

ANÁLISIS GEOGRÁFICO DE LA CONCENTRACIÓN DE LA PÉRDIDA DE BOSQUES HÚMEDOS AMAZÓNICOS DEL PERÚ

Rolando Vivanco Vicencio¹

rvivanco74@hotmail.com

Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático

Ministerio del Ambiente

Av. Republica de Panamá 3030, San Isidro, Lima

ORCID: 0000-0002-7923-8470

Deris Dávila Rosales de Vivanco²

deris2410@gmail.com

Universidad Cesar Vallejo

Av. Del Parque 640, San Juan de Lurigancho

ORCID 0000-0002-5360-9894

Resumen

Los procesos de deforestación ocasionan impactos ambientales como la pérdida de la biodiversidad y la liberación de carbono que intensifican los procesos de cambio climático, la pérdida de estos bosques también afecta a los pobladores que habitan en ellos. Para identificar las futuras áreas que serán deforestadas, existen muchos modelos que analizan diferentes variables de información geográfica y determinan las áreas de bosque que se perderán en los próximos años, este estudio utiliza un análisis desarrollado por el Instituto Brasileiro de Medio Ambiente (IBAMA) sobre el uso de los mapas Kernel para determinar el porcentaje de concentración de la deforestación en los bosques húmedos amazónicos.

Como insumo se han utilizado los datos de pérdida de bosques generados por el Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático (PNCBMCC) para el periodo 2001 al 2013.

El resultado de este análisis indica que en promedio 77.8% de los eventos de pérdida de bosque que se identificaron en trece años, han ocurrido sobre el 21.3% de la superficie del bosque húmedo amazónico peruano.

Palabras clave: Deforestación, concentración, Kernel, monitoreo de bosque, pérdida de bosque.

¹ Geógrafo egresado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático – Ministerio del Ambiente, Perú, Lima, correo: rvivanco74@hotmail.com

² Doctora en Educación en la Universidad Cesar Vallejo, Perú. Licenciada en Educación Secundaria de la Universidad Nacional Federico Villareal, Perú, Lima, Docente de la Universidad Cesar Vallejo, correo: deris2410@gmail.com

Abstract

The deforestation processes cause environmental impacts, such as the loss of biodiversity and the release of carbon that intensify the processes of climate change, the loss of these forests also affects the inhabitants who inhabit them.

To identify future areas that will be deforested, there are many models that analyze different geographic information variables and determine the areas of forest that will be lost in the coming years. This study uses an analysis developed by the Instituto Brasileiro de Medio Ambiente (IBAMA) on the use of Kernel maps to determine the percentage concentration of deforestation in Amazonian rainforests.

As an input, the data on forest loss generated by the “Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático (PNCBMCC) for the period 2001 to 2013 have been used.

The result of this analysis indicates that on average 77.8% of the forest loss events that were identified in thirteen years, have occurred on 21.3% of the surface area of the Peruvian Amazon rainforest.

Keywords: Deforestation, concentration, Kernel, forest monitoring, forest loss.

1. Introducción

Según el reporte de la FRA³ la superficie de los bosques a nivel mundial al año 2000 representaba 4 055 602 000 hectáreas, en quince años se han deforestado 56 468 000 hectáreas, una superficie similar a la mitad del territorio peruano, esta deforestación da como resultado que al 2015 la superficie de bosques a nivel mundial sea de 3 999 134 000 hectáreas. Estos procesos de deforestación ocasionan otros impactos ambientales como la pérdida de la biodiversidad y la liberación de carbono que intensifican los procesos de cambio climático, la pérdida de estos bosques también afecta a los pobladores que habitan en ellos.

La deforestación es un proceso mediante el cual los bosques van perdiendo la cobertura vegetal, este proceso relacionado a la actividad humana, genera una serie de consecuencias ambientales negativas al ecosistema bosques, a través de los años este proceso se ha incrementado, ya sea consolidándose en algunas zonas del país o surgiendo en nuevas zonas, que al no ser identificadas y controladas oportunamente tienden a convertirse en grandes focos de deforestación.

El Perú ocupa el noveno lugar en el ranking mundial de países con mayor superficie de bosques (FRA 2016); el 56% del territorio peruano está cubierto por bosques según la ENBCC⁴, lo que equivale a una superficie de 72 083 263 hectáreas; de esto, 68 188 726 hectáreas pertenecen a bosques húmedos amazónicos, sobre los cuales durante los años 2000 al 2014 se han perdido 1 653 129 hectáreas de bosques, las causas relacionadas a esta pérdida de bosque son diversas y están relacionadas a patrones que se pueden diferenciar al analizar los datos espaciales.

En 1975 Jorge Malleux elaboro el primer mapa forestal, mediante el uso de fotografías aéreas; en 1995 el Instituto Nacional de los Recursos Naturales (INRENA), elabora un nuevo mapa forestal, pero esta vez utilizando imágenes de satélite LANDSAT; en 1996 el INRENA desarrolla el estudio de monitoreo de deforestación de la amazonia con imágenes LANDSAT; el 2000 INRENA elabora una nueva versión del mapa forestal con imágenes LANDSAT; ese mismo año 2000, el proyecto PROCLIM elabora un mapa de deforestación de la amazonia peruana con imágenes LANDSAT; el 2009 la DGEVFPN del MINAM elabora un mapa de cobertura vegetal mediante imágenes LANDSAT, ese mismo año 2009 la DGOT del MINAM elabora un mapa de deforestación de la amazonia mediante imágenes LANDSAT. Todos estos estudios nos demuestran la importancia de contar con información actualizada y periódica del estado de los bosques, así como el uso de las imágenes de satélite para monitorear el comportamiento y la dinámica de los procesos de deforestación. Si bien todo este conjunto de información del monitoreo de los bosques es importante, el no contar con

³ Evaluación de los recursos forestales mundiales 2015 (FRA), 2da Ed. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura, Roma 2016

⁴ Estrategia Nacional sobre Bosques y Cambio Climático, 2016, Ministerio del Ambiente

una línea de base hace difícil comparar los estudios y evaluar la evolución de la pérdida de bosques en un periodo de tiempo.

