



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA
AMAZÓNIA PERUANA**



**FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
GESTIÓN AMBIENTAL**

**“EFECTO DE LA DEFORESTACIÓN EN LA
DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE MALARIA EN EL
ÁMBITO DE INFLUENCIA DE LA CARRETERA
IQUITOS – NAUTA DEL 2014 - 2016”**

TESIS

Para Optar el Título Profesional de
INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL

Presentado por

JHON EVER RENGIFO MARIN

Bachiller en Gestión Ambiental

IQUITOS - PERÚ

2017



ACTA DE SUSTENTACIÓN N° 031-EFPIGA-FA-UNAP-2017

En Iquitos, a los 20 días del mes de OCTUBRE del 2017, a horas 5.00 pm el Jurado designado por la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería en Gestión Ambiental, intergrado por los Señores Miembros que a continuación se indica:

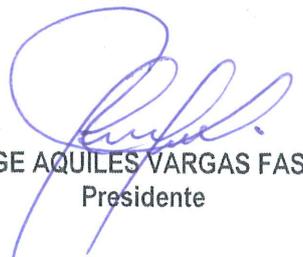
Ing. JORGE AQUILES VARGAS FASABI, M.Sc.	PRESIDENTE
Ing. RICHER RIOS ZUMAETA, Dr.	MIEMBRO
Ing. RONALD BURGA ALVARADO, Dr.	MIEMBRO
Ing. RANULFO SEGUNDO MELÉNDEZ DWELIS	ASESOR

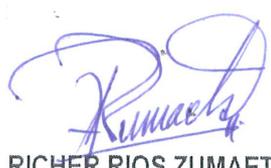
Se constituyeron en el Auditorio de la Facultad de Agronomía, para escuchar la sustentación de la Tesis titulada: EFECTO DE LA DEFORESTACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE MALARIA EN EL ÁMBITO DE INFLUENCIA DE LA CARRETERA IQUITOS – NAUTA DEL 2014 - 2016, presentado por el Bachiller en Gestión Ambiental JHON EVER RENGIFO MARÍN, para optar el Título Profesional de INGENIERO EN GESTION AMBIENTAL que otorga la Universidad de acuerdo a Ley y Estatuto.

Después de haber escuchado con atención y formulado las preguntas necesarias, las cuales fueron respondidas: A SATISFACCION

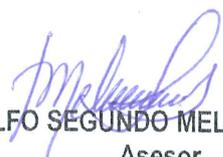
El Jurado después de las deliberaciones correspondientes en privado, llegó a las siguientes conclusiones:

La tesis ha sido APROBADA POR UNANIMIDAD
Siendo las 6.45 pm. se dio por terminado el acto FELICITANDO
al sustentante por su trabajo.


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


Ing. RICHER RIOS ZUMAETA, Dr.
Miembro


Ing. RONALD BURGA ALVARADO, Dr.
Miembro


Ing. RANULFO SEGUNDO MELÉNDEZ CELIS
Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN GESTIÓN
AMBIENTAL

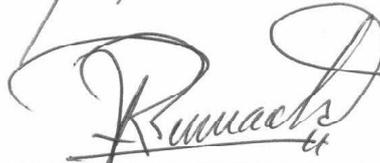
Tesis aprobada en sustentación pública el día 20 de octubre del 2017 por el jurado Ad-Hoc nombrado por la Dirección de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería en Gestión Ambiental, para optar el título de:

INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL

JURADOS:



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



Ing. RICHER RIOS ZUMAETA, Dr.
Miembro



Ing. RONALD BURGA ALVARADO, Dr.
Miembro



Ing. RANULFO SEGUNDO MELENDEZ CELIS.
Asesor



Ing. DARVIN NAVARRO TORRES, Dr.
Decano



DEDICATORIA

*...A Carmen Meléndez y Ricardo Marín por supuesto.
...A Mercy Marín, mi madre que nunca deja de pensar que
la educación es la única forma de salir de la pobreza.
...A mis hermanos y mi familia en general por el apoyo
que día a día me brindan.*

AGRADECIMIENTO

*Agradecimiento pleno a toda mi familia
que propició mi formación profesional.*

*A Lizardo Fachín por ayudarme en
la realización de esta tesis.*

*A Herman Collazos por su apoyo en
en la parte estadística de esta misma.*

*Al personal del IIAP y el CIETROP por
el apoyo logístico.*

*"Ignorance affirms or denies emphatically.
Science doubt"
(Voltaire)
French philosopher*

CONTENIDO

INTRODUCCION.....	11
CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.1 PROBLEMA, HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	14
1.1.1. Descripción del problema.....	14
1.1.2. Definición del problema.....	15
1.1.3. Hipótesis.....	16
1.1.4. Identificación de las variables.....	16
1.1.5. Operacionalización de las variables.....	16
1.2 OBJETIVOS DE LA INVETIGACION.....	16
a) Objetivo general.....	16
b) Objetivos específicos.....	17
1.3 JUSTIFICACION E IMPORTANCIA.....	17
CAPITULO II: METODOLOGÍA.....	20
2.1 ÁREA DE ESTUDIO.....	20
2.2 MATERIALES.....	21
2.3 MÉTODO.....	24
A. Extracción de datos de casuística de malaria de la base de datos de la DIRESA.....	24
B. Modelamiento espacial de casos de malaria.....	25
C. Mapeo de la deforestación.....	25
D. Extracción de estadísticas de deforestación.....	26
E. Análisis de correlación.....	26
CAPITULO III: REVISION DE LITERATURA.....	27
3.1 MARCO TEÓRICO.....	27
Epidemiología panorámica.....	27

Sensoramiento Remoto	28
Firmas espectrales	34
Landsat Data Continuity Mission – Landsat-8.....	35
Sistemas de información geográfica (SIG)	38
Análisis espacial.....	39
Inverse Distance Weighting (IDW).....	41
Autocorrelación espacial.....	42
Detección y medición de la autocorrelación espacial.....	42
Enfermedades tropicales y los bosques.	44
Deforestación	45
Monitoreo de la deforestación	46
Aspectos generales de la herramienta CLASlite.....	47
A. Análisis de cobertura fraccional	48
B. Análisis de cobertura de bosque/no bosque	49
C. Análisis de cambio de bosque	49
Deforestación como determinante de la malaria.....	50
3.2 MARCO CONCEPTUAL	53
Epidemiología panorámica	53
Sensoramiento Remoto.....	53
Sistemas de información geográfica (SIG)	54
Análisis espacial.....	54
Inverse Distance Weighting (IDW).....	55
Autocorrelación espacial.....	56
Enfermedades Tropicales.....	56
Malaria	57
Bosque.....	57
Deforestación.....	58

Definiciones operativas de bosque y deforestación	60
CAPITULO IV: ANALISIS Y PRESENTACION DE LOS RESULTADOS	62
4.1 Extracción de datos de la casuística de malaria de la base de datos de la DIRESA.....	62
4.2 Modelamiento espacial de la malaria	64
4.3 Mapeo de la deforestación	69
4.4 Extracción de estadísticas de deforestación.....	71
4.5 Análisis de correlación.	77
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	82
5.1 CONCLUSIONES	82
5.2 RECOMENDACIONES.	84
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	86
GLOSARIO.	97
ABREVIATURAS:	101
COLABORADORES.....	102
ANEXOS.....	103

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Operaconalización de variables	16
Tabla 2. Imagenes adquiridas y cobertura de nubes.	22
Tabla 3. Descripción de los Softwares utilizados.....	23
Tabla 4. Especificaciones de Productos LCDM Landsat 8 a nivel.....	37
Tabla 5. Distribución de las bandas en OLI y TIRS.....	38
Tabla 6. Numeros de casos en investigacion.....	63
Tabla 7. Estadisticos descriptivos de la casuistica de malaria.	63
Tabla 8. Prueba de normlidad para la casuistica de malaria	63
Tabla 9. Porcentaje de enmascaramiento.	69
Tabla 10. Areas deforestadas por año.	70
Tabla 11. Clusters para el año 2014.....	72

Figura 19. Análisis de Moran para el año 2014.	65
Figura 20. Análisis de Moran para el año 2015.	66
Figura 21. Análisis de Moran para el año 2016.	67
Figura 22. Mapas de distribución espacial de malaria en los años 2014, 2015 y 2016.....	68
Figura 23. Mapa de deforestación.....	70
Figura 24. Mapas de clusters con áreas para la extracción de datos de deforestación.	73
Figura 25. Deforestación y casos de malaria por clúster en 2014.....	78
Figura 26. Deforestación y casos de malaria por cluster en 2015.....	78
Figura 27. Deforestación y casos de malaria por clúster en 2016.....	78
Figura 28 Relación Deforestación – Malaria.....	79

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Ecuación de la interpolación IDW.	41
Ecuación 2 Índice de Moran I.....	43
Ecuación 3 Acumulado del peso espacial.	44
Ecuación 4 Puntuación Z.	44
Ecuación 5 componentes de la puntuación Z.....	44

INTRODUCCION

La malaria es la principal causas de muerte y el problema de salud pública de mayor importancia en América Latina (USAID, 2012). En Perú es prevalentes en diferentes áreas geográficas del norte del país, en Loreto las primeras semanas de 2015 se reportaron 6809 casos; en el mismo período de 2016, se reportaron 8664 casos con incremento del 21.5%. La Tasa de incidencia muestran a 32 distritos con muy alto riesgo, esto es más de la mitad de los 53 distritos del departamento Loreto expuestos a esta enfermedad (Carey, 2016).

Aproximadamente 72 millones de hectáreas de bosques existe en Perú de las cuales el 28.7% se encuentran en Loreto (Dourojeanni, 2013) con una composición florística muy compleja (bosque húmedo subtropical y tropical) con más de 2500 especies diferentes. En Amazonia peruana 7 172 554 ha han sido deforestadas al año 2000, de las cuales 1 496 317.56 ha (10.36% de la superficie de los bosques amazónicos) fueron deforestadas en el periodo de 1990 – 2000 a una tasa anual de 149 631.76 ha/año en el caso de Loreto (MINAM, 2009). Información más actualizada proporcionada por NatureServe (2012) indica que se deforestaron 1 303 800 ha en Loreto (3,55% de su territorio) concentrada en dos focos: la carretera Iquitos-Nauta y los alrededores de Yurimaguas (Dourojeanni, 2013).

Principalmente la deforestación en el país es causada por la agricultura migratoria (apertura de terrenos agrícolas), la extracción ilegal (apertura de caminos y retiro de especies valiosas), y los incendios forestales (FAO, 2004); es la mayor actividad que origina emisión de gases de efecto invernadero y se pierden grandes extensiones de biomasa

arbórea, lo que pone en peligro a la biodiversidad acompañante, no sólo por pérdidas de individuos arbóreos sino también por pérdida de refugios para la fauna silvestre y de servicios ambientales del bosque (MINAM, 2009).

La malaria o paludismo es una de las enfermedades más serias en el mundo, el ciclo de la enfermedad consiste en una transmisión directa del vector hacia los humanos, por varias especies del mosquito *Anopheles* (Mohs y Mora 1987 mencionado por (Vargas, 1994)). La distribución de la malaria está asociada a zonas geográficas tropicales con climas húmedos. Evidentemente, cada año se deforesta más, y cada año aumentan los casos de malaria en la región tropical del planeta, una de las razones del aumento de esta enfermedad es la deforestación, el cambio de uso forestal a agrícola extensivo, el descuido de los gobiernos en los programas de salud y las migraciones (Vargas, 1994).

La deforestación en las regiones tropicales húmedas genera hábitat propicios para el desarrollo del mosquito *Anopheles*, se menciona que aumenta la temperatura con amplitud térmica entre los 18°C a 32°C requerida por el mosquito (Vargas, 1994), también se generan estancamientos de agua coincidiendo así con la descripción del ambiente preferido por el mosquito (Benenson, 1992 mencionado por (Vargas, 1994)).

El avance tecnológico permitió el uso de los sensores remotos (SR) como herramientas para conocer la tierra permitiéndonos: el monitoreo de la deforestación, de sequias e inundaciones, el crecimiento urbano y otras múltiples aplicaciones más; siendo fundamental el uso de los sistemas de información geográficas (SIG). Entonces la investigación emplea los productos de estas tecnologías que permiten cuantificar la deforestación y además con los SIG hacer interpolaciones espaciales de la casuística de malaria en el área de influencia de

la carretera Iquitos - Nauta partiendo de la premisa que el incremento de la deforestación está asociado directamente con la presencia de casos de malaria. Este tema de investigación para la amazonia no es nuevo, ya que en el año 2006 Vittor estudió la relación de la deforestación y la tasa de picadura de mosquito *Anopheles* en el ámbito de la carretera Iquitos – Nauta y encontró la relación que en lugares más deforestados la tasa de picadura aumentaba e incluso teniendo en cuenta la intervención humana en su control (Vittor et al., 2006). A escala mayor, Olson encontró que un aumento del 4,3% en la deforestación aumenta la incidencia de malaria en 48% en los distritos de salud en Mancio Lima, Brasil (Olson, 2010). La tesis contesta la pregunta: ¿Existe relación entre la deforestación con la distribución espacial de malaria en el ámbito de influencia de la carretera Iquitos – Nauta de 2014 al 2016? y se encontró que la deforestación tiene una relación directa con la distribución espacial de la malaria, esto permitió comprender el impacto epidemiológico de la malaria que es de vital importancia para implementar estrategias de control que impidan su repentino aumento (Aramburu, Ramal, & Witzig, 1999). Los resultados permitieron identificar las zonas con mayores casos de malaria; por tanto, es importante para la planificación e implementación de estrategias de monitoreo de malaria. Esto permitirá focalizar la logística en estas áreas de modo que la vigilancia epidemiológica sea más eficiente; no obstante, la metodología desarrollada es aplicable a escala departamental y también a otras enfermedades.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 PROBLEMA, HIPÓTESIS Y VARIABLES

1.1.1.Descripción del problema

Según la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos de América (USAID, 2012), la malaria es la principal causa de muerte y el problema de salud pública de mayor importancia en América Latina. Esta enfermedad es amenaza significativa para la salud pública a pesar de décadas de esfuerzos de control y millones de dólares de financiación (Barat, 2006).

En Perú como también en otros países Amazónicos, las enfermedades transmitidas por vectores, como la malaria, el dengue, la fiebre amarilla, enfermedad de Carrión, leishmaniosis, enfermedad de Chagas son prevalentes en diferentes áreas geográficas del país, teniendo como factores condicionantes a los cambios climáticos, los cambios en los ecosistemas, como los propiciados por la deforestación, las plantaciones de arroz y los cambios demográficos debidos a la intensa migración, que contribuye a la dispersión de estas enfermedades (Cabezas-Sánchez, 2015). Según reportes de la Dirección de Epidemiología de la DIRESA, en Loreto durante las primeras semanas epidemiológicas del año 2015 se reportaron 6809 casos de malaria; sin embargo, en el mismo período del año 2016, se reportaron 8664 casos de malaria con incremento del 21,5%. La Tasa de Incidencia Acumulada (TIA) muestran a 17 distritos con muy alto riesgo y 15 distritos con alto riesgo de incidencias, esto es más de la mitad de los 53 distritos de Loreto expuestos a Malaria (Carey, 2016).

El proyecto se desarrolló en el área de influencia de la carretera Iquitos - Nauta que se empezó a construir a inicios de 1970 con aproximadamente 334 031,85 ha de superficie SIG. La construcción de la misma trajo consigo muchos impactos ambientales y socioeconómicos en esta zona, siendo la deforestación uno de los más severos (Kalliola & Flores-Paitan, 1998), esta situación por los diferentes efectos que trae consigo puede estar teniendo repercusiones subyacentes en la salud pública. Ante este escenario surgen preguntas relacionadas con los efectos de las actividades humanas en los ecosistemas, modificaciones que pudieran estar ocasionando respuestas en el comportamiento espacial de los vectores reflejada en aumento de la casuística de enfermedades transmitidas por vectores, siendo una de las más importantes la malaria.

Loreto es el departamento que alcanza cifras importantes en cuanto a la presencia de casos de malaria, pese a la alta presencia de casos aún no se tiene un mapa de distribución espacial de casos que muestre los lugares de mayor incidencia, este problema puede ser abordado con herramientas tecnológicas como los sistemas de información geográfica (SIG) y los sensores remotos (SR), que en este proyecto se explotará sus amplias bondades para abordar el análisis espacial de los problemas de salud pública.

1.1.2. Definición del problema

¿Existe relación entre la deforestación con la distribución espacial de malaria en el ámbito de influencia de la carretera Iquitos – Nauta de 2014 al 2016?

1.1.3.Hipótesis

La deforestación se asocia positivamente con la distribución espacial de malaria en el ámbito de influencia de la carretera Iquitos – Nauta de 2014 al 2016.

1.1.4.Identificación de las variables

Variable independiente:

X₁: Deforestación.

Variable dependiente:

Y₁: Distribución espacial de malaria.

1.1.5.Operacionalización de las variables

Tabla 1. Operaconalización de variables.

VARIABLES	INDICADORES	INDICE	TIPO
Variable independiente: X ₁ : Deforestación.	Deforestación anual.	Porcentaje de deforestación en clústeres de distribución espacial de malaria.	Cuantitativa continua.
Variable dependiente: Y: Distribución espacial de malaria.	Presencia de casos notificados de malaria, en los clústeres de distribución espacial.	Suma de casos de malaria en los clústeres de distribución espacial.	Cuantitativa discreta.

1.2 OBJETIVOS DE LA INVETIGACION

a) Objetivo general

Determinar el efecto de la deforestación en la distribución espacial de malaria de 2014 al 2016 en el ámbito de influencia de la carretera Iquitos – Nauta.

b) Objetivos específicos

1. Extraer de base de datos de la DIRESA, el número de casos reportados de malaria por lugar poblado que se encuentren en el área de influencia de la carretera Iquitos – Nauta de los años 2014, 2015 y 2016.
2. Mapear y describir los patrones de distribución espacial de malaria por año 2014, 2015 y 2016 en el área de influencia de la carretera Iquitos –Nauta.
3. Mapear la deforestación en el área de estudio por periodos de un año desde el 2014 al 2016.
4. Extraer las estadísticas de deforestación.
5. Analizar la correlación de la presencia de casos reportados de malaria (distribución espacial) con las estadísticas extraídas de la deforestación.

1.3 JUSTIFICACION E IMPORTANCIA

La presente investigación busca determinar la asociación de la deforestación y la distribución espacial de la malaria en el área de influencia de la carretera Iquitos - Nauta; donde ocurren muchos cambios en el territorio. Los cambios en la cobertura terrestre forman parte del proceso de cambio climático global y pueden repercutir negativamente sobre las características biofísicas de la superficie terrestre (Carvajal & Pabón, 2014), considerando todos los procesos de cambio de uso de tierras que vienen suscitándose en esta área como la conversión de bosque en terreno agrícola, la remoción de

bosque para la implementación de monocultivos, para piscigranjas, extracción de arena, extracción de madera para carbón, etc.

Con la presente investigación se identificó las zonas con mayores casos de malaria en la zona de la carretera Iquitos – Nauta por efecto de la deforestación, ya que actualmente representan un serio problema de salud pública para esta área, no obstante, la metodología desarrollada podría ser aplicable a escala departamental y también para otras enfermedades.

Los resultados proporcionarían información que servirían para identificar zonas con mayor riesgo y emplearse como herramienta regional que ayude a tomar decisiones a corto, mediano y largo plazo para una respuesta oportuna y anticipada ante posibles brotes de malaria; será importante para la planificación e implementación de estrategias de control y monitoreo de malaria y otras enfermedades, para el diseño de programas de prevención. Permitirá focalizar los recursos logísticos en áreas con mayor riesgo, de modo que la vigilancia epidemiológica y el control vectorial sean más eficientes para lograr disminuir la incidencia de casos.

Los resultados tienen dos implicaciones principales para las políticas públicas en la Amazonia, en Perú y en Loreto: A) La deforestación impone costos al sistema de salud que deben tenerse en cuenta; B) Existe una sinergia entre las políticas para combatir la deforestación y las políticas de prevención y control de la malaria. Por lo tanto, las tomas de decisiones gubernamentales deben incluir el efecto de la deforestación sobre la incidencia de la malaria y

sus costos asociados. La integración de las políticas ambientales y de salud, a su vez, puede basarse en acciones conjuntas de vigilancia ambiental; prevención y mitigación de la malaria, teniendo en cuenta la distribución espacial de la deforestación.

Es la primera vez que se mapea de distribución de malaria para el área de influencia de la carretera Iquitos – Nauta, el mismo que permitirá tomar decisiones en lugares donde se presenten el mayor número de casos.

CAPITULO II: METODOLOGÍA

2.1 ÁREA DE ESTUDIO.

El área de estudio abarca una superficie SIG de 334 031.85 ha localizada entre los meridianos 73.29° y 73.66° de longitud Oeste y los paralelos 3.70° y 4.54° de latitud Sur. El área está situada en la parte nororiental del Perú, en la región natural denominada selva baja u omagua. Políticamente comprende parte de las provincias Loreto (19,21% sup.) y Maynas (80,79% sup.), del departamento Loreto que es el más extenso con 368 851.95 km² del Perú (28,7% del territorio peruano) y con una población de 921 518 habitantes con una densidad poblacional de 2.5 habitantes por km². La cubierta vegetal está constituida por un bosque perennifolio, representativa del llano Amazónico y comprende la provincia biogeográfica Amazónica Tropical, en el nivel de ecosistemas, predomina la zona de vida Bosque Húmedo Tropical (bhT), con precipitaciones promedios anuales superiores a 2 400 mm y temperatura media mensual superior a 24 °C. El tipo de clima (A(r)A'H4) se caracteriza por ser muy lluvioso y la humedad relativa, a lo largo del año, varía entre 82% y 86%. La tasa de crecimiento promedio poblacional entre 1981 y 1993 fue de 3,6% en el ámbito de Iquitos; 6,8% en el ámbito de Nauta y de 7,4% en la población asentada en el eje de la carretera Iquitos – Nauta (Kalliola & Flores-Paitan, 1998).

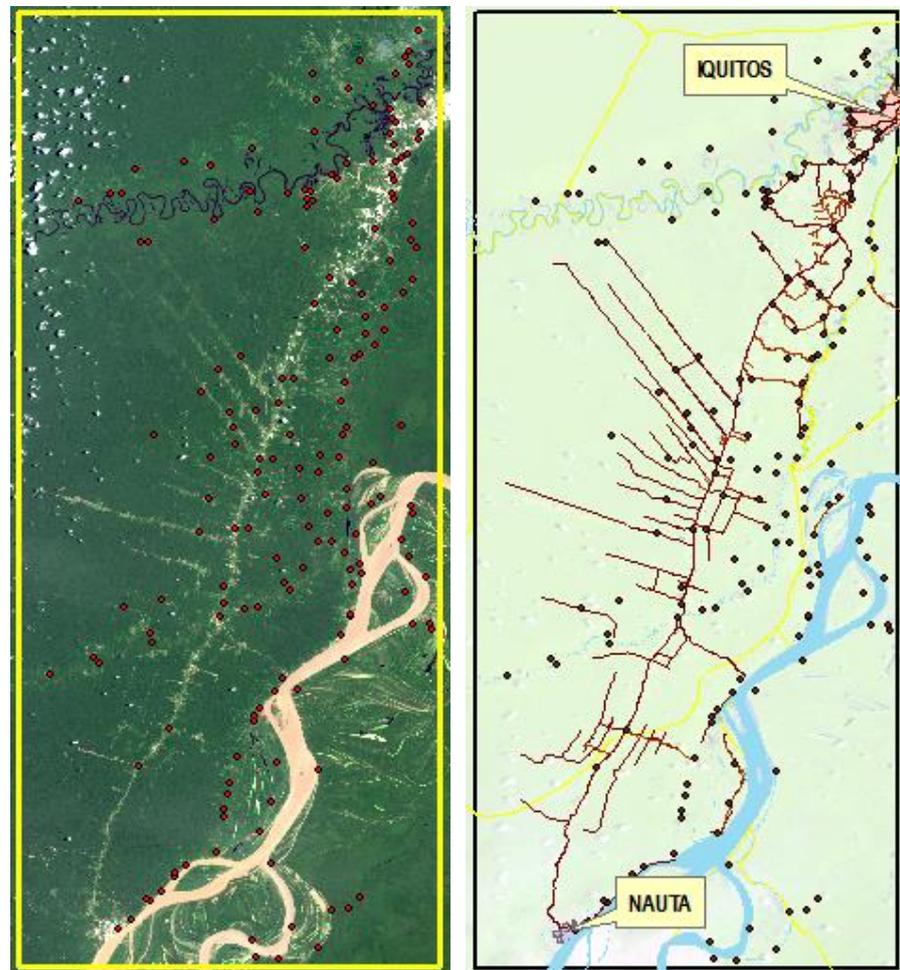


Figura 1. Área de estudio del ámbito de influencia de la carretera Iquitos – Nauta.

2.2 MATERIALES

A. Material cartográfico digital

- ✓ Polígono del área de influencia de la carretera Iquitos – Nauta en formato shapefile.
- ✓ Puntos de los lugares poblados de la carretera Iquitos – Nauta en formato shapefile.

B. Material satelital

Se utilizó 4 imágenes de satélite Landsat 8 de los años 2014, 2015, 2016 y 2017 evaluando la calidad de las mismas (porcentaje de nubes, fechas, estacionalidad, etc.), del área de influencia de la carretera Iquitos – Nauta (Path: 006 Row: 063 en el WRS - 2). Las imágenes Landsat se obtuvieron de dos servidores: el Servicio Geológico de los Estados Unidos – USGS¹ e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales de Brasil - INPE². En el [Anexo 2](#) se detalla el procedimiento de descarga de las imágenes.

Tabla 2. Imágenes adquiridas y cobertura de nubes.

		Fecha	Cobertura de nubes	Servidor WEB
LANDSAT 8	Sensores OLI y TIRS.	19/11/2014	1.2 %	USGS
		03/09/2015	1.78 %	INPE
		20/08/2016	1.96 %	USGS
		12/02/2017	8.9 %	USGS

C. Datos de casuística de Enfermedades Tropicales

Se consideró los casos de malaria registrados en cada centro poblado del ámbito de influencia de la carretera Iquitos – Nauta en el periodo 2014 al 2016. La base de datos contiene la data histórica registrada de las enfermedades sujetas a vigilancia epidemiológica, la malaria es una de ellas; fue proporcionada por el Centro de Investigación de Enfermedades Tropicales (CIETROP) los mismos que fueron adquiridos de la Dirección de

¹ Earth Explorer: <http://earthexplorer.usgs.gov/>

² INPE: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>

Epidemiología de la Dirección Regional de Salud (DIRESA) – Gobierno Regional de Loreto (ver [Anexo XI](#)).

D. Equipos y Software

Equipos:

Laptop con procesador Core i7, memoria RAM 8Gb, con SO MS Windows 10.

Softwares:

Tabla 3. Descripción de los Softwares utilizados.

Software	Características	Usos
CLASlite	Versión 3.3	Utilizado para unión de bandas, calibración radiométrica y corrección atmosférica, generación de imágenes de cobertura fraccional, mapas de cobertura de bosque y no bosque; y mapas de cambio de cobertura de bosque.
ArcGIS	Versión 10.4	Utilizado para la verificación y eliminación de ruidos (Sombras de nubes, bordes de nubes) y análisis geoestadísticos y la elaboración de mapas.
SPSS	Versión 24.1	Utilizado para realizar los análisis estadísticos.
MS Excel	Versión 2016	Utilizado para ordenar los datos y presentar los cuadros estadísticos.

2.3 MÉTODO

En la presente investigación³ se utilizó sistemas de información geográfica, técnicas de procesamiento de imágenes satelitales, análisis geoestadísticos (análisis espacial), dado que se usó muchas técnicas, este trabajo tuvo las siguientes etapas metodológicas (ver [Anexo I](#)) que a continuación se explican:

A. Extracción de datos de casuística de malaria de la base de datos de la DIRESA

Se identificaron y localizaron los lugares poblados que están dentro del área de estudio, esto se hizo usando el mapa base del departamento Loreto que fue descargado del geoportal web⁴ del GORE Loreto (ver [Anexo III](#)), estos mismos lugares poblados tuvieron que ser identificados en la base de datos de epidemiología que contiene a la casuística histórica de malaria. Se ordenaron el número de casos reportados de malaria por lugar poblado para los años 2014, 2015 y 2016. Se evaluó si sus distribuciones probabilísticas cumplen

³ **Diseño y estadísticas empleadas en la investigación.**

El diseño de la investigación es no experimental, descriptivo y comparativo de la deforestación y la distribución espacial de la malaria en el área de influencia de la carretera Iquitos – Nauta para tres periodos de un año desde el 2014 al 2016.

- El tipo de la investigación fue NO EXPERIMENTAL, pues no se manipularon las variables de ninguna forma, se observó y registro tal como ocurren naturalmente.
- Fue de tipo RETROSPECTIVO porque se utilizó información previamente colectada.
- Fue LONGITUDINAL, se evaluó las posibles tendencias de la variable de respuesta o dependiente.
- Fue DESCRIPTIVA, pues pone en evidencia y describe las características de las variables, estas características son de índole CUANTITATIVA.
- Fue CORRELACIONAL, se analizará las relaciones entre la variable dependiente e independientes.

(Sampieri, Collado, Lucio, & Pérez, 1998)
(Hernández, 2008)

Se hizo un análisis estadístico: descriptivo y correlacional.

⁴ <http://geoportal.regionloreto.gob.pe/visorloreto/>

con el supuesto paramétrico de normalidad para poder aplicar las demás pruebas estadísticas.

B. Modelamiento espacial de casos de malaria

Se realizó un análisis de autocorrelación espacial con el índice de Moran I (ver [Anexo VIII](#)) con el fin determinar si la distribución espacial de los casos cumple algún patrón espacial (agregado, aleatorio o disperso) y se mapeó la distribución espacial de malaria usando el método de interpolación Inverse Distance Weighting (IDW) (ver [Anexo IX](#)) por año de 2014 al 2016. Para esto se usó el sistema de información geográfica ArcGIS de ESRI donde previamente se relacionó a los atributos de los puntos que representan a los lugares poblados con las tablas de casos de malaria registradas por año que previamente fue extraída de la base de datos Epidemiológica de la DIRESA.

C. Mapeo de la deforestación

Se siguió la metodología del protocolo de Análisis y Clasificación de Imágenes para el Monitoreo de Cobertura de Bosque, Deforestación y Degradación Forestal de la DGOTA del MINAM (ver [Anexo IV](#)) que emplea el Sistema de Análisis Landsat de Carnegie - Lite (CLASlite) la que se utiliza para cuantificar el cambio de la cobertura de Bosque a No Bosque por deforestación utilizando imágenes de satélite Landsat 8 y se obtuvo un mapa cuya leyenda indica la deforestación en periodos de un año. Por último, para

comprobar con confiabilidad del mapa de deforestación se realizó la validación con trabajo de campo.

D. Extracción de estadísticas de deforestación

Al modelarse o mapearse la distribución espacial de la malaria mediante el método de interpolación IDW nos permitió determinar clases, clusters o agrupaciones, es decir áreas donde se estaría dando las mismas situaciones tendríamos escenarios similares referente al número de casos, considerando el número máximo anual de casos reportados por cada año, se asignó el número de clases respectivos (con motivo de ir aislando los lugares o las áreas donde hay mayor presencia de casos) donde que los límites de cada clase son los de la progresión geométrica respectiva. Estas clases determinaron las áreas de donde se extrajeron las estadísticas expresadas en porcentaje de la deforestación. Para estos procesos se utilizará el software SIG ArcGIS.

E. Análisis de correlación

Se realizó con la suma de casos registrados de malaria en cada clúster con las estadísticas extraídas de deforestación expresadas en porcentajes. Esta matriz de datos se exportó al paquete estadístico IBM SPSS donde se realizó las correlaciones cruzadas. De acuerdo con la distribución probabilística de los casos se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson (r de Pearson) o de Spearman (ρ de Spearman) según sea el caso.

CAPITULO III: REVISION DE LITERATURA

3.1 MARCO TEÓRICO

Epidemiología panorámica

Los recientes avances en la comprensión del ambiente donde ocurren la transmisión de muchas enfermedades de importancia en salud pública, en particular las transmitidas por vectores, han permitido generar una serie de conceptos y herramientas que están modificando el abordaje de problemas complejos en salud. Así, el uso de Sensores Remotos (SR) y Sistemas de Información Geográfica (SIG) aplicados a eventos epidemiológicos, brindan opciones que se traducen en visiones más integradas de las enfermedades y nuevas posibilidades para prevenirlas y controlarlas (Rodríguez-Morales, 2005).

La aplicación de información espacial en temas de salud es una disciplina relativamente nueva que incluye la caracterización eco-geográfica de aquellas áreas donde se desarrollan las enfermedades, usando para tal fin, técnicas y productos de Teledetección. La Epidemiología Panorámica puede ser considerada como parte de una segunda generación de aplicaciones espaciales, donde el objeto (el vector o reservorio de una enfermedad) no puede ser detectado directamente por los satélites. Es un enfoque holístico, el cual asume que la dinámica biológica entre huéspedes y poblaciones de vectores se ven afectadas por elementos del paisaje, como son la temperatura y la vegetación (Scavuzzo, 2006) (Porcasi, Catalá, Hrellac, Scavuzzo, & Gorla, 2006). El uso de técnicas de SR para mapear la distribución de vectores y el

riesgo de enfermedades ha tenido una gran evolución durante las últimas dos décadas (Mouchet et al., 1998). Se pueden usar para desarrollar modelos predictivos de riesgo, los cuales principalmente se realizan a través de técnicas estadísticas de regresión logística y análisis discriminante, que dilucidan las asociaciones entre datos ambientales multivariados y los patrones de presencia o ausencia de vectores para así mapear los vectores o las enfermedades.

Estos métodos son capaces de predecir la probabilidad de la presencia de la variable dependiente (vector o enfermedad), a partir de un grupo de variables independientes (datos de clima y cobertura de la tierra) y de esta forma pueden ser usados para hacer mapas de riesgo a partir de bases de datos (por análisis de regresión de Poisson), se demuestra la utilidad de los SR para mapear la distribución y generar mapas de riesgo para las enfermedades a partir de datos obtenidos de SR (Parra-Henao, 2010).

Sensoramiento Remoto.

Olaya indica que los componentes de la teledetección son los siguientes (Olaya, 2011):

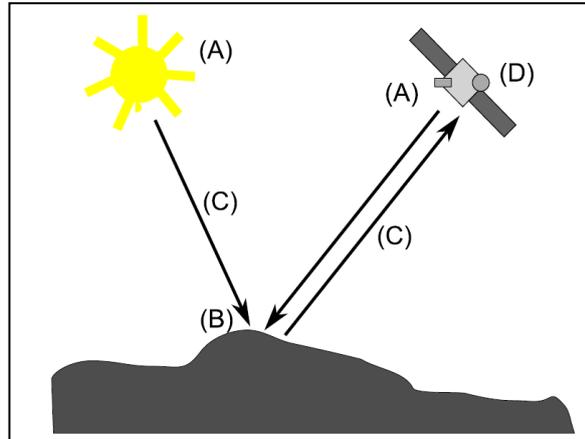


Figura 2. Esquema de un sistema de teledetección.

Una fuente de radiación (A), que puede ser de origen natural o artificial; unos objetos (B) que interactúan con la radiación; la atmósfera (C) por la que se desplaza la radiación; y un receptor (D) que recoge la radiación una vez esta ha sido perturbada o emitida por los objetos.

El receptor va a generar como producto final una imagen (ráster), en cuyas celdas o píxeles se va a contener un valor que indica la intensidad de la radiación. Estos valores son números enteros que indican el nivel de dicha radiación dentro de una escala definida (habitualmente entre 1 y 256), el mismo que es definido por la **resolución radiométrica** del sensor, y se conoce como Niveles Digitales (ND) (Labrador, Évora, & Arbelo, 2012).

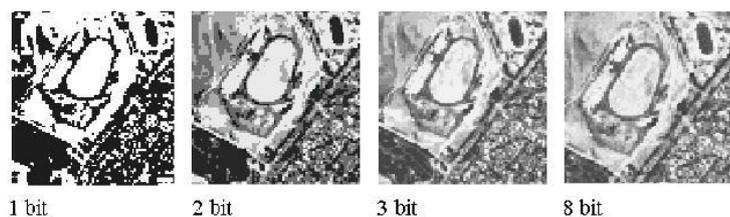


Figura 3. Resolución radiométrica.

La **resolución radiométrica** se define como la capacidad de detectar y cuantificar los cambios en el ecosistemas terrestres y su balance global de energía depende del sensor del satélite que provea medidas calibradas y consistentes de las características de la superficie de la tierra (Chander & Markham, 2003).

Los sensores activos generan su propia energía, mientras que los **pasivos** dependen de energía ambiental de una fuente externa, que en la tierra proviene principalmente del sol. Los más usados son los sensores pasivos, que permiten medir la magnitud de la radiación electromagnética reflejada e irradiada desde la superficie de la tierra y de la atmósfera y, así mismo, derivar información sobre las condiciones de la superficie (Hay, Tatem, Graham, Goetz, & Rogers, 2006).

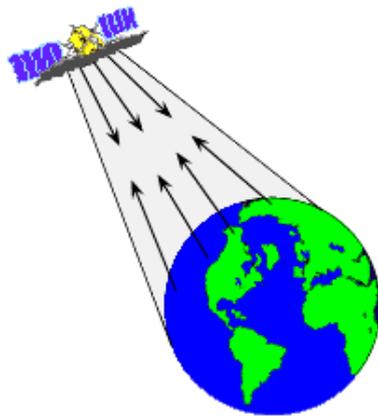


Figura 4. Sensor Activo.

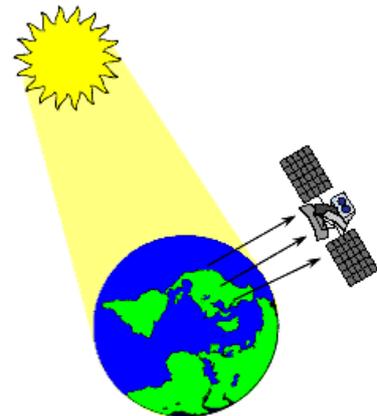


Figura 5. Sensor Pasivo.

Los SR de más amplio uso y con mayores aplicaciones son aquellos instalados a bordo de satélites que orbitan sobre la tierra, bien sea en orbitas **geoestacionarias** (en altitudes de 23 000 y 40 000 km) sobre la franja

ecuatorial y que viajan a la misma velocidad de rotación de la tierra, lo que permite que siempre estén fijos sobre un punto determinado de la superficie terrestre, o aquellos que están orbitando alrededor del planeta a altitudes menores (600-900 km) los cuales pasan repetidas veces por diferentes secciones de la tierra mientras rotan, a estos satélites se les denomina de tipo **polar** (Hay, 2000).

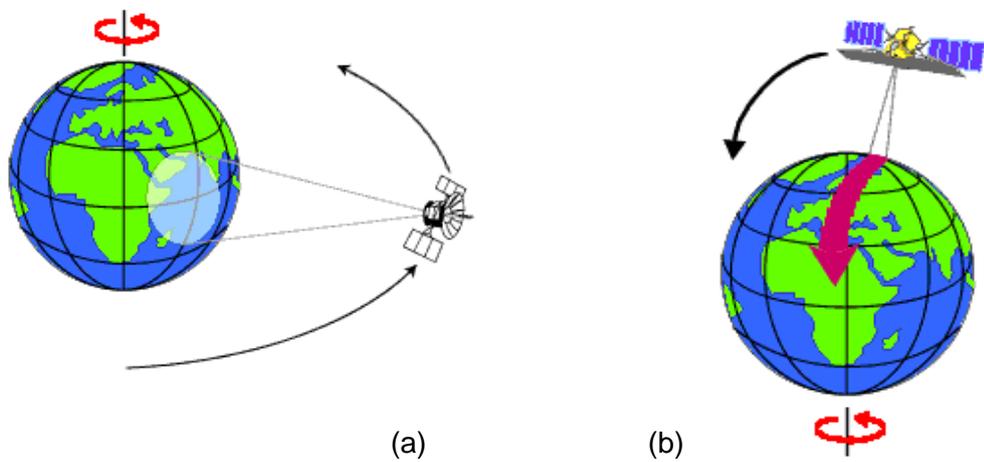


Figura 6. Operación de un satélite Geoestacionario (a).

Figura 7. Operación de un satélite heliosíncrono o polar (b).

Los SR también se clasifican entre aquellos denominados de alta **resolución espacial** y de baja resolución espacial. Los satélites de la serie Landsat, SPOT y MODIS están entre los SR de media resolución y son de mayor uso. De otro lado, los SR denominados de baja resolución, son aquellos que brindan información de áreas mayores a 1 x 1 km, entre ellos y de amplio uso podemos citar a aquellos de la serie NOAA-AVHRR (Hay, 2000).

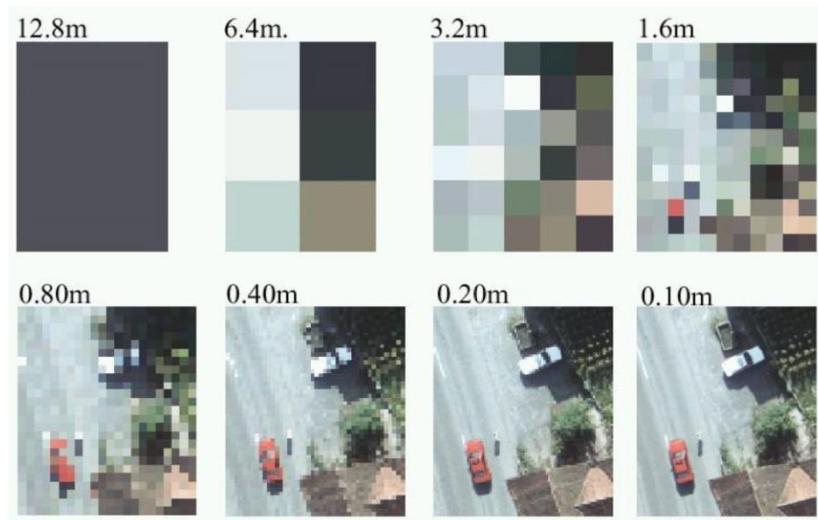


Figura 8. Resolución espacial.

La resolución espectral se refiere al número y ancho de las bandas espectrales registradas por un sensor (Gutiérrez & Nieto, 2006). Cuanto más estrechas sean estas bandas mayores será la resolución espectral. La información obtenida por los SR se puede aplicar a estudios entomológicos de campo, debido a que ellos proveen (o se pueden estimar) información importante sobre la cobertura de la tierra: tipos de vegetación, cuerpos de agua, temperatura de la superficie, temperatura del aire, etc. o sea, información acerca de variables ambientales del hábitat de los insectos o artrópodos vectores que tienen influencia directa o indirecta sobre su dinámica poblacional (Hay et al., 2006).

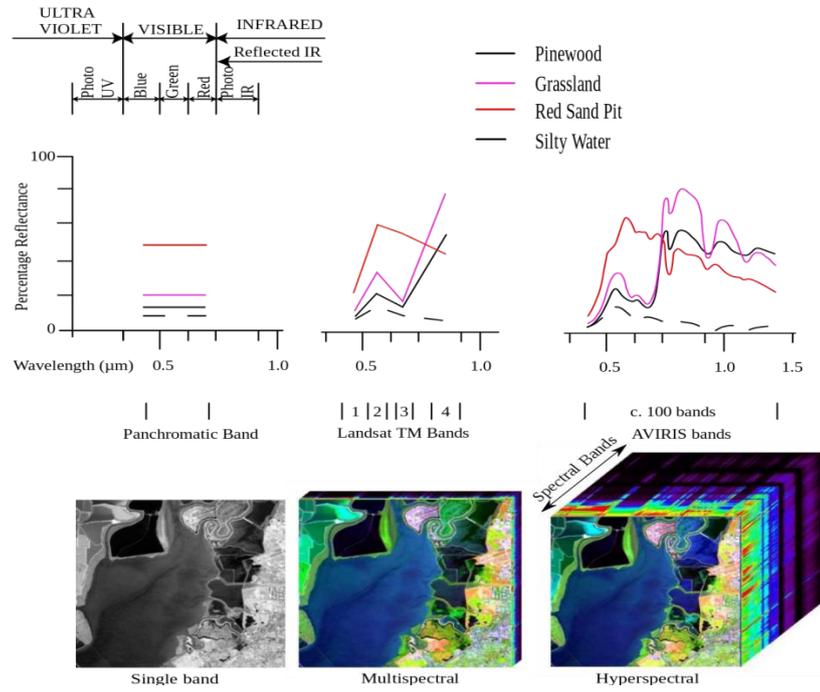


Figura 9. Resolución espectral.

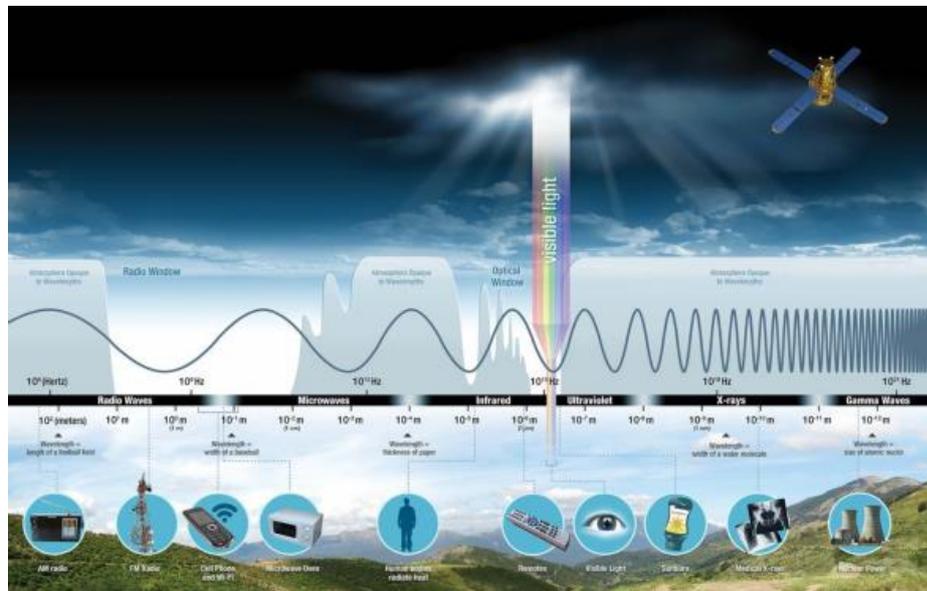


Figura 10. El Espectro Electromagnético.

Firmas espectrales

Todos los elementos geográficos, tipos de superficie (bosques, cultivos, ríos, lagos, edificios, tierra desnuda, etc.) transforman de forma diferenciada la radiación electromagnética que reciben del sol y reflejan la radiación de manera distinta en varios canales. La radiación reflejada en función de la longitud de onda se llama firma espectral de la superficie (Andino, 2011).

radiación recibida = radiación reflejada + radiación absorbida + radiación transmitida

La firma espectral es, además, la variación de reflectancia (radiación reflejada) en función de la longitud de onda, es decir, la función que describe la cantidad de radiación reflejada, con respecto a la longitud de onda.

Firma espectral de la vegetación

Sabemos que la vegetación, es un recurso con muchas variedades, y características distintas dependiendo de la especie (hojas, tallos, tronco, humedad, etc.), y además de esto, por ser seres vivos, están sujetos a cambios dependiendo las condiciones ambientales (Novoa & Herrera, 2002).

La vegetación sana tiene una reflectividad baja en el visible aunque con un pico en el color verde debido a la clorofila y las bolsas de aire que se generan en el tejido intermedio de las hojas. esta reflectividad es muy alta en el infrarrojo próximo debido a la escasa absorción de energía por parte de las plantas en esta banda (Araque & Jiménez, 2009).

En el infrarrojo medio hay una disminución especialmente importante en aquellas longitudes de onda en las que el agua de la planta absorbe la energía. La vegetación que se encuentra enferma presenta una disminución de reflectividad en el infrarrojo, pero aumenta la reflectividad en el rojo y azul.

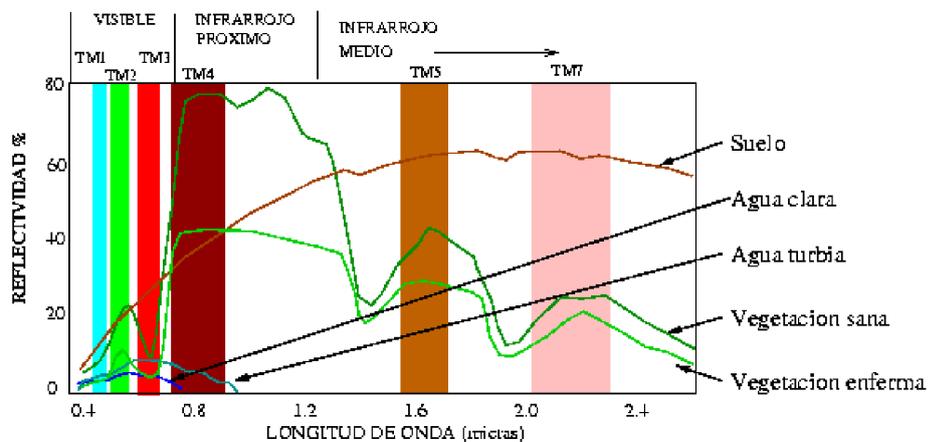


Figura 11. Firma espectral diferentes tipos de elementos.

Landsat Data Continuity Mission – Landsat-8.

Los satélites Landsat forman parte de un programa de la NASA en conjunto con el Servicio Geológico de Estados Unidos (United States Geological Survey, 2014). Este programa representa la colección de datos espaciales, más largos y continuos del mundo, obtenida a partir de sensores remotos de resolución espacial moderada. El proyecto comenzó con el lanzamiento del satélite Landsat -1 en 1972, y continúa hoy en la actualidad con el satélite Landsat 8, lanzado a principios de 2013. Los satélites Landsat orbitan a una altitud de 705 Km. Cada imagen cubre un área de 185 x 185 Km., poseen una inclinación solar de 98.2°, con órbita polar helio sincrónica, una revisita de 16

días y pasando por el Ecuador a las 9:45 AM (± 15 min.) hora local (en modo descendente).

El satélite Landsat-8 incorpora dos instrumentos de barrido: Operational Land Imager (OLI), y un sensor térmico infrarrojo llamado Thermal Infrared Sensor (TIRS) (Ariza, 2013). Las bandas espectrales del sensor OLI, aunque similares a el sensor Landsat-7 ETM+, proporcionan una mejora de los instrumentos de las misiones Landsat anteriores, debido a la incorporación de dos nuevas bandas espectrales: un canal profundo en el azul visible (banda 1), diseñado específicamente para los recursos hídricos e investigación en zonas costeras, y un nuevo canal infrarrojo (banda 9) para la detección de nubes cirrus. Adicionalmente una nueva banda de control de calidad se incluye con cada producto de datos generado. Esto proporciona información más detallada sobre la presencia de características tales como las nubes, agua y nieve. Por otra parte, el sensor TIRS recoge dos bandas espectrales en longitudes de onda incluidas por la misma banda en los anteriores sensores TM y ETM+.

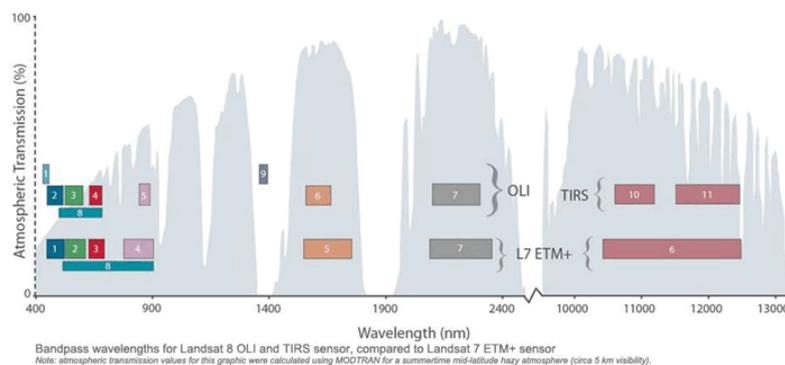


Figura 12. Ancho de banda para los sensores OLI y TIRS en Landsat 8 y ETM+ en Landsat 7 (USGS 2013).

La calidad de los datos (relación de la señal en función del ruido) y la resolución radiométrica (12 bits) del OLI y TIRS es más alta que los anteriores instrumentos Landsat (8 bits para TM y ETM+), proporcionan una mejora significativa en la capacidad de detectar cambios en la superficie terrestre.

Tabla 4. Especificaciones de Productos LCDM Landsat 8 a nivel.

Procesamiento	Nivel 1 T - Corrección geométrica
Tamaño de píxel:	Bandas OLI multiespectrales 1-7,9: 30-metros Banda OLI pancromática 8: 15-metros Bandas TIRS 10-11: tomadas en 100 metros, pero remuestreadas a 30m
Características de los datos:	<ul style="list-style-type: none"> • Formato de datos GeoTIFF • Remuestreo por convolución cúbica (CC) • Norte arriba (MAP) de orientación • Proyección cartográfica: Universal Transversal Mercator (UTM) (estereográfica polar de la Antártida) • Datum al Sistema Geodésico Mundial (WGS) 84 • 12 metros de error circular, 90% de confianza y exactitud global para OLI • 41 metros de error circular, 90% de confianza y exactitud global para TIRS • Los valores de píxel en 16 bits
Entrega de datos:	Archivo comprimido *.tar.gz y de descarga a través de HTTP
Tamaño de archivo:	Aproximadamente 1 GB (comprimido), aproximadamente 2 GB (sin comprimir)

Fuente: USGS. 2013

Las imágenes Landsat-8 obtenidas por el sensor (OLI) y (TIRS) constan de nueve bandas espectrales con una resolución espacial de 30 metros para las bandas de 1 a 7 y 9. Una banda nueva (1) (azul-profundo) es útil para estudios costeros y aerosoles. La nueva banda (9) es útil para la detección de cirrus. La resolución para la banda 8 (pancromática) es de 15 metros. Dos bandas térmicas 10 y 11 son útiles para proporcionar temperaturas más precisas de la superficie y se toman a 100 metros de resolución. El tamaño

aproximado de la escena es de 170 km de norte-sur por 183 kilómetros de este a oeste (106 km por 114 km).

Tabla 5. Distribución de las bandas en OLI y TIRS

Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)	Bandas	Longitud de onda (micrómetros)	Resolució n (metros)
	Banda 1 - Aerosol costero	0.43 - 0.45	30
	Banda 2 – Azul	0.45 - 0.51	30
	Banda 3 – Verde	0.53 - 0.59	30
	Banda 4 – Rojo	0.64 - 0.67	30
	Banda5 – Infrarrojo cercano (NIR)	0.85 - 0.88	30
	Banda 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
	Banda 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
	Banda 8 – Pancromático	0.50 - 0.68	15
	Banda 9 – Cirrus	1.36 - 1.38	30
	*Banda 10 – Infrarrojo térmico (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100
	*Banda 11 - Infrarrojo térmico (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100

**Las bandas TIRS se adquieren a una resolución de 100 metros, pero se vuelven a remuestrear a 30 metros. Fuente: USGS. 2013*

Sistemas de información geográfica (SIG)

Los SIG difieren de los mapas tradicionales de diversas maneras: los mapas tradicionales son representaciones análogas de la superficie de la tierra, mientras que los SIG registran características distribuidas espacialmente en forma numérica. Los mapas representan simultáneamente varias características del paisaje (vegetación, topografía, vías, etc.), mientras que los SIG almacenan estas características de forma separada. Un mapa es estático y difícil de actualizar, mientras que una capa de un SIG puede ser actualizada fácilmente. Un mapa es por sí mismo el producto final, mientras que los productos finales de un SIG pueden ser mapas, datos y análisis espaciales. Los SIG, por sí mismos, permiten aumentar grandemente la

versatilidad para mapear datos debido a la gran cantidad de técnicas para la manipulación de datos y para el análisis cuantitativo (Johnston, 1998).

Para el estudio de sistemas ecológicos y de vectores de enfermedades, así como para estudios epidemiológicos entre muchos otros, las necesidades científicas particulares pueden ser direccionadas por las capacidades de la tecnología de los SIG. Estos sistemas permiten analizar interrogantes de naturaleza espacial, en los cuales la localización de una entidad biológica es una función de su relación frente a otros organismos o de influencias ambientales. Ejemplos de interrogantes ecológicos que un SIG puede abordar son: ¿Dónde se presentan los hábitats A y B de los vectores?, ¿dónde están los hábitats A y B en relación a la vereda D?, ¿cuál es la distribución de los hábitats A y B en relación a los factores ambientales X, Y, ¿Z?, ¿cuál puede ser la distribución de los vectores si las condiciones ambientales persisten?, ¿cuál puede ser la distribución de los vectores si el factor ambiental X es alterado?

Análisis espacial

La distribución espacial de animales invertebrados y vertebrados como también en grupos vegetales presentan distribuciones espaciales no aleatorias (Rossi, 2003) (Maestre, 2006). Así mismo, se ha demostrado que la distribución espacial de factores abióticos como precipitación y temperatura sigue complejos patrones espacio-temporales (Ettema & Wardle, 2002). A partir de estas comprobaciones se ha desarrollado el paradigma espacial de

la ecología (Tilman & Kareiva, 1997), el cual reconoce la relevancia del espacio y de las estructuras espaciales en el funcionamiento de los ecosistemas.

Bajo el nombre genérico de análisis espacial se engloba a un conjunto de técnicas encaminadas a analizar cuantitativamente datos espacialmente explícitos (Legendre & Fortin, 1989), para de esta manera describir patrones espaciales, identificar agrupamientos o clusters de enfermedades y explicar o predecir riesgos. Los patrones espaciales se pueden clasificar como regulares, aleatorios o agrupados. En el caso de patrones agrupados, estos se pueden analizar mediante métodos locales o globales.

Para el estudio de los datos agregados se pueden usar métodos estadísticos de autocorrelación, los cuales permiten estimar el grado de similitud espacial observado entre valores de un atributo sobre el área de estudio.

La distribución geográfica de los vectores de enfermedades y la influencia que sobre ellos ejercen los factores ambientales es un campo de amplio desarrollo (Kalluri, Gilruth, Rogers, & Szczur, 2007; Rogers & Randolph, 1991; Thomson & Connor, 2000). La evaluación cuantitativa de tales eventos se empezó a medir de forma adecuada con el surgimiento y aplicación de los SIG, los análisis espaciales y SR (Gorla, 2002; Kalluri et al., 2007). Estas técnicas tienen un gran potencial para contribuir a la investigación y a los estudios operativos en epidemiología y ciencias de la salud, por su capacidad de manejar la dimensión espacial e integrar datos provenientes de diversas

fuentes de manera que se pueden dilucidar nuevos patrones y relaciones espaciales. Lo anterior sumado a la reducción en los costos y el incremento en el fácil acceso de los datos obtenidos por sensores remotos ha permitido que su uso este dentro del alcance de la mayoría de los investigadores.

