cuáles son las principales acciones impactantes, cuales son los efectos fundamentales de dichos impactos, y cuáles son aquellas medidas que pueden adoptarse para minimizar los mismos (Orta Amaro, 1997).

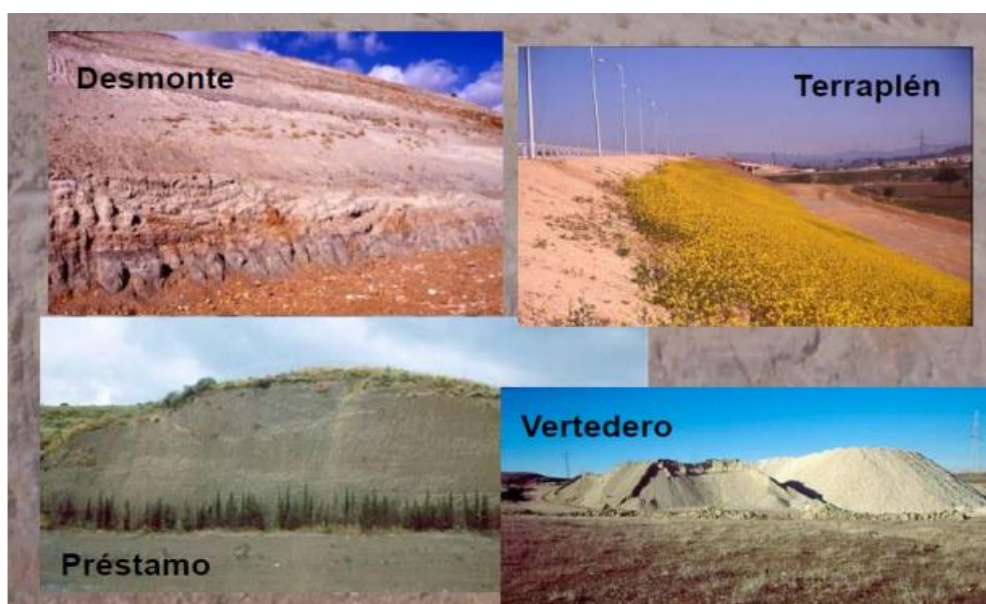


Fig. 12. Espacios afectados por movimientos de tierras en la construcción de infraestructuras. Fuente: REAOC, apuntes de clase, 2016.

Con este motivo, hemos procedido a recorrer el trazado de la Autovía (Fig. 13) con el fin de identificar y describir los principales impactos.



Fig. 13. Imagen de un desmorte en la Autovía Nacional Malabo-Luba, en la que se observa derrumbamiento y acumulación de sedimentos en la base de la misma (Fotografía de S. Nsue Esono).

A modo de síntesis, presentamos a continuación una tabla que resume los principales factores afectados que hemos identificado, las acciones impactantes, y los impactos directos (y negativos) originados por la construcción de la Autovía Nacional Malabo-Luba sobre el Medio Ambiente local (Tabla 3).

Tabla 3: Impactos directos (negativos y positivos) producidos por la Autovía Nacional Malabo-Luba.

Factores del Medio Ambiente afectados	Acciones impactantes	Impactos directos
1. Suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Movimiento de tierras. • Usos de equipos pesados de construcción. • Vertidos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Destrucción del suelo. • Contaminación del suelo por el polvo, derrame de combustibles y lubricantes, etc. • Ocupación de grandes áreas de terreno.
2. Vegetación	<ul style="list-style-type: none"> • Movimiento de tierras. • Uso de los equipos pesados de movimiento de tierras y de pavimentación. • Explotación de canteras 	<ul style="list-style-type: none"> • Destrucción de la cubierta vegetal. • Fragmentación y destrucción de hábitats. • Contaminación.

	o préstamos.	
3. Agua	<ul style="list-style-type: none"> • Rellenos, desvíos y otras afectaciones a los acuíferos. • Vertido de sustancias nocivas en los ríos. • Creación de barreras físicas (puentes, canales, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> • Destrucción de acuíferos. • Pérdida de la biodiversidad florística. • Contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. • Desvíos o disminución de las corrientes de aguas superficiales y/o subterráneas.
4. Paisaje	<ul style="list-style-type: none"> • Apertura de préstamos. • Construcción de explanaciones. • Construcción de obras de infraestructuras. 	<ul style="list-style-type: none"> • Afecciones al paisaje natural y la vida silvestre. • Afecciones al patrimonio natural y cultural. • Cambios negativos en la estructura paisajística de la zona.
5. Atmósfera	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de las máquinas de movimiento de tierras. • Construcción de explanaciones, pavimentos. • Apertura y explotación de canteras. • Realización de voladuras. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación por gases, polvo y ruido. • Afecciones al bienestar y la salud humana.
6. Socio-Culturales	<ul style="list-style-type: none"> • Afección a propietarios de terrenos. • Creación del efecto barrera. • Generación de empleo. • Incremento en el consumo de bienes y servicios locales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alteración y pérdida de la identidad cultural y modos de vida tradicionales de los pobladores de la zona. • Incremento en ingresos de la población local. • Mejora en el estilo de vida de la población local.

Fuente: Elaboración propia, inspirada en el modelo de Orta Amaro (1997).

Según el estudio monográfico de Orta Amaro (1997), la construcción de carreteras y otras vías de comunicación terrestres, tiene un significativo impacto medio ambiental, al considerar que:

1. Crean un efecto barrera (dividen propiedades, varían la permeabilidad del suelo, afectan al drenaje natural, modifican el modo de vida de los pobladores, etc.).
2. Ocupan un área considerable de terrenos, teniendo en cuenta tanto los principales efectos locales directos que causan los elementos necesarios para la construcción de carreteras (desmontes, terraplenes, vertederos y préstamos, plataformas, plantas de asfalto, etc.) como los indirectos (franja de afección por otros elementos de la infraestructura).
3. Producen ruidos indeseables o dañinos durante su construcción y explotación, afectando a la biodiversidad de la zona.
4. En ocasiones, pueden destruirse o afectarse sitios de interés histórico, propiciar cambios climáticos, afectar costumbres de pobladores, etc.

Desde esta perspectiva, el mismo autor señala que, para mitigar o corregir estos efectos, es de suma importancia considerar estas afecciones en todas las fases del ciclo de vida del proyecto: elaboración, ejecución y explotación.

6.2. Descripción de Impactos

Es importante considerar que en cualquier proyecto de construcción de autovías, la fase más importante es la de elaboración o diseño, en la cual se debe tener en cuenta todos los aspectos o pormenores relacionados a la vida del proyecto.

Como se ha expuesto, aparte de los demás impactos directos e indirectos identificados, a continuación se van a describir los efectos que consideramos más significativos, y que influyen negativamente en el medio ambiente local: destrucción de la capa vegetal, contaminación de suelo y agua, ocupación de grandes áreas de terreno, fragmentación y destrucción de hábitat y presencia de especies no asociadas a taludes de carreteras.

6.2.1. Movimiento de tierras y destrucción de la capa vegetal

Ésta es la principal actividad impactante de la infraestructura, al mover grandes cantidades de tierra. El trazado de la carretera objeto de estudio atraviesa una zona de rocas volcánicas en clima tropical. Resultado de esa combinación es la presencia de un profundo manto de rocas volcánicas meteorizadas químicamente, que forman saprolitos (productos de la meteorización química que mantienen la estructura original de la roca) y regolitos (productos de la meteorización química que no mantienen la estructura original de la roca).

