



UNAP



**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN GESTION AMBIENTAL**

TESIS

**INCREMENTO DE LA DEFORESTACIÓN Y SUS
CONSECUENCIAS EN LA PÉRDIDA DE BIOMASA EN LOS
BOSQUES DE LA REGIÓN LORETO, 2000-2014**

Para optar el Grado Académico de
Magister en Ciencias en Gestión Ambiental

Presentado por:

Autor (s): Ing. JOSÉ DAVID URQUIZA MUÑOZ

Lic. Ecol. MANUEL BURGA RÍOS

Asesor: Dr. RONALD BURGA ALVARADO

Iquitos – Perú

2016

TESIS APROBADA EN SUSTENTACIÓN PÚBLICA DEL DÍA MES Y AÑO , EN EL
AUDITORIO DE LA ESCUELA DE POSTGRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL
DE LA AMAZONÍA PERUANA EN LA CIUDAD DE IQUITOS-PERÚ.

MIEMBROS DEL JURADO



Dr. RICHER RÍOS ZUMAETA
Presidente



Ing. JORGE AQUILES VARGAS FASABI, M.Sc.
Miembro



DR. JUAN DE LA CRUZ BARDALES MELÉNDEZ
Miembro



DR. RONALD BURGA ALVARADO
Asesor

DEDICATORIA

A mis hijas, Diana Gabriela y Lucia Fernanda.

JOSÉ DAVID

DEDICATORIA

A mi hijo, Santhiago Varek.

MANUEL

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento muy especial al Dr. Salvador Flores Paitan, por sus valiosos aportes, comentarios y sabias enseñanzas para el desarrollo del presente trabajo y como persona.

A nuestros compañeros de trabajos y amigos Walter Alvarado de la Sub Gerencia de Planeamiento y Acondicionamiento Territorial del Gobierno Regional de Loreto, por sus discusiones y aportes en el desarrollo de esta investigación. A Ana Rosa Sáenz y Fisher Ríos amigos del Instituto del Bien Común por su tiempo, consejos y apoyo incondicional.

Incremento de la deforestación y sus consecuencias en la pérdida de biomasa en los bosques de la Región Loreto, 2000-2014

José David Urquiza Muñoz
Manuel Burga Ríos

RESUMEN

El estudio se realizó en las ocho provincias de la Región Loreto. Los objetivos fueron Determinar el incremento de la deforestación en el periodo 2000-2014; determinar la pérdida de biomasa; cuantificar el carbono y las emisiones de CO₂ en los bosques de las provincias de la Región Loreto. La provincia Alto Amazonas reporta el más alto valor de incremento de deforestación para el periodo 2000-2014 con 78 878,83 ha; mientras que menor valor presenta la provincia Putumayo con 7879,41 ha. La pérdida de biomasa por deforestación para Saatchi, asciende a 51' 230 556,52 toneladas, de las cuales la provincia Alto Amazonas presenta el mayor valor con 11' 860 190,11 toneladas (23,15%); mientras que Baccini, reporta 48' 954 072,59 toneladas, de las cuales la provincia Alto Amazonas exhibe el más alto valor con 12' 788 384,09 toneladas (26,12%). Saatchi señala que el carbono perdido por deforestación suma en total 25' 615 278,26 tC. Además, el más alto valor muestra la provincia Alto Amazonas con 5' 930 095,05 tC (23,15%); mientras que Baccini, reporta en total 26' 438 416,41 tC. Igualmente, la provincia Alto Amazonas obtuvo el mayor valor con 6' 394 192,05 tC (24,19%). Saatchi, manifiesta que las emisiones de CO₂ por deforestación asciende a 93' 879 994,83 tC. Además, la provincia Alto Amazonas reporta el mayor valor con 21' 733 798,37 tC (23,15%); mientras que Baccini, muestra 96' 896 796,13tC. Del mismo modo, la provincia Alto Amazonas alcanzó el más alto valor con 23' 434 713,85 tC (24,19%).

Palabras claves: Incremento, deforestación, biomasa, bosques.

ABSTRACT

The study was carried out in the eighth provinces of the Loreto Region. The objectives were to determine the increase in deforestation in the period 2000-2014; determine the loss of biomass; quantify carbon and CO₂ emissions in the forests of the provinces of the Loreto Region. The Alto Amazonas province reports the highest value of deforestation increase with 14 101,37 ha for the 2010-2011 period; While lower value presents the Putumayo province with 240,24 ha for the period between the years 2011-2013. The loss of biomass due to deforestation for Saatchi amounts to 41' 763 804,50 tons, of which the Alto Amazonas province presents the highest value with 11,860 190,11 tons (28,40%); While Baccini reports 44' 140 635,68 tons, of which the province of Alto Amazonas exhibits the highest value with 12' 788 384,09 tons (28,97%). Saatchi points out that the carbon lost through deforestation totals 20' 881 902,25 tC. In addition, the highest value shows the Alto Amazonas province with 5' 930 095,05 tC (28,40%); While Baccini reports a total of 21' 666 407,48 tC. Likewise, the province Alto Amazonas obtained the highest value with 6' 394 192,05 tC (29,51%). Saatchi, states that CO₂ emissions from deforestation amount to 76' 532 171,75 tC. In addition, the province Alto Amazonas reports the highest value with 21' 733 798,37 tC (28,40%); While Baccini, shows 79' 407 383,42 tC. Likewise, the province Alto Amazonas reached the highest value with 23' 434 713,85 tC (29,51%).

keywords: Increase, deforestation, biomass, forest.

INDICE DE CONTENIDO

N°	Descripción	Pág.
	DEDICATORIA	i
	AGRADECIMIENTO	iii
	RESUMEN	iv
	INDICE DE CONTENIDO	v
	INDICE DE CUADROS	viii
	INDICE DE GRÁFICOS	ix
I.	CAPÍTULO I	1
	1.1. INTRODUCCIÓN	1
	1.2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
	1.3. OBJETIVOS	2
	1.3.1. Objetivo general	2
	1.3.2. Objetivos específicos	2
II.	CAPITULO II	4
	2.1. MARCO TEÓRICO	4
	2.1.1. Antecedentes	4
	2.1.2. Bases teóricas	6
	2.1.3. Marco conceptual	15
	2.2. DEFINICIONES OPERACIONALES	16
	2.3. HIPÓTESIS	16
III.	CAPÍTULO III	17
	3. METODOLOGÍA	17

3.1. Método de investigación	17
3.2. Población y muestra	17
3.3. Técnicas e instrumentos	17
3.4. Procedimientos de recolección de datos	17
3.4.1. Procesamiento de la información	17
IV. CAPÍTULO IV	23
RESULTADOS	23
4.1. Incremento de la deforestación para el periodo 2000-2014 en los bosques de las provincias de la Región Loreto	23
4.2. Pérdida de biomasa por deforestación para el periodo 2005-2014 en los bosques de las provincias de la Región Loreto	27
4.3. Carbono perdido por deforestación para el periodo 2000-2014 en los bosques de las provincias de la Región Loreto	30
4.3.1. Carbono perdido por deforestación (Saatchi <i>et al.</i> , 2011)	30
4.3.2. Carbono perdido por deforestación (Baccini <i>et al.</i> , 2012)	30
4.4. Emisiones de CO ₂ por deforestación para el periodo 2000-2014 en los bosques de las provincias de la Región Loreto	33
4.4.1. Emisiones de CO ₂ por deforestación (Saatchi <i>et al.</i> , 2011)	33
4.4.2. Emisiones de CO ₂ por deforestación (Baccini <i>et al.</i> , 2012)	33
V. CAPÍTULO V	36
DISCUSIÓN	36
5.1. Incremento de la deforestación para el periodo 2000-2014 en los bosques de las provincias de la Región Loreto	36

5.2. Pérdida de biomasa para el periodo 2005-2014 en los bosques de las provincias de la Región Loreto	40
5.3. Carbono perdido por deforestación para el periodo 2005-2014 en los bosques de las provincias de la Región Loreto	42
5.4. Emisiones de CO2 por deforestación para el periodo 2005-2014 en los bosques de las provincias de la Región Loreto	44
VI. CAPÍTULO VI	47
PROPUESTA	47
VII. CAPÍTULO VII	48
CONCLUSIONES	48
VIII. CAPÍTULO VIII	50
RECOMENDACIONES	50
IX. CAPÍTULO IX	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
ANEXO	56

INDICE DE CUADROS

N°	Descripción	Pág.
1.	Deforestación por periodo en los bosques de las provincias de la Región Loreto	23
2.	Incremento de la deforestación por periodo en los bosques de las provincias de la Región Loreto	24
3.	Pérdida de biomasa por deforestación en toneladas de los bosques de las provincias de la Región Loreto (Saatchi <i>et al.</i> , 2011)	28
4.	Pérdida de biomasa por deforestación en toneladas de los bosques de las provincias de la Región Loreto (Baccini <i>et al.</i> , 2012)	29
5.	Carbono perdido por deforestación en toneladas en los bosques de las provincias de la Región Loreto (Saatchi <i>et al.</i> , 2011)	31
6.	Carbono perdido por deforestación en toneladas en los bosques de las provincias de la Región Loreto (Baccini <i>et al.</i> , 2012)	32
7.	Emisiones de CO ₂ por deforestación en toneladas en los bosques de las provincias de la Región Loreto (Saatchi <i>et al.</i> , 2011)	34
8.	Pérdida de biomasa por deforestación en toneladas en los bosques de las provincias de la Región Loreto (Baccini <i>et al.</i> , 2012)	35

INDICE DE GRÁFICOS

N°	Descripción	Pág.
1.	Proceso para la obtención de datos de deforestación mediante el software CLASLite	18
2.	Mapa de Distribución de biomasa en 11 clases	19
3.	Mapa de carbono	20
4.	Modelo lógico de unión espacial (ESRI, 2014) donde el círculo de color amarillo representa la información de la deforestación y los rectángulos grises representan la información de biomasa	21
5.	Deforestación en los bosques de las provincias de la Región Loreto para el periodo 2000-2014	25
6.	Tasas de deforestación de los bosques por provincias de la Región Loreto para el periodo 2000-2014	26
7.	Pérdida de biomasa por deforestación en toneladas de los bosques de las provincias de la Región Loreto (Saatchi <i>et al.</i> , 2011)	28
8.	Pérdida de biomasa por deforestación en toneladas en los bosques de las provincias de la Región Loreto (Baccini <i>et al.</i> , 2012)	29
9.	Carbono perdido por deforestación en toneladas en los bosques de las provincias de la Región Loreto (Saatchi <i>et al.</i> , 2011)	31
10.	Carbono perdido por deforestación en toneladas en los bosques de las provincias de la Región Loreto (Baccini <i>et al.</i> , 2012)	32
11.	Emisiones de CO ₂ por deforestación en toneladas en los bosques de las provincias de la Región Loreto (Saatchi <i>et al.</i> , 2011)	34
12.	Emisiones de CO ₂ por deforestación en toneladas en los bosques de las provincias de la Región Loreto (Baccini <i>et al.</i> , 2012)	35

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la información del Perú, la pobreza es un problema estructural que durante décadas ha impactado sobre los bosques, por la búsqueda de tierras para ampliar la frontera agrícola y ganadera. Adicionalmente, también se tiene la visión extractivista que ha acompañado la explotación de la madera en años anteriores, caracterizada por una alta informalidad y ser fuertemente selectiva (Condoy *et al.*, 2006).

La demanda de tierras para satisfacer las necesidades de una creciente población continúa impacta fuertemente en los ecosistemas naturales, siendo la deforestación una de las transformaciones de la tierra más evidentes. Por tal situación los bosques tropicales influyen en el clima local y probablemente en el mundial. Moderan la gama diurna de temperaturas del aire y mantienen los niveles de humedad atmosférica, absorben el carbono de la atmósfera y reponen el oxígeno en el aire que respiramos (Condoy *et al.*, 2006).

Existe una considerable preocupación relacionada con el cambio climático global, la cual se ha incrementado durante las últimas dos décadas y particularmente durante los últimos cinco años, ya que cada día resultan más visibles las noticias relacionadas con el tema en los medios de comunicación. Los impactos de las actividades humanas en el clima causadas por el consumo extensivo de combustibles fósiles, la deforestación, pérdida de la biodiversidad, contaminación del agua o la erosión del suelo son los signos más evidentes del cambio global (Chuvieco *et al.*, 2008 citado por Miranda, 2013).

A través del conocimiento de la deforestación que trae como resultado la pérdida de la biomasa se puede estimar el total de dióxido de carbono (CO₂) que pueden fijar y almacenar los bosques de nuestra región y con ello se podrían implementar proyectos para pago de servicios ambientales por captura y retención de carbono, lo que generaría ingresos adicionales a nuestra región y por ende elevaría la calidad de vida de las poblaciones involucradas.

La deforestación es uno de los problemas ambientales más serios de los últimos tiempos. Este tema se ha convertido de interés mundial debido a la importancia de los bosques y selvas por los diferentes servicios ambientales que proveen. Las grandes dificultades que afronta el recurso forestal en el país es el de estar sometido a constante presión y depredación, como consecuencia de malas prácticas agropecuarias y de la venta ilegal de madera, siendo los responsables los campesinos que urgidos por la pobreza arremeten contra los bosques en busca de nuevas áreas de cultivo o comerciantes que hacen caso omiso de las leyes que prohíben el tráfico de madera, ocasionando como tal la disminución de la cobertura vegetal (biomasa) en la región Loreto.

Una manera de monitorear dichos cambios es aprovechando el avance considerable de las herramientas computacionales orientadas al estudio de los recursos naturales. Sin embargo no se cuenta con estadísticas aproximadas de esta problemática, por lo que haciendo uso del avance tecnológico a partir de imágenes provenientes de sensores a bordo de plataformas satelitales, se realizó el estudio multitemporal de la deforestación.

1.2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

¿El incremento de la deforestación tendrá consecuencias en la pérdida de biomasa en los bosques de la Región Loreto, 2000-2014?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Determinar el incremento de la deforestación y sus consecuencias en la pérdida de biomasa en los bosques de la Región Loreto para los años 2000-2014.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el incremento de la deforestación en el periodo 2000-2014 en los bosques de las provincias de la Región Loreto.

- Determinar la pérdida de biomasa en los bosques de las provincias de la región Loreto.
- Cuantificar el carbono en los bosques de las provincias de la Región Loreto.
- Cuantificar las emisiones de CO₂ en los bosques de las provincias de la Región Loreto.

CAPITULO II

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1. 1. Antecedentes

- La deforestación a nivel mundial

Los bosques y selvas poseen los ecosistemas más ricos y valiosos albergando entre un 50% y un 90% de todas las especies de la tierra. El área total de bosque entre los años 2005-2010 fue de 4 mil millones de hectáreas, cubriendo el 31% del área total de la tierra. Durante los años 80s, se perdieron anualmente 16,3 millones de hectáreas de bosques y selvas (FAO, 1992 citado por Miranda, 2013), mientras que en el periodo de 1990 a 2000, fue de -8,9 millones de hectáreas anuales (FAO, 1997 citado por Miranda, 2013); para el periodo 2000-2005 -7,3 millones de hectáreas y la última evaluación de la (FAO, 2010), indicó una pérdida, enfocando el periodo para el año 2000-2010 de -5,2 millones de hectáreas por año a nivel mundial, lo que representa una reducción en la tasa de deforestación y el incremento en el área de nuevos bosques establecidos mediante plantación y la expansión natural de bosques ya existentes. A nivel regional, Sudamérica cuenta con el mayor porcentaje de cubierta forestal, seguida por Europa, Norteamérica y Centroamérica (FRA, 2005 y FRA, 2010 citado por Miranda, 2013).

La deforestación anual en el periodo 2009-2010 fue de 108,572 ha, mientras que en el periodo de análisis 2010-2011 la pérdida de bosques por deforestación fue de 103,380 ha. Por otro lado, la suma de los 2 periodos analizados nos da idea de la deforestación absoluta o acumulada que para el periodo 2009 al 2011 fue de 211,952 ha y la tasa promedio de deforestación se calculó en 105,976 ha/año (Ministerio del Ambiente, 2014). La cifra de tasa promedio de deforestación para la Amazonía es comparativamente más baja que la determinada para el periodo de 1990-2000 reportado por PROCLIM (2006), que fue de 149 631,76 ha/año. Esta diferencia debe ser vista como producto de un análisis de un periodo corto de los últimos 3 años, en cuyo caso se registra la tasa

real de deforestación del 2009-2010-2011, en tanto el promedio usado como referente (PROCLIM) fue calculado para un periodo más largo de 10 años.

En general, en la Amazonía Peruana la deforestación está vinculada a procesos de desarrollo que involucran el aprovechamiento de recursos naturales. En ese sentido, uno de estos aspectos vinculados con la pérdida de la cobertura boscosa es el desarrollo de los grandes proyectos viales y otros ejes de gran flujo comercial y de poblaciones. De los resultados generales las diferencias entre la deforestación anual del periodo 2009-2010 y 2010-2011 se deben a que regiones como San Martín, Ucayali, Huánuco o Pasco acusaron menor deforestación en el último periodo analizado (Ministerio del Ambiente, 2014).

En la región Loreto la deforestación va en aumento especialmente en zonas comprendidas en la provincia de Alto Amazonas, y caso particular del distrito de Yurimaguas frontera con la región San Martín, así por ejemplo sólo en una zona específica de este distrito en el periodo del 2009 al año 2010 se incrementaron aproximadamente 1470 ha de cultivos de palma y del 2010 al 2011 se sumaron otras 2500 ha, significando un incremento de 70% en el lapso de 01 año. Además de los cultivos de palma, también hay cambios considerables de la cobertura de bosque a usos agrícolas y áreas de ganadería extensiva de vacunos distribuidas a lo largo de la carretera a Yurimaguas (Ministerio del Ambiente, 2014).

Otras áreas de notorio cambio de cobertura boscosa se desarrolla en el eje de la carretera Iquitos-Nauta y en el eje fluvial Pebas-Caballococha, en estos dos últimos casos el patrón de ocupación se vincula al desarrollo de agricultura de subsistencia con cultivos de *Oryza sativa* “arroz”, *Musa paradisiaca* “plátano”, *Zea mays* “maíz” y *Phaseolus vulgaris* “frijol”, entre otros que realizan las poblaciones ribereñas, siendo el *Oryza sativa* “arroz” el tipo de cultivo más extendido por sus altos rendimientos y que son comercializados en los mercados de Pebas, San Pablo y Caballococha. De acuerdo a los aportes del GOREL, *Oryza sativa* “arroz” es el tipo de uso del suelo que genera mayor deforestación (Ministerio del Ambiente, 2014).

- Investigaciones sobre biomasa en bosques

Rodríguez *et al.* (2006), desarrolló una investigación para cuantificar la cantidad de carbono almacenado en los bosques de niebla de la Reserva de la Biosfera “El Cielo”, en Tamaulipas, México. Mediante modelos no lineales estos autores mostraron que la especie *Liquidambar styraciflua* “estoraque” aportó más de 28,5 Mg/ha de biomasa, seguida de *Pinus montezumae* “ocote” y *Quercus xalapensis* “petzaláhuatl” con más de 18,4 Mg/ha y el estrato arbustivo con diámetros entre 5 y 10 cm y con dominancia de tres especies con 13,5 Mg/ha.

Vidal *et al.* (2001), realizaron un estudio sobre la estimación de biomasa en ramas y follaje en bosques naturales de *Pinus caribaea* var. *caribaea* en Cuba, donde estimaron la cantidad de biomasa mediante modelos alométricos con un total de 169 árboles. Los resultados obtenidos indican que el DAP explica el mayor porcentaje de la variabilidad de los datos y está más correlacionado con la cantidad de biomasa de ramas y follaje en árboles con un DAP máximo de 47 cm (65 kg de biomasa en follaje y con 110 kg en ramas). A pesar de que la altura total estuvo relacionada con las variables de follaje y ramas, su aporte a los modelos probados no fue significativo.

En la cuenca del río Nanay se evaluó bosques sin intervenir y se reportaron valores que oscilan entre 13 208,32 t/ha en varillales y 452,38 t/ha en aguajales, para la biomasa sobre la superficie y para carbono 104,03 t/ha en varillales y 226,19 t/ha en aguajales (IIAP 2002 citado por Lino, 2009). Dado al mayor volumen de biomasa de los bosques tropicales, destacamos su especial aptitud como sumidero de carbono, pues los bosques amazónicos mantienen entre 155 y 187 t/ha; 34 veces más en promedio, que las tierras dedicadas a la agricultura (Lino, 2009).

En términos porcentuales el fuste del árbol concentra la mayor cantidad de biomasa aérea, representando entre 55 y 77% del total; luego están las ramas, de 5% y 37%; y por último las hojas y la corteza de fuste entre 1% a 15% y 5% a 16%, respectivamente (Gómez, 1976 citado por Lino, 2009). La contribución

porcentual de los diferentes componentes (fuste, corteza, rama, hojas y raíces) en la biomasa total de un árbol varía considerablemente dependiendo de la especie, edad, sitio y tratamiento silvicultural (Pardé 1980, citado por Gayoso *et al.*, 2002). Con respecto a la biomasa de las raíces, esta varía mucho dependiendo de las características del clima, suelo y especie. La biomasa de las raíces se expresa comúnmente en relación a la biomasa aérea, como la razón raíz/tallo (R/T). Las estimaciones, no son consistentes respecto a la profundidad de muestreo, como tampoco si se incluyen raíces gruesas (Sanford y Cuevas 1996, citado por Gayoso *et al.*, 2002).

2.1.2. Bases teóricas

La deforestación

Es común confundir la intervención al bosque con la deforestación, es así que en el primer caso, lo que se produce es una degradación de la estructura del bosque con sus impactos negativos en el suelo, agua y biodiversidad, pero sin la pérdida del bosque tropical, mientras que la deforestación es el cambio continuo en el uso de la tierra caracterizado por la pérdida del bosque tropical (Condoy *et al.*, 2006).

Tratando de precisar el concepto de deforestación, normalmente a este se le asocia con el cambio de uso del suelo. Sin embargo, aun cuando no haya cambio de uso del suelo, la intervención en el bosque por la extracción de madera puede ocasionar alteraciones sustanciales en la composición y estructura del mismo, que rompen su capacidad de absorber las perturbaciones del entorno. Este fenómeno puede ser descrito como parte del proceso de deforestación y, por lo tanto, es correcto considerar dichas superficies alteradas como áreas deforestadas. En un sentido más estricto, cuando a un ecosistema forestal se le extrae un volumen superior al que puede reponer (crecimiento natural), se puede decir que hay deforestación. De este modo, el grado mínimo de deforestación está dado por el crecimiento natural del bosque, mientras que el cambio de uso del suelo representa el grado máximo de deforestación (Condoy *et al.*, 2006).

La deforestación ocurre mayormente en países en vías de desarrollo donde el nivel de bienestar de los ciudadanos es un factor crucial en la determinación del tamaño de las áreas deforestadas. La pobreza, la sobrepoblación y la deuda externa acentúan la deforestación en muchos de los países tropicales. Los requerimientos del crecimiento económico resultan en el incremento de la demanda de productos agrícolas y forestales (Gane, 2007 citado por Miranda, 2013).

- Causas de la deforestación

En muchos estudios sobre deforestación no se distinguen entre agentes y causas de dicha deforestación, culpándose y señalándose a los que actúan desde el punto de vista económico, comprensible dentro de un marco macro económico, político y social pero circunstancial. Existe mucha controversia sobre quiénes son los agentes que ocasionan la deforestación, así tenemos a los industriales de la madera, los motosierristas, los petroleros y mineros, los agricultores, los ganaderos, la agroindustria, los cultivos ilícitos, los proyectos de desarrollo, los gobiernos centrales y seccionales y la infraestructura vial entre otros (http://www.dev.clirsen.com/pdfs/defo_ecuador.pdf).

Pero la deforestación es el producto de muchas fuerzas que interactúan en un determinado momento tales como las ecológicas, económicas, sociales, culturales y principalmente las políticas, las mismas que apuntan en un momento dado a soluciones temporales y facilitan el sacrificio del bosque tropical. Las causas directas son las más visibles, las más fácilmente identificables y las que se asocian más rápidamente con los agentes de la deforestación. Las mismas están motivadas por otras fuerzas socioeconómicas menos visibles o causas indirectas (http://www.dev.clirsen.com/pdfs/defo_ecuador.pdf).

- Biomasa

La biomasa de las comunidades vegetales es la cantidad de material vegetal o la suma total de la materia viva que se encuentra en un ecosistema en un período determinado, expresado en peso de materia seca (toneladas) por unidad de área (Brown, 1997). La biomasa es un depósito importante de los gases de efecto invernadero (GEI) y contribuye al almacenamiento de carbono en el suelo a través de

la acumulación de la materia orgánica (FAO 1995, citado por Lino, 2009).

Mediante la fotosíntesis, los árboles toman CO₂ del aire, lo combinan con hidrógeno que obtienen del agua del suelo utilizando la energía almacenada en los cloroplastos y a partir de estos, se sintetizan los carbohidratos básicos que, al combinarse con otros elementos minerales del suelo, pueden ser utilizados para aumentar el tamaño de los órganos vegetales y de esta forma satisfacer las necesidades reproductivas, por lo que la función biológica de las plantas es tomar los factores decrecimiento disponibles sobre una área determinada y transformarlos en compuestos orgánicos de diversas composiciones (Harold, 1984, citado por Lino, 2009).

Montoya *et al.* (1995) y Ordóñez (1999), describen que con el manejo forestal es posible compensar las crecientes emisiones de CO₂ en dos formas: 1) Creando nuevos reservorios de dióxido de carbono. Restaurando las áreas degradadas por medio de plantaciones y/o regeneración natural y por la extracción de madera. En ambos casos se pretende almacenar el carbono a través del crecimiento de árboles, y al extraer la madera convertirla en productos durables y 2) Protegiendo los bosques y suelos. Con la destrucción del bosque se pueden liberar a la atmósfera de 50 a 400 toneladas de carbono por hectárea. Mencionan que mientras la protección de un área forestal puede inducir a la presión de otra, el manejo integrado de recursos enriquecido con esquemas de evaluación de proyectos es requerido para validar dicha protección.

La fotosíntesis es la forma de conversión de la energía solar, dióxido de carbono y agua a través de las plantas en formas diversas de energía química mediante una serie de reacciones que representan el proceso sintético más largo de la tierra y la principal fuente de energía para los seres vivos (Serrano, *et al.*, 1995 citado por Jiménez, 2010).