Inverse Distance Weighting (IDW)

Estima los puntos del modelo realizando una asignación de pesos a los datos del entorno en función inversa a la distancia que los separa del punto en cuestión. De esta forma, se acepta que los puntos más próximos al centroide intervienen de manera más relevante en la obtención del valor definitivo de Z para ese punto.

El modelo de IDW está dada por la ecuación (Moreno Jiménez, 2017):

Ecuación 1: Ecuacion de la interpolacion IDW.

$$z_p = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{z_i}{d_i} \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_i} \right)}$$

Donde Z: punto problema; z_i : punto del entorno; d_{ij} = distancia entre los puntos.

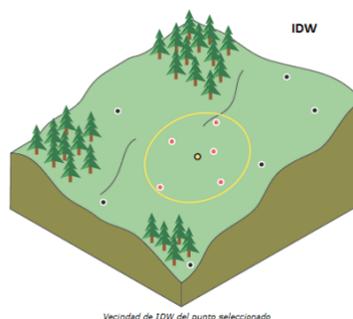


Figura 13. Analisis de intepolacion IDW.

Es necesario contar con muchos puntos para la interpolación, ya que de lo contrario se obtienen zonas atarazadas en exceso.

Autocorrelación espacial.

La dependencia espacial se produce cuando el valor de la variable dependiente en una unidad espacial es parcialmente función del valor de la misma variable en unidades vecinas (Flint, Harrower, & Edsall, 2000). Es decir, cuando la autocorrelación es sustantiva y no existe un factor de aleatoriedad. En el análisis de datos agregados geográficamente es frecuente encontrar que los valores de las variables estén autocorrelacionados espacialmente o sean espacialmente dependientes. La diferencia entre Autocorrelación Espacial y la Dependencia Espacial es fundamentalmente, en el uso de las palabras y estriba en que el primer caso se refiere simultáneamente a un fenómeno y técnica estadística, y el segundo, a una explicación teórica (Perdomo, 2003).

Detección y medición de la autocorrelación espacial

La técnica más antigua y típica para la detección y medición de la autocorrelación espacial es el coeficiente I de Moran (Moran, 1950). Esta técnica ha sido utilizada en la investigación en México sobre desarrollo económico regional y comportamiento electoral (Vilalta y Perdomo, 2005).

El diseño es similar al coeficiente de correlación de Pearson, sus valores varían entre +1 y -1, donde el primer valor significa una autocorrelación positiva perfecta (perfecta concentración), y el segundo una autocorrelación negativa perfecta (perfecta dispersión); el cero significa un patrón espacial

totalmente aleatorio. La diferencia entre los dos coeficientes de Moran y Pearson se basa en que en el primer caso la asociación de valores en el conjunto de datos está determinada por una matriz de distancias o contigüidad que predefine los valores vecinos (los valores para el cómputo del coeficiente).

La herramienta autocorrelación espacial (I de Moran global) mide la autocorrelación espacial basada en las ubicaciones y los valores de las entidades simultáneamente. Dado un conjunto de entidades y un atributo asociado, evalúa si el patrón expresado está agrupado, disperso o es aleatorio. La herramienta calcula el valor del Índice I de Moran y una puntuación z y un valor P para evaluar la significancia de ese índice. Los valores P son aproximaciones numéricas del área debajo de la curva de una distribución conocida, limitada por la estadística de prueba.

El estadístico de Moran I para la autocorrelación espacial está dada por:

Ecuación 2 Índice de Moran I.

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{i,j} z_i z_j}{S_0 \sum_{i=1}^n z_i^2}$$

Donde z_i es la desviación del atributo para la característica i de su media $(x_i - \bar{X})$, $w_{i,j}$ es el peso espacial entre la característica i y j , y S_0 es el acumulado de todo el peso espacial.

Ecuación 3 Acumulado del peso espacial.

$$S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{i,j}$$

La puntuación $z_{I\text{-score}}$ de la estadística se calcula como:

Ecuación 4 Puntuacion Z.

$$z_I = \frac{I - \mathbf{E}[I]}{\sqrt{\mathbf{V}[I]}}$$

Dónde:

Ecuación 5 componentes de la puntuacion Z.

$$\begin{aligned} \mathbf{E}[I] &= -1/(n - 1) \\ \mathbf{V}[I] &= \mathbf{E}[I^2] - \mathbf{E}[I]^2 \end{aligned}$$

Enfermedades tropicales y los bosques.

Entre 250 enfermedades infecciosas tropicales conocidas muchos de ellos han sido relacionados con los bosques tropicales y los sistemas acuáticos de agua dulce. La relación entre los procesos ambientales complejos y las características ecológicas de las poblaciones de vectores pone de relieve la importancia de estimación de riesgo de la enfermedad, fundamental en la predicción escenarios por los cambios ambientales antropogénicos que pueden ser cartografiados, por ejemplo, la deforestación y los cambios en el uso del suelo, puede conducir a aumentar la casuística de las enfermedades.

Con la rápida urbanización de los países en desarrollo, la invasión de la población, la deforestación, y las modificaciones de uso del suelo se espera que aumenten el riesgo de brotes y aporte al aumento del patógeno (Morris et al., 2016).

Deforestación

Según el Informe principal de Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales de la FAO al 2010 (FAO, 2010), En Sudamérica la pérdida neta de bosques ha disminuido en los últimos años tras el punto máximo alcanzado en el periodo 2000-2005. El promedio de pérdida neta anual de bosque fue de 4,2 millones de hectáreas en los años noventa, 4,4 millones de hectáreas en el periodo 2000-2005, y ahora, para el periodo 2005-2010, se calcula que ha bajado a 3,6 millones de hectáreas cada año.

Los bosques naturales en el Perú comprenden una superficie total de 78 800 000 ha, de las cuales 74 200 000 ha se encuentran en la región de la Selva. La principal causa de la destrucción de estos bosques en la actualidad y en el futuro es la deforestación, la misma que ha ocasionado hasta la actualidad la destrucción de 9.2 millones ha (12% de la superficie boscosa), con un promedio anual de alrededor de 261 158 ha deforestadas, a razón de 725 ha por día (FAO, 2010).

La superficie deforestada acumulada al año 2000 para la Amazonia peruana (MINAM, 2009) es de 7 172 554 ha, que representa el 9,25 % de la superficie de los bosques amazónicos y el 5,58 % del territorio nacional. El

área total deforestada en la selva amazónica durante el período 1990 – 2000, resultó ser de 1 496 317,56 ha, que representa el 10,36% de la superficie de los bosques amazónicos. La tasa anual de deforestación, considerada para fines del presente, como un promedio anual de deforestación en el período 1990-2000, resultó ser de 149 631,76.

Dourojeanni (2013) encontró que la información más actualizada sobre la deforestación de Loreto es la proporcionada por NatureServe (2012) según el cual existía 1 303 800 ha deforestadas en Loreto, o sea 3,55% de su territorio, concentrada en dos focos: la carretera Iquitos-Nauta y alrededores con 271 100 ha deforestadas y los alrededores de Yurimaguas con 182 100 ha, indicando que el resto se distribuye por todo el territorio, principalmente a lo largo de los ríos y carreteras.

Monitoreo de la deforestación

El monitoreo de la deforestación es fundamental: para evaluar los cambios en el almacenamiento de carbono, la mitigación del cambio climático, la protección de la biodiversidad y muchos otros procesos ecológicos en las regiones tropicales. La teledetección por satélite es la forma más precisa y rentable para monitorear cambios en la cubierta forestal en grandes áreas geográficas, pero las herramientas y métodos han sido altamente manuales que consume mucho tiempo y a menudo requieren conocimientos especializados.

Aspectos generales de la herramienta CLASlite.

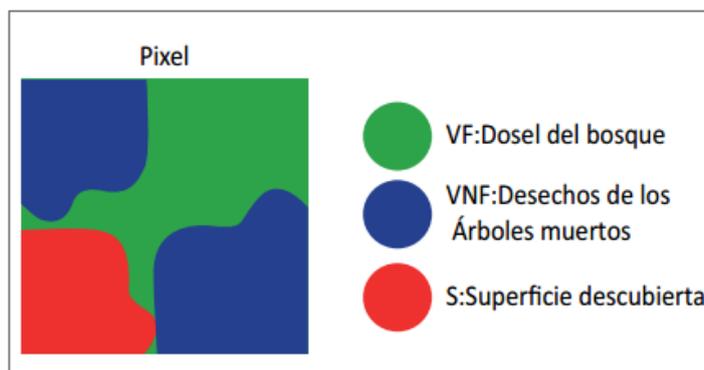
El Sistema de Análisis Landsat de Carnegie - Lite (CLASlite) es un paquete de software diseñado para la identificación altamente automatizada de la deforestación y la degradación de bosques a partir de imágenes de satélite de SR. Desarrollado por *Gregory Asner* y su equipo en la Institución Carnegie, CLASlite incorpora investigación de vanguardia sobre SR en un programa de computación sencillo, amigable y a la vez poderoso, diseñado para instituciones sin fines de lucro y gobiernos que necesitan tecnologías para el monitoreo de bosques y la planificación ambiental (CLASlite, 2013).

CLASlite es el resultado de más de una década de investigación en sensores remotos biofísicos y trabajo de campo que 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, fisiología, 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 permite un monitoreo de bosques rápido con rastreo de errores (MINAM, 2014).

Esta herramienta consiste en:

A. Análisis de cobertura fraccional

Es un proceso realizado por CLASlite, a través de la aplicación del algoritmo conocido como AutoMCU (Segregación Espectral Automatizada Monte Carlo), un análisis de mezcla espectral basado en el análisis probabilístico de las características del dosel de los bosques. Este análisis se realiza para cada pixel de la imagen, en donde se definen fracciones o porcentajes de Vegetación Fotosintética (VF); Vegetación No Fotosintética (VNF) y Superficie Descubierta o Suelo (S). CLASlite se apoya en una amplia librería de firmas espectrales, que fueron recogidas en diferentes trabajos de campo en diferentes partes de la Amazonía peruana y brasileña, así como en otras regiones boscosas del mundo. A partir de la obtención de estos resultados, se elabora los mosaicos de cobertura fraccional correspondiente a los años de estudio.



El análisis de cobertura fraccional, a través del proceso de CLASlite, determina las fracciones de cobertura dentro de un píxel de la imagen satelital. Estas fracciones son expresadas en porcentaje de Vegetación Fotosintética (VF), Vegetación no fotosintética (VNF) o Superficie descubierta o suelo (S).

Figura 14. Análisis de la cobertura Fraccional.

B. Análisis de cobertura de bosque/no bosque

En términos operativos, utiliza los resultados de cobertura fraccional y la aplicación de un “árbol de decisión”, mediante el cual se discrimina a nivel de pixel, la cobertura de bosque. Para la Amazonia Peruana, se consideró cobertura boscosa, aquella en donde un pixel tiene un valor de $VF \geq 80\%$ y $S < (\text{umbral} \approx 15\% - 20\%)$. El valor del umbral para S se ajusta en el rango de 15% a 20%, en correspondencia con el tipo de cobertura de bosque, que para el caso de Perú se ajustó mayormente a 15%; sin embargo, puede ser necesario el ajuste del umbral para áreas específicas en donde hay un porcentaje de S naturalmente más alto en bosques especiales (“aguajal” *Mauritia sp.*, “pacal” *Guadua sp.*, p.e). De esta manera, se obtendrán los mapas de Bosque/No Bosque para periodos analizados (Asner, Knapp, Balaji, & Paez-Acosta, 2009).

C. Análisis de cambio de bosque

Comprende asimismo la aplicación de otro conjunto de árboles de decisión, un tanto más complejo, en donde se determina los pixeles que registran procesos de cambio de bosque a no bosque y los que registran perturbación tanto de índole antrópico como natural (p.e caída de árboles). (Degradación para este caso, se debe entender como perturbación de la cobertura boscosa afectado por actividades de tala selectiva, construcción de caminos, de acceso u otra intervención humana o procesos naturales; que, sin afectar significativamente la apariencia de la cobertura del bosque, sin embargo, inicia el proceso de degradación que de hacerse extenso en superficie cambian o modifican las funciones del ecosistema forestal). En este

caso la definición operativa de cambio de bosque a no bosque considera una reducción en las fracciones de VF o un incremento de S que corresponde a un cambio desde bosque a No bosque; de otro lado, para que un pixel de la imagen satelital se clasifique como perturbación, deberá verificarse un cambio de las fracciones de cobertura menos intenso, que corresponde a un cambio desde bosque a bosque perturbado o degradado; esto significa un incremento de la VNF y reducción de VF, o un incremento de S. A partir de este análisis, se obtienen los mapas de cambio de bosque a no bosque y perturbación forestal (Llactayo, Salcedo, & Victoria, 2013).

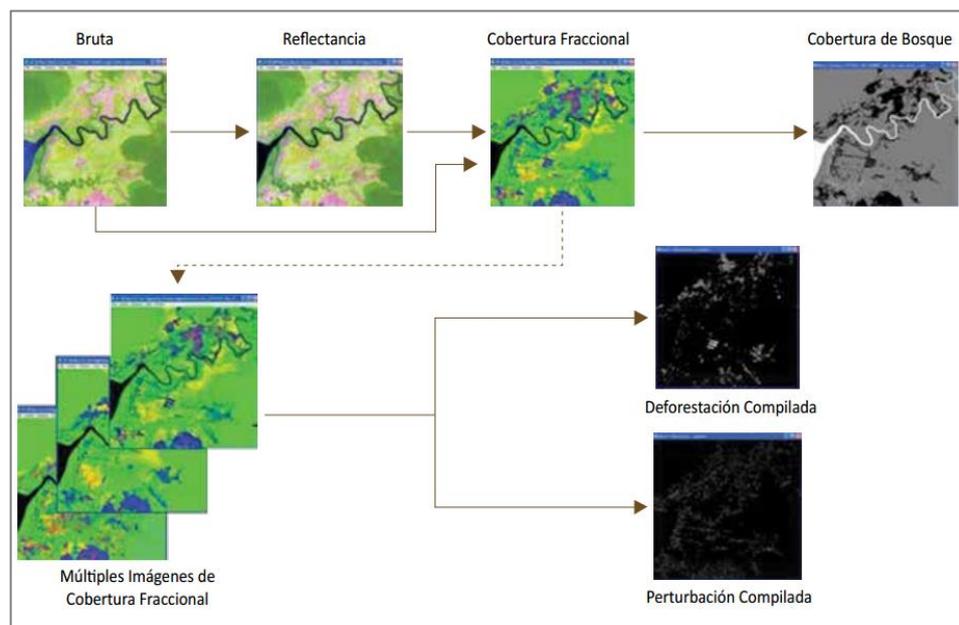


Figura 15. Proceso que muestra los pasos para la obtención de la cobertura de bosque, cambio de bosque a no bosque y perturbación con la aplicación CLASlite.

Deforestación como determinante de la malaria.

Muchos estudios evidencian que la deforestación ha cambiado en gran medida la distribución espacial de muchas especies de flora y fauna (Patz, Graczyk, Geller, & Vittor, 2000) (Sutherst, 2004) y los vectores de muchas enfermedades como los mosquitos que transmiten la malaria han sido

afectado también (Gratz, 1999; Walsh, Molyneux, & Birley, 1993) (Yasuoka & Levins, 2007).

Entre las principales causas de la propagación del vector de la malaria se pueden citar la deforestación, las inundaciones, aspectos administrativos-políticos como la disminución del presupuesto en el sector salud para el manejo de la malaria (Sánchez Bonilla & Alejandro Chamizo García, 2012).

Por muchos años la literatura científica puso en evidencia que los desequilibrios ambientales, en especial los relacionados con la deforestación, pueden aumentar la incidencia de enfermedades (Patz et al., 2000). Entre grupos de investigadores existe cierta aceptación sobre la relación positiva entre la deforestación y la malaria (Pattanayak et al., 2006), (Vanwambeke et al., 2007), (Yasuoka & Levins, 2007), (A. Y. Vittor et al., 2009), (Olson, 2010), (Duarte, Ramalho, Tauil, Fontes, & Pang, 2014), (Hahn, Gangnon, Barcellos, Asner, & Patz, 2014) y (Stefani et al., 2013).

En Brasil se registró que las actividades como la agricultura, la extracción maderera y la minería han transformado las franjas forestales y han creado abundantes criaderos de larvas de los vectores mosquitos (Marques, 1987) (Barbieri, Sawyer, & Soares-Filho, 2005) que finalmente resultan en la infección de malaria.

A escala mayor, Olson encontró que un aumento del 4,3% en la deforestación aumentó la incidencia de malaria del 48% en los distritos de salud en Mancio Lima, Brasil (Olson, 2010).

En un estudio donde se analiza la deforestación, la densidad de carreteras, incendios, tala selectiva y los factores sociodemográficos en toda la Amazonia brasileña desde 1997 hasta el 2003 y la asociación con la incidencia de malaria a nivel municipal demostró que estas últimas son consideradas como factores de riesgo para la malaria en la Amazonia brasileña (Hahn et al., 2014).

Frente a este tema en investigación se presenta mucha polémica y discusión en cuanto al uso de datos, metodologías, técnicas, contextos, escalas, especies vectores y patógenos, resultados entre otros, por ellos se determina que el comportamiento de la malaria son específicas en cada contexto geográfico (Valle, 2014).

Como desarrollo de la Amazonia aún continúa alterando los bosques (Kirby et al., 2006), una comprensión del impacto en la epidemiología de la enfermedades infecciosas como son la malaria y el dengue sigue siendo vital para la orientación de la vigilancia, tratamiento y estrategias de control para establecer la políticas de uso del suelo que impide que los aumentos repentinos de enfermedades transmitidas por vectores (dengue y malaria) o la reintroducción en áreas donde estaban previamente erradicado (Aramburu et al., 1999).

Este tema de investigación para amazonia o especialmente en el eje carretero Iquitos – Nauta no es nuevo, ya en 2006 Vittor estudió la relación de la deforestación y la tasa de picadura de mosquito vector de la malaria y encontró una relación que en lugares con más deforestación la tasa de picadura aumentaba e incluso teniendo en cuenta la intervención humana en su control (A. Vittor et al., 2006).

La relación entre los procesos ambientales complejos y las características ecológicas de las poblaciones de vectores resalta la importancia de la estimación del riesgo de la enfermedad, fundamental en la predicción escenarios por los cambios ambientales antropogénicos (Morris et al., 2016), que puedan ser cartografiados, por ejemplo, la deforestación es un cambio ambiental que tecnologías de última generación nos ayudan a mapear.

3.2 MARCO CONCEPTUAL

Epidemiología panorámica

Disciplina que parte de la premisa que al ser posible identificar y medir distintas variables ambientales desde el espacio con los SR mediante el uso de tecnología satelital, es posible inferir el riesgo de transmisión de enfermedades transmitidas por vectores a diferentes escalas espaciales (Kalluri et al., 2007).

Sensoramiento Remoto

Teledetección es el vocablo usado por los hispanoparlantes para referirse al término inglés “Remote Sensing”, que se traduce literalmente como

“Sensoramiento remoto”(Sobrino, 2001). Se refiere a la ciencia, técnica o, incluso “arte” (Chuvienco, 1998) de obtener información mediante imágenes de la superficie del planeta desde la distancia, sin entrar en contacto directo con él (Labrador et al., 2012).

Sistemas de información geográfica (SIG)

Los SIG son un poderoso conjunto de herramientas para recolectar, almacenar, extraer, transformar y desplegar datos espaciales del mundo real para un propósito particular (Burrough, McDonnell, McDonnell, & Lloyd, 2015), también se puede definir a un SIG como una tecnología de manejo de información geográfica, formada por equipos de cómputo (hardware) que son programados adecuadamente (software), que permiten manejar una serie de datos espaciales (información geográfica) y realizar análisis complejos (métodos y procedimientos) siguiendo los criterios impuestos por el equipo científico para apoyar la toma de decisiones (personal-usuarios), permitiéndoles compartir la información (red) (Longley, Goodchild, Maguire, & Rhind, 2001).

Análisis espacial

Son un conjunto de técnicas encaminadas a analizar cuantitativamente datos espacialmente explícitos (Legendre & Fortin, 1989) (Maestre, 2006), para de esta manera describir patrones espaciales, identificar agrupamientos o clusters de enfermedades y explicar o predecir riesgos. Los patrones espaciales se pueden clasificar como regulares, aleatorios o agrupados. En el caso de patrones agrupados, estos se pueden analizar mediante métodos

geoestadísticos locales (como es el IDW) o globales. Se suele usar métodos estadísticos de autocorrelación, los cuales permiten estimar el grado de similitud espacial observado entre valores de un atributo sobre el área de estudio.

Estas técnicas tienen un gran potencial para contribuir a la investigación y a los estudios operativos en epidemiología y ciencias de la salud, por su capacidad de manejar la dimensión espacial e integrar datos provenientes de diversas fuentes de manera que se pueden dilucidar nuevos patrones y relaciones espaciales, es decir nos permiten generar mapas (Mouchet et al., 1998). A todos estos se suman la reducción en los costos y el incremento en el fácil acceso de los datos obtenidos por sensores remotos ha permitido que su uso este dentro del alcance de la mayoría de los investigadores. Se pueden desarrollar modelos predictivos de riesgo, los cuales principalmente se realizan a través de técnicas estadísticas de regresión para revelar asociaciones entre datos ambientales multivariados y los patrones de presencia o ausencia de una enfermedad.

Inverse Distance Weighting (IDW)

Es un método de interpolación con diseño de un modelo gravimétrico que permite estudiar la distribución espacial de la variable en estudio. Este modelo cumple con la primera ley de la geografía o principio de autocorrelación espacial, la cual fue formulada por el geógrafo Waldo Tobler; el cual indica que “todas las cosas están relacionadas entre sí, pero las cosas más próximas en el espacio tienen una relación mayor que las distantes” (“Organización

panamericana de la salud, XXXIX reunion and organizacion mundial de la salud, XLVIII reunion. Situacion de los programas de malaria en las Americas, XLIV informe. 1996, Washington, DC: Pan American Health Organization," ; Tobler, 1970). La interpolación mediante distancia inversa ponderada determina los valores en puntos diferentes al de ocurrencia a través de una combinación ponderada linealmente de un conjunto de puntos de muestra, en la que la ponderación es una función de la distancia inversa (Londoño, Restrepo, & Marulanda, 2014).

Autocorrelación espacial

Es la concentración o dispersión de los valores de una variable en un mapa. Dicho de otra manera, la autocorrelación espacial refleja el grado en que objetos o actividades en una unidad geográfica son similares a otros objetos o actividades en unidades geográficas próximas (Goodchild, 1987). Este tipo de autocorrelación prueba la primera ley geográfica de Tobler (Tobler, 1970) que afirma: todo está relacionado con todo lo demás, pero las cosas cercanas están más relacionadas que las distantes.

Enfermedades Tropicales

Las enfermedades tropicales comprenden el grupo de patologías que son más prevalentes o frecuentes en los países ubicados en la zona intertropical donde generalmente son más notorias las características de la pobreza y las condiciones sanitarias deficientes. Aunque hoy, con el conocimiento disponible podríamos decir que este grupo de enfermedades es prevenible, más de mil millones de personas en el mundo presentan alguna de estas enfermedades

tropicales. Acorde con las estrategias de control disponibles, las enfermedades tropicales se dividen en aquellas emergentes, reemergentes o incontroladas; aquellas en las que existe estrategia de control, pero persiste su impacto, y aquellas en las que se ha utilizado una estrategia efectiva de control y su impacto han disminuido (Dib, 2012).

Malaria

Es una enfermedad parasitaria producida por protozoarios hemáticos del género *Plasmodium* y transmitida por la picadura de mosquitos hembra del género *Anopheles*. Sólo cuatro especies del género *Plasmodium* (*P. vivax*, *P. falciparum*, *P. malariae*, *P. ovale*) producen enfermedad en humanos (Vargas, 2003). Es endémica en el norte del Perú tanto a nivel de la costa como de la selva (Arambarú Guarda, Ramal Asayag, & Witzig, 1999). Se eliminó en el Perú durante la campaña de erradicación mundial de las décadas de 1960 y 1970. No obstante, el número de casos empezó a aumentar paulatinamente hacia fines de la década de 1970 y en la de 1980, y siguió aumentando en la de 1990, el número de casos se ha estabilizado en todo el país y la preocupación nacional se ha trasladado al dengue, que produce más brotes y más casos (Legua L, 2000).

Bosque

Según la FAO, “bosque” es definido por tierras que se extienden por más de 0.5 hectáreas dotadas de árboles de una altura superior a 5 m y una cubierta de copas superior al 10%, o de árboles capaces de alcanzar esta altura in situ (FAO, 2010). No incluye la tierra sometida a un uso

predominantemente agrícola o urbano. De otro lado, la CMNUCC en el informe de la Conferencia de las Partes celebrado en Marrakech Anexo de definiciones señala: “bosque” es la superficie mínima de tierras de entre 0,05 y 1,0 hectáreas (ha) con una cubierta de copa (o una densidad de población equivalente) que excede del 10 al 30% y con árboles que pueden alcanzar una altura mínima de entre 2 y 5 metros a su madurez in situ (Rakonczay, 2002) (CMNUCC, 2002).

En junio del 2012 en la reunión de Adscritos del MINAM se acordó la siguiente definición: “Bosque” es el ecosistema natural complejo de seres vivos, microorganismos, vegetales y animales, que se influyen y relacionan al mismo tiempo y se subordinan al ambiente dominante de los árboles; que se extiende por más de 0.5 has dotadas de árboles de una altura superior a 2 metros o de árboles capaces de alcanzar esta altura in situ, y una cubierta superior al 10% (Llactayo et al., 2013).

Deforestación.

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 (Miranda, 2009). La madera también es usada como combustible o leña para cocinar y calentar. 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. Otros como San Martín y Hansen 1994, mencionado por Mesía definen que la deforestación es la

remoción completa de carácter permanente o temporal de los bosques y su remplazo por usos no forestales de la tierra, que se explica principalmente por la expansión de la agricultura y la ganadería sobre tierras forestales (Mesía, 2015). 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 Fernández, Cartuche, & Daniel, 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 Fernández et al., 2006).

Para FAO, “Deforestación” es la transformación del bosque en otro uso de la tierra o reducción de la cubierta de copa por debajo del umbral mínimo del 10%. Por otro lado, Según CMNUCC define “deforestación” como la conversión por actividad humana directa de tierras boscosas en tierras no forestales (Rakonczay, 2002) **(CMNUCC, 2002)**. Según reunión en Iquitos en 2012, Cambio de bosque a no bosque producto de la actividad humana y medido por la reducción de la cubierta de copa (Llactayo et al., 2013).

Definiciones operativas de bosque y deforestación

No obstante, a las definiciones conceptuales, la elaboración de una información sobre deforestación depende de construir definiciones operativas que permita trabajar con las imágenes producidas por los sensores remotos teniendo en cuenta aspectos como la respuesta espectral, resolución espacial, resolución radiométrica y un método de análisis consistente que permita generar datos a partir del cual se tenga una aproximación consistente sobre las definiciones conceptuales de bosque y deforestación. Al respecto, para el trabajo que se realiza en la presente investigación se ha desarrollado definiciones operativas tanto para “bosque” como para “deforestación” a partir del análisis de mezcla espectral de cada uno de los píxeles de una imagen, mezcla que comprende la característica de la actividad fotosintética, no fotosintética y del suelo descubierto contenida en dicho píxel; este es el insumo primario para que los píxeles de la imagen posteriormente sean clasificados como bosque, no bosque y los cambios de bosque a no Bosque.

Bosque

La definición operativa de “bosque” es: Porcentaje de la fracción de actividad fotosintética (VF) y Suelo descubierto (S) a nivel de un pixel de la imagen (0.09 has con LANDSAT) que puede ser extraído de las Imágenes satelitales que cumpla con la siguiente condición:

Si $VF \geq 80$ y $S < (\text{umbral } \sim 15\%-20\%)$, entonces es bosque.

Deforestación

La definición operativa de “deforestación” es: La reducción en las fracciones de vegetación fotosintética (VF) o un incremento de la actividad no fotosintética (NVF) o del suelo descubierto (S) que corresponde a un cambio desde bosque a no bosque, conocido también como “pérdida de bosque” a nivel de pixel (0.09 ha con LANDSAT a través del tiempo).

Entonces, se clasificará un píxel que ha cambiado de bosque a no bosque por deforestación u otro fenómeno si:

$((VF1 - VF2) \geq 25)$ ó $((S1 \leq 5)$ y $((S2 - S1) \geq 15))$ ó $((VF2 < 80)$ y $((VNF2 - VNF1) \geq 20))$.

CAPITULO IV: ANALISIS Y PRESENTACION DE LOS RESULTADOS

Después de ser aplicada la metodología se obtuvieron los siguientes resultados que se presentan a continuación:

4.1 Extracción de datos de la casuística de malaria de la base de datos de la DIRESA.

En el área de estudio se encontraron 180 lugares poblados ([ver Anexo VII](#)) según el mapa base del departamento Loreto elaborado por el Gobierno Regional de Loreto en el 2016, de los que solo se consideraron para la extracción de la data anual a los lugares poblados más próximos a la carretera Iquitos – Nauta, es decir algunos de ellos no tienen ni siquiera un caso registrado. Se encontraron 12 establecimientos de salud, sin tomar en cuenta los establecimientos que están en la ciudad de Iquitos y Nauta. En el área de estudio se registraron en total 21 619 casos de malaria (considerando todas las especies de esta enfermedad) en los últimos tres años. Un total de 3 906 casos (18,07%) no fueron incluidos en el análisis debido a que las localizaciones no pudieron ser geocodificadas, por inconsistencias de registro de datos, errores en la nomenclatura o simplemente porque las personas no la proporcionaron correctamente, razón por la cual, el número de casos analizados fueron de 17 713 que representa el 81,93% de casos a los que se les pudo determinar el lugar de procedencia. Cabe recalcar que en esta base de datos se registran todos los casos a nivel regional de todas las enfermedades sujetas a seguimiento epidemiológico. En la tabla 4 se muestra el número de casos extraídos y georeferenciados para cada uno de los años de estudio.

Tabla 6. Numeros de casos en investigacion.

	2014	2015	2016	Total
Nº de casos registrados	9110	6517	5992	21619
Nº de casos en investigación	7344	5292	5077	17713
%	80,61	81,20	84,73	81,93

A continuación, se presenta los estadísticos descriptivos de los casos de malaria por año, siendo el año 2014 con mayor número de casos en el que se registraron 7344 con una media de 88 casos anual.

Tabla 7. Estadísticos descriptivos de la casuística de malaria.

Estadísticos descriptivos			
	2014	2015	2016
Media	88,48	63,76	61,17
Desviación estándar	227,313	103,749	117,225
Máximo	1253	493	531
Suma	7344	5292	5077

Se realizaron las pruebas estadísticas de Kolmogorov-Smirnov y de Shapiro-Wilk para determinar si el número de casos se distribuyen normalmente cuyos p-valor (o significancia estadística) fueron 0,000 en ambos contrastes, esto nos hace rechazar la hipótesis nula que plantea que los datos se distribuyen normalmente, así aceptamos la hipótesis alterna que dice que los datos no se distribuyen normalmente.

Tabla 8. Prueba de normalidad para la casuística de malaria

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
2014	0,365	83	0,000	0,432	83	0,000
2015	0,269	83	0,000	0,665	83	0,000
2016	0,303	83	0,000	0,576	83	0,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

El mismo comportamiento de no normalidad se encuentra en los gráficos Q-Q normal, como se aprecia en las siguientes figuras.

Gráfico Q-Q normal de la distribución de casos por año.

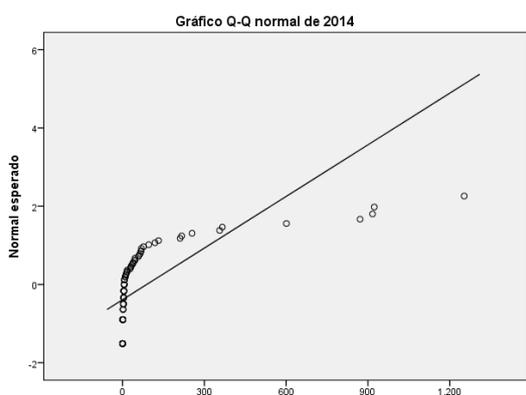


Figura 16. Gráfico Q-Q de casos en el 2014.

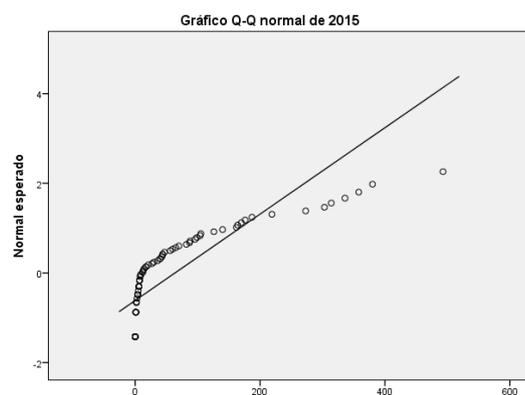


Figura 17. Gráfico Q-Q de casos en el 2015.

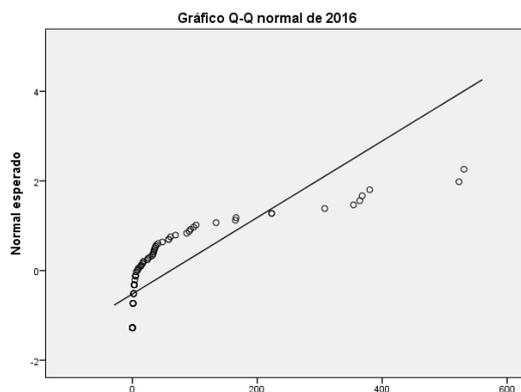


Figura 18. Gráfico Q-Q de casos en el 2016.

4.2 Modelamiento espacial de la malaria

Se realizó el análisis de autocorrelación espacial con el índice de Moran I, con conceptualización de distancia inversa (INVERSE_DISTANCE) y método de distancia euclidiana (EUCLIDEAN) (ver [Anexo VIII](#)), cuyos resultados se presentan a continuación:

AÑO 2014:

Se presenta el valor de p igual a 0.000 que es estadísticamente significativo; indica que la probabilidad de que se cumpla la hipótesis nula es muy baja por lo que se rechaza, al tener un valor de p muy bajo el valor de puntuación Z es por lo general muy alejado de cero, se tiene 5.78, por lo tanto, se tiene suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula. Dado que el índice de Moran es 0.24, es positivo, esto nos indica que *el patrón de distribución de malaria es agregado*.

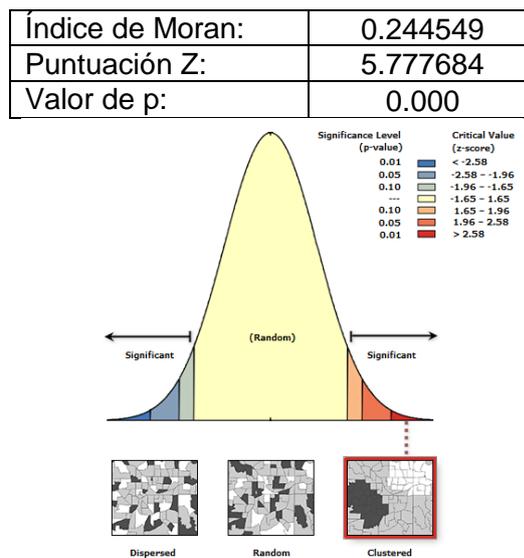


Figura 19. Análisis de Moran para el año 2014.

Dado el puntaje z igual a 5.78, hay la probabilidad de menos del 1% de que este patrón agrupado podría ser el resultado de un azar.

AÑO 2015:

Se presenta el valor de p igual a 0.001 que es estadísticamente significativo; indica que la probabilidad de que se cumpla la hipótesis nula es baja por lo que se rechaza, al tener un valor de p muy bajo el valor de puntuación Z es por lo general muy alejado de cero, se tiene 3.25, por lo tanto, se tiene suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula. Dado que el índice de Moran es 0.14, es positivo, esto nos indica que *el patrón de distribución de malaria es agregado*.

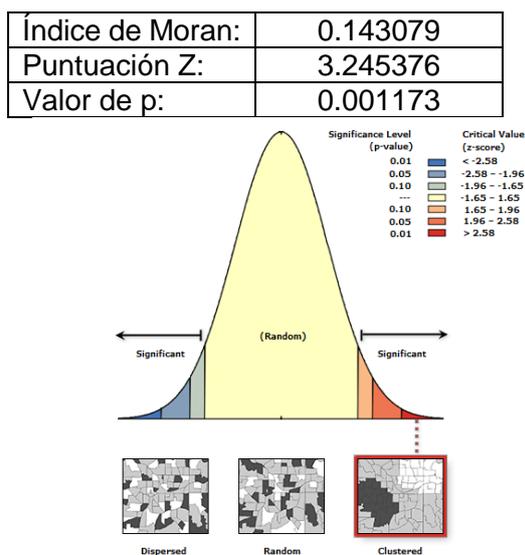


Figura 20. Análisis de Moran para el año 2015.

Dado el puntaje z igual a 3.25, hay una probabilidad de menos del 1% de que este patrón agrupado podría ser el resultado de una probabilidad aleatoria.

AÑO 2016:

Se presenta el valor de p de 0.006 que es estadísticamente significativo, esto indica que la probabilidad de que se cumpla la hipótesis nula es muy baja

por lo que puede ser rechazada, al tener un valor de p muy bajo o cero el valor de puntuación Z es por lo general muy alejado de cero, se tiene 2.76, por lo tanto, se tiene suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula. Dado que el índice de Moran es 0.12, es positivo, esto nos indica que *el patrón de distribución de malaria es agregado*, lo mismo que se indica en el gráfico.

Índice de Moran:	0.119292
Puntuación z:	2.759094
Valor de p:	0.005796

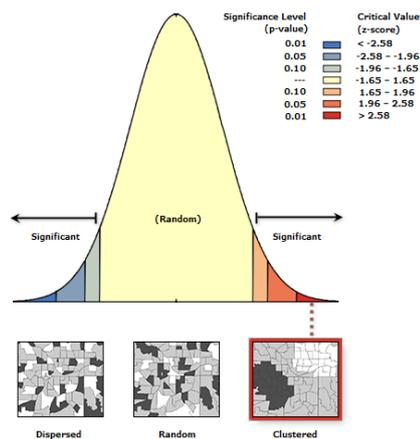


Figura 21. Análisis de Moran para el año 2016.

Dado el puntaje z igual a 2.76, hay la probabilidad de menos del 1% de que este patrón agrupado podría ser el resultado de un azar.

Mapas de distribución espacial de malaria en el área de influencia de la carretera Iquitos – Nauta.

Después de realizar el análisis de patrones espaciales, se obtuvieron mapas de distribución espacial de malaria en la carretera Iquitos - Nauta usando el modelo de interpolación espacial distancia inversa ponderada (IDW) para los años 2014, 2015 y 2016, donde el color rojo expresa mayor presencia de casos de malaria y el celeste menor o ausencia de caso. A continuación, se presentan los siguientes mapas:

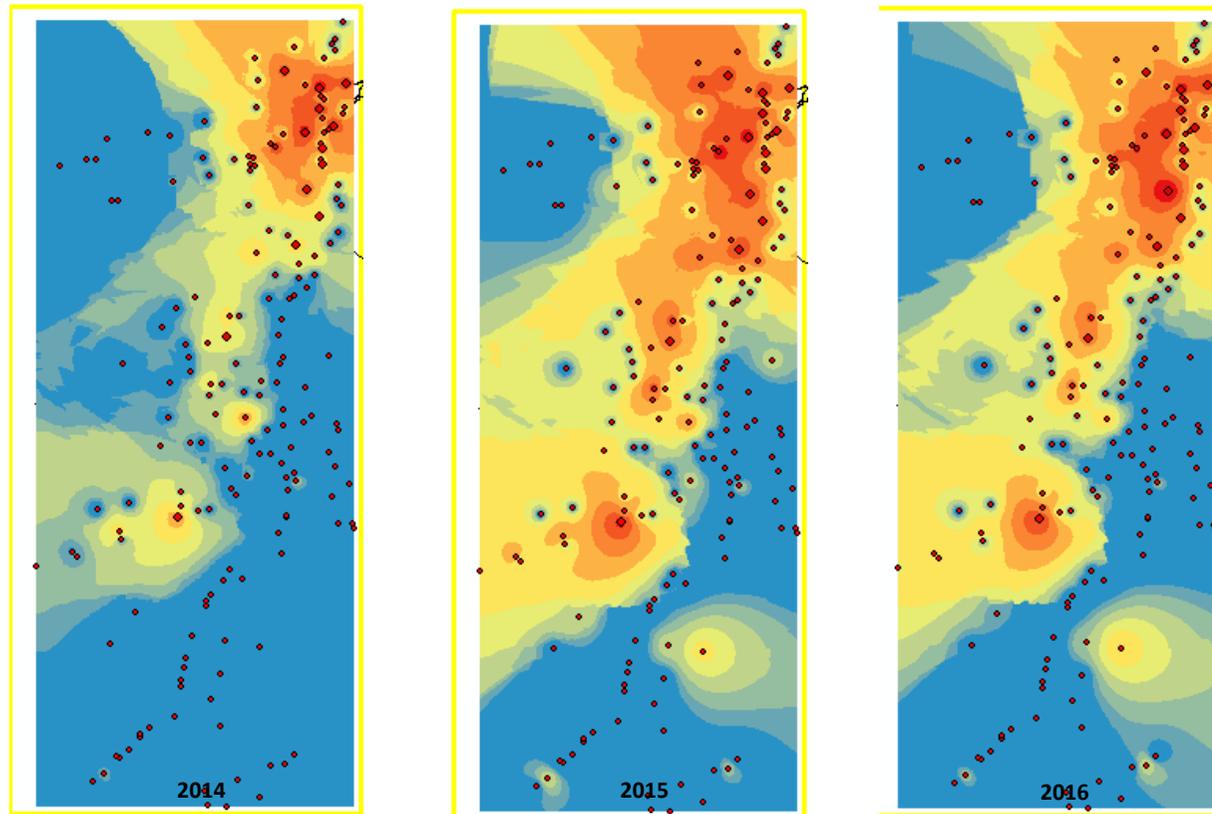


Figura 22. Mapas de distribución espacial de malaria en los años 2014, 2015 y 2016.

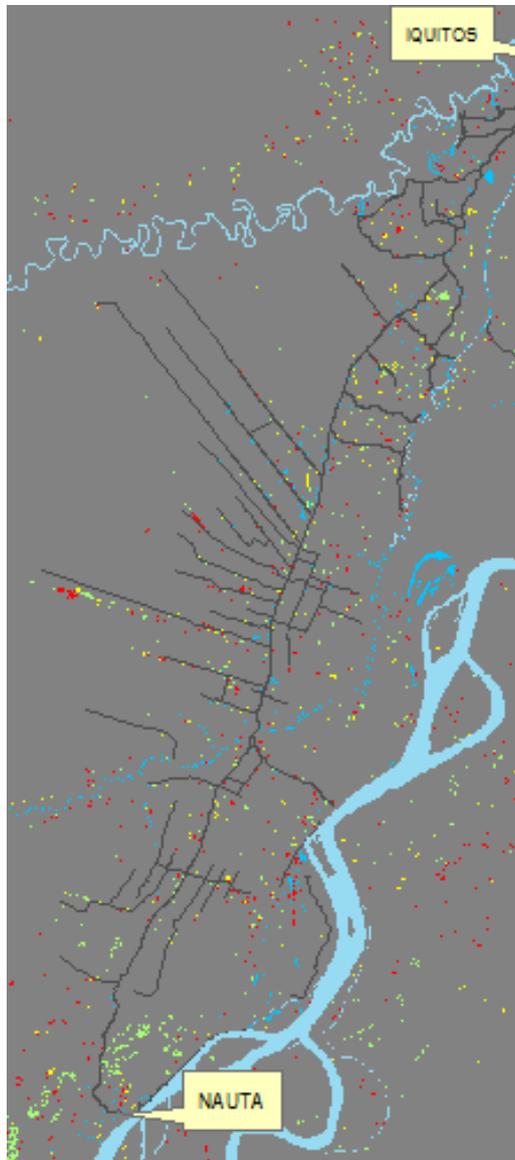
4.3 Mapeo de la deforestación

El preprocesamiento de las imágenes de satélite se hizo en el software CLASlite, la misma que realiza la calibración radiométrica y la corrección atmosférica de las imágenes lo que implica el enmascaramiento de las nubes, sus sombras, los cuerpos de agua u otros artefactos. El siguiente cuadro muestra el área y el porcentaje de enmascaramiento en el área de estudio.

Tabla 9. Porcentaje de enmascaramiento.

	2014		2015		2016	
Píxeles en área de estudio	3711465 píxeles			3340318500 m ²		
Píxeles enmascarados	334948 px	301453200 m ²	201119 px	181007100 m ²	461095 px	414985500 m ²
%	9,02		5,42		12,42	

Después de generar imágenes de reflectancia espectral, calibrada radiométricamente y corregida atmosféricamente, CLASlite también obtiene productos intermedios (la cobertura fraccional y la de cobertura de bosque y no bosque) las que se presenta el anexo V (ver [Anexo V](#)) y se genera un mapa de deforestación por periodos de un año.



Se mapeó la deforestación en 3 periodos de tiempo de un año, lo que se distingue en el mapa de acuerdo con el color (rojo: primer periodo; amarillo: segundo periodo y verde: tercer periodo).

En 2014 se deforestó aproximadamente 1690 ha que representan el 0,51% de área de estudio, así mismo en el 2016 se deforestó 1870 ha que representa el 0,56% del total del área de estudio. Entre el año 2014 y el año 2016 se deforestó en total 4633 ha, esto es 1,39 % del área de estudio.

Figura 23. Mapa de deforestación.

Tabla 10. Areas deforestadas por año.

	2014	2015	2016	Total
km ²	16,8957	10,7298	18,7029	46,328
ha	1689,57	1072,98	1870,29	4632,84
%	0,506	0,321	0,560	1,387

4.4 Extracción de estadísticas de deforestación

El método de interpolación espacial Inversa de la distancia tiende a generar el efecto clúster u ojos de buey, en casos especiales cuando los valores son altos respecto a los vecinos más cercanos. Los mapas de distribución espacial de malaria de cada año se clasificaron de modo que se generaron clusters, clases o agrupaciones de píxeles que tengan en común un rango de valores (el valor del píxel es el resultado de la interpolación de los casos de malaria por centro poblado); las rupturas o límites de estas clases están basadas en intervalos de clases que tienen una serie geométrica⁵. Al analizar los mapas, la variable (número de casos de malaria) se clasifica en 8 niveles de concentración. Una inspección visual de los mapas muestra los patrones de distribución y comportamientos similares. En los cuadros que a continuación se presentan se indican los rangos de casos que agrupan estos clusters en cada año, así se generó mapas sectorizados (Fig. 14) por año con las áreas de extracción de la data estadística de la deforestación.

⁵ El algoritmo crea intervalos geométricos al minimizar la suma de cuadrados del número de elementos de cada clase en el clasificador de ArcGIS.

Tabla 11. Clusters para el año 2014

2014		
Clusters	Rango de Casos	Área (m²)
1	0 – 2	1650547670
2	2 – 5	389877191
3	5 – 10	338183732
4	10 – 19	342116465
5	19 – 38	258218139
6	38 – 76	137331256
7	76 – 305	194430662
8	305 – 1227	29056456

Tabla 12. Clusters para el año 2015

2015		
Clusters	Rango de Casos	Área (m²)
1	0 – 2	1300761953
2	2 – 4	219261939
3	4 – 7	211975749
4	7 – 14	421775937
5	14 – 30	541723688
6	30 – 60	317940845
7	60 – 120	240515131
8	120 – 484	85806332

Tabla 13. Clusters para el año 2016

2016		
Clusters	Rango de Casos	Área (m²)
1	0 – 3	1561924928
2	3 – 5	180259455
3	5 – 9	310291922
4	9 – 17	346769890
5	17 – 33	441497302
6	33 – 65	296677328
7	65 – 130	129039726
8	130 – 521	73301022

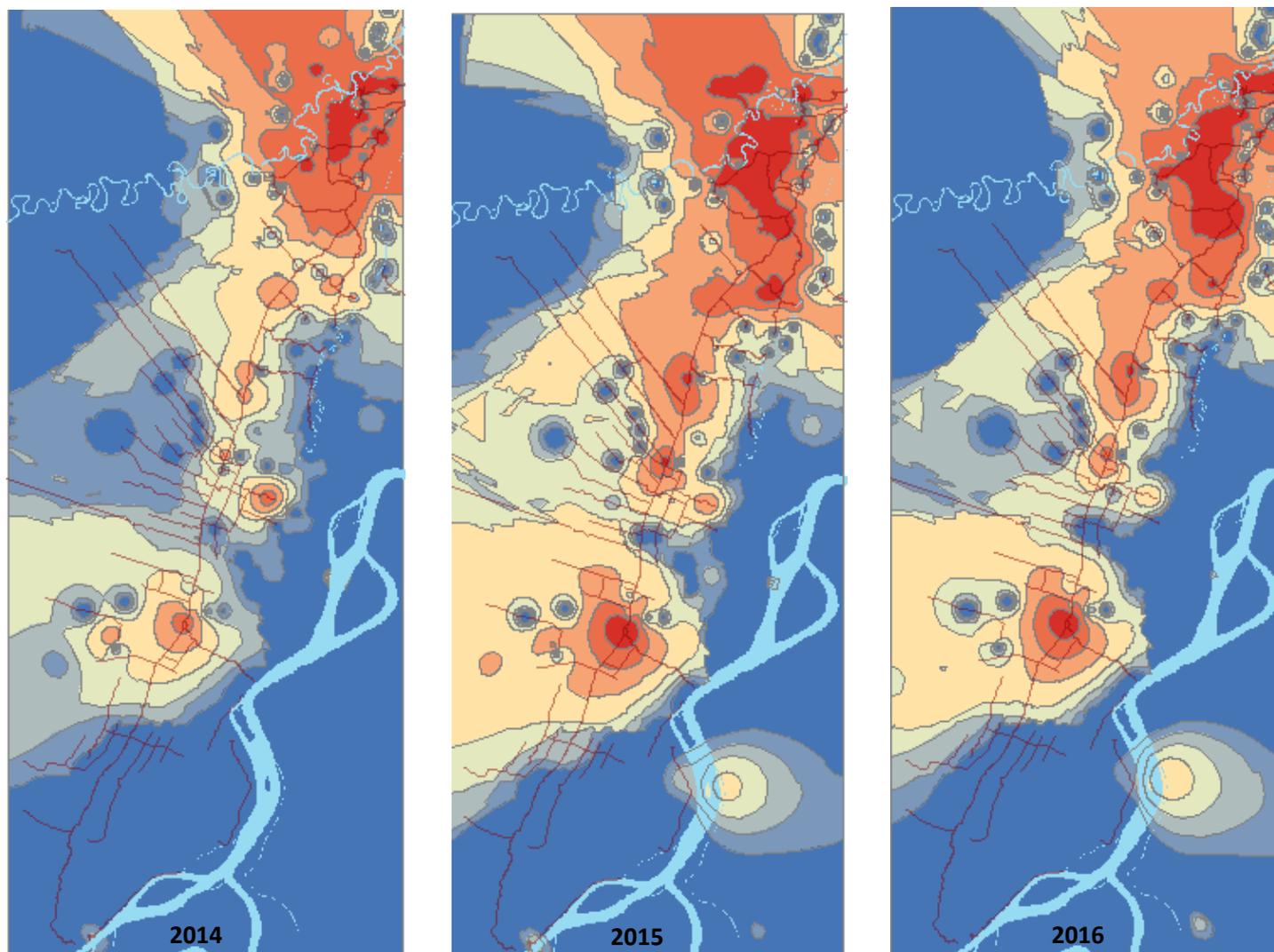


Figura 24. Mapas de clusters con areas para la extraccion de datos de deforestacion.

Producto del análisis de las imágenes de satélite se obtiene mapas de cobertura no boscosas que también se analizó en la investigación. Se usaron los clusters antes generados para extraer la data estadística del área no boscosa y de la deforestación, estos datos se expresaron en forma de porcentaje respecto al área de cada clúster la que se presenta a continuación (ID 0: Enmascarado; 1: Bosque; 2: No Bosque).

Tabla 14. Analisis de la cobertura boscosa por cluster

Clusters	Áreas/Año	ID	Cobertura Boscosa								
			2014	Área m ²	%	2015	Área m ²	%	2016	Área m ²	%
1	1651096800	0	240919	216827100	0,13	151415	136273500	0,10	381413	343271700	0,22
	1301229000	1	1358441	1222596900	0,74	1130645	1017580500	0,78	1229039	1106135100	0,71
	1562323500	2	235192	211672800	0,13	163750	147375000	0,11	125463	112916700	0,07
2	389878200	0	27477	24729300	0,06	9758	8782200	0,04	14354	12918600	0,07
	219355200	1	371612	334450800	0,86	222206	199985400	0,91	172712	155440800	0,86
	180352800	2	34109	30698100	0,08	11764	10587600	0,05	13326	11993400	0,07
3	338237100	0	24087	21678300	0,06	9694	8724600	0,04	14587	13128300	0,04
	211973400	1	315059	283553100	0,84	211476	190328400	0,90	309572	278614800	0,90
	310231800	2	36673	33005700	0,10	14356	12920400	0,06	20543	18488700	0,06
4	342224100	0	19332	17398800	0,05	7034	6330600	0,02	11055	9949500	0,03
	421605000	1	320836	288752400	0,84	440584	396525600	0,94	348105	313294500	0,90
	346715100	2	40081	36072900	0,11	20832	18748800	0,04	26079	23471100	0,07
5	258168600	0	7557	6801300	0,03	5816	5234400	0,01	15065	13558500	0,03
	541744200	1	239544	215589600	0,84	565365	508828500	0,94	433787	390408300	0,88
	441674100	2	39753	35777700	0,14	30757	27681300	0,05	41897	37707300	0,09
6	137252700	0	3305	2974500	0,02	5061	4554900	0,01	5750	5175000	0,02
	318277800	1	123436	111092400	0,81	306584	275925600	0,87	267881	241092900	0,81
	296439300	2	25762	23185800	0,17	41997	37797300	0,12	55746	50171400	0,17
7	194274000	0	9361	8424900	0,04	7227	6504300	0,03	11197	10077300	0,08
	240228900	1	150963	135866700	0,70	209604	188643600	0,79	98609	88748100	0,69
	129340800	2	55536	49982400	0,26	50090	45081000	0,19	33906	30515400	0,24
8	29187000	0	2910	2619000	0,09	5114	4602600	0,05	7674	6906600	0,09
	85905000	1	12839	11555100	0,40	62144	55929600	0,65	45566	41009400	0,56
	73241100	2	16681	15012900	0,51	28192	25372800	0,30	28139	25325100	0,34

Se indica la deforestación anual por clúster expresada en porcentaje respecto al área total del clúster.

Tabla 15. Análisis de la deforestación por cluster.

Clusters	DEFORESTACIÓN								
	2014	Área m ²	%	2015	Área m ²	%	2016	Área m ²	%
1	8222	7399800	0,45	3590	3231000	0,25	11531	10377900	0,66
2	1568	1411200	0,36	440	396000	0,18	1028	925200	0,51
3	2164	1947600	0,58	586	527400	0,25	1999	1799100	0,58
4	1528	1375200	0,40	1130	1017000	0,24	1231	1107900	0,32
5	1548	1393200	0,54	1817	1635300	0,30	1862	1675800	0,38
6	1136	1022400	0,74	1948	1753200	0,55	2164	1947600	0,66
7	2266	2039400	1,05	1813	1631700	0,68	788	709200	0,55
8	341	306900	1,05	598	538200	0,63	178	160200	0,22

En este cuadro se presenta la suma de casos de malaria que se presentaron en los lugares poblados de cada clúster por año.

Tabla 16. Suma de casos de malaria en cada cluster

Clusters	Casos		
	2014	2015	2016
1	21	18	40
2	61	14	25
3	69	83	14
4	75	60	79
5	75	112	228
6	641	410	412
7	1030	796	540
8	5287	3801	3739

Estos datos permitieron generar una matriz donde se expresa el área no boscosa y la deforestación en porcentaje y junto a ello suma de casos por cada clúster.

Tabla 17. Porcentaje de area no boscosa, deforestación y suma de casos en cada cluster.

CLUSTERS	2014			2015			2016		
	NO BOSQUE	DEFOREST	SUMA DE CASOS	NO BOSQUE	DEFOREST	SUMA DE CASOS	NO BOSQUE	DEFOREST	SUMA DE CASOS
1	12,82	0,45	21	11,33	0,25	18	7,23	0,66	40
2	7,87	0,36	61	4,83	0,18	14	6,65	0,51	25
3	9,76	0,58	69	6,10	0,25	83	5,96	0,58	14
4	10,54	0,40	75	4,45	0,24	60	6,77	0,32	79
5	13,86	0,54	75	5,11	0,30	112	8,54	0,38	228
6	16,89	0,74	641	11,88	0,55	410	16,92	0,66	412
7	25,73	1,05	1030	18,77	0,68	796	23,59	0,55	540
8	51,44	1,05	5287	29,54	0,63	3801	34,58	0,22	3739

4.5 Análisis de correlación

En la siguiente matriz de datos se presenta para cada clúster la suma de casos, el porcentaje de área de no bosque y el porcentaje de acumulado de deforestación en los periodos de estudio. Así mismo en la siguiente página se presentan gráficos comparativos por clúster entre la suma de casos y el porcentaje acumulado de deforestación.

Tabla 18. Porcentaje de deforestación acumulada

CLASES	SUMA DE CASOS			NO BOSQUE (%)			DEFORESTACIÓN (%)		
	C2014	C2015	C2016	NB2014	NB2015	NB2016	D2014	D2015	D2016
1	21	18	40	12,82	11,33	7,23	0,45	0,70	1,36
2	61	14	25	7,87	4,83	6,65	0,36	0,54	1,06
3	69	83	14	9,76	6,10	5,96	0,58	0,82	1,40
4	75	60	79	10,54	4,45	6,77	0,40	0,64	0,96
5	75	112	228	13,86	5,11	8,54	0,54	0,84	1,22
6	641	410	412	16,89	11,88	16,92	0,74	1,30	1,95
7	1030	796	540	25,73	18,77	23,59	1,05	1,73	2,28
8	5287	3801	3739	51,44	29,54	34,58	1,05	1,68	1,90

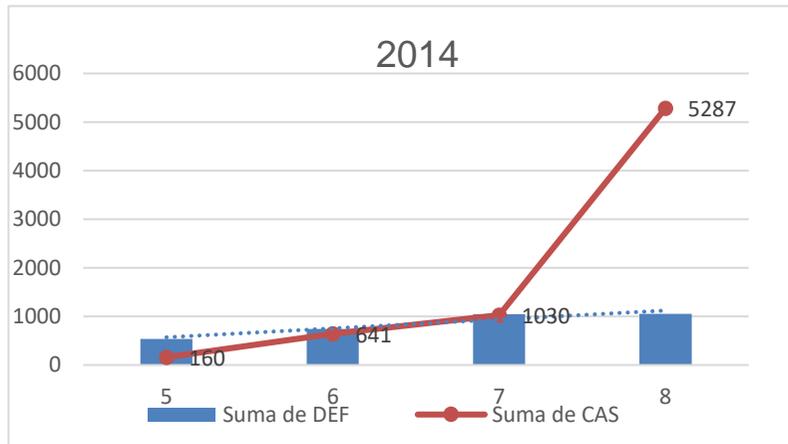


Figura 25. Deforestación y casos de malaria por clúster en 2014.

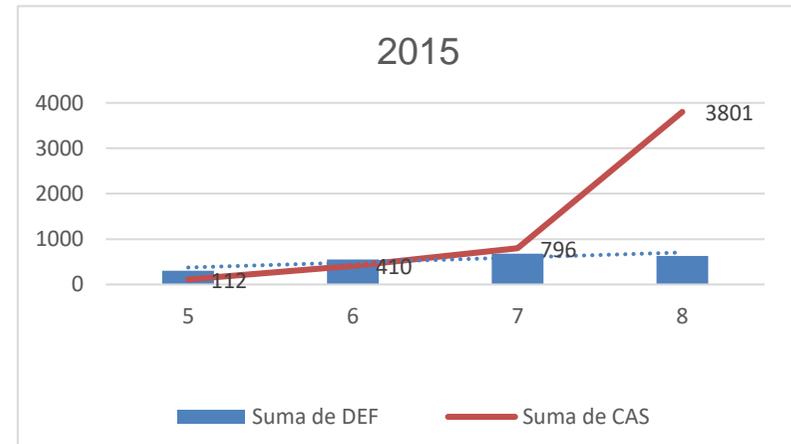


Figura 26. Deforestación y casos de malaria por clúster en 2015.

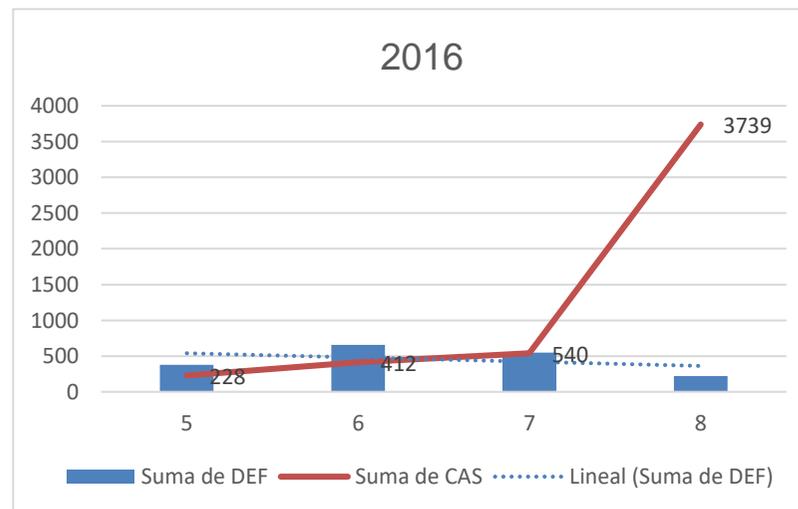


Figura 27. Deforestación y casos de malaria por clúster en 2016.

A continuación, en la siguiente gráfica se muestra la asociación de la deforestación anual y número total de casos de malaria por año en el área de estudio.

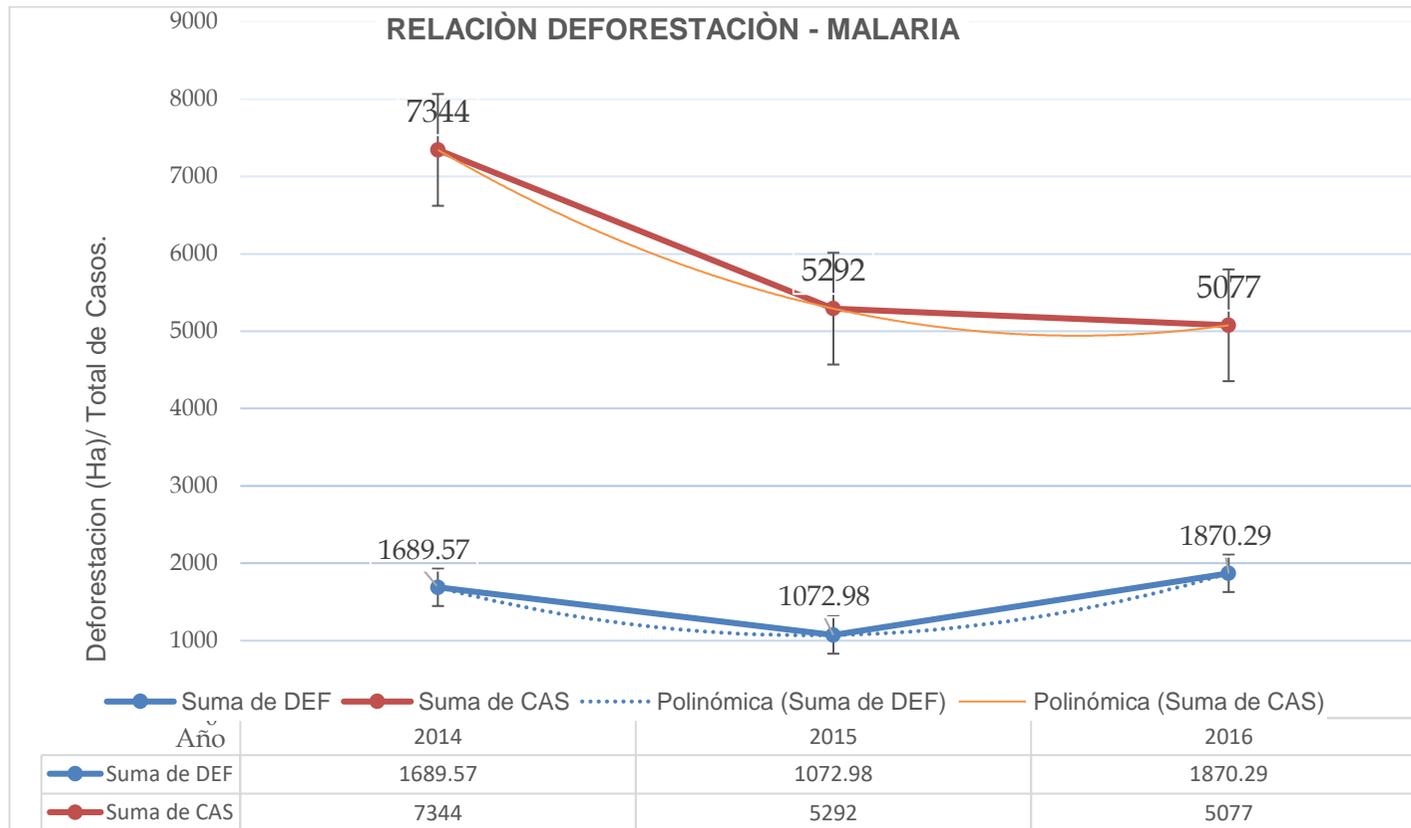


Figura 28. Relación Deforestación – Malaria.

Se realizó un test de normalidad para todas las variables, solo el porcentaje de deforestación muestra una distribución normal, mientras la suma de casos y el porcentaje de área de no bosque no se distribuyen en la normal; lo más adecuado es utilizar la Rho de Spearman.

Tabla 19. Prueba de normalidad.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
NB2014	0,298	8	0,036	0,734	8	0,005
NB2015	0,233	8	0,200 [*]	0,818	8	0,045
NB2016	0,316	8	0,018	0,781	8	0,018
D2014	0,226	8	0,200 [*]	0,858	8	0,114
D2015	0,281	8	0,062	0,852	8	0,100
D2016	0,219	8	0,200 [*]	0,925	8	0,471
C2014	0,348	8	0,005	0,565	8	0,000
C2015	0,334	8	0,009	0,575	8	0,000
C2016	0,405	8	0,000	0,550	8	0,000

Las correlaciones arrojaron los siguientes coeficientes de Spearman:

Tabla 20. Coeficientes de correlación.

		NB2014	D2014
C2014	Coef. Rho	0,838	0,814
	Sig.	0,009	0,014
		NB2015	D2015
C2015	Coef. Rho	0,786	0,952
	Sig.	0,021	0,000
		NB2016	D2016
C2016	Coef. Rho	0,976	0,571
	Sig.	0,000	0,139

Los coeficientes de correlación obtenidos confirman la corriente de que la deforestación y la distribución espacial de malaria tienen una estrecha relación, lo que sostiene la literatura científica: en bosques fragmentados y en los bordes del bosque (la frontera con la deforestación) hay mayor riesgo de infección debido al mayor contacto con los vectores (Walsh et al., 1993) (Vittor, 2003) (Patz et al., 2000) (Kirby et al., 2006) (Pattanayak et al., 2006) (A. Vittor et al., 2006) (Pinedo-Cancino et al., 2006) (A. Y. Vittor et al., 2006) (Foley et al., 2007) (Yasuoka & Levins, 2007) (A. Vittor et al., 2009) (Olson, 2010) (Hahn et al., 2014) (Barros & Honório, 2015) (Morris et al., 2016) (Gleiser, 2017).

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

De lo investigado se concluye que:

1. Basados en la metodología aplicada y en los resultados obtenidos se acepta la hipótesis planteada y se afirma que existe una fuerte correlación positiva con más del 80% de ajuste entre el incremento de la deforestación y la presencia de casos de malaria en el área de estudio, afirmación válida hasta con un 95% de confianza, esto estaría reflejando la fuerte relación de la deforestación sobre la distribución espacial de malaria en los lugares poblados rurales alrededor de Iquitos.

2. Se demostró el potencial de los SIG y los SR para estudiar la distribución espacial de la malaria respecto a la deforestación, que es de vital importancia para la salud pública. Se extrajeron 21 619 casos de malaria en el periodo y área de estudio, del mismo que solo se geocodificaron 17 713 que representa un poco más del 80% de los casos registrados en la base de datos, esto refleja serios problemas de inconsistencias en la estructura de la base de datos. Se integró la información epidemiológica a los SIG, lo que constituye una herramienta poderosa para el estudio de la malaria ya que permite tomar mejores decisiones en el diseño de programas sanitarios y eficaz focalización de las áreas de riesgo que se reflejaría en la mejora de la salud pública.

3. Se obtuvieron mapas de distribución espacial de malaria para los años 2014, 2015 y 2016 con la herramienta SIG de análisis espacial IDW (que es una técnica utilizada para predecir modelos de patrones de comportamiento de distribuciones espaciales) en los que muestran patrones espaciales que cumplen con el principio de autocorrelación espacial agrupada en la parte norte del área de estudio entre los lugares poblados: Nina Rumi, Puerto Almendra, Santa Clara, Rumococha, Santo Tomas, Varillal, San Pablo de Cuyana, Lobo Yacu, 25 de Enero, Quistococha, Zungaro Cocha, La Unión, Paña Cocha, La Paz, 12 de Diciembre, 31 de Mayo, Laguna Azul y Shushuna; desde el 2015 se encendieron tres nuevos focos al sur del área de estudio (13 de Febrero, Ex Petroleros y Cahuide) esto sirve como insumo de localización, medida y expansión de importancia epidemiológica, ya que ayuda a la comprensión de la dinámica espacial de la malaria, sin embargo sería de gran interés estudiar este fenómeno correlacionado con otras variables biofísicas y socio-económicas, esto nos permite delimitar las zonas de riesgo para diseñar programas control de esta enfermedad.
4. La metodología empleada para determinar las áreas deforestadas está basada en el análisis de mezcla espectral que se aplica desde la herramienta CLASlite, asimismo ha comprendido el uso de definiciones operativas para cumplir con las definiciones conceptuales de bosque y deforestación. Los resultados fueron editados con el fin de obtener las pérdidas de bosque referidas a deforestación. La superficie deforestada a partir del 2014 (año base) hasta 2017 ha sido de 4 632,84 has de los cuales

en el periodo 2014 a 2015 se deforestaron 1 689,57 has, del 2015 al 2016, se deforestó 1 072,98 y en el 2016 se deforestó 1870,29.

5.2 RECOMENDACIONES.

Concluido el trabajo de investigación se recomienda:

1. Replicar el proceso metodológico para generar mapas de malaria en diferentes periodos de tiempo para determinar tendencias al aumento, estabilidad o reducción de la enfermedad (fases de progresión o regresión). Seguir utilizando esta metodología en lugares donde haya mayor incidencia de malaria de modo que se tenga una herramienta para la planificación de control epidemiológico de esta enfermedad y también sea utilizado para determinar la distribución espacial de otras enfermedades y correlacionarlas con otras variables ambientales. Explorar otros métodos y técnicas de interpolación que puedan trabajar con la data histórica registrada para toda la región y desde años muchos más anteriores al 2014. Buscar las imágenes de satélite que tengan menos porcentaje de cobertura de nubes en el área de estudio.
2. Hacer que las políticas sobre el control de la deforestación sean debidamente implementadas para ayudar a controlar las enfermedades infecciosas y la conservación de la biodiversidad.
3. Educar a las comunidades, especialmente a las poblaciones rurales y agrícolas, sobre la prevención de enfermedades; y promover la investigación interdisciplinaria con participación de científicos sociales,

ambientales y biólogos para estudiar la relación entre la deforestación y la presencia de casos de malaria. Estudiar distribución espacial de las especies de malaria que existen y si entre estos se podría encontrar algún patrón espacial.

4. Estructurar y estandarizar el registro de datos de las notificaciones de las enfermedades sujetas a vigilancia epidemiológica. La vigilancia epidemiológica de la malaria como de otras enfermedades debe de evolucionar hacia un sistema de información geográfica ya que este sistema posee múltiples ventajas aun inexploradas que pudieran servir en la toma de decisiones sobre la vigilancia de la malaria en la región de modo que se generen alertas tempranas.
5. Es necesario contar con plataformas compartidas en las cuales se tenga acceso y se puedan actualizar bases de datos en tiempo real sobre varios aspectos de los vectores: comportamiento de picadura, sitios de cría, resistencia a insecticidas, etc. El acceso a estas bases de datos podría llevarse a cabo a través del desarrollo de una página en red, la cual pueda ser alimentada con información en cada local de salud, centros de investigación y universidades.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Andino, R. E. C. (2011). Catalogo de firmas espectrales de especies florales, en la Ciudad Universitaria, Tegucigalpa, Fase 1. *Ciencias Espaciales*, 1(1).
- Arambarú Guarda, J., Ramal Asayag, C., & Witzig, R. (1999). Malaria reemergence in the Peruvian Amazon region. *Emerg. Inf. Dis*, 5, 209.
- Aramburu, G. J., Ramal, A. C., & Witzig, R. (1999). Malaria reemergence in the Peruvian Amazon region. *Emerg Infect Dis*, 5. doi: 10.3201/eid0502.990204
- Araque, L., & Jiménez, A. (2009). Caracterización de firma espectral a partir de sensores remotos para el manejo de sanidad vegetal en el cultivo de palma de aceite. *Revista Palmas*, 30(3), 63-79.
- Ariza, A. (2013). Descripción y Corrección de Productos Landsat 8 LDCM (Landsat Data Continuity Mission). *Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi*.
- Asner, G. P., Knapp, D. E., Balaji, A., & Paez-Acosta, G. (2009). Automated mapping of tropical deforestation and forest degradation: CLASlite. *Journal of Applied Remote Sensing*, 3(1), 033543-033543-033524. doi: 10.1117/1.3223675
- Barat, L. M. (2006). Four malaria success stories: how malaria burden was successfully reduced in Brazil, Eritrea, India, and Vietnam. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 74(1), 12-16.
- Barbieri, A. F., Sawyer, i. O., & Soares-Filho, B. S. (2005). Population and land use effects on malaria prevalence in the southern Brazilian Amazon. *Human Ecology*, 33(6), 847-874.
- Barros, F. S., & Honório, N. A. (2015). Deforestation and malaria on the Amazon frontier: larval clustering of *Anopheles darlingi* (Diptera: culicidae)

- determines focal distribution of malaria. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 93(5), 939-953.
- Burrough, P. A., McDonnell, R., McDonnell, R. A., & Lloyd, C. D. (2015). *Principles of geographical information systems*: Oxford University Press.
- Cabezas-Sánchez, C. (2015). Enfermedades infecciosas emergentes reemergentes y sus determinantes. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 32(1), 07-08.
- Carey, C. (2016). SITUACION DE LA MALARIA EN LORETO - PERU: PERSPECTIVAS, DESAFIOS HASTA EL AÑO 2015. Retrieved 06 de Marzo, 2017, from http://www2.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=34862&Itemid=270&lang=es
- Carvajal, A. F., & Pabón, J. D. (2014). Temperatura de la superficie terrestre en diferentes tipos de cobertura de la región andina colombiana. *Sociedade & Natureza*, 26(1).
- CLASlite, T. (2013). CLASlite Forest Monitoring Technology: Version 3.1 User Guide. Web URL: <http://claslite.carnegiescience.edu>. Carnegie Institution for Science, Washington, DC.
- Condoy Fernández, G., Cartuche, S., & Daniel, S. (2006). *Análisis y tendencia de la deforestación de la provincia de Zamora Chinchipe, en base a la interpretación de imágenes Satelitales*.
- Chander, G., & Markham, B. (2003). Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges. *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*, 41(11), 2674-2677.

- Chuvieco, E. (1998). Fundamentos de teledetección espacial. *Estudios Geográficos*, 59, 135.
- Dib, J. C. (2012). ENFERMEDADES TROPICALES EN UCI. *Hospital Universitario de Sincelejo*, 31.
- Dourojeanni, M. J. (2013). *Loreto sostenible al 2021: DAR, Derecho, Ambiente y Recursos Naturales*.
- Duarte, E. C., Ramalho, W. M., Tauil, P. L., Fontes, C. J. F., & Pang, L. (2014). The changing distribution of malaria in the Brazilian Amazon, 2003-2004 and 2008-2009. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 47(6), 763-769.
- Ettema, C. H., & Wardle, D. A. (2002). Spatial soil ecology. *Trends in ecology & evolution*, 17(4), 177-183.
- FAO. Informe Nacional Peru. *El escenario mas probable del Sector Forestal en el 2020*.
- FAO. (2010). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010, Roma - Italia. *Informe principal*, 381.
- Flint, C., Harrower, M., & Edsall, R. (2000). *But how does place matter*. Paper presented at the Using bayesian networks to explore a structural definition of place, ponencia presentada en The New Methodologies for the Social Sciences Conference, University of Colorado en Boulder.
- Foley, J. A., Asner, G. P., Costa, M. H., Coe, M. T., DeFries, R., Gibbs, H. K., . . . Snyder, P. (2007). Amazonia revealed: forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(1), 25-32. doi: 10.1890/1540-9295(2007)5[25:ARFDAL]2.0.CO;2

- Gleiser, R. M. (2017). Geoprocessing and Expected Distribution of Diseases (Including Deforestation, Global Warming, and Other Changes). In C. B. Marcondes (Ed.), *Arthropod Borne Diseases* (pp. 577-604). Cham: Springer International Publishing.
- Goodchild, M. F. (1987). A spatial analytical perspective on geographical information systems. *International journal of geographical information system*, 1(4), 327-334.
- Gorla, D. (2002). Introducción a los sistemas de información geográfica y al uso de sensores remotos. *Curso taller internacional: Sistemas de información geográfica, sensores remotos y genética poblacional de vectores y parásitos aplicados al control de la enfermedad de Chagas*. Gulh F y Jaramillo Editores. Univesidad de los Andes.
- Gratz, N. G. (1999). Emerging and resurging vector-borne diseases. *Annual Review of Entomology*, 44(1), 51-75.
- Gutiérrez, C. P., & Nieto, Á. L. M. (2006). *Teledetección: nociones y aplicaciones*: carlos perez.
- Hahn, M. B., Gangnon, R. E., Barcellos, C., Asner, G. P., & Patz, J. A. (2014). Influence of Deforestation, Logging, and Fire on Malaria in the Brazilian Amazon. *PLoS ONE*, 9(1), e85725. doi: 10.1371/journal.pone.0085725
- Hay, S. (2000). An overview of remote sensing and geodesy for epidemiology and public health application. *Advances in parasitology*, 47, 1-35.
- Hay, S., Tatem, A., Graham, A., Goetz, S., & Rogers, D. (2006). Global environmental data for mapping infectious disease distribution. *Advances in parasitology*, 62, 37-77.

- Hernández, L. R. (2008). *Metodología de la investigación en ciencias de la salud*: Ecoe Ediciones.
- Johnston, C. A. (1998). *Geographic information systems in ecology*. Blackwell Science.
- Kalliola, R., & Flores-Paitan, S. (1998). Geoecología y Desarrollo Amazonico; Estudio Integrado en la Zona de Iquitos. *Peru Annales Universitatis Turkuensis Ser A II*, 144.
- Kalluri, S., Gilruth, P., Rogers, D., & Szczur, M. (2007). Surveillance of arthropod vector-borne infectious diseases using remote sensing techniques: a review. *PLoS pathogens*, 3(10), e116.
- Kirby, K. R., Laurance, W. F., Albernaz, A. K., Schroth, G., Fearnside, P. M., Bergen, S., . . . Da Costa, C. (2006). The future of deforestation in the Brazilian Amazon. *Futures*, 38(4), 432-453.
- Labrador, M., Évora, J., & Arbelo, M. (2012). Satélites de Teledetección para la Gestión del Territorio. *Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Aguas del Gobierno de Canarias.. pp*, 13-21.
- Legendre, P., & Fortin, M. J. (1989). Spatial pattern and ecological analysis. *Vegetatio*, 80(2), 107-138.
- Legua L, P. (2000). Malaria in Perú. 4.
- Londoño, L. A., Restrepo, C., & Marulanda, E. (2014). Distribución espacial del dengue basado en herramientas del Sistema de Información Geográfica, Valle de Aburrá, Colombia. *Facultad Nacional de Salud Pública*, 32(1).
- Longley, P., Goodchild, M., Maguire, D., & Rhind, D. (2001). *Geographic Information Systems and Science* Wiley: London.

- Llactayo, W., Salcedo, K., & Victoria, E. (2013). Memoria Técnica de la Cuantificación de Cambios de la Cobertura de Bosque a no Bosque por Deforestación en el Ambito de la Amazonía Peruana Período 2009-2010-2011. Lima, Ministerio del Ambiente, Dirección General de Ordenamiento Territorial.
- Maestre, F. (2006). Análisis y modelización de datos espacialmente explícitos en Ecología. *Ecosistemas*, 15(3), 1-6.
- Marques, A. C. (1987). Human migration and the spread of malaria in Brazil. *Parasitology Today*, 3(6), 166-170.
- Mesía Meza, J. I. (2015). Deforestación en el eje vial Iquitos-Nauta y su relación con la variabilidad climática local a través de los años.
- MINAM, M. d. A.-. (2009). *Mapa de Deforestación de la Amazonía Peruana 2000* (Vol. 1). Lima, Peru: Ministerio del Ambiente - MINAM.
- MINAM, M. d. A.-. (2014). *Protocolo: Análisis y Clasificación de Imágenes para el Monitoreo de Cobertura de Bosque, Deforestación y Degradación Forestales* (M. d. Ambiente Ed. 1 ed. Vol. 1): Dirección General de Ordenamiento Territorial - Lima.
- Miranda, G. (2009). *La deforestación*. LA DEFORESTACIÓN.
- Moran, P. A. (1950). Notes on continuous stochastic phenomena. *Biometrika*, 37(1/2), 17-23.
- Moreno Jiménez, A. (2017). Población y polución atmosférica intraurbana por dióxido de nitrógeno en Madrid: análisis desde la justicia ambiental basado en Sistemas de Información Geográfica. *Cuadernos Geográficos*(52).
- Morris, A. L., Guégan, J.-F., Andreou, D., Marsollier, L., Carolan, K., Le Croller, M., . . . Gozlan, R. E. (2016). Deforestation-driven food-web collapse linked to

emerging tropical infectious disease, *Mycobacterium ulcerans*. *Science Advances*, 2(12), e1600387.

Mouchet, J., Manguin, S., Sircoulon, J., Laventure, S., Faye, O., Onapa, A., . . .

Fontenille, D. (1998). Evolution of malaria in Africa for the past 40 years: impact of climatic and human factors. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 14(2), 121-130.

Novoa, S., & Herrera, M. (2002). USO DEL ANÁLISIS DE IMÁGENES EN EL DIAGNÓSTICO DE LA "TRISTEZA DE LOS CÍTRICOS" EN LIMONEROS (Citrus limon (L.) Burm.) DEL VALLE DE MALLARAUCO, CHILE. *Agricultura Técnica*, 62(4), 606-615.

Olaya, V. (2011). Sistemas de información geográfica.[Consulta: 06-03-2015] Disponible en: http://wiki.osgeo.org/wiki:Libro_SIG.

Olson, S. H. (2010). Deforestation and Malaria in Mâncio Lima County, Brazil- Volume 16, Number 7—July 2010-Emerging Infectious Disease journal- CDC.

. Organizacion panamericana de la salud, XXXIX reunion and organizacion mundial de la salud, XLVIII reunion. Situacion de los programas de malaria en las Americas, XLIV informe. 1996, Washington, DC: Pan American Health Organization.

Parra-Henao, G. (2010). Sistemas de información geográfica y sensores remotos. Aplicaciones en enfermedades transmitidas por vectores. *CES Medicina*, 24(2), 75-89.

Pattanayak, S., Dickinson, K., Corey, C., Murray, B., Sills, E., & Kramer, R. (2006). Deforestation, malaria, and poverty: a call for transdisciplinary research to

- support the design of cross-sectoral policies. *Sustainability: Science, Practice, & Policy*, 2(2).
- Patz, J. A., Graczyk, T. K., Geller, N., & Vittor, A. Y. (2000). Effects of environmental change on emerging parasitic diseases. *International journal for parasitology*, 30(12), 1395-1405.
- PERDOMO, C. J. V. Y. (2003). Una aplicación del análisis espacial al estudio de las diferencias regionales del ingreso en México. *Economía Sociedad y Territorio*.
- Pinedo-Cancino, V., Sheen, P., Tarazona-Santos, E., Oswald, W. E., Jeri, C., Vittor, A. Y., . . . Gilman, R. H. (2006). Limited diversity of *Anopheles darlingi* in the Peruvian Amazon Region of Iquitos. *Am J Trop Med Hyg*, 75.
- Porcasi, X., Catalá, S., Hrellac, H., Scavuzzo, M., & Gorla, D. (2006). Infestation of rural houses by *Triatoma infestans* (Hemiptera: Reduviidae) in southern area of Gran Chaco in Argentina. *Journal of Medical Entomology*, 43(5), 1060-1067.
- Rakonczay, Z. (2002). Biome-specific forest definitions. *Papier technique. Rapport du Secrétariat de la CCNUCC*.
- Rodríguez-Morales, A. J. (2005). Ecoepidemiología y epidemiología satelital: nuevas herramientas en el manejo de problemas en salud pública. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 22(1), 54-63.
- Rogers, D., & Randolph, S. (1991). Mortality rates and population density of tsetse flies correlated with satellite imagery. *Nature*, 351(6329), 739.
- Rossi, J.-P. (2003). Short-range structures in earthworm spatial distribution: The 7th international symposium on earthworm ecology. Cardiff. Wales. 2002. *Pedobiologia*, 47(5-6), 582-587.

- Sampieri, R. H., Collado, C. F., Lucio, P. B., & Pérez, M. d. I. L. C. (1998). *Metodología de la investigación* (Vol. 1): Mcgraw-hill México.
- Sánchez Bonilla, Y., & Alejandro Chamizo García, H. (2012). The socio-environmental determinants of malaria in the town of Matina in Costa Rica. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 21(2), 50-57.
- Scavuzzo, M. (2006). Algoritmos para el Alerta Temprana de Dengue en un Ambiente Geomático.
- Sobrino, J. A. (2001). *Teledetección*: Universitat de València.
- Stefani, A., Dusfour, I., Corrêa, A. P. S., Cruz, M. C., Dessay, N., Galardo, A. K., . . . Gurgel, H. (2013). Land cover, land use and malaria in the Amazon: a systematic literature review of studies using remotely sensed data. *Malaria Journal*, 12(1), 192.
- Sutherst, R. W. (2004). Global change and human vulnerability to vector-borne diseases. *Clinical microbiology reviews*, 17(1), 136-173.
- Thomson, M., & Connor, S. (2000). Environmental information systems for the control of arthropod vectors of disease. *Medical and Veterinary Entomology*, 14(3), 227-244.
- Tilman, D., & Kareiva, P. M. (1997). *Spatial ecology: the role of space in population dynamics and interspecific interactions* (Vol. 30): Princeton University Press.
- Tobler, W. R. (1970). A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. *Economic geography*, 46(sup1), 234-240.
- United States Geological Survey, U. (2014). from <http://www.usgs.gov/>

- USAID, R. R. T. I. I. (Agosto de 2012). Informe de evaluación de necesidades en el control de vectores en el Perú (M. i. d. v. M. O. d. t. 2, Trans.) (pp. 50): Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional USAID
- Valle, D. (2014). Response to the Critique by Hahn and Others Entitled "Conservation and Malaria in the Brazilian Amazon". *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 90(4), 595-596.
- Vanwambeke, S. O., Lambin, E. F., Eichhorn, M. P., Flasse, S. P., Harbach, R. E., Oskam, L., . . . Walton, C. (2007). Impact of land-use change on dengue and malaria in northern Thailand. *EcoHealth*, 4(1), 37-51.
- Vargas, G. (1994). DISTRIBUCIÓN Y EVOLUCIÓN DE LA MALARIA EN COSTA RICA. UN ENFOQUE GEOGRÁFICO. *Revista Reflexiones*, 22(1).
- Vargas Herrera, J. (2003). Prevención y control de la Malaria y otras enfermedades transmitidas por vectores en el Perú. *Revistas peruana de epidemiología*, 11(1), 1-18.
- Vilalta y Perdomo, C. J. (2005). Cómo enseñar autocorrelación espacial. *Economía, Sociedad y Territorio*(18).
- Vittor, A., Gilman, R., Tielsch, J., Glass, G., Shields, T., Lozano, W., . . . Patz, J. (2006). The effect of deforestation on the human-biting rate of *Anopheles darlingi*, the primary vector of falciparum malaria in the Peruvian Amazon. *Am J Trop Med Hyg*, 74.
- Vittor, A., Pan, W., Gilman, R., Tielsch, J., Glass, G., Shields, T., . . . Patz, J. (2009). Linking deforestation to malaria in the Amazon: characterization of the breeding habitat of the principal malaria vector, *Anopheles darlingi*. *Am J Trop Med Hyg*, 81.

- Vittor, A. Y. (2003). Deforestation and Malaria: Associations Between Vegetation, Vector Ecology, and Malaria Epidemiology in the Peruvian Amazon
Dissertation, The Johns Hopkins University.
- Vittor, A. Y., Gilman, R. H., Tielsch, J., Glass, G., Shields, T., Sánchez Lozano, W., . . . Patz, J. A. (2006). The effect of deforestation on the human biting rate of *Anopheles darlingi*, the primary vector of falciparum malaria in the Peruvian Amazon. *Am J Trop Med Hyg*, 74.
- Vittor, A. Y., Gilman, R. H., Tielsch, J., Glass, G., Shields, T., Lozano, W. S., . . . Patz, J. A. (2006). The effect of deforestation on the human-biting rate of *Anopheles darlingi*, the primary vector of falciparum malaria in the Peruvian Amazon. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, 74(1), 3-11.
- Vittor, A. Y., Pan, W., Gilman, R. H., Tielsch, J., Glass, G., Shields, T., . . . Patz, J. A. (2009). Linking deforestation to malaria in the Amazon: characterization of the breeding habitat of the principal malaria vector, *Anopheles darlingi*. *Am J Trop Med Hyg*, 81.
- Walsh, J. F., Molyneux, D. H., & Birley, M. H. (1993). Deforestation: effects on vector-borne disease. *Parasitology*, 106(Suppl), S55.
- Yasuoka, J., & Levins, R. (2007). Impact of deforestation and agricultural development on anopheline ecology and malaria epidemiology. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 76(3), 450-460.

GLOSARIO

A

Análisis geoestadísticos.

La geoestadística es una rama de la estadística aplicada que se especializa en el análisis, modelación y predicción de la variabilidad espacial de fenómenos en Ciencias de la Tierra. Rama de la estadística aplicada que se caracteriza por tomar en cuenta la relación espacial de las variables en estudio. Rama de la estadística que se enfoca a analizar, procesar e inferir resultados de datos georeferenciados. La geoestadística es un conjunto de técnicas para el análisis y predicción de valores distribuidos en el espacio y/o en el tiempo, dichos valores se asumen correlacionados entre sí.

Anopheles.

Anopheles es un género de mosquito de la familia Culicidae que habita en prácticamente todo el mundo incluyendo Europa, África, Asia, América y Oceanía, con especial intensidad en las zonas templadas, tropicales y subtropicales. Existen 465 especies formalmente reconocidas de Anopheles, de las cuales 50 pueden transmitir las cuatro especies diferentes de parásitos del género Plasmodium,¹ causantes de la malaria humana (ya que existen muchas otras especies de Plasmodium que causan malaria en ratones (*P. Bergei*), aves (*P. gallinaceum*), simios (*P. yoeli*), etc.). La especie Anopheles gambiae es una de las mejor conocidas, porque trasmite el más peligroso, el Plasmodium falciparum. En Europa una de las especies más importantes es Anopheles atroparvus.

Algoritmo.

Se denomina algoritmo a un grupo finito de operaciones organizadas de manera lógica y ordenada que permite solucionar un determinado problema. Se trata de una serie de instrucciones o reglas establecidas que, por medio de una sucesión de pasos, permiten arribar a un resultado o solución.

ArcGIS.

ArcGIS es el nombre de un conjunto de productos de software en el campo de los Sistemas de Información Geográfica o SIG. Producido y comercializado por ESRI, bajo el nombre genérico ArcGIS se agrupan varias aplicaciones para la captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica. Estas aplicaciones se engloban en familias temáticas como ArcGIS Server, para la publicación y gestión web, o ArcGIS Móvil para la captura y gestión de información en campo. ArcGIS Desktop, la familia de aplicaciones SIG de escritorio, es una de las más ampliamente utilizadas, incluyendo en sus últimas ediciones las herramientas ArcReader, ArcMap, ArcCatalog, ArcToolbox, ArcScene y ArcGlobe, además de diversas extensiones. ArcGIS for Desktop se distribuye comercialmente bajo tres niveles de licencias que son, en orden creciente de funcionalidades (y coste): ArcView, ArcEditor y ArcInfo.

Artefacto.

Ver Ruido en imágenes.

B

Banda espectral.

Es un grupo de archivo de datos para una porción específica del espectro electromagnético definido por dos longitudes de onda (ERDAS, 2010). Es la capacidad del satélite de recibir información en rangos definidos del espectro electromagnético.

E**Enfermedades Infecciosas Tropicales.**

Las enfermedades tropicales son aquellas que ocurren únicamente, o principalmente, en los trópicos. En la práctica, la expresión se refiere a las enfermedades infecciosas que predominan en climas calientes y húmedos, como el paludismo, la leishmaniasis, la esquistosomiasis, la oncocercosis, la filariasis linfática, la enfermedad de Chagas, la tripanosomiasis africana y el dengue.

G**Geocodificadas.**

La geocodificación es el proceso de transformar una descripción de una ubicación (por ejemplo, un par de coordenadas, una dirección o un nombre de un lugar) en una ubicación de la superficie de la Tierra. Se puede geocodificar introduciendo una descripción de una ubicación a la vez o proporcionando muchas de ellas al mismo tiempo en una tabla. Las ubicaciones que se obtienen se transforman en entidades geográficas con atributos, que se pueden utilizar para la representación cartográfica o el para análisis espacial.

Georeferenciados.

La georeferenciación es el uso de coordenadas de mapa para asignar una ubicación espacial a entidades cartográficas. Todos los elementos de una capa de mapa tienen una ubicación geográfica y una extensión específicas que permiten situarlos en la superficie de la Tierra o cerca de ella.

I**Intervalos geométricos.**

El esquema de clasificación de intervalos geométricos crea rupturas de clase basadas en los intervalos de clase que tienen una serie geométrica. El coeficiente geométrico de este clasificador puede cambiar una vez (a su inverso) para optimizar los rangos de clase. El algoritmo crea intervalos geométricos al minimizar la suma de cuadrados del número de elementos de cada clase. Con esto se garantiza que cada rango de clase tenga aproximadamente el mismo número de valores en cada clase y que el cambio entre intervalos sea bastante coherente. Este algoritmo se diseñó específicamente para acomodar datos continuos. Es un método de equilibrio entre Intervalo de igualdad, Cortes naturales (Jenks) y Cuantil. Crea un equilibrio entre los cambios resaltados en los valores centrales y en los valores extremos, produciendo así un resultado visualmente atractivo y cartográficamente comprensible.

M**Metadato.**

Grupo de archivos que contiene información descriptiva acerca de la escena que provee al usuario datos de fecha de adquisición, ángulos solares, cobertura de nubes, y otras medidas de calidad (NASA, 2010).

N**NatureServe.**

NatureServe es una organización sin ánimo de lucro que proporciona propietaria conservación de la fauna relacionados con la PI de datos, herramientas y servicios a clientes privados y gubernamentales, las organizaciones asociadas y el público.

Normalidad.

La distribución normal (en ocasiones llamada distribución gaussiana) es la distribución continua que se utiliza más comúnmente en estadística. La distribución normal es de vital importancia en estadística por tres razones principales: Muchas variables continuas

comunes en el mundo de los negocios tienen distribuciones que se asemejan estrechamente a la distribución normal.

La distribución normal sirve para acercarse a diversas distribuciones de probabilidad discreta, como la distribución binomial y la distribución de Poisson. La distribución normal proporciona la base para la estadística inferencial clásica por su relación con el teorema de límite central

Números digitales (ND).

Variación en la intensidad del pixel de acuerdo con lo que representa. Es expresada comúnmente en valores del 0 a 255. (ERDAS, 2011).

O

Ortorectificado.

La ortorectificación elimina las distorsiones geométricas y de escalas inherentes en las fotografías e imágenes satelitales producto de imperfecciones del sensor, variaciones topográficas y la curvatura de Tierra.

P

Patrones espaciales de distribución.

Se define un “patrón o modelo” como una representación parcial de la realidad que refleja algunas de sus propiedades. Estos son simplificaciones, debidas tanto a la necesidad de reducir la complejidad del objeto real como a nuestro desconocimiento de muchas de sus propiedades (MATEO et al., 2011). Por otro lado, el concepto de “área de distribución”, que como ya se ha mencionado, recoge ideas de la ecología teórica, que no considera el espacio geográfico como el puro soporte físico de la biosfera, sino como un elemento de un sistema cuyas

partes se ajustan y se modifican mutuamente; se define como “aquella fracción del espacio geográfico donde una especie está presente, interactuando en forma no efímera con el ecosistema” (ZUNINO & PALESTRINI, 1991, en ZUNINO & ZULLINI, 2003). Por lo tanto, los modelos de distribución de especies son representaciones cartográficas de la idoneidad de un espacio para la presencia de una especie en función de las variables empleadas para generar dicha representación (MATEO et al., 2011). Es decir, los MDE son modelos empíricos que relacionan las observaciones de campo a las variables de predicción del medio ambiente, a partir de superficies de respuesta, derivadas estadística o teóricamente (GUISAN & ZIMMERMANN, 2000)

MATEO, R.G., FELICÍSIMO, A.M. & MUÑOZ, J. (2011) Modelos de distribución de especies: una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural*, 84, 217-240.

ZUNINO, M. & ZULLINI, A. (2003) *Biogeografía: La dimensión espacial de la evolución*. Fondo de Cultura Económica. México.

GUISAN, A. & THUILLER, W. (2005) Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, 8, 993–1009.

Pixel.

Abreviación de *Picture Element* (Elemento de dibujo), es la parte más pequeña de un dibujo o imagen digital (ERDAS 2010).

Prueba estadística.

Una prueba estadística es una forma de evaluar la evidencia que los datos proporcionan para probar una hipótesis. Esta hipótesis se denomina hipótesis nula, y suele denominarse H_0 . Bajo H_0 , los datos se generan mediante procesos aleatorios. En otras palabras, los procesos controlados (las manipulaciones experimentales, por ejemplo) no afectan a los datos. Normalmente, H_0 establece la igualdad (entre las medias, o entre las varianzas, o entre un coeficiente de correlación y cero, por ejemplo).

H_0 normalmente se opone a una hipótesis denominada hipótesis alternativa, denominada H_1 o H_a . La mayoría de las veces, la hipótesis alternativa es aquella que

el usuario querría demostrar. Implica establecer una diferencia (por ejemplo, diferencia entre medias).

Si los datos no proporcionan suficiente evidencia contra H_0 , H_0 no se rechaza. Si, por el contrario, muestran una fuerte evidencia contra H_0 , H_0 se rechaza, y H_a se considera verdadera con un riesgo cuantificado (bajo) de ser errónea. Una prueba estadística permite rechazar / no rechazar H_0 .

R

Radiancia espectral.

Término utilizado para describir el poder de la densidad de la radiación. Utiliza unidades de $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$ (Watts por unidad de área fuente, por unidad de ángulo sólido, por unidad de longitud de onda) es usado para caracterizar la luz como una sola longitud de onda o intervalo de banda (Irish, 2008).

Reflectancia espectral.

Es la razón entre la radiación reflejada y el incidente, se le denomina también albedo desde el punto de vista geofísico. Se consideran dos tipos cuando se hablan de correcciones atmosférica, la reflectancia de la cima de la atmósfera (TOA, Top of the atmosphere) y la reflectancia a nivel de superficie. (NASA, 2010).

Ruidos en imágenes.

El ruido digital es la variación aleatoria (que no se corresponde con la realidad) del brillo o el color en las imágenes digitales producido por el dispositivo de entrada (la cámara digital en este caso).

Está universalmente aceptado que, así como, en la imagen analógica el grano era aceptable e incluso estético, en la fotografía digital el ruido es antiestético e indeseable.

S

Semanas epidemiológicas.

Para realizar las acciones de vigilancia epidemiológica, se requiere agrupar los padecimientos o eventos epidemiológicos alrededor de un período de tiempo determinado. Este período es generalmente de una semana y se le conoce como semana epidemiológica; a su vez, a la división de los 365 días del año en semanas epidemiológicas, se le conoce como calendario epidemiológico, el cual es un instrumento de estandarización de la variable tiempo para los fines de la vigilancia epidemiológica. Las semanas epidemiológicas inician en domingo y terminan en sábado; para designar la primera semana epidemiológica del año, se ubica el primer sábado de enero que incluya en los días inmediatamente precedentes, cuatro o más días del mes de enero, aun cuando esa primera semana se inicie en diciembre.

Shapefile.

Un shapefile es un formato sencillo y no topológico que se utiliza para almacenar la ubicación geométrica y la información de atributos de las entidades geográficas. Las entidades geográficas de un shapefile se pueden representar por medio de puntos, líneas o polígonos (áreas). El espacio de trabajo que contiene shapefiles también puede incluir tablas del dBASE, que pueden almacenar atributos adicionales que se pueden vincular a las entidades de un shapefile.

T

Tasa de Incidencia Acumulada.

La Incidencia se define como el número de casos nuevos de una determinada enfermedad que se desarrollan en una población de riesgo durante un periodo de tiempo. Hay que diferenciar dos tipos de medida de incidencia: la incidencia acumulada, y la tasa o densidad de incidencia.

La Incidencia Acumulada (IA) se calcula dividiendo el número de casos nuevos de una enfermedad que aparecen en un período de tiempo por el total de la población en riesgo al inicio de ese período. La IA expresa la probabilidad de un individuo de desarrollar la enfermedad en un período de tiempo específico. Es una proporción. Se asume que el tiempo de observación es el mismo para cada individuo (cohorte fija).

ABREVIATURAS:

AVHRR:

Advanced Very High-Resolution Radiometer.

CIETROP:

Centro de Investigaciones de Enfermedades Tropicales " Maxime Kuczynski"

CMNUCC:

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

CLASlite:

Carnegie Landsat Analysis System
(El Sistema de Análisis Landsat de Carnegie – Lite).

DGOTA:

Dirección General de Ordenamiento Territorial y Ambiente.
(Ministerio del Ambiente, Perú).

DIRESA:

Dirección Regional de Salud - Loreto.

ESRI:

Environmental Systems Research Institute.
(Es una empresa fundada por Jack Dangermond en 1969 que en sus inicios se dedicaba a trabajos de consultoría del territorio. Actualmente desarrolla y comercializa software para Sistemas de Información Geográfica y es una de las compañías líderes en el sector a nivel mundial).

FAO:

Food and Agricultural Organization
Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, (tiene como objetivo aumentar la producción de alimentos en todo el mundo y trata de asegurarse de que las personas de las zonas más pobres puedan obtener los alimentos que necesitan).

IBM – SPSS:

International Business Machines - Statistical Package for the Social Sciences.
Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales.

MINAM:

Ministerio del Ambiente del Perú

MODIS:

Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer.

NASA:

National Aeronautics and Space Administration.
Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio.

NOAA:

National Oceanic and Atmospheric Administration.

SPOT:

Satellite Pour l'Observation de la Terre.
Satélite Para la Observación de la Tierra.

USAID:

U.S. Agency for International Development
Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional

USGS:

United States Geological Survey
Servicio Geológico de los Estados Unidos.

WRS-2:

Worldwide Reference System (WRS)

El Sistema de Referencia Mundial (WRS) es una notación global utilizada en la catalogación de datos de Landsat. Landsat 8 y Landsat 7 siguen el WRS-2, al igual que Landsat 5 y Landsat 4. Landsat 1, Landsat 2 y Landsat 3 seguido de WRS-1. Esta herramienta le permite ingresar cualquier ruta y fila Landsat para obtener las coordenadas de latitud y longitud más cercanas.

COLABORADORES

INSTITUCIONES:

Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana – IIAP (Programa de Investigación en Cambio Climático, Desarrollo Territorial y Ambiente PROTERRA).

Instituto Nacional de Salud – INS.

Centro de Investigación en Enfermedades Tropicales “Maxime Kuczyński”.

PERSONAS:

Lizardo Manuel Fachín Malaverri.
Dennis del Castillo Torres
Herman Collazos Saldaña.
Karine Zevallos Villegas.
Ricarte Renán Ruiz Chávez.

ANEXOS

Anexo II. Selección y descarga de las imágenes Landsat 8

Para la selección y descarga de las imágenes satelitales Landsat 8 – LT1 se usó el servidor de USGS.

Proceso de descarga de las imágenes Landsat 8 desde USGS

The screenshot displays the USGS Landsat 8 search interface. On the left, there are several tabs for search criteria: 'Criterio de búsqueda', 'Conjuntos de datos', 'Criterios Adicionales', and 'Resultado'. The 'Criterio de búsqueda' tab is active, showing instructions for entering search criteria. Below the instructions are input fields for 'Dirección / Lugar', 'Ruta / fila', 'Caracteres', and 'Circulo'. There are also buttons for 'Mostrar' and 'Borrar'. The 'Coordenadas' section includes tabs for 'Área predefinida', 'Archivo de forma', and 'KML'. Under 'Grado / Minuto / Segundo', there is a list of four coordinate pairs, each with a trash icon and a red 'X' mark, indicating they have been removed. At the bottom, there are buttons for 'Utilizar Map', 'Añadir Coordinar', and 'Claro Coordenadas'. The 'Rango de fechas' and 'Opciones de resultado' sections are also visible.

On the right, the 'Resumen de criterios de búsqueda (Mostrar)' section shows a map of the search area. The map is titled 'Reserva Nacional Allpahuayo-Mishana' and shows a large red polygon representing the search area. The map includes labels for 'Iquitos', 'Puerto Almendra', 'Varillal', 'Tamshiyacu', 'Puritania', and 'Nauta'. The coordinates (03° 44' 52" S, 073° 33' 02" W) are displayed in the top right corner of the map. There are also buttons for 'Mapa', 'Satélite', 'Opciones', and 'Superposiciones'.

Proceso de descarga de las imágenes Landsat 8 usando el servidor del INPE.

English ▾

INPE

Image Catalog

[Register](#) | [Log In](#) | [Log Out](#) | [Cart](#) | [History](#) | [Help](#)

Basic Parameters

Satellite:

Instrument:

Time Interval: Seasonal

From: / / 1973

To: / / 2017

Maximum Cloud Cover

Q1: Q2:

Q3: Q4:

Quick Look: Small Big

Passage Mosaic

Date: / / or Path:

Country:

City:

State:

Path: From To Row: From To

By Region

North:

West: East:

South:

Map Interface

Lat: Lon:

Dear User,

Herein users are allowed to :

1. SEARCH FOR IMAGES using the following [criteria](#): satellite/sensor, data, municipality, path/row, region or by geographically sailing. The access to the Catalog is entirely free ; images download require user [register](#).
2. REGISTER in User's database: this [registration](#) gives us the knowledge of the Catalog users technical profiles and their application areas of interest. User registration data will be exclusively used for statistics purposes and communication.
- 3.ACCESS the Catalog system and request images in their total resolution, free of charge.
4. DOWNLOAD IMAGES : If your Internet connection isn't sufficient to download images (Generally files from 40 to 50 Mb for each HRC band, from 12 to 20 Mb for each CCD band, 1.5 Mb for IRMSS and 8 Mb for WFI band) you can order images in CD media, with cost, contacting [ATUS](#). If you need further information, please enter the site <http://www.dgi.inpe.br>.
5. DOWNLOAD FILES AND DOCUMENTS: Data files and documents (e.g. catalog's operation manual) are available on [Files and Documents](#).
6. DOWNLOAD MARLIN: a tool oriented for displaying and handling digital images, available after [login](#).



Image of remote sensing by [INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais](#) is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike license 3.0 Unported License](#).

Anexo III. Descarga de puntos de lugares poblados del área de estudio.

The image shows the 'VISOR LORETO' web application interface. The main map displays the Loreto region with various administrative and geographical layers. A red rectangle highlights a specific area of interest. The interface includes a search bar at the top, a layer list on the left, and a 'Geoprocesamiento' panel on the right.

Lista de capas (Layer List):

- Lugares Poblados
- Proyectos de Inversión
- Servicios Sociales
- Catastro
- Límites Políticos Administrativos
- Transporte
- Pesquería Continental de Consumo Humano Directo y Ornamental
- Hidrografía
- Proceso Abreviado de Concesiones Forestales
- Gestión Forestal
- Zonificación_Ecológica_Económica

Geoprocesamiento Panel:

- LímitePolíticoAdministrativo
- CuerposDeAguaEnReposo
- ÁreasCosterasORibereñas
- CuencasHidrográficas
- FlujosDeAgua
- ÁreaPolíticoAdministrativa

Área de Interes* (Area of Interest):

Tools for defining the area of interest: Polygon, Rectangle, Circle, Ellipse, Line, and Point.

Formato Vector* (Vector Format):

File Geodatabase - GDB - .gdb

Formato Raster* (Raster Format):

File Geodatabase - GDB - .gdb

Buttons: Ayuda, Ejecutar

Map Information:

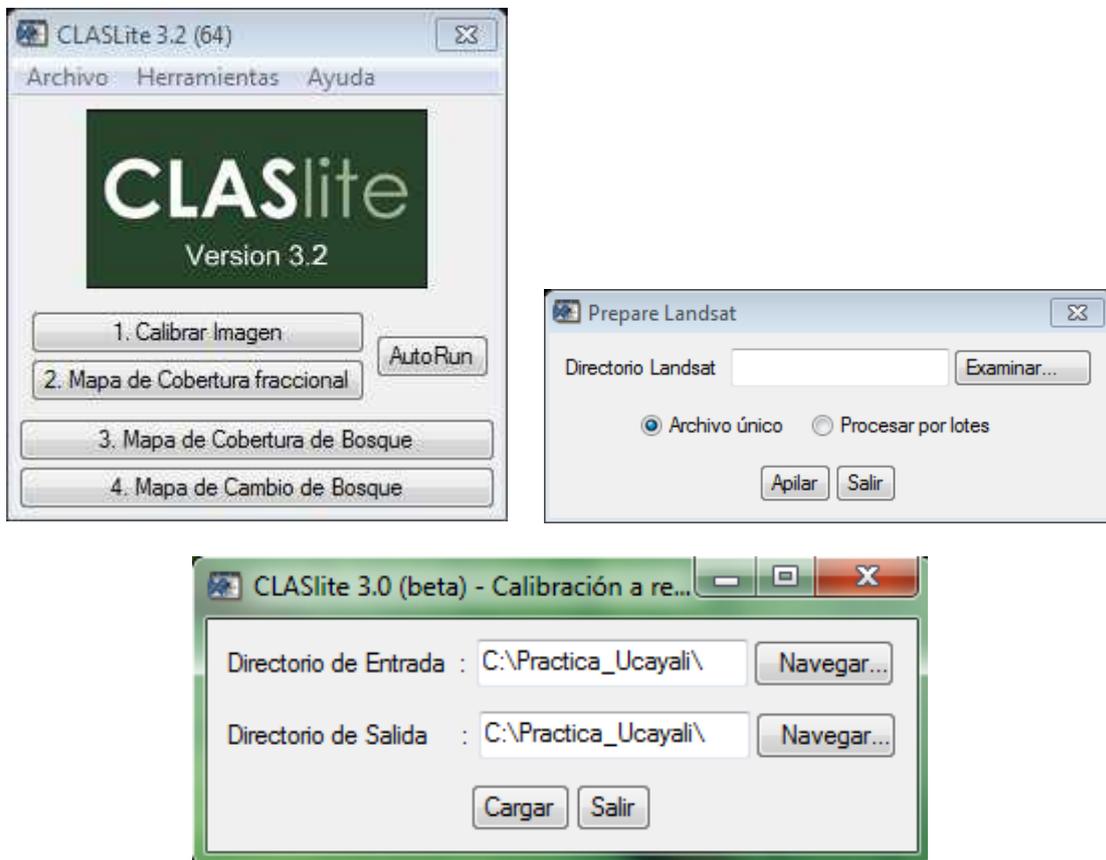
Coordinates: -8.131,753,123 -470.631,849 Metros
Scale: 1 : 577.791

Anexo IV. Proceso operativo para mapear deforestación con CLASlite.

1. Generación de imágenes compuestas (RAW, Therm, QA).

Después de la descarga de las imágenes satelitales Landsat 8 - LT1 estas son descomprimidas y con el software CLASlite, que en la última versión ha incorporado la herramienta "Prepare Landsat", quien al ubicar y seleccionar la carpeta que contiene los archivos TIF, procederá el apilamiento y preparará:

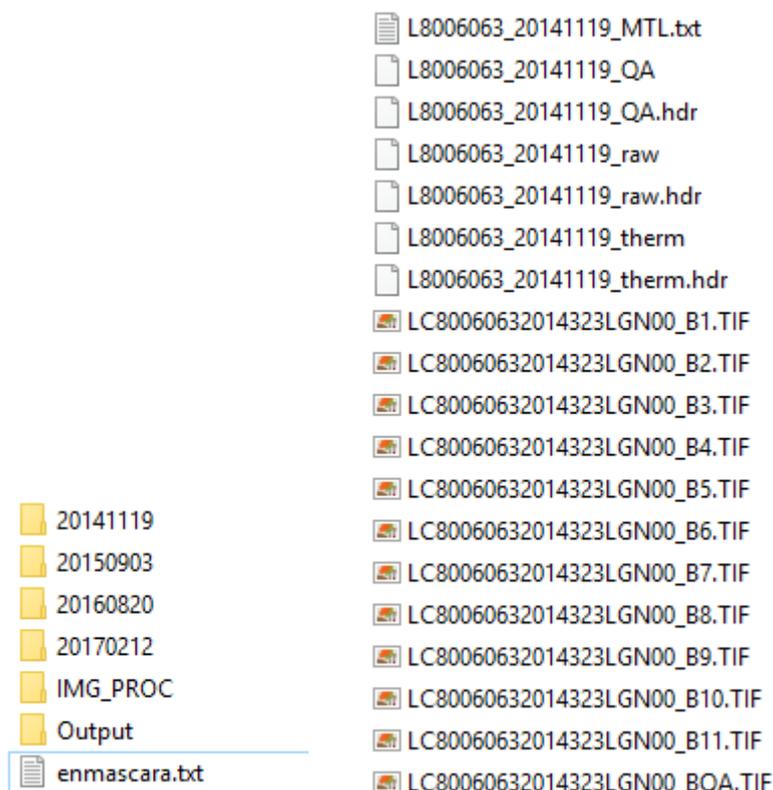
- 1) Un archivo _raw, está compuesta por las bandas 2 (azul), 3 (verde), 4 (rojo), 5, 6 (onda corta infrarroja 1) y 7 (infrarroja de onda corta (infrarrojo cercano 2)).
- 2) Un archivo _therm, está compuesto por las bandas térmicas banda 10 y 11.
- 3) Un archivo _QA, está compuesto por la banda de evaluación de la calidad.
- 4) Un archivo _MTL.txt.: contiene la Metadato de la imagen.



Proceso de preparación de los archivos para ingresar en CLASlite.

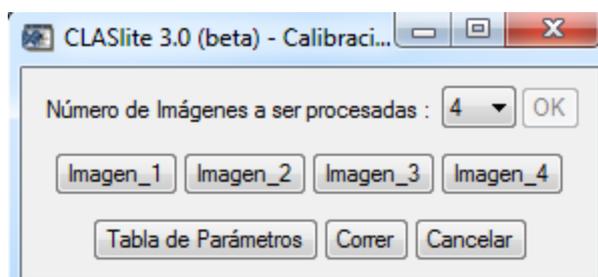
2. Acondicionamiento de las imágenes

Los archivos compuestos por "Prepare Landsat" se corren en cada carpeta de la imagen descargada.



3. Calibración Radiométrica (Paso 1 - CLASlite)

El sensor satelital cuando registra datos, detecta la energía reflejada de la superficie terrestre y de la atmosfera, estos datos son colectados a través del sistema de imágenes y almacenados de forma digital; sin embargo para usar las imágenes de manera cuantitativa, los datos registrados en cada pixel deben calibrarse con unidades de números digitales a unidades de energía reflejada, es en este paso que CLASlite utiliza factores de conversión para la calibración radiométrica (ganancia y compensación) suministrados por los proveedores de sensores satelitales, obteniendo como resultado una imagen en unidades de radiancia (vatios por metro cuadrado por unidad de ángulo sólido), también conocida como la energía medida por el sensor satelital.



Corrección atmosférica (Paso 1-CLASlite)

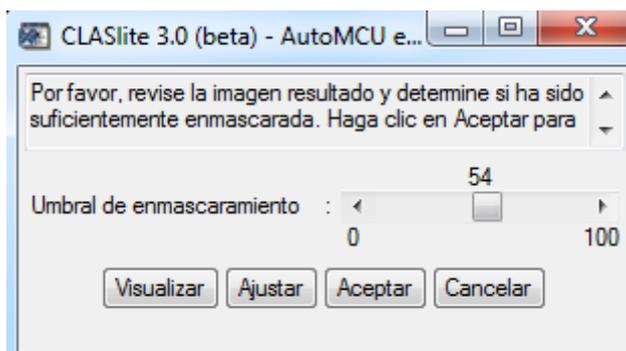
Los datos radiométricos contienen información de la superficie terrestre y de su atmósfera. De esta forma, para trabajar las áreas de vegetación, es necesario minimizar la contribución de la atmósfera a los valores de cada píxel en la imagen de satélite. Esto se logra a través de un proceso llamado corrección atmosférica, que minimiza el efecto del vapor de agua (humedad), aerosoles (del polvo, volcanes, etc.) y otros factores. CLASlite usa el modelo 6S de transferencia radiativa, que simula la atmósfera de la Tierra en cada imagen de satélite, que con la información de MODIS (Moderate Resolution

Imaging Spectroradiometer), modela el efecto de la atmósfera sobre la luz solar a medida que pasa a través de la atmósfera, interactúa con la superficie terrestre y regresa a través de la atmósfera al sensor satelital. Para cada imagen, CLASlite ha automatizado completamente la integración de los promedios mensuales de los datos de MODIS, correspondientes a la fecha de adquisición de la imagen, en el código de 6S.

4. Generación de Imágenes de Cobertura Fraccional (Paso 2 - CLASlite)

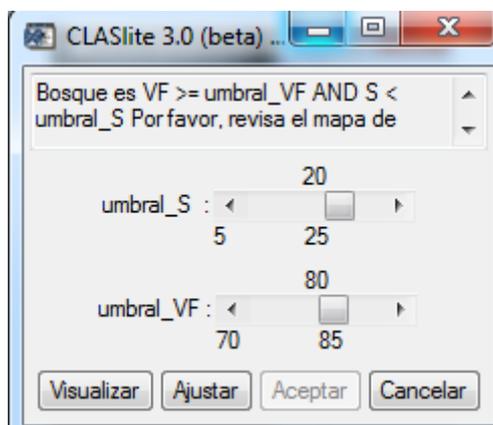
Para este proceso se utilizan las imágenes previamente calibradas y por la corrección atmosférica, ingresan en CLASlite (paso 2) para generar las imágenes de cobertura fraccional de cada escena, esto implica realizar una clasificación de mezcla espectral a través del método AutoMCU, o agregación Espectral Automatizada Monte Carlo, que ofrece un análisis cuantitativo de la cobertura fraccional o porcentual (0-100%) de la vegetación viva y muerta y el sustrato expuesto dentro de cada píxel satelital.

*CLASlite tiene dos pasos para enmascaramiento: el primer paso está en el Paso 1 de calibración de la imagen, y el segundo está en el Paso 2 para el mapa de cobertura fraccional. El enmascaramiento del Paso 1 elimina las nubes, sombras de nubes, sombras del terreno y agua. El segundo elimina los errores de la MCU basados en valores del RMSE (el producto de la séptima banda) en la imagen de cobertura fraccional.



5. Generación de mapas de cobertura de bosque (Paso 3-CLASlite)

Al obtenerse los mosaicos por departamento de imágenes de cobertura fraccional, se ingresa en CLASlite y a través de los árboles de decisión definidos convierten los resultados del Auto MCU de un solo año a estimados de Cobertura de Bosque y No Bosque.



6. Generación de mapas de cambios de cobertura de bosque (Paso 4 - CLASlite)

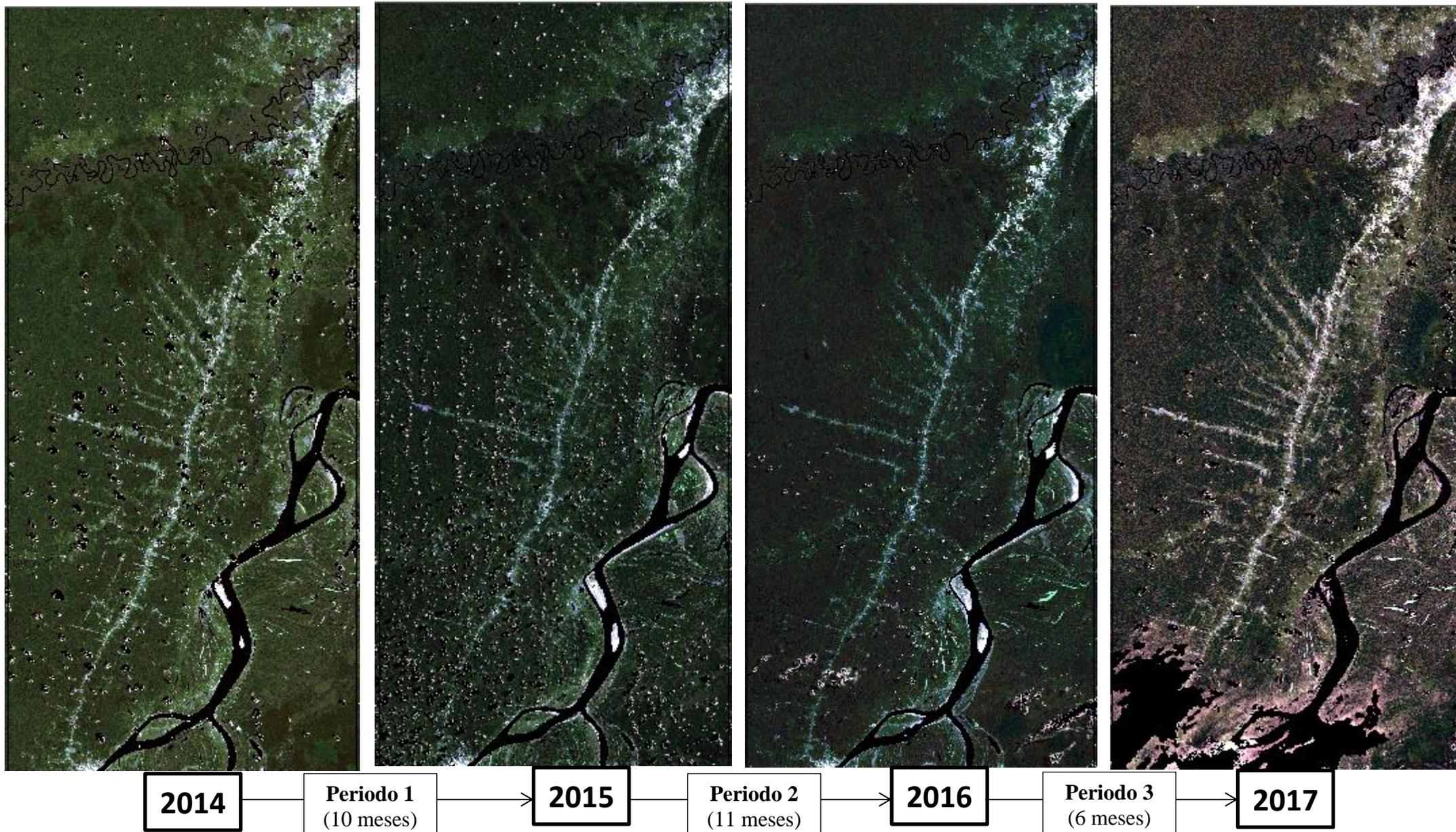
La generación de los mapas de cambios de cobertura de bosque se ingresa en CLASlite los mosaicos por departamento de las imágenes calibradas y de las imágenes de cobertura fraccional de dos años a más y a través de los árboles de decisión, generan los mapas de cambio de cobertura de bosque por cada departamento.



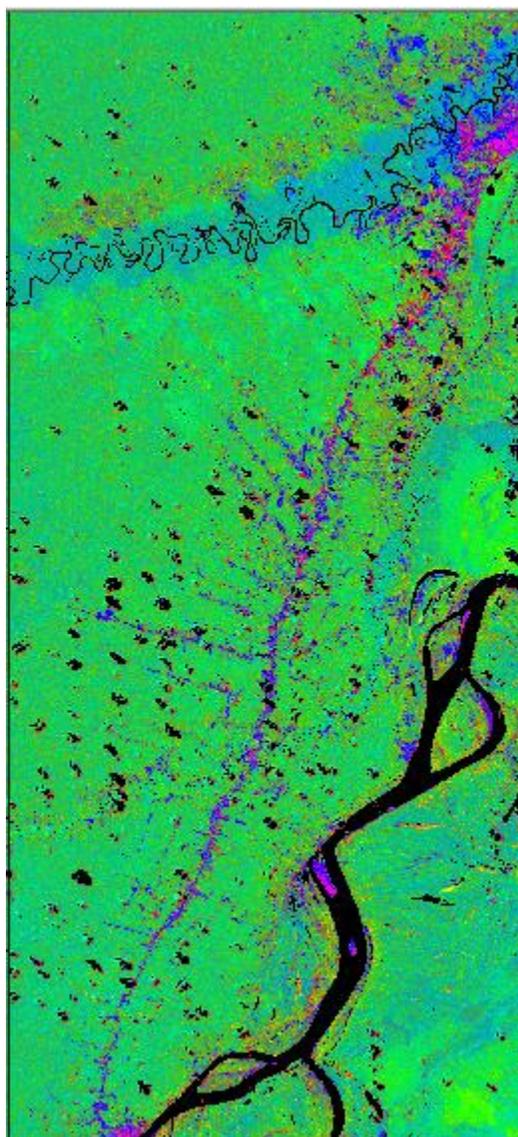
*Los resultados obtenidos del mapa de Bosque y no bosque, como del mapa de cambio de cobertura de bosque, se encuentran en formato ráster las cuales son convertidas en información vectorial para el proceso de verificación y eliminación de datos sobrantes, este proceso es realizado en ArcGIS.

Anexo V. SALIDAS DE CLASlite.

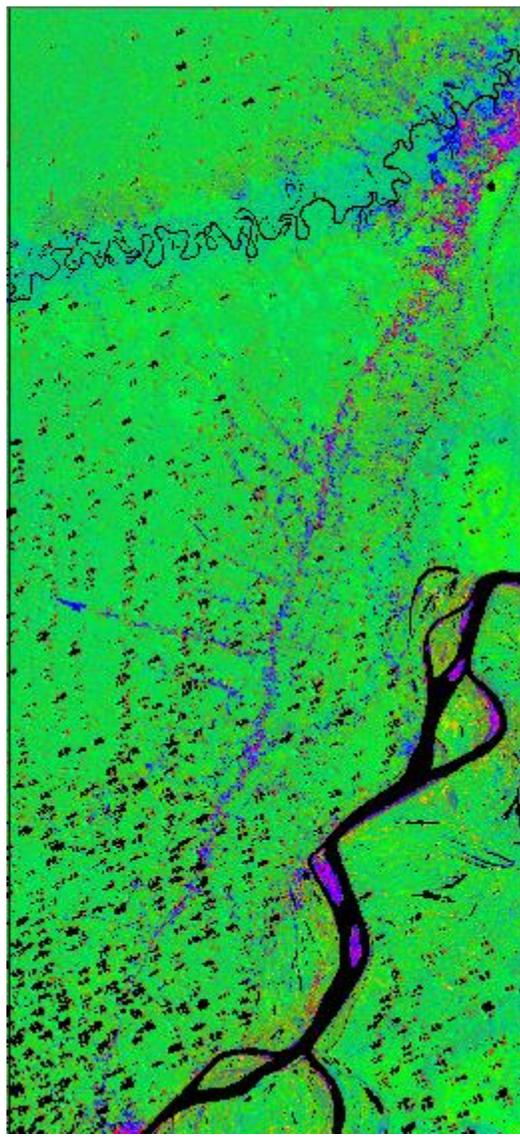
1. Imágenes de reflectancia, con calibración radiométrica y corregidas atmosféricamente, con áreas de nubes y cuerpos de agua enmascaradas.



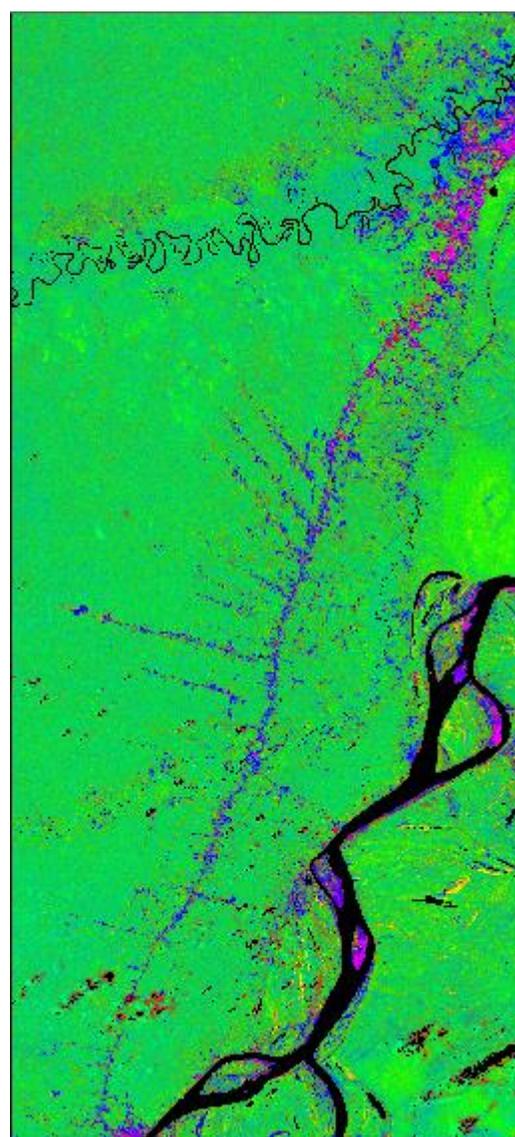
2. Rasters de Cobertura Fraccional.



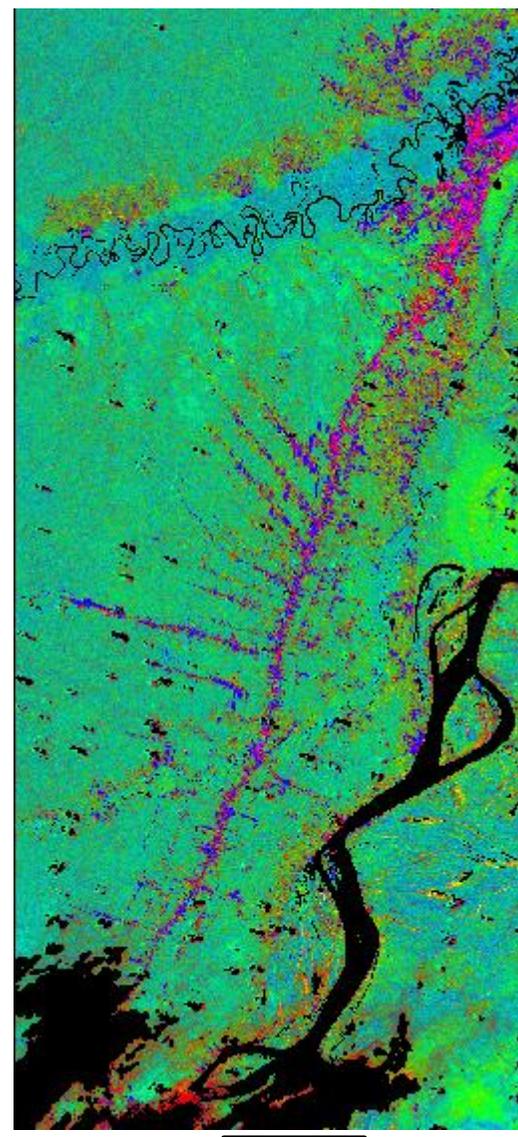
2014



2015

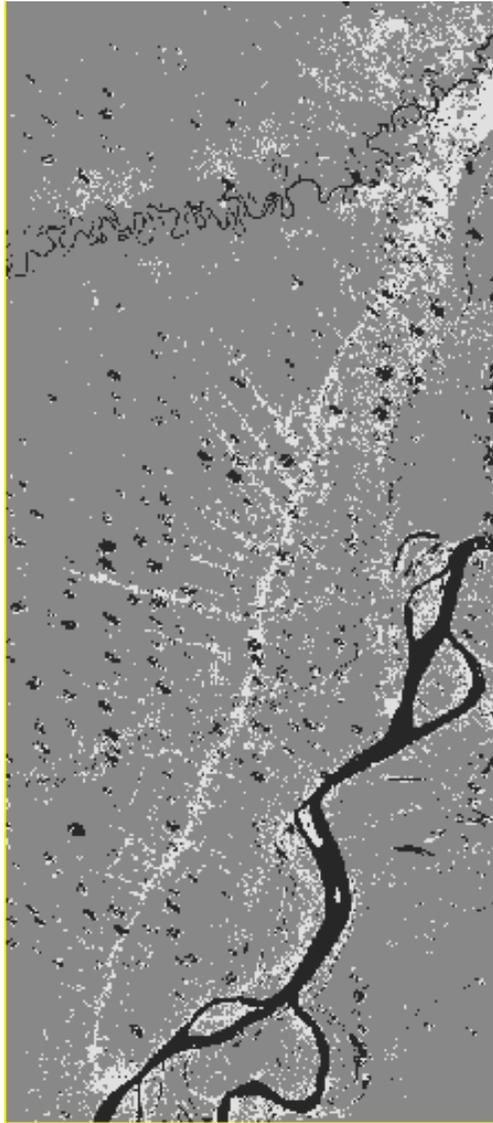


2016

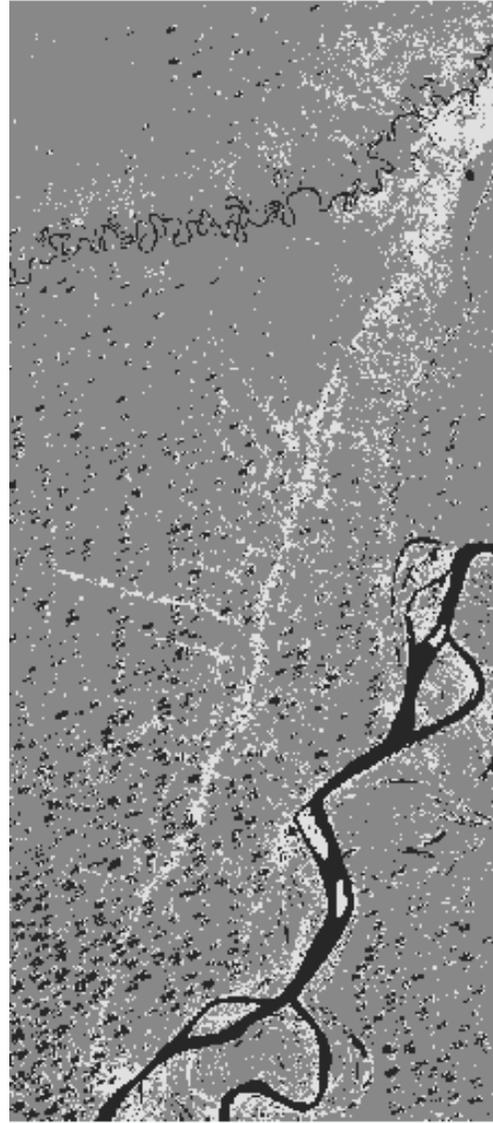


2017

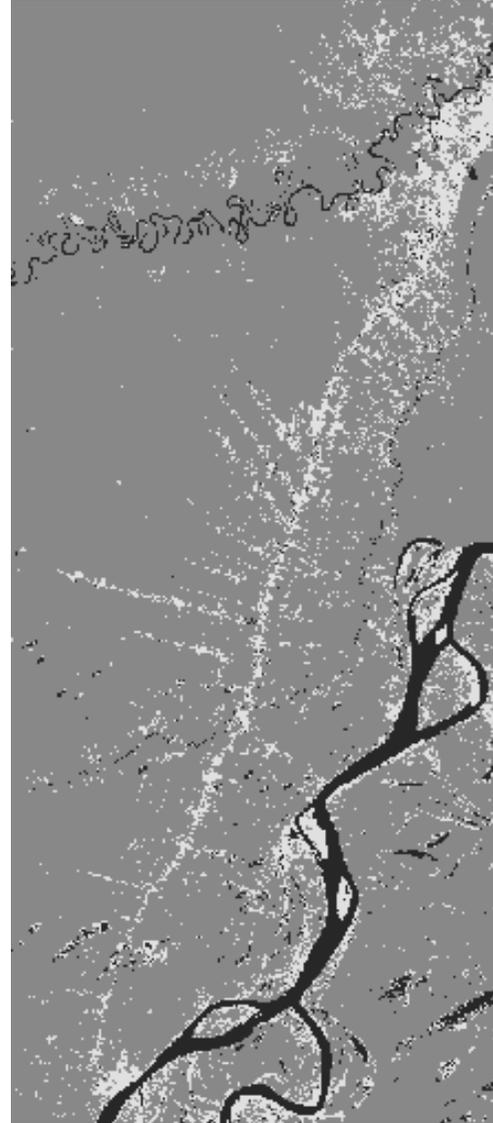
3. Rastros de cobertura de Bosque y No Bosque.



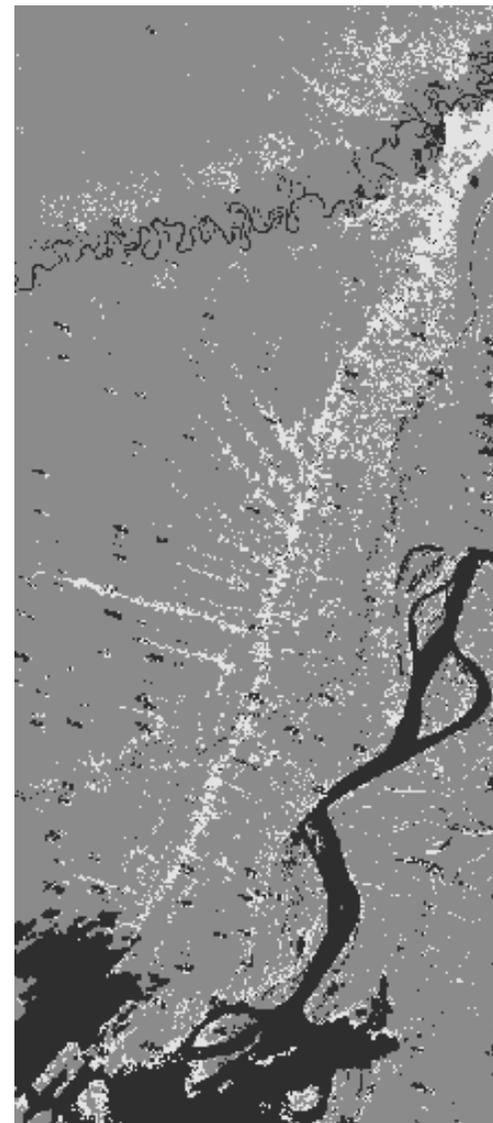
2014



2015



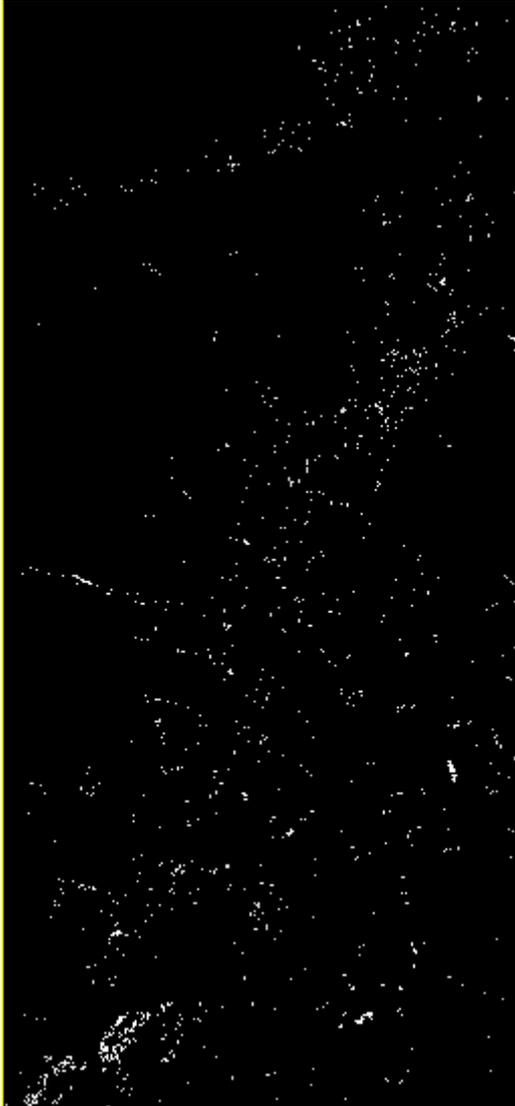
2016



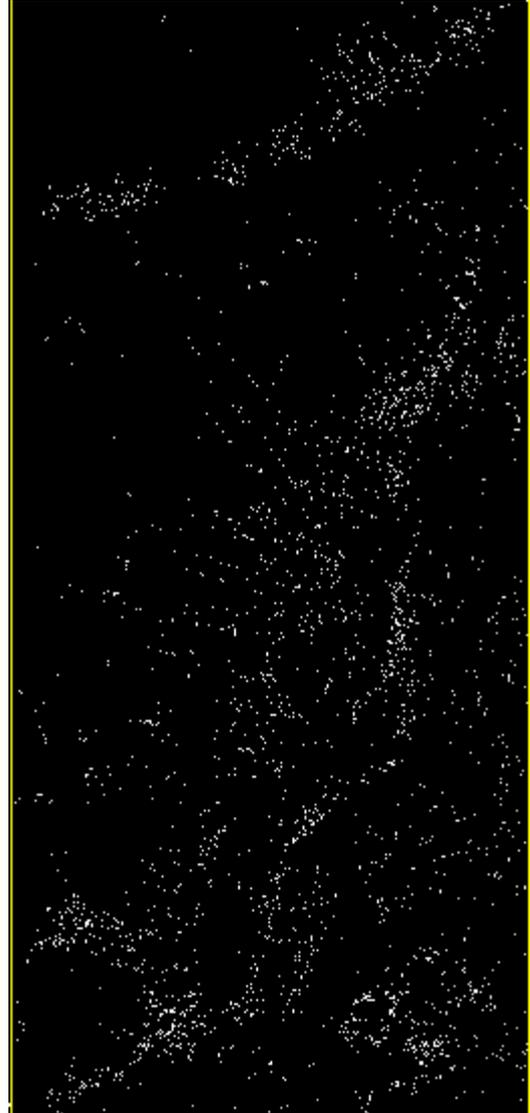
2017

4. Rasters de Deforestación y Degradación (en términos de perturbación) del Bosque.

DEFORESTACION

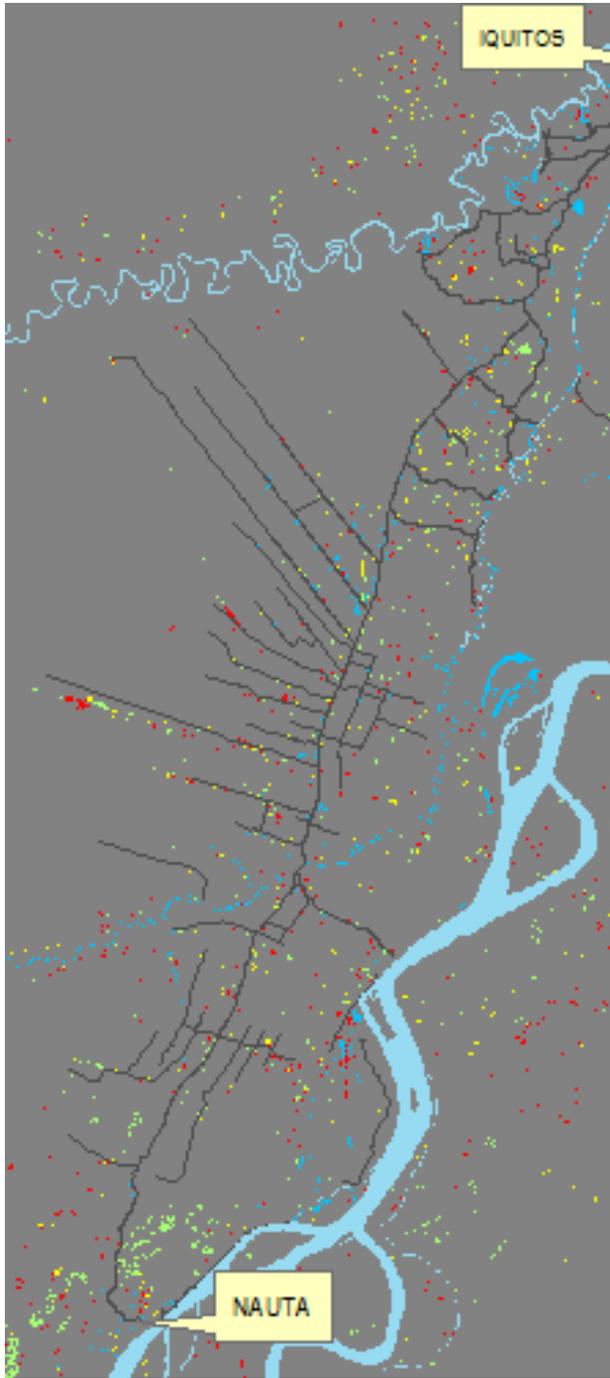


DEGRADACION

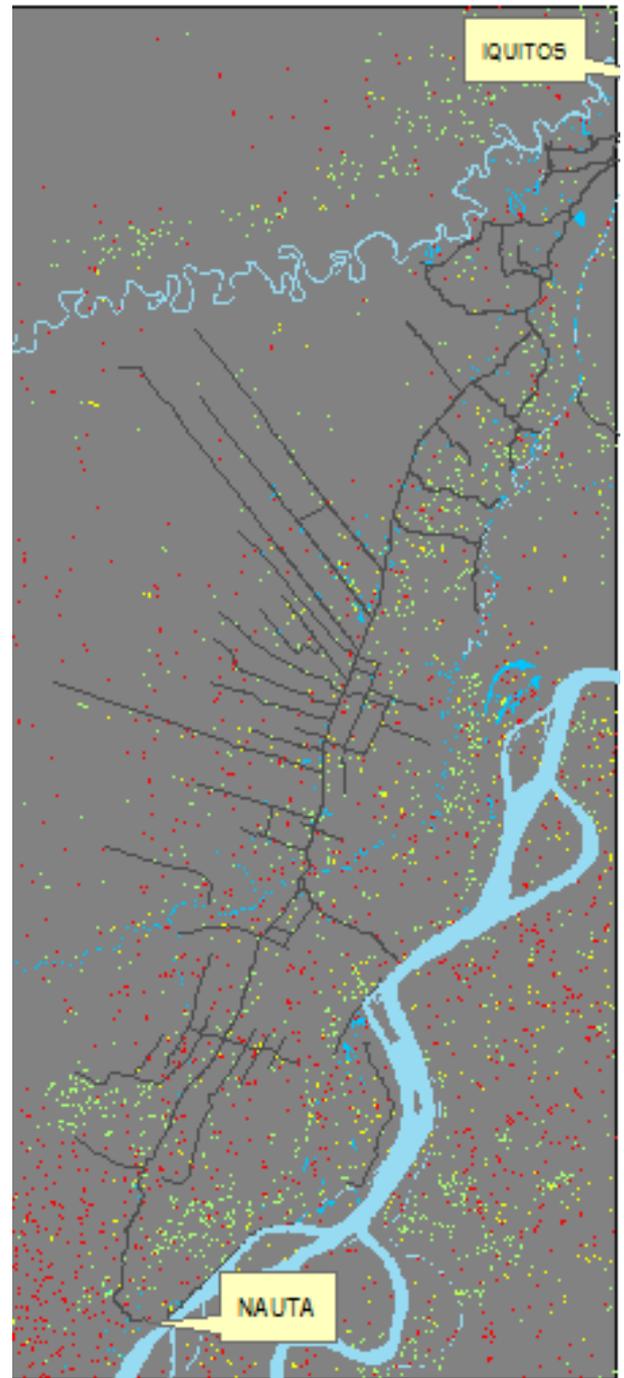


5. Mapa de Deforestación y Degradación del Bosque en los tres periodos investigados.

DEFORESTACION



DEGRADACION



Leyenda:

	Periodo 2014 al 2015
	Periodo 2015 al 2016
	Periodo 2016 a fines de 2016

Anexo VI. Consideraciones con CLASlite.

