UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

EVALUACIÓN DEL CAMBIO Y USO DE LA TIERRA EN LA PARROQUIA PUERTO NAPO DURANTE EL PERIODO 2000 – 2021 CON EL USO DE LOS SIG

AUTOR(ES):

Kevin Alexander Guadalupe Aguilar

Byron Xavier Guaman Quizhpi

DOCENTE - TUTOR:

Ing. Darwin Javier Sucoshañay Villalba, PhD.

Puyo - Pastaza - Ecuador

2022

FORMATO 4

APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	5/5	
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20/20	
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15/15	
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	15/15	

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	25/25	
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10/10	
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	
VALORACIÓN TOTAL	100	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	100

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
DANILO PEDRO SARABIA GUEVARA

……
Danilo Pedro Sarabia Guevara
Docente PAR CIEGO

Dado en la ciudad de Puyo, a los 27 días del mes de febrero de 2022

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	Cumple con los criterios
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	5/5	Subsanó lo señalado
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20/20	Mejoró
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	14/15	Hay bases teóricas, pero no se incluyó los antecedentes
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	15/15	Se incluyó lo solicitado

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	25/25	Se subsanó lo observado
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10/10	Cumple con el criterio
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	Mejoró.
VALORACIÓN TOTAL	99	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	99

Atentamente,

HAIDEE COROMOTO MARIN
Firmado digitalmente por HAIDEE COROMOTO MARIN
Fecha: 2022.02.28 10:09:01 -05'00'

HAIDEÉ COROMOTO MARÍN
PAR CIEGO

Dado en la ciudad de Puyo, a los …28 días del mes de febrero de 2022….

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

Puyo, 03 de febrero de 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: Kevin Alexander Guadalupe Aguilar, con C.I. 1550101172, con el Tema: "**Evaluación del cambio y uso de la tierra en la parroquia Puerto Napo durante el periodo 2000 – 2021 con el uso de los SIG**.", de la carrera de Ingeniería_Ambiental. Docente-director del Trabajo de Integración Curricular, Darwin Javier Sucoshañay Villalba, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 3 %. Informe generado con fecha 27 de enero de 2022 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
DARWIN JAVIER SUCOSHANAY VILLALBA

Darwin Javier Sucoshañay Villalba
Docente-director del Trabajo de Integración Curricular

Curiginal

Document Information

Analyzed document	Articulo Cientifico
Submitted	2022-01-27T20:20:00.0000000
Submitted by	Javier Sucoshañay
Submitter email	dj.sucoