



## Utilización de imágenes de satélite para el estudio de cambios del litoral en espacios naturales. El tramo Londji-Grand Batanga, en Camerún

**Autor:** Santiago Ormeño Villajos

**Institución:** Universidad Politécnica de Madrid

**Otros autores:** Marcos Palomo Arroyo (CCHS-CSIC); Santiago Ormeño García (Proyecto COAST); Joaquín Alberto Rincón Ramírez (UPM-Colegio de postgraduados, México); Godlove Fabisin Mainimo (MINEP, Camerún)

## Resumen

Aproximadamente 48.000 km de costa en el África Sub Sahariana están amenazados por el impacto de actividades ligadas al desarrollo. En la zona de estudio, correspondiente al área costera de Kribi (Camerún), el turismo, la pesca y las actividades agro industriales compiten por la hegemonía en un contexto de rápida urbanización. La zona cuenta con hábitats sensibles y zonas de elevada biodiversidad.

Camerún forma parte de distintos proyectos regionales para la protección del litoral. El proyecto para la Protección de Grandes Ecosistemas del Golfo de Guinea ha identificado la zona costera de Kribi a Campo como zona de demostración para la puesta en marcha de un plan de gestión integrada de la zona costera (ICAM). Así mismo, Camerún participa desde 2006 en el proyecto COAST (“Acciones colaborativas para un turismo sostenible”, según sus iniciales en inglés) centrado en la conservación de ecosistemas marinos y costeros relevantes a través de la reducción de impactos medioambientales negativos, procedentes del turismo. Este proyecto tiene también en Kribi su zona de demostración.

En el presente estudio se muestra una metodología, con los correspondientes resultados, para la supervisión y evaluación de los cambios producidos en la zona en los últimos años.

Se han utilizado imágenes de los satélites Landsat 5 y 7 en el intervalo óptico. Tal circunstancia ha dificultado el análisis y la selección de imágenes dada la frecuente cobertura nubosa de la zona. No obstante, se ha considerado conveniente el uso de dicho intervalo espectral, por las posibilidades que ofrece en la obtención de indicadores ambientales y parámetros biofísicos. Por otra parte, el referido programa espacial, permite un rango temporal significativo, dado su largo periodo de actividad.

A la vista del estudio, se constata la mayor intensidad del cambio producido en el tramo Londji-Kribi, respecto del que se observa en el tramo Kribi-Grand Batanga. Se aprecian claramente dos tipologías de cambio, por una parte, el debido a la intensificación de la actividad agrícola y, por otra, el correspondiente a la expansión del poblamiento urbano y su red de comunicaciones.

Se propone que, en casos como el que nos ocupa, para el estudio de cambios se utilicen metodologías como la que se presenta. Asimismo, deben de realizarse los correspondientes estudios de situación, de los que se deriven los necesarios parámetros ambientales. A estos efectos, los satélites de observación de La Tierra, actuales y futuros, ofrecen grandes posibilidades. Se presentan modelos que pueden ser utilizados en los mencionados estudios y que ya han sido usados por los autores en otras zonas.

**Palabras claves:** Teledetección; costa desnaturalizada; proyecto COAST; Camerún

## 1. Área de estudio. Problemática ambiental.

La capacidad productiva e integridad ecológica de los ecosistemas marinos incluyendo estuarios y aguas cercanas a la línea costera se está viendo degradada en todo el planeta. En muchos países, esta degradación se ha intensificado como resultado de actividades antrópicas. Los principales factores conducentes a esta situación serían la falta de planificación, y las actividades ligadas al desarrollo socioeconómico (COAST Project Document, 2009).

En el África Sub Sahariana se encuentran 32 estados bordeando los océanos Atlántico e Indico con un total de 48.000 Km de costa, dichos estados consideran el desarrollo del turismo como una alternativa de crecimiento económico.

El medio ambiente costero de Camerún está abierto al océano Atlántico con una costa de aproximadamente 402 km (Sayer *et al.*, 1992). Esta costa se extiende entre la latitud 2° 20' Norte en la frontera con Guinea Ecuatorial y la latitud 4° 40' Norte en la frontera con Nigeria. Está situada entre las longitudes 8° 15' E y 9° 30' E y se encuentra dividida en tres zonas principales correspondientes a las regiones Suroeste, Litoral y Sur del país.

En Camerún, la zona costera concentra la mayor parte de la población y en ella viven unos 18 millones de personas (2005). Acoge el tejido industrial del país y concentra el 80% de las industrias (Angwe y Gabche, 1997). Douala (2,5 millones), la capital económica y principal puerto, está ubicada en esta zona.

Debido a la diversidad de actividades económicas, dicha zona, se ha convertido en el área de más rápido desarrollo de Camerún, atrayendo a más población que cualquier otra región. Este incremento de la población urbana tiene como resultado el desarrollo de actividades antrópicas como la agricultura. Asimismo, las actividades marítimas principales en esta zona son la pesca, el transporte marítimo, así como la prospección y extracciones petroleras (Folack, 2011). La zona costera de Camerún cuenta con numerosas explotaciones agroindustriales de gran escala que cultivan una serie de productos como aceite de palma, caucho, bananas, té, etc. La única refinería de Camerún se ubica también en esta área (Limbe).

Los principales problemas de la zona costera son la polución, la gestión no sostenible de recursos pesqueros y otros recursos costeros, el deterioro de la calidad del agua, la degradación de la banda costera y la deforestación de manglares, la no existencia de un marco jurídico e institucional adecuado, la relación conflictiva entre los distintos actores, las limitaciones financieras, económicas y de información, así como problemas sociales ligados a la pobreza (Folack, 2011).

La zona contemplada en el presente estudio corresponde a la banda costera de la ciudad de Kribi entre Londji y Gran Batanga y está situada en la región Sur. La ciudad de Kribi, capital del Departamento de l'Océan, en la región del Sur es la principal ciudad de la costa meridional camerunesa. El último censo poblacional de Camerún (2005) asignaba a la municipalidad de Kribi 93.246 personas. Kribi se consolida, a partir de 1990, como la principal ciudad turística de Camerún, muy apreciada por sus playas de arena blanca y destino por excelencia de congresos y seminarios. El turismo, el sector administrativo, el comercio, la agroindustria y las actividades de pesca artesanal serían las principales actividades económicas.

En la zona contemplada por el presente análisis se da una situación de competencia entre el turismo, la pesca, las actividades agrícolas y la construcción residencial, existiendo claras amenazas para los hábitats sensibles y su biodiversidad asociada. La zona concentra la mayor parte de la población urbana de la ciudad de Kribi así como la mayoría de los equipamientos turísticos (hoteles y residencias de uso turístico) muchos de ellos ubicados en la primera línea de playa.

En relación con el tejido urbano, el Plan Director de la Ciudad de Kribi (2011) considera tres zonas:

- La banda costera norte (que ocuparía desde Londji hasta Ngoyé). En esta zona, se distinguen tres tipos de hábitats: núcleos poblacionales tradicionales correspondientes a asentamientos de la población autóctona, viviendas y equipamientos hoteleros, así como residenciales de reciente edificación con materiales más duraderos. También existen campamentos de pescadores en las playas.
- La zona central (Ngoyé - Kienke) concentra la mayor parte de la población de la

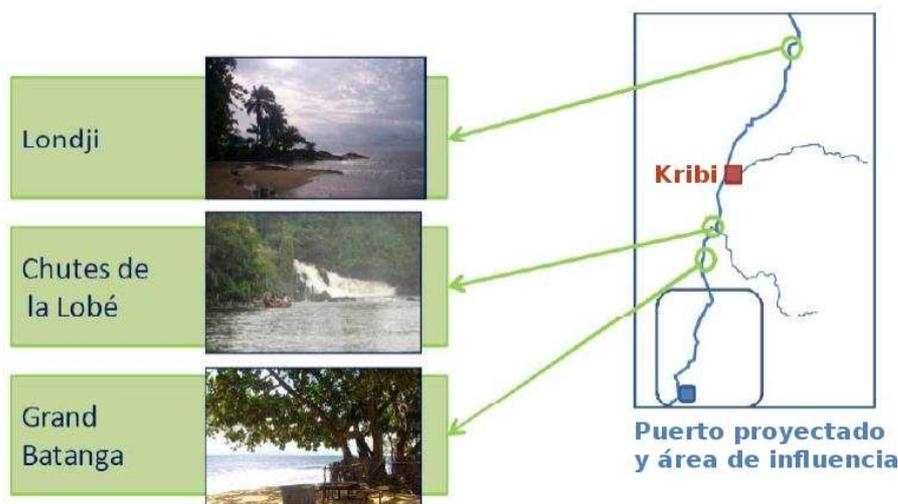


Figura 1: Situación de las zonas consideradas

ciudad de Kribi y presenta un tejido urbano espontáneo de alta densidad compuesto de viviendas edificadas en materiales permanentes o semipermanentes, y, en la zona próxima a la costa, de un tejido central de baja densidad compuesto de edificios de uso administrativo y residencial.

- La zona sur (Río Kienke - Bongahélé) presenta un tejido poco denso correspondiente a viviendas de construcción tradicional ubicado a lo largo de la carretera, un tejido poco denso correspondiente a equipamientos turísticos y residenciales ocupando la primera línea de costa y un tejido planificado con parcelas residenciales.

Se pueden identificar los siguientes ecosistemas litorales en la zona de estudio (Folack, 2011):

- Playas de arena blanca que alternan con afloramientos rocosos.

- Pequeños ríos y cursos de agua que desembocan en lagunas costeras.
- Estuarios, particularmente el río Lobé que se precipita sobre una cascada (Chute de la Lobé) a una laguna que se abre directamente al mar.
- Bosque ecuatorial atlántico.
- Lagunas, de tipo estacional con grandes volúmenes de agua que entran conforme al movimiento de las mareas, la mayoría de ellas están rodeadas de vegetación de manglares mixtos de agua dulce y salada.
- Vegetación costera, arbustiva y herbácea.
- Bosques en zonas pantanosas, frecuentes junto a ríos y deltas inundados de forma permanente o estacional.

Kribi sufre de presiones antrópicas en su banda costera que reducen su cubierta vegetal. Este proceso de deforestación estaría ligado a la extensión de la agricultura y al cambio en los usos del territorio (urbanización, desarrollo de infraestructuras industriales y de transporte).

Según la FAO, la tasa anual media de deforestación de Camerún entre 2000 y 2005 se situaría en torno a un 1%, frente a un 0,9% en el decenio 1990-2000. Estas cifras sitúan a Camerún como el país con la tasa media anual de deforestación más elevada de África Central después de la República Centroafricana. El retroceso forestal es más elevado en aquellas zonas en que la urbanización y la población avanzan rápido (DeFries *et al.* 2010) lo que sitúa a Kribi como una zona especialmente expuesta a la deforestación y degradación forestal. Entre 1987 y 2010, la población de Kribi habría crecido a un ritmo del 5,7% anual, situándose como la zona de más alto crecimiento demográfico de Camerún junto a Yaundé.

El documento R-PIN (*Readiness Plan Idea Note*) de Camerún (recogido por Dkamela, 2010), indica una serie de causas directas e indirectas de la deforestación y la degradación forestal, la mayoría de las cuales son perceptibles en la zona de estudio. En primer lugar, la agricultura itinerante es la causa directa de mayor incidencia para explicar la deforestación y es responsable del 95% de la deforestación en Camerún (Essama-Nssah et Gockowski 2000). En segundo lugar, la explotación ilegal y el uso de madera para consumo doméstico y para actividades artesanales como el ahumado de pescado, siendo una práctica existente en la zona de estudio ligada a la degradación de manglares. En tercer lugar, la urbanización y el desarrollo de infraestructuras y de transporte.

La deforestación y la contaminación serían causantes de la degradación de ríos y riveras en la zona de Kribi teniendo como consecuencia la proliferación de especies invasoras y la eutrofización de los ríos.

Camerún forma parte de distintos proyectos regionales centrados en la protección del litoral. La gestión de zonas litorales ha recibido en los últimos años un interés creciente en el plano internacional. La gestión integrada del litoral se define como "un proceso continuo y dinámico que une gobierno y comunidad; ciencia y gestión; interés sectorial e interés general en la preparación y la implementación de un plan integrado para la protección y el desarrollo de los ecosistemas y los recursos del litoral" (GESAMP, 1996)

El proyecto para la protección de Grandes Ecosistemas del Golfo de Guinea ha identificado la zona costera de Kribi a Campo como zona de demostración para la puesta en marcha de un plan de gestión integrada de la zona costera (ICAM).

El estuario del río Lobé (Chutes de la Lobé) sufre una aguda erosión costera provocada por factores ligados al cambio climático y agravada por factores antrópicos (extracción ilegal de arena). Otros factores de preocupación son la presión urbanística, la ausencia de planificación y los riesgos de contaminación en el mar y en el río Lobé.

La actividad turística en la playa de Gran Batanga está amenazada por la aguda erosión costera así como por el impacto de desarrollos de infraestructuras industriales y de transporte marítimo en su proximidad.

Por último, la Bahía de Londji presenta una deficiente gestión de residuos sólidos y humanos, ligada a la ocupación anárquica de las playas. La zona presenta ecosistemas de manglares que sufren una aguda presión antrópica, así como riesgos medioambientales ligados a desarrollos industriales próximos (fábrica de gas) y actividades extractivas.



Figura 2: Playa en la zona de Londji.



Figura 3: Problemática de salubridad ambiental en la costa de Londji.

## 2. Objetivos del análisis.

Se ha planteado como objetivo fundamental de este análisis el constatar el grado de cambio producido en la cubierta vegetal, deducido a partir de la información contenida en las imágenes de satélite. La zona objeto de estudio se corresponde con la franja litoral de 1 km de anchura, comprendida entre las localidades de Londji y Grand Batanga, a lo largo de la costa camerunesa. La longitud total, se divide en tres tramos, el superior comprende desde la localidad de Londji hasta aproximadamente 8 km al norte de Kribi. El central abarca desde la referencia anterior, hasta la parte sur del núcleo urbano de Kribi, mientras que el último de los tramos se sitúa al sur de dicho punto, con una longitud aproximada de 12 km.

El intervalo temporal al cual se refiere el cambio es de 25 años en la zona de Kribi y Kribi – Grand Batanga y de 26 años en el tramo Kribi – Londji.

## 3. Características de las imágenes utilizadas.

Las imágenes utilizadas en la presente comunicación proceden del programa Landsat. El motivo de utilizar éstas se debe a diferentes motivos. Landsat presenta el mayor rango temporal de todos los satélites de observación de la Tierra de media resolución espacial y las bandas espectrales que ofrece son idóneas para los objetivos pretendidos (Palomo, 2012). Su resolución geométrica (30 m) es adecuada para realizar el análisis con suficiente grado de aproximación (Ormeño *et al.*, 2008).

Se ha utilizado una imagen del sensor *Thematic Mapper* (TM), a bordo de Landsat 5, con fecha 31 de diciembre de 1984. Así mismo, se han utilizado dos imágenes de *Enhanced Thematic Mapper Plus* (ETM+), instalado en Landsat 7, con fechas 27 de febrero de 2009 y 13 de enero de 2010. La elección de estas fechas está motivada por la necesidad de considerar un intervalo temporal suficientemente amplio y condicionada por la disponibilidad de imágenes con unas condiciones atmosféricas que no interfieran con el

estudio de la superficie terrestre, esto último particularmente difícil en un área de nubosidad tan frecuente.

Las imágenes del sensor ETM+ presentan el bandeo característico consecuencia de la disfunción correspondiente a este satélite, que empezó a presentarse a partir del 31 de mayo del año 2003. Dicho bandeo no permite el análisis en la zona que ocupa, teniendo una anchura, en el área de estudio, de aproximadamente 90 a 120 m, según la posición.

Sucede que las dos imágenes ETM+ no presentan dicho bandeo en la misma posición, con lo cual se duplica la superficie de la zona excluida del estudio en la franja costera. No obstante, la superficie total de la franja costera (1 km), es de aproximadamente 7 km<sup>2</sup> que, en relación con la superficie total de la franja costera (aproximadamente 35 km<sup>2</sup>), suponen un 20 %. Es decir, la estimación que se presenta se realiza en base a la información espectral contenida en el 80 % del área de estudio, aproximadamente.

Los referidos sensores ofrecen 6 bandas espectrales, de las cuales, en el análisis, solamente se han utilizado las bandas 3 (Rojo) y 4 (Infrarrojo próximo). Además de las referidas, se ha utilizado la banda 5 (Infrarrojo medio) a efectos de visualización.

La zona de estudio se encuentra incluida en una ventana de 1042 píxeles de alto y 491 píxeles de ancho.

Las imágenes descargadas del servidor se encuentran georreferenciadas, en proyección UTM, huso 32 y elipsoide WGS84, sin embargo existen un desajuste geométrico entre ellas, de tal manera que no existe un corregistro píxel a píxel entre las mismas.

En la Figura 4, se puede apreciar, de manera genérica, el aspecto general de la zona costera estudiada.



Figura 4: Combinación color 5-4-3 (R-G-B) de fechas 31-12-1984, 27-02-2009 y 13-01-2010.

## **4. Metodología de análisis.**

### **4.1. Superposición de imágenes.**

Para analizar la información de cada imagen en relación con las restantes, es necesario que todas ellas sean superponibles entre sí, píxel a píxel. Dicha circunstancia no se produce en los productos inicialmente descargados, por lo que se hace necesaria la corrección geométrica para conseguir dicha superposición.

Se utiliza como imagen de referencia la del año 1984, ajustando geoméricamente, las otras dos (2009 y 2010) a la misma (Ormeño, 2006).

Se han utilizado 23 puntos de apoyo bien distribuidos y situados preferentemente a lo largo de la costa y que son identificables en todas las imágenes. El modelo de ajuste ha consistido en un polinomio de grado 2, habiendo resultado, en los dos casos realizados, un error medio cuadrático inferior al tamaño de un píxel.

### **4.2. Selección de zonas.**

Tal como se indica en los objetivos, se ha considerado una zonificación de la franja costera, distribuida en tres zonas, Londji-Kribi, Kribi y Kribi-Grand Batanga. La selección de las mismas se ha debido básicamente a dos circunstancias, por una parte a la presencia de nubosidad, particularmente en la zona próxima a Londji, en una de las fechas (2009) y en la zona de Grand Batanga (2010). La otra circunstancia considerada se ha debido al cambio aparente, a partir de la visualización inicial de las imágenes.

Por otra parte, en la zona de Kribi, se aprecia un cambio brusco entre febrero de 2009 y enero de 2010, de cuál no podemos indicar si su origen se debe a efectos atmosféricos, o bien es debido a cambios de ocupación de suelo, esto último nos resulta particularmente llamativo y hemos preferido, prudentemente, no considerar el cambio abrupto producido en el referido periodo.

### **4.3. Cuantificación de la cubierta vegetal.**

Con el fin de determinar el grado de cobertura vegetal en las diferentes fechas, se ha considerado como parámetro de estimación el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), el cuál puede obtenerse a partir de los valores contenidos en las bandas 3 (R) y 4 (IR<sub>p</sub>) de los sensores considerados (TM y ETM+). La expresión que permite su cálculo es la siguiente (Rouse *et al.*, 1974):

$$NDVI = \frac{IR_p - R}{IR_p + R}$$

Este índice es de particular significación dada su consideración como indicador ambiental (Waller-Hunter, 1996). El resultado del cálculo de este índice, en las tres fechas consideradas se muestra en la Figura 5.

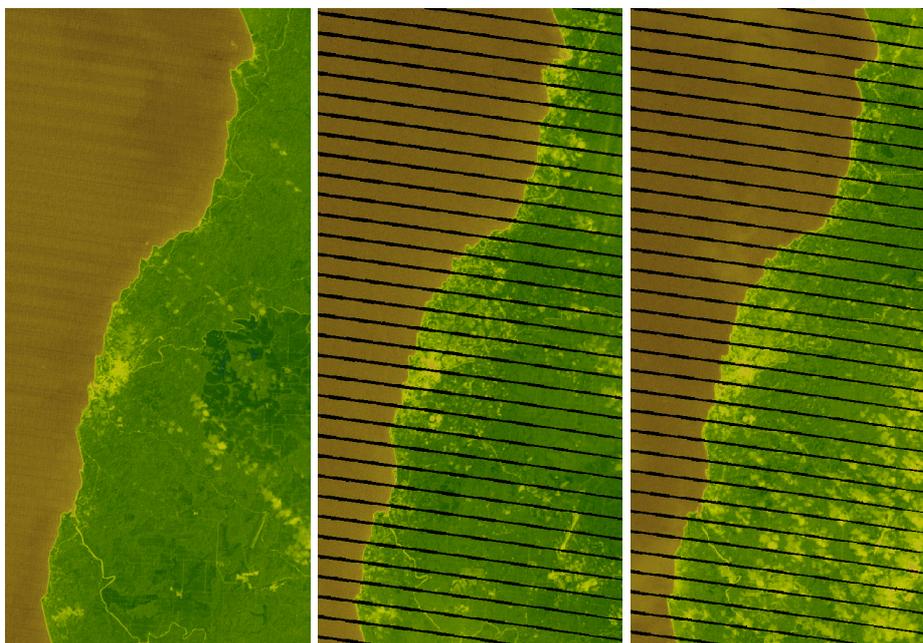


Figura 5: Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) de fechas 31-12-1984, 27-02-2009 y 13-01-2010.

#### 4.4. Análisis zonal.

Como puede apreciarse en la Figura 5, se explicita claramente el cambio de cubierta vegetal entre la fecha origen y las dos fechas finales consideradas. Así mismo, se aprecia la presencia de nubosidad en las dos imágenes finales que impide la realización del análisis comparativo a lo largo de la totalidad de la línea costera. También pueden apreciarse las diferencias iniciales de cambio entre la zona norte, sur e intermedia, pudiendo preverse, aparentemente, un mayor grado de cambio en la zona central, que se corresponde con la ciudad de Kribi y su área norte de influencia. Tales circunstancias nos llevan a establecer las referidas zonas y hacer los análisis comparativos eligiendo una u otra de las fechas finales, en función de las mismas.

Se ha considerado una anchura, a partir de la línea de costa, de 1 km, para lo cual, y a efectos analíticos, ha sido necesario realizar la correspondiente máscara la cuál, unida con las zonas anteriores, produce tres franjas costeras sucesivas, todas ellas de la referida anchura.

El conjunto de la franja costera, con el valor del NDVI en las fechas inicial, así como la consideración de las dos finales en un único documento, se muestra en la Figura 6.



Figura 6: NDVI en la franja costera de 1 km en fechas inicial (1984), a la izquierda, y final (2009/2010), a la derecha.

Mediante la diferencia entre los dos documentos cuantitativos mostrados en la Figura 6, podemos estimar el grado de cambio en la cubierta vegetal (Figura 7).

Analíticamente, los valores medios del NDVI en cada zona y fecha son los que se indican en la Tabla 1, señalando en negrita los valores considerados en el cálculo de la disminución al tener una certeza razonable de que no están influidos por efectos atmosféricos o factores no controlados.

Tabla 1: Valores medios del NDVI en cada región y fecha. Se señalan en negrita los valores considerados en la estimación cuantitativa del cambio.

Zona \ Año	1984	2009	2010	% Disminución
Londgi-Kribi	<b>0.332</b>	0.175	<b>0.173</b>	47.9
Kribi	<b>0.294</b>	<b>0.151</b>	0.119	48.6
Kribi-G.Batanga	<b>0.323</b>	<b>0.175</b>	0.131	45.8