Potencialidades y limitaciones de CLASlite.

El poder de CLASlite está en su habilidad única de convertir lo verde de denso bosque tropical que se encuentran en las imágenes básicas de satélite, a mapas altamente detallados donde se puede encontrar fácilmente deforestación, y perturbación del bosque.

Interacción con el usuario

CLASlite no genera un “mapa” final, sino una serie de imágenes ecológicamente significativas que identifican de forma precisa la cantidad de cobertura del bosque, la deforestación y la perturbación. A pesar de ser un proceso altamente automatizado, el usuario debe familiarizarse con las imágenes de salida de CLASlite. Todas las imágenes de salida – imágenes de reflectancia, cobertura fraccional, cambio del bosque – pueden incorporarse fácilmente en mapas digitales a través de Sistemas de Información Geográfica (GIS) y otros programas comunes de mapeo y análisis espacial.

Interpretación de las salidas

CLASlite detecta deforestación y perturbación como cambios en la cobertura fraccional de PV, NPV y S desde un punto en el tiempo al siguiente. Se trata de la detección de un cambio físico en la estructura del bosque, y, por lo tanto, los resultados no indican explícitamente la causa del cambio. El usuario de CLASlite puede detectar tanto la deforestación como el crecimiento secundario. La deforestación se muestra claramente como pérdida de cobertura del bosque, que produce terreno expuesto y NPV. El crecimiento secundario puede rastrearse con una revisión cuidadosa de la recuperación del bosque después de un aclaramiento, que debe mapearse previamente.

Análisis de imágenes únicas vs. multi-imágenes

La capacidad de detectar perturbación o deforestación a partir de una imagen única debe emplearse con cuidado. La perturbación y la deforestación se basan en un cambio de condición de un período de tiempo a otro. Si bien los patrones de deforestación o perturbación se pueden inferir de una sola imagen, es necesaria la interpretación de los resultados por parte de una persona. Por lo tanto, cualquier cosa que se detecte como perturbación o deforestación a partir de una sola imagen debe usarse como guía para más investigación y validación. Los cambios en la fenología del bosque podrían afectar la capacidad de CLASlite para detectar el cambio del bosque.

Anexo VII. Lista de lugares poblados.

REGISTRO DE CENTROS POBLADOS

ID	NOMBRE	2014	2015	2016
0	<i>13 de Febrero</i>	68	170	166
1	<i>Samito</i>	0	0	0
2	<i>Lagunas</i>	0	0	0
3	<i>Maravilla</i>	0	0	0
4	<i>Porvenir</i>	1	0	2
5	<i>Yuto</i>	0	0	0
6	<i>Mishana</i>	5	8	2
7	<i>Shiriara</i>	0	0	0
8	<i>Santa Eloisa</i>	1	1	0
9	<i>Santa Cruz</i>	0	0	0
10	<i>Tamaeshi</i>	0	0	0
11	<i>Aguas Negras</i>	0	0	0
12	<i>Llanchama</i>	255	336	380
13	<i>Supay Posa</i>	0	0	0
14	<i>Puñuisique</i>	0	0	0
15	<i>Nina Rumi</i>	601	493	364
16	<i>Cruz del Sur</i>	4	4	2
17	<i>Puerto Almendra</i>	30	162	134
18	<i>Yana Yaco</i>	0	0	0
19	<i>Santa Clara</i>	1253	358	531
20	<i>Ruitococha</i>	0	0	0
21	<i>Paña</i>	0	0	0
22	<i>Rumococha</i>	366	88	223
23	<i>Santo Tomas</i>	917	303	354
24	<i>Peña Negra</i>	69	36	38
25	<i>San Fernando</i>	0	0	0
26	<i>Nueva Esperanza del Amazonas</i>	0	0	0
27	<i>El Porvenir I Zona</i>	0	0	0
28	<i>Santa Catalina</i>	13	6	5
29	<i>Santa Lucinda</i>	0	0	0
30	<i>San José de Omaguas</i>	0	0	0
31	<i>Yacapana I Zona</i>	0	0	0
32	<i>Yacapana II Zona</i>	0	0	0
33	<i>Peña Blanca</i>	0	0	1
34	<i>Palo Seco</i>	4	9	3
35	<i>Santa Martha</i>	1	0	0
36	<i>Cahuide</i>	132	314	308
37	<i>12 de Abril</i>	31	43	61

38	<i>El Triunfo</i>	6	0	0
39	<i>10 de Octubre I Zona</i>	16	14	5
40	<i>Ex Petroleros I Zona</i>	58	176	102
41	<i>Nuevo Horizonte</i>	27	44	35
42	<i>Paujil I Zona</i>	46	87	91
43	<i>El Dorado</i>	77	96	93
44	<i>Villa Buen Pastor</i>	68	273	165
45	<i>Nuevo Milagro</i>	6	99	87
46	<i>Moralillo</i>	45	126	69
47	<i>Varillal</i>	211	219	523
48	<i>Lucero Pata</i>	0	0	0
49	<i>Vista Alegre</i>	0	0	0
50	<i>Mariscal Castilla</i>	0	0	0
51	<i>San Joaquín de Omaguas</i>	0	0	0
52	<i>NAUTA</i>	0	0	0
53	<i>San Francisco</i>	0	0	0
54	<i>Fray Martín</i>	0	0	0
55	<i>Santa Rita</i>	0	0	0
56	<i>San José de Lupuna</i>	0	0	0
57	<i>San Pedro</i>	1	2	1
58	<i>Tres Unidos</i>	38	70	58
59	<i>San Pablo de Cuyana</i>	356	164	58
60	<i>Lobo Yacu</i>	96	44	25
61	<i>08 de Octubre</i>	61	104	37
62	<i>Huaturia</i>	5	140	14
63	<i>Tarapoto</i>	0	0	3
64	<i>Libertad</i>	0	1	0
65	<i>Ayacucho</i>	0	0	0
66	<i>Yarina</i>	0	0	0
67	<i>Puerto Miguel</i>	0	0	0
68	<i>Jaldar</i>	0	0	0
69	<i>Nuevo Loreto</i>	0	0	0
70	<i>25 de Enero</i>	6	2	0
71	<i>Quistococha</i>	923	187	223
72	<i>Zungaro Cocha</i>	871	380	368
73	<i>San José</i>	17	30	33
74	<i>Nueva Esperanza</i>	7	12	5
75	<i>Belén de Juda</i>	4	0	3
76	<i>Soledad</i>	0	0	1
77	<i>28 de Julio</i>	0	0	0
78	<i>24 de Junio</i>	0	1	0
79	<i>Ángel Cárdenas II Zona</i>	5	7	3
80	<i>Paujil II Zona</i>	12	47	24

81	<i>San Lucas</i>	5	60	48
82	<i>Yarana Yuto</i>	0	0	0
83	<i>24 de Octubre</i>	0	0	0
84	<i>Nuevo Triunfo</i>	3	5	10
85	<i>Huambe</i>	7	27	13
86	<i>Habana</i>	16	13	18
87	<i>Huáscar</i>	0	0	0
88	<i>Nuevo San Juan</i>	0	6	2
89	<i>Buena Esperanza</i>	0	2	0
90	<i>Santa Bárbara</i>	1	0	0
91	<i>San Carlos</i>	45	82	41
92	<i>San Pedro</i>	0	0	0
93	<i>San Antonio</i>	1	4	1
94	<i>Paraíso</i>	3	6	3
95	<i>Nueva Santa Eloisa</i>	0	0	0
96	<i>Creación 2000</i>	10	4	3
97	<i>San Pedro de Pintuyacu</i>	3	1	0
98	<i>Varadero de Omaguas</i>	1	1	0
99	<i>Nueva Vida</i>	0	0	0
100	<i>Nuevo San Martín</i>	6	7	2
101	<i>Nuevo Progreso</i>	1	7	5
102	<i>Los Cedros</i>	2	0	0
103	<i>Nuevo Miraflores</i>	5	6	6
104	<i>12 de Octubre</i>	65	65	28
105	<i>Meliton Carbajal</i>	4	40	32
106	<i>Luz del Oriente</i>	10	17	16
107	<i>28 de Enero</i>	5	17	17
108	<i>Limón</i>	0	0	0
109	<i>San Juan de Munich</i>	0	0	0
110	<i>Nuevo San Lorenzo</i>	0	0	0
111	<i>Unión</i>	119	56	34
112	<i>Los Delfines</i>	217	105	98
113	<i>Francisco Morales Bermúdez</i>	0	0	0
114	<i>Ayacucho de Tipishca</i>	0	0	0
115	<i>Nuevo Amor Fino</i>	0	0	0
116	<i>Nuevo Jerusalén</i>	3	4	8
117	<i>Villa Belén</i>	2	21	34
118	<i>San Salvador de Omaguas</i>	0	0	0
119	<i>Providencia</i>	0	0	0
120	<i>Señor de los Milagros</i>	0	0	0
121	<i>Nuevo San Lorenzo</i>	0	0	0
122	<i>Nueva Primavera</i>	0	0	0
123	<i>Dos Unidos</i>	0	0	0

124	<i>Centro Yacapana</i>	0	0	0
125	<i>8 de Setiembre</i>	0	0	0
126	<i>Puerto Miguel</i>	0	0	0
127	<i>San Juan del Amazonas</i>	0	0	0
128	<i>Buenos Aires</i>	0	0	0
129	<i>San pedro del Amazonas</i>	0	0	0
130	<i>Fomento</i>	0	0	0
131	<i>5 de Diciembre</i>	0	0	0
132	<i>Nuevo San Juan</i>	4	6	2
133	<i>Nuevo Piura</i>	0	0	0
134	<i>Yarana</i>	0	0	0
135	<i>Ex Petroleros II Zona</i>	0	0	0
136	<i>Primero de Mayo</i>	0	0	0
137	<i>San Martin</i>	0	0	0
138	<i>Unión Progreso</i>	6	0	0
139	<i>10 de Octubre II Zona</i>	0	0	0
140	<i>Ciudad Satélite</i>	0	0	0
141	<i>Agua Blanca</i>	0	0	0
142	<i>San Juan de Pintuyacu</i>	0	0	0
143	<i>3 de Octubre</i>	34	40	36
144	<i>5 de Junio</i>	0	2	0
145	<i>La Unión</i>	0	0	0
146	<i>Buena Vista</i>	0	0	1
147	<i>Paña Cocha</i>	0	0	0
148	<i>11 de Agosto</i>	0	0	0
149	<i>Santa Catalina</i>	0	0	0
150	<i>23 de Febrero</i>	0	0	0
151	<i>San Martin II Zona</i>	0	0	0
152	<i>La Paz</i>	0	0	0
153	<i>12 de Diciembre</i>	0	0	0
154	<i>31 de Mayo</i>	1	0	0
155	<i>Laguna Azul</i>	0	0	0
156	<i>Shushuna</i>	39	12	9
157	<i>San Martin</i>	0	0	0
158	<i>Santa Rosa</i>	7	8	4
159	<i>Santa Cruz</i>	0	0	0
160	<i>Puerto Prado</i>	0	0	0
161	<i>Amazonas</i>	0	0	0
162	<i>Payorote</i>	0	0	0
163	<i>Miguel Grau</i>	0	0	0
164	<i>Hipólito Unanue</i>	0	0	0
165	<i>Betsaida</i>	0	0	0
166	<i>San Rafael de Tapirilla</i>	0	0	0

167	Tierra Prometida	0	0	0
168	Santa María de Fátima	2	7	5
169	Villa Puerto Cruz	0	0	0
170	Nuevo Mundo	0	0	0
171	San Juan de Puritania	0	0	0
172	Buena Unión	0	0	0
173	1 de Mayo	3	3	0
174	1 de Febrero	1	1	1
175	San Ignacio	0	0	0
176	Casual	0	0	0
177	7 de Febrero	0	0	0
178	Libertad	0	1	0
179	San José de Paranaपुरा	0	0	0

Anexo VIII. Herramienta de análisis de patrones de distribución espacial (Autocorrelación espacial) con el índice de Moran I.

- [-]  Spatial Statistics Tools
 - [-]  Analyzing Patterns
 -  Average Nearest Neighbor
 -  High/Low Clustering (Getis-Ord General G)
 -  Incremental Spatial Autocorrelation
 -  Multi-Distance Spatial Cluster Analysis (Ripleys K Fun
 -  Spatial Autocorrelation (Morans I)
 - [-]  Mapping Clusters
 -  Cluster and Outlier Analysis (Anselin Local Morans I)
 -  Grouping Analysis
 -  Hot Spot Analysis (Getis-Ord Gi*)
 -  Optimized Hot Spot Analysis
 -  Similarity Search
 - [+]  Measuring Geographic Distributions
 - [+]  Modeling Spatial Relationships

Interpretación⁶.

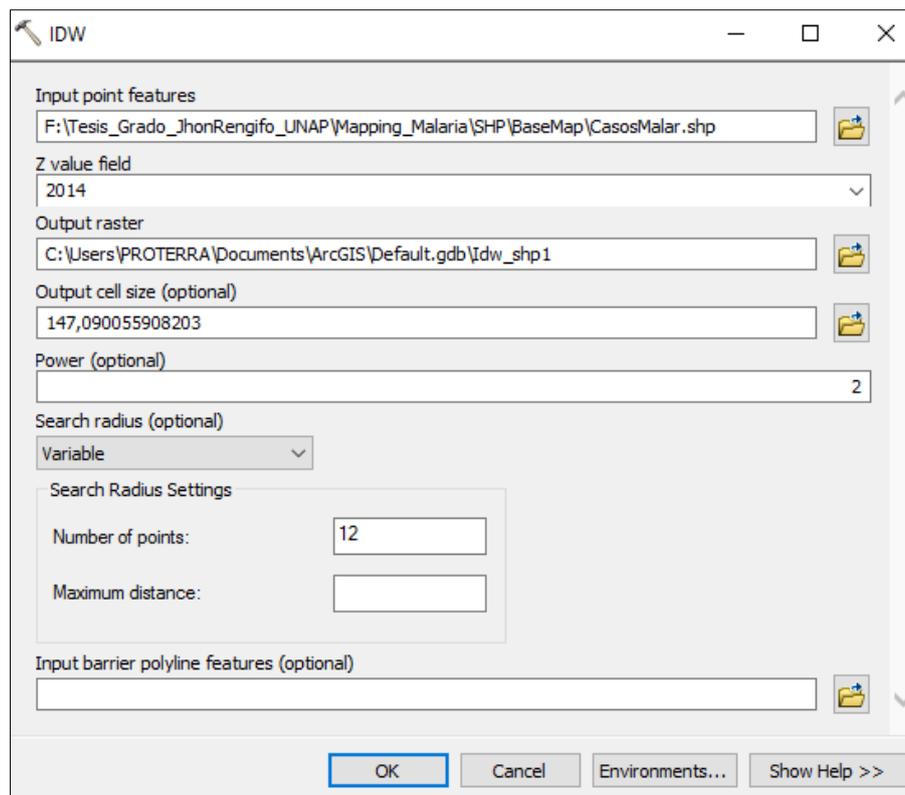
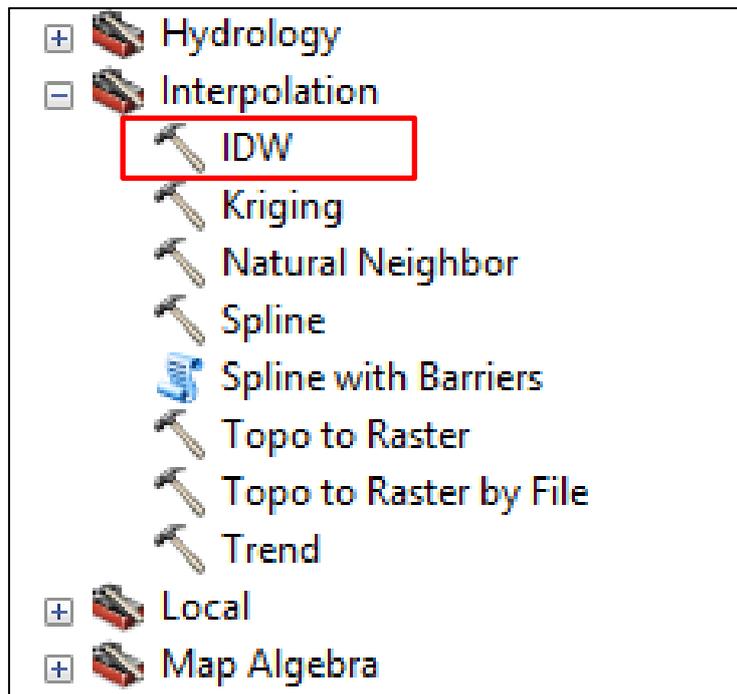
La herramienta Autocorrelación espacial (I de Moran) es una estadística deductiva, lo que significa que los resultados del análisis siempre se interpretan dentro del contexto de la hipótesis nula. Para la estadística I de Moran global, la hipótesis nula establece que el atributo que se analiza está distribuido en forma aleatoria entre las entidades del área de estudio; es decir, los procesos espaciales que promueven el patrón de valores observado constituyen una opción aleatoria. Imagínese que pudiera elegir los valores para el atributo que analiza, arrojarlos sobre las entidades y dejar que cada valor caiga donde caiga. Este proceso (elegir y arrojar los valores) es un ejemplo de un proceso espacial de opción aleatoria.

Cuando el valor P que devuelve esta herramienta es estadísticamente significativo, puede rechazar la hipótesis nula. La siguiente tabla resume la interpretación de los resultados:

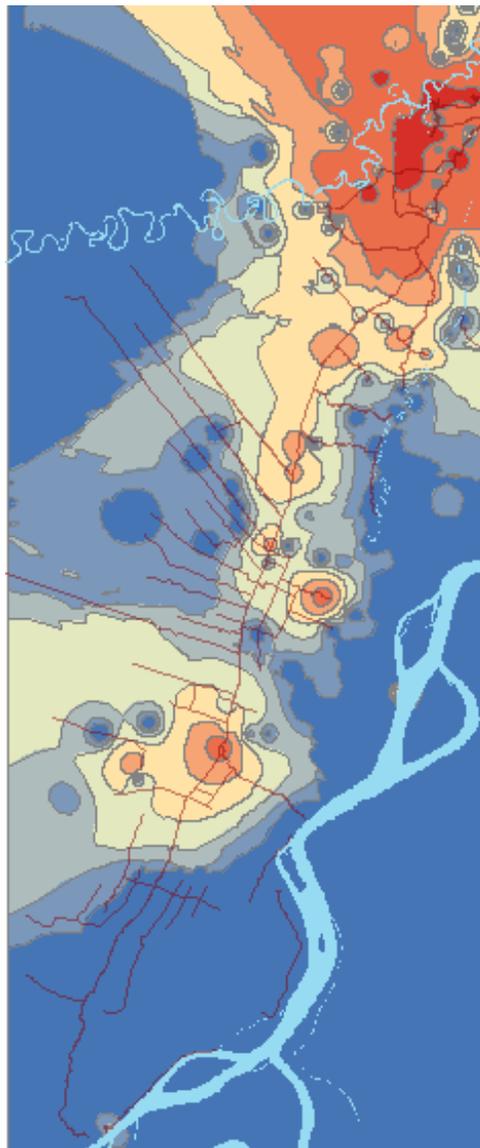
El valor P <i>no</i> es estadísticamente significativo.	No puede rechazar la hipótesis nula. Es posible que la distribución espacial de los valores de entidades sea el resultado de procesos espaciales aleatorios. El patrón espacial observado de los valores de entidades podría ser cualquiera de las tantas versiones posibles de aleatoriedad espacial completa (CSR).
El valor P <i>es</i> estadísticamente significativo y la puntuación z es positiva.	Puede rechazar la hipótesis nula. La distribución espacial de los valores altos y los valores bajos en el dataset está más agrupada espacialmente de lo que se esperaría si los procesos espaciales subyacentes fueran aleatorios.
El valor P <i>es</i> estadísticamente significativo y la puntuación z es negativa.	Puede rechazar la hipótesis nula. La distribución espacial de los valores altos y los valores bajos en el dataset está más dispersa espacialmente de lo que se esperaría si los procesos espaciales subyacentes fueran aleatorios. Un patrón espacial disperso suele reflejar algún tipo de proceso competitivo: una entidad con un valor alto rechaza a otras entidades con valores altos; del mismo modo, una entidad con un valor bajo rechaza a otras entidades con valores bajos.

⁶<https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/spatial-statistics/h-how-spatial-autocorrelation-moran-s-i-spatial-st.htm>

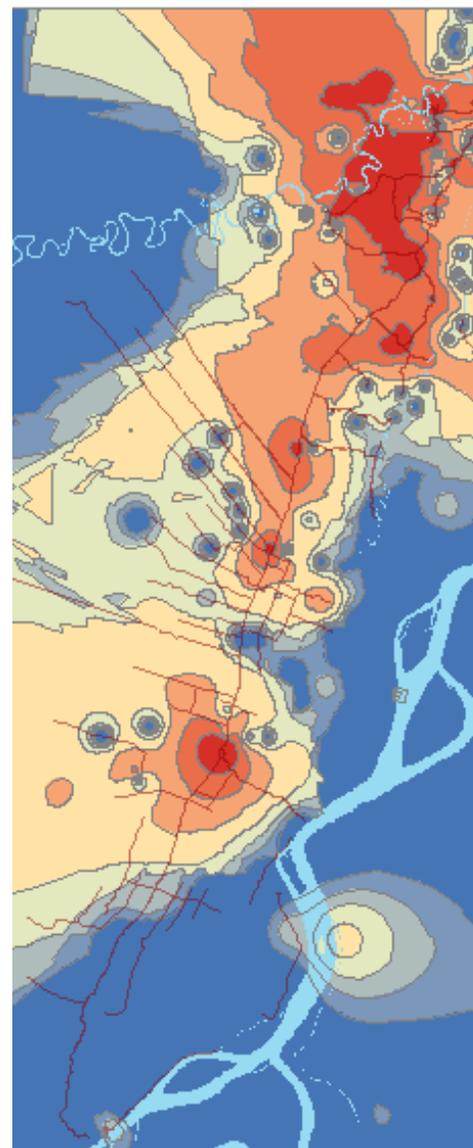
Anexo IX. Herramienta de interpolación IDW en ArcGIS.



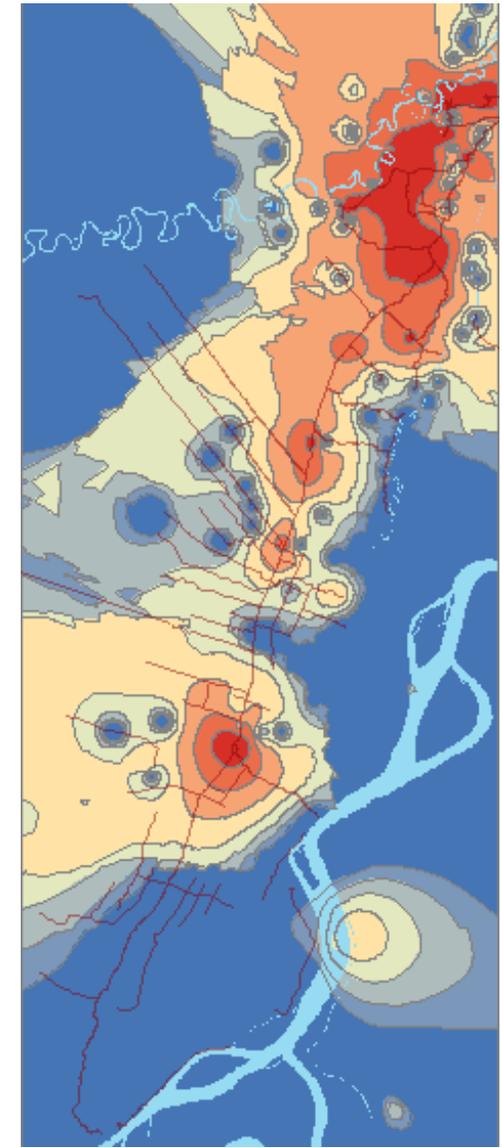
Anexo X. Mapa de distribución espacial de malaria en el ámbito de influencia de la carretera Iquitos – Nauta.



2014



2015



2016

Anexo XI. Documentación de entrega formal de datos epidemiológicos.



GOBIERNO REGIONAL DE LORETO
D.E.C.P.C. - DIRECCION DE EPIDEMIOLOGIA

"DECENIO DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL PERU"
"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Belén, 22 de agosto de 2017

OFICIO N° 145 -2017-GRL-DRS/30.09.01

Sra.
Dra. KARINE ZEVALLOS VILLEGAS
Coordinadora CIETROP - Iquitos
Centro Nacional de Salud Pública
Presente.-

ASUNTO : Remite Información Solicitada
Ref. : OFICIO N° 010-2017-INS/CIETROP-IQUITOS

Es grato dirigirnos a usted, para saludarle cordialmente y al mismo tiempo comunicarle que, de acuerdo al documento de la referencia, adjuntamos a la presente la información solicitada sobre los Datos Epidemiológicos de las Enfermedades transmitidas por vectores desde el año 2010, para conocimiento y fines pertinentes

Agradeciendo anteladamente la atención que brinde al presente, nos suscribimos de usted.

Atentamente,

GOBIERNO REGIONAL DE LORETO
DIRECCION REGIONAL DE SALUD LORETO
D.E.C.P.C.

DR. CARLOS ALBERTO ALVAREZ ANTONIO
CMP N° 28415
DIRECTOR EJECUTIVO DEL CENTRO DE
PREVENCIÓN Y CONTROL - CPC

CAAAC/EA/Mr.
Cc. /
Archivo



**Dirección Regional
de Salud Loreto**

Loreto...el cambio ya empezó.

AV. 28 DE JULIO S/N, PUNCHANA-LORETO-PERU
Teléfono: (065) 25 1756, anexo: 105
www.diresaloreto.gob.pe

Anexo XII. Validación de mapa de deforestación.