El 2013, el MINAM a través del PNCBMCC y el MINAGRI a través del SERFOR; generaron y publicaron⁵ información de la cobertura y pérdida de los bosques de manera conjunta, aplicando la metodología desarrollada por la Universidad de Maryland, que utiliza imágenes del satélite LANDSAT para detectar la pérdida de bosque anualmente, obteniendo como productos el Mapa de Bosque/No Bosque, para el año 2000 y el Mapa de pérdida de los Bosques Húmedos Amazónicos del Perú para el periodo 2001-2011, que posteriormente se actualizo al 2013, siendo esta información la que se utiliza para este estudio.

Para identificar los futuros focos donde se concentrará un problema territorial, existen diversos modelos de análisis geográfico, que permiten analizar diferentes variables de información geográfica para determinar este comportamiento. Un análisis desarrollado por el Instituto Brasileiro de Medio Ambiente (IBAMA) sobre el uso de los mapas Kernel como indicadores de la deforestación futura en la amazonia, determino que haciendo uso de estos mapas, se puede conocer las futuras áreas que serán deforestadas, teniendo en cuenta que los procesos de deforestación identificados ocurren en zonas cercanas a áreas donde ya ocurrieron estos eventos anteriormente, este análisis concluyo que el 82% de la deforestación reportada en los bosques, ocurre en el 26.6% de la amazonia brasilera, lo cual indica una concentración de la deforestación en ciertas áreas del territorio brasilero.

Este análisis utiliza como metodología, la desarrollada por el IBAMA, y analiza el uso de los mapas Kernel para determinar el porcentaje de concentración de la deforestación en los bosques húmedos amazónicos peruanos.

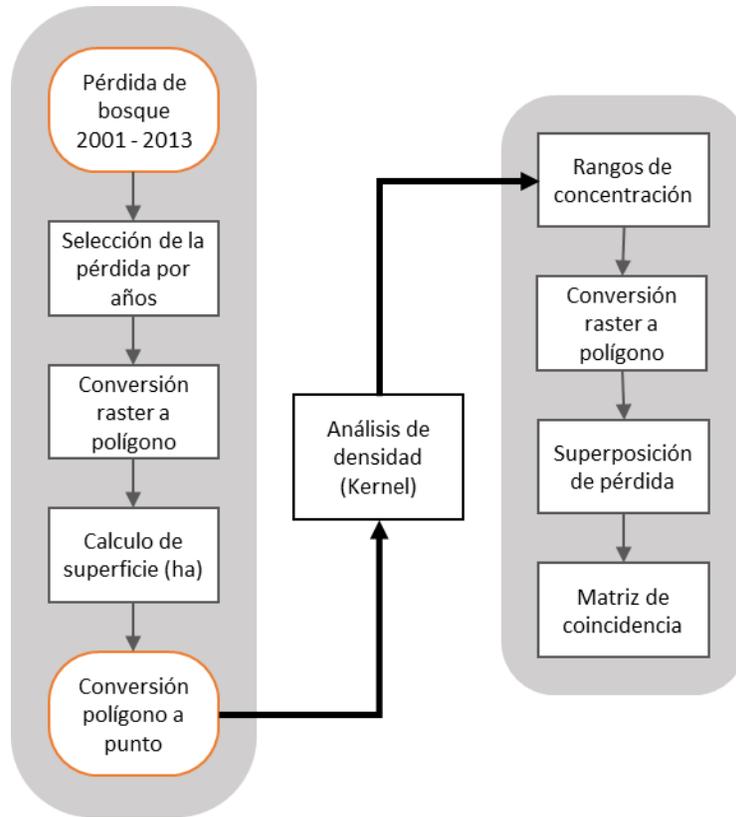
2. Metodología de trabajo

Para el trabajo se utilizó la información proveniente del Mapa de pérdida de los Bosques Húmedos Amazónicos del Perú, correspondientes al periodo 2001-2013, esta información fue obtenida de la plataforma GEOBOSQUES: (<https://geobosques.minam.gob.pe/>).

Hay que considerar que la pérdida de bosque proviene del procesamiento de imágenes LANDSAT, el cual tiene una resolución de 30m x 30m, lo que indica que el Mapa de Pérdida de Bosque detecta pérdidas de bosque de 900 metros cuadrados, o 0.09 hectáreas como mínimo.

