



**CORRELACIÓN ENTRE DEFORESTACIÓN DEPARTAMENTAL Y
OCURRENCIA DE EVENTOS DE INUNDACIÓN SEQUÍA Y DESLIZAMIENTO
EN COLOMBIA**

**CORRELATION BETWEEN DEPARTAMENTAL DEFORESTATION AND
OCCURRENCE OF FLOOD, DROUGHT AND LANDSLIDE EVENTS IN
COLOMBIA**

FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS

PROGRAMA DE BIOLOGIA APLICADA

Autor:

Jenny Andrea Acosta

Director: Rodrigo Suárez Castaño

Codirector: Francisco Sánchez

2015

RESUMEN

La deforestación resulta en cambios en la provisión de servicios ecosistémicos a escala global, regional y local. Servicios como la captura y el almacenamiento de carbono, la regulación climática y la atenuación de riesgos naturales como inundaciones son solo algunos de ellos. En Colombia la relación entre deforestación y la ocurrencia de eventos de emergencia de origen hidrológico no ha sido estudiada a escala nacional y se propone que el porcentaje de deforestación tiene incidencia en la ocurrencia de eventos de emergencia relacionados con inundaciones, deslizamientos y sequías. Usando información de deforestación a nivel departamental y datos de eventos de emergencia de inundación, deslizamiento y sequía, se realizó un análisis espacial mediante un sistema de información geográfico y análisis de correlación entre el porcentaje de deforestación y la frecuencia de eventos de emergencia en tres periodos en el tiempo 2000-2005, 2005-2010 y 2010-2012. Los departamentos con mayor porcentaje de deforestación presentan alta frecuencia de eventos de origen hidrológico, principalmente aquellos ubicados en la zona Andina y Caribe. Las variables de inundación y sequía presentaron una correlación positiva y significativa para el periodo de tiempo 2000 -2005 y de manera similar, para el periodo de tiempo 2005 -2010 las variables inundación, deslizamiento y sequía obtuvieron correlación positiva y significativa. En el caso contrario, para el periodo de tiempo 2010-2012 no se encontró ninguna correlación. En conclusión la pérdida de los bosques en el país puede estar reduciendo la prestación de importantes servicios ecosistémicos asociados a la regulación de inundaciones y sequías.

Palabras clave: Eventos de emergencia, servicios ecosistémicos, variabilidad climática.

ABSTRACT

The impacts associated with deforestation include changes in ecosystem services at the global, regional and local levels. Capture and storage of carbon, climate regulation and

mitigation of natural hazards, such as floods, are just some of the services that have been affected by deforestation. In Colombia the correlation between deforestation and the occurrence of emergency events originated by hydroclimatic conditions has not been studied at national level and therefore, this study address the relationship between the rate of deforestation and the occurrence of emergency events related to floods, landslides and droughts. Using information of deforestation at the departmental level and emergency event data, regarding floods, landslide, drought, a spatial analysis was executed by making use of a geographic information system. On the other hand, statistical analysis was performed in order to find a correlation between the percentage of deforestation and occurrence events frequency for three periods of time 2000-2005, 2005-2010 and 2010-2012. The results show that departments with the highest rate of deforestation have high frequency of hydroclimatological events, mainly those located in the Andean and Caribbean regions. On the other hand, the variables: flooding and drought had a significant positive correlation for the period 2000 -2005. Similarly, for the period 2005 -2010 variables: flooding, landslides and drought had positive and significant correlation. On the contrary, for the period 2010-2012 no correlation was found.

Key words: climate variability, ecosystem services, emergency events.

INTRODUCCIÓN

El rápido crecimiento de la población humana, las altas tasas de consumo de recursos y el cambio del uso del suelo, han sido históricamente factores responsables de la transformación de ecosistemas naturales en el mundo, especialmente en trópicos y subtrópicos (FAO, 1997; World Resources Institute, 2001). Según Vitousek (1994), la transformación del uso del suelo, el incremento del dióxido de carbono (CO₂) y la alteración del ciclo global de nitrógeno ha causado un “Cambio ambiental global”. Este cambio ocurre por la interacción de componentes o fenómenos que alteran la estructura y la función del sistema terrestre y de los sistemas ecológicos en su interior, tales como el cambio climático y la pérdida de biodiversidad. Asociado al cambio del uso del suelo en los trópicos se destaca la

deforestación, es decir, la conversión del uso del suelo a un uso alternativo no forestal (Van Kooten y Bulte, 2000).

Entre los usos alternativos se encuentran prácticas agrícolas, ganaderas o de desarrollo urbano, todos estos asociados a la rápida expansión de la población humana (Etter et al., 2008). Actualmente cerca del 30% de la superficie del planeta, es decir aproximadamente 3.9 billones de hectáreas corresponden a bosque. Sin embargo, se estima que la cubierta original de bosques era de aproximadamente seis billones de hectáreas (Bryant et al., 1997).

La tasa de deforestación de bosques tropicales aumenta de una forma acelerada (Myers, 2000). Cerca del 15% de los bosques del mundo entre 1850 y 1980 se convirtieron a usos alternativos (Rowe et al., 1992). A partir de 1980 y hasta 1990 la tasa de deforestación se produjo a un ritmo de 9.2 millones de hectáreas por año, pasando a 16 millones entre los años 1990 a 2000 y reduciendo a 13 millones entre 2000 a 2010. En la última década, Sur América ha sufrido en el planeta la mayor pérdida neta de bosques con cerca de 4 millones de ha/año, seguido de África con 3.4 millones ha/año (Chakravarty et al, 2011). Durante el periodo 1990 a 2000 la pérdida de cobertura de bosque en Colombia fue de 3.227.570 ha y el periodo 2000 - 2005 fue de 1.366.671 ha (IDEAM, 2010).

Colombia originalmente estaba conformada por alrededor del 80% de bosques, 18% de sabanas y otras formaciones abiertas, y 2 % de páramos; hoy en día Colombia cuenta aproximadamente el 52% bosques, 12.5% sabanas y 1.1% páramos y 34% tierras agrícolas y ganaderas (Etter et al, 2008). El bosque andino, considerado como uno de los menos conocidos, más amenazados y más ricos en biodiversidad del país y del mundo, le resta el 20% de su cobertura original; y aún más crítico es el bosque seco tropical, al cual sólo le resta el 5% de su cobertura original (Henderson et al, 1991; Carrizosa-U, 1990 & Cavelier et al. 2001).

Durante los últimos cincuenta años los cambios en el uso del suelo y específicamente la transformación de ecosistemas tropicales, causados por procesos de deforestación y

expansión de la frontera agrícola han ocasionado impactos de considerable magnitud en la biodiversidad y en la prestación de servicios ecosistémicos (Upadhyay et al., 2006). Entre la pérdida de servicios ocasionada por el cambio de cobertura forestal y el estado degradado de muchos suelos se encuentran: incrementos de la escorrentía, aumento del flujo superficial del agua, disminución de la capacidad de amortiguar impactos tales como deslizamientos, sequías e inundaciones (Hamilton et al., 1987). Investigaciones en diferentes áreas geográficas han demostrado que el cambio de uso del suelo a escala regional contribuye en la alteración de patrones de precipitación y temperatura (Pielke et al. 1999). Estudios en América (Hewlett y Helvey, 1970); Sur África (Hewlett y Bosch, 1984); Reino Unido (Johnson, 1995); Nueva Zelanda (Taylor y Pearce, 1982); y Asia (Ives y Messerli, 1989; Hofer, 1998; Ives, 2004) indican que el cambio de uso del suelo puede afectar los eventos de inundación. Según Bradshaw et al. (2007) existe una correlación positiva entre la deforestación y las inundaciones a una escala global, en donde la pérdida de bosques puede aumentar la frecuencia de desastres relacionados con inundaciones.

Además, la remoción de parte del bosque durante los procesos de deforestación disminuye la capacidad de contención del agua, creando un microclima más seco (Bruijnzeel, 2004). El recurso hídrico afectado por este proceso, involucra la pérdida de servicios ecosistémicos asociados al agua para consumo, pesca, mantenimiento de hábitats acuáticos y control tanto de sequías como de inundaciones (Bruijnzeel et al., 2005). Particularmente, en zonas de bosque seco se ha convertido en un problema cada vez más grave, aumentando los casos de desertificación (Barber et al. 1994).

La deforestación también ha sido reconocida a nivel global como uno de los factores más influyentes en la ocurrencia de deslizamientos (Glade, 2003). Varios autores destacan el vínculo entre los impactos causados por la deforestación y la ocurrencia de deslizamientos. Casos en Alemania (Grunert y Hardenbicker, 1997), Escocia (Innes, 1997), Gran Bretaña (Ibsen y Brunsden, 1997) e Italia (Rodolfi, 1997) son sólo algunos de ellos. La deforestación favorece la infiltración del agua por escorrentía, minimizando el transporte de suelo por erosión, facilitando la formación de niveles freáticos altos y por ende aumentando el riesgo

de deslizamientos (Suarez, 1994). En Colombia, se ha reconocido a través de estudios de campo que la ocurrencia de deslizamientos es mayor en áreas cultivadas que áreas cubiertas con bosques naturales (Suarez, 1994).

El territorio colombiano se caracteriza por una amplia diversidad de paisajes, determinados por su ubicación geográfica y por las características fisiográficas y climáticas de un país con tres cordilleras y seis regiones naturales (Duque, 2007). Esta situación, junto con las diversas formas de ocupación del territorio, conlleva a que el país sea vulnerable a diferentes amenazas naturales, entre ellas de origen hidrológico (IDEAM, 2010). En efecto, las inundaciones en Colombia representan cerca del 53% de las emergencias, seguido de deslizamientos con el 20% (UNGRD, 2012) y tan sólo en el año 2011 el costo de esos impactos fue de 11.2 billones de pesos, es decir el 2.2% del PIB de este mismo año (CEPAL, 2012). Hasta el momento no se ha realizado una correlación entre la deforestación y la frecuencia de eventos de origen hidrológico a una escala nacional. Por lo anterior resulta importante establecer un análisis entre diferentes variables relacionadas con la evaluación de las amenazas y/o eventos de riesgo con el fin de facilitar los criterios para la planeación de regiones vulnerables en el país. Por este motivo en el objetivo de este trabajo buscamos contestar las siguientes preguntas: ¿Existe relación entre la deforestación departamental y la ocurrencia de deslizamientos, inundaciones y sequías entre los años 2000-2005, 2005-2010 y 2010-2012? ¿Son los departamentos con mayor porcentaje de deforestación los que mayor incidencia de eventos tienen?

