

ESTIMACIÓN DE LA DEFORESTACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DEL CHOCÓ
UTILIZANDO EL MAPA DE COBERTURA FORESTAL/NO FORESTAL DE LA
AGENCIA ESPACIAL JAXA

ELIANA PAOLA ARRIETA CONTRERAS

Trabajo presentado como requisito para optar al título de “Especialista en Gemática”

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN GEOMÁTICA
BOGOTÁ D.C
2015

CONTENIDO

| | |
|----------------------------------------------------|----|
| INTRODUCCIÓN | 4 |
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN..... | 5 |
| 2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN | 6 |
| 3. OBJETIVOS..... | 6 |
| <i>Objetivo General</i> | 6 |
| <i>Objetivos Específicos</i> | 6 |
| 4. DATOS Y METODOLOGÍA | 7 |
| <i>Caracterización del área de estudio</i> | 7 |
| <i>Datos</i> | 8 |
| <i>Metodología</i> | 9 |
| 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 11 |
| 6. CONCLUSIONES | 16 |
| 7. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS | 17 |

LISTADO DE FIGURAS

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Identificación de la zona de estudio | 7 |
| Figura 2. Clasificación de las imágenes JAXA. | 9 |
| Figura 3. Metodología planteada para el desarrollo del proyecto..... | 9 |
| Figura 4. Identificación zonas con deforestación Departamento del Chocó año 2007 | 11 |
| Figura 5. Identificación zonas con deforestación Departamento del Chocó año 2010 | 11 |
| Figura 6. Comparación de coberturas 2007-2010..... | 12 |
| Figura 7. Diferencias de áreas de cada cobertura años 2007 – 2010. | 12 |
| Figura 8. Mapa de deforestación y reforestación del departamento del Chocó años 2007-2010 | 13 |
| Figura 9. Ubicación geográfica zonas de deforestación y reforestación en los municipios de Acandí, Unguía, Río Sucio, Belén de Bajira | 14 |
| Figura 10. Ubicación geográfica zonas de deforestación y reforestación en los municipios de Belén de Bajira, El Carmen del Darién, Río Sucio. | 14 |
| Figura 11. Ubicación geográfica zonas de deforestación y reforestación en los municipios de Medio Atrato, El Carmen, Quibdo..... | 14 |
| Figura 12. Ubicación geográfica zonas de deforestación y reforestación en los municipios de Tadó, Condoto, San José del Palmar. | 14 |
| Figura 13. Ubicación geográfica zonas de deforestación y reforestación en los municipios de Tadó, RíoOro, Unión Panamericana, Istmina, Condoto, Cantón de San Pablo..... | 15 |
| Figura 14. Ubicación geográfica zonas de deforestación y reforestación en los municipios de Litoral de San Juan | 15 |

LISTADO DE TABLAS

| | |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Causas de la deforestación en la zona del Chocó-Darién. [3] | 8 |
| Tabla 2. Características de las imágenes JAXA. [6] | 8 |
| Tabla 3. Variables de la fórmula de Puyravaud. [8] | 10 |
| Tabla 4. Coberturas del Chocó 2007..... | 11 |
| Tabla 5. Coberturas del Chocó 2010..... | 11 |

INTRODUCCIÓN

Colombia es el tercer país de Suramérica con mayor área en bosques, los cuales son imprescindibles para la vida por la cantidad de servicios que proveen y la gran diversidad biológica que albergan.

Teniendo en cuenta lo anterior en el presente trabajo se decidió realizar la estimación de la deforestación en el departamento del Chocó durante los años: 2007 y 2010.

Para alcanzar el objetivo propuesto se calculó la deforestación utilizando el mapa mundial de cobertura forestal/no forestal de la agencia JAXA, generada a partir de imágenes de radar del sistema ALOS PALSAR.

Para constatar los resultados se halló la tasa porcentual anual de cambio utilizando la fórmula utilizada por el IDEAM propuesta por Puyravaud[8].

Como resultado se generó el mapa de deforestación y reforestación del departamento del Chocó para el periodo 2007- 2010

Para el desarrollo del proyecto se utilizó software que permitió trabajar tanto formato vectorial como raster, tal como ArcGis 10.2.2, y Next ESA SAR y SENTINEL-1.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

De acuerdo [1], se develaron que actualmente en el 51.5% de la superficie del territorio colombiano, prevalecen el ecosistema de bosques naturales, lo que quiere decir que más de la mitad del país está cubierta por estos importantes ecosistemas de los cuales cada año se extraen alrededor de 1'200.000 metros cúbicos de madera.

A partir de estos datos de extracción de madera del país se puede inferir que Colombia presenta un fenómeno de importancia mundial como es la deforestación¹, se estima que más del 80% de la deforestación en todo el mundo se concentrará en solo once lugares, uno de estos 11 lugares es la zona del Chocó-Darién, en la que se localiza Colombia y por ende el área de análisis, el departamento del Chocó. [2]

El proceso de deforestación en el país se está produciendo principalmente en las tierras bajas del Pacífico, y se asocia con la minería, la tala insostenible, la infraestructura en desarrollo y la expansión agrícola. [3].