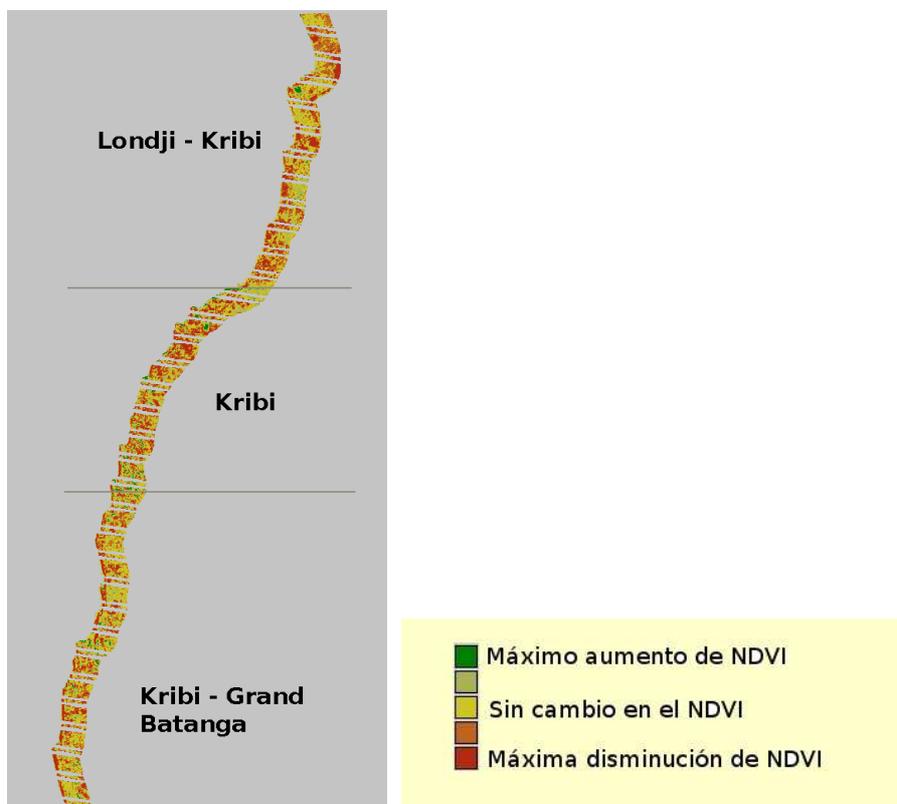


Figura 7: Diferencia de NDVI entre fechas inicial y final en los tramos considerados.

Hemos de considerar que el NDVI está directamente relacionado con el Índice de Área Foliar (IAF) (Qi *et al.*, 2000).

## 5. Resultados y conclusiones.

Las imágenes utilizadas (TM - ETM+), aparentemente, tienen una buena resolución geométrica y, por supuesto, el mejor rango temporal para la realización de este tipo de estudios.

Las imágenes ETM+ de Landsat 7 presentan el rayado característico, correspondiente a su anomalía funcional, si bien, en la franja costera supone un 20 % de la superficie, distribuida de manera más o menos regular. Es decir, a efectos estadísticos estamos utilizando un tamaño muestral del 80%, lo que asegura la obtención de conclusiones cuantitativas fiables.

En la visualización comparativa de los NDVI, en las distintas fechas, se aprecia el gran aumento de la red urbana, particularmente la correspondiente a la ciudad de Kribi, al igual que una disminución considerable de dicho índice en toda la zona costera. Hemos de tener en cuenta que tal cambio se produce en un intervalo de 25 años.

En los tres tramos considerados se produce una disminución similar de la cobertura vegetal, con valores expresados en disminución del índice de vegetación, cercanos al 50

%, si bien en el tramo Londji – Kribi es algo mayor que el producido en la zona sur, entre Kribi y Grand Batanga.

Se aprecia una mayor intensidad de cambio en primera línea de costa, particularmente en el tramo Kribi-Grand Batanga y al norte de la ciudad de Kribi. Así mismo, es claramente manifiesto el referido cambio, debido al crecimiento de la citada ciudad.

En la zona más al norte (Londji), se aprecia también una gran tasa de cambio, no necesariamente próxima a la primera línea costera.

Se hacen notar, claramente, cambios con implantación más o menos puntual, de los cuáles no será difícil encontrar justificación sobre el terreno y que, probablemente, se deban a nuevos asentamientos humanos.

## **6.- Agradecimientos.**

Los autores manifiestan su agradecimiento a los siguientes organismos y entidades, cuya participación y colaboración ha sido fundamental para el presente estudio:

- Proyecto COAST.
- GEF (Global Environment Facility).
- PNUMA (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente).
- ONUDI (Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial).
- OMT (Organización Mundial del Turismo).
- MINEPDED (Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible de Camerún).
- MINTOURL (Ministerio de Turismo y Ocio).