MATERIALES Y MÉTODOS

Datos de deforestación

Para el presente estudio fueron usados los datos publicados en el informe de Cabrera et al. (2011) sobre la deforestación a nivel nacional. Se tuvo en cuenta los datos de deforestación histórica nacional a escala fina, obtenidos a través del uso de imágenes de sensores remotos aplicables a estudios de mapeo de coberturas de la tierra. En el informe, las imágenes fueron obtenidas del programa Landsat (sensores TM y ETM+) y fueron seleccionadas como el

insumo de teledetección para la generación de la información. Asimismo, se usó el cambio de cobertura boscosa departamental en tres momentos en el tiempo, es decir los años 2000, 2005 y 2010. El conjunto de imágenes procesadas para la obtención del porcentaje de deforestación cubre el 100% del territorio continental colombiano. Debido al tamaño de los territorios insulares y en relación con la escala de trabajo no se realizó el seguimiento de bosques en estas áreas. Los datos del informe corresponden a hectáreas totales por departamento en cada año de referencia 2000, 2005, 2010 y un informe adicional por parte del IDEAM producido para 2012, para obtener el porcentaje se calculó el área final respecto a la inicial en cada uno de los momentos en el tiempo.

Datos de eventos de inundación, sequía y deslizamiento

Para la evaluación de eventos de sequía, inundación y deslizamiento fue usada la base de datos de eventos de riesgo del Reporte de Emergencias del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres disponible al público en la página de la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo (UNGRD, 2014). Para efectos de este estudio, se tuvo en cuenta la frecuencia de eventos de emergencia de cada uno de estos tres eventos desde el año 2000 hasta el 2012 y dicha información se agrupó por departamento. Tanto para el análisis espacial como de correlación se tuvo en cuenta la frecuencia de eventos de emergencia en los mismos periodos de referencia de la deforestación, i.e., 2000, 2005, 2010 y 2012. De acuerdo a la Ley 1523 de 2012, Artículo 4. Definición 9, una emergencia es “una situación caracterizada por la alteración o interrupción intensa y grave de las condiciones normales de funcionamiento u operación de una comunidad, causada por un evento adverso o por la inminencia del mismo, que obliga a una reacción inmediata y que requiere la respuesta de las instituciones del Estado, los medios de comunicación y de la comunidad en general” (Ley 1523, 2012).

Análisis espacial

Se realizó un análisis de la ocurrencia de eventos de emergencia de inundación, deslizamiento y sequía a través de la agrupación de eventos del nivel departamental tanto para deforestación como para los eventos de emergencia. Esto con el fin de hacer una interpretación espacial de los datos en forma de mapas. Se generaron mapas temáticos con la información de estas variables para cada uno de los periodos de tiempo, i.e., 2000 – 2005, 2005-2010 y 2010-2012. Para el análisis se usó el programa ArcGIS V. 10.2. Se obtuvieron un total de 3 mapas para deforestación departamental y 9 mapas para los eventos de emergencia. Para la elaboración de los mapas temáticos se usó como base un mapa de la división político administrativa de Colombia (IGAC, 2010).

Para la visualización de los mapas se asignaron rangos para la ocurrencia de eventos y para el porcentaje de deforestación en cada periodo de tiempo, A cada rango se le asignó un color con el fin de establecer una escala y facilitar la visualización. Con el porcentaje de deforestación se realizó el mismo proceso a nivel departamental.

Análisis de correlación

Con el fin de complementar el análisis espacial, se realizaron correlaciones no paramétricas (Sokal y Rohlf, 1980) con el fin de identificar posibles asociaciones entre el porcentaje de deforestación y la frecuencia de eventos de inundación, sequía y deslizamientos a nivel departamental en los periodos de referencia 2000-2005, 2005-2010 y 2010-2012.

RESULTADOS

En total se registraron 15.554 eventos de emergencias departamentales registrados para inundaciones, deslizamientos y sequías en los tres periodos de referencia y un total de 93 datos de porcentajes de deforestación para los mismos tres periodos. En el periodo 2000-2005 registramos un total de 1859 inundaciones, 559 deslizamientos y 54 eventos de sequía. Para el periodo 2005 – 2010 registramos 6339 inundaciones, 1524 deslizamientos y 162 eventos de sequía. Para el periodo 2010 -2012 registramos 3100 inundaciones, 1807 deslizamientos y 150 eventos de sequía. En los tres periodos los eventos de emergencia asociados a inundaciones representan el mayor número, seguidos de deslizamientos y sequías

respectivamente. A continuación presentamos los resultados del análisis espacial seguido de la gráfica correspondiente al análisis de correlación no paramétrica para cada evento en cada periodo de tiempo.

El porcentaje de deforestación departamental en cada uno de los periodos de tiempo presentó características diferenciales. El departamento con máximo porcentaje de deforestación obtenido en el periodo de 2000 – 2005 y 2005 -2010 fue Atlántico con un 44.07% y 36.38% respectivamente, seguido de Sucre con un 36.33% y 23.04% respectivamente. Departamentos como Cundinamarca, Guajira y Magdalena presentaron en el primer periodo de tiempo evaluado más del 10% de deforestación.

Para el periodo de tiempo 2010 – 2012 los porcentajes obtenidos en todos los departamentos no superaron el 1%. Los departamentos con mayor porcentaje fueron con 0.7% Putumayo y Santander seguidos con un 0.6% Norte de Santander, Guaviare y Caquetá (Figura 1).

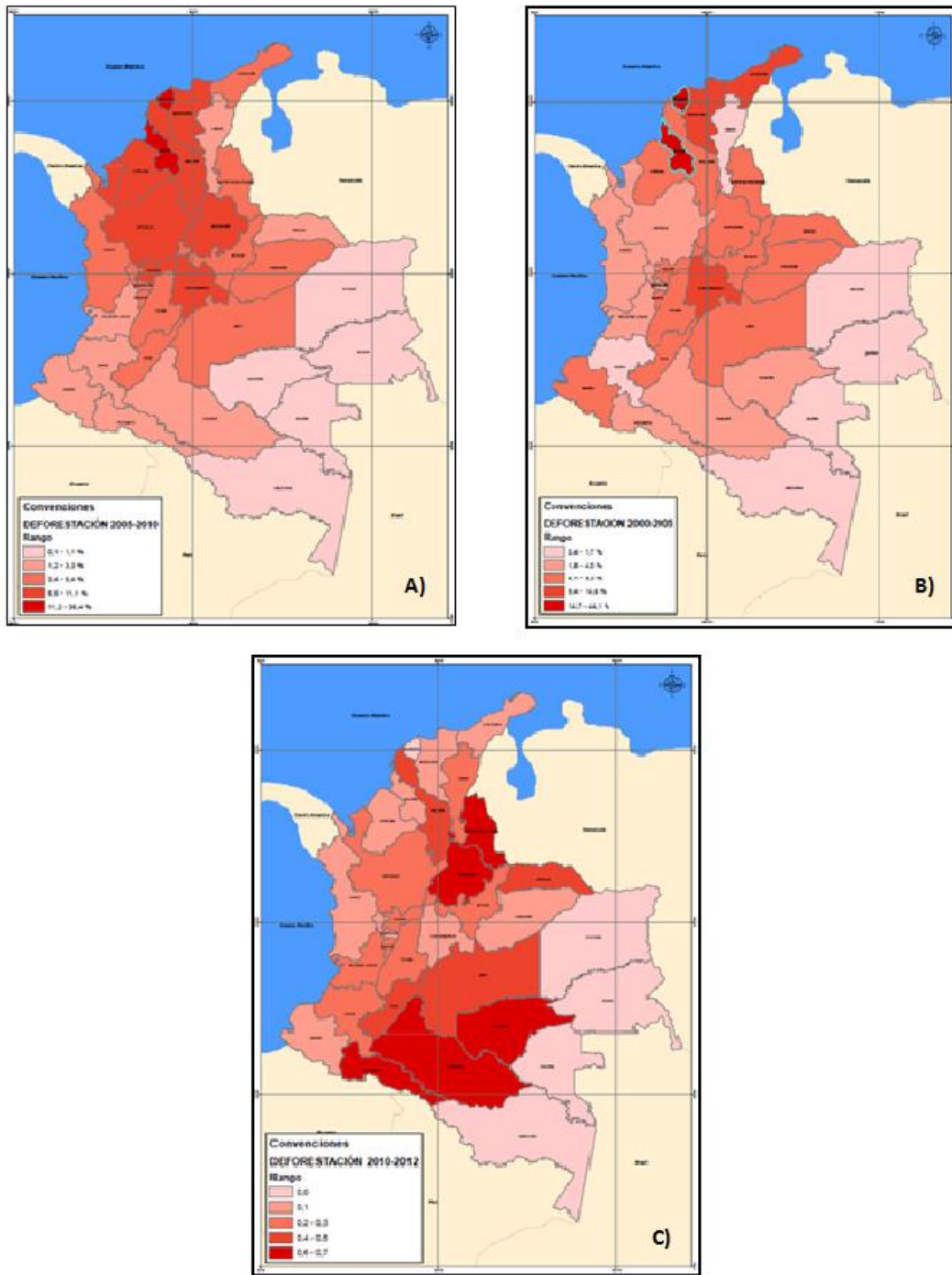


Fig. 1 Mapa de deforestación (%) departamental en Colombia entre los periodos: **A.** 2000-2005 **B.** 2005 – 2010 **C.**2010-2012.