La excavación de taludes que requiere la construcción de la autovía va a introducir (y de hecho ya está introduciendo) una alta inestabilidad geomorfológica, dado que al eliminar el material para la construcción de la carretera se dejan expuestas superficies de elevada pendiente, que son muy vulnerables a la erosión hídrica y a la ocurrencia de movimientos en masa. En este último caso, favorecidos por una saturación en agua del terreno. Por ello, estos taludes tienen un alto potencial a que ocurran deslizamientos y a que se formen regueros y cárcavas. En el recorrido que hemos realizado hemos observado ya alguna inestabilidad en desmontes con pendientes superiores a 45°, que limitan la colonización natural de la vegetación espontánea. Al mismo tiempo hemos observado signos de erosión laminar y acumulación del material erosionado al pie de los desmontes. También, actualmente, la ejecución de las obras y el movimiento de maquinaria generan constantes ruidos, que afectan a la fauna local y producen emisiones de polvo, gases y partículas. Otro aspecto a destacar, asociado al movimiento de tierras, es la destrucción de la vegetación, que causa cambios drásticos en el paisaje.

6.2.2 Contaminación de suelo y agua

No se han observado indicios de contaminación generalizada de acuerdo a lo observado en el campo, aunque tampoco ha sido posible realizar análisis físico-químico al respecto, tanto del suelo como del agua. Sin embargo, sí se han observado derrames de combustible y lubricantes, tanto en el suelo como en algunos cuerpos de agua. Así mismo, se ha observado la presencia de sedimentos en los cuerpos de agua, y de residuos generados por los propios trabajadores.

6.2.3 Ocupación de grandes áreas de terreno

Como se puede observar (Fig. 14), se han construido estructuras complejas, tanto para la residencia de los trabajadores como estructuras temporales, que sirven para almacenar materiales de construcción. También existen préstamos y canteras que se han abierto para obtener materiales necesarios para la construcción de la Autovía. Como se ha dicho, dichas estructuras se localizan en lugares próximos a la autovía, lo que genera un impacto visual muy negativo.



Fig. 14. Algunas zonas degradadas y ocupadas por construcciones temporales (Fotografía de S. Nsue Esono).

6.2.4 Fragmentación y destrucción de hábitat

Otro aspecto a destacar es la fragmentación del hábitat, que de manera característica e intrínseca, se asocia a las infraestructuras lineales, al separar espacios que en el pasado estaban unidos. Esto genera un problema ecológico muy importante ya que el ecosistema funciona a través de las relaciones ecológicas: flujo de materia y energía, relaciones tróficas, movimiento de especies, etc.

Por lo tanto, este proyecto de construcción de la Autovía ha causado, está causando, y causará, un impacto ambiental negativo, muy significativo, de fragmentación. Sobre todo teniendo en cuenta que la Autovía Nacional pasa a escasos kilómetros de las principales zonas protegidas de la Isla de Bioko, donde viven muchas de las especies de primates consideradas en peligro de extinción, alguna de las cuales no se encuentra en ninguna otra parte del mundo.

6.2.5 Presencia en los taludes de especies colonizadoras ajenas a la matriz

Como quiera que no se han previsto actuaciones de revegetación sobre los taludes, se observa en ellos una presencia de especies vegetales, cuya composición nada tiene que ver con las matrices circundantes, sin que haya sido posible establecer su origen (Fig. 15).



Fig. 15. Algunas especies no asociadas a taludes de carretera en la Autovía Malabo-Luba (Fotografía de S. Nsue Esono).

7. LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN EL MARCO DE LAS INFRAESTRUCTURAS LINEALES

La construcción de carreteras o cualquier obra civil lleva asociada una serie alteraciones en el medio ambiente (efectos positivos y negativos), y para corregir o mitigar los efectos negativos que pudiesen causar daño al medio, habitualmente se llevan a cabo trabajos de restauración. Como es bien sabido, en la última década se han multiplicado los trabajos de restauración como simple trámite para cumplir con las exigencias de las administraciones públicas y las ONG. Estos esfuerzos han tenido una cierta repercusión positiva a nivel de restauración paisajística, pero que no han cumplido con las expectativas de la restauración ecológica propiamente dicha.

Así, los procedimientos habituales para la revegetación de los taludes de carreteras, con el fin de corregir los efectos generados por la construcción de las infraestructuras, tienen poco o nada que ver con los principios fundamentales de la restauración ecológica. Por un lado, se utiliza el establecimiento de la cubierta vegetal

como la única medida de restauración (Balaguer et al., 2011), y por otro, se ponen en práctica actuaciones de dudoso carácter ecológico.

Sin embargo, desde finales del siglo pasado se ha incorporado el componente de recuperación del medio natural, en general, y de la restauración ecológica en particular. Esta nueva perspectiva supone pasar de los planteamientos agronómicos a los ecológicos, desplazando el centro de atención desde los elementos hacia el sistema. Por lo tanto, este nuevo enfoque permite distinguir entre procedimientos que favorecen la estabilidad (planteamientos agronómicos) y aquellos otros diseñados para orientar y catalizar la reconstrucción de ecosistemas (planteamientos ecológicos) (Balaguer et al., 2011).

En definitiva, la mayoría de los trabajos y esfuerzos de “restauración” se han basado en la restauración paisajística, con una única finalidad, que es la recuperación de los elementos (estructura) del ecosistema, con fines “ornamentales”, sin tener en cuenta los procesos (función) de los cuales derivan, es decir, recuperar la integridad ecológica (estructura y función).

Según la información obtenida de la empresa constructora, en este caso, se hizo un estudio previo de impacto ambiental, en el cual determinaron que las afecciones fundamentales se producirían sobre la flora y la fauna del entorno, al ser un tramo que no transita, en general, por poblaciones. El responsable del Departamento de Calidad, Salud y Medio Ambiente de la empresa ha señalado que el EsIA (Estudio de Impacto Ambiental) previo no contempla ninguna medida correctora sobre el trazado, pues confían en que la zona se recuperará por sí sola, debido a las condiciones bioclimáticas del lugar. Por ello no se previó realizar ninguna actuación que activara la regeneración natural de las especies, ya sea en los taludes o en las matrices adyacentes. En cambio, el EsIA sí prevé actuaciones de reforestación con especies autóctonas en las canteras donde se extraen gravas, cuando finalicen las obras de construcción de este tramo (Marcos Santos, Gerente de Calidad, Salud y Medio ambiente, OAS, comunicación personal).

Desde esta premisa de “ausencia de medidas de restauración” planteamos un estudio con un enfoque orientado a conseguir mantener la funcionalidad ecológica del entorno de la Autovía, que va más allá de lo que habitualmente se hace en trabajos de restauración en este contexto: reducir la erosión o revegetación con especies

comerciales. Para ello, realizaremos propuestas de actuación con base ecológica relativas al remodelado del terreno, al manejo del suelo, a favorecer la colonización por especies de la matriz, o a conectar áreas fragmentadas con pasos de faunas para facilitar los movimientos de las especies (completado con observatorios de fauna); con ello pretendemos conectar áreas fragmentadas con paso de faunas, observatorios de fauna y miradores ecológicos en los lugares que consideremos oportunos).

Para ello, para mitigar los impactos generados, proponemos medidas de restauración de base ecológica, buscando favorecer el mantenimiento de la biodiversidad y restituir los servicios ecosistémicos, para conseguir mantener la integridad ecológica del lugar.

En definitiva, de acuerdo a las características bioclimáticas del lugar objeto de nuestro estudio, y debido a los escasos trabajos de restauración llevados a cabo, en general, en Guinea Ecuatorial, planteamos medidas de restauración ecológica que tienen un carácter pionero a nivel del país. Todo ello teniendo en cuenta que en todas las infraestructuras viales nacionales no existen actuaciones que realicen planteamientos sobre remodelados del terreno, manejo del microrrelieve del suelo, y faciliten la comunicación o acceso de las especies de una zona a otra, así como acciones que faciliten colonización natural con énfasis a las matrices circundantes. Por otra parte, el país no dispone de un vivero donde encontrar especies nativas asociadas a taludes de carreteras. Desde esta perspectiva, las actuaciones se van a orientar a potenciar una reducción de la erosión hídrica, de modo que faciliten el éxito de los mecanismos de dispersión a través de las matrices circundantes o adyacentes, acompañado de otras actuaciones que faciliten la colonización natural. Esto permitirá recuperar la estructura (elementos) y la función (procesos) del ecosistema; es decir, pretendemos realizar actuaciones a escala del paisaje con un enfoque ecológico.

8. PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTORAS DESDE UN ENFOQUE DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

La identificación y caracterización de impactos se diferencia en dos fases, por lo que las medidas preventivas y correctoras también deben tener en cuenta estas fases: fase de construcción y fase de funcionamiento.

En la fase de construcción se toman en cuenta todos los procedimientos para la construcción de una vía, y de qué forma éstos empiezan a cambiar el entorno en cuanto

a su aspecto físico; y en la fase de funcionamiento, hace referencia propiamente al mantenimiento, con el fin de disminuir la erosión en las laderas de la vía, previniendo futuros deslizamientos u otros problemas sobre la misma (Balaguer et al., 20011).

Para elaborar las medidas preventivas y correctoras, así como conseguir la integración ecológica, se ha visto necesario implementar en la zona objeto de estudio las diferentes medidas aplicadas por varios especialistas en las diferentes obras de infraestructuras viales, revisando para ello antecedentes tanto en Europa como en América, ya que África, en general, y Guinea Ecuatorial en particular, adolecen de estudios de esta naturaleza, y sobre todo, estudios basados en la restauración ecológica.

Desde esta perspectiva, siguiendo la metodología propuesta por Orta Amaro (1997), y de acuerdo a las características de la zona objeto de nuestro estudio, proponemos llevar a cabo las siguientes medidas (Tablas 4 y 5) para reducir todo lo posible los impactos o cambios producidos durante las fases de elaboración, ejecución y explotación de la Autovía Malabo-Luba, las cuales podrían ser aplicables en cualquier ámbito de nuestro territorio y en algunas zonas tropicales.

A continuación presentamos las principales medidas preventivas propuestas:

8.1 Principales medidas preventivas propuestas para minimizar el Impacto Medio-Ambiental en las fases de elaboración y ejecución de la vía

Tabla 4. Principales medidas preventivas propuestas para minimizar el impacto Medio-ambiental de la Autovía Malabo-Luba en la Fase de elaboración del proyecto.

Actividad	Impactos	Medida de Mitigación
Proyecto	Deslaves, hundimientos, deslizamientos y demás movimientos masivos en los cortes.	Trazar la ruta de tal manera que se eviten las áreas más vulnerables a la ocurrencia de movimientos en masa.
Afectaciones	Afectación a propietarios de terrenos.	Compensación económica y/o reubicación de propietarios.

Fuente: Elaboración propia inspirada en Martínez Soto y Damián Hernández (1999).

Tabla 5: Principales medidas preventivas para minimizar el impacto medio ambiental ocasionado por la construcción de Autovía Nacional Malabo-Luba durante la fase de ejecución de la obra.

Factores del Medio Ambiente afectados	Medidas preventivas
1. Suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir al máximo las pendientes de los taludes y la destrucción de la vegetación circundante. • Otorgar acabados morfológicos integrados en el entorno • Incrementar el microrrelieve y la rugosidad, y favorecer la descompactación de los taludes. • Realizar “decapado” solo de la base de las explanaciones, para evitar la eliminación innecesaria de la capa vegetal. • Distribuir los suelos asegurando el máximo de compensación de tierras posible, así como ubicando convenientemente el material sobrante de los tramos o zonas en corte o excavación. • Emplear únicamente el área destinada a la obra. • Minimizar la construcción de los desvíos en la obra y los caminos provisionales. • Usar racionalmente el suelo vegetal extraído para recubrir y proteger los taludes, para la construcción de las áreas verdes, etc.
2. Vegetación	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar el desmonte o tala de árboles y el desbroce de la vegetación imprescindible, solo dentro de los límites establecidos de la obra. • Minimizar la apertura de trochas o caminos de acceso provisionales. • Recubrir siempre que sea factible los taludes de las explanaciones con una capa edáfica para que las hi • Herbáceas colonicen, y exista una protección ante la erosión pluvial.

	<ul style="list-style-type: none"> • Hacer un acarreo racional de los árboles talados.
3. Agua	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas asociado al movimiento de la maquinaria, al movimiento de tierras y a la pavimentación. • Construir correctamente los dispositivos del sistema de drenaje proyectados. • Evitar la destrucción y desvíos de los acuíferos mediante la ejecución adecuada de los trabajos de movimiento de tierras.
4. Paisaje	<ul style="list-style-type: none"> • Ubicar correctamente los préstamos laterales, no tan cercanos al trazado, de modo que afecten lo menos posible el entorno y al paisaje, y a la vez no muy distantes de la obra, para no elevar los costos de transporte y construcción. • Explotar correctamente los préstamos laterales, y cuando se concluyan, proceder a llevar a cabo remodelados del terreno y medidas de restauración ecológica, para minimizar la afección ambiental. • Adoptar cuantas medidas contribuyan a la conservación del paisaje durante la fase de la ejecución de la obra.
5. Atmósfera	<ul style="list-style-type: none"> • Usar las técnicas de voladuras de tierra y/o roca solo en casos que sean estrictamente necesarias. • Mantener un buen estado técnico de funcionamiento del parque de máquinas, disponible para ejecutar los diferentes trabajos, para reducir así en la mayor medida posible el escape de gases, derrame de combustibles y lubricantes, así como la generación de ruidos innecesarios. • Evitar o disminuir el mínimo de creación de nubes de polvo al construir explanaciones, mediante riego de agua, riegos asfálticos u otras medidas, para evitar accidentes y

	de afecciones a la salud humana.
Socio-culturales	<ul style="list-style-type: none"> • Compensaciones económicas y/o reubicación de propietarios.

Fuente: Elaboración propia inspirada en Orta Amaro (1997).

A diferencia de, por ejemplo, los espacios mineros, en los que es posible realizar reconstrucciones del terreno con un cierta “libertad”, la capacidad para realizar remodelado de terreno en taludes de carreteras está mucho más limitada. Ello es debido a que, por ejemplo, construir taludes con pendientes, ampliaría mucho la superficie de expropiación, sin embargo, en algunos casos (por ejemplo en lugares de mayor vulnerabilidad ecológica o paisajística), sería posible siempre realizar remodelados como los que muestra la Figura 16, que conseguirían una mayor integración ambiental de los taludes.

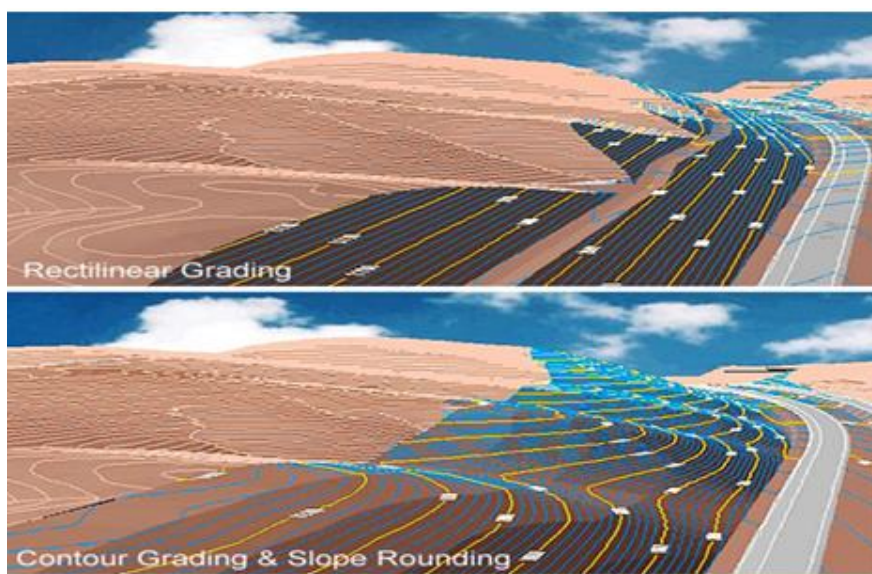


Fig. 16. Comparativa entre un remodelado rectilíneo del terreno y otro que se adapta a las formas del paisaje, en el entorno de una infraestructura lineal. El segundo aumenta la superficie afectada, pero puede tener, según el escenario, mayores ventajas en términos de estabilidad e integración ambiental. Imagen accesible a través de: http://www.dot.ca.gov/hq/LandArch/ec/earthwork/contour_grading_rounding.htm.