El proyecto COAST (<http://coast.iwlearn.org/>) promueve la adopción de mejores prácticas para el turismo sostenible, que reduzcan la degradación de ecosistemas marinos y costeros en África Subsahariana. Se financia a través del Global Environment Facility (GEF), con el PNUMA (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente) como agencia de implementación, teniendo a ONUDI (Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial) y OMT (Organización Mundial del Turismo) como agencias de ejecución.

En Camerún, el proyecto COAST se ejecuta en colaboración con MINEPDED (Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible) y MINTOURL (Ministerio de Turismo y Ocio) y tiene en Kribi su zona ejecución.

El proyecto COAST se ejecuta con fondos procedentes de GEF (Global Environment Facility) y desea hacer explícito el reconocimiento de la importancia de este apoyo en el éxito de su trabajo.

## **Referencias bibliográficas.**

Angwe, C. A. and Gabche, C. E., (1997), Quantitative estimation of land-based sources of pollution to the coastal and marine environment of the republic of Cameroon, Research Centre for Fisheries and Oceanography, Limbe, Cameroon Vol. 33.

DeFries, R.S., Rudel, T., Uriarte, M. and Hansen M. (2010) Deforestation driven by urban population growth and agricultural trade in the twenty-first century. *Nature Geoscience* 3: 178–181.

Dkamela, G. P. (2010) The context of REDD+ in Cameroon: drivers, agents and institutions. CIFOR Occasional Paper. CIFOR, Yaounde.

Essama-Nssah, B. and Gockobski, J. (2000). Cameroon. Forest Sector Development in a Difficult Political Economy. Washington D. C.

Folack, Jean.ed. (2011) The implementation of Integrated Coastal Management (ICM) in the Kribi Campo Area. Envirep Cameroon, Yaounde.

GESAMP, (1996). The Contribution of science to integrated coastal management, GESAMP Reports and Studies No 61.

Ormeño Villajos, S. (2006) Teledetección Fundamental - 3ª edición. Servicio de publicaciones de la U.P.M. Madrid.

Ormeño Villajos, S., Arozarena Villar, A., Martínez Peña, M., Palomo Arroyo, M., Villa Alcázar, G., Peces Morera, J. J., Pérez García, L. (2008) Los satélites de media y baja resolución espacial como fuente de datos para la obtención de indicadores ambientales. IX Congreso Nacional de Medio Ambiente, Madrid.

Palomo Arroyo, M. (2012) Modelización del cálculo de indicadores ambientales, a partir de sensores ópticos de alta resolución temporal a bordo de satélite. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.

Qi, J., Kerr, Y. H., Moran, M. S., Wertz, M., Huete, A. R., Sorooshian, S., Bryant, R. (2000). Leaf area index estimates using remotely sensed data and BRDF models in a semiarid region. *Remote Sens. Environ.*, 73, 18– 30.

Rouse, J. W., Haas, R.H., Schell, J.A., Deering, D.W. & Harlan, J.C. (1974). Monitoring the vernal advancements and retrogradation (greenwave effect) of nature vegetation (371 pp). NASA/GSFC Final Report. Greenbelt, MD: NASA.

Sayer, J.A., C.S. Harcourt, and N.M. Collins. (1992). The Conservation Atlas of Tropical Forests: Africa. IUCN and Simon & Schuster, Cambridge.

Waller-Hunter, Joke, ed. (1996) Indicators of Sustainable Development: Framework and Methodologies, Division of Sustainable Development, United Nations, New York, (free on the United Nations WEB site).

#### **Otras referencias:**

A Sea of Troubles (2001) Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP)

Plan Directeur d'Urbanisme de la ville de Kribi Rapport Justificatif provisoire: Analysis des besoins et scenarii d'aménagement (2011) Augea, Ministère du Développement Urbain et de l'Habitat.

UN World Summit, September 2005 in New York, Declaration adopted on "Harnessing Tourism for the Millennium Development Goals" during a tourism event organized by WTO.