En cuanto a los eventos de emergencia asociados a inundación, los departamentos con mayor incidencia de eventos entre el periodo 2000-2005 (Figura 2.A) estuvieron ubicados en las regiones Andina y Caribe, teniendo prominencia departamentos como Antioquia, Córdoba, Bolívar, Magdalena, , Norte de Santander y Santander con más de 100 registros. Sin embargo, aquellos departamentos que coincidieron espacialmente con el mayor porcentaje de deforestación y mayor número de eventos de inundación fueron Magdalena, Bolívar, Santander y Sucre. La correlación entre deforestación e inundaciones fue positiva y significativa (Figura 3A).

Para el período de tiempo 2005-2010 (Figura 2.B), en el cual se presentó un aumento generalizado de los eventos asociados a inundación, los departamentos con mayor número fueron Antioquia, Atlántico, Valle del Cauca, Santander, Cundinamarca y Bolívar. Aquellos departamentos que coincidieron con el mayor porcentaje de deforestación y mayor número de eventos de inundación para este periodo de tiempo fueron Bolívar, Córdoba, Cundinamarca, Santander, Antioquia, Atlántico, Sucre y Magdalena. El análisis de correlación de deforestación e inundaciones fue positivo con una alta significancia (Figura 3B).

Los departamentos con mayor número de eventos para el último periodo de tiempo, 2010–2012, fueron Cundinamarca, Valle del Cauca y Antioquia. Los departamentos que coincidieron con valores altos de eventos de inundación y porcentaje de deforestación (Figura 2. C) fueron Norte de Santander, Santander seguido de Bolívar, Boyacá, Huila, Valle del Cauca y Antioquia. El análisis de correlación entre deforestación y inundaciones fue positivo, pero no fue significativo (Figura 3C).

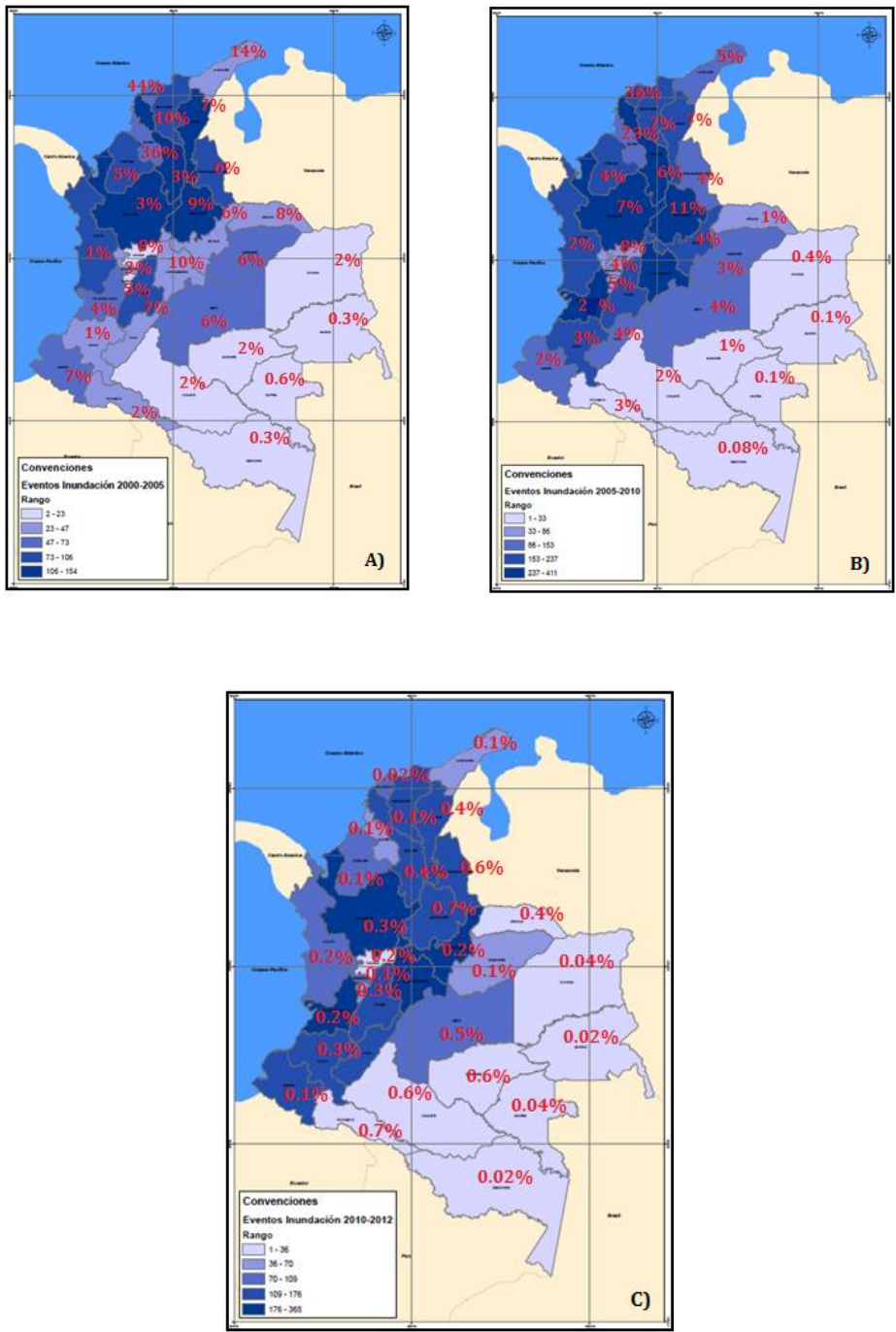


Fig. 2 Mapa departamental de Colombia. Se indica la frecuencia de eventos de inundación a nivel departamental entre el periodo de tiempo **A.** 2000-2005 **B.** 2005 – 2010 **C.**2010-2012.

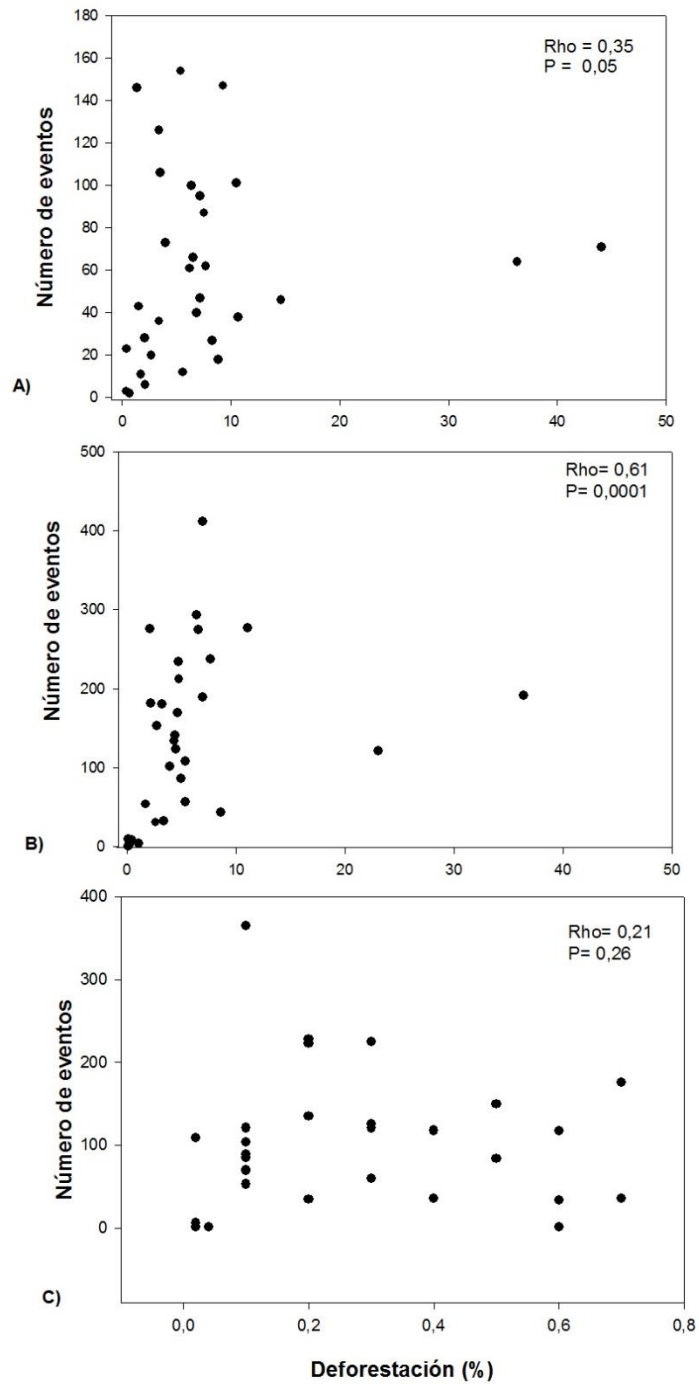


Fig. 3 Relación entre la frecuencia de eventos de inundación y el porcentaje de deforestación en los períodos: **A.** 2000-2005 **B.** 2005 – 2010 **C.** 2010-2012. Se presenta coeficiente de correlación de Spearman y su correspondiente valor de p. (Nótese la diferencia en las escalas de las gráficas).

En cuanto a los eventos de emergencia asociados a deslizamiento el departamento con mayor incidencia de eventos entre el periodo 2000-2005 fueron Antioquia con cerca de sesenta y nueve eventos (Figura 4.A). Sin embargo. Espacialmente no hubo mayor coincidencia con el porcentaje de deforestación y el número de eventos de deslizamiento. El análisis de correlación entre deforestación y deslizamiento fue positiva y no significativa (Figura 5A).

Para el periodo de tiempo 2005 -2010 (Figura. 4B), los departamentos con mayor número de deslizamientos fueron Antioquia y Nariño. Aquellos departamentos que coincidieron con el mayor porcentaje de deforestación y mayor número de eventos de deslizamiento para este periodo de tiempo fueron Antioquia, seguido de Caldas, Cundinamarca y Santander. El análisis de correlación entre deforestación y deslizamientos fue positiva y no significativa (Figura 5B).