Figura 1: Procedimiento para analizar la concentración de la pérdida de bosque

⁵ Memoria Descriptiva del Mapa de Bosque/No Bosque año 2000 Mapa de pérdida de los Bosques Húmedos Amazónicos del Perú 2000-2011



Fuente: Elaboración propia

El concepto de “pérdida de bosque” es considerado como el cambio de cobertura del bosque, relacionado a causas antrópicas y naturales; sin embargo, mediante la información satelital utilizada solo es posible diferenciar la pérdida natural causada por la dinámica de los ríos amazónicos. Cabe precisar que el término “deforestación” se refiere exclusivamente a la pérdida de bosque ocasionada por causas antrópicas

La metodología para analizar la información de la pérdida de bosques se aprecia en la **Figura 1**, el primer paso consiste en separar la pérdida de bosque para cada año, luego convertirla de formato ráster a polígono, para obtener polígonos de pérdida de bosque, luego se calcula el tamaño de la superficie en hectáreas, y se convierten los polígonos a puntos; los cuales son necesarios para hacer el mapa de densidad Kernel.

3. Mapa Kernel

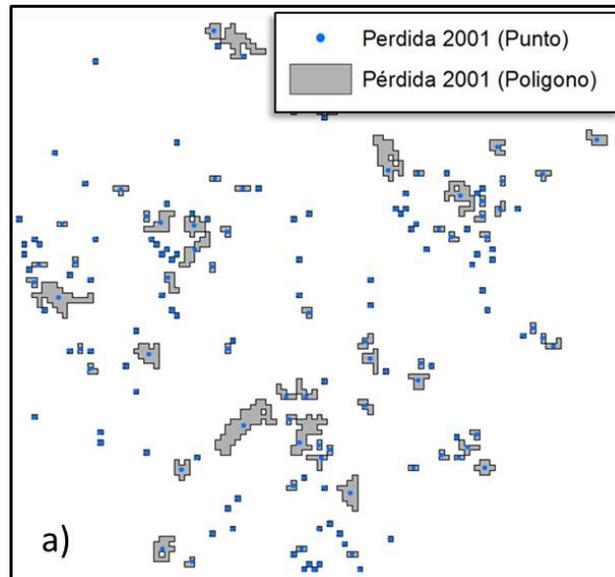
Para entender cómo se obtienen los mapas Kernel, tomamos un área y la pérdida de bosque correspondiente al 2001 como ejemplo; siguiendo el procedimiento de la **Figura 1**, separamos la pérdida de bosque correspondiente al año 2001, luego convertimos esta pérdida de formato ráster a polígono, con la finalidad de calcular la superficie de la pérdida de bosque para cada polígono en hectáreas, posteriormente convertimos estos polígonos a puntos.

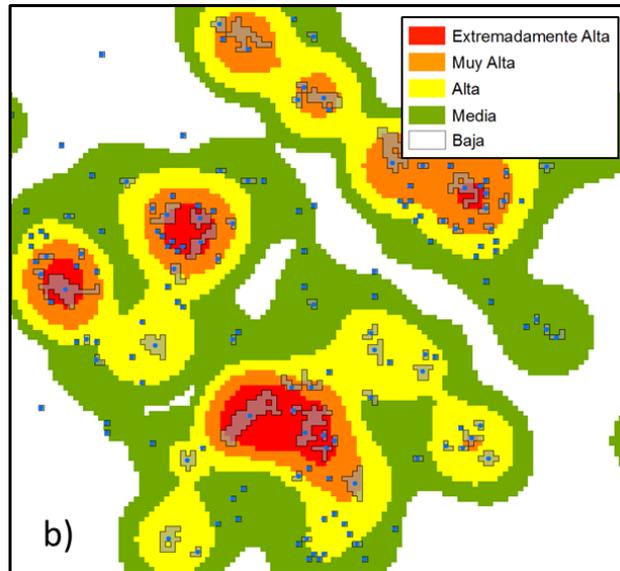
En la **Figura 2a**, observamos cómo se representa la pérdida de bosque en polígonos y

puntos, los polígonos más pequeños corresponden a una pérdida de 0.09 ha que aumentan hasta 4.2 ha para el área analizada, al estar convertidos en puntos, es necesario incluir en ellos un atributo que indique el tamaño de la pérdida en hectáreas, sino el análisis se orientara solo a la concentración de puntos, sin tomar en cuenta el tamaño de la pérdida de bosque.

Con la pérdida de bosque representada por puntos, se elabora el mapa Kernel, utilizando las herramientas de análisis espacial del software de información geográfica ArcGIS, tomándose en consideración los siguientes parámetros: Atributo del tamaño de la pérdida en hectáreas, tamaño de salida de los pixeles y el radio de búsqueda.

Figura 2: a) Pérdida de bosque en formato de polígonos y punto; b) Mapa de densidad Kernel;
c) Concentración de la pérdida de bosque





Concentración de la pérdida de bosque	Símbolo	Densidad de la pérdida de bosque
Baja		0 - 1.2
Media		1.2 - 4.7
Alta		4.7 - 10.4
Muy alta		10.4 - 17.8
Extremadamente alta		17.8 - 30.8

Fuente: Elaboración propia

Para diferenciar los rangos de la concentración de la pérdida del bosque se utilizó el método de clasificación Natural Break, y se establecieron cinco tipos de concentración de la pérdida de bosque clasificados en: baja, media, alta, muy alta y extremadamente alta.

Se entiende como densidad, a la cantidad de puntos de pérdida de bosque por unidad de área, teniendo en cuenta que cada punto contiene información del tamaño de la pérdida de bosque.

En la **Figura 2b**, podemos observar que las áreas de color rojo, indican áreas donde la concentración de la pérdida de bosque es extremadamente alta, y donde encontramos los polígonos más grandes de pérdida de bosque, de este modo tenemos densidades de 17.8 – 30.8.

En la **Figura 3**, observamos cómo se elabora el mapa Kernel, este mapa es representado mediante un archivo tipo ráster, el cual está compuesto por una matriz de celdas, donde cada celda nos indica la cantidad de eventos de pérdida de bosque que se registra, en un

radio de búsqueda (r); por ejemplo, para la celda 1 (C1) ubicado en el centro del círculo, se establece un radio de búsqueda (r_1), detectándose once eventos de pérdida de bosque dentro de este radio. Considerando que cada punto representa un evento de pérdida de bosque y además contiene el tamaño de esta pérdida en hectáreas, se calcula la densidad para cada celda.

Para determinar el radio de búsqueda según Moreno⁶, establece que hay tres maneras de definir este radio:

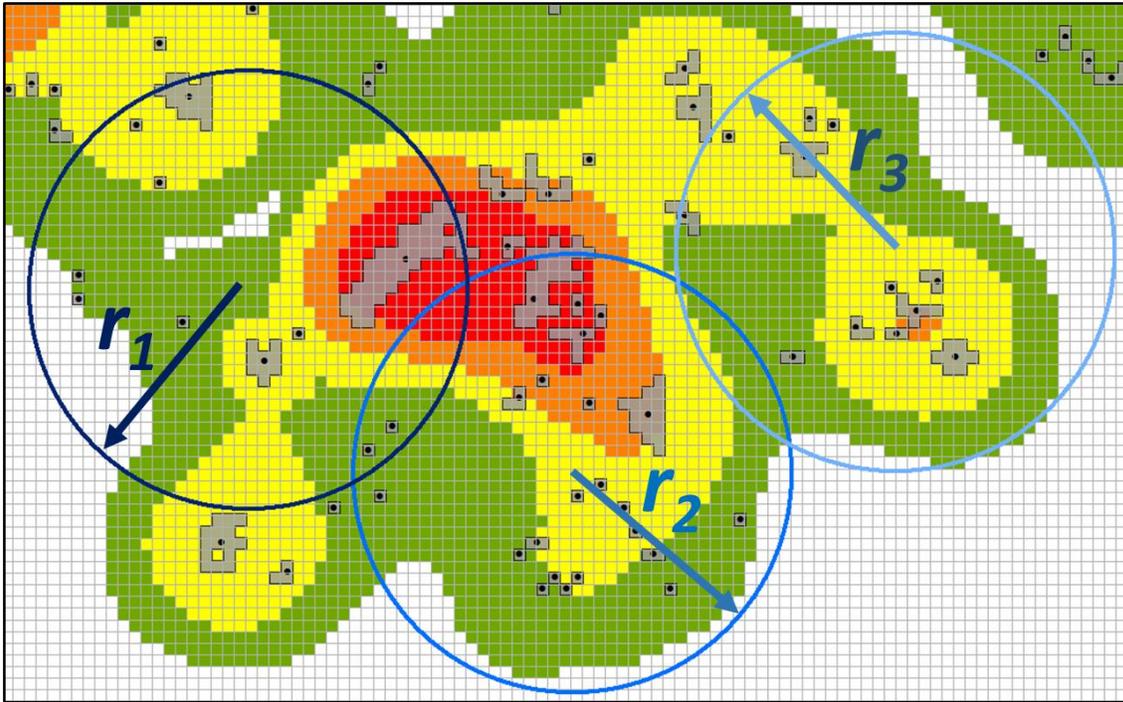
- a) Mediante una elección subjetiva, a partir de ensayos con diversos valores del radio, eligiéndose aquella que ofrezca expresar mejor el mapa deseado.
- b) Asumir que una distribución conocida subyace a los datos, es posible fundar la elección sobre tal base. El criterio sería entonces el de elegir aquel tamaño de ventana que minimiza el llamado MISE (Mean Integrated Square Error), traducible como la media de los errores cuadráticos entre los valores obtenidos por nuestra función de estimación Kernel y los de la verdadera función de densidad (generalmente desconocida).
- c) Métodos automáticos que tratan de obtener el tamaño de ventana que minimiza alguna medida expresiva de la diferencia entre la función de densidad verdadera y el estimador utilizado. Su complejidad aconseja omitir por ahora una exposición más detallada de ellos.

ArcGIS⁷, establece el radio de búsqueda como un valor predeterminado, el cual se determina del menor valor del ancho o del alto de la extensión de los datos, dividido entre 30

Figura 3: Cálculo del Mapa Kernel

⁶ Modelización cartográfica de densidades mediante estimadores Kernel

⁷ Centro de recursos ArcGIS, <http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//009z0000000s000000>



Fuente: Elaboración propia

4. Resultados: Mapa Kernel de la pérdida de bosque húmedo amazónico

Conociendo la metodología para generar los mapas Kernel, utilizaremos los procedimientos mostrados en la **Figura 1**, para analizar la pérdida de bosque del periodo 2001 al 2013, mediante las herramientas de análisis espacial de ArcGIS, considerando las siguientes variables:

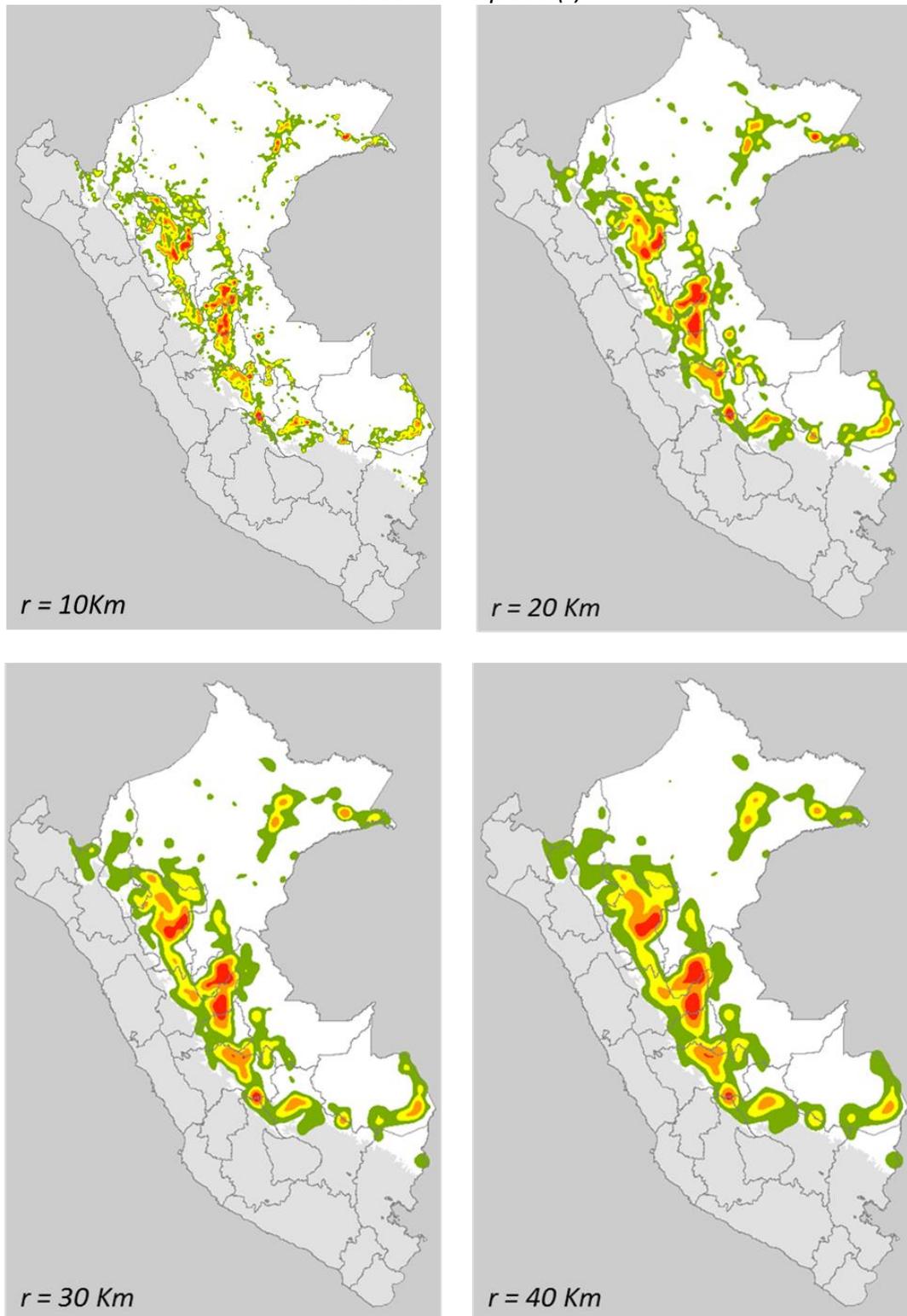
Unidad de medida de la pérdida	hectáreas
Tamaño de salida de los pixeles	270m
Radio de búsqueda	20 Km.
Clasificación de los datos	Nro. de clases: 5
	Tipo: Natural Breaks

La elección del radio de búsqueda responde a criterios cartográficos, entendiéndose que, a mayor radio de búsqueda, los resultados son más suavizados y a menor radio de búsqueda, hay mayor detalle en el mapa (**Figura 4**), con el radio de búsqueda de 20 Km. podemos visualizar con facilidad la concentración de la pérdida de bosque.

El mapa resultante se clasifica en cinco rangos, utilizando el método de clasificación Natural Break, obteniéndose las clases de baja, media, alta, muy alta y extremadamente alta concentración.

Podemos apreciar que las áreas consideradas como la clase “Extremadamente Alta Concentración” o áreas de color rojo son las que ocupan menos espacio y las áreas de “Baja Concentración” ocupan una mayor superficie.

Figura 4: Análisis Kernel para la pérdida de bosque del 2001, considerando diferentes radios de búsqueda (r)



Fuente: Elaboración propia

5. Análisis de la concentración de la pérdida de bosque

Con los mapas Kernel generados para cada uno de los trece años, obtenemos las cinco clases de concentración de la pérdida de bosque, este mapa es convertido de formato ráster a polígono, para determinar la superficie en hectáreas que ocupan los cinco tipos de concentración, el resultado se muestra en la **Tabla 1**.

Podemos apreciar en esta **Tabla 1**, que hay dos zonas divididas, una con cálculos de Área No Acumulada donde están los cálculos para cada clase de concentración (baja, media, alta, muy alta y extremadamente alta), y otra zona con los cálculos del Área Acumulada, donde se van sumando los cálculos, con la finalidad de determinar el porcentaje de concentración de las clases.

Para la primera zona, de “Área No acumulada” se han puesto la superficie que ocupa cada una de las clases concentración, pudiéndose apreciar por ejemplo que las áreas consideradas como “Extremadamente alta concentración” o los núcleos centrales, muestra superficies menores a los otros tipos de concentración, también se puede observar que para el año 2001 el 71.64% de la pérdida de bosques es considerada “Baja” y que para el 2013 esta clase represento 80.91% de la superficie del bosque húmedo amazónico.

Para la segunda zona, las “Áreas Acumuladas”, las superficies de cada tipo de concentración se han ido sumando, obteniéndose superficie y porcentajes de áreas acumuladas, por ejemplo, el tipo de concentración considerado como “Baja concentración” es la suma de las otras clases, podemos observar que para el año 2001 la pérdida de bosque en las clases “extremadamente alta”, “muy alta”, “alta” y “media” ocurrió en una superficie equivalente al 28.36% del bosque húmedo amazónico y para el año 2013 esto represento el 19.09%.

Para determinar los datos de la **Tabla 2**, se superpusieron las áreas de concentración de la pérdida de bosque determinadas para un año (n-1), con el número de eventos de pérdida de bosque detectados para un año (n).

Así tenemos que la primera columna muestra el número de ocurrencias de pérdida de bosque para el año 2002 (n), las cuales fueron comparadas con las áreas de concentración provenientes del mapa Kernel del año 2001 (n-1).

Cabe mencionar que se utilizó el número de polígonos en vez de la superficie de pérdida de bosque, porque se busca orientar la vigilancia, patrullaje y control del bosque mediante el uso de los mapas Kernel.

En la **Tabla 3**, se puede apreciar que, en nueve de los doce años analizados, más del 50% de la pérdida de bosque ocurre en áreas de: alta, muy alta y extremadamente alta concentración de la pérdida de bosque, esta pérdida de bosque ocurre en promedio (para los últimos doce años), en 7% del bosque húmedo amazónico (ver Tabla 1).

Es decir, los recursos logísticos para las intervenciones de las instituciones encargadas de vigilar, controlar y fiscalizar los bosques, deben concentrarse en áreas equivalentes a la catorceava parte del bosque húmedo amazónico, y con ello se estaría frenando la mitad de los procesos de pérdida de bosque que ocurren en los bosques húmedos amazónicos.

Tabla 1: Superficie en hectáreas para el Bosque Húmedo Amazónico (BHA), correspondiente a una clase de concentración de pérdida de bosque

CONCENTRACIÓN \ AÑO		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
		AREA NO ACUMULADA												
BAJA		56,109,885	60,954,674	64,152,366	59,148,955	62,864,843	59,961,710	64,758,734	63,483,954	60,967,759	63,704,556	61,159,588	54,852,856	63,362,531
MEDIA		13,911,252	12,136,968	9,974,375	12,194,420	9,039,928	11,938,002	10,229,335	10,815,437	11,139,047	10,018,202	11,422,934	14,950,908	11,926,885
ALTA		5,060,754	3,671,084	3,306,161	4,708,312	4,131,615	4,494,066	2,652,816	2,956,809	4,061,230	3,300,737	3,880,409	5,598,720	2,386,316
MUY ALTA		2,388,175	1,358,914	794,173	1,979,935	1,555,241	1,426,383	631,329	1,013,361	1,507,885	1,140,987	1,327,538	2,221,350	587,939
EXTREMADAMENTE ALTA		846,712	195,139	89,703	285,156	725,151	496,617	44,564	47,217	640,857	152,295	526,309	692,944	53,108
TOTAL		78,316,778	78,316,778	78,316,778	78,316,778	78,316,778	78,316,778	78,316,778	78,316,778	78,316,778	78,316,778	78,316,778	78,316,778	78,316,778
BAJA		71.64%	77.83%	81.91%	75.53%	80.27%	76.56%	82.69%	81.06%	77.85%	81.34%	78.09%	70.04%	80.91%
MEDIA		17.76%	15.50%	12.74%	15.57%	11.54%	15.24%	13.06%	13.81%	14.22%	12.79%	14.59%	19.09%	15.23%
ALTA		6.46%	4.69%	4.22%	6.01%	5.28%	5.74%	3.39%	3.78%	5.19%	4.21%	4.95%	7.15%	3.05%
MUY ALTA		3.05%	1.74%	1.01%	2.53%	1.99%	1.82%	0.81%	1.29%	1.93%	1.46%	1.70%	2.84%	0.75%
EXTREMADAMENTE ALTA		1.08%	0.25%	0.11%	0.36%	0.93%	0.63%	0.06%	0.06%	0.82%	0.19%	0.67%	0.88%	0.07%
TOTAL		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
AREA ACUMULADA														
BAJA		78,316,778	78,316,778	78,316,778	78,316,778	78,316,778	78,316,778	78,316,778	78,316,778	78,316,778	78,316,778	78,316,778	78,316,778	78,316,778
MEDIA		22,206,893	17,362,105	14,164,412	19,167,823	15,451,935	18,355,068	13,558,044	14,832,824	17,349,019	14,612,222	17,157,190	23,463,922	14,954,247
ALTA		8,295,641	5,225,137	4,190,037	6,973,403	6,412,007	6,417,066	3,328,709	4,017,388	6,209,972	4,594,019	5,734,256	8,513,014	3,027,362
MUY ALTA		3,234,886	1,554,053	883,876	2,265,090	2,280,392	1,923,000	675,892	1,060,578	2,148,742	1,293,282	1,853,847	2,914,294	641,046
EXTREMADAMENTE ALTA		846,712	195,139	89,703	285,156	725,151	496,617	44,564	47,217	640,857	152,295	526,309	692,944	53,108
BAJA		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
MEDIA		28.36%	22.17%	18.09%	24.47%	19.73%	23.44%	17.31%	18.94%	22.15%	18.66%	21.91%	29.96%	19.09%
ALTA		10.59%	6.67%	5.35%	8.90%	8.19%	8.19%	4.25%	5.13%	7.93%	5.87%	7.32%	10.87%	3.87%
MUY ALTA		4.13%	1.98%	1.13%	2.89%	2.91%	2.46%	0.86%	1.35%	2.74%	1.65%	2.37%	3.72%	0.82%
EXTREMADAMENTE ALTA		1.08%	0.25%	0.11%	0.36%	0.93%	0.63%	0.06%	0.06%	0.82%	0.19%	0.67%	0.88%	0.07%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2: Numero de ocurrencias de pérdida de bosque del año n con relación a las regiones Kernel del año n-1