La pérdida de los bosques implica pérdida de los bienes y de los principales servicios ecológicos con que cuenta la humanidad: alimentos, medicinas, protección de cuencas, subsistencia y alivio de los rigores del clima y los desastres naturales. De acuerdo a estadísticas en el año 2008 alrededor de 1.600 millones de personas en el mundo dependían de los bosques para ganarse la vida. [4]

A pesar de los muchos esfuerzos, la deforestación prosigue a una tasa alarmante, se prevé que podría registrarse una pérdida de hasta 170 millones de hectáreas de bosque entre 2010 y 2030. [5]. Sabemos que con una mejor gestión, planificación, e inversión se puede detener la deforestación y conservar los ecosistemas.

¹ Deforestación: Acción y efecto de deforestar. Deforestar: Despojar un terreno de plantas forestales. <<http://www.rae.es/>>

2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Teniendo en cuenta lo anterior surge el interrogante objeto de respuesta del presente proyecto de geomática aplicada: ¿Es posible estimar la deforestación en el departamento del Chocó entre los años 2007 y 2010 a partir del mapa de cobertura forestal/no forestal de la agencia espacial japonesa JAXA?

Debido a que las condiciones del clima en el departamento del Chocó son lluviosas, y los sistemas ópticos tiene dificultades al captura imágenes en condiciones de tiempo nublado, se decide realizarla estimación de la deforestación a partir del mapa forestal/no forestal de la agencia JAXA, el cual es obtenido a partir de imágenes de radar del sistema satelital ALOS PALSAR, observaciones que no dependen ni se ven afectadas por las condiciones meteorológicas.

Se seleccionó este rango de fechas por ser los datos que actualmente se consiguen de forma libre de la agencia JAXA, con este estudio se pretende comparar los datos del pasado para dimensionar y comprender en el tiempo el fenómeno de la deforestación en el departamento del Chocó.

3. OBJETIVOS

El objetivo general de este proyecto de geomática aplicada es:

Objetivo General

Estimar la posible deforestación en el departamento del Chocó entre los años 2007 y 2010 utilizando el mapa mundial de cobertura forestal/no forestal de la agencia espacial japonesa JAXA.

Objetivos Específicos

- 1.** Identificar las posibles áreas de deforestación en la zona de estudio.
- 2.** Cuantificar las posibles áreas de deforestación en la zona de estudio
- 3.** Generar el mapa de deforestación y reforestación del departamento Chocó entre los años 2007 y 2010.

4. DATOS Y METODOLOGÍA

Caracterización del área de estudio

La zona de estudio corresponde al departamento del Chocó Figura 1, el cual se enmarca dentro de la región Chocó-Darién identificada por la WWF como una de las regiones más diversas del mundo, la cual se extiende en 16,9 millones de hectáreas, con cubierta forestal, abarcando más de 8.000 especies de plantas y 600 especies de aves.[3]

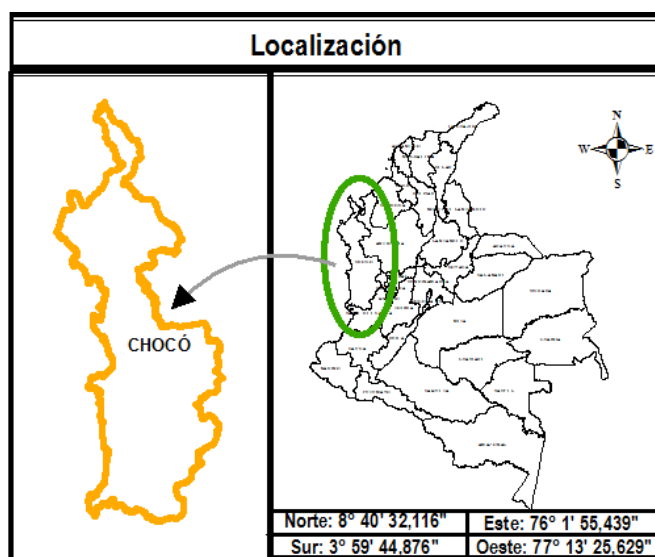


Figura 1. Identificación de la zona de estudio

La región Chocó-Darién se encuentra cada vez más amenazada, principalmente por el cambio de uso del suelo para agricultura, ganadería, cultivos de uso ilícito, así como proyectos de infraestructura y minería, en la Tabla 1 se relacionan las principales causas de deforestación en esta zona.

| Causas de deforestación en el Chocó-Darién | | |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Causa principal de la pérdida de bosques y /o degradación severa | Ganadería | La expansión de la cría de ganado. |
| | Agricultura a gran escala | Agricultura, incluida la producción de coca, y la colonización se estima que causa el 90% de la deforestación en el Ecuador y Colombia y es una causa importante de pérdida de bosques en Panamá. |
| | Agricultura a pequeña escala y colonización | |
| Minería | La minería contribuye a la deforestación, sobre todo en Colombia y Ecuador; hubo 564 contratos mineros otorgados en Colombia en 1990 a 2011; en Ecuador 1092 en 1992 a 2011, y 42 en Panamá. Colombia también tiene 20 bloques petroleros más de 12.2 millones de hectáreas, incluyendo 17 en zonas de reserva. | |