Como hemos señalado, una de las causas que consiguen desencadenar deslizamientos en los taludes de carretera, es la saturación en agua del terreno (unido a las elevadas pendientes que genera la propia carretera). Por ello, una medida preventiva

podría ser favorecer el drenaje de estos taludes. Ello podría requerir, incluso, medidas estructurales (introducción de drenajes), si bien lo ideal sería construir los taludes con un micro-relieve en surcos, los cuales actuarían como un drenaje “natural”. Otra alternativa puede ser construir las denominadas “mechas”, consistentes en excavar una serie de “zanjas”, siguiendo la inclinación del talud, rellenas de bloques de roca. Estas estructuras sirven, así, como “drenajes naturales”. Ésta sería, a su vez, una medida útil contra la erosión hídrica (Fig. 17).



Fig. 17. Estructuras tipo “mecha”, para favorecer la estabilidad geomorfológica de taludes de carretera. Ejemplo de un talud en la Autovía 2 de España, Madrid Valencia, a la altura de Cuenca.

Con el fin de reducir los efectos de la erosión hídrica en los taludes (sobre todo en los desmontes, se propone que éstos tengan un acabado rugoso, dejando incluso los microrrelieves típicos de la maquinaria (uñas de retroexcavadora), así como llevar a cabo, si procede, procesos de descompactación.

En contraposición a la tendencia mundial de acabar los desmontes “en liso”, con los denominados “cazos de limpieza”, una práctica muy beneficiosa para la restauración ecológica es aumentar la rugosidad de los desmontes. Sin embargo, como decimos, sigue dominando, a nivel mundial, la construcción de taludes con apariencia lisa, que otorguen una (falsa) impresión de ‘buen acabado’ y de un trabajo ‘bien hecho’. A este respecto, es muy significativo que nada menos que en 1978, algunos autores alertaban categóricamente sobre esa práctica perjudicial, la cual suele conducir a fallos en el establecimiento de la vegetación. En esta década los autores señalaban que las superficies rugosas otorgan una apariencia ‘fea’ al profano, pero favorecen la

infiltración de agua y ayudan a recolectar semillas y nutrientes, lo que acelera el establecimiento de la vegetación y por consiguiente disminuye la emisión de aguas y sedimentos a la red de drenaje. Otro trabajo mucho más reciente (Petersen et al., 2004), también pone de manifiesto cómo los lechos rugosos favorecen significativamente el establecimiento de la vegetación. A su vez, se podría proceder a realizar procesos de descompactación en los desmontes, mediante el uso de la maquinaria disponible que proceda. La reducción de la escorrentía y el incremento de la infiltración mediante procesos de descompactación o aumento de la rugosidad aparecen descritos como medidas efectivas en trabajos como Gray y Sotir (1996) o Hogan y Drake (2009).

La restauración de las zonas de préstamos y vertederos de las infraestructuras lineales tienen, en realidad, un enfoque más próximo al de las restauraciones mineras. Y cuando éstas se realizan con un enfoque ecológico suelen incluir estas fases, que son las que nosotros proponemos para las zonas de préstamos y vertederos.

Se propone remodelar los préstamos y vertederos que van a quedar como resultado de la construcción de la autovía con criterios geomorfológicos. Es decir, restituyendo formas del terreno funcionales y estables, que repliquen a las naturales del entorno. Esto quiere decir el diseño y construcción de cuencas hidrográficas, con canales fluviales estables (pero dinámicos) y con laderas convexo – cóncavas. Sobre estas morfologías se debería de extender suelos o formaciones superficiales, previa retirada de las zonas afectadas, o de la propia obra. Y finalmente, deberá procederse a su revegetación.

Otra acción adicional que consideramos clave, para una mejor integración ambiental de la infraestructura, durante la fase de ejecución de la infraestructura, es la retirada y reposición de suelos siguiendo su estructura. No nos referimos a retirar y separar “cada horizonte”, lo cual sería inviable técnica y económicamente, pero sí, al menos, separando el horizonte orgánico (Fig. 18).



Fig. 18. Muestra de un perfil edáfico, en el que se muestra la profundidad efectiva de los horizontes orgánicos, que sería la que habría de retirarse (y reponerse) en el marco de un enfoque ecológico de construcción y restauración de la Autovía Malabo-Luba.

8.2. Otras medidas preventivas propuestas para tal fin

Teniendo en cuenta las condiciones bioclimáticas de nuestra zona de estudio, para prevenir los efectos producidos por la construcción de la Autovía Nacional Malabo-Luba durante su fase de funcionamiento pretendemos llevar a cabo medidas tendentes a mitigar los efectos negativos que pudieran ocasionar una vez finalizada la obra. Para ello las medidas que presentamos son medidas que presten menor interés a la estructura del ecosistema (disponibilidad de nutrientes y agua, presencia de especies dominantes) y dediquen mayor atención a los procesos que regulan los flujos de recursos limitantes a nivel del paisaje, reforzando procesos clave. Por ejemplo, estabilidad y el control de la erosión, la hidrología, el ciclo de los nutrientes y la captura y transferencia de la energía. Para lograr los objetivos planteados pretendemos hacer:

1. Tratamiento de márgenes de carretera. Con el fin de conseguir mantener la integración de la Autovía en paisaje local, conseguida básicamente en la fase anterior de construcción, planteamos limpiar regularmente los márgenes de carretera de sedimentos. Para favorecer los procesos de sucesión natural *in situ*, proponemos la realización de plantaciones de especies de flora nativa, tanto en los claros como en las partes más altas, procedentes de las matrices circundantes para favorecer la colonización natural a través de las especies dispersoras de la zona.

Teniendo en cuenta que en grandes áreas intervenidas, la tasa de regeneración natural de la vegetación puede verse limitada por la distancia a la que los dispersores transportan las semillas, y para facilitar la llegada de las mismas a las zonas afectadas, y favorecer a aquellas aves que no se desplazan a grandes distancias, como es el caso de las frugívoras (Eco, N. Restauración Ecológica). Desde esta perspectiva, y a sabiendas de que en ausencia de los árboles y / o arbustos, el proceso de llegada y entrada de las semillas de plantas ornitócoras al suelo puede ser compensado mediante la utilización de “perchas” artificiales (Figs. 19 y 20) que permiten agilizar de la sucesión natural.

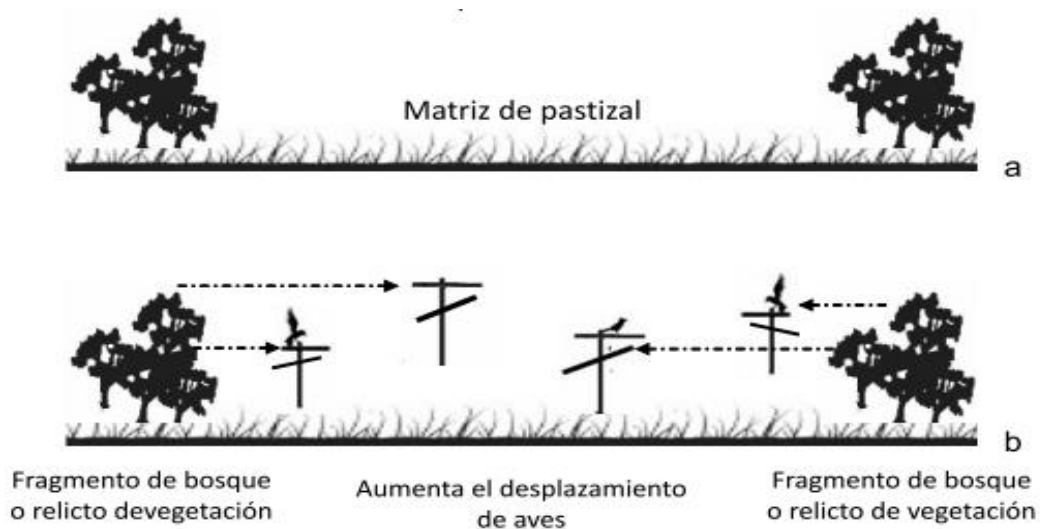


Fig. 19. Imagen superior. Las aves disminuyen su desplazamiento dentro de la matriz del pastizal al no encontrar sitios para percharse. Imagen inferior. La instalación de perchas para aves aumenta el desplazamiento de las aves dentro de la matriz de pastizal y la llegada de semillas ornitócoras al suelo (Fuente: Eco, N. Restauración Ecológica).