CONCENTRACIÓN		AÑO n											
		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
CANTIDAD DE POLÍGONOS NO ACUMULADA	BAJA	36,219	47,270	79,718	57,951	54,575	47,782	69,922	86,474	70,989	73,921	81,297	40,553
	MEDIA	76,787	74,131	100,297	107,589	59,020	90,913	96,104	134,716	92,049	90,291	115,075	83,167
	ALTA	67,644	54,386	67,814	114,510	50,764	85,946	54,844	70,783	83,833	59,774	72,906	72,897
	MUY ALTA	47,976	42,989	23,643	104,534	28,058	39,955	16,629	40,111	48,134	37,283	37,845	40,589
	EXTREMADAMENTE ALTA	29,346	6,923	2,614	21,394	20,633	19,917	1,927	1,625	29,004	6,200	17,109	14,431
	TOTAL	257,972	225,699	274,086	405,978	213,050	284,513	239,426	333,709	324,009	267,469	324,232	251,637
	BAJA	14.04%	20.94%	29.09%	14.27%	25.62%	16.79%	29.20%	25.91%	21.91%	27.64%	25.07%	16.12%
	MEDIA	29.77%	32.85%	36.59%	26.50%	27.70%	31.95%	40.14%	40.37%	28.41%	33.76%	35.49%	33.05%
	ALTA	26.22%	24.10%	24.74%	28.21%	23.83%	30.21%	22.91%	21.21%	25.87%	22.35%	22.49%	28.97%
	MUY ALTA	18.60%	19.05%	8.63%	25.75%	13.17%	14.04%	6.95%	12.02%	14.86%	13.94%	11.67%	16.13%
EXTREMADAMENTE ALTA	11.38%	3.07%	0.95%	5.27%	9.68%	7.00%	0.80%	0.49%	8.95%	2.32%	5.28%	5.73%	
TOTAL	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	
CANTIDAD DE POLÍGONOS ACUMULADA	BAJA	257,972	225,699	274,086	405,978	213,050	284,513	239,426	333,709	324,009	267,469	324,232	251,637
	MEDIA	221,753	178,429	194,368	348,027	158,475	236,731	169,504	247,235	253,020	193,548	242,935	211,084
	ALTA	144,966	104,298	94,071	240,438	99,455	145,818	73,400	112,519	160,971	103,257	127,860	127,917
	MUY ALTA	77,322	49,912	26,257	125,928	48,691	59,872	18,556	41,736	77,138	43,483	54,954	55,020
	EXTREMADAMENTE ALTA	29,346	6,923	2,614	21,394	20,633	19,917	1,927	1,625	29,004	6,200	17,109	14,431
	BAJA	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	MEDIA	85.96%	79.06%	70.91%	85.73%	74.38%	83.21%	70.80%	74.09%	78.09%	72.36%	74.93%	83.88%
	ALTA	56.19%	46.21%	34.32%	59.22%	46.68%	51.25%	30.66%	33.72%	49.68%	38.61%	39.43%	50.83%
	MUY ALTA	29.97%	22.11%	9.58%	31.02%	22.85%	21.04%	7.75%	12.51%	23.81%	16.26%	16.95%	21.86%
	EXTREMADAMENTE ALTA	11.38%	3.07%	0.95%	5.27%	9.68%	7.00%	0.80%	0.49%	8.95%	2.32%	5.28%	5.73%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3: Suma de las áreas en hectáreas de los polígonos de pérdida de bosque para el año n, que incidirán sobre las clases de Kernel del año