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Causa secundaria importante de la pérdida de bosques y /o degradación severa | Tala insostenible | La demanda de madera a menudo combustibles |
| Causa principal de la pérdida de bosques y /o degradación severa | Infraestructura | Análisis en el Chocó ecuatoriano encontró que la densidad de población, los costos de viaje y la distancia a ríos están significativamente relacionados con la pérdida de bosques. Se encontró que la construcción de carreteras y la proximidad a las carreteras es un factor importante en la deforestación. Colombia cuenta con 18 proyectos de carreteras en la región, el Ecuador tiene 9 y Panamá está planeando una carretera que conecta todas las vías principales. |
| | Otro | El crecimiento demográfico, la escasez de tierras y la pobreza son todas causas subyacentes críticas, junto con los conflictos armados y la producción de estupefacientes |

Tabla 1. Causas de la deforestación en la zona del Chocó-Darién. [3]

Datos

Las imágenes obtenidas por el sistema satelital ALOS PALSAR de JAXA proporcionan un nuevo recurso global para documentar el cambio de extensión de los bosques y ofrece oportunidades para la cuantificación de las dinámicas históricas y futuras a través de la comparación. [6]

Alguna de las características de los tiles ALOS PALSAR HH y HV y los mosaicos utilizados para generar el mapa mundial de JAXA son:

| Características Imágenes JAXA | |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Características | Descripción |
| Referencia Local | La latitud y la longitud de la esquina noroeste |
| Sistema de coordenadas | La latitud y longitud |
| Espaciamento | 0,8 segundos de arco dependencia que suministra el espaciamento de 25 m |
| Resolución de imagen SAR | imagen SAR de 36 m (azimut) × 20 m (rango) |
| Número de píxeles | 4500 columnas × 4500 filas |
| Volumen de datos | 40,5 MB (por tile) |
| Contenido | Sección transversal de radar normalizado, gamma-nada en HH y HV, información de la máscara (bandera océano, área efectiva, área vacía, escala, sombreado), ángulo de incidencia local, fechas totales del lanzamiento ALOS (1:30, 24 de enero 2006: UTC). |
| Nº de tiles por año | 2007: 27,062, 2008: 27,163, 2009: 27,703, 2010: 27,923 |
| Otras | Exactitud geométrica a menos de 10 m |
| | Exactitud radiométrica menos de 1,0 dB |
| | Ortho rectificación y corrección de pendiente aplicada |
| | Disponible en celdas de 1° x 1° |

Tabla 2. Características de las imágenes JAXA. [6]

Para el desarrollo del proyecto se descargaron 20 imágenes de radar, 10 para cada año, las cuales presentan las características descritas en la Tabla 2 y la clasificación: No-Data, Forest, No-Forest y Water como se aprecia a en la Figura 2. [7]

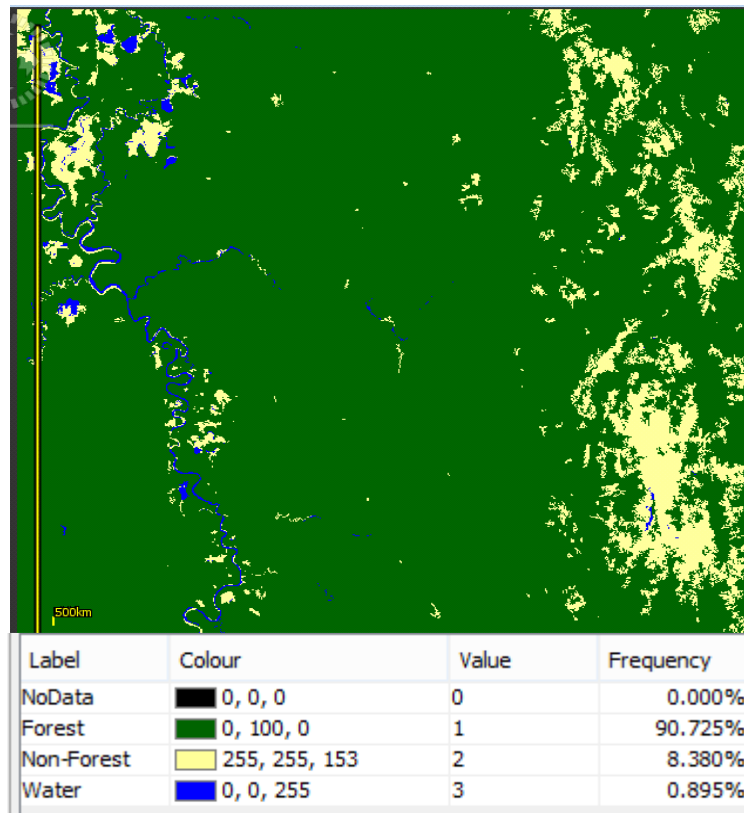


Figura 2. Clasificación de las imágenes JAXA. [7]

Metodología

Para la estimación de la posible deforestación en el departamento del Chocó con imágenes de radar (SAR) se plantea la siguiente metodología:



Figura 3. Metodología planteada para el desarrollo del proyecto

Con las imágenes ALOS PALSAR también podemos obtener la cobertura forestal para cada año, por lo que se resuelve aplicar la ecuación utilizada por el IDEAM de Puyravaud [8] para determinar la tasa de deforestación entre los años 2007 y 2010 y así mismo constatar si hubo o no deforestación.