En el último periodo de tiempo analizado 2010 – 2012 el departamento con mayor número de eventos de deslizamiento fue Nariño. Los departamentos donde coincidieron valores altos de eventos de deslizamiento y porcentaje de deforestación (Figura. 4C) fueron Santander seguido de Huila. El análisis de correlación entre deforestación y deslizamientos fue positiva, pero no fue significativa (Figura 5C).

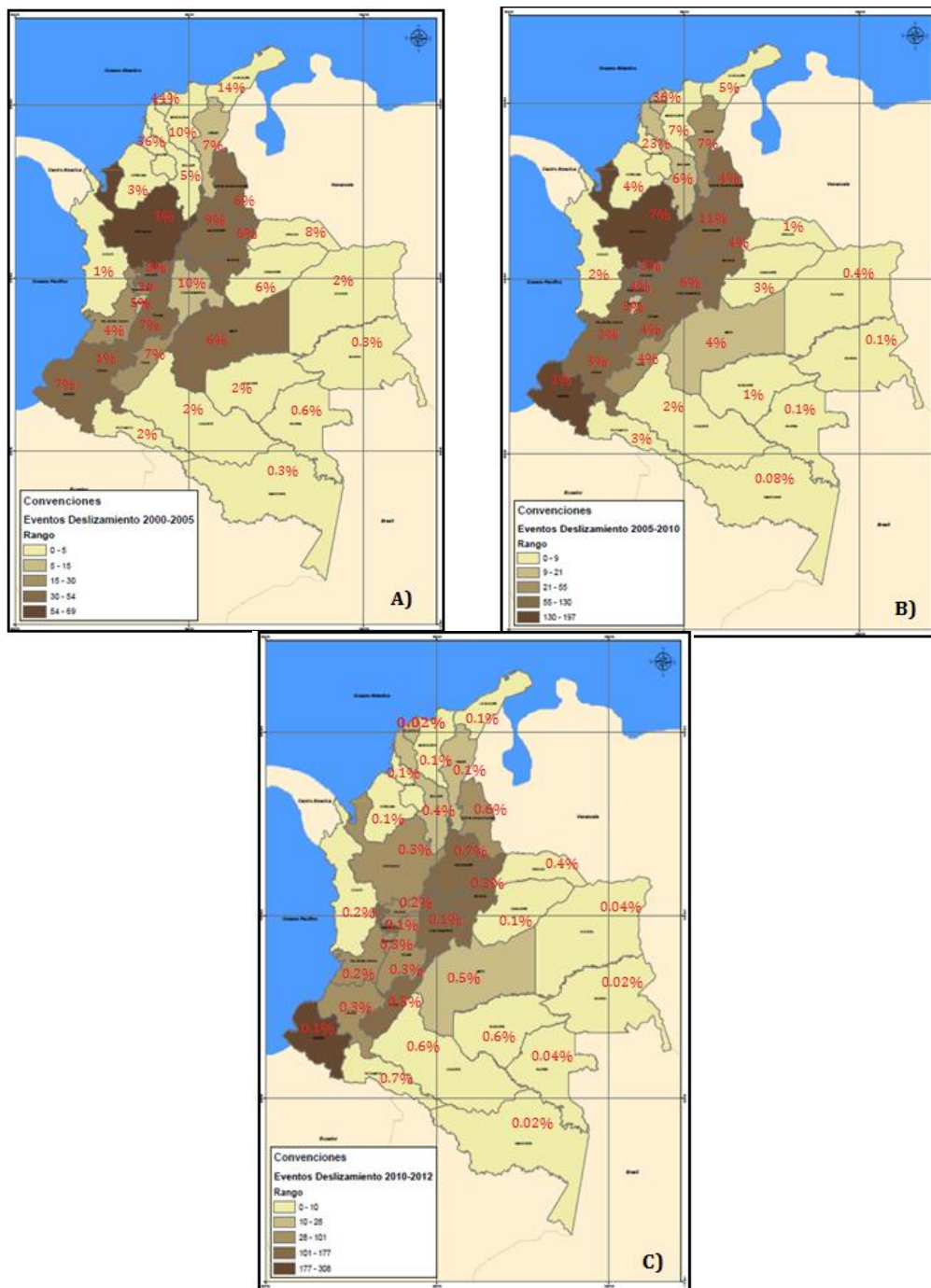


Fig. 4 Mapa departamental de Colombia. Se indica la frecuencia de eventos de deslizamiento a nivel departamental en el periodo de tiempo **A.** 2000-2005 **B.** 2005 – 2010 **C.**2010-2012.

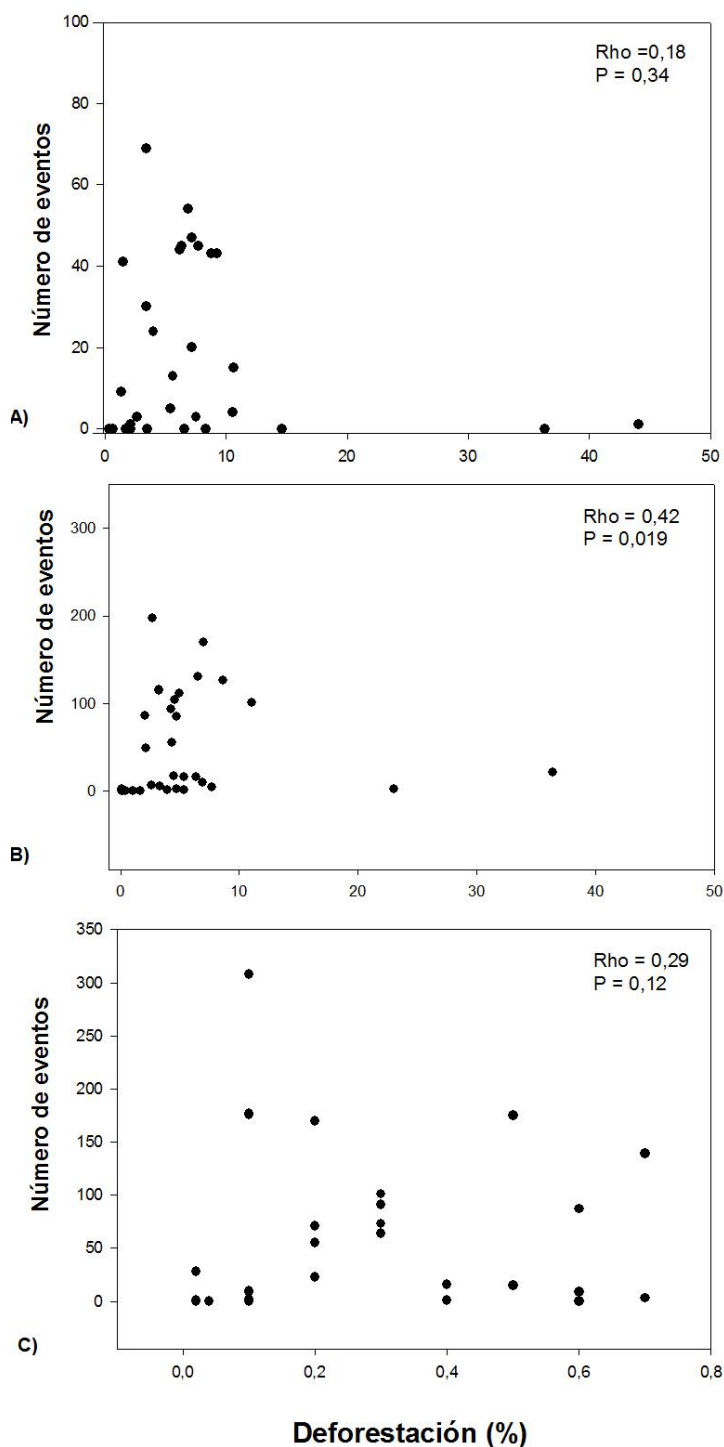


Fig. 5 Relación entre la frecuencia de eventos de deslizamiento y el porcentaje de deforestación en el periodo **A.** 2000-2005 **B.** 2005 – 2010 **C.**2010-2012. Se presenta coeficiente de correlación de Spearman y su correspondiente valor de p. (Nótese la diferencia en las escalas de las gráficas).

En cuanto a los eventos de emergencia asociados a sequía, el departamento con mayor incidencia de eventos entre el periodo 2000-2005 fue Boyacá (Figura 6A). Sin embargo, espacialmente no hubo mayor coincidencia con el porcentaje de deforestación y el número de eventos de sequía. La correlación entre deforestación y sequia fue positiva pero no significativa (Figura 7A).

Para el periodo de tiempo 2005 -2010 (Figura. 6B), el departamento con mayor número de eventos de sequía fue Boyacá. Espacialmente hubo coincidencia con el alto porcentaje de deforestación y alto número de eventos de sequía en departamentos como Bolívar y Cundinamarca. La correlación entre deforestación y sequia fue positiva con una alta significancia (Figura 7B).

En el último periodo de tiempo analizado 2010 – 2012 los departamentos con mayor número de eventos de sequía fueron Boyacá y Cundinamarca. Los departamentos que coincidieron con valores altos de eventos de sequía y porcentaje de deforestación (Figura. 6C) fueron Bolívar y Boyacá. El análisis de correlación entre deforestación y sequía fue positivo pero no significativo (Figura 7C).