Fig. 20. Algunos tipos de perchas artificiales para aves. Izquierda. Percha tipo arco de fútbol. Derecha. Percha tipo barra cruzada (Fuente: Eco, N. Restauración Ecológica).

Esta propuesta de instalación de “perchas” o poleiros, que favorezcan la dispersión de semillas por aves (zoocoria). Basamos nuestra propuesta de utilizar estas perchas (Fig 21) en el hecho de que, precisamente, es en el ámbito tropical donde han sido utilizadas, a nivel global, con más éxito, con este fin de favorecer la dispersión de semillas (Wolfe & McClanahan, 1993; Andrade Melo, 1997; Holl, 1998).



Fig .21. Ejemplo de percha como las que se proponen usar en la restauración de los espacios afectados por la Autovía Malabo – Luba, ya sea en desmontes, terraplenes, préstamos o vertederos. Fuente de la imagen: http://www.rufford.org/rsg/projects/laura_1_b_graham.

Por otra parte, los trazados de carreteras hoy en día al no tener una infraestructura lineal adecuada que permita una correcta retribución de la escorrentía, esto hace que se conviertan en una red de barreras hidrológicas longitudinales denominados “efecto barrera” que modifican la dinámica hidrológica superficial y subterránea (Fig 22). Por lo tanto, esto produce la intercepción, desviación y descarga concentrada de la escorrentía. (Martín Duque et al., 2011).

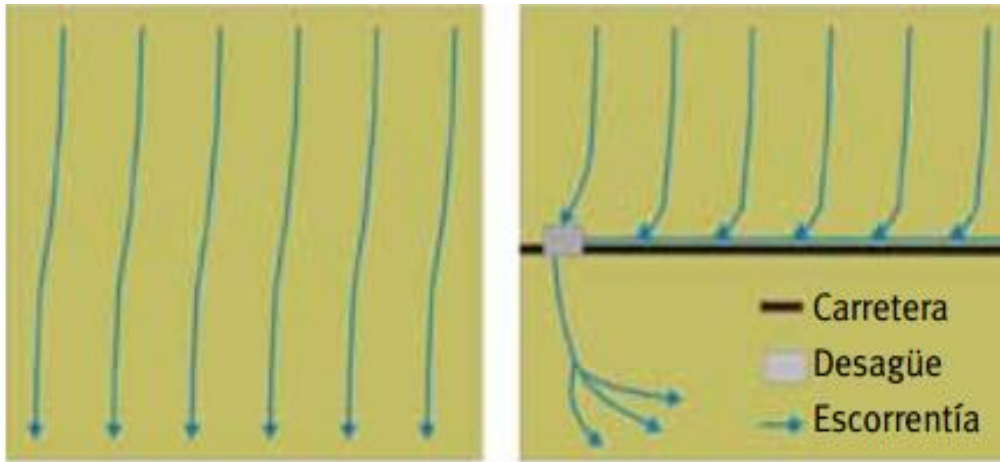


Fig. 22. Izquierda, ejemplo de escorrentía sin infraestructura lineal. Derecha, la misma escorrentía con infraestructura línea. (Redibujado por J.F. Martín Duque a partir de un esquema de Leonore Fahrig (inédito).

Por lo consiguiente, existen varias medidas tendentes a reducir dicho efecto, en nuestro caso, una de las medidas que podría contribuir para tal fin, para evitar la erosión en los taludes y desmontes, sería dirigir el desagüe de los drenajes hacia zonas con una buena cubierta vegetal, bien existente o bien creada mediante canales revegetados.

En el caso de que exista una excesiva erosión, otra medida para reducir la misma sería canalizar las emisiones de escorrentía y sedimentos que atraviesan o proceden de las infraestructuras hasta balsas de retención temporal, a la salida de los drenajes (Fig. 23).



Fig. 23. Balsa de decantación de sedimentos y de contención de vertidos accidentales, conectados al sistema de drenaje en la autopista Radia 4 (Madrid). (Fuente: Martín Duque et al., 2011).

Martín Duque et al., (2011), aconsejan evitar construir cunetas con un diseño convencional con perfil “en V”, y construirlas con fondo plano, para disminuir la erosión.

2. Instalación de barreras de vegetación en los desmontes. Para disminuir o frenar el lavado de nutrientes en las zonas en las que se identifiquen procesos erosivos, se propone la instalación de barreras de vegetación con troncos de árboles, cuyo objetivo será favorecer la retención de los nutrientes durante la época lluviosa.

3. Teniendo en cuenta que los terraplenes son zonas de especial e importancia para la supervivencia de la biodiversidad, se aportará materia orgánica en los mismos para favorecer la sucesión natural, que será impulsada por las especies dispersoras en las matrices circundantes (Fig. 24).



Fig. 24. Depósito de materia orgánica para el tratamiento de algunos terraplenes en la Autovía Nacional Malabo-Luba (Foto: S. Nsue Esono).

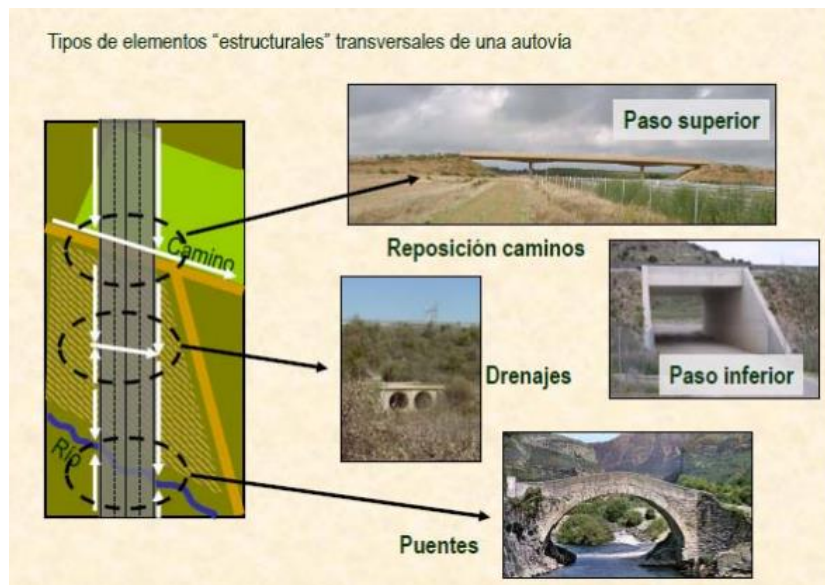
4. Pasos específicos de fauna. Las infraestructuras civiles, como es el caso de las carreteras, tiene como principal características la fragmentación de hábitat, causando el aislamiento de especies de una zona a otra. En este proyecto proponemos ubicar estructuras de pasos de fauna teniendo en cuenta las condiciones del entorno, desde el punto de vista espacial y sobre todo las áreas de máxima probabilidad de uso de animales para sus desplazamientos hacia las áreas protegidas cercanas (Fig. 25).