La ecuación 1 compara la diferencia entre la superficie cubierta por bosque natural en un momento de tiempo 1 (expresada como su logaritmo natural) y la superficie que aún permanece con dicha cobertura en el momento de tiempo 2 (expresada como su logaritmo natural), en una unidad espacial de referencia j, con el periodo de tiempo t_1-t_2 en el que ocurrió dicho cambio de cobertura (deforestación). [8]

$$TD_{jt1-2} = \left(\left(\frac{1}{t_2 - t_1} \right) * \ln \left(\frac{SCBE_{jt2}}{SCB_{jt1}} \right) \right) * 100$$

Ecuación 1. Tasa de deforestación Puyravaud. [8]

Donde,

| | |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TD_{jt1-2} | Tasa de deforestación de la unidad espacial de referencia j, entre los momentos del tiempo t_1 y t_2 . |
| SCB_{jt1} | Superficie cubierta con bosque natural en la unidad espacial de referencia j en el momento de tiempo t_1 . |
| $SCBE_{jt2}$ | Superficie de la unidad espacial de referencia j que habiendo estado cubierta por bosque natural en el momento de tiempo t_1 permanece cubierta por bosque natural en el momento de tiempo t_2 . |
| t_1 y t_2 | Momentos de tiempo t_1 y t_2 . |

Tabla 3. Variables de la fórmula de Puyravaud. [8]

En nuestro estudio se realiza la comparación entre la diferencia de superficie con cobertura forestal en el 2007 y la superficie que aún permanece con cobertura forestal en el 2010, en el departamento del Chocó.

La interpretación de los resultados es muy sencilla: si el indicador toma valores menores a cero señalan pérdidas de superficie forestal; significa que existe deforestación en el periodo de análisis. Si el valor da nulo o igual a cero significa que no existió deforestación en el periodo de análisis.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de la vectorización del mosaico de las imágenes de radar se identificaron y cuantificaron las coberturas referidas en la Figura 2, para los años 2007 y 2010.

Para dar cumplimiento al primer objetivo del proyecto en la Figura 4 y Figura 5 se muestra la ubicación geográfica de las coberturas clasificadas por el mapa JAXA; en color amarillo las áreas deforestadas, en verde la cobertura forestal (bosque) y en azul los cuerpos de agua:

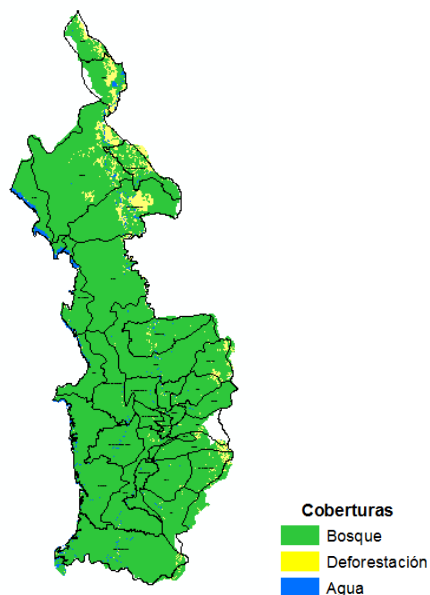


Figura 4. Identificación zonas con deforestación Departamento del Chocó año 2007

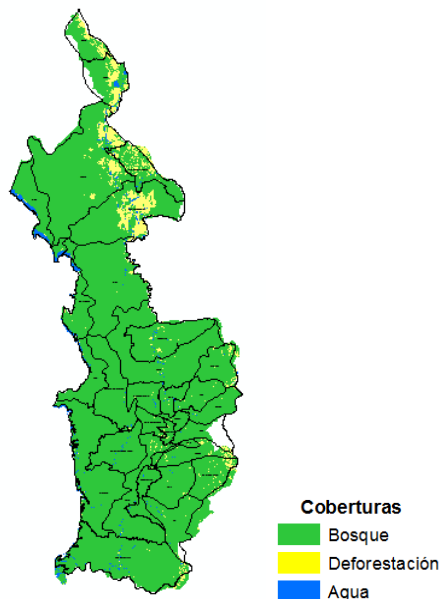


Figura 5. Identificación zonas con deforestación Departamento del Chocó año 2010

Para el objetivo número dos del proyecto se cuantificaron las áreas de cada cobertura en la Tabla 4 y Tabla 5 para cada año respectivamente.

| Coberturas en el Departamento del Chocó 2007 @ JAXA | | |
|--------------------------------------------------------|---------------|-----------|
| ID | Coberturas | Área (ha) |
| 1 | Bosque | 444,350 |
| 2 | Deforestación | 22,305 |
| 3 | Agua | 8,535 |

Tabla 4. Coberturas del Chocó 2007

| Coberturas en el Departamento del Chocó 2010 @ JAXA | | |
|--------------------------------------------------------|---------------|-----------|
| ID | Coberturas | Área (ha) |
| 1 | Bosque | 441,364 |
| 2 | Deforestación | 25,139 |
| 3 | Agua | 8,686 |

Tabla 5. Coberturas del Chocó 2010

Se realizó el comparativo de las áreas de cada cobertura para el periodo de análisis, tal como se observa en la Figura 6, a simple vista no se vislumbra diferencia alguna.