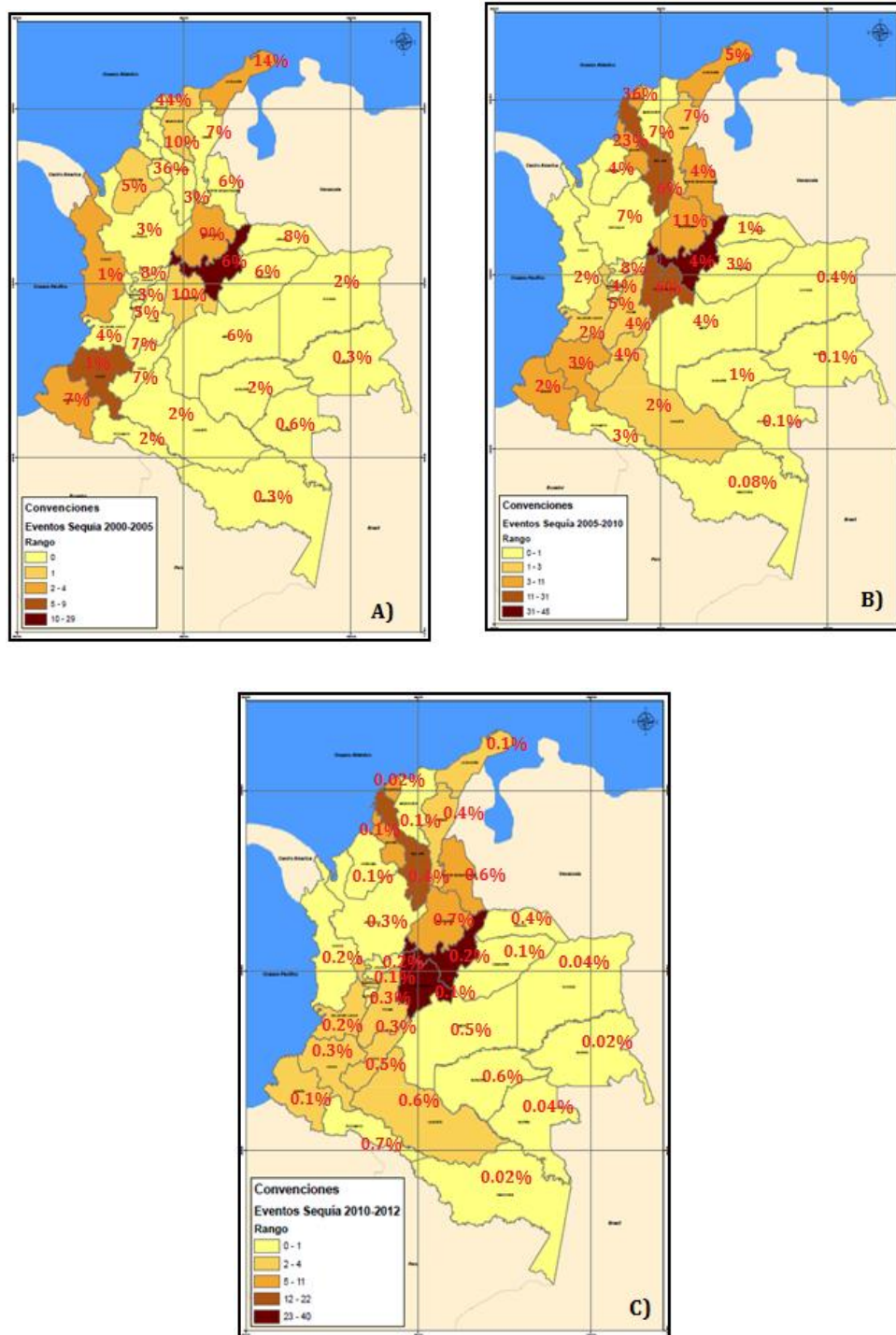


Fig. 6 Mapa departamental de Colombia. Se indica la frecuencia de eventos de sequía a nivel departamental en el periodo de tiempo **A.** 2000-2005 **B.** 2005 – 2010 **C.** 2010-2012.

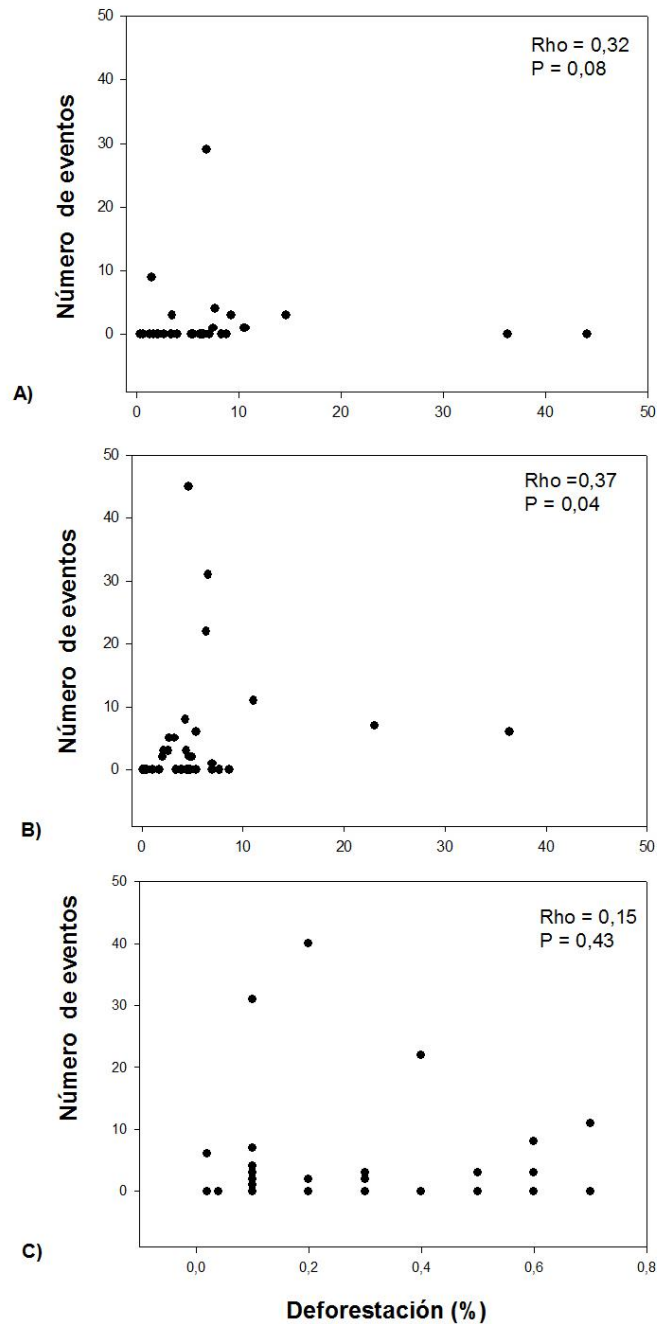


Fig. 7 Grafica de dispersión entre la frecuencia de eventos de sequía y el porcentaje de deforestación en el periodo **A.** 2000-2005 **B.** 2005 – 2010 **C.**2010-2012. . Se presenta coeficiente de correlación de Spearman y su correspondiente valor de p. (Nótese la diferencia en las escalas entre las gráficas).

DISCUSIÓN

Los bosques proveen servicios directos como madera, frutos, papel y medicinas, entre otros, e indirectos como la captura y almacenamiento de carbono, la regulación climática, purificación hídrica, regulación de riesgos naturales asociados a inundaciones y sequías, entre otros (García, 2012). La reducción de cobertura de bosques, su uso no sostenible y su degradación son factores que pueden reducir la capacidad de prestar dichos servicios.

Los porcentajes de deforestación obtenidos a nivel departamental no son uniformes en todo el territorio nacional, ni en los periodos de tiempo evaluados. Antonissen (2010) menciona que los procesos de deforestación pueden estar asociados a la generación de políticas que estimulan actividades relacionadas con el desarrollo a costa de áreas de bosque, además de conflictos relacionados con la seguridad en la tenencia de la tierra. Los resultados muestran que los departamentos más afectados se encuentran ubicados en el norte de los Andes, la región Caribe y la Amazonía, lo que es consistente con el estudio de González et al (2011). Todos los departamentos tienden a la reducción en la deforestación en el tiempo, sin embargo departamentos de la región amazonia deberían ser objeto de atención ya que es evidente un desplazamiento de los focos de deforestación hacia departamentos como Putumayo y Caquetá en el periodo de tiempo 2010-2012.

Los departamentos con mayores porcentajes de deforestación en los periodos de tiempo 2000 – 2005 y 2005 -2010 fueron Atlántico y Sucre, ambos de la región Caribe. De acuerdo al IGAC (2002) en el periodo de tiempo 2000 – 2005 la región caribe sufrió procesos de conversión de suelos a pastos utilizados en actividades ganaderas. De acuerdo a estudios de Grau y Aide (2008), la ganadería extensiva ha representado el 60% de la deforestación en todo el país. Sumado a la problemática de ganadería extensiva, otras causas de deforestación a tener en cuenta son: Propagación de cultivos ilícitos, tala ilegal, minería e infraestructura, incendios forestales y la presión ejercida por el crecimiento poblacional. En los últimos años se ha presentado un descenso en el crecimiento del PIB agropecuario y esto se puede correlacionar con las reducciones parciales de deforestación en la región Caribe desde 2000,

que pasó de un 44 % a un 36% y finalmente en el periodo más corto entre 2010 y 2012 bajo a 0.02%.

Otra causa de deforestación en Colombia es la tala ilegal, la cual comprende acciones de extracción, transporte, compra y/o venta de madera infringiendo las leyes nacionales (FAO, 2006). Se estima, de acuerdo a estudios del Banco Mundial (2006) que aproximadamente el 42% de la producción de madera en Colombia proviene de la tala ilegal y particularmente en el departamento de Choco la actividad es controlada por grupos armados. Por su parte la minería se ha convertido en foco de inversión nacional e internacional. Este panorama ha hecho que las actividades tanto de exploración como de explotación en zonas de importancia forestal esté en aumento, incluida la explotación ilegal (García, 2012).

Los incendios forestales también son una causa recurrente de la pérdida de bosques. Entre el año 2000 y 2010 aproximadamente 8.857 hectáreas de bosque fueron afectadas por incendios en el país. La región Orinoquia, Andina y Caribe, son las más susceptibles a este tipo de eventos que en su mayoría son para la ampliación de la frontera agrícola o son accidentales (García, 2012).

El contexto histórico de ocupación y en general a las variables demográficas también incrementan la deforestación (Armenteras et al., 2013; Olivero-Verbel, 2011). Los resultados reflejados en los porcentajes de deforestación en todos los mapas, coinciden con el establecimiento de límites que no corresponden propiamente a fronteras políticas, sino más bien a procesos socioeconómicos (Wassenaar et al., 2007). Esto ha generado procesos de colonización sin planeación alguna y dirigidos sobre territorios ambientalmente frágiles (IGAC, 2002). Sin duda alguna, cada uno de los departamentos presenta condiciones particulares que determinan la deforestación, que en parte corresponden con su densidad poblacional, estructura económica y su relación con los usos potenciales del suelo.