Con respecto a la importancia de los bosques en la dinámica del carbono existen dos vertientes: los bosques como emisores de carbono (aproximadamente la cuarta parte de emisiones globales provienen de la quema de bosques, deforestación cambio de uso de suelo y la erosión) y como parte del almacenaje del mismo; por lo último estos pueden representar un papel clave en la generación de reducciones de

carbono (Torres y Guevara, 2002). Durante el tiempo en que el CO₂ se encuentra constituyendo alguna estructura de la planta o suelo y hasta que es enviado nuevamente a la atmósfera se considera “capturado”. En el momento de su liberación (ya sea por la descomposición de la materia orgánica y/o por la quema de biomasa) el CO₂ fluye para regresar al ciclo del carbono (De Jong *et al.*, 2004).

Respecto al almacenaje de CO₂, el Protocolo de Kyoto otorgó reconocimiento oficial al papel de los bosques como “sumideros” de carbono en la mitigación del cambio climático global, al reducir las concentraciones atmosféricas de CO₂; así mismo promovió un mercado potencial para el carbono forestal (Bull *et al.*, 2007). La lógica básica de los mecanismos basados en el mercado se centra en la venta de servicios ambientales mediante la captura de carbono a compradores que necesitan conseguir créditos para cumplir los requerimientos de reducción de emisiones de Kyoto (Bishop y Landell-Mills, 2007 citado por Jiménez, 2010).

Existen tres opciones básicas de mitigación de carbono en el sector forestal: la conservación, la reforestación y forestación y la sustitución de combustibles. De acuerdo con Torres y Guevara (2002) y Guzmán *et al.* (2004), citados por Jiménez (2010), el concepto de captura de carbono en donde la vegetación es usada como sumidero integra la idea de su conservación o permanencia en suelos, bosques y otros tipos de vegetación, así como en lugares en donde es inminente su desaparición.

- Biomasa aérea de los árboles

Gayoso *et al.* (2002), determinaron funciones para estimar la biomasa individual de 5 especies de árboles y 5 de arbustos del parque Chaqueño Seco, pesando sus componentes húmedos (troncos, ramas, ramillas, hojas y frutos). Los pesos de materia seca se obtuvieron mediante el uso de las razones de peso materia seca/peso de materia húmeda determinadas en base a muestras secadas en estufas de 105°C. Mediante técnicas de regresión se obtienen las ecuaciones que permiten estimar la biomasa aérea individual en función de otras variables como son el diámetro normal, diámetro a la base, diámetro de copa, volumen de copa, altura de fuste, altura de copa con combinaciones o transformaciones de ellas.

Vidal *et al.* (2002), estimaron la biomasa de copa para árboles en pies de *Pinus tropicalis morelet* de Pinar del Río, Cuba considerando en total 191 árboles para tal fin tomaron información del diámetro normal y la altura total. Mencionan que en todos los casos estudiados el peso foliar y el peso de las ramas aumentan de forma directamente proporcional al diámetro normal de los árboles, determinaron que la variable independiente más eficiente para la estimación en pie del peso de la biomasa de copa (foliar y ramas) de la especies estudiadas fue el diámetro normal.

Acosta *et al.* (2002), indican que ejecutaron un estudio donde se plantearon conocer la biomasa aérea de las especies leñosas más comunes, dado que el componente aéreo del estrato arbóreo constituye uno de los principales almacenes de biomasa, y por lo tanto de carbono, generalmente los modelos alométricos se generan por especies, sin embargo, es probable que varias especies que crecen en un mismo tipo de vegetación presenten similitud del patrón morfológico de crecimiento y, por lo tanto, en la asignación de biomasa aérea. Si esto ocurriera, podría utilizarse un mismo modelo alométrico para estimar la biomasa en varias especies.

- Teledetección

La teledetección es una técnica aplicada, que a través del tiempo y espacio, permite obtener información sobre los objetos que se hallan en la superficie terrestre (Chuvieco 2002 citado por Condoy *et al.*, 2006). Los sensores remotos usualmente registran radiación electromagnética. La radiación electromagnética (REM) es energía transmitida a través del espacio en forma de ondas eléctricas y magnéticas. Los sensores remotos están hechos de detectores que registran longitudes de onda específicas del espectro electromagnético. El espectro electromagnético es el rango de radiación electromagnético que se extiende de las ondas cósmicas hasta las ondas de radio (Chuvieco 1996 citado por Condoy *et al.*, 2006).

Todos los tipos de cobertura del suelo, absorben una porción del espectro electromagnético y proporcionan una firma espectral única de radiación electromagnética. El de las longitudes de onda que son adsorbidas por ciertos elementos y de la intensidad de la reflectancia de ellos permite analizar una imagen y hacer inferencias exactas a cerca de la escena (ERDAS 2001 citado por Condoy *et al.*, 2006).

Los sensores remotos pueden proveer de datos que permitan responder a las interrogantes e incertidumbres respecto al ciclo dinámico de la biomasa, ya que posibilitan la evaluación frecuente de cambios de cobertura boscosa en grandes extensiones (Brown y Lugo, 1992; citado por Álvarez, 2008).

- Técnicas de análisis multitemporal

Una de las aportaciones más destacadas de la teledetección espacial al estudio del medio ambiente es su capacidad para seguir procesos dinámicos. Al tratarse de información adquirida por un sensor situado en una órbita estable y repetitiva las imágenes de satelital constituye una fuente valiosísima para estudiar los cambios que se producen en la superficie terrestre, ya sean debido al ciclo estacional de las cubiertas, y a catástrofes naturales o alteraciones de origen humano (Condoy *et al.*, 2006).

El análisis multitemporal tiene como objetivo detectar los cambios entre dos o más fechas, para lo que suele partirse de imágenes adquiridas en distintos años que se comparan visualmente o digitalmente (Chuvienco, 1996 citado por Condoy *et al.*, 2006).

- Monitoreo del cambio de uso del suelo.

La Tierra está cambiando a un ritmo nunca antes visto. Esta evolución requiere ser documentada mediante imágenes completas y repetibles. Las herramientas de observación terrestre juegan un papel clave en la generación de estimaciones reales sobre los cambios del paisaje. En este sentido se requieren mediciones consistentes, fiables y precisas de la dinámica de la vegetación y uso del suelo para mejorar nuestro entendimiento en la manera que funcionan los diferentes elementos del sistema (Mayaux *et al.*, 2008 citado por Miranda, 2013). El ámbito político también requiere dicha información, ya que los acuerdos ambientales internacionales como las convenciones de Río (Convención de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, la Convención para el Combate de la Desertificación y la Convención para la Diversidad Biológica) entre otras, reportan obligaciones en torno al cambio de la vegetación y el uso del suelo y condicionan las nuevas decisiones políticas asociadas a estas convenciones (Gane, 2007 citado por Miranda, 2013).

Para aprovechar la capacidad numérica de los valores registrados en las imágenes satelitales, se han desarrollado diferentes métodos para examinar y clasificar estadísticamente los píxeles individuales, y a través de series de tiempo, caracterizar su comportamiento espectral (Macedo *et al.*, 2010). Los clusters pueden ser entrenados mediante el uso de datos de campo (clasificación supervisada) o estadísticos (clasificación no supervisada). Si bien es cierto, este método emplea completamente las propiedades espectrales de los píxeles, no utiliza la información contextual que sí usa la fotointerpretación; es por ello, que en años recientes surge un nuevo enfoque de clasificación más sofisticado llamado segmentación de imágenes y para el caso de imágenes de muy alta resolución espacial (tamaño del píxel menor a 5 m), se le conoce como clasificación orientada a objetos (Newton, 2007; Lang, 2008).

- Imágenes de satélite

Las imágenes obtenidas por los satélites de teledetección ofrecen una perspectiva única de la Tierra, sus recursos y el impacto que sobre ella ejercen los seres humanos. La teledetección por satélite ha demostrado ser una fuente rentable de valiosa información para numerosas aplicaciones, entre las que cabe citar la planificación urbana, vigilancia del medio ambiente, gestión de cultivos, prospección petrolífera, exploración minera, desarrollo de mercados, localización de bienes raíces y muchas otras. Ofrecen una visión global de objetos y detalles de la superficie terrestre y facilitan la comprensión de las relaciones entre ellos que pueden no verse claramente cuando se observan a ras de tierra. El carácter "remote" de la teledetección proporciona una visión parcial del globo desde un lugar específico. Las imágenes de satélite muestran, literalmente, mucho más de lo que el ojo humano puede observar, al develar detalles ocultos que de otra forma estarían fuera de su alcance (SRGIS, 2005 citado por Saldaña, 2010).

Las imágenes satelitales registran el comportamiento de la superficie terrestre a través de diferentes regiones del espectro electromagnético, proporcionando una gran cantidad de datos espacialmente contiguos entre sí y distribuidos a lo largo de extensas áreas geográficas. Estas propiedades les confieren la capacidad de detectar, reconocer e identificar coberturas de suelo, así como medir numerosas propiedades biofísicas y bioquímicas asociadas a ellas, ofreciendo ventajas en

comparación con métodos *in situ*, que muchas veces requieren de mediciones en terreno que pueden resultar prohibitivas a amplias escalas, debido a limitantes de accesibilidad, tiempo y recursos (Lillesand *et al.*, 2004; Aronoff 2005; Eastman 2006; Peña, 2007, citado por Álvarez, 2008).

A escala mundial, esta información sirve para conocer el estado y dinámica de los ecosistemas forestales y su interacción con los ciclos globales y el clima. A escala regional o nacional, el conocimiento de la cantidad de biomasa puede servir para realizar mapas o para detectar cambios en las masas forestales (Beaudoin *et al.*, 1994 citado por Álvarez, 2008), al igual que para la realización de los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero que deben ser realizados en el marco del Protocolo de Kioto por los países que lo ratificaron.

El valor práctico y la multiplicidad de aplicaciones de las imágenes continúan aumentando a medida que se lanzan nuevos satélites, que se suman a los que ya están en órbita. Al haber más satélites se dispone de imágenes en una cantidad creciente de tamaños de escena, resoluciones espectrales, frecuencias de paso y detalles espaciales. A la vez que estos nuevos sensores espaciales hacen que las imágenes sean más útiles que nunca, ofrecen a los usuarios actuales mayores dificultades a la hora de escoger las más adecuadas (SRGIS, 2005 citado por Saldaña, 2010).

Estas imágenes son efectivas en la mapificación de la vegetación por que permiten que un gran volumen de información referente a las características del sitio y fisonomía de la vegetación, sea interpretado en corto tiempo. La ventaja de este trabajo es que se inicia a partir de una estructuración del paisaje, tomando en cuenta todos los tipos de vegetación (Saldaña, 2010). El trabajo con imágenes de satélite proporciona una base cartográfica digital y un análisis semidetallado de la cobertura del suelo y sus cambios en el tiempo en base a métodos de clasificación de las imágenes utilizando un software especializado. Debido a que la calidad y accesibilidad de las imágenes están mejorando, puede esperarse muchos adelantos en el conocimiento de la vegetación, basados tanto en las imágenes como en trabajos de campo (Saldaña, 2010).

Lillesad y Kiefer (1987) citado por Saldaña (2010), manifiestan que las imágenes de satélite pueden interpretarse mediante un análisis visual o en forma digital. Las técnicas de interpretación visual, sirven para evaluar cualitativamente patrones espectrales en la imagen, diferenciando tonalidades, texturas, formas y otras características. Esta técnica tiene desventajas, pues ciertas características espectrales, no son siempre evaluadas, ya que el ojo humano tiene una capacitación limitada para discernir tonalidades similares en la imagen.

Las imágenes de satélite también pueden proporcionar estimaciones de parámetros biofísicos del bosque, tales como el índice de área foliar, o la biomasa, los cuales se encuentran estrechamente relacionadas con algunas de las funciones de los ecosistemas como la productividad primaria neta (Kerr y Ostrovsky, 2003 citado por Castillo, 2009). La mayor parte de los trabajos que estiman la biomasa a partir de imágenes de satélite, han usado únicamente la información espectral de las imágenes, concluyendo que una de las regiones más estrechamente relacionada con esta variable, es la región del infrarrojo medio (Roy y Ravan 1996, Boy *et al.*, 1999, Steininger 2000 y Ingram *et al.*, 2005 citado por Castillo, 2009).

2.1. 3. Marco conceptual

- **Biomasa:** Peso o volumen total de organismos presentes en un área o volumen dados (Gonzales *et al.*, 2006). Peso (o estimación equivalente) de la materia orgánica, por encima y por debajo del suelo (Lino, 2009).
- **Bosques:** Es toda aquella superficie de tierra en donde se hallan creciendo asociaciones vegetales (<http://jemarcano.tripod.com/tipos/index.html>).
- **Carbono:** Elemento químico sólido y no metálico presente en todos los componentes orgánicos y algunos inorgánicos. En su estado puro se encuentra como diamante o grafito. Su símbolo es C y su número atómico es 6 (Lino, 2009).
- **Dióxido de carbono:** Gas incoloro, inodoro y con un ligero sabor ácido. De fórmula CO₂, formado por un átomo de carbono y dos de oxígeno (Lino, 2009).
- **Deforestación:** La deforestación es un proceso provocado generalmente por la

acción humana, en la que se destruye la superficie forestal. Está directamente causada por la acción del hombre sobre la naturaleza, principalmente debido a las talas o quemas realizadas por la industria maderera, así como para la obtención de suelo para la agricultura y ganadería (<http://ecologia10a.blogspot.pe/p/concepto.html>).

- **Emisiones:** Liberación de gases de efecto invernadero (GEI) o sus precursores a la atmósfera en un área y un período de tiempo específico (Gonzales *et al.*, 2006).
- **Pérdida:** La pérdida de biomasa es una de las causas que contribuyen a la contaminación atmosférica y al calentamiento global. Esa eliminación de la biomasa como resultado de incendios forestales y la quema de hojas y otro tipo de restos vegetales se suma a la emisión de gases invernadero como causas principales de la contaminación atmosférica y el calentamiento global (<http://www.cronica.com.mx/notas/2007/278726.html>).
- **Incremento:** Cuando una cantidad variable pasa de un valor inicial a otro valor, se dice que ha tenido un incremento. Para calcular este incremento basta con hallar la diferencia entre el valor final y el inicial (<http://iticalculodiferencial.blogspot.pe/p/41-conceptos-de-incremento-y-de-razon.html>).

2.2. DEFINICIONES OPERACIONALES

En este estudio se planteó como variable independiente la deforestación, teniendo como indicador las superficies deforestadas, cuyo índice fue la ha. Del mismo modo la variable dependiente estuvo representada por la pérdida de biomasa, el cual tuvo como indicadores a la pérdida de captura de CO₂ y las emisiones de CO₂, siendo el índice tC.

2.3. HIPÓTESIS

- Hipótesis de la investigación

El incremento de la deforestación trae consecuencias en la pérdida de biomasa en los bosques de las provincias de la Región Loreto.

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

El tipo de investigación fue descriptivo de nivel básico. Con la información obtenida a través de las imágenes satelitales se cuantificó el incremento de la deforestación y sus consecuencias en la pérdida de biomasa en los bosques de las provincias de la Región Loreto.

3.2. Población y muestra

La población estuvo constituida por las áreas deforestadas y la biomasa de todas las especies forestales con \geq a 10 cm de DAP existentes en los bosques de las provincias de la Región Loreto. La muestra fue igual a la población y por lo tanto no fue necesario el uso de ningún diseño de investigación.

3.3. Técnicas e instrumentos

La técnica que se utilizó para la recolección de datos fue básicamente las imágenes satelitales y el instrumento es la base de datos donde se registró la información de la deforestación y la biomasa.

3.4. Procedimientos de recolección de datos

Para la cuantificación de la deforestación en el presente trabajo de investigación se utilizó la base de datos proporcionado por el Ministerio del Ambiente que maneja el Sistema de Análisis Landsat de Carnegie-Lite (CLASlite) (MINAM, 2014); mientras que para estimar la biomasa se usó la base de datos cartográfica en formato raster de Amazon Basin Aboveground Live Biomass Distribution Map: 1990-2000 (Saatchi *et al.*, 2011) y Estimated carbon dioxide emissions from tropical deforestation improved by carbon-density maps (Baccini *et al.*, 2012), considerados por el IPCC (2003), como reportes de Nivel 1 (TIER 1) y con alto soporte científico.

3.4.1. Procesamiento de la información

- Análisis de deforestación

Se utilizó El Sistema de Análisis Landsat de Carnegie - Lite (CLASlite) proporcionado por el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2014), que es un

paquete de software diseñado para la identificación altamente automatizada de la deforestación y la degradación de bosques a partir de imágenes de satélite de sensores remotos. Ofrece un enfoque de mapeo satelital automatizado para determinar uno de los más importantes componentes de la estructura del bosque: la cobertura fraccional del dosel del bosque, vegetación muerta y superficies expuestas. Estas coberturas fraccionales son las determinantes principales de la composición, estructura, biomasa y procesos biogeoquímicos del ecosistema. El análisis de la cobertura fraccional es el corazón de CLASlite, es lo que lo hace una herramienta poderosa, estable y de base biofísica que permitió un monitoreo de bosques rápido con rastreo de errores (Figura 1). El sistema CLASlite se resume de la siguiente manera:

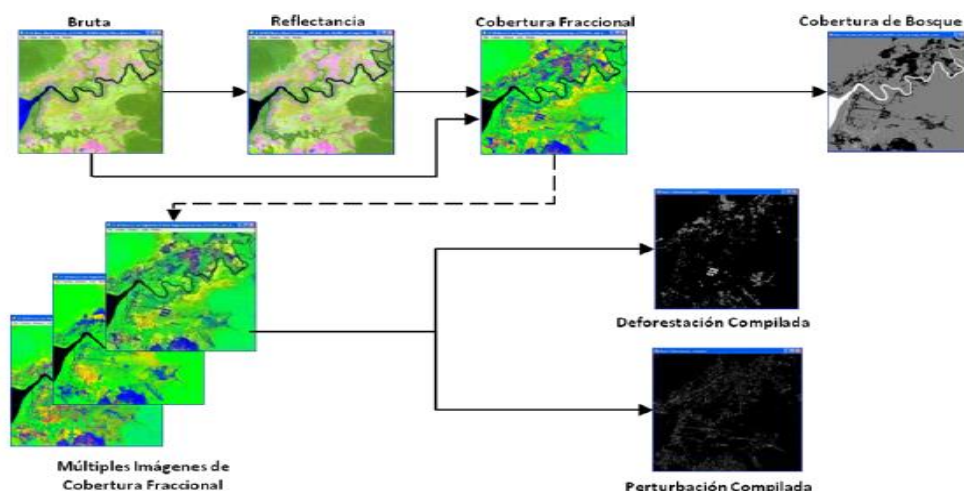


Figura 1. Proceso para la obtención de datos de deforestación mediante el software CLASlite

- Análisis de la biomasa

Amazon Basin Aboveground Live Biomass Distribution Map: 1990-2000 (Saatchi, 2009), es un conjunto de datos que proporciona una imagen que contiene la distribución espacial de la biomasa forestal sobre el suelo de la cuenca del Amazonas. Este producto obtuvieron utilizando una metodología basada en una combinación del mapa de cobertura terrestre, métricas derivadas de sensores remotos y más de 500 parcelas forestales distribuidas en la cuenca (Saatchi *et al.*, 2007). Este mapa de distribución se produjo en ENVI en formato TIFF y contiene la biomasa forestal dividida en 11 clases (Figura 2) a 1 km de resolución espacial

con una precisión razonable (mayor al 70%). Los datos de teledetección y de campo utilizados en este producto fueron recogidos desde el año de 1990 al 2000. El mapa de la biomasa representa la distribución promedio de biomasa sobre la cuenca del Amazonas durante este período.

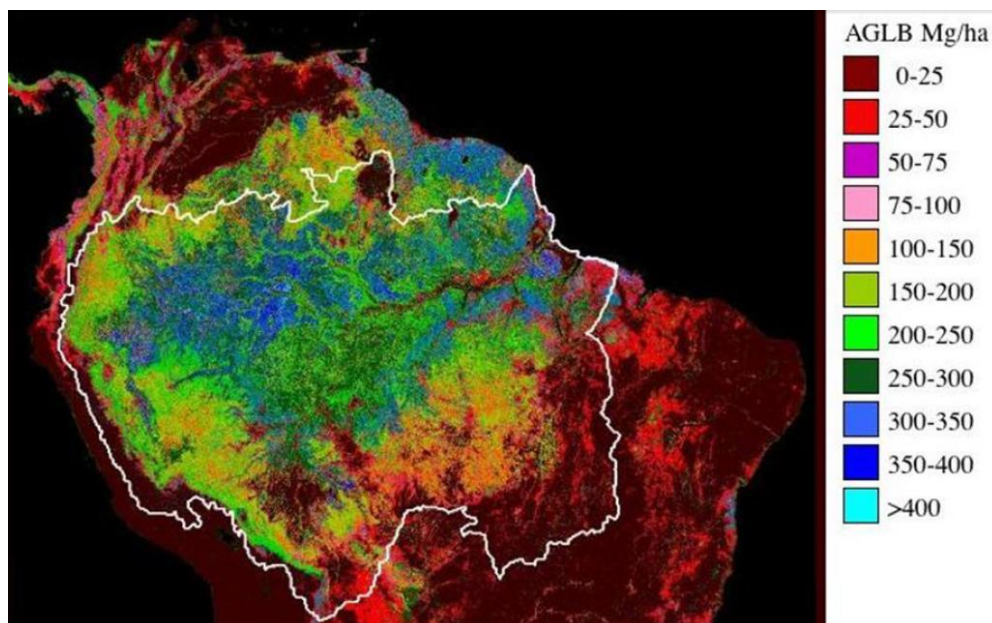


Figura 2. Mapa de Distribución de biomasa en 11 clases

El segundo insumo para este análisis (denomina Estimated carbon dioxide emissions from tropical deforestation improved by carbon-density maps) (Baccini, 2012), permitió estimar la densidad de carbono (Mg C ha^{-1}) sobre el suelo para la vegetación leñosa viva para los pan-tropicos (incluyendo tropicales de África, América y Asia) con una resolución espacial de 500 m utilizando una combinación de datos de sensores remotos y de campo (para la periodo 2007-2008) (Figura 3). En concreto, se utilizó el satélite basado en los datos de **light detection and ranging** (LIDAR) adquiridas a una resolución espacial de 70 m, junto con 500 m de resolución espacial de datos de imágenes multiespectrales calculados a reflectancia y otras capas de datos geospaciales. Usando una calibración multi-escala y mapeo estratégico, se produjo el primer mapa de la biomasa aérea a 500 m de resolución para los pan-tropicos. Las mediciones de campo fueron recogidas de los bosques a través de África tropical, América y Asia (2008-2010) en los puntos de muestra co-ubicada con LIDAR 'huellas'

utilizando un protocolo de muestreo diseñado específicamente para la integración óptima de los datos de campo y de satélite. La forma de onda para las mediciones LIDAR fueron adquiridos por el Altimetro Láser de Geociencias Sistema (GLAS) a bordo del satélite ICESAT de la NASA (ICESat; Ref. 16). Se proporcionaron datos de reflectancia de la superficie por el Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) a bordo de los satélites de la NASA Terra y Aqua y la elevación digital de los datos se obtuvieron como parte de Radar Topography Shuttle de la NASA Mission (SRTM). Sin embargo es importante mencionar que estos nuevos conjuntos de datos de las reservas de carbono sobre la tierra permitirán a los países tropicales satisfacer sus obligaciones de reporte de información (es decir, Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de Nivel 3) con mayor precisión.

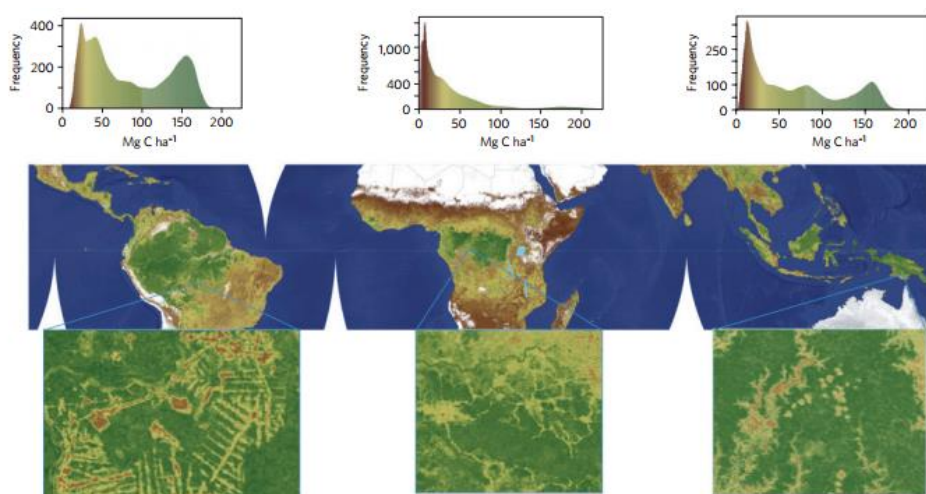


Figura 3. Mapa de carbono

➤ **Cuantificación de la deforestación y pérdida de biomasa para el periodo 2000-2011 en los bosques de las provincias de la Región Loreto**

Para cuantificar la deforestación y pérdida de biomasa de los bosques de las provincias de la Región Loreto se tuvo en cuenta los siguientes pasos que a continuación se detalla:

- Estandarización de la información

Los diferentes formatos utilizados en los datos cartográficos (principalmente los referidos a la biomasa) no pudieron ser analizados de manera eficiente por lo que fue necesario realizar una estandarización de la información.

Teniendo en cuenta que los formatos vectoriales son más flexibles desde el punto de vista de rapidez de análisis (memoria de las computadoras) y mejores para la base de datos, optamos por normalizar la información a este formato. Para la estandarización se hizo uso del software ArcGIS 10.2.2, utilizando el conjunto de herramienta **conversión tool – from raster – raster to polygon**. Con este procedimiento se obtuvieron los valores de biomasa vectorizados.

- Unión espacial de la información.

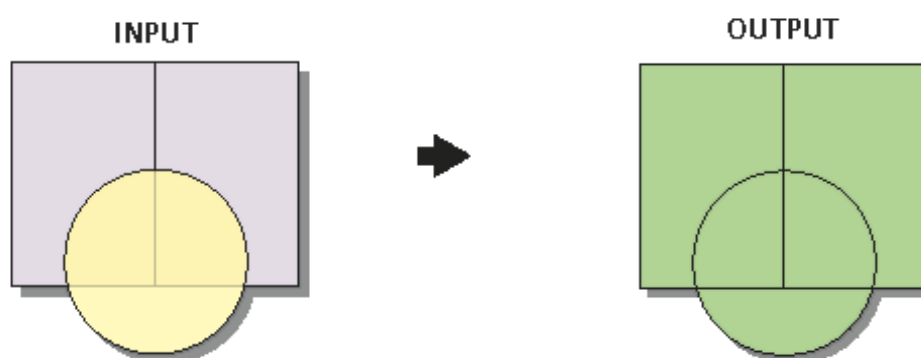


Figura 4. Modelo lógico de unión espacial (ESRI, 2014) donde el círculo de color amarillo representa la información de la deforestación y los rectángulos grises representan la información de biomasa

La información espacial estandarizada permitió sobreponer la información de biomasa al año 2000 (Saatchi, 2009) y biomasa al año 2007 (Baccini, 2012); conjuntamente con la información de deforestación en diferentes periodos entre el año 2000 al 2014 (MINAM, 2014). Ese proceso se logró gracias al uso del conjunto de herramientas del Arctoolbox, **Analysis tools – Overlay – Union** (Figura 4). Con esta unión espacial se estimó los valores de biomasa que se perdieron por cada hectárea de deforestación en los diferentes periodos evaluados.

- Cálculo de la pérdida de biomasa por deforestación

Se calculó el área en hectáreas de cada polígono resultante de la unión de la información de deforestación y biomasa. Teniendo en cuenta que los valores de biomasa para ambos casos (Saatchi *et al.*, 2011 y Baccini *et al.*, 2012) son expresados en toneladas la formula quedó de la siguiente manera:

$$\text{Pérdida de biomasa} = \text{Área deforestara (ha)} * \text{biomasa (toneladas)}$$

Obteniéndose de esta manera el total en peso de biomasa perdido por deforestación expresado en toneladas.

➤ **Cuantificación de carbono y emisiones de CO₂**

La cuantificación de carbono y las emisiones de CO₂ se determinó utilizando la propuesta del IPCC, (2003).

$$C = \text{Biomasa} * 0,5$$

$$\text{CO}_2 = C * K_r$$

$$K_r = 3,66544455 \text{ (Peso atómico total del CO}_2\text{)/(peso atómico del carbono)}$$

$$\text{Peso atómico del carbono} = 12,0011$$

$$\text{Peso atómico del Oxígeno} = 15,9994$$

$$\text{Peso atómico total} = 43,99$$

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. Incremento de la deforestación para el periodo 2000-2014 en los bosques de las provincias de la Región Loreto

En el cuadro 1 se presenta la deforestación por periodo en los bosques de las provincias de la región Loreto, en la cual se puede observar que juntas suman en total 294 793,18 ha; de las cuales la provincia Alto Amazonas muestra el más alto valor de deforestación con 78 878,83 ha que representa el 26,76% del total; mientras que menor valor reporta la provincia Putumayo con 7879,41 ha que constituye el 2,67%. Además, en preciso indicar que el periodo 2005-2009 reporta la mayor cantidad de deforestación para las provincias de la Región Loreto con 103 059,54 ha (34,96%) y menor cantidad alcanzó el periodo comprendido entre los años 2009-2010 con 18 629,16 ha (6,71%). De igual manera en la figura 5 también se puede apreciar en forma gráfica la deforestación ocurrida en los bosques de las diferentes provincias de la Región Loreto según los periodos evaluados en el presente estudio.

Cuadro 1. Deforestación por periodo en los bosques de las provincias de la Región Loreto

Periodo	DEFORESTACION POR PROVINCIAS								Total
	Alto Amazonas	Datem Del Maraón	Loreto	Mariscal Ramón Castilla	Maynas	Putumayo	Requena	Ucayali	
2000-2005	22490,39	9443,72	5788,60	7974,15	13713,65	1214,93	4999,79	12646,65	78271,89
2005-2009	17578,52	12720,85	6382,52	15832,78	13106,48	4639,05	10235,18	22564,15	103059,54
2009-2010	7927,40	2131,24	1353,37	4460,53	1244,46	499,64	1012,53	1164,02	19793,17
2010-2011	14101,37	2115,19	1560,83	2866,28	6584,88	399,76	3246,17	1580,93	32455,40
2011-2013	9525,37	1677,02	1953,71	5865,66	3225,53	480,48	2812,45	9322,33	34862,55
2013-2014	7255,76	3292,49	1394,36	4220,64	2234,70	645,54	1736,87	5570,25	26350,63
Total	78878,83	31380,50	18433,39	41220,03	40109,70	7879,41	24042,99	52848,33	294793,18

El incremento de la deforestación por periodo en los bosques de las provincias de la Región Loreto se muestra en el cuadro 2, donde se puede verificar que la provincia Alto Amazonas reporta el más alto valor con 78 878,83 ha para el periodo final comprendido entre el año 2013-2014, mientras que el menor valor para el mismo periodo reporta la provincia Putumayo con 7879,41 ha.

Asimismo, es posible aseverar que para el periodo 2000-2005 continúa la provincia Alto Amazonas reportando el más alto valor de deforestación con 22 490,39 ha y menor valor muestra la provincia Putumayo con 1214,93 ha.

Cuadro 2. Incremento de la deforestación por periodo en los bosques de las provincias de la Región Loreto

Periodo	INCREMENTO DE LA DEFORESTACION POR PROVINCIAS							
	Alto Amazonas	Datem Del Marañón	Loreto	Mariscal Ramón Castilla	Maynas	Putumayo	Requena	Ucayali
2000-2005	22490,39	9443,72	5788,60	7974,15	13713,65	1214,93	4999,79	12646,65
2005-2009	40068,91	22164,57	12171,13	23806,93	26820,13	5853,99	15234,97	35210,80
2009-2010	47996,32	24295,81	13524,50	28267,46	28064,59	6353,62	16247,50	36374,81
2010-2011	62097,69	26410,99	15085,32	31133,74	34649,47	6753,39	19493,67	37955,74
2011-2013	71623,06	28088,01	17039,03	36999,39	37875,00	7233,87	22306,11	47278,07
2013-2014	78878,83	31380,50	18433,39	41220,03	40109,70	7879,41	24042,99	52848,33

En la figura 6 se muestra las tasas de deforestación de los bosques por provincias de la Región Loreto, en la cual se puede observar que el más alto valor reporta

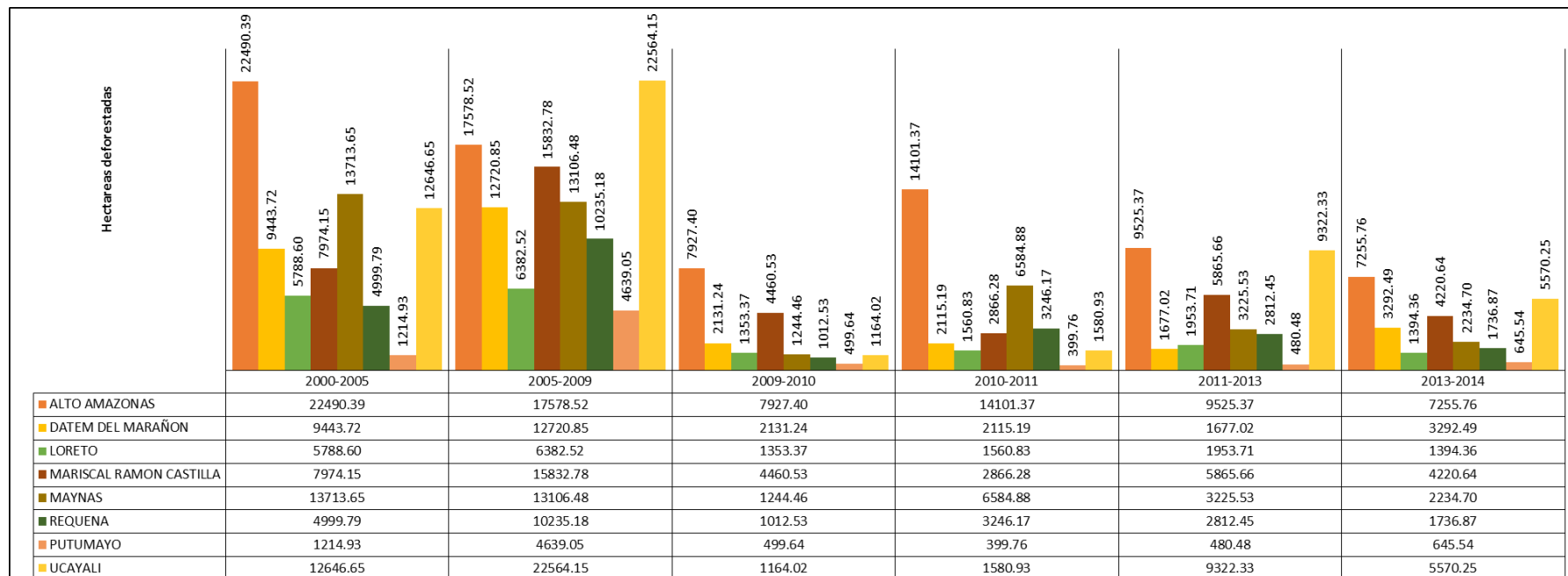


Figura 5. Deforestación en los bosques de las provincias de la Región Loreto para el periodo 2000-2014

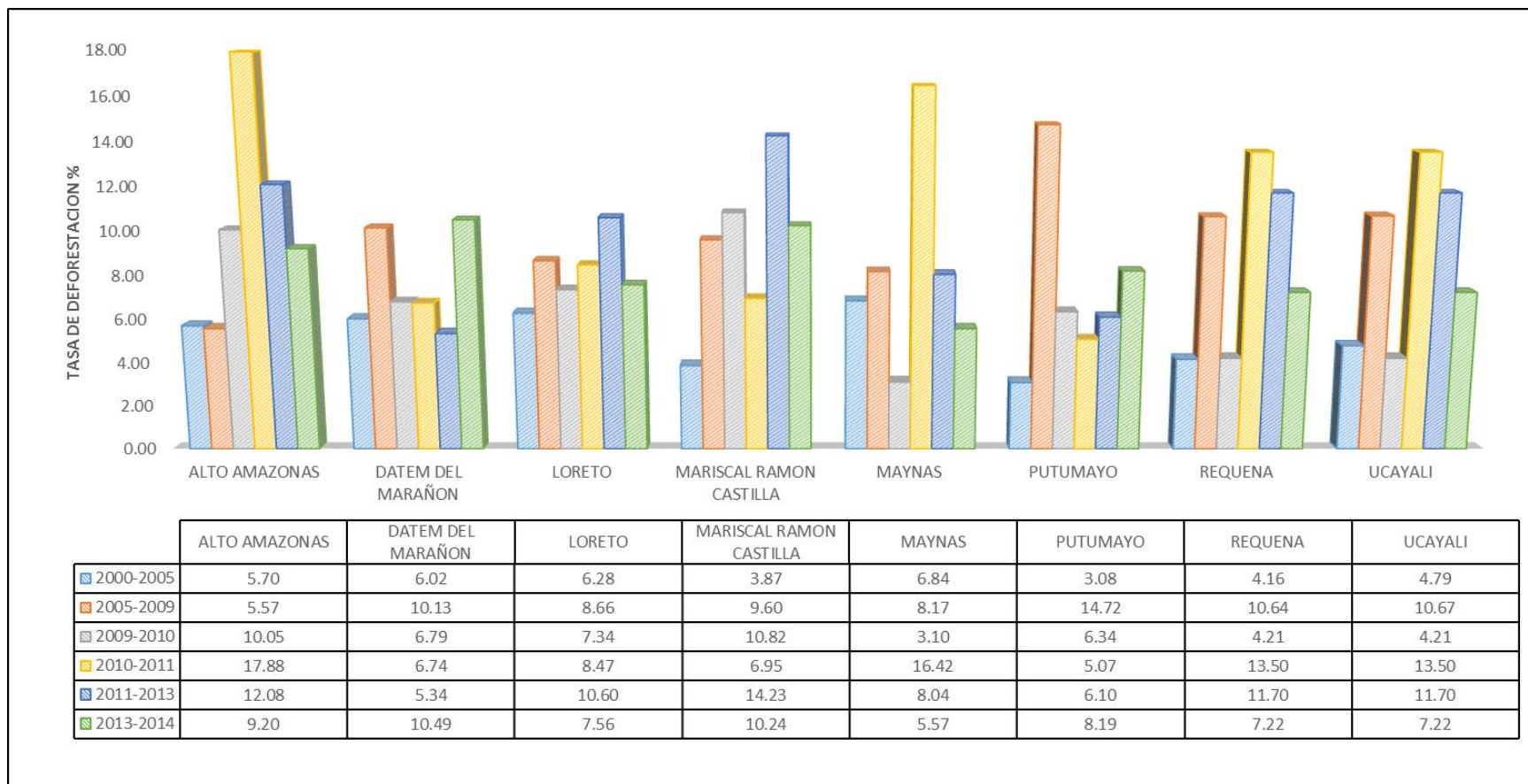


Figura 6. Tasas de deforestación de los bosques por provincias de la Región Loreto para el periodo 2000-2014

4.2. Pérdida de biomasa por deforestación para el periodo 2005-2014 en los bosques de las provincias de la Región Loreto

La pérdida de biomasa por deforestación en los bosques de las provincias de la Región Loreto según Saatchi *et al.* (2011), se presenta en el cuadro 3, donde es posible verificar que juntas reportan 51' 230 556,52 toneladas de biomasa pérdida, de las cuales la provincia Alto Amazonas exhibe el mayor valor con 11' 860 190,11 toneladas que representa el 23,15% del total para el periodo 2005-2014; mientras que la provincia del Putumayo muestra el menor valor con 1' 718 628,28 toneladas que constituye el 3,35%. Del mismo modo, en la figura 7 también se puede apreciar la pérdida de biomasa por deforestación en los bosques de las provincias de la Región Loreto, donde la provincia Ucayali ostenta el más alto valor para el periodo 2005-2009 con 5' 246 223,38 toneladas que constituye el 55,42% para dicha provincia y menor valor exhibe la provincia del Putumayo para el periodo 2010-2011 con 112 949,27 toneladas que representa el 0,66% para la mencionada provincia.

En el cuadro 4 se muestra la pérdida de biomasa por deforestación en los bosques de las provincias de la Región Loreto según Baccini *et al.* (2012), en la cual se puede observar que juntas suman en total 48' 954 072,59 toneladas de biomasa pérdida, de las cuales la provincia Alto Amazonas reporta el más alto valor con 12' 788 384,09 toneladas que constituye el 26,12% del total para el periodo 2005-2014; mientras que la provincia del Putumayo exhibe el menor valor con 1' 788 156,84 toneladas que representa el 3,65%. También se puede identificar la pérdida de biomasa por deforestación en los bosques de las provincias de la Región Loreto en la figura 8, en la cual es posible verificar que la provincia Mariscal Ramón Castilla revela el mayor valor para el periodo 2005-2009 con 3' 978 373,96 toneladas que representa el 45,81% para la mencionada provincia y menor valor presenta la provincia del Putumayo para el periodo 2011-2013 con 94 220,28 toneladas que constituye el 5,27%.

Cuadro 3. Pérdida de biomasa por deforestación en toneladas de los bosques de las provincias de la Región Loreto (Saatchi *et al.*, 2011)

Periodo	Biomasa pérdida por deforestación en provincias (Saatchi <i>et al.</i> , 2011)								Total
	Alto Amazonas	Datem del Maraón	Loreto	Mariscal Ramón Castilla	Maynas	Putumayo	Requena	Ucayali	
2005-2009	3757342,38	2521401,30	1636322,57	4269636,96	3345833,34	1192729,80	2469110,87	5246223,38	24438600,59
2009-2010	1656076,30	494632,73	338894,88	1253296,77	329297,42	127724,32	243933,01	284165,358	4728020,79
2010-2011	2957220,34	427004,56	351979,79	750564,49	1780242,79	112949,27	788759,65	386532,388	7555253,27
2011-2013	2009578,24	361336,44	496786,68	1546239,84	764427,21	129123,74	727377,61	2163365,41	8198235,16
2013-2014	1479972,85	763597,64	354639,94	1147167,03	580224,08	156101,15	442278,51	1386465,49	6310446,71
Total	11860190,11	4567972,67	3178623,87	8966905,09	6800024,84	1718628,28	4671459,66	9466752,02	51230556,52

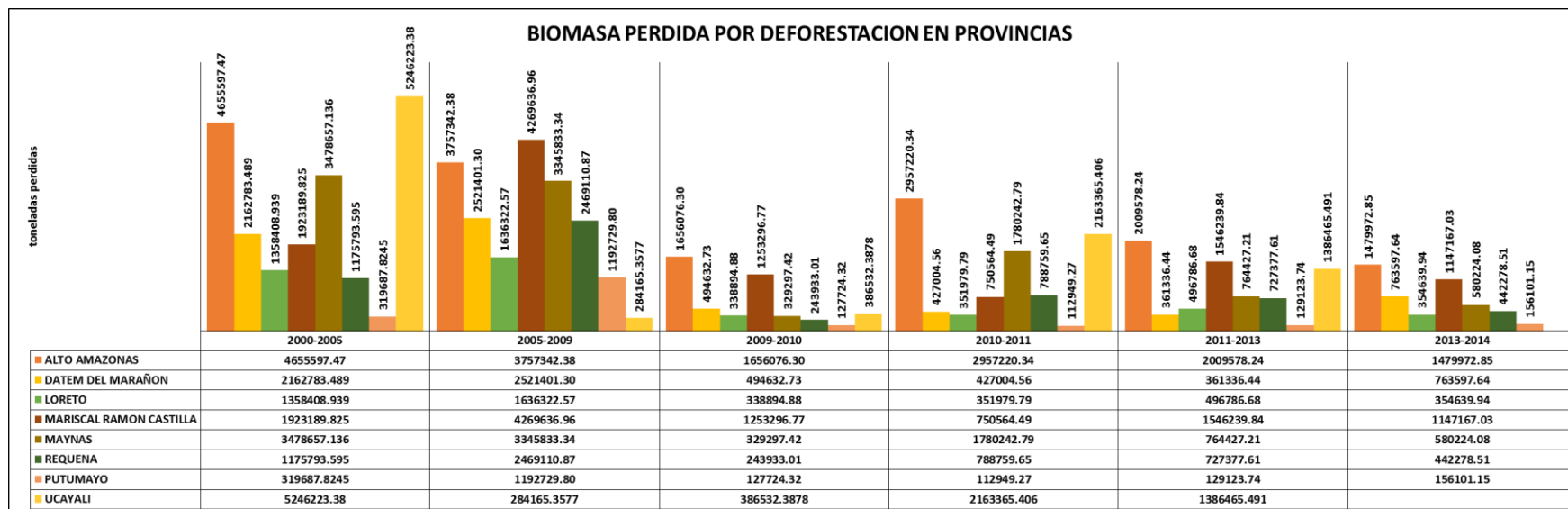


Figura 7. Pérdida de biomasa por deforestación en toneladas de los bosques de las provincias de la Región Loreto (Saatchi *et al.*, 2011)

Cuadro 4. Pérdida de biomasa por deforestación en toneladas de los bosques de las provincias de la Región Loreto (Baccini *et al.*, 2012)

Periodo	Biomasa pérdida por deforestación en provincias (Baccini <i>et al.</i> , 2012)								Total
	Alto Amazonas	Datem Del Maraón	Loreto	Mariscal Ramón Castilla	Maynas	Putumayo	Requena	Ucayali	
2005-2009	3730839,58	3393334,32	1720102,82	3978373,96	3347937,09	265203,93	1136656,41	2611006,27	20183454,38
2009-2010	1761383,97	538366,71	366727,74	1191214,86	290589,15	1193161,51	2611006,27	257819,423	8210269,63
2010-2011	3217429,03	521206,64	316912,37	735210,57	1408233,77	122411,08	257819,42	701435,584	7280658,46
2011-2013	2391093,67	422172,95	486455,67	1607587,54	864651,99	94220,28	701435,58	798916,563	7366534,25
2013-2014	1687637,85	750604,25	367297,73	1171831,25	579449,12	113160,04	798916,56	444259,075	5913155,88
Total	12788384,09	5625684,87	3257496,32	8684218,17	6490861,13	1788156,84	5505834,25	4813436,92	48954072,59

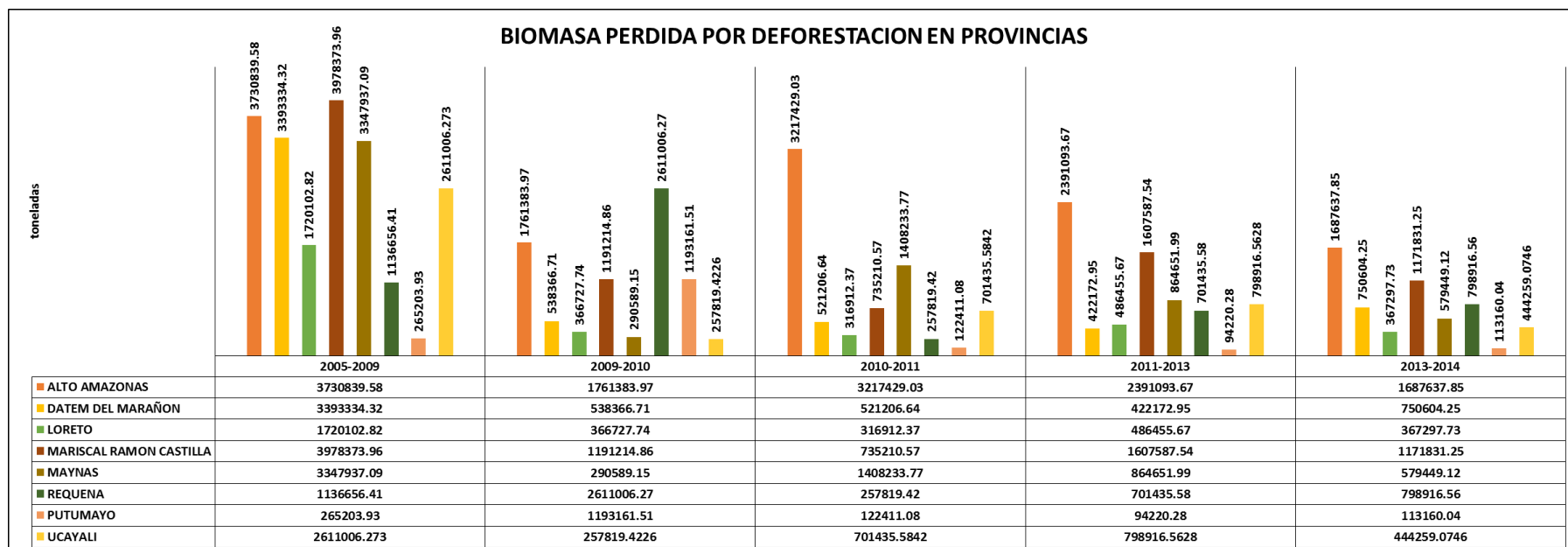


Figura 8. Pérdida de biomasa por deforestación en toneladas en los bosques de las provincias de la Región Loreto (Baccini *et al.*, 2012)

4.3. Carbono perdido por deforestación para el periodo 2000-2014 en los bosques de las provincias de la Región Loreto

4.3.1. Carbono perdido por deforestación (Saatchi *et al.*, 2011)

La cantidad de carbono perdido por deforestación en los bosques de las provincias de la Región Loreto se presenta en el cuadro 5, en la cual se puede comprobar que las ocho provincias reportan en total 25' 615 278,26 tC de carbono. Además, el más alto valor de carbono perdido por deforestación muestra la provincia Alto Amazonas con 5' 930 095,05 tC que representa el 23,15% del total; mientras que la provincia Putumayo alcanzó el menor valor con 859 314,14 tC que constituye el 3,35%. Asimismo, en la figura 9 se exhibe también la cantidad de carbono perdido por deforestación, donde es posible verificar que la provincia Ucayali muestra mayor valor para el periodo 2005-2009 con 2' 623 111,69 tC que representa el 55,42% y menor valor reporta la provincia Putumayo para el periodo comprendido entre el 2010-2011 con 56 474,63 tC que constituye el 6,57%.

4.3.2. Carbono perdido por deforestación (Baccini *et al.*, 2012)

En el cuadro 6 se muestra la cantidad de carbono perdido por deforestación en los bosques de las ocho provincias de la Región Loreto, donde es posible verificar que juntas suman en total 26' 438 416,41 tC de carbono. También, es preciso indicar que la provincia Alto Amazonas reporta el mayor valor de carbono perdido con 6' 394 192,05 tC que representa el 24,19% del total; mientras que menor valor obtuvo la provincia Putumayo con 836 366,73 tC que constituye el 3,16%. Del mismo modo, en la figura 10 se muestra la cantidad de carbono perdido por deforestación, en la cual se puede comprobar que la provincia Ucayali exhibe el más alto valor de carbono para el periodo 2005-2009 con 2' 623 883,66 tC que representa el 54,98% para la mencionada provincia y menor valor adquirió la provincia Putumayo para el periodo 2010-2011 con 47 110,14 tC que constituye el 5,63%.

Cuadro 5. Carbono perdido por deforestación en toneladas en los bosques de las provincias de la Región Loreto (Saatchi *et al.*, 2011)

Periodo	Carbono perdido por deforestación en provincias (Saatchi <i>et al.</i> , 2011)								Total
	Alto Amazonas	Datem Del Marañón	Loreto	Mariscal Ramón Castilla	Maynas	Putumayo	Requena	Ucayali	
2005-2009	1878671,19	1260700,65	818161,28	2134818,48	1672916,67	596364,90	1234555,43	2623111,69	12219300,29
2009-2010	828038,15	247316,36	169447,44	626648,38	164648,71	63862,16	121966,51	142082,679	2364010,40
2010-2011	1478610,17	213502,28	175989,90	375282,24	890121,40	56474,63	394379,83	193266,194	3777626,64
2011-2013	1004789,12	180668,22	248393,34	773119,92	382213,60	64561,87	363688,81	1081682,7	4099117,58
2013-2014	739986,43	381798,82	177319,97	573583,52	290112,04	78050,58	221139,26	693232,746	3155223,35
Total	5930095,05	2283986,33	1589311,93	4483452,54	3400012,42	859314,14	2335729,83	4733376,01	25615278,26

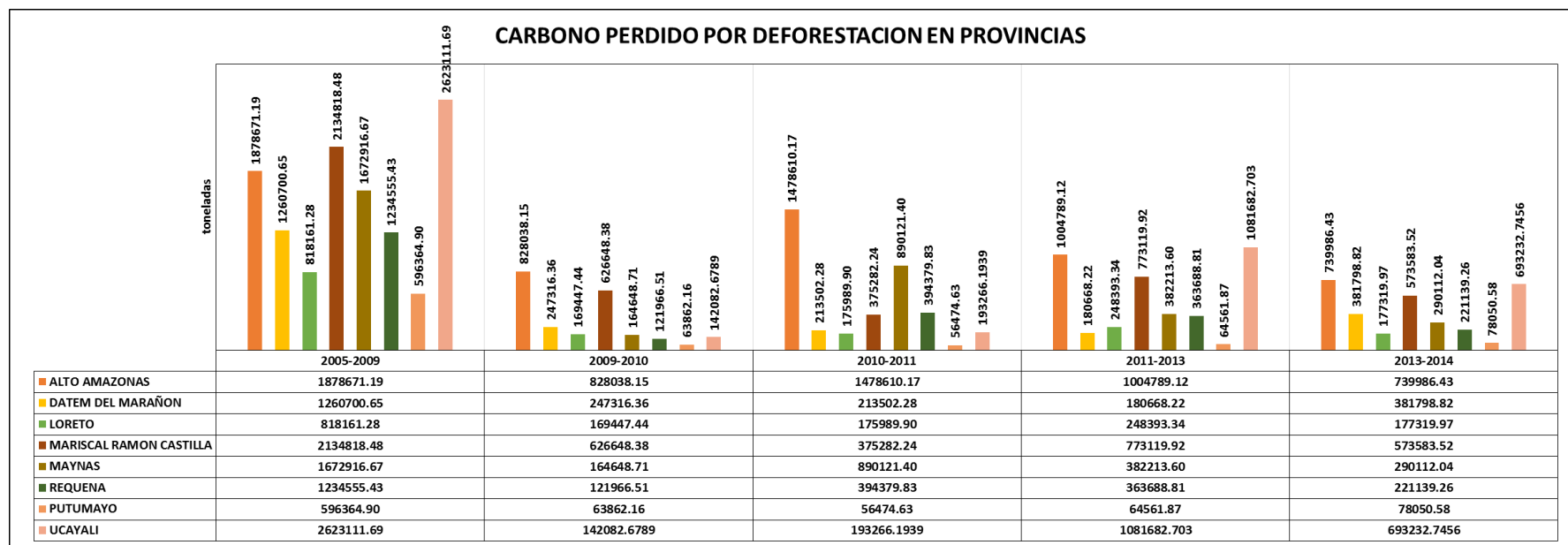


Figura 9. Carbono perdido por deforestación en toneladas en los bosques de las provincias de la Región Loreto (Saatchi *et al.*, 2011)

Cuadro 6. Carbono perdido por deforestación en toneladas en los bosques de las provincias de la Región Loreto (Baccini *et al.*, 2012)

Periodo	Carbono perdido por deforestación en provincias (Baccini <i>et al.</i> , 2012)								Total
	Alto Amazonas	Datem Del Maraón	Loreto	Mariscal Ramón Castilla	Maynas	Putumayo	Requena	Ucayali	
2005-2009	1865419,79	1696667,16	860051,41	1989186,98	1673968,55	596580,76	1305503,14	2623883,66	12611261,43
2009-2010	880691,98	269183,35	183363,87	595607,43	145294,58	61205,54	128909,71	137152,181	2401408,64
2010-2011	1608714,51	260603,32	158456,18	367605,28	704116,89	47110,14	350717,79	192591,143	3689915,26
2011-2013	1195546,83	211086,48	243227,83	803793,77	432326,00	56580,02	399458,28	1099899,09	4441918,29
2013-2014	843818,93	375302,13	183648,86	585915,63	289724,56	74890,27	222129,54	718482,859	3293912,77
Total	6394192,05	2812842,43	1628748,16	4342109,09	3245430,56	836366,73	2406718,46	4772008,92	26438416,41

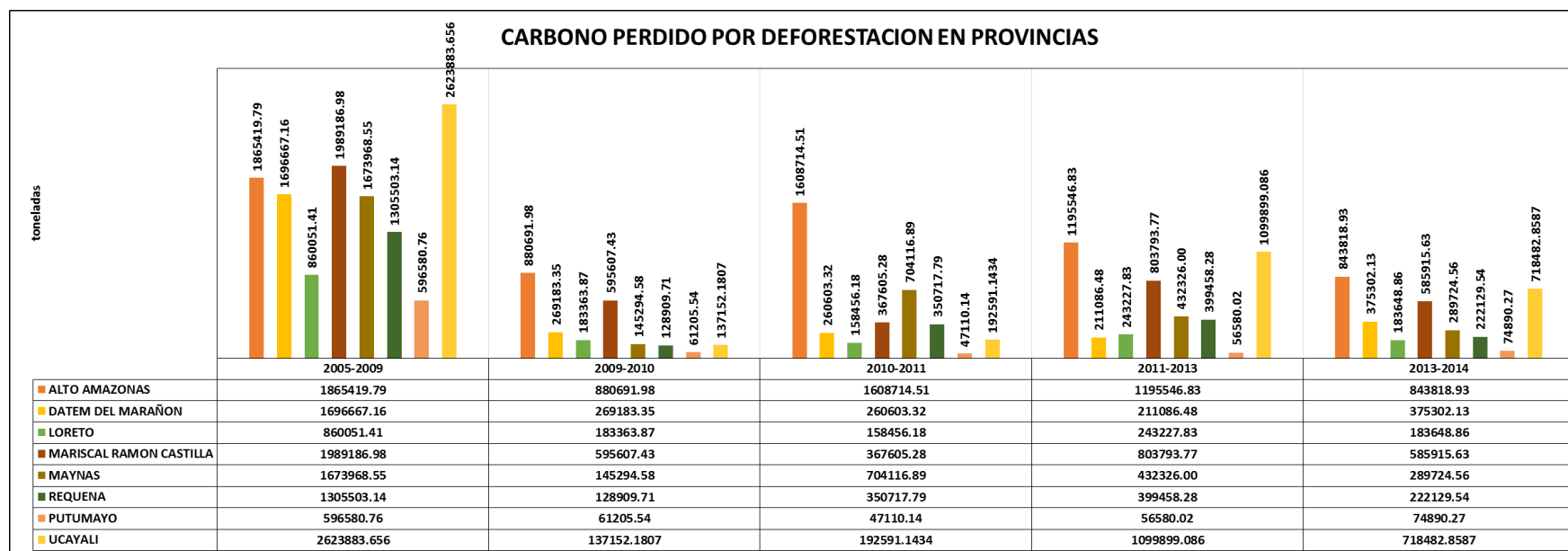


Figura 10. Carbono perdido por deforestación en toneladas en los bosques de las provincias de la Región Loreto (Baccini *et al.*, 2012)

4.4. Emisiones de CO₂ por deforestación para el periodo 2000-2014 en los bosques de las provincias de la Región Loreto

4.4.1. Emisiones de CO₂ por deforestación (Saatchi *et al.*, 2011)

En el cuadro 7 se muestra las emisiones de CO₂ por deforestación en los bosques de las ocho provincias de la Región Loreto, el mismo que asciende a un total de 93' 879 994,83 tC. Asimismo, cabe indicar que la provincia Alto Amazonas reporta el mayor valor con 21' 733 798,37 tC que representa el 23,15% del total; mientras que menor valor presenta la provincia Putumayo con 3' 149 386,32 tC que constituye el 3,35%. De igual manera, en la figura 11 se exhibe las emisiones de CO₂ por deforestación, en la cual se puede apreciar que la provincia Ucayali es la que ostenta el más alto valor con 9' 613 704,34 tC para el periodo comprendido entre el 2005-2009 que constituye el 55,42% y menor valor expone la provincia Putumayo para el periodo correspondiente al 2010-2011 con 206 979,53 tC que representa el 6,57%.

4.4.2. Emisiones de CO₂ por deforestación (Baccini *et al.*, 2012)

Las emisiones de CO₂ por deforestación en los bosques de las ocho provincias de la Región Loreto se presenta en el cuadro 8, en la cual se puede observar que juntas suman en total 96' 896 796,13 tC. Además, es posible aseverar que la provincia Alto Amazonas alcanzó el más alto valor con 23' 434 713,85 tC que representa el 24,19% del total; mientras que la provincia Putumayo reporta el menor valor con 3' 065 284,08 tC que constituye el 3,16%. Del mismo modo, las emisiones de CO₂ por deforestación también se muestra en la figura 12, en la cual es posible comprobar que la provincia Ucayali es la que reporta el mayor valor con 9' 616 533,60 tC para el periodo comprendido entre el 2005-2009 que representa el 54,98%; mientras que la provincia Putumayo ostenta el menor valor para el periodo 2010-2011 con 172 658,67 tC que constituye el 5,63%.

Cuadro 7. Emisiones de CO₂ por deforestación en toneladas en los bosques de las provincias de la Región Loreto (Saatchi *et al.*, 2011)

Periodo	Emisiones de CO ₂ por deforestación en provincias (Saatchi <i>et al.</i> , 2011)								Total (tC)
	Alto Amazonas	Datem Del Marañón	Loreto	Mariscal Ramón Castilla	Maynas	Putumayo	Requena	Ucayali	
2005-2009	6885329.90	4620467.89	2998561.11	7824109.73	6131239.59	2185677.36	4524645.67	9613704.34	44783735.58
2009-2010	3034759.83	906414.47	621024.87	2296666.32	603437.53	234054.81	447007.25	520733.02	8664098.10
2010-2011	5419106.27	782485.86	645002.97	1375409.42	3262294.91	206979.53	1445402.06	708320.60	13845001.62
2011-2013	3682552.12	662149.03	910361.59	2833484.51	1400812.85	236619.26	1332919.48	3964367.11	15023265.94
2013-2014	2712050.25	1399292.67	649877.70	2102183.59	1063260.63	286055.36	810475.38	2540698.01	11563893.59
Total	21733798.37	8370809.91	5824828.24	16431853.57	12461045.52	3149386.32	8560449.83	17347823.08	93879994.83

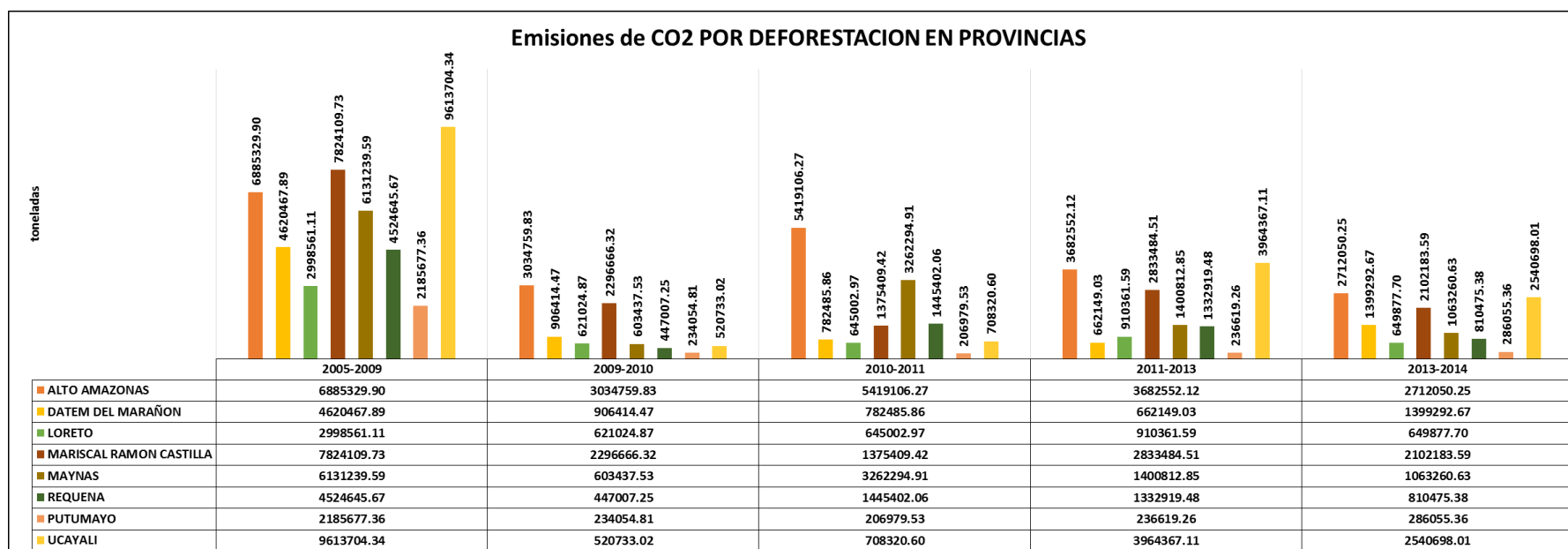


Figura 11. Emisiones de CO₂ por deforestación en toneladas en los bosques de las provincias de la Región Loreto (Saatchi *et al.*, 2011)

Cuadro 8. Emisiones de CO₂ por deforestación en toneladas en los bosques de las provincias de la Región Loreto (Baccini *et al.*, 2012)

Periodo	Emisiones de CO ₂ por deforestación en provincias (Baccini <i>et al.</i> , 2012)								Total (tC)
	Alto Amazonas	Datem Del Marañón	Loreto	Mariscal Ramón Castilla	Maynas	Putumayo	Requena	Ucayali	
2005-2009	6836763,52	6218285,14	3152088,42	7290370,28	6135094,72	2186468,48	4784668,99	9616533,60	46220273,16
2009-2010	3227736,12	986556,99	672028,58	2182901,22	532504,62	224318,31	472454,09	502662,74	8801162,67
2010-2011	5895938,69	955111,16	580741,91	1347273,37	2580588,39	172658,67	1285380,71	705846,54	13523539,44
2011-2013	4381679,14	773631,93	891430,01	2945904,17	1584474,77	207365,77	1464014,60	4031130,15	16279630,55
2013-2014	3092596,37	1375482,29	673073,08	2147380,77	1061840,52	274472,86	814104,75	2633239,68	12072190,32
Total	23434713,85	10309067,52	5969362,01	15913829,81	11894503,02	3065284,08	8820623,15	17489412,71	96896796,13

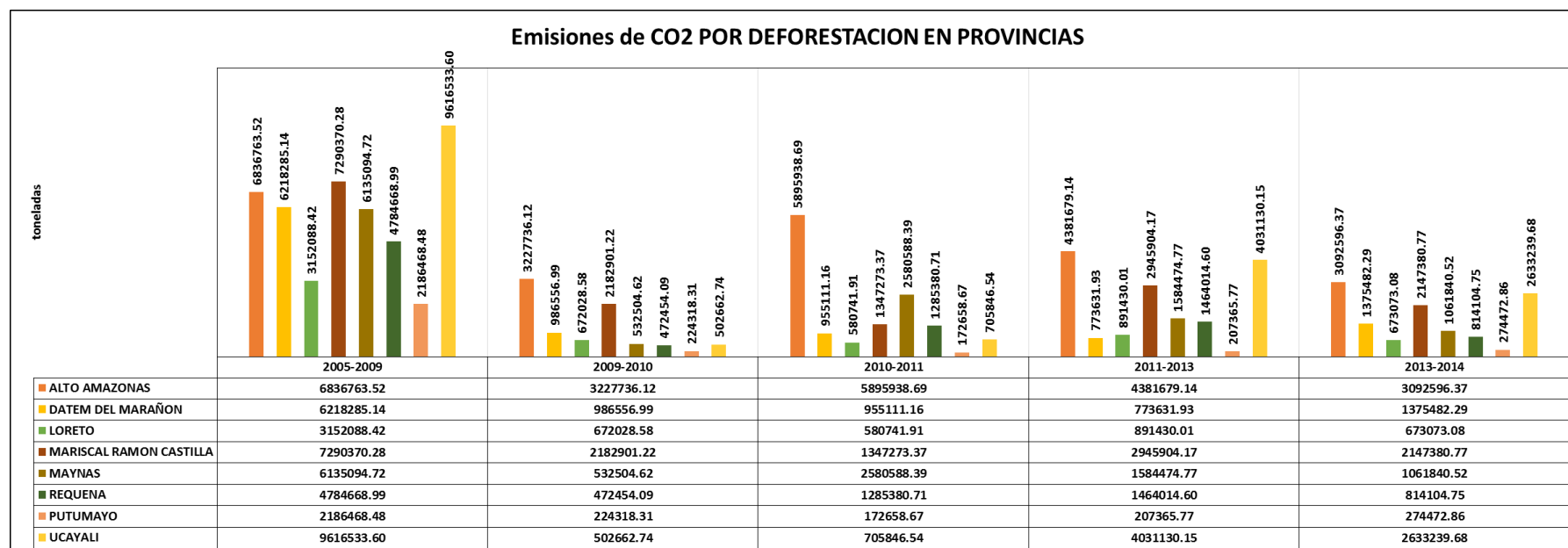


Figura 12. Emisiones de CO₂ por deforestación en toneladas en los bosques de las provincias de la Región Loreto (Baccini *et al.*, 2012)

CAPITULO V

DISCUSIÓN

5.1. Incremento de la deforestación para el periodo 2000-2014 en los bosques de las provincias de la Región Loreto

Es común confundir la intervención al bosque con la deforestación, es así que en el primer caso, lo que se produce es una degradación de la estructura del bosque con sus impactos negativos en el suelo, agua y biodiversidad, pero sin la pérdida del bosque tropical, mientras que la deforestación es el cambio continuo en el uso de la tierra caracterizado por la pérdida del bosque tropical (Condoy y Silva, 2006).

Tratando de precisar el concepto de deforestación, normalmente a este se le asocia con el cambio de uso del suelo. Sin embargo, aun cuando no haya cambio de uso del suelo, la intervención en el bosque por la extracción de madera puede ocasionar alteraciones sustanciales en la composición y estructura del mismo, que rompen su capacidad de absorber las perturbaciones del entorno. Este fenómeno puede ser descrito como parte del proceso de deforestación y, por lo tanto, es correcto considerar dichas superficies alteradas como áreas deforestadas. En un sentido más estricto, cuando a un ecosistema forestal se le extrae un volumen superior al que puede reponer (crecimiento natural), se puede decir que hay deforestación. De este modo, el grado mínimo de deforestación está dado por el crecimiento natural del bosque, mientras que el cambio de uso del suelo representa el máximo grado de deforestación (Condoy y Silva, 2006).

Las ocho provincias de la Región Loreto presentan en total 294 793,18 ha de área deforestada para el periodo comprendido entre los años 2000-2014 (Cuadro 1). Además, se puede afirmar que la provincia Alto Amazonas muestra el más alto valor de deforestación con 78 878,83 ha que representa el 26,76% del total, le sigue en importancia la provincia Ucayali con 52 848,33 ha deforestadas que representa el 17,93%, le sigue en importancia la provincia Mariscal Ramón Castilla con 41 220,03 ha deforestadas que constituye el 13,98%, continúa la provincia de Maynas con 40 109,70 ha deforestadas que representa el 13,61% y finalmente le corresponde a la provincia Datem Del Marañón con 31 380,50 ha deforestadas el cual asciende a 10,64% de la superficie total; asimismo, las provincias que reportan menor valor de deforestación están representados por Requena con 24 042,99 ha, Loreto con 18 433.39 ha y

Putumayo con 7879,41 ha; los cuales representan el 8,16%, 6,25% y 2,67% del total de la superficie deforestada respectivamente. Según el IIAP citado por Mesía (2015), señala para un estudio sobre deforestación en el eje vial Iquitos-Nauta, que la deforestación para los años comprendidos entre el 2000 al 2014 asciende a 270 418,37 ha, de los cuales 56 519,38 ha le corresponde al año 2000; 66 143,62 ha muestra el año 2005; 71 520,17 ha exhibe el año 2010 y 76 235,20 ha presenta el año 2014. Además, señala que el incremento de la deforestación asciende a 9624,24 ha para los años 2000-2005, 5376,55 ha le pertenece a los años 2005-2010 y finalmente 4715,03 ha le concierne a los años 2010-2014; también, indica que el incremento de áreas deforestadas tiene una tendencia lineal; mientras que PROFONANPE (2007), reporta para un inventario realizado en las cuencas de los ríos Pastaza y Morona 70 587 ha deforestadas, que representa el 4,07% del área evaluada. Estos resultados resultan ser diferentes al compararse con los obtenidos en el presente estudio.

En la figura 5, se puede verificar que la provincia Alto Amazonas presenta el mayor valor de deforestación para los años comprendidos entre el 2000-2005 con 22 490,39 ha que representa el 28,51% para la mencionada provincia; mientras que el menor valor alcanzó la provincia Putumayo para los años 2010-2011 con 399,76 ha que constituye el 5,07% para la referida provincia. Asimismo, cabe indicar que las ocho provincias muestran el más alto valor de deforestación para los años comprendidos entre el 2005-2009 con 103 059,54 ha que representa el 34,96% del área total y menor valor exhiben los años comprendidos entre el 2009-2010 con 19 793,17 ha que constituye el 6,71% respectivamente. Estos resultados podría atribuirse a los grandes problemas que afronta el recurso forestal en nuestra región como es el de estar sometido a constante presión y depredación, como consecuencia de malas prácticas agropecuarias y de la venta ilegal de madera, siendo los responsables algunos campesinos que urgidos por la pobreza arremeten contra los bosques en busca de nuevas áreas de cultivo o comerciantes que hacen caso omiso de las leyes que prohíben el tráfico de madera, ocasionando como tal la disminución de la cobertura vegetal en la provincia del Alto Amazonas. Según FAO (1999) citado por Saldaña (2010), asevera que el crecimiento demográfico, la demanda, la expansión y la sobre-explotación del uso de las tierras con fines agrícolas están provocando una serie de trastornos al ecosistema, debido a que éstas actividades producen un cambio en la cobertura del suelo y por ende se incrementa la deforestación. PNUMA y SEMARNAT, indican que las causas principales de

deforestación incluyen el desarrollo del sistema de transporte carretero, los incentivos del gobierno para la agricultura, el financiamiento de proyectos a gran escala tales como presas hidráulicas y explotación de la tierra.

En el Perú, la superficie deforestada entre 1985-1990 fue de 261.000 ha/año; en base a este dato, se estimó que la superficie deforestada al año 2000 sería de 10,5 millones de ha; sin embargo, al actualizar el mapa forestal (2000), se tenían 7,3 millones de ha; y con el Proyecto PROCLIM (2005 citado por Saldaña, 2010), se confirma la superficie de 7,2 millones de ha. Esta superficie deforestada, representa el 9,25% de la superficie amazónica peruana y el 5% del territorio nacional. El promedio anual de deforestación entre los años 1990 y 2000, encontrado es de 149 631 ha/año (PROCLIM-INRENA, 2005 citado por Saldaña, 2010). De acuerdo con estimaciones de la FAO, la deforestación a nivel mundial fue de 8,3 millones ha/año para el periodo 1990-2000 y de 5,5 millones ha/año para el periodo 2005-2010 (Miranda, 2013).

El incremento de la deforestación por periodo de las provincias de la Región Loreto se muestra en el cuadro 2, en la cual se puede observar que la deforestación varía tanto entre periodos como entre las provincias evaluadas, notándose claramente que la provincia Alto Amazonas muestra el mayor valor con 78 878,83 ha para el periodo comprendido entre los años 2000-2014, continúa la provincia Ucayali con 52 848,33 ha, le sigue en importancia la provincia Mariscal Ramón Castilla con 41 220,03 ha, continúa la provincia Maynas con 40 109,70 ha, luego le corresponde a la provincia Datem Del Marañón con 31 380,50, seguidamente le concierne a la provincia Requena con 24 042,99, posteriormente le compete a la provincia Loreto con 18 433,39 ha y por último le incumbe a la provincia Putumayo con 7879,41 ha. Asimismo, la provincia Alto Amazonas reporta el mayor valor para el periodo comprendido entre los años 200-2005 con 22 490,39 ha y menor valor exhibe la provincia putumayo con 1214,93 ha.

En la figura 6 se presenta las tasas de deforestación por provincias de la Región Loreto, donde se puede verificar que la provincia Alto Amazonas muestra la mayor tasa con respecto a las ocho provincias evaluadas con 17,88% para el periodo 2010-2011, continúa la provincia Maynas con 16,42% para el periodo 2010-2011, le sigue en importancia la provincia Putumayo con 14,72% para el periodo 2005-2009, luego le concierne a la provincia Mariscal Ramón Castilla con 14,23% para el periodo 2011-2013, seguidamente le corresponde a la provincia Requena y Ucayali con 13,50% para

el periodo 2010-2011 respectivamente, inmediatamente después le incumbe a la provincia Loreto con 10,60% para el periodo 2011-2013 y finalmente le atañe a la provincia Daten Del Marañón con 10,49% para el periodo 2013-2014.

Los resultados conseguidos en el presente estudio estarían referidos a causas de la tala, la conversión del bosque a la agricultura y a la cría de ganado, la urbanización y la construcción de infraestructura entre los más importantes. Para Miranda (2013) citado por Mesía (2015), señala que la deforestación es el proceso por el cual la tierra pierde sus bosques en manos de los hombres; el hombre en su búsqueda por satisfacer sus necesidades personales o comunitarias utiliza la madera para fabricar muchos productos. Por otro lado, las actividades económicas en el campo requieren de áreas para el ganado o para cultivar diferentes productos. Esto ha generado una gran presión sobre los bosques; también manifiesta que durante las últimas décadas, la crisis forestal ha motivado el surgimiento de varias iniciativas internacionales, regionales y nacionales encaminadas a la preservación de los bosques, si bien muchas de ellas lograron escaso éxito. En algunos casos tienen que ver con grandes fenómenos económicos internacionales, tales como estrategias macroeconómicas que ofrecen fuertes incentivos para la obtención de ganancias a corto plazo en lugar de buscar la sustentabilidad a largo plazo. También son importantes las estructuras sociales y el consumismo desmedido de los consumidores de los países de ingresos elevados constituye otra de las principales causas ocultas de la deforestación.

Condo y Silva (2006), señalan que la pobreza es un problema estructural que durante décadas ha impactado sobre los bosques en el Perú, por la búsqueda de tierras para ampliar la frontera agrícola y ganadera. Adicionalmente, también se tiene la visión extractivista que ha acompañado la explotación de la madera en años anteriores, caracterizada por una alta informalidad y ser fuertemente selectiva. Producto de estas actividades, principalmente de las relacionadas con la agricultura migratoria, se estima para la región de la selva en el Perú una tasa elevada de 261 000 ha anuales de deforestación, siendo la zona de la selva alta la más afectada; por su parte Tello citado por Mesía (2015), manifiesta que la deforestación es el producto de la interacción de numerosas fuerzas ecológicas, sociales, económicas, culturales y políticas en una región dada. La combinación de estas fuerzas varía según las décadas y los países, por lo que las generalizaciones son peligrosas. En la mayoría de los casos, la deforestación es un

proceso que involucra la competencia entre diferentes usuarios de la tierra por los escasos recursos disponibles.

5.2. Pérdida de biomasa para el periodo 2005-2014 en los bosques de las provincias de la Región Loreto

A partir de la biomasa forestal se puede calcular la concentración de carbono en la vegetación y también es posible estimar la cantidad de dióxido de carbono que ingresa a la atmósfera cada vez que se desmonta o se quema un bosque. La biomasa es una variable que sirve además para comparar las características estructurales y funcionales de un ecosistema forestal en un amplio abanico de condiciones (FAO, 1995; Vidal *et al.*, 2003 citado por Álvarez, 2008).

Es importante el conocimiento de la cantidad de biomasa de las especies arbóreas para estimar la cantidad de carbono que captura un bosque, proceso que actualmente representa un servicio ambiental, por lo que constituye una alternativa para el manejo de los recursos naturales encaminada al desarrollo sostenible y representa una alternativa de obtención de beneficios para las comunidades (Avendaño, 2007).

La biomasa pérdida por deforestación en los bosques de las provincias de la Región Loreto según Saatchi *et al.* (20011), se presenta en el cuadro 3, en la cual se indica que la biomasa pérdida asciende a un total de 51' 230 556,52 tC; mientras que Baccini *et al.* (2012), reporta 48' 954 072,59 tC de biomasa pérdida para el área evaluada (Cuadro 4). Además, Saatchi *et al.* (2011), manifiesta que la provincia Alto Amazonas muestra el mayor valor de biomasa pérdida por deforestación con 11' 860 190,11 tC que constituye el 23,15% del total, le sigue en importancia la provincia Ucayali con 9' 466 752,02 tC que constituye el 18,48%, continúa la provincia Mariscal Ramón Castilla con 8' 966 905,09 tC que representa el 17,50%, continúa la provincia Maynas con 6' 800 024,84 tC que constituye el 13,27%; mientras que menores valores exhiben las provincias de Requena con 4' 671 459,66 tC, Datem Del Marañón con 4' 567 972,67 tC, Loreto con 3' 178 623,87 tC y Putumayo con 1' 718 628,28 tC, los cuales representan el 9,12%, 8,92%, 6,24% y 3,35% del total de la biomasa pérdida respectivamente. Del mismo modo, Baccini *et al.* (2012), señala que la provincia Alto Amazonas exhibe el más alto valor de biomasa pérdida por deforestación con 12' 788 384,09 tC (26,12%), continúa la provincia Mariscal Ramón Castilla con 8' 684 218,17 tC (17,74%), le sigue en importancia la provincia Maynas con 6' 490 861,13 tC (13,26%), luego le corresponde a

la provincia Datem Del Maraón con 5' 625 684,87 tC (11,49%), seguidamente le concierne a la provincia de Requena con 5' 505 834,25 tC (11,25%); mientras que las provincias de Ucayali con 4' 813 436,92 tC (5,38%), Loreto con 3' 257 496,32 tC (6,65%) y Putumayo con 1' 788 156,84 tC (3,65%) son las que reportan los valores más bajos de biomasa pérdida del área de estudio. La variación de los resultados que presentan ambos autores de debe principalmente a las diferentes metodologías utilizadas.

Sosa (2015), para un estudio sobre valoración económica del secuestro de CO₂ en tres tipos de bosque en el distrito del Alto Nanay, indica que la biomasa de las 25 especies del bosque de terraza baja exhibe 177,82 t/ha de biomasa total estimada, 256,27 t/ha le corresponde al bosque de colina baja y finalmente 286,14 t/ha le pertenece al bosque de colina alta. Asimismo, el bosque de colina alta muestra la mayor cantidad de biomasa total estimada para las nueve hectáreas evaluadas con 323,91 t/ha y menor presenta el bosque de terraza baja con 215,97 t/ha que juntas representan el 62,89% de un total de 858,48 t/ha. La diferencia de los valores encontrados en ambos estudios podría referirse a que la producción de biomasa está influenciada por factores como: edad, calidad de sitio, especies, densidad de las plantaciones, exposición, cambios estacionales, sistema silvicultural aplicado, entre otros.

En la figura 7 se muestra la pérdida de biomasa por deforestación de las provincias de la Región Loreto, en la cual se puede contrastar que la provincia Ucayali presenta el más alto valor para el periodo 2005-2009 con 5' 246 223,38 tC que constituye el 55,42% y menor valor ostenta la provincia del Putumayo para el periodo 2010-2011 con 112 949,27 tC que representa el 6,57%, según la biomasa registrada por Saatchi *et al.* (2011). Además es preciso señalar que las ocho provincias indican que el periodo comprendido entre los años 2005-2009 reportan el más alto valor de biomasa perdida por causa de la deforestación con 24' 438 600,59 tC que representa el 47,70% del total; mientras que el periodo 2009-2010 exhibe el menor valor con 4' 728 020,79 tC que constituye el 9,23%.

La pérdida de biomasa por deforestación de las provincias de la Región Loreto se reporta en la figura 8, donde es posible comprobar que la provincia Mariscal Ramón Castilla exhibe el mayor valor de biomasa perdida por deforestación para el periodo 2005-2009 con 3' 978 373,96 tC que representa el 45,81% y menor valor presenta la provincia del Putumayo para el periodo comprendido entre los años 2011-2013 con 94

220,28 tC que constituye el 5,27%, de acuerdo a la biomasa registrada por Baccini *et al.* (2012). Asimismo, se indica que las ocho provincias señalan al periodo comprendido entre los años 2005-2009 con el más alto valor de biomasa perdida por deforestación con 20' 183 454,38 tC que representa el 41,23% del total; mientras que el periodo comprendido entre los años 2013-2014 reporta el menor valor con 5' 913 155,88 tC que constituye el 12,08%. Como puede apreciarse la mayor pérdida de biomasa se produjo en los años comprendidos entre el 2005-2009; por tal situación se podría aseverar que las diferentes actividades que tienen que ver con la deforestación se acentuó mayormente en este lapso.

Frías (2015), en un trabajo sobre biomasa total y stock de carbono en tres tipos de bosque en la cuenca media del río Arabela, señala que las 25 especies del bosque de terraza baja muestra 169,49 t/ha de biomasa total estimada, 141,67 t/ha le pertenece al bosque de terraza alta y 143,36 t/ha le corresponde al bosque de colina baja. Además, el bosque de terraza alta muestra la mayor cantidad de biomasa total estimada para las 22 hectáreas evaluadas con 213,72 t/ha y la menor presenta el bosque de terraza baja con 191,88 t/ha que juntas representan el 66,80% de un total de 607,24 t/ha. Estos resultados varían al ser comparados con los obtenidos en el presente estudio. Sobre el particular Zamora, (2003) citado por Ramírez (2013), manifiesta que la información sobre la biomasa, es fundamental; para responder muchas preguntas sobre el papel que juegan los bosques en el fenómeno mundial, incluyendo los ciclos biogeoquímicos de carbono, nitrógeno y nutrientes principalmente. Las estimaciones del flujo de carbono provenientes de los cambios de uso del suelo, son derivados de modelos cuyos resultados dependen, en parte, de estimaciones de biomasa en los bosques. Su importancia radica en generar escenarios de carbono almacenado en el suelo y en la vegetación, y que éste sea retenido como materia orgánica, dando como resultado estimaciones del carbono neto absorbido, liberado por la combustión o descomposición.

5.3. Carbono perdido por deforestación para el periodo 2005-2014 en los bosques de las provincias de la Región Loreto

Es vital el papel que tiene la vegetación forestal para capturar el dióxido de carbono atmosférico por medio de la fotosíntesis e incorporarlo a las estructuras vegetales (ramas, tallo, hojas, frutos, entre otros), para así reducir la concentración de CO₂ en la atmósfera, mitigando a largo plazo el cambio climático (Ordoñez, 2008 citado por Sosa,

2015). De ahí se desprende la importancia del manejo forestal, de entender el concepto de captura de carbono y de asumir las responsabilidades de nuestras emisiones mediante el pago por servicios ambientales.

En el cuadro 5 se muestra la cantidad de carbono perdido por deforestación en los bosques de las provincias de la Región Loreto según Saatchi (2011), donde es posible comprobar que las ocho provincias evaluadas obtuvieron en total 25' 615 278,26 tC. También, se puede aseverar que el mayor valor de carbono perdido por deforestación presenta la provincia Alto Amazonas con 5' 930 095,05 tC que representa el 23,15% del total; le sigue en importancia la provincia Ucayali con 4' 733 376,01 tC que constituye el 18,48%, continúa la provincia Mariscal Ramón Castilla con 4' 483 452,54 tC que constituye el 17,50% y la provincia Maynas con 3' 400 012,42 tC que representa el 13,27%; mientras que las provincias que exhiben menor valor están representadas por Requena con 2' 335 729,83 tC que constituye el 9,12%, Datem Del Marañón con 2' 283 986,33 tC que representa el 8,92%, Loreto con 1' 589 311,93 tC que constituye el 6,20% y Putumayo con 859 314,14 tC que representa el 3,35%. Asimismo, en la figura 9 se indica que la mayor cantidad de carbono perdido por deforestación ocurrió en el periodo comprendido entre los años 2005-2009 con 12' 219 300,29 tC que representa el 47,70% y menor cantidad aconteció en el periodo 2009-2010 con 2' 364 010,40 tC que constituye el 9,23%.

En carbono perdido por deforestación en los bosques de las provincias de la Región Loreto según Baccini *et al.* (2012) se presenta en el cuadro 6, en la cual es posible verificar que las ocho provincias evaluadas alcanzaron en total 26' 438 416,41 tC. Además, se puede aseverar que la provincia Alto Amazonas muestra el más alto valor de carbono perdido con 6' 394 192,05 tC (24,19%) del total, le sigue en importancia la provincia Ucayali con 4' 772 008,92 tC (18,05%), continúa la provincia Mariscal Ramón Castilla con 4' 342 109,09 tC (16,42%), luego le incumbe a la provincia Maynas con 3' 245 430,56 tC (12,76%) y la provincia Datem Del Marañón con 2' 812 842,43 tC (10,64%); mientras que menor valor presentan las provincias de Requena con 2' 406 718,46 tC (9,10%), Loreto con 1' 628 748,16 tC (6,16%) y Putumayo con 836 366,73 tC (3,16%). Del mismo modo, en la figura 10 se señala que la más alta cantidad de carbono perdido por deforestación sucedió en el periodo comprendido entre los años 2005-2009 con 12' 611 261,43 tC que representa el 47,70% y menor cantidad exhibe el periodo 2009-2010 con 2' 401 408,64 tC que constituye el 9,08%.

Sosa (2015), señala que el stock de carbono de las 25 especies del bosque de colina alta exhibe 142,50 tC/ha, le sigue en importancia el bosque de colina baja con 127,62 tC/ha y el último lugar le corresponde al bosque terraza baja con 80,55 tC/ha. Del mismo modo, el bosque de colina alta muestra el más alto valor de stock de carbono estimado para las nueve hectáreas evaluadas con 161,31 tC/ha y el menor valor presenta el bosque de terraza baja con 107,55 tC/ha que juntas representan el 62,89% de un total de 427,52 tC/ha; mientras que Frías (2015), manifiesta que el stock de carbono de las 25 especies del bosque de terraza baja exhibe 84,41 tC/ha, le sigue en importancia el bosque de colina baja con 71,39 tC/ha y finalmente le corresponde el último lugar al bosque terraza alta con 70,55 tC/ha. Asimismo, el bosque de terraza alta reporta el más alto valor de stock de carbono estimado para las 22 hectáreas evaluadas con 106,51 tC/ha y el menor valor presenta el bosque de terraza baja con 95,55 tC/ha que juntas representan el 66,80% de un total de 302,47 tC/ha. Estos resultados varían al ser confrontados con los obtenidos en el presente estudio. La variación de los resultados según Segura (1997), Ortiz y Riascos, (2006) citado por Gonzales (2013), indica que se debe tener en cuenta criterios como tipo de bosque o vegetación, densidad de la madera, factores de ajuste que se basan en datos de biomasa calculada a partir de volúmenes por hectárea de inventarios forestales, así como también de las condiciones del sitio, como localización y clima. Del mismo modo, Cubero y Rojas (1999), señalan que el contenido de carbono en la biomasa arbórea se ve influenciado por la calidad del sitio y edad de las plantaciones. En general, se acepta que el contenido de carbono corresponde al 50% de la biomasa (Slijepcevic, 2001 citado por Álvarez, 2008). El IPCC (1996), señala también que el rango más citado para el contenido de carbono en la biomasa es de 43 a 58%. Sin embargo, diferentes estudios denotan la variabilidad del contenido de carbono según especie y tejido del árbol (Francis, 2000 citado por Álvarez, 2008).

5.4. Emisiones de CO₂ por deforestación para el periodo 2005-2014 en los bosques de las provincias de la Región Loreto

Tanto la deforestación como la degradación de los bosques tropicales han comenzado a ser consideradas, por la comunidad científica internacional del cambio climático, como un factor de mucha importancia en el ciclo global del carbono (Achard *et al.*, 2010 citado por Pacheco, 2011). Ambos procesos han sido abordados dentro del marco de la UNFCCC (United Nations Frameworks Convention on Climate Change). Desde el 2005, en la COP-11 (Conference of Parties), celebrada en Montreal, donde se

puso en marcha un mecanismo para investigar los elementos técnicos capaces de reducir estas emisiones (Pacheco, 2011).

Las emisiones de CO₂ por deforestación en los bosques de las provincias de la Región Loreto según Saatchi *et al.* (2011) se presenta en el cuadro 7, el cual asciende a un total de 93' 879 994,83 tC. Además, es posible señalar que la provincia Alto Amazonas muestra el más alto valor con 21' 733 798,37 tC que representa el 23,15% del total, le sigue en importancia la provincia Ucayali con 17' 347 823,08 tC que constituye el 18,48%, continúa la provincia Mariscal Ramón Castilla con 16' 431 853,57 tC que constituye el 17,50%, luego le corresponde a la provincia Maynas con 12' 641 045,52 tC que representa el 13,47%, seguidamente le concierne a la provincia Requena con 8' 560 449,83 tC que constituye el 9,12%, seguidamente le compete a la provincia Datem Del Marañón con 8' 370 809,91 tC que representa el 8,92%; mientras que la provincias que muestran menor valor están representadas por Loreto con 5' 532 171,75 tC que representa el 5,89% y Putumayo con 3' 532 171,75 tC que constituye el 3,76%. Asimismo, en la figura 11 se puede comprobar que la mayor cantidad de emisiones de CO₂ para las ocho provincias evaluadas se presentó en el periodo comprendido entre los años 2005-2009 con 44' 783 735,58 tC que constituye el 47,70% y menor cantidad reporta el periodo correspondiente al 2009-2010 con 8' 664 098,10 tC que representa el 9,23%.

En el cuadro 8 se presenta las emisiones de CO₂ por deforestación en los bosques de las ocho provincias de la Región Loreto según Baccini *et al.* (2012), donde se observa que juntas suman en total 96' 896 796,13 tC. Asimismo, se puede afirmar que la provincia Alto Amazonas alcanzó el mayor valor con 23' 434 713,85 tC (24,19%), continúa la provincia Ucayali con 17' 489 412,71 tC (18,05%), continúa la provincia Mariscal Ramón Castilla con 15' 913 829,81 tC (16,42%), le sigue en importancia la provincia Maynas con 11' 894 503,02 tC (12,28%), luego le corresponde a la provincia Datem Del Marañón con 10' 309 067,52 tC (10,64%) y por último le concierne a la provincia Requena con 8' 820 623,15 tC (9,10%); mientras que menores valores presentan las provincias Loreto con 5' 969 362,01 tC (6,16%) y Putumayo con 3' 065 284,08 tC (3,16%). Del mismo modo, en la figura 12 es posible demostrar que la más alta cantidad de emisiones de CO₂ para las ocho provincias evaluadas se presentó en el periodo 2005-2009 con 46' 220 273,16 tC que representa el 47,70%; mientras que menor valor muestra el periodo comprendido entre los años 2009-2010 con 8' 801 162,67 tC que constituye el 9,08%.

Conocer los factores causales y la dinámica histórica de los procesos de deforestación a nivel nacional, así como la utilización de los datos de sensores remotos para realizar estimaciones más precisas de estos procesos, es clave para aquellos países en desarrollo que estén dispuestos a realizar un inventario nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI). En los ecosistemas tropicales se almacena la mayor cantidad de carbono en la vegetación, a escala global, con una biomasa aérea que promedia cerca de 300 a 600 tC/ha⁻¹, valores muy superiores a otros bosques en el mundo (Brown, 1997; Malhi *et al.*, 1999 citado por Pacheco, 2011). Los bosques tropicales funcionan como sumideros importantes de captura de carbono, aproximadamente el 15% de las emisiones antrópicas de carbono a escala global (Trumper *et al.*, 2009 citado por Pacheco, 2011). Sin embargo, debido a estos procesos de deforestación, aproximadamente 1,6 billones de toneladas de carbono son emitidas, añadiendo a la atmósfera una cantidad de carbono equivalente entre el 10 y 20% del total de las emisiones globales (IPCC, 2007; Houghton, 2010; Kanninen *et al.*, 2010 citado por Pacheco, 2011). Esta deforestación viene acompañada, inicialmente de procesos de degradación del bosque, que a pesar de no producir tanta pérdida de reserva de carbono por unidad de superficie como la deforestación, provoca una reducción importante de carbono (Achard *et al.*, 2010; Asner *et al.*, 2010 citado por Pacheco, 2011). La degradación puede ser originada por las actividades de explotación forestal selectiva (caminos forestales, patios de acopios o la caída de árboles, entre otras), los incendios forestales o la sobreexplotación de leña u otros usos locales de la madera (GOFC-GOLD, 2010 citado por Pacheco, 2011).

CAPITULO VI

PROPUESTA

El presente trabajo muestra un proceso metodológico que contribuye con el análisis de información del impacto de los procesos de deforestación sobre las diferentes cantidades de biomasa presentes en los diferentes tipos de bosques de la región Loreto a través de sistemas de información geográfica y herramientas de sensores remotos también conocido como teledetección, estableciendo un procedimiento cartográfico que permita obtener resultado de manera rápida, facilitando un mayor análisis espacial sobre el tema.

Como resultado cartográfico tiene una gran ventaja desde el punto de vista holístico de la información, y nos da una visión diferente de la realidad, ayudando así a una fácil toma de decisiones y acciones en los sectores donde se muestran los procesos de deforestación en mayor o menor proporción.

Todo este procedimiento nos permite calcular la pérdida de biomasa y por ende la pérdida de carbono y emisiones de CO₂, dándonos información de las consecuencias de las actividades humanas sobre el bosque, y a partir del cual se podría estimar el valor económico de esta pérdida si fuera necesario, teniendo en cuenta las muchas oportunidades de mercado que actualmente están vigentes en el marco del cambio climático.

Por ello, la presente investigación contribuye como línea base para determinar la cuantificación de la pérdida de la biomasa por deforestación, además de calcular su valor económico, lo cual permitirá a partir de esta línea base hacer cálculos predictivos de la pérdida de biomasa por la ejecución de una actividad antrópica, lo cual contribuiría para determinar el análisis económico de esta actividad o por pagos por servicios ambientales.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

1. La deforestación por periodo en los bosques de las provincias de la región Loreto suman en total 294 793,18 ha; de las cuales la provincia Alto Amazonas muestra el más alto valor con 78 878,83 ha que representa el 26,76% del total; mientras que menor valor reporta la provincia Putumayo con 7879,41 ha que constituye el 2,67%.
2. La provincia Alto Amazonas reporta el más alto valor de incremento de deforestación para el periodo comprendido entre los años 2000-2014 con 78 878,83 ha; mientras que menor valor presenta la provincia Putumayo con 7879,41 ha.
3. La pérdida de biomasa por deforestación según Saatchi *et al.* (2011), asciende a 51' 230 556,52 toneladas, de las cuales la provincia Alto Amazonas presenta el mayor valor con 11' 860 190,11 toneladas (23,15%); mientras que la provincia Putumayo muestra el menor valor con 1' 718 628,28 toneladas (3,35%).
4. La pérdida de biomasa por deforestación según Baccini *et al.* (2012), suma 48' 954 072,59 toneladas, de las cuales la provincia Alto Amazonas reporta el más alto valor con 12' 788 384,09 toneladas (26,12%); mientras que la provincia del Putumayo reporta el menor valor con 1' 788 156,84 toneladas (3,65%).
5. La cantidad de carbono perdido por deforestación según Saatchi *et al.* (2011), reportan en total 25' 615 278,26 tC. Además, el más alto valor muestra la provincia Alto Amazonas con 5' 930 095,05 tC (23,15%); mientras que la provincia Putumayo alcanzó el menor valor con 859 314,14 tC (3,35%).
6. La cantidad de carbono perdido por deforestación según Baccini *et al.* (2012), suman en total 26' 438 416,41 tC. Asimismo, la provincia Alto Amazonas reporta el mayor valor con 6' 394 192,05 tC (24,19%); mientras que menor valor obtuvo la provincia Putumayo con 836 366,73 tC (3,16%).
7. Las emisiones de CO₂ por deforestación según Saatchi *et al.* (2011), asciende a 93' 879 994,83 tC. Además, la provincia Alto Amazonas reporta el mayor valor con 21' 733 798,37 tC (23,15%) y menor valor presenta la provincia Putumayo con 3' 149 386,32 tC (3,35%).

8. Las emisiones de CO₂ por deforestación según Baccini *et al.* (2012), suman 96' 896 796,13 tC. Asimismo, la provincia Alto Amazonas alcanzó el más alto valor con 23' 434 713,85 tC (24,19%); mientras que la provincia Putumayo reporta el menor valor con 3' 065 284,08 tC (3,16%).

CAPITULO VIII

RECOMENDACIONES

1. La presente investigación proporciona información para un marco de análisis, consulta y soporte para todas aquellas personas e instituciones en general, interesadas en el manejo forestal sostenible y el desarrollo de investigaciones que tengan como objetivo la cuantificación de biomasa y carbono con fines de valoración.
2. Mediante las instituciones promotoras deberíamos de trabajar en insertar nuestros bosques en el mercado de carbono promocionando la oferta de captura de carbono de los bosques de la Región Loreto.
3. Para complementar la información se recomienda realizar estudios relacionados con carbono en el suelo y en materia orgánica, lo que permitirá que la suma de estos datos nos dé una información más completa del almacenaje de carbono que guardan estos bosques.

CAPITULO IX

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, M. M.; H. J. Vargas. M. A. Velásquez y B. J. D. Etchevers, 2002. Estimación de la biomasa aérea mediante el usos de la relaciones alométricas en seis especies arbóreas en Oaxaca, México. 736 p.
- Álvarez, G. 2008. Modelos alométricos para la estimación de biomasa aérea de dos especies nativas en plantaciones forestales del trópico de Cochabamba, Bolivia. Tesis (Magister Scientiae). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 76 p.
- Avendaño, H. 2007. Determinación de ecuaciones alométricas para estimar la biomasa y carbono en *Abies religiosa* Schl. et Cham., Tlaxcala México. 66 p.
- Baccini, A, S. J. Goetz, WS. Walker. *et al.* 2012. Estimated carbon dioxide emissions from tropical deforestation improved by carbon-density maps. *Nature Climate Change* doi:10.1038/nclimate 1354 p.
- Brown, S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer. *FAO Forestry Paper*. 134 (1): 50-55
- Bull, G.; Z. Harkin y A. Wong. 2007. El desarrollo de mercados para el carbono forestal en la Columbia Británica, Canadá. En: *La venta de servicios ambientales forestales*. Segunda Edición. Instituto Nacional de Ecología. México. p. 337-366.
- Castillo, M. A. 2009. Análisis con imágenes satelitales de los recursos forestales en el trópico húmedo de Chiapas: un estudio de caso en Marqués de Comillas. Tesis (Doctor en Ciencias). Universidad Nacional Autónoma de México. Posgrado en Ciencias Biológicas. México. D. F. 117 p.
- Comisión Ambiental Regional de Loreto. 2006. Estrategia regional de la diversidad biológica de Loreto. Gobierno Regional de Loreto. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – Proyecto BIODAMAZ. Consejo Nacional del Ambiente – Secretaria Ejecutiva Regional de Loreto - San Martín. 140 p.
- Condoy, G. y Silva, S. D. 2006. Análisis y tendencia de la deforestación de la provincia de Zamora Chinchipe, en base a la interpretación de imágenes satelitales. Tesis (Ingeniero Forestal). Universidad Nacional de Loja. Área agropecuaria y de recursos naturales renovables. Loja. Ecuador. 105 p.

- Condoy, G. y Silva, S. D. 2006. Análisis y tendencia de la deforestación de la provincia de Zamora Chinchipe, en base a la interpretación de imágenes satelitales. Tesis (Ingeniero Forestal). Universidad Nacional de Loja. Área agropecuaria y de recursos naturales renovables. Loja. Ecuador. 105 p.
- Cubero, J. y R. Rojas. 1999. Fijación de carbono en plantaciones de *Gmelina arborea*, *Tectona grandis* y *Bombacopsis quinata* en los cantones de Hojanca y Nicoya. Tesis (Licenciado en Cs. Forestales). Universidad Nacional. Guanacaste, Costa Rica. 93 p.
- De Jong, B. H. J.; Macera, O. y Hernández- Tejeda, T. 2004. Opciones de captura de carbono en el sector forestal. En: Cambio climático: una visión desde México. SEMARNAT-INE. México. p 380.
- FAO. 2010. Global Forest Resource Assessment 2010. FAO Forestry Paper 163. 378 p. Available at www.fao.org/forestry/fra2010.
- Frias, J. 2015. Biomasa total y stock de carbono en tres tipos de bosque en la cuenca media del río Arabela. Tesis Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Loreto-Perú. 106 p.
- Gayoso, J.; J. Guerra. y D. Alarcon. 2002. Contenido de carbono y funciones de biomasa en especies nativas y exóticas. Proyecto FONDEF. Universidad Austral Chile. Valdivia, Chile. 157 p.
- Gonzales, P. G. 2013. Valoración económica del secuestro de CO₂ en plantaciones de *Vochysia lomatophylla* (standl) “quillosa” de diferentes edades en el CIEFOR Puerto Almendra. Tesis Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos-Perú. 74 p.
- Gonzales, J.; O. Paz.; M.; Zaballa y R. Ramiro. 2006. Estrategia de participación en el mecanismo de desarrollo limpio y en otros esquemas de comercio de emisiones de gases de efecto invernadero en el marco del plan nacional de desarrollo de Bolivia. Mitigación del cambio climático. Programa Nacional de Cambios Climáticos. Bolivia. 75 p.
- Jimenez, C. 2010. Uso de ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en la parte aérea de *Pinus hartwegii* Lindl., en el Parque Nacional Izta-Popo. Tesis (Ingeniero en Restauración Forestal). Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. México. 55 p.
- Lang, S. 2008. Chapter:1.1. Object-based image analysis for remote sensing applications: modeling reality – dealing with complexity. P 3-27. In: Object-Based image analysis. spatial concepts for knowledge-driven remote sensing applications. Blaschke, T., Lang, S. and Hay, G.J. Ed. Springer. ISBN: 978-3-540-77057-2. 817 p.

- Lino, K. 2009. Determinación del stock de biomasa y carbono en las sucesiones secundarias de bolaina en la cuenca media del río Aguaytía, Ucayali, Perú. Tesis (Ingeniera Forestal). Universidad Nacional de Ucayali. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Pucallpa. 70 p.
- Macedo, A.; G. Pajares and M. Santos. 2010. Clasificación no supervisada con imágenes a color de cobertura terrestre. *Agrociencia*. P 711-722.
- Mesía, J. I. 2015. Deforestación en el eje vial Iquitos-Nauta y su relación con la variabilidad climática local a través de los años. Tesis Magíster en Ciencias. Escuela de Postgrado. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. 73 p.
- Ministerio del Ambiente. 2014. Cuantificación de la cobertura de bosque y cambio de bosque a no bosque de la Amazonía Peruana. Período 2009-2010-2011. Memoria Técnica. 52 p.
- Miranda, L. 2013. Monitoreo de la deforestación mediante técnicas geomáticas en una porción de la región centro-norte de México. Tesis (Grado de Doctor). Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales. México. 93 p.
- Montoya, G. y Tipper, R. 1995. Cuadernos de trabajo 4: Desarrollo forestal sustentable: Captura de carbono en las zonas tzeltal y tojolabal del estado de Chiapas. Instituto Nacional de Ecología. México. 50 p.
- Newton, A. C. 2007. *Forest ecology and conservation. A Handbook of techniques*. Ed. Oxford University Press. 454 p.
- Ordóñez, J. A. 1999. Captura de carbono en un bosque templado, el caso de San Juan Nuevo, Michoacán. SEMARNAP-INE. México. 74 p.
- Pacheco, C. E. 2011. Análisis de la deforestación en Venezuela: bases para el establecimiento de una estrategia REDD+. Tesis Doctoral. Departamento de Geografía. Universidad de Alcalá. Madrid. 177 p.
- Panel Intergubernamental De Cambio Climático (IPCC). 1996. *Impact adaptations and mitigation of climate change: scientific-technical analyses*. Watson, M. Zinyowera and R. Moss (eds.). Cambridge University Press. 20 p.
- Panel Intergubernamental De Cambio Climático (IPCC). 2003. *Good practice guidance for land use, land-use change and forestry*. Disponible en <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/>.
- Perez, E. N. y J. Nuñez. 2010. La responsabilidad civil por la deforestación como daño ambiental puro en el Perú. Tesis (Abogado). Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Derecho y Ciencias Políticas. 262 p.

- PROFONANPE. 2007. Inventarios forestales. Componente temático para la Mesozonificación Ecológica y Económica de las cuencas de los ríos Pastaza y Morona. Iquitos-Perrú. 84 p.
- Ramirez, M. 2013. Contenido de carbono en los productos y residuos generados por el aprovechamiento forestal de un bosque húmedo tropical en la comunidad nativa de Santa Mercedes, río Putumayo. Tesis Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú. 74 p.
- Rodríguez, L, R.; P. J. Jiménez.; C. O. Aguirre y G. E. Treviño. 2006. Estimación del carbono almacenado en bosques de niebla en Tamaulipas, México. Ciencia UANL IX (2): p. 179 – 187
- Saatchi, S. S.; R. A. Houghton, D. Alves y B. Nelson. 2009. LBA-ECO LC-15 Amazon Basin Aboveground Live Biomass Distribution Map: 1990-2000. Data set. Available on-line [<http://daac.ornl.gov>] from Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center, Oak Ridge, Tennessee, U.S.A. doi:10.3334/ORNLDAAAC/908.
- Saldaña, M. K. 2010. Determinación del cambio de cobertura vegetal en el área de conservación municipal “Bosques de Huamantanga”, utilizando imágenes de satélite. Tesis (Ingeniero Forestal). Universidad Nacional de Cajamarca. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Forestal. Jaén, Perú. 77 p.
- Sosa, J. O. 2015. Valoración económica del secuestro de co2 en tres tipos de bosque en el distrito del Alto Nanay. Tesis Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Loreto-Perú. 82 p.
- Torres, R. J. M. y Guevara, S. A. 2002. El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico. Gaceta Ecológica. INE. México. 63:40-59
- Vidal, A.; J. Y. Benítez.; J. Rodríguez y R. Carlos. 2001. Estimación de la biomasa de copa para árboles en pie de *Pinus caribaea* var *caribaea* en la EFI. La Palma de la provincia de Pinar del Río, Cuba. Quebracho 11. P. 60-66.
- Vidal, C. A.; R. J. Rodriguez.; N. J. Benitez y R. R. C. Alvarez. 2002. Estimación de la biomasa de copa para árboles en pies de *Pinus tropicalis* Morelet en la empresa forestal integral macurije de la provincia de Pinar del Río, Cuba. Revista forestal. 32(2):261-265.

http://www.dev.clirsen.com/pdfs/defo_ecuador.pdf.

<http://jemarcano.tripod.com/tipos/index.html>.

<http://ecologia10a.blogspot.pe/p/concepto.html>.

<http://www.cronica.com.mx/notas/2007/278726.html>.

<http://iticalculodiferencial.blogspot.pe/p/41-conceptos-de-incremento-y-de-razon.html>.

ANEXO

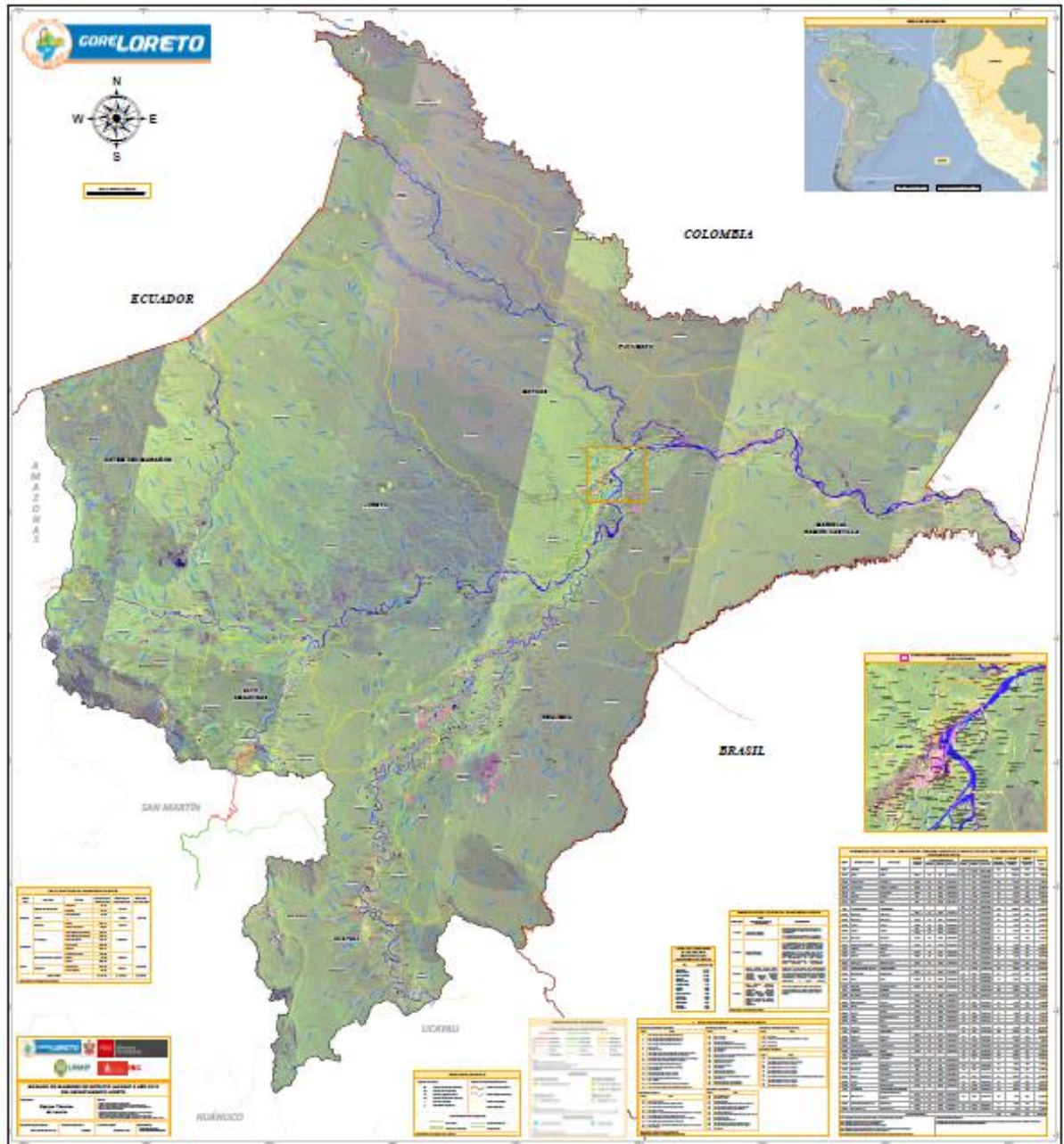
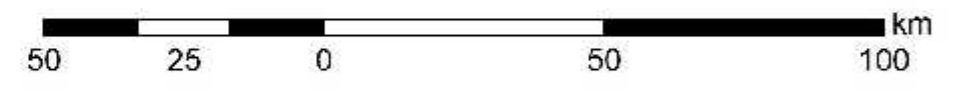
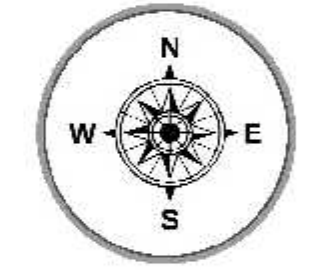
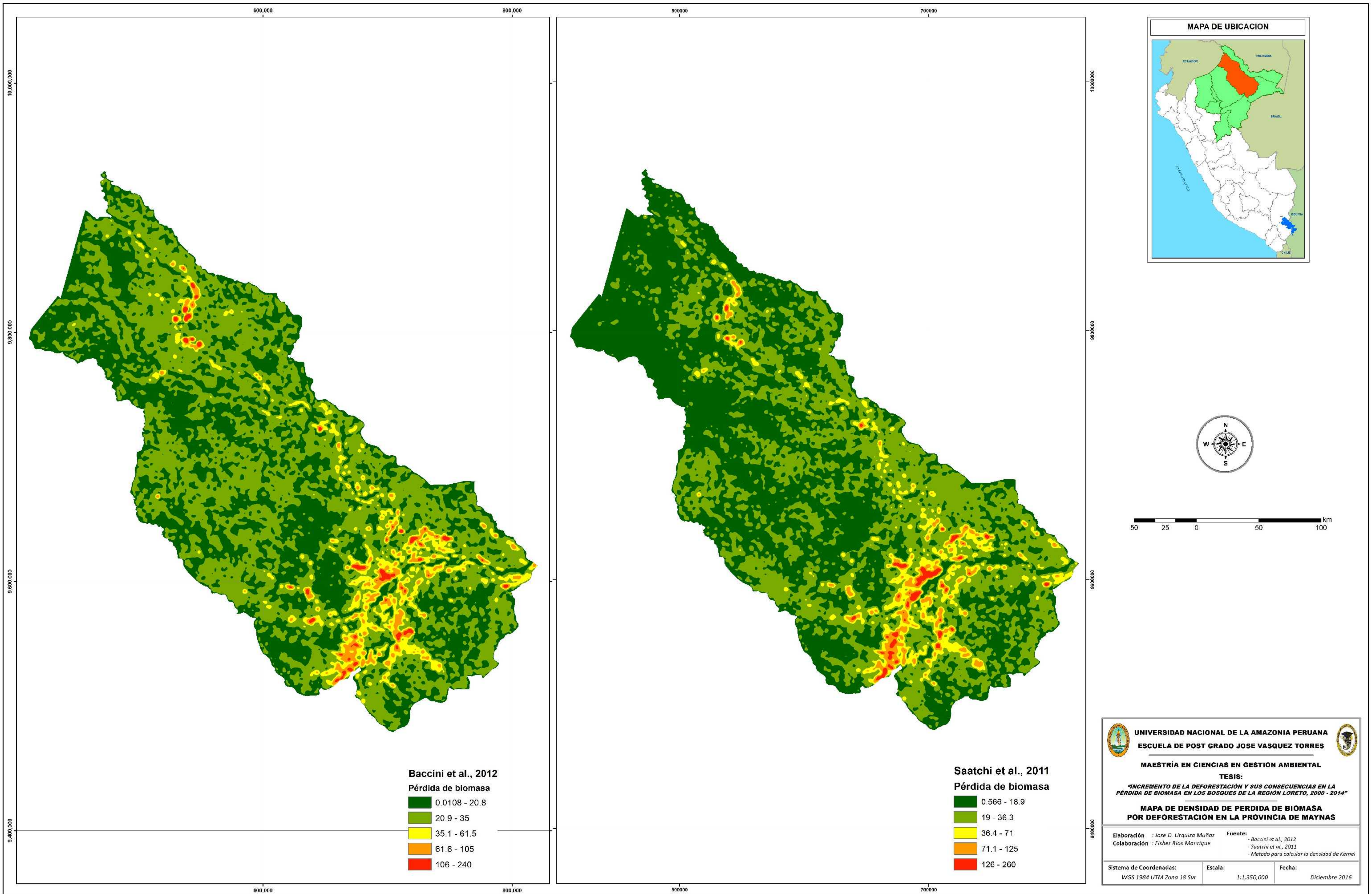


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio



Baccini et al., 2012
Pérdida de biomasa

0.0108 - 20.8
20.9 - 35
35.1 - 61.5
61.6 - 105
106 - 240

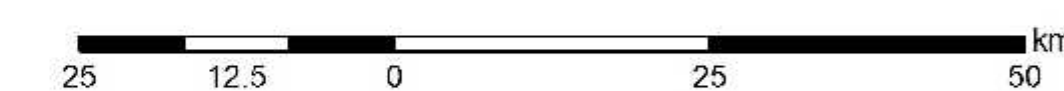
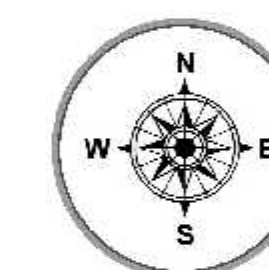
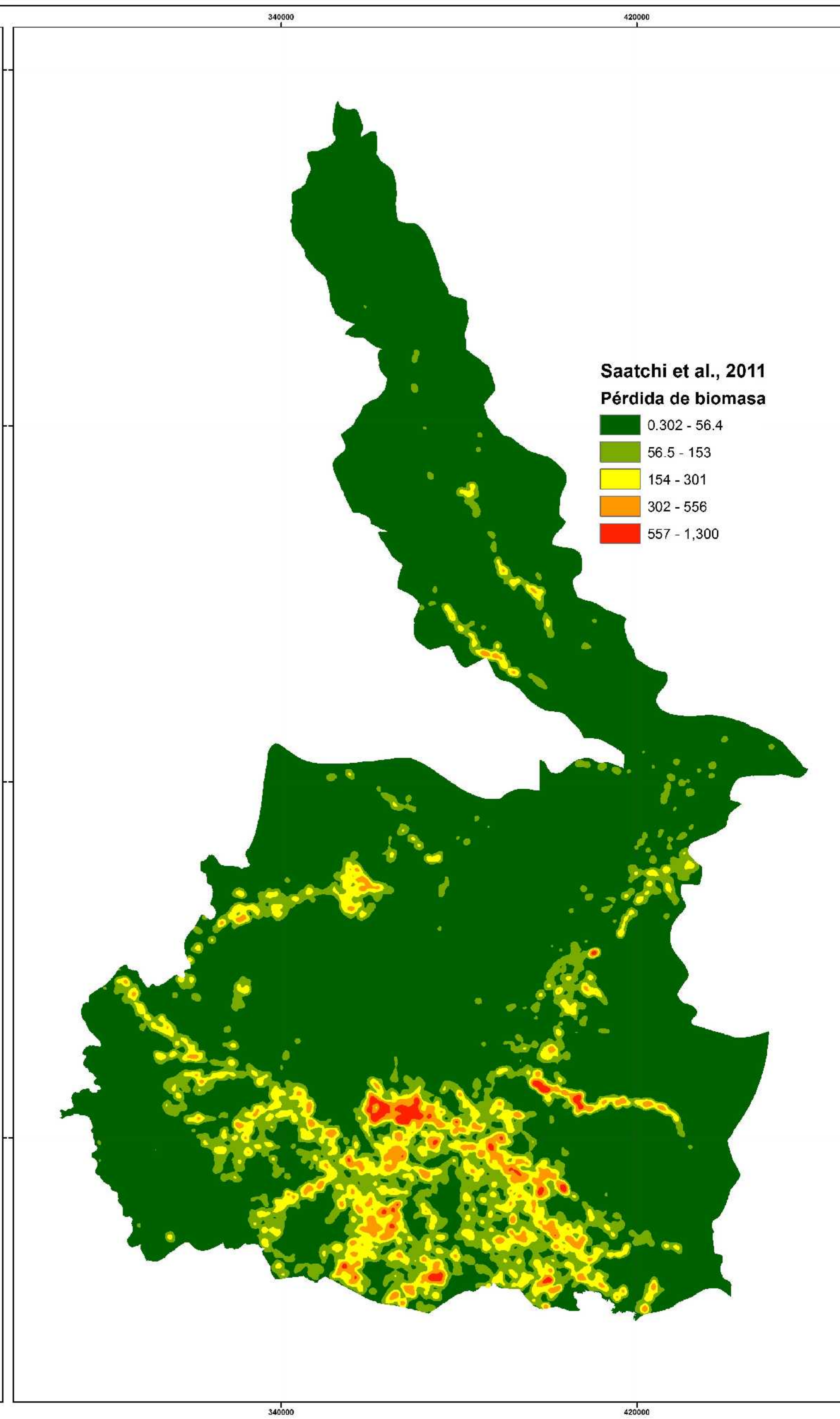
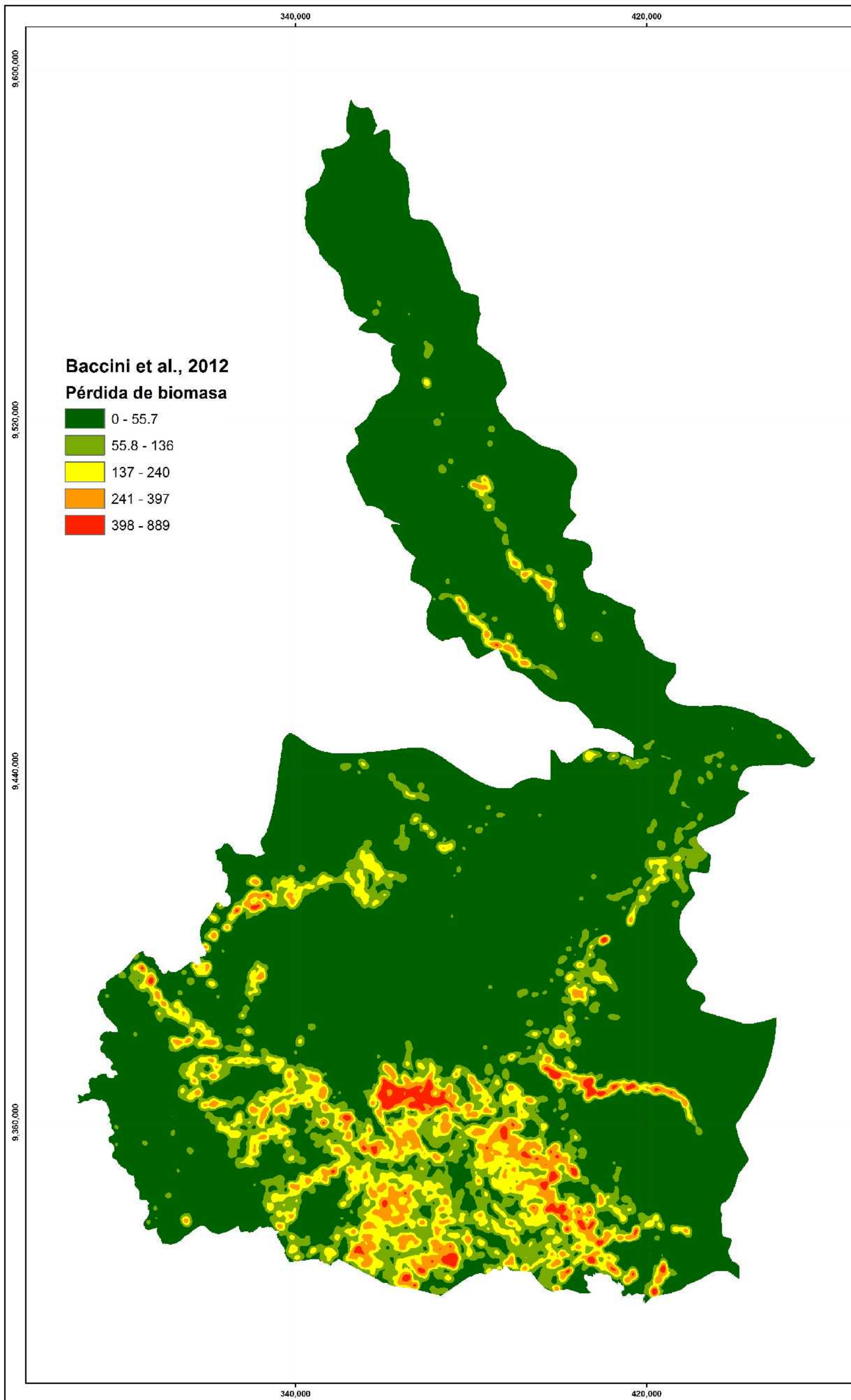
Saatchi et al., 2011
Pérdida de biomasa