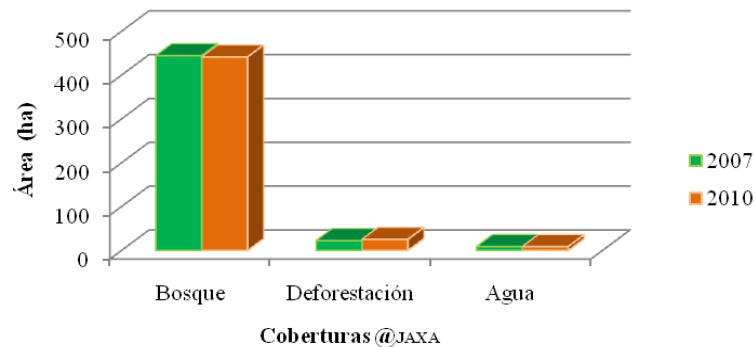


Figura 6. Comparación de coberturas 2007-2010.

Pero calculado la diferencia de áreas Figura 7 encontramos que: la cobertura forestal disminuyó en 2,99 ha, los cuerpos de agua aumentaron en 0,15 ha y la deforestación presentó un aumento de 2,83 ha.

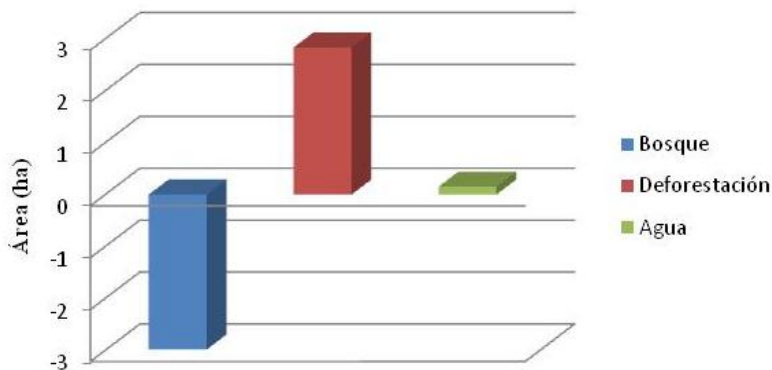


Figura 7. Diferencias de áreas de cada cobertura años 2007 – 2010.

Con esta diferencia se pudo estimar que el departamento del Chocó en el periodo de 2007 a 2010 presentó una deforestación de 2,83 ha de su territorio. Aunque este aumento no es realmente significativo, comparado con la extensión del departamento, ya que tan solo representa el 0,006% del área del Chocó.

Este aumento de la deforestación aunque pequeño nos indica que por algún tipo de actividad disminuyó la cobertura forestal en el departamento, bien sea por la explotación minería, la extracción de madera o la infraestructura en desarrollo entre otras.

Con los datos de área de bosque de las Tabla 4 y Tabla 5 se procede a calcular la tasa de deforestación, las variables de la tabla 3 toman los valores:

$$SCB_{jt1} = 444,350 \text{ ha}$$

$$SCBE_{jt2} = 441,364 \text{ ha}$$

$$t_1 = 2007$$

$$t_2 = 2010$$

Remplazando en la Ecuación 1 tenemos:

$$\begin{aligned}
 TD_{jt_{2007-2010}} &= \left(\left(\frac{1}{2010 - 2007} \right) * \left(\ln \frac{441,364}{444,350} \right) \right) * 100 \\
 TD_{jt_{2007-2010}} &= ((0,333) * (\ln 0,993)) * 100 \\
 TD_{jt_{2007-2010}} &= ((0,333) * (-0,007)) * 100 \\
 TD_{jt_{2007-2010}} &= (-0,00225) * 100 \\
 TD_{jt_{2007-2010}} &= -0,225
 \end{aligned}$$

Que la tasa de deforestación $TD_{jt_{2007-2010}}$ es de -0,225, de acuerdo a la interpretación de resultados de [8], el departamento del Chocó efectivamente presentó deforestación entre los años 2007-2010.

Por último el objetivo tres consiste en generar el mapa de deforestación y reforestación del departamento del Chocó (Figura 8), el cual se obtuvo del cruce de los mapas de deforestación de los años 2007 y 2010 (Figura 4y Figura 5).