Fig. 25. Vista del perfil de una parte del tramo. Fuente: Ministerio de Obras, Infraestructuras y Urbanismo.

4.1 Pasos superiores multifuncionales. Al no existir pasos de fauna a nivel del territorio nacional, en este proyecto consideramos que los puentes construidos pueden ser acondicionados también para favorecer su uso para la fauna. Estos serán construidos específicamente en zonas con alta pendiente (desmante). Sus dimensiones seguirán las recomendaciones de Balaguer et al. (2011) (Fig. 26):

- Ancho 10 m y un índice de apertura de 0,8. Para ello hay que minimizar en lo posible la longitud de los accesos que deben recorrer los animales por un medio abierto.



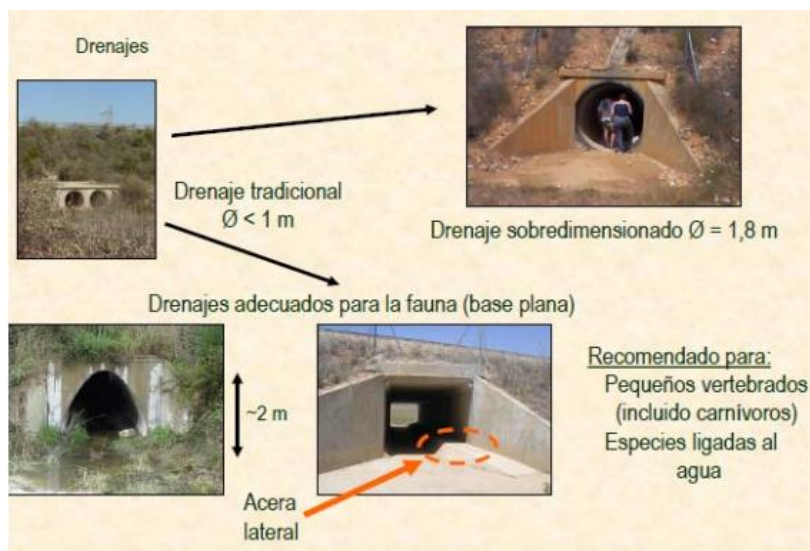


Fig. 26. Distintas medidas para mejorar la conectividad. Imagen superior. Tipos de elementos estructurales transversales de una autovía (REAOC, apuntes de clase, 2016). Imagen intermedia. Diámetros de distintas estructuras (REAOC, apuntes de clase, 2016). Imagen inferior. Diseños de pasos superiores específicos: tipo puente de tableros(A) y abovedado (B). Fuente: Juan E. Malo y Cristina Mata (2011), en Balaguer et al. (2011).

En concreto, proponemos a construir estas estructuras de pasos superiores de fauna en las zonas exclusivamente cercanas a las áreas protegidas, como medida específica para facilitar el paso de los primates en general y de las 7 especies de primates en peligro de extinción (según la UICN) que viven en las zonas altas y bajas del lugar objeto de estudio.

4.2. Pasos inferiores específicos para la fauna. Éstos facilitan los desplazamientos naturales de los animales a través de la infraestructura (Figs. 27). Con cierta frecuencia

tienen también una utilidad para el drenaje, por lo que la presencia de un canal en ellas puede favorecer su uso por la fauna.

En nuestro caso, los pasos inferiores serán los más útiles, por sus múltiples funciones, desde el punto de vista ecológico, y sobre todo por presentar menos costes. Su instalación será cada 5 km a lo largo del tramo que facilitará la libre circulación de las especies de animales que cuyo medio es terrestre. Sus dimensiones dependerán de la exigencia de los animales a los que se orienta.



Fig. 27. Distintos diseños de pasos inferiores específicos: tipo puente de tableros(A) y abovedado (B).
Fuente: Juan E. Malo y Cristina Mata (2011), en Balaguer et al, 2011.

4.3. Revegetación con especies autóctonas (Tabla 6) en los claros y en las dos canteras. La presencia de especies frutales y arboleas en las matrices circundantes y adyacente, reforzará la colonización natural, tanto en los taludes de carreteras como en las canteras abiertas, y al mismo tiempo, favorecerá la dispersión de semillas en las mismas a través de las especies de aves dispersoras.

Con objeto de reducir la presencia de las especies invasoras, en ambos lados de carretera vamos a revegetar con especies de árboles y frutales que atraigan a los dispersores de semillas que existen en las matrices circundantes. Teniendo en cuenta que el uso de las especies a plantar es de integrar paisajísticamente el medio afectado sobre el entorno que le rodea, se realizará un marco de plantación de 10 x 10 metros entre plantas para evitar una excesiva densidad de población. Para ello, dicha revegetación se llevará a cabo sobre todo en las zonas con cambios muy significativos

en el paisaje (Fig. 21. b). Se prevé realizar la plantación a principio del mes de marzo del año 2018, fecha que coincidirá con la finalización de la remodelación de terreno, así como la finalización de las obras de pavimentación de la Autovía. Las plántulas se van a adquirir en los viveros de la ciudad de Malabo.

A continuación presentamos el listado (Tabla 6; Fig. 28, 29 y 30) de las especies asociadas a taludes de carretera de nuestro ambiente local, que proponemos para su revegetación en la autovía Nacional Malabo-Luba.

Tabla 6: Propuesta de especies a revegetar en los taludes en las matrices circundantes a los taludes de carreteras de la zona objeto de estudio.

Nombre científico	Nombre común	Familia
<i>Persea americana</i>	Aguacate	Lauráceas
<i>Mangifera indica L.</i>	Mango	Anacardiáceas
<i>Alaeis guinneensis</i>	Palmera de aceite	Palmáceas
<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba	Bombáceas
<i>Clorophora excelsa</i>	Morera	Moráceas
<i>Musa sp. pl.</i>	Plátanos	Musáceas





Fig. 28. Especies de frutales propuestas a revegetar en la zona de estudio. De arriba abajo y de derecha a izquierda: *Persea americana*., *Mangifera indica* L., *Alaëis guinneensis*. y *Musa sp. pl.* (Fotografía de S. Nsue Esono, 2016).



Fig 29. Especies de árboles de sombras asociados a taludes de carreteras propuestas a revegetar. De arriba abajo y de derecha a izquierda: *Ceiba pentandra* y *Clorophora excelsa* (Fotografía S. Nsue Esono, 2016).



Fig. 30. Izquierda. Especies asociadas a taludes de carreteras en la autovía Nacional Malabo-Luba. Derecha. Especies invasoras no asociadas a taludes de carretera colonizando uno de los taludes objeto de estudio (Fotos: S. Nsue Esono).

Por lo tanto, se ha seleccionado estas especies de árboles y frutales por ser unas de las que mejor se adaptan a las características de esta zona objeto de estudio.

Se utilizará como método la plantación de plántulas de vivero. Se ha optado por este método por la disponibilidad de las especies seleccionadas y por ser la que mejor se ajusta y da buenos resultados para especies arbolados en nuestro ambiente.

Cabe resaltar que para el correcto funcionamiento de los taludes de la Autovía Malabo Luba, y teniendo en cuenta las medidas propuestas desde un enfoque de restauración ecológica, existe la necesidad de revegetar estas especies características de la zona, de gran valor e importancia socioeconómica y cultural, su rápido crecimiento, y sobre todo por su disponibilidad en el vivero. En definitiva, con respecto al sistema de referencia, estas encajan perfectamente con el paisaje original y se asocian a la vegetación característica de taludes de carreteras, tanto a nivel nacional en general, como de la Isla de Bioko en particular.

9. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

El Programa de Vigilancia Ambiental se entiende como un conjunto de criterios de carácter técnico que, en base al pronóstico realizado sobre los efectos ambientales del proyecto, permite realizar a la Administración un seguimiento eficaz y sistemático del cumplimiento de lo estipulado en la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) por parte del representante legal de la obra y de otras alteraciones de difícil prevención. Sobre esta base, el seguimiento deberá realizarse sobre las condiciones iniciales, de la calidad ambiental y de los impactos ambientales que se presentan. Así mismo se deberán identificar los sistemas afectados, los tipos de impactos y los indicadores como el agua, aire, suelos, ecosistemas, aspectos sociales, económicos y culturales.