0.566 - 18.9
19 - 36.3
36.4 - 71
71.1 - 125
126 - 260

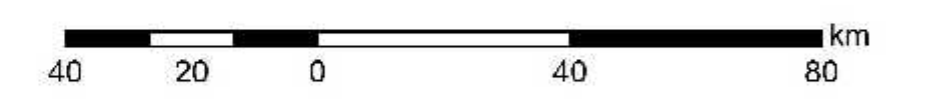
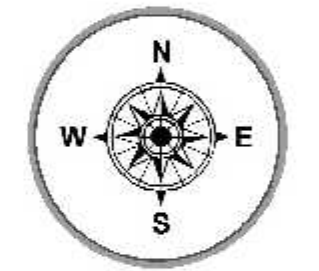
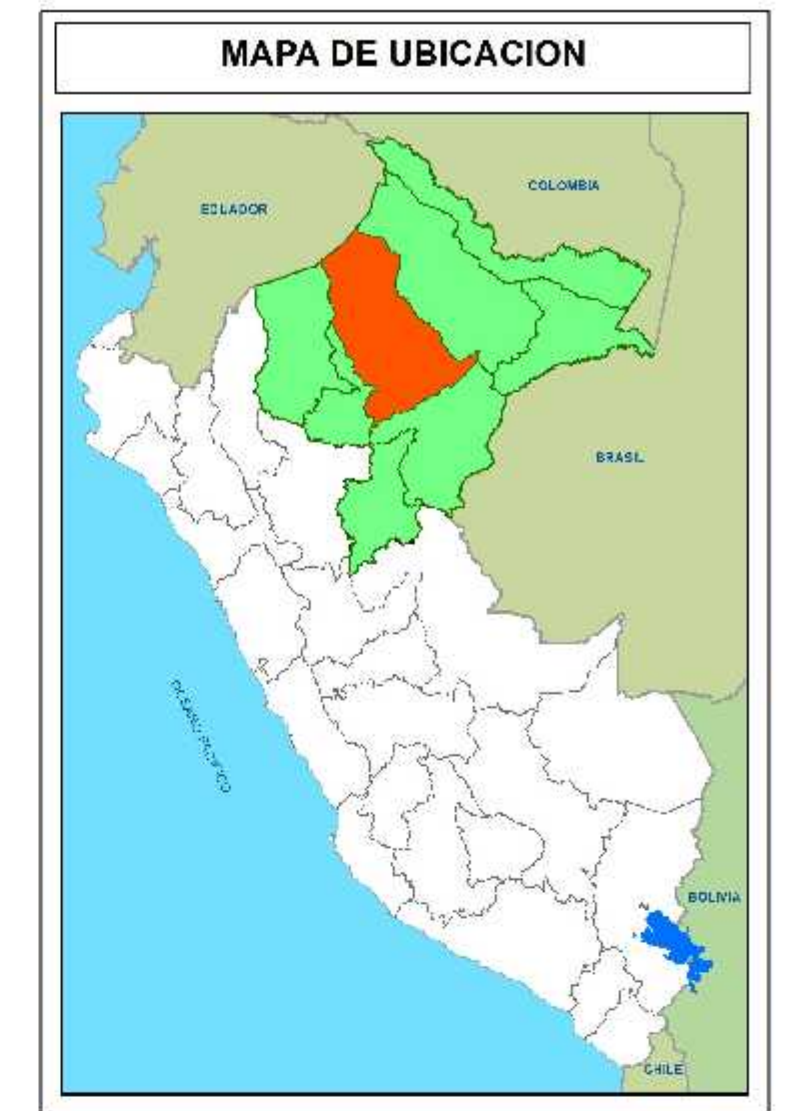
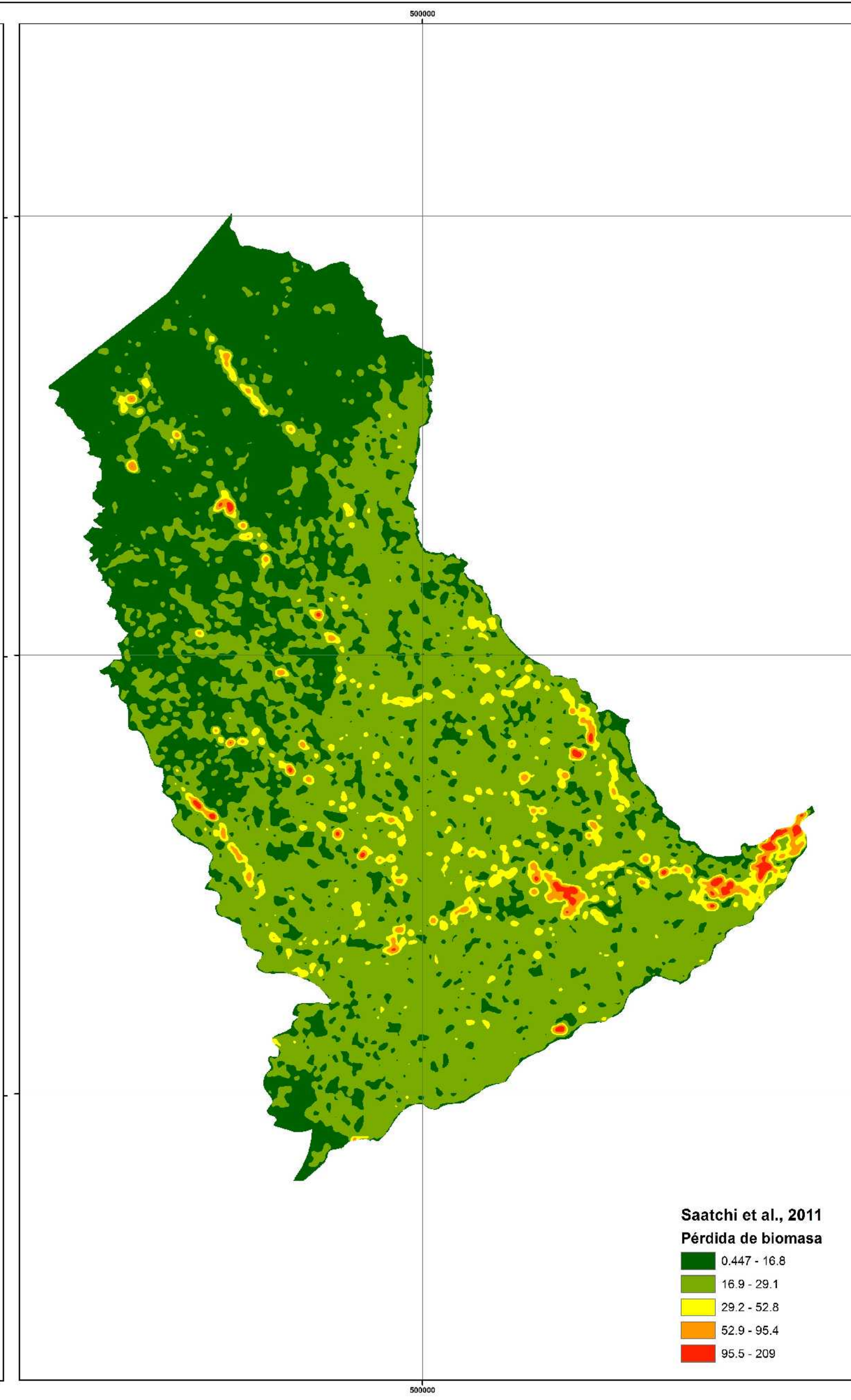
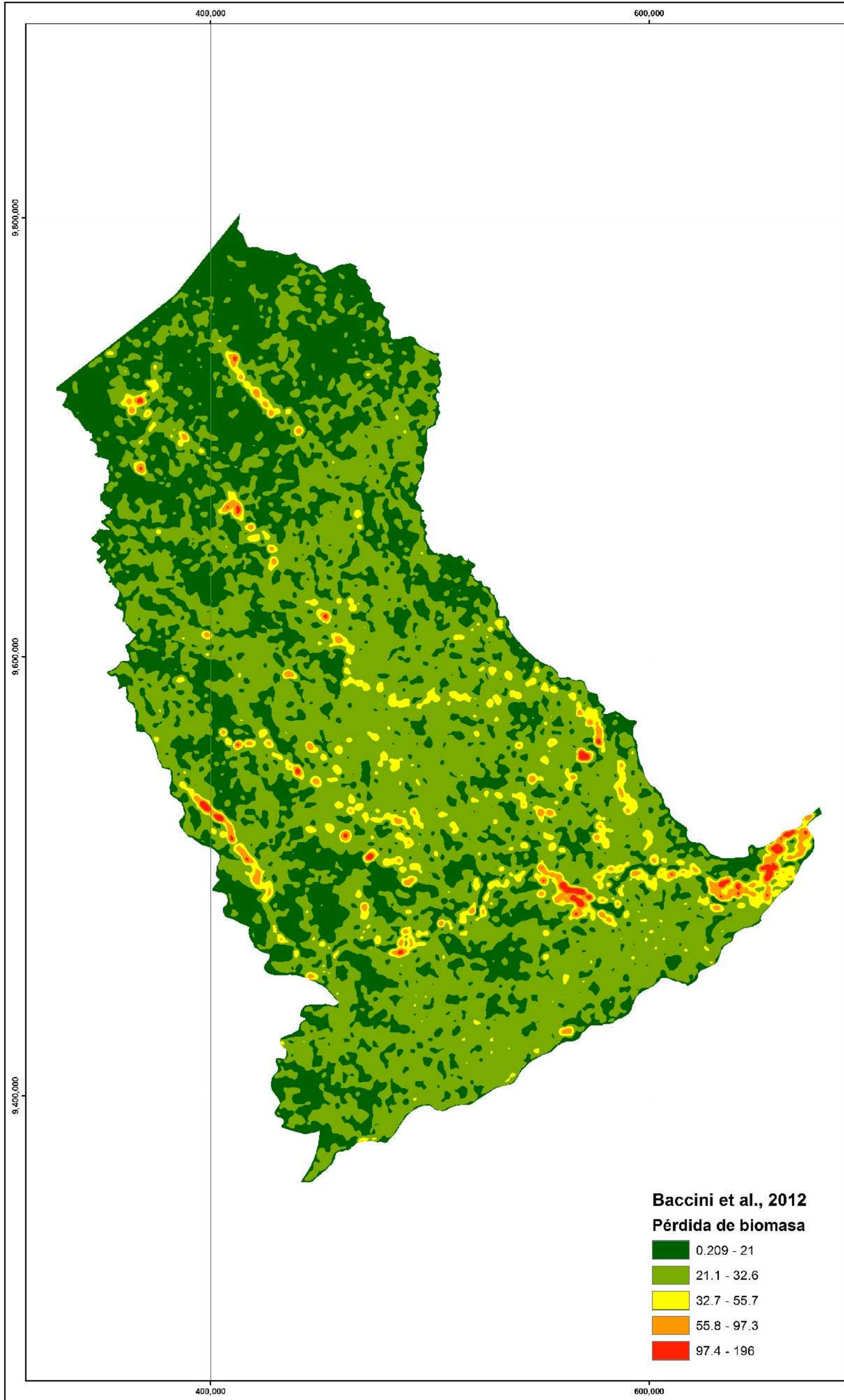
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA
ESCUELA DE POST GRADO JOSE VASQUEZ TORRES
MAESTRIA EN CIENCIAS EN GESTION AMBIENTAL
TESIS:
"INCREMENTO DE LA DEFORESTACION Y SUS CONSECUENCIAS EN LA
PÉRDIDA DE BIOMASA EN LOS BOSQUES DE LA REGIÓN LORETO, 2000 - 2014"
MAPA DE DENSIDAD DE PERDIDA DE BIOMASA
POR DEFORESTACION EN LA PROVINCIA DE MAYNAS

Elaboración : Jose D. Urquiza Muñoz Fuente: - Baccini et al., 2012
 Colaboración : Fisher Rios Manrique - Saatchi et al., 2011
 - Metodo para calcular la densidad de Kernel

Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 18 Sur Escala: 1:1,350,000 Fecha: Diciembre 2016



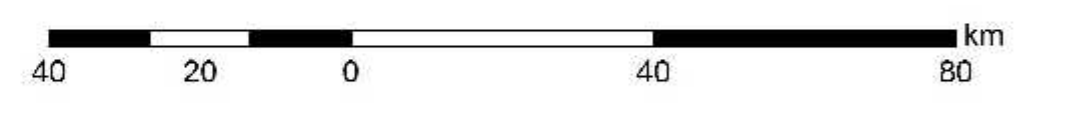
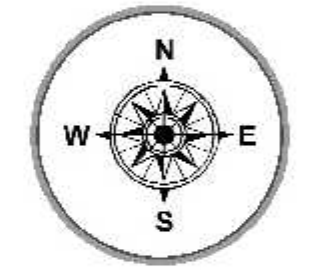
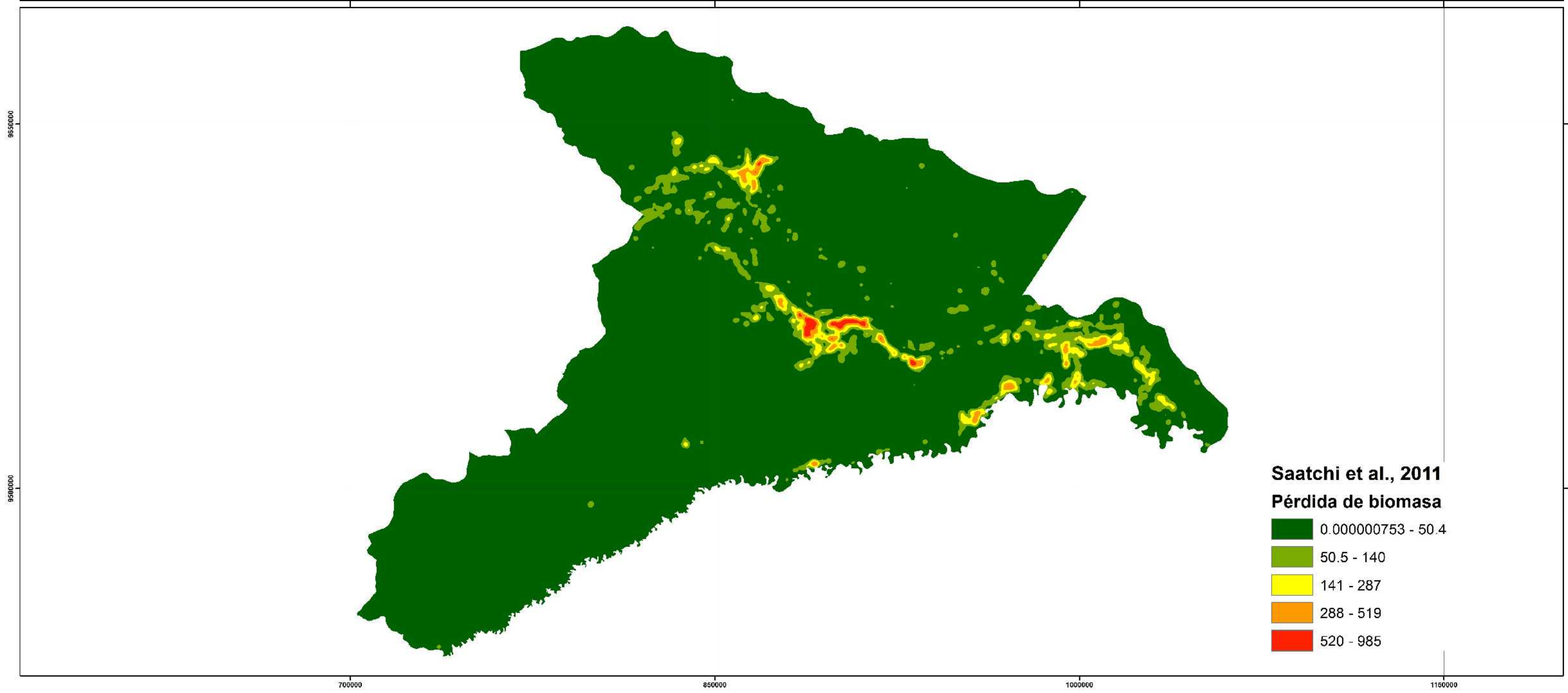
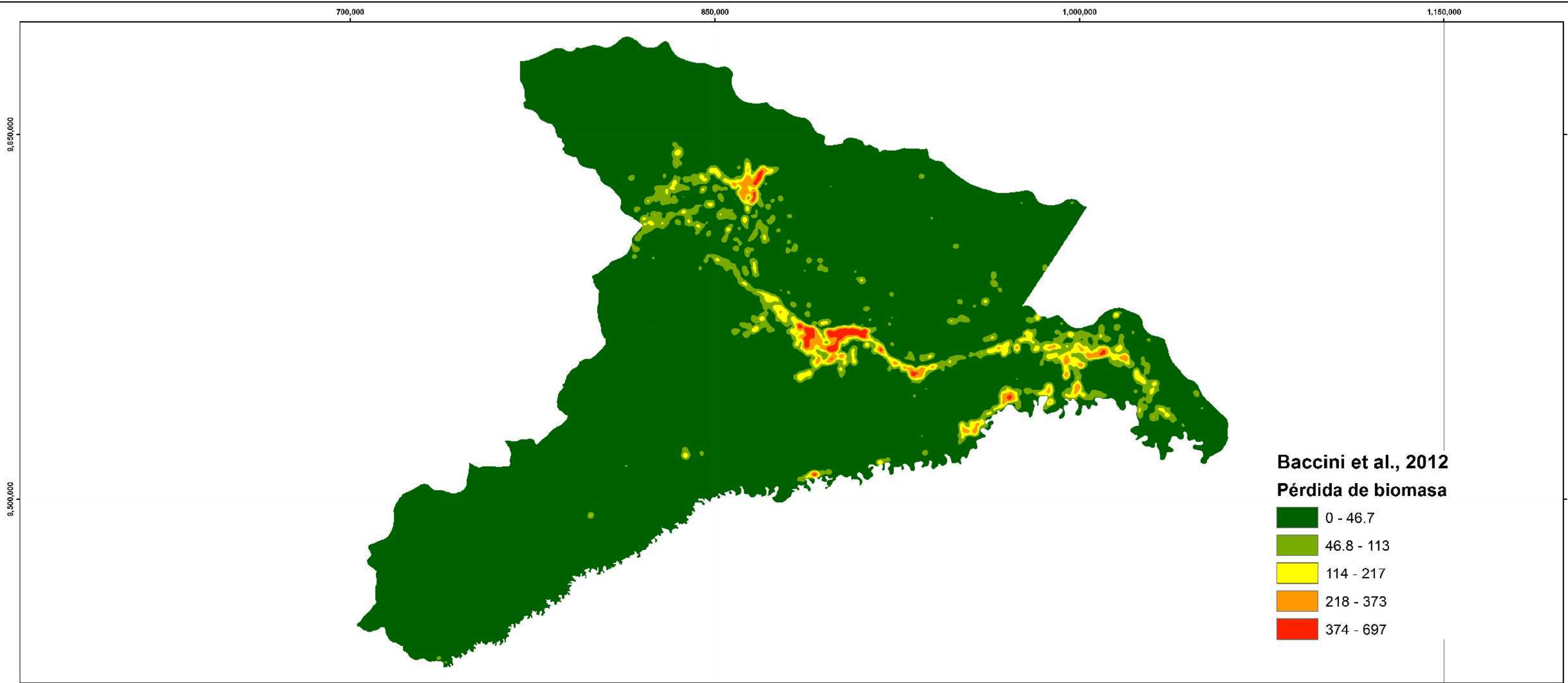
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA ESCUELA DE POST GRADO JOSE VASQUEZ TORRES				
MAESTRIA EN CIENCIAS EN GESTION AMBIENTAL				
TESIS: "INCREMENTO DE LA DEFORESTACION Y SUS CONSECUENCIAS EN LA PERDIDA DE BIOMASA EN LOS BOSQUES DE LA REGION LORETO, 2000 - 2014"				
MAPA DE DENSIDAD DE PERDIDA DE BIOMASA POR DEFORESTACION EN LA PROVINCIA DE ALTO AMAZONAS				
Elaboración : Jose D. Urquiza Muñoz Colaboración: Fisher Rios Manrique	Fuente: - Baccini et al., 2012 - Saatchi et al., 2011 - Metodo para calcular la densidad de Kernel	Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 18 Sur	Escala: 1:600,000	Fecha: Diciembre 2015



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA
ESCUELA DE POST GRADO JOSE VASQUEZ TORRES
MAESTRIA EN CIENCIAS EN GESTION AMBIENTAL
TESIS:
"INCREMENTO DE LA DEFORESTACION Y SUS CONSECUENCIAS EN LA PERDIDA DE BIOMASA EN LOS BOSQUES DE LA REGION LORETO, 2000 - 2014"
MAPA DE DENSIDAD DE PERDIDA DE BIOMASA POR DEFORESTACION EN LA PROVINCIA DE LORETO

Elaboración : Jose D. Urquiza Muñoz	Fuente: - Baccini et al., 2012
Colaboración : Fisher Rios Manrique	- Saatchi et al., 2011
	- Metodo para calcular la densidad de Kernel

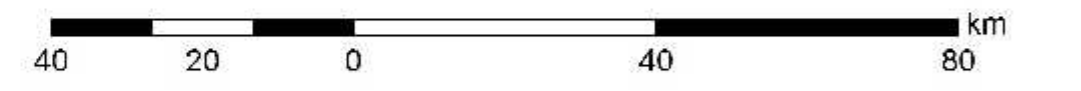
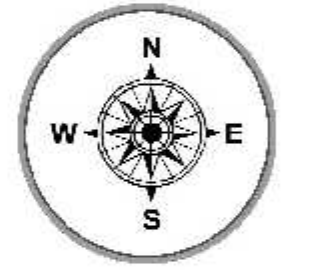
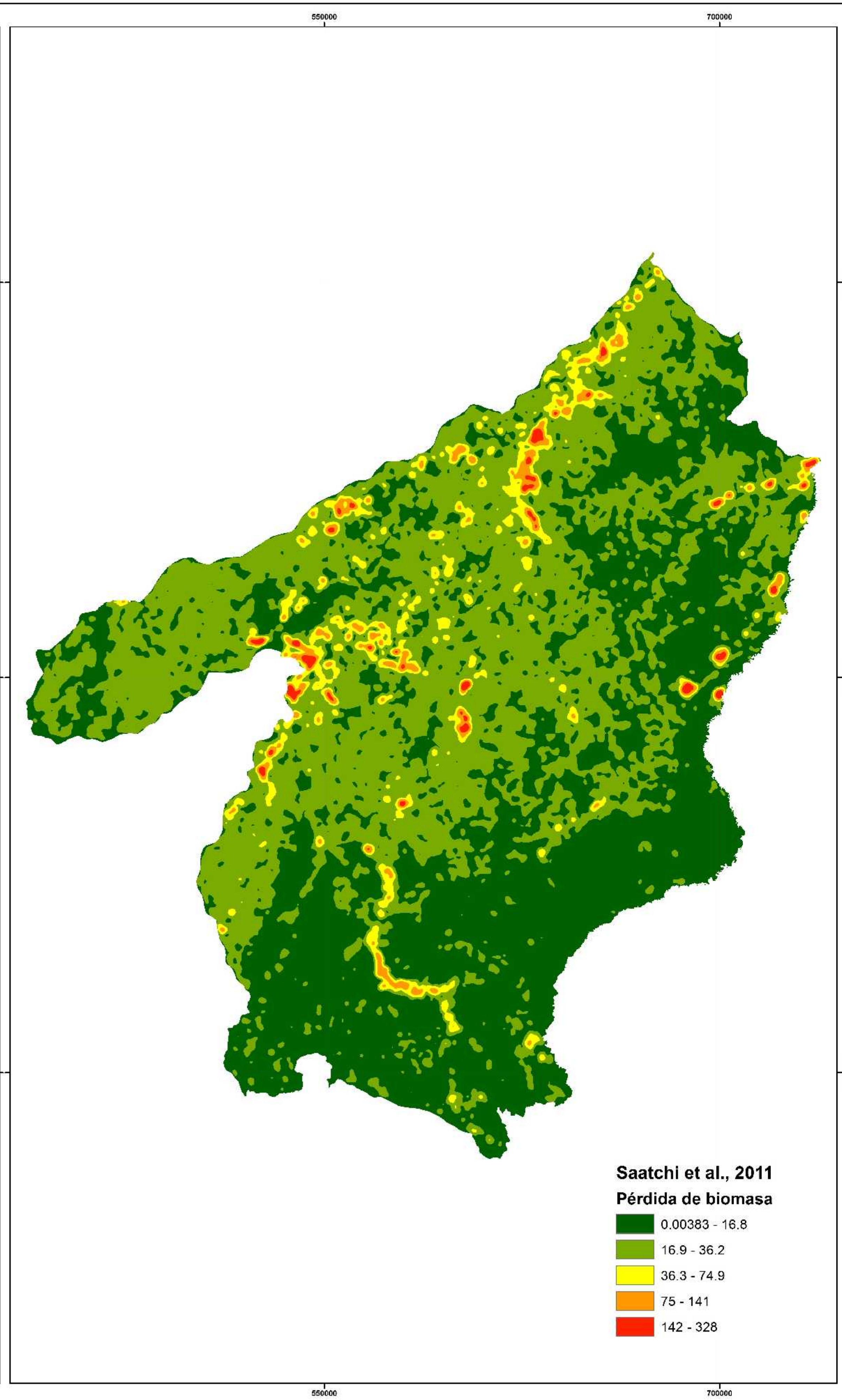
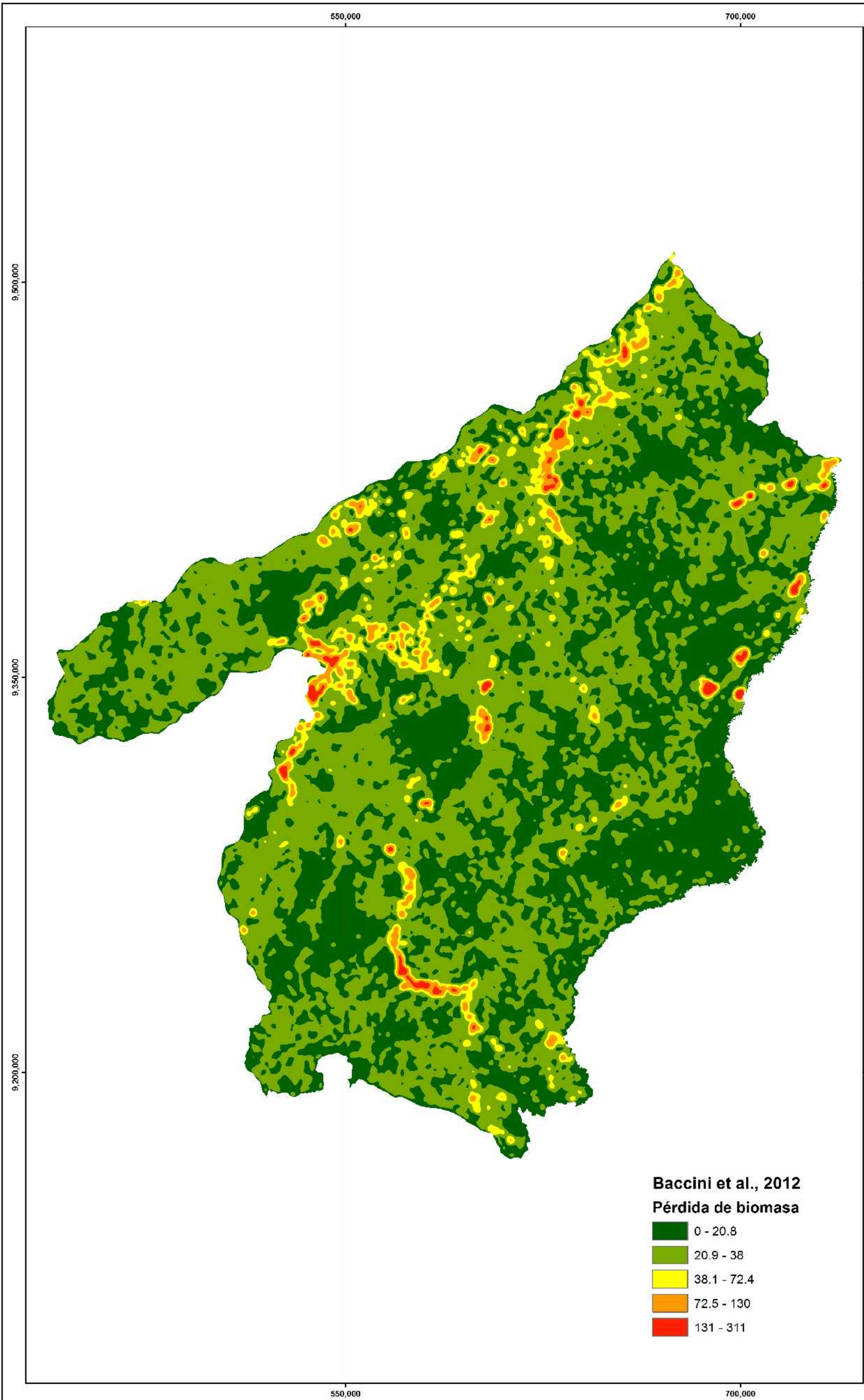
Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 18 Sur	Escala: 1:1,200,000	Fecha: Diciembre 2016
--	---------------------	-----------------------





UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA
ESCUELA DE POST GRADO JOSE VASQUEZ TORRES
MAESTRIA EN CIENCIAS EN GESTION AMBIENTAL
TESIS:
"INCREMENTO DE LA DEFORESTACION Y SUS CONSECUENCIAS EN LA PERDIDA DE BIOMASA EN LOS BOSQUES DE LA REGION LORETO, 2000 - 2014"
MAPA DE DENSIDAD DE PERDIDA DE BIOMASA POR DEFORESTACION EN LA PROVINCIA DE MARISCAL RAMON CASTILLA

Elaboración : José D. Urquiza Muñoz	Fuente: - Baccini et al., 2012
Colaboración : Fisher Ríos Manrique	- Saatchi et al., 2011
	- Metodo para calcular la densidad de Kernel

Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 18 Sur	Escala: 1:1,000,000	Fecha: Diciembre 2015
---	------------------------	--------------------------



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA ESCUELA DE POST GRADO JOSE VASQUEZ TORRES			
MAESTRIA EN CIENCIAS EN GESTION AMBIENTAL TESIS: "INCREMENTO DE LA DEFORESTACION Y SUS CONSECUENCIAS EN LA PERDIDA DE BIOMASA EN LOS BOSQUES DE LA REGION LORETO, 2000 - 2014"			
MAPA DE DENSIDAD DE PERDIDA DE BIOMASA POR DEFORESTACION EN LA PROVINCIA DE REQUENA			
Elaboración : Jose D. Urquiza Muñoz	Fuente: - Baccini et al., 2012		
Colaboración : Fisher Rios Manrique	- Saatchi et al., 2011		
	- Metodo para calcular la densidad de Kernel		
Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 18 Sur	Escala: 1:1,000,000	Fecha: Diciembre 2016	