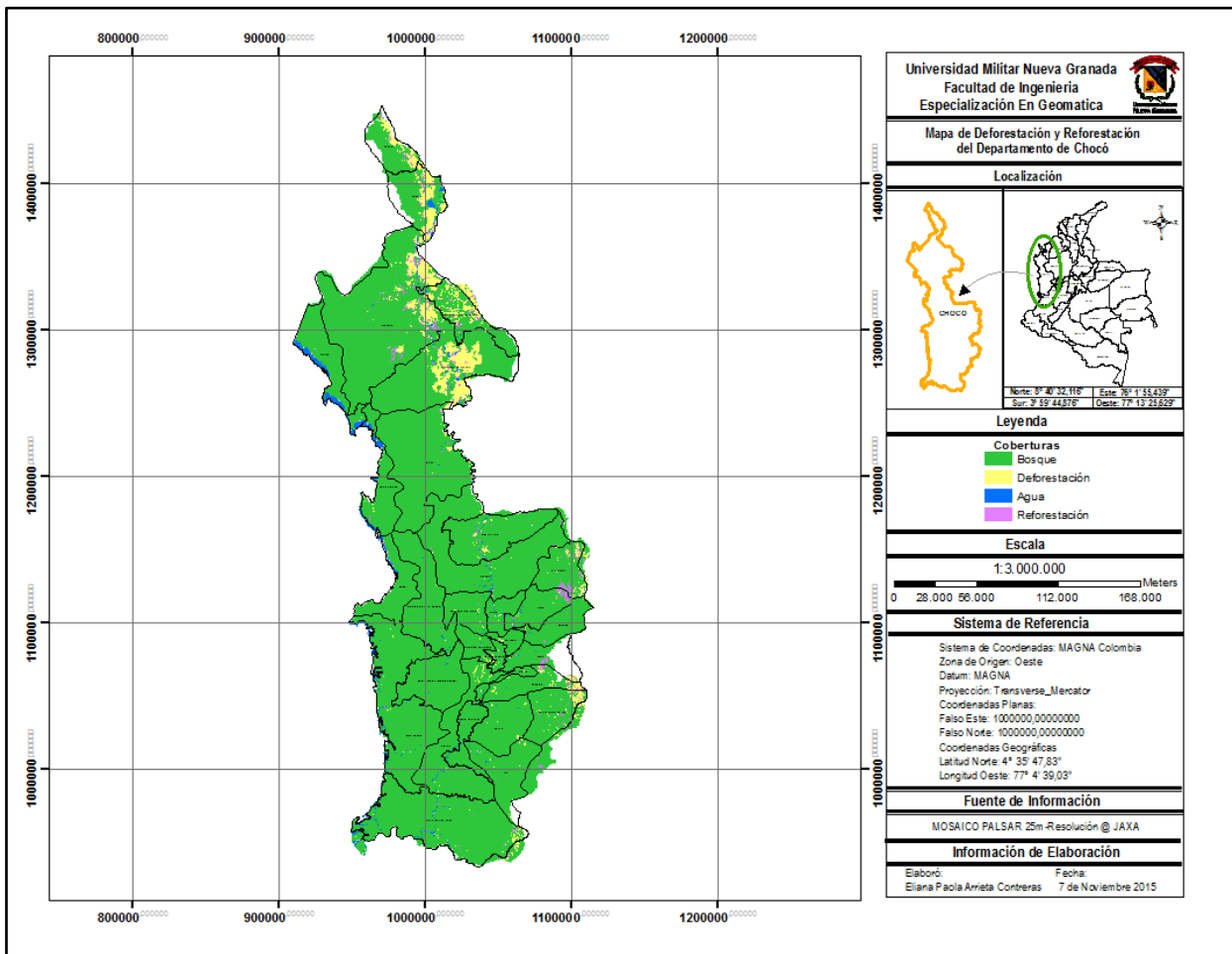


Figura 8. Mapa de deforestación y reforestación del departamento del Chocó años 2007-2010

De la Figura 8 se podría afirmar que más de un 70% de la deforestación se presenta en la zona nororiental del departamento del Chocó, hacia el límite con el departamento de Antioquia.

Como se puede observar en la Figura 9 hasta la Figura 14 los municipios que presentaron mayores cambios de cobertura foresta, es decir reforestación y deforestación simultáneamente son los municipios de Acandí, Unguía, Río Sucio, Belén de Bajira (Río Sucio), El Carmen de Darien, Istmina, Unión panamericana, Cantón de San Pablo, Condoto, Tadó, Litoral del San Juan, Sipí, Medio Atrato, El Carmen y San José del Palmar. Una de las causas de deforestación en estos municipios es la explotación minera, la cual ocasiona la tala indiscriminada de árboles.