Según lo establecido en el documento de EsIA (Estudio del Impacto Ambiental) que había elaborado la empresa a petición del Ministerio de Obras, Infraestructuras y Urbanismo de la República de Guinea Ecuatorial, establecieron las líneas de base sobre quien recae la responsabilidad tanto de las medidas correctoras, así como el Plan de Vigilancia Ambiental. Según lo previsto para ambas instituciones una vez finalizada la obra se hará entrega al gobierno de la República de Guinea Ecuatorial quien a través del Ministerio de Obras, Infraestructuras y Urbanismos, sus inspectores velarán por el exacto cumplimiento de lo estipulado en la DIA.

Por tanto, los objetivos de dicho Plan deben cumplir lo siguiente:

- Verificación, cumplimiento y efectividad de las medidas preventivas y correctoras en el EsIA.
- Seguimiento de impactos residuales e imprevistos que se produzcan tras el comienzo de la explotación, así como afecciones desconocidas, accidentales, indirectas, etc.
- Bases para la articulación de nuevas medidas en función de la eficacia y eficiencia de las medidas correctoras pertinentes que aparezcan en la DIA.
- Fuente de datos para futuros EIA, útil para el propio promotor también si se tienen experiencias sistematizadas.

En este proyecto de construcción de la Autovía Malabo-Luba, hemos distinguido tres fases: elaboración, ejecución y explotación. Por lo tanto, la aplicación de medidas correctoras debe tenerse en cuenta en todas y cada una de las fases del proyecto para su éxito.

Teniendo en cuenta que el proyecto ya está en su fase de construcción, el Plan de Vigilancia solo atenderá las dos últimas fases ya que no ha sido posible acceder a la información del anteproyecto.

A continuación presentamos el Plan de Vigilancia y Seguimiento propuesto que abarca los principales aspectos que vamos a supervisar antes, durante y después de la ejecución de la obra:

1. Conservación de la tierra vegetal. Para obtener éxito en los trabajos posteriores de revegetación con especies autóctonas que hemos propuesto en las medidas correctoras, se va a realizar una cuidadosa extracción, almacenamiento, y conservación de este material para su posterior uso.
2. Acceso a nuevas aperturas. Para minimizar en lo menos posible el impacto paisajístico, trataremos de evitar construir muchas edificaciones así como accesos que supongan fuerte impacto ambiental visual y grandes movimientos de tierras.
3. Taludes. Al ser una zona con escasos accidentes topográficos y de taludes que alcancen una inclinación o ángulos $\geq 45^\circ$; por lo que para conseguir la integridad paisajística procuraremos evitar formas regulares y planas, perfiles planos y rectos y

aristas vivas en los bordes superiores. Esto nos permitirá activar los procesos de colonización natural que también propusimos en las medidas correctoras.

4. Vertederos. Para conseguir la formación de un vertedero con el mínimo impacto posible es necesario considerar un emplazamiento adecuado, una morfología similar a la del entorno y la revegetación.

5. Impactos sobre la vegetación. Para evitar eliminar de manera innecesaria la vegetación, trataremos de hacer que obra no afecte a una superficie mayor a la que realmente se necesita.

6. Impactos sobre la fauna. Una parte importante de las medidas que proponemos van dirigidas a la fauna, dado que la Autovía transita a pocos km de las áreas importantes de conservación de la biodiversidad de la Isla, como Pico Basile al norte y la Reserva Científica de la Gran Caldera de Luba al sur, respectivamente. Por lo tanto, reducir los impactos sobre la fauna es fundamental. Para ello, se prevé a parte de las medidas correctoras de tratamiento de márgenes de carretera, instalación de barreras de vegetación en los desmontes, aporte de materia orgánica en los desmontes y terraplenes, pasos superiores multifuncionales y pasos de inferiores específicos de fauna; también se prevé evitar realizar los trabajos durante la época de reproducción de las especies.

7. Crear empresa de mantenimiento. Para evitar el deterioro o el abandono de la carretera en su fase de explotación se propone la creación de una empresa de mantenimiento, que vele por el buen estado y funcionamiento de la Autovía. Esto nos permitiría garantizar la seguridad de personas, bienes y servicios, así como garantizar la supervivencia de la biodiversidad del entorno.

10. CONCLUSIONES

El análisis del proyecto de la Autovía Malabo-Luba, en la isla de Bioko (Guinea Ecuatorial) pone de manifiesto la ausencia casi total de medidas de restauración de esta infraestructura. Ello denota un interés por su construcción, pero no por minimizar la afección al entorno, o por restituir los procesos y funciones ecológicas de su entorno.

A pesar de que no se ha realizado una Evaluación de Impactos “al uso”, los efectos de la carretera proyectada son significativos. Sobre todo por la calidad ecológica y paisajística del territorio que atraviesan.

Las medidas de restauración que se proponen son pioneras en Guinea Ecuatorial. Si hubiera posibilidad de implementarlas, éstas tendrían un carácter totalmente piloto para todo el país, y podrían servir para su réplica. En este sentido, la formación que he adquirido en el Máster de Restauración de Ecosistemas tiene un valor extraordinario, pues hace posible que el desarrollo de Guinea Ecuatorial, necesario, articulado a través de infraestructuras como esta autovía, se realice de un modo mucho más racional, sostenible y ecológico.

11. REFERENCIAS

Andrade Melo, V. 1997. Poleiros artificiais e dispersao de sementes por aves em un área de reflorestamento, no estado de Minas Gerais. Vicososa, Minas Gerais, Brasil.

Atlas de África, Edición Guinea Ecuatorial (2000). Les editions J.A. Págs. 10, 12, 14,16, 18, 42 y 56.

Atlas de África (2014). Les editions J.A.

Cerrillo, R. M. N., Muñoz, M. A. C., Kasimis, N. A., Cedres, E. P., Bermejo, E. H., Fernández, E. M. C., & Ferrer, A. G. (2012). Cartografía de la vegetación de la Isla de Bioko (Guinea Ecuatorial) mediante el uso de imágenes Landsat 7 etm+: particularización del piso afro-montano. *Darwiniana*, 252-265.

De Castro Antolín, M., & De La Calle Muñoz, M. L. (1985). Geografía de Guinea Ecuatorial. Ministerio de Educación y Ciencia.

Eco, N. Restauración Ecológica.

Fero Meñe, M. (2013). " Magnoliidae, Nymphaeidae y Ranunculidae" de Guinea Ecuatorial y revisión taxonómica del género " Neostenanthera" Exell (Annonaceae).

Vicente Conesa Fernández, 2003. Guía metodológica para la evaluación de Impacto ambiental.

Gray, D.H., y R.B. Sotir. 1996. Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stabilization. A practical guide for erosion control. John Wiley & Sons, New York.

Hogan, M., y K. Drake, 2009. Sediment Source Control Handbook. An Adaptive Approach to Restoration of Disturbed Areas. A Sierra Business Council Publication, Truckee. <http://www.sbcouncil.org/pdf/>.

Holl, K.D. 1998. Do Bird Perching Structures Elevate Seed Rain and Seedling Establishment in Abandoned Tropical Pasture? *Restoration Ecology*, 6(3), 253-261.

Ley 7/2003, reguladora del Medio Ambiente en Guinea Ecuatorial

Le nº 9 /2006, de fecha 3 de noviembre reguladora de minas en Guinea Ecuatorial.

Malo, J. E., & Mata, C. (2011). Actuaciones para minimizar los efectos sobre la fauna. In *Restauración ecológica de áreas afectadas por infraestructuras de transporte: bases científicas para soluciones técnicas* (pp. 213-240). Fundación Biodiversidad.