De acuerdo a García (2012), la deforestación aumenta las condiciones de riesgo natural. En 2010, Colombia fue el tercer país con más pérdidas asociadas a eventos climáticos, producto

del análisis del “Global Climate Risk Index” (2012). La deforestación agrava la erosión y sedimentación de las cuencas reduciendo la capacidad de estas de sostener y regular los flujos de agua (Aylward, 2005). Cuencas como las del río Cauca y Magdalena son evidencia de esto, donde cerca del 32% de la deforestación del río Magdalena es ocasionada por actividades humanas y arrastra anualmente 160 toneladas de sedimentos por kilómetro cuadrado (Ardila et al., 2013). Esto convierte a la cuenca del Magdalena como la más deforestada de Sudamérica y la décima en el mundo (Restrepo, 2005). Esto probablemente es razón por la que departamentos como Antioquia, Atlántico y Sucre tengan niveles altos de eventos asociados a inundación.

Sin duda las condiciones inherentes a la formación de un evento de inundación, tales como la composición geológica, pendiente del terreno, permeabilidad del suelo, la intensidad y duración de la lluvia son complejas. Existe evidencia que la pérdida de bosques impone una vulnerabilidad adicional ante la ocurrencia de inundaciones (Clark, 1987; Bruijnzeel, 2004). Estos estudios resultan ser consistentes con la correlación positiva y significativa obtenida en el presente estudio para inundación en los periodos 2000-2005 y 2005-2010. Adicionalmente los resultados son consistentes con los estudios de Bradshaw et al (2007) donde existe una relación global entre la deforestación y el incremento de amenazas por inundación. En dicho estudio se presenta una correlación positiva y significativa donde la pérdida continúa de bosques puede aumentar o agravar el número de desastres relacionados con inundaciones y por ende el aumento del impacto negativo sobre la población.

El incremento de eventos observado en el periodo de tiempo 2005-2005 pueden ser relacionado con variabilidad climática que en su escala interanual presenta extremos asociados a dos fenómenos que aparecen en el pacífico: El Niño y La Niña (Pabón et al., 2006). Las fluctuaciones climáticas generadas por estos fenómenos modifican las condiciones de caudales, precipitación y evaporación, siendo positivas durante la Niña (fase fría) y negativas durante el Niño (fase cálida). En el periodo 2000-2005 tanto el fenómeno “El Niño” como el fenómeno “La Niña” se presentaron en una ocasión. En el periodo 2005

– 2010 El fenómeno “El Niño” se presentó en dos ocasiones y el fenómeno “La Niña” en una ocasión y finalmente el periodo 2010-2012 solo se presentó un fenómeno “La Niña”.

Colombia, y particularmente su zona Andina, es altamente vulnerable a los deslizamientos por la interacción de diferentes factores y su frecuencia se acentúa aún más en periodos invernales (Clifton, 1985). Los resultados tanto espaciales como de correlación no fueron evidencia contundente de que la deforestación magnifique la ocurrencia de eventos de deslizamiento. Sin embargo, vale la pena agregar que la deforestación suele incidir en la ocurrencia de un evento de este tipo, dado que existen evidencias que aumentan la susceptibilidad de suelos tropicales andinos (Duque, 2007). Adicionalmente se sabe que al agotamiento de la flora nativa le sigue el aumento de la erosión (Trustrum et al., 1990; Page and Trustrum, 1997) y a su vez los procesos de erosión juegan un papel predominante en la ocurrencia de deslizamientos (Crozier et al., 1992; Eden and Page, 1998). La correlación positiva y significativa de los deslizamientos en el periodo 2005 – 2010 puede deberse a procesos de intensificación en la precipitación y el papel de la deforestación podría orientarse a la reducción en la prestación de servicios ecosistémicos de regulación como la evapotranspiración, infiltración y resistencia producida por las raíces (Gray y Sotil, 1996; Wang y Sassa, 2003; Crosta y Frattini, 2008).

La pérdida de bosques afecta el suministro y disponibilidad de agua (García, 2012). En Colombia cerca del 21.5% del área continental del país corresponde a zonas áridas y subhúmedas. Sin embargo, de ese porcentaje un 78.9% de las zonas tienen algún nivel de desertificación y adicionalmente cerca del 45% del territorio nacional presenta problemas de erosión (MAVDT, 2004). Bajo un escenario de incremento en la demanda de recurso hídrico por crecimiento poblacional, cerca de un 84% de los municipios en el país presentaría amenaza entre media a muy alta de desabastecimiento de agua, del cual serían municipios que contienen el 67% de la población nacional (IDEAM, 2001). Esto anterior es consistente con los resultados pues los departamentos con mayor relación de porcentaje de deforestación y eventos de sequía como Boyacá, Bolívar y Cundinamarca pertenecen a la región andina y caribe, donde se concentra la mayoría de la población en Colombia. Además, con la

eliminación de parte del bosque, la capacidad de retención de agua de una zona particular se ve afectada creando como consecuencia un clima más seco, y una incapacidad de regulación hídrica en épocas de sequía debido a la compactación del suelo (Chakravarty et al, 2011). Los cambios en el uso de la tierra contribuyen a la modificación de los procesos biofísicos como el albedo, incidiendo en el microclima local y regional, y promoviendo procesos de desertificación, pérdida de nutrientes en el suelo y cambios en los procesos hidrológicos a nivel de cuenca (Foley et al., 2005; Charney, 1975).

Los departamentos que coincidieron con alto porcentaje de deforestación y alta frecuencia de eventos de inundación o sequía se ven reflejados en el Estudio de los Conflictos de Uso del Territorio Colombiano (IGAC 2012). Departamentos como Bolívar, Sucre, Atlántico, Norte de Santander, Santander, Cundinamarca, Boyacá, entre otros, hacen parte de los departamentos que padecen de algún conflicto en el uso de sus suelos, resultado de un uso inadecuado o la falta de prácticas que estimulen el aprovechamiento, ya sea por la sobreutilización o la subutilización del mismo (IGAC, 2012).

De los diez departamentos que más presentan conflictos de uso del suelo en el país, seis corresponden a departamentos de la región caribe. Sin embargo, los que encabezan la lista son, Norte de Santander y Sucre con cerca de un 78% de todo su territorio con suelos afectados por la falta de planeación en la determinación del mejor uso. Departamentos como Santander, Cundinamarca y Antioquia también comprenden una posición preocupante en cuanto a la sobreutilización del suelo (IGAC, 2012). La similitud en los departamentos priorizados por este estudio y los obtenidos en el documento del IGAC dejan entrever que muchos de los conflictos podrían estar relacionados con un uso inadecuado del suelo y bajo un aprovechamiento de áreas con cobertura forestal.

Finalmente una correlación positiva y significativa entre el porcentaje de deforestación departamental y la ocurrencia de eventos de inundación y sequía en Colombia permite ver que la cobertura forestal presta un importante servicio ecosistémico asociado a la regulación de eventos de riesgo natural. La cobertura boscosa permite que su estructura compleja sobre

el suelo impida que la precipitación incidente y el agua circundante corran a una velocidad menor sobre una superficie (Lieberman et al. 1996). Por otra parte los bosques tropicales contribuyen a la regulación de la erosión. Se ha encontrado que la cantidad de sedimentos arrastrados puede ser en un 100% mayor en zonas de cultivo que en bosque bajo las mismas condiciones de topografía, suelo y geología (Maass et al. 2005). Adicionalmente la cobertura forestal debido a procesos de evapotranspiración contribuye a la regulación de inundaciones. En Brasil la transformación de 3.5 millones de hectáreas de bosque a pasturas entre 1949 y 1998 llevó a un aumento del 24% en el caudal del río (Filoso et al. 2006).

La importancia de este conjunto de servicios de regulación del bosque se traduce en el valor que éste puede tener. Independientemente de su métrica, el servicio tiene un valor marginal que según Fisher et al. (2008) es función de los cambios en el flujo de dicho servicio. Este concepto es importante para este trabajo dado que los costos monetarios asociados a la prestación de los servicios de regulación de los bosques no son bien conocidos. Sin embargo, los costos que pagaríamos al evitar los impactos por la ocurrencia de un evento de emergencia serían menores si se promueve la conservación de zonas estratégicas, que si se opta únicamente por iniciativas de reforestación. Tan solo el último evento La Niña le costó al país 11,2 billones de pesos correspondientes al 2.2% del PIB de 2011 (Cepal, 2011). De acuerdo a estudios del BID (2010) invertir un dólar en gestión de riesgos previo a un desastre podría impedir pérdidas hasta por siete dólares.