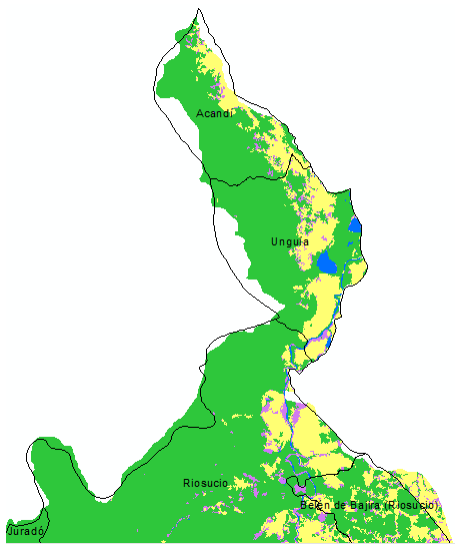


Figura 9. Ubicación geográfica zonas de deforestación y reforestación en los municipios de Acandí, Unguía, Río Sucio, Belén de Bajira

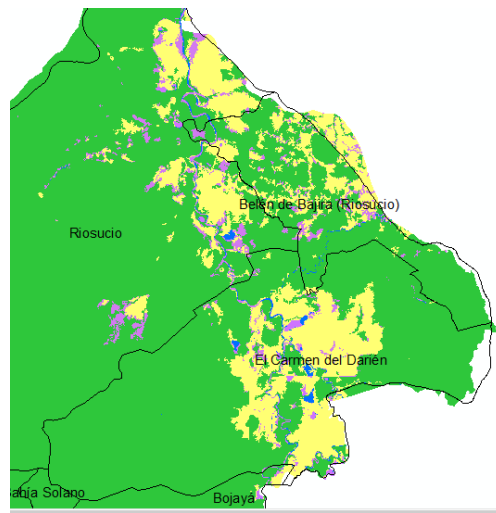


Figura 10. Ubicación geográfica zonas de deforestación y reforestación en los municipios de Belén de Bajira, El Carmen del Darién, Río Sucio.

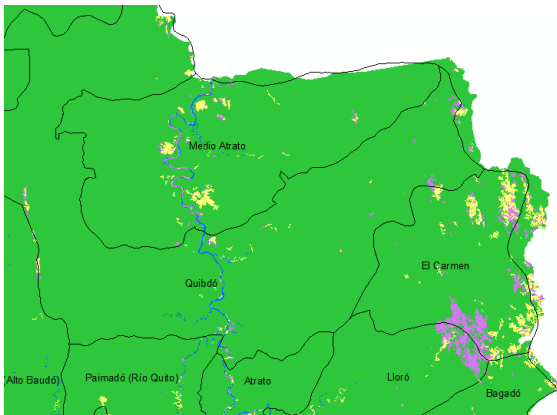


Figura 11. Ubicación geográfica zonas de deforestación y reforestación en los municipios de Medio Atrato, El Carmen, Quibdó.

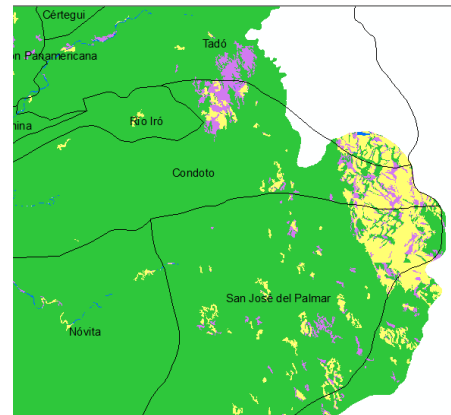


Figura 12. Ubicación geográfica zonas de deforestación y reforestación en los municipios de Tadó, Condoto, San José del Palmar.

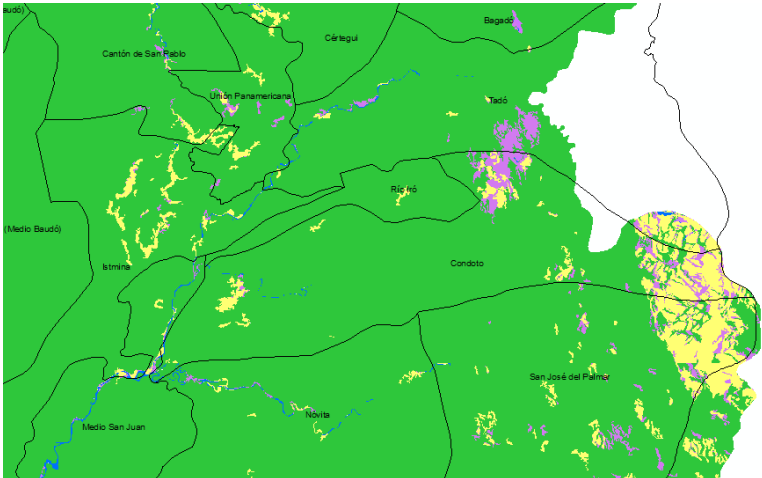


Figura 13. Ubicación geográfica zonas de deforestación y reforestación en los municipios de Tadó, Río Oro, Unión Panamericana, Istmina, Condoto, Cantón de San Pablo.