		AÑO n											
		CONCENTRACIÓN	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
CANTIDAD DE POLÍGONOS NO ACUMULADA	BAJA	8,431	11,117	21,469	14,962	14,500	12,347	21,009	25,972	20,012	21,698	27,290	12,384
	MEDIA	20,201	21,744	33,365	35,845	19,515	28,941	42,115	56,016	33,202	36,386	46,085	38,770
	ALTA	20,800	18,215	26,607	41,849	18,478	34,029	29,454	38,493	35,278	32,685	37,281	41,446
	MUY ALTA	16,191	18,679	10,643	45,192	12,273	17,502	9,982	29,921	27,403	26,614	23,196	37,224
	EXTREMADAMENTE ALTA	14,207	3,119	1,062	9,776	9,736	13,368	3,144	1,759	20,310	6,180	15,625	20,464
	TOTAL	79,832	72,874	93,146	147,624	74,502	106,186	105,704	152,161	136,205	123,563	149,477	150,289
	BAJA	10.56%	15.26%	23.05%	10.14%	19.46%	11.63%	19.88%	17.07%	14.69%	17.56%	18.26%	8.24%
	MEDIA	25.31%	29.84%	35.82%	24.28%	26.19%	27.26%	39.84%	36.81%	24.38%	29.45%	30.83%	25.80%
	ALTA	26.06%	24.99%	28.56%	28.35%	24.80%	32.05%	27.87%	25.30%	25.90%	26.45%	24.94%	27.58%
	MUY ALTA	20.28%	25.63%	11.43%	30.61%	16.47%	16.48%	9.44%	19.66%	20.12%	21.54%	15.52%	24.77%
EXTREMADAMENTE ALTA	17.80%	4.28%	1.14%	6.62%	13.07%	12.59%	2.97%	1.16%	14.91%	5.00%	10.45%	13.62%	
TOTAL	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	
CANTIDAD DE POLÍGONOS ACUMULADA	BAJA	79,832	72,874	93,146	147,624	74,502	106,186	105,704	152,161	136,205	123,563	149,477	150,289
	MEDIA	71,401	61,757	71,677	132,662	60,002	93,840	84,695	126,189	116,193	101,865	122,187	137,905
	ALTA	51,199	40,013	38,312	96,817	40,488	64,898	42,580	70,173	82,991	65,479	76,102	99,135
	MUY ALTA	30,399	21,798	11,705	54,967	22,010	30,870	13,126	31,681	47,713	32,794	38,821	57,688
	EXTREMADAMENTE ALTA	14,207	3,119	1,062	9,776	9,736	13,368	3,144	1,759	20,310	6,180	15,625	20,464
	BAJA	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	MEDIA	89.44%	84.74%	76.95%	89.86%	80.54%	88.37%	80.12%	82.93%	85.31%	82.44%	81.74%	91.76%
	ALTA	64.13%	54.91%	41.13%	65.58%	54.34%	61.12%	40.28%	46.12%	60.93%	52.99%	50.91%	65.96%
	MUY ALTA	38.08%	29.91%	12.57%	37.23%	29.54%	29.07%	12.42%	20.82%	35.03%	26.54%	25.97%	38.38%
	EXTREMADAMENTE ALTA	17.80%	4.28%	1.14%	6.62%	13.07%	12.59%	2.97%	1.16%	14.91%	5.00%	10.45%	13.62%

Fuente: Elaboración propia

6. Resultados

1. Los mapas de concentración nos indican las áreas donde la pérdida de bosques se intensifica por periodos, de esta manera se puede analizar las causas de estos cambios en la cobertura de bosques, conociendo que los problemas de deforestación tienen diferentes causas como: la expansión agrícola, la minería, ampliación de la infraestructura, ganadería, entre otros.

En la **Figura 5** se puede apreciar, a la izquierda la zona de color rojo donde la pérdida de bosques se concentra, si observamos una imagen de satélite veremos que esta zona ha sufrido un cambio en la cobertura del bosque en este ejemplo debido al cultivos de palma.

2. El análisis de la concentración de la pérdida de bosques requiere como insumo los datos de pérdida anual de bosques que puedan ser espacialmente comparables.
3. Los mapas Kernel nos determinan la densidad de un conjunto de puntos, que se encuentran alrededor de una celda, utilizando un radio de búsqueda. En nuestro caso se usa para determinar la densidad de pérdida de bosque y determinar áreas de concentración de esta pérdida.
4. El detalle de los resultados de los mapas Kernel, está relacionado a la escala que se va representar los datos, entendiéndose que para análisis a nivel nacional y departamental los radios de búsqueda son distintos, a mayor radio de búsqueda (nivel nacional) los resultados son más suavizados; y a menor radio de búsqueda (nivel departamental) hay mayor detalle en el mapa.
5. Esta metodología puede ser replicada a nivel departamental, provincial o distrital, con la finalidad de determinar el grado de concentración de la pérdida de bosque y poder planificar estrategias de intervención a diversas escalas.
6. Los mapas de concentración de la pérdida de bosque, nos permiten representar mejor los procesos de pérdida de bosque, convirtiéndose en una poderosa herramienta de comunicación visual.
7. Como muestran los datos de trece años de pérdida de bosque, estos eventos ocurren en su mayoría en las mismas áreas donde ocurrieron años anteriores. Los datos indican que en promedio 77.8% de los eventos de pérdida de bosque que se producen, corresponden al 21.3% de la superficie total del bosque húmedo amazónico o a 16'681,474 ha.
8. Concluimos, por tanto, que el uso de mapas de densidad Kernel se convierte en una herramienta eficaz para la planificación y priorización de las áreas que requieren de

acciones de vigilancia y control para la reducción de la deforestación y degradación de los bosques.

Bibliografía

Porto Ferreira, George y Eyji Sano, Edson (2013). Mapa de densidad Kernel como indicador de la deforestación futura de la Amazonía Legal. IBAMA.

Moreno Jiménez, Antonio. Departamento de Geografía Universidad Autónoma de Madrid Modelización cartográfica de densidades mediante estimadores Kernel.

MINAM-MINAGRI (2015). Memoria Descriptiva del Mapa de Bosque No Bosque año 2000 y Pérdida de los Bosques Húmedos Amazónicos del Perú 2000-2011.

ESRI, Centro de recursos ArcGIS, <http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//009z000000s00000>

FAO (2016). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2015 (FRA), Segunda Edición.

Estrategia Nacional sobre Bosques y Cambio Climático (2016). Ministerio del Ambiente.