Manuel de Terán (1962). *Síntesis Geográfica de Fernando Poo*. Institut d'Études Africaines, Madrid 1962, 116 p. 21 cartes et graphiques 10 planches photographiques.

Martín Duque, J. F., Alba, S. D., & Barbero Abolafio, F. (2011). Consideraciones geomorfológicas e hidrológicas.

Martínez Soto, A., & Damián Hernández, S. A. (1999). Catálogo de impactos ambientales generados por las carreteras y sus medidas de mitigación. *Publicación Técnica*, (133).

Molerio León, L.F, (2014). Molerio León, L.F, 2001. Marco geológico del peligro, la vulnerabilidad y los riesgos naturales en Guinea Ecuatorial. Inversiones GAMMA, S.A., PO Box 6219, CP 10600, Habana 6, Ciudad de La Habana, Cuba. (Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente). *Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente*. Año 14, No.26, 2014 ISSN-1683-8904.

Orta Amaro. P.A (1997). *Cómo disminuir los impactos ambientales en la construcción de carreteras* (www.monografias.com > Ecología).

Paris Solanilla, M. (2009). Proyecto de restauración de la cantera " El Pascol" en el término municipal de Caldes de Montbui (págs.: 10, 15 y 17).

Petersen, S.L., B.A. Roundy, y R.M. Bryant. 2004. Revegetation methods for High-Elevation Roadsides at Bryce Canyon National Park, Utah. Restoration Ecology 12(2):248-257.

Valladares, F., Balaguer, L., Mola, I., Escudero, A., & Alfaya, V. (2011). Restauración ecológica de áreas afectadas por infraestructuras de transporte. Bases científicas para soluciones técnicas. Fundación Biodiversidad. Madrid, 11.

Wolfe, R.W. & McClanahan, T.R. 1993. Accelerating Forest Succession in a Fragmented Landscape: The Role of Birds and Perches. Conservation Biology, 7(2), 279-288.

Páginas Webs:

www.floradeguinea.com/guinea/isoyetas_bioko/.

www.guinea.optyma.com/hidrografia.php.

www.floradeguinea.com/guinea/hidrografia/.

www.asodeguesegundaetapa.org/datosoficiales-del-censo-de-poblacion-dguinea-ec...

[www. World Development Indicators \(WDI\), Mayo, 2016.](http://www.worlddevelopmentindicators.org/)

http://www.rufford.org/rsg/projects/laura_l_b_graham.

http://www.dot.ca.gov/hq/LandArch/ec/earthwork/contour_grading_rounding.htm.

12. ANEXOS



a.



b.



c.



d.

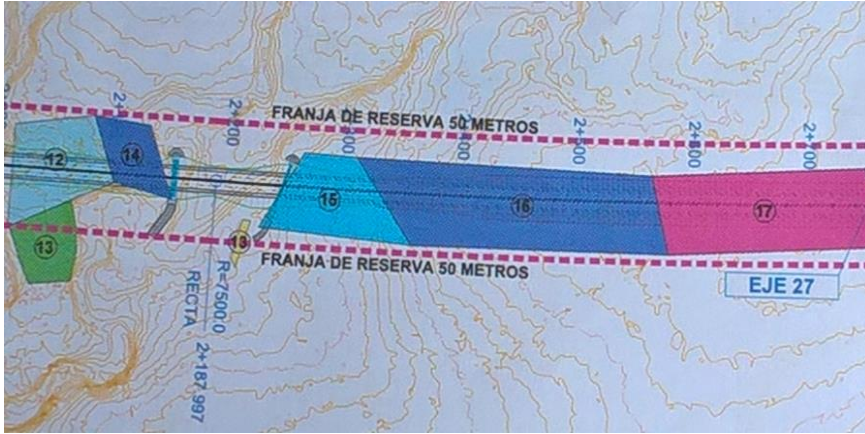
Fig. 31: a, b, c y d. Vistas aéreas del tramo objeto de estudio (Fuente: Ministerio de Obras, Infraestructuras y Urbanismo).



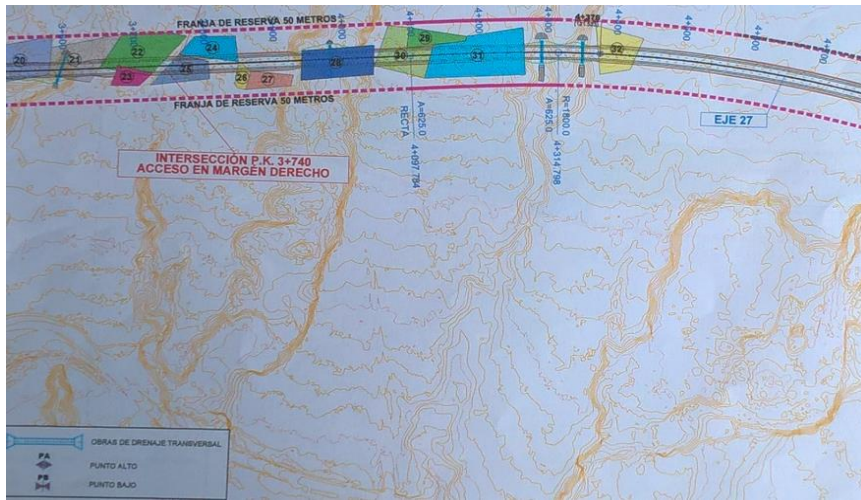
a.



b.



c.



d.



e.

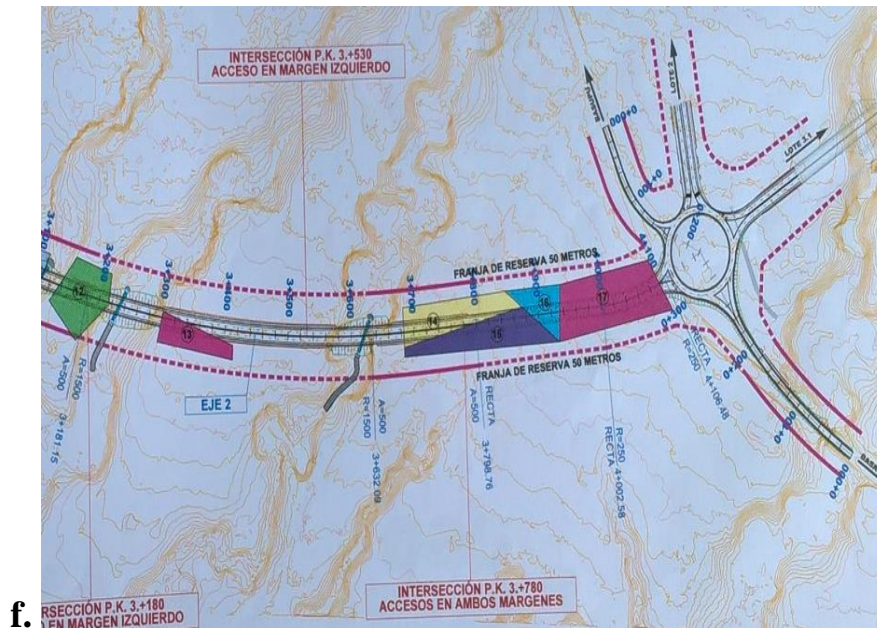


Fig. 32: a, b, c, d, e y f. Áreas afectadas del tramo objeto de estudio (Fuente: Ministerio de Obras, Infraestructuras y Urbanismo).



Fig. 33: a y b. Paisaje y matrices circundantes de la Autovía Malabo-Luba (Fig. 27: a, b, c, d) (Fotos: S. Nsue Esono).



Fig. 28. a. Imagen de una carretera convencional a 500 m del tramo final de la Autovía Malabo-Luba. **b.** Imagen de una balsa de agua en plena carretera, a consecuencia de la escorrentía de lluvia en tramo final de la Autovía. **c.** algunas estructuras de la autovía (Fotos: S. Nsue Esono).