Los bosques en Colombia han estado sujetos a formas alternativas de manejo, inherentes al desarrollo social y a otros factores que han determinado históricamente el acceso a recursos. Por tanto la recomendación de manejo departamental en torno a la cobertura forestal, debe comprender intervenciones a un nivel político administrativo, que permita mantener o recuperar los servicios ecosistémicos de regulación prestados por los bosques. En este sentido el fortalecimiento de la gobernanza en todos los niveles, sin duda será clave para establecer relaciones óptimas entre los factores sociales asociados a la deforestación. Adicionalmente será clave en la identificación de zonas que son importantes para la conservación y manejo

como cuencas, y la formulación de acciones prospectivas y no solamente reactivas en torno a la gestión del riesgo de desastres de origen hidrológico en el país.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por que ha puesto durante la realización de este trabajo su gracia, su sabiduría y su amor sobre mí. A mi familia por el apoyo, el patrocinio y la paciencia. A mi esposo por su amor y su apoyo en los momentos difíciles. Al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Dirección de Cambio Climático, en especial a mis compañeras Maritza Florian, Mariana Rojas y Carolina Cortes por la disposición de enseñarme todo el tiempo. A mi Director de tesis Rodrigo Suárez por su enseñanza constante, su liderazgo, su formación y su respaldo. A mi Codirector Francisco Sanchez por su apoyo incondicional y su excelencia. A Alfredo Fajardo por su disposición y apoyo constante en la realización de los mapas. A Camila Rodriguez, Katherine Ovalle y Diana Lugo por su apoyo y colaboración durante el proceso.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar A, Bedoya G. 2008. Informe de análisis inventario de pérdidas por desastres. Corporación OSSO. Cali. 69p
2. Ardila G, Andrade G, Benavides J, Carrizosa J, Garcia J, Rodriguez M, Rudas G y Ruiz J. 2013. Desarrollo económico y adaptación al cambio climático. Friedrich Ebert Stiftung en Colombia (Fescol). Bogotá. 220 p.
3. Antonnisen M. 2010. Requerimientos institucionales y legales de los países de América Latina para la implementación de un mecanismo de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (REDD+) (Versión preliminar). CEPAL, GTZ y Ministerio federal de cooperación económica y desarrollo. 50 p.
4. Aylward B. 2005. Land use, hydrological function and economic valuation. En: Forest, water and people in the humid tropics, eds. Bonell, M. and Bruijnzeel, L. A. Cambridge University Press, Cambridge United Kingdom. 16 p.
5. Armenteras D, Cabrera E, Rodríguez N y Retana J. 2013. National and regional determinants of tropical deforestation in Colombia. Environmental Change.
6. Banco Mundial. 2006. Fortalecimiento de la Gobernabilidad y Aplicación de la Legislación Forestal: Confrontando un Obstáculo Sistémico al Desarrollo Sostenible. Washington. 102 p.
7. Gutiérrez M y Espinoza T. 2010. Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático Diagnóstico inicial, avances, vacíos y potenciales líneas de acción en Mesoamérica. Banco Interamericano de Desarrollo, Nueva York, 84 p.

8. Bradshaw J, Navjot S, Kelvins S y Brook B. 2007. Global evidence that deforestation amplifies flood risk and severity in ten developing world. *Global Change Biology*. 13: 2379 – 2395.
9. Bryant D, Nielsen D y Tanglely L. 1997. *The last frontier forests- Ecosystems and Economies*. World Resources Institute, Washington, 54 p.
10. Barber N, Charles V, Johnson E. 1994. *Breaking the logjam: obstacles to forestry policy reform in Indonesia and the United States*. World Resource Institute, Washington 126p.
11. Bruijnzeel L. 2004. Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soils for the trees? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 104: 185-228.
12. Bruijnzeel L, Bonell M, Gilmour D y Lamb D. 2005. Forest, water and people in the humid tropics: an emerging view. En: *Forest, Water and People in the humid tropics*, eds. Bonell, M. and Bruijnzeel, L. A. Cambridge University Press, Cambridge United Kingdom. 16 p.
13. Carrizosa U. 1990. La selva andina. Págs 151-184 en: J. Carrizosa-U. & J.I. Hernández-Camacho (eds.), *Selva y Futuro*. El Sello Editorial, Bogotá. 23 p.
14. Cavelier J, Lizcaino y Pulido M. 2001. Colombia. Págs. 443-496 En: Kappelle M & Brown A. (eds.), *Bosques nublados del Neotrópico*. Instituto Nacional de Biodiversidad (INBIO), Santo Domingo de Heredia. 49 p.
15. Chakravarty S, Ghosh P, Suresh N, Gopal S. 2012. Deforestation: Causes, Effects and Control Strategies. *Global Perspectives on Sustainable Forest Management*. 1: 1 -26 p.
16. Charney J. 1975. Dynamics of deserts and drought in the Sahel. *Journal of the Real Meteorology Society*. 101:193-202

17. Clark C. 1987. Deforestation and floods. *Environmental Conservation*. 14: 67–69.
18. Clark W, Jager J, Corell R, Kasperson R, McCarthy J, Cash D, Cohen S, Desanker P, Dickson N, Epstein P, Guston D, Hall J, Jaeger C, Janetos A, Leary N, Levy M, Luers A, MacCracken M, Melillo J, Moss R, Nigg J, Parry M, Parson E, Ribot J, Schellnhuber H, Seielstad G, Shea E, Vogel C, Wilbanks T. 2000. *Assessing Vulnerability to Global Environmental Risks Report of the workshop on Vulnerability to Global Environmental Change: Challenges for Research, Assessment and Decision Making*, Warrenton, VA. Research and Assessment Systems for Sustainability Program Discussion Paper 2000–12, Cambridge. 12 p.
19. Clifton A, Yoshida T, Chursinoff W. 1985. Regina Beach town landslide. *Can Geotech* , 1:60-68,
20. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal). 2012. *Valoración de daños y pérdidas. Ola invernal en Colombia, 2010-2011*. Publicación de las Naciones Unidas. Bogotá: Misión BID - Cepal. 248p
21. Crosta G. y Frattini P. 2008. Rainfall-induced landslides and debris flows. *Hydrological Processes*, 22: 473-477.
22. Crozier M, Gage M, Pettinga J, Selby M, Wasson R. 1992. The stability of hillslopes. En: Soons J. Selby M. (Eds.) *Landforms of New Zealand*. Longman Paul, Auckland, pp. 63– 90.
23. Duque G. *Amenazas naturales en los Andes de Colombia*. 2007. Geografía del espacio rural colombiano. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá 29p.

24. Eden D y Page M. 1998. Palaeoclimatic implications of a storm erosion record from late Holocene lake sediments, North Islands, New Zealand. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 139: 37–58.

25. Etter A, McAlpine y Possingham H. 2008. A historical analysis of the spatial and temporal drivers of landscape change in Colombia since 1500. *Annals of the American Association of Geographers*. 98(1): 2-23.

26. FAO, OIMT. 2006. Las mejores prácticas para fomentar la observancia de la ley en el sector forestal. Estudio FAO Montes. Roma. 142p

27. FAO. 2010. Global Forest Resources Assessment 2010. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 58p.

28. FAO. 1997. State of the World's Forests 1997. FAO, Rome.

29. Filoso S, Martinelli L, Howarth R, Boyer E, Dentener F. 2006. Human activities changing the nitrogen cycle in Brazil. *Biogeochemistry* 79:61-89.

30. Fisher B, Turner K, Zylstra M, Brouwer R, De Groot R, Farber S, Ferraro P, Green R, Hadley D, Harlow J, Jefferiss P, Morling P, Mowatt S, Naidoo R, Paavola J, Strassburg B, Yu D y Balmford D. 2008. Ecosystem Services and Economic Theory: Integration for Policy-Relevant Research. *Ecological Applications*, 18 (8): 2050-2067.

31. Foley J; DeFries R. Asner G, Barford C, Bonan G, Carpenter S, Chapin F, Coe M, Daily G, Gibbs H, Helkowski J, Holloway T, Howard E, Kucharik J, Monfreda C, Patz J, Prentice I, Ramankutty N, Snyder P. 2005. Global consequences of landuse. *Science*, 309: 570–574

32. Garcia H. 2012. Deforestación en Colombia: Retos y perspectivas. FEDESARROLLO. 28p

33. Glade T. 2003. Landslide occurrence as a response to land use change: a review of evidence from New Zealand. *Catena* 51: 297 – 314
34. González J, Etter A, Sarmiento A, Orrego S, Ramírez C, Cabrera E, Vargas D, Galindo G, García M, Ordoñez F. 2011. Análisis de tendencias y patrones espaciales de deforestación en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. Bogotá D.C. Colombia. 64 p.
35. Grau H, y Aide M. 2008. Globalization and land-use transitions in Latin America. *Ecology and Society* 13(2): 16.
36. Gray D y Sotil R. 1996. Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization, a practical guide for erosion control. Jhon Wiley & Sons Inc, New York, 381 p.
37. Grunert J y Hardenbicker U. 1997. The frequency of landsliding in the north Rhine area and possible climatic implications. En: Matthews J, Brunnsden D, Frenzel B., Gläser, B, Weiß M. (Eds.), *Rapid Mass Movement as a Source of Climatic Evidence for the Holocene*. Palaeoclimate Research, Stuttgart, 444 p.
38. Hamilton L y Pearce A. 1987. What are the soil and water benefits of planting trees in developing country watersheds? En: *Sustainable Development of Natural Resources in the Third World*. Eds. Southgate, D, USA, 58 p.
39. Harmeling S. 2012. Global Climate Risk Index. German watch
40. Henderson A, Churchill S y Luteyn J. 1991. Neotropical plant diversity. *Nature*, 351: 21-22.
41. Hewlett J y Bosch J. 1984. The dependence of storm flows on rainfall intensity and vegetal cover in South Africa. *Journal of Hydrology*. 75: 365-381.