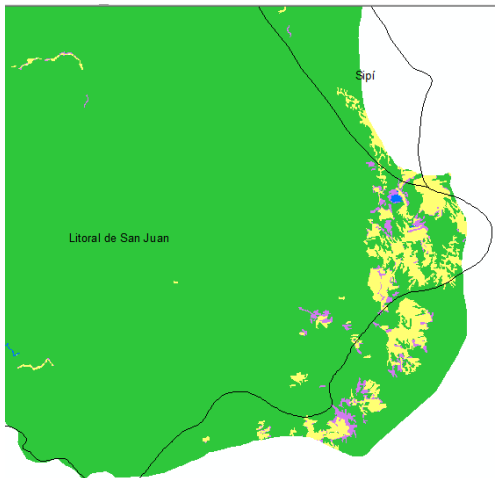


Figura 14. Ubicación geográfica zonas de deforestación y reforestación en los municipios de Litoral de San Juan.

Se creería que en el municipio de Quibdó por ser la capital del departamento se presentaría áreas significativas de deforestación a causa de la expansión urbana, pero no fue así, Figura 11.

6. CONCLUSIONES

- Con el cálculo de la diferencias de áreas de cada cobertura se pudo dar solución al objetivo general del proyecto, ya que la imágenes insumos identifican la cobertura deforestación. Igualmente se decidió confrontar los resultados calculando la tasa de deforestación con la fórmula propuesta por Puyravaud [8].
- El hecho de haber identificado 2,83 ha de deforestación entre los años 2007 y 2010 es algo bueno teniendo en cuenta que se trabajó con un insumo a escala global, para generar el mapa de JAXA los datos en bruto se prepararon de tal manera que cubrieron el procesamiento individual de unidades de 500 km × 500 km de dimensión.
- La disminución del bosque debería ser igual al aumento de la deforestación, lo cual no es así, ya que se tiene una diferencia de 0,16 ha, lo que curiosamente equivale al aumento en la cobertura agua en el periodo 2007 - 2010.
- La identificación de las zonas y causas de la deforestación del mapa JAXA es consecuente los estudios del Fondo Mundial para la Naturaleza - WWF y reportes de explotación minera del departamento del Chocó.
- La clasificación de coberturas del mapa de la agencia espacial JAXA es muy general, solo discriminan cuatro tipos de coberturas (agua, cobertura forestal, deforestación y sin información), lo que no es consecuente con la realidad; dentro de lo identificado como forestal se están incluyendo otros tipos de coberturas como cultivos, parcelas, vegetación herbácea, etc.
- La clasificación general del mapa JAXA, puede deberse al insumo utilizado para generarlo, dicho insumo son de imágenes de radar ALOS PALSAR HH y HV; las cuales no están diseñadas para realizar clasificaciones de coberturas del suelo, ha esto se suma la necesidad de conocer la zona de estudio para elaborar una clasificación precisa.

7. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Fondo Mundial para la Naturaleza – WWF, (19-08-2015), ¿Qué va a pasar con los bosques de Colombia durante el posconflicto?, [Web en línea]. Recuperado de:<http://www.wwf.org.co/?251071/Que-va-a-pasar-con-los-bosques-de-Colombia-durante-el-posconflicto>, [Consulta: 23-08-2015]
- [2] Fondo Mundial para la Naturaleza – WWF, (30-04-2015), Estos son los lugares más amenazados por la deforestación en el mundo [Web en línea], Recuperado de:<http://www.wwf.org.co/?245790/estos-son-los-lugares-ms-amenazados-por-la-deforestacin-en-el-mundo><http://www.wwf.org.co/?245790/estos-son-los-lugares-ms-amenazados-por-la-deforestacin-en-el-mundo>[Consulta: 23-08-2015]
- [3] Fondo Mundial para la Naturaleza – WWF, Living Forests Report: Chapter 5 - Saving Forests At Risk, (19-08-2015), [Web en línea], Recuperado de: http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/living_forests_report_chapter_5_saving_forests_at_risk.pdf, [Consulta: 21-08-2015]
- [4] Fondo Mundial para la Naturaleza – WWF, (12-06-2008), Antes de 2020 la tasa de deforestación se reducirá a cero, [Web en línea], Recuperado de: http://www.wwf.org.co/sala_redaccion/noticias/?136941/antes-de-2020-la-tasa-de-deforestacion-se-reducira-a-cero, [Consulta: 20-08-2015]
- [5] Fondo Mundial para la Naturaleza – WWF, (30-04-2015), Estos son los lugares más amenazados por la deforestación en el mundo, [Web en línea], Recuperado de: <http://www.wwf.org.co/?245790/estos-son-los-lugares-ms-amenazados-por-la-deforestacin-en-el-mundo>, [Consulta: 22-08-2015]
- [6] Shimada, M., et al., New global forest/non-forest maps from ALOS PALSAR data (2007–2010), Remote Sensing of Environment (2014), <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2014.04.014>, [Consulta: 12-09-2015]
- [7] New Global Forest/Non-Forest Maps from ALOS PALSAR data (2007-2010), New global 25m-resolution PALSAR mosaic and forest/non-forest map, 25m-resolution Original Data, [Web en línea]. http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/palsar_fnf/data/index.htm, [Consulta: 09-08-2015]
- [8] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. Hoja metodológica del indicador Tasa anual de deforestación (Versión 1,00). Sistema de Indicadores Ambientales de Colombia - Indicadores de Coberturas naturales de la tierra. Colombia (2012) 8p.