400,000

500,000

400000

500000

9,300,000

9,200,000

9,100,000

9300000

9200000

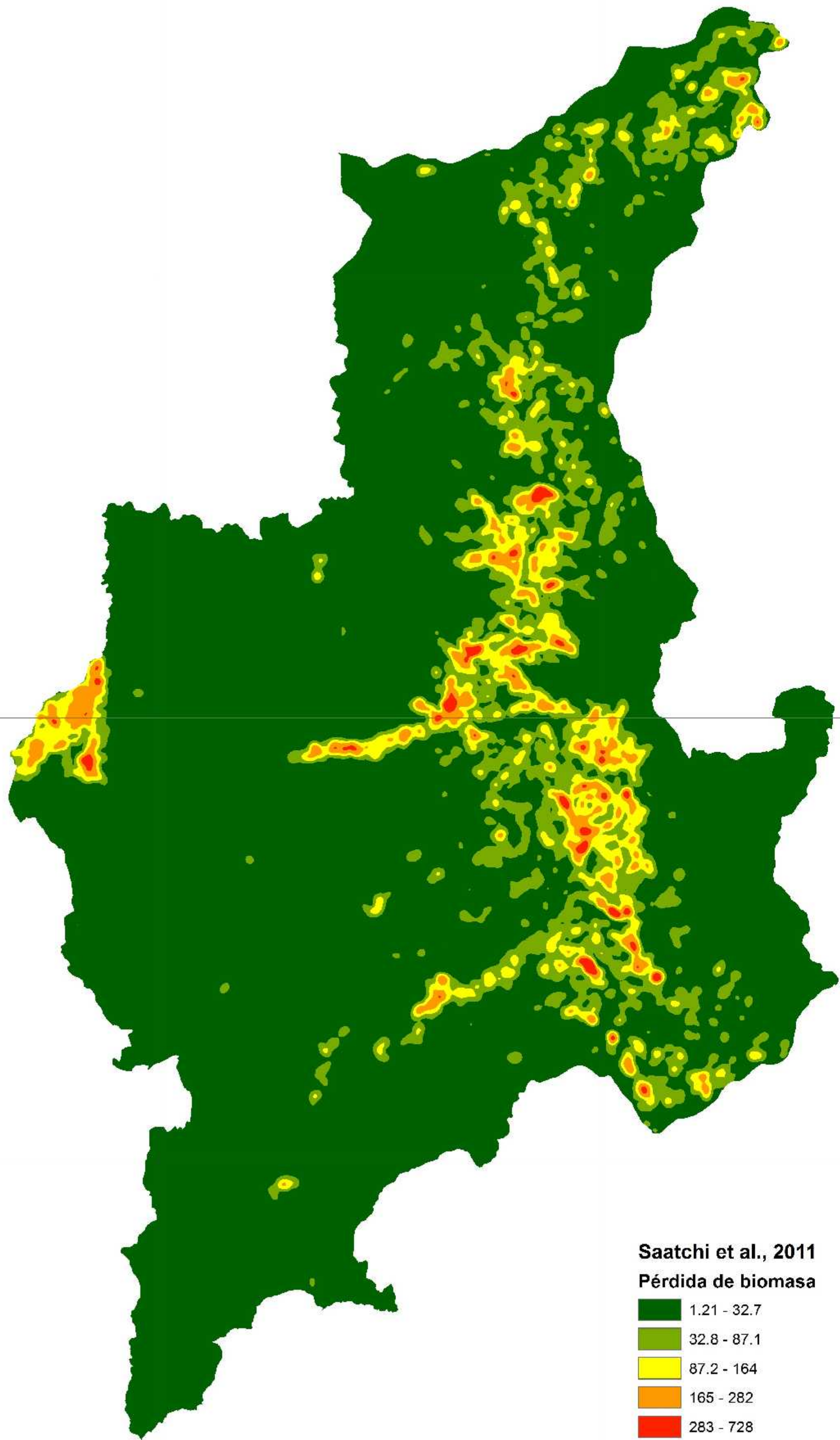
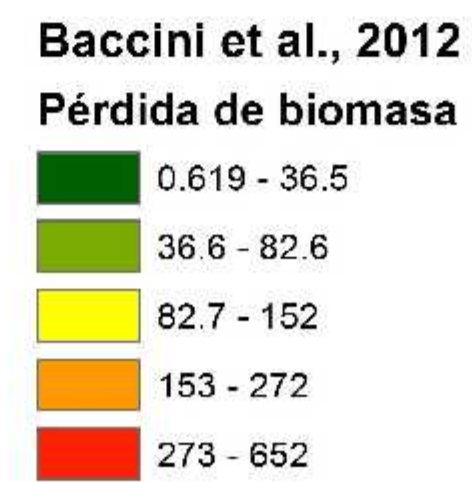
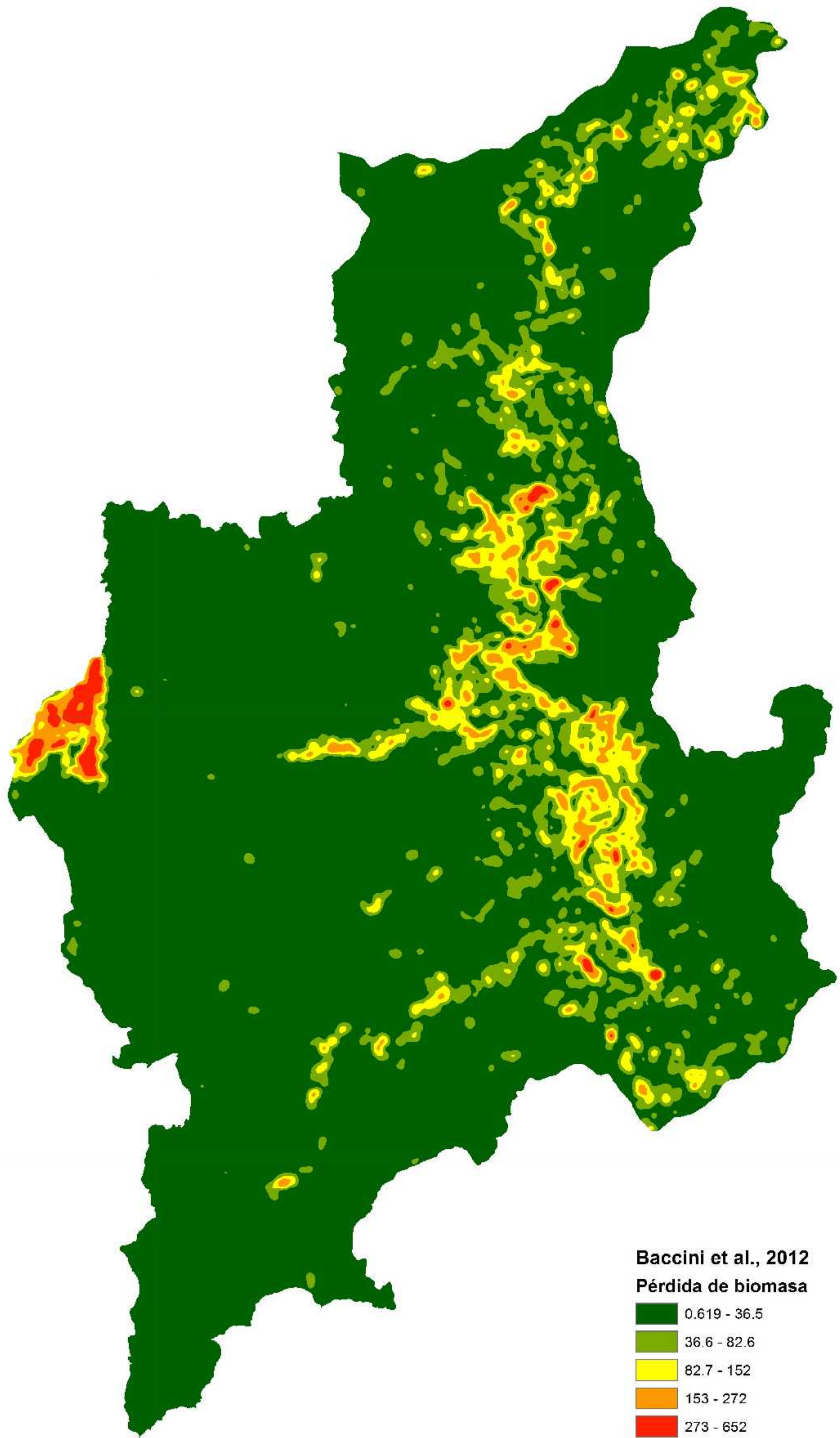
9100000

400,000

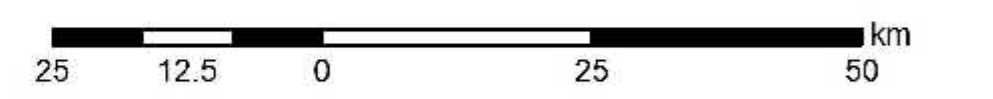
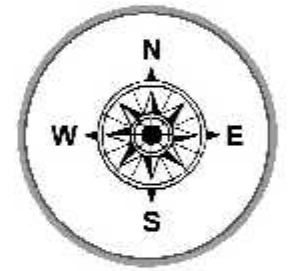
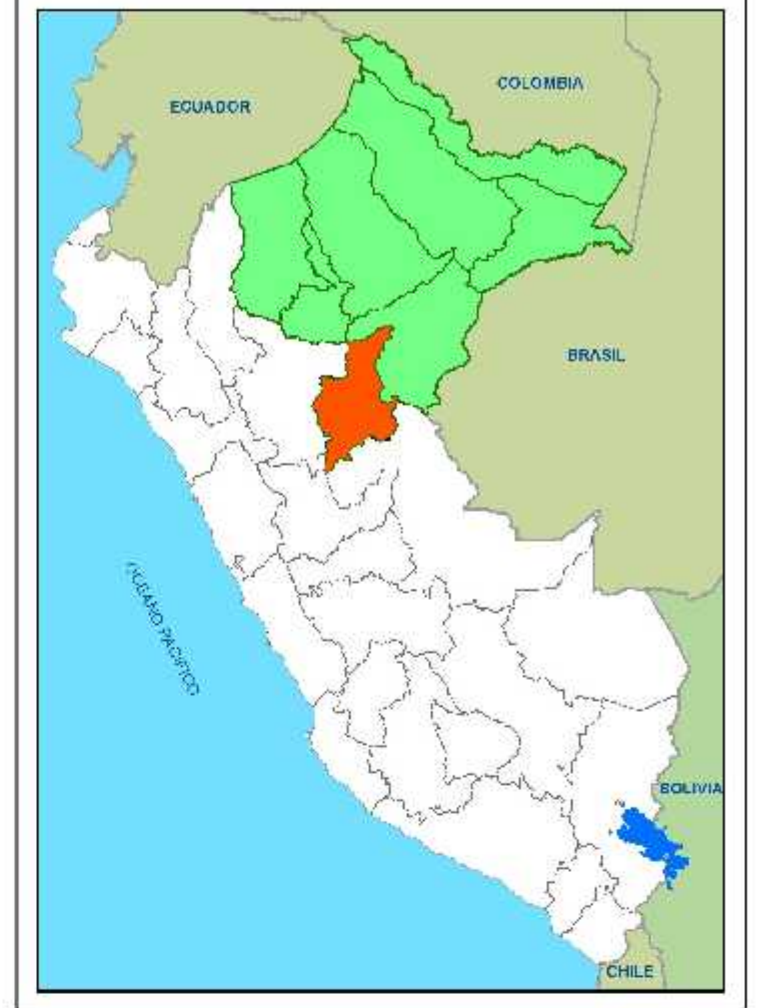
500,000

400000

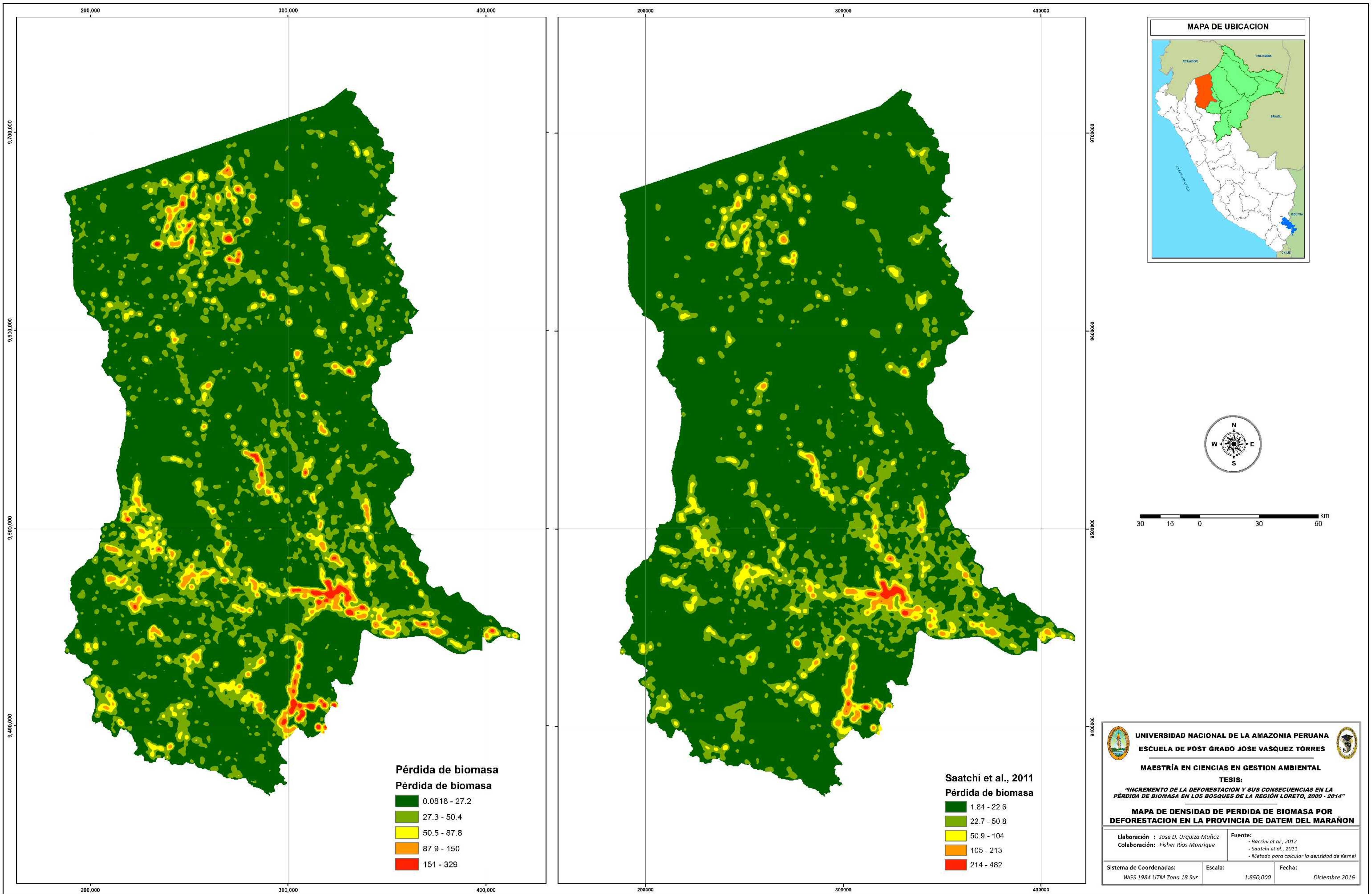
500000



MAPA DE UBICACION



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA ESCUELA DE POST GRADO JOSE VASQUEZ TORRES	
MAESTRIA EN CIENCIAS EN GESTION AMBIENTAL TESIS: "INCREMENTO DE LA DEFORESTACION Y SUS CONSECUENCIAS EN LA PERDIDA DE BIOMASA EN LOS BOSQUES DE LA REGION LORETO, 2000 - 2014"	
MAPA DE DENSIDAD DE PERDIDA DE BIOMSA POR DEFORESTACION EN LA PROVINCIA DE UCAYALI	
Elaboración : Jose D. Urquiza Muñoz Colaboración : Fisher Rios Manrique	Fuente: - Baccini et al., 2012 - Saatchi et al., 2011 - Metodo para calcular la densidad de Kernel
Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 18 Sur	Escala: 1:700,000
Fecha: Diciembre 2016	

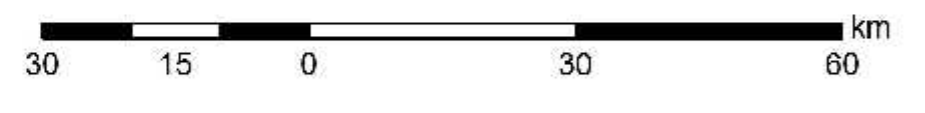
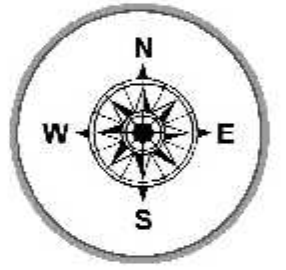


Pérdida de biomasa
Pérdida de biomasa

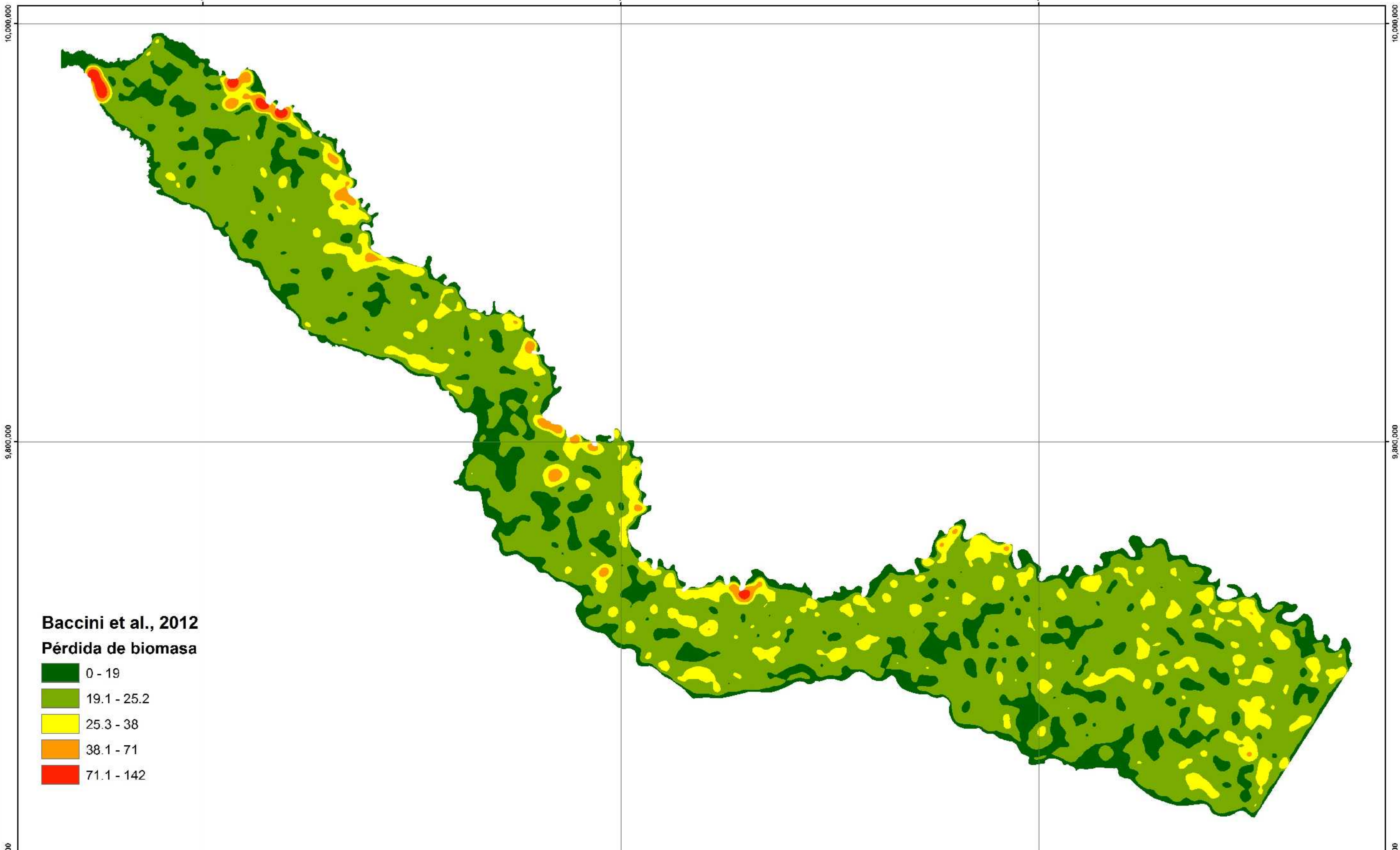
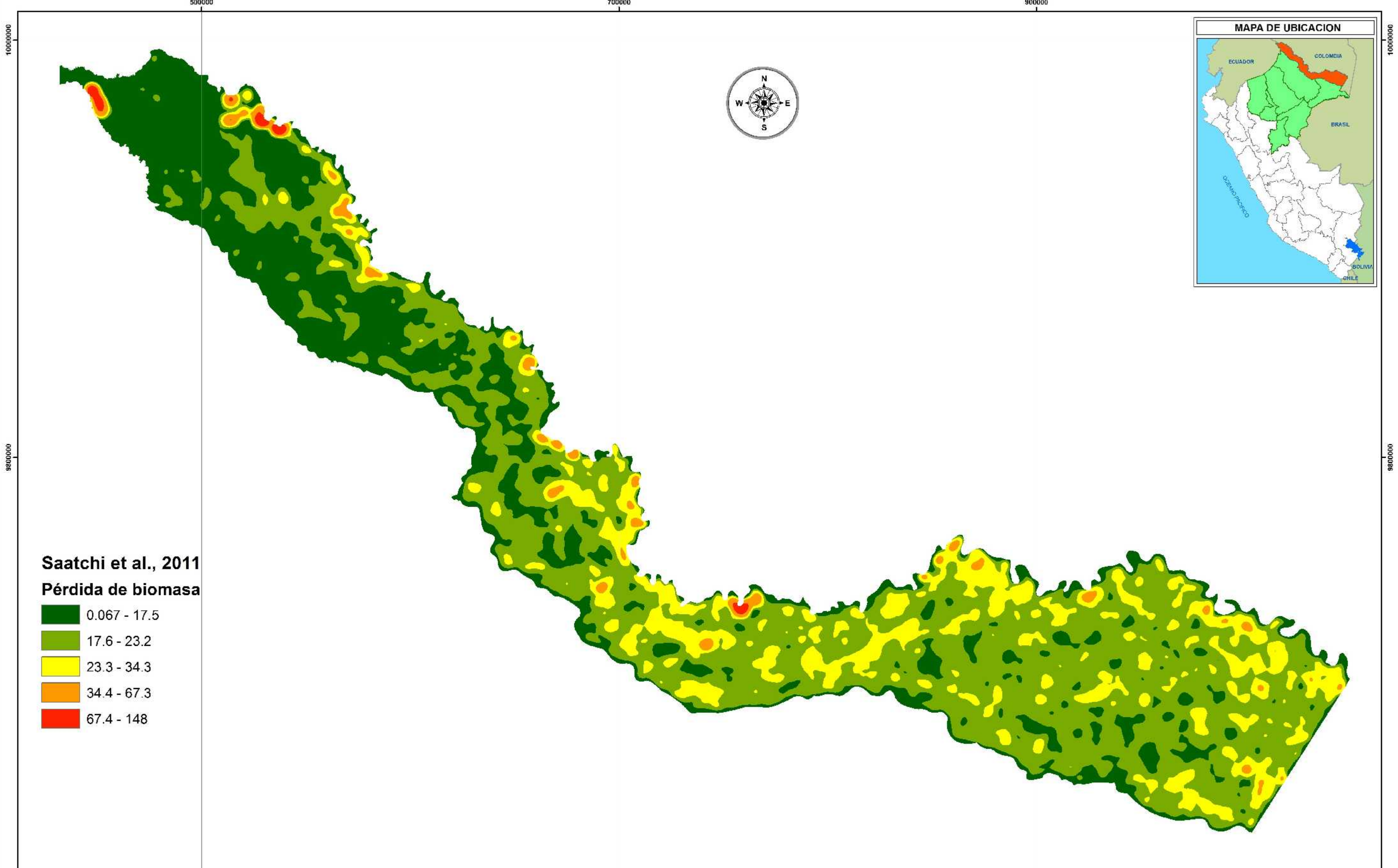
0.0818 - 27.2
27.3 - 50.4
50.5 - 87.8
87.9 - 150
151 - 329


Saatchi et al., 2011
Pérdida de biomasa

1.84 - 22.6
22.7 - 50.8
50.9 - 104
105 - 213
214 - 482



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA ESCUELA DE POST GRADO JOSE VASQUEZ TORRES		
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN GESTION AMBIENTAL TESIS: "INCREMENTO DE LA DEFORESTACION Y SUS CONSECUENCIAS EN LA PÉRDIDA DE BIOMASA EN LOS BOSQUES DE LA REGION LORETO, 2000 - 2014"		
MAPA DE DENSIDAD DE PERDIDA DE BIOMASA POR DEFORESTACION EN LA PROVINCIA DE DATEM DEL MARAÑÓN		
Elaboración : <i>Jose D. Urquiza Muñoz</i> Colaboración: <i>Fisher Rios Manrique</i>	Fuente: - <i>Baccini et al., 2012</i> - <i>Saatchi et al., 2011</i> - <i>Metodo para calcular la densidad de Kernel</i>	
Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 18 Sur	Escala: 1:850,000	Fecha: Diciembre 2016




UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA
ESCUELA DE POST GRADO JOSE VASQUEZ TORRES
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL
TESIS:
"INCREMENTO DE LA DEFORESTACIÓN Y SUS CONSECUENCIAS EN LA PERDIDA DE BIOMASA EN LOS BOSQUES DE LA REGION LORETO, 2000 - 2014"
MAPA DE DENSIDAD DE PERDIDA DE BIOMASA POR DEFORESTACION EN LA PROVINCIA DEL PUTUMAYO

Elaboración : Jose D. Urquiza Muñoz	Fuente: - Baccini et al., 2012
Colaboración : Fisher Rios Manrique	- Saatchi et al., 2011
	- Metodo para calcular la densidad de Kernel

Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 18 Sur	Escala: 1:1,150,000	Fecha: Diciembre 2016
--	---------------------	-----------------------