42. Hewlett J y Helvey J. 1970. Effects of forest clear felling on the storm hydrograph. *Water Resources Research* 6, No. 3: 768-782.
43. Hofer T. 1998. Do land use changes in the Himalayas affect downstream flooding? Traditional understanding and new evidences. *Memoir Geological Society of India* 19: 119-141.
44. Ibsen M y Brunsden, D. 1997. Mass movement and climatic variation on the south coast of Great Britain. En: Matthews J, Brunsden D, Frenzel B, Gläser B, Weiß M. (Eds.), *Rapid Mass Movement as a Source of Climatic Evidence for the Holocene*. *Palaeoclimate Research*, Stuttgart, 444 p.
45. IGAC & CORPOICA. 2002. Zonificación de los conflictos de uso de las tierras en Colombia. 87 p.
46. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2010. Mapa división político – Administrativa de Colombia. Proyecto Sistema de Información Geográfica para la Planeación y el Ordenamiento Territorial, SIG-OT.
47. Innes J. 1997. Historical debris-flow activity and climate in Scotland. En: Matthews J, Brunsden D, Frenzel B, Gläser B, Weiß M. (Eds.), *Rapid Mass Movement as a Source of Climatic Evidence for the Holocene*. *Palaeoclimate Research*. Stuttgart, 444 p.
48. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam] & Universidad Nacional de Colombia [UNAL].2005. Informe de evaluación del cambio climático en Colombia. Documento digital elaborado en el marco del contrato firmado entre Conservación Internacional [CI] Colombia y la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Depto. de Geografía para el Ideam. Bogotá: Ideam. 62 p

49. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. 2010. Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Bogotá, Colombia, 203p
50. Ives J y Messerli B.1989. The Himalayan dilemma. Reconciling development and conservation. London United Nations University Press. Tokyo. 272 p.
51. Ives J. 2004. Himalayan Perceptions: Environmental Change and the Well-Being of Mountain Peoples. The Journal of the Association for Nepal and Himalayan Studies. 25: 50-53.
52. Lieberman D, Lieberman M, Peralta R., Hartshorn G. 1996. Tropical Forest Structure and Composition on a Large-Scale Altitudinal Gradient in Costa Rica. Journal of Ecology 84:137-152.
53. Maass J, Balvanera P, Castillo A, Daily G, Mooney H, Ehrlich P, Quesada M., Miranda A, Jaramillo V. 2005. Ecosystem services of tropical dry forests: insights from long-term ecological and social research on the Pacific Coast of Mexico. Ecology and Society, 10(1):17
54. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT). 2004. Plan Nacional de Lucha contra la desertificación,
55. Myers N, Mittermeier R A, Mittermeier C G, da Fonseca GAB, Ken T. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403: 853–858.
56. Olivero-Verbel, 2011. Colombia: Environmental Health Issues. Elsevier. 759 p.

57. Pielke R, Walko L, Steyaert P, Vidale G, Liston W. Lyons y Chase T. 1999. The influence of anthropogenic landscape changes on weather in South Florida, *Mo. Wea. Review*, 127:1663-1673.
58. Restrepo A. 2005. Los sedimentos del río Magdalena. Reflejo de la crisis ambiental. Capítulo 2. Universidad EAFIT y Colciencias. Medellín. 231 p.
59. Rodolfi G. 1997. Holocene mass movement activity in the Tosco-Romagnolo Apennines (Italy). En: Matthews J, Brunsten D, Frenzel B, Gläser B, Weiß M. (Eds.), Rapid Mass Movement as a Source of Climatic Evidence for the Holocene. *Palaeoclimate Research*. 444 p.
60. Rowe R, Sharma N P, Bowder J. 1992. Deforestation: problems, causes and concern. En: *Managing the world's forest: looking for balance between conservation and development*, ed. Sharma, N. P. 33-46.
61. Rudel T, Roper J. 1997. The paths to rain forest destruction: cross national Patterns of tropical deforestation. *World Development*, 25:53-65
62. Sokal R y Rohlf J. 1980. *Introducción a la bioestadística*. Reverte. España. 365 p.
63. Suárez J. 1994. Activator Mechanisms of Landslides in Tropical Environments. *International Conference on Landslides and Slope Stability*. Kuala Lumpur Malaysia. 361 p.
64. Trustrum N, Blaschke P, DeRose R, West, A. 1990. Regolith changes and pastoral productivity declines following deforestation in steep lands of North Island, New Zealand. *Transactions 14th International Soil Science Congress*. Japan, 130 p.

65. Trustrum N y Page M. 1992. The long-term erosion history of Lake Tutira watershed: implications for sustainable land use management. The Proceedings of the International Conference on Sustainable Land Use Management, New Zealand, 215 p.
66. Upadhyay T, Solberg B y Sankhayan P. 2006. Use of models to analyse landuse changes, forest/soil degradation and carbon sequestration with special reference to himalayan region: Are view and analysis. *Forest Policy and Economics*, 9(4): 349 – 371
67. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo y Desastres. 2012. Líneas estratégicas y avances en priorización de zonas de intervención. Bogotá, 31p.
68. Van Kooten G y Bulte E. 2000. The economics of nature: managing biological assets. Blackwells Publishers, Wageningen, 528 p.
69. Vitousek P. 1994. Beyond global warming: Ecology and global change. *Ecological Society of America*. 75(7): 1862-1876
70. Wang G. y Sassa K. 2003. Pore pressure generation and movement of rainfall-induced landslides: effects of grain size and fine particle content. *Engineering Geology*, 69:109-125.
71. Wassenaar T, Gerber P, Verburg P, Rosales M, Ibrahim M, Steinfeld H. 2007. Projecting land use changes in the neotropics: the geography of pasture expansion into forest. *Global Environmental Change*, 17:86–104
72. World Resources Institute (WRI), 2001. *Washington on the Edge*. World Resource Institute, Washington D C.

ANEXOS

DEPARTAMENTO	Área transformada (%)2000 - 2005	Área transformada (%) 2005 - 2010	Área transformada (%) 2010 - 2012
AMAZONAS	0,38	0,08	0,02
ANTIOQUIA	3,39	6,97	0,3
ARAUCA	8,31	1,70	0,4
ATLANTICO	44,09	36,38	0,02
BOLIVAR	5,39	6,37	0,4
BOYACA	6,85	4,60	0,2
CALDAS	8,83	8,64	0,2
CAQUETA	2,68	2,60	0,6
CASANARE	6,54	3,93	0,1
CAUCA	1,50	3,20	0,3
CESAR	7,53	6,95	0,1
CHOCO	1,34	2,15	0,2
CORDOBA	3,49	4,75	0,1
CUNDINAMARCA	10,66	6,53	0,1
GUAINIA	0,37	0,17	0,02
GUAVIARE	2,10	1,07	0,6
HUILA	7,16	4,36	0,5
LA GUAJIRA	14,61	5,38	0,1
MAGDALENA	10,53	7,68	0,1
META	6,22	4,49	0,5
NARIÑO	7,69	2,69	0,1
NORTE DE SANTANDER	6,37	4,28	0,6
PUTUMAYO	2,09	3,33	0,7
QUINDIO	5,60	5,37	0,3
RISARALDA	3,39	4,93	0,1
SANTANDER	9,27	11,06	0,7
SUCRE	36,33	23,04	0,1
TOLIMA	7,15	4,70	0,3
VALLE DEL CAUCA	4,00	2,05	0,2
VAUPES	0,68	0,14	0,04
VICHADA	1,72	0,46	0,04

Tabla. 1 Porcentajes de deforestación en tres periodos en el tiempo 2000-2005, 2005-2010 y 2010 -2012.

DEPARTAMENTO	2000-2005		
	Inundación	Deslizamiento	Sequía
AMAZONAS			
ANTIOQUIA	23	0	0
ARAUCA	126	69	0
ATLANTICO	27	0	0
BOLIVAR	71	1	0
BOYACA	154	5	0
CALDAS	40	54	29
CAQUETA	18	43	0
CASANARE	20	3	0
CAUCA	66	0	0
CESAR	43	41	9
CHOCO	87	3	1
CORDOBA	146	9	0
CUNDINAMARCA	106	0	3
GUAINIA	38	15	1
GUAVIARE	3	0	0
HUILA	6	0	0
LA GUAJIRA	47	20	0
MAGDALENA	46	0	3
META	101	4	1
NARIÑO	61	44	0
NORTE DE SANTANDER	62	45	4
PUTUMAYO	100	45	0
QUINDIO	28	1	0
RISARALDA	12	13	0
SANTANDER	36	30	0
SUCRE	147	43	3
TOLIMA	64	0	0
VALLE DEL CAUCA	95	47	0
VAUPES	73	24	0
VICHADA	2	0	0
	11	0	0

Tabla. 2 Eventos de emergencia asociados a inundación, deslizamiento y sequía en el periodo de tiempo 2005 - 2010.

DEPARTAMENTO	2005 - 2010		
	Inundación	Deslizamiento	Sequia
AMAZONAS			
ANTIOQUIA	10	2	0
ARAUCA	411	170	0
ATLANTICO	54	0	0
BOLIVAR	191	21	6
BOYACA	293	16	22
CALDAS	169	104	45
CAQUETA	44	126	0
CASANARE	31	6	3
CAUCA	102	1	0
CESAR	180	115	5
CHOCO	189	9	1
CORDOBA	182	49	3
CUNDINAMARCA	212	2	0
GUAINIA	274	130	31
GUAVIARE	2	0	0
HUILA	4	0	0
LA GUAJIRA	141	55	3
MAGDALENA	108	1	6
META	237	4	0
NARIÑO	124	17	0
NORTE DE SANTANDER	153	197	5
PUTUMAYO	134	93	8
QUINDIO	33	5	0
RISARALDA	57	16	0
SANTANDER	86	111	2
SUCRE	277	101	11
TOLIMA	121	2	7
VALLE DEL CAUCA	234	85	2
VAUPES	276	86	2
VICHADA	1	0	0
	9	0	0

Tabla. 3 Eventos de emergencia asociados a inundación, deslizamiento y sequía en el periodo de tiempo 2005 -2010.

DEPARTAMENTO	2010-2012		
	Inundación	Deslizamiento	Sequía
AMAZONAS			
ANTIOQUIA	6	1	0
ARAUCA	225	101	0
ATLANTICO	36	1	0
BOLIVAR	109	28	6
BOYACA	118	16	22
CALDAS	228	170	40
CAQUETA	35	71	0
CASANARE	34	9	3
CAUCA	70	9	0
CESAR	121	91	3
CHOCO	104	10	1
CORDOBA	135	23	2
CUNDINAMARCA	89	0	0
GUAINIA	365	177	31
GUAVIARE	1	0	0
HUILA	1	0	0
LA GUAJIRA	150	175	3
MAGDALENA	53	2	3
META	121	2	0
NARIÑO	84	15	0
NORTE DE SANTANDER	121	308	4
PUTUMAYO	117	87	8
QUINDIO	36	3	0
RISARALDA	60	73	0
SANTANDER	85	176	2
SUCRE	176	139	11
TOLIMA	69	1	7
VALLE DEL CAUCA	126	64	2
VAUPES	223	55	2
VICHADA	1	0	0
	1	0	0

Tabla. 4. Eventos de emergencia asociados a inundación, deslizamiento y sequía en el periodo de tiempo 2010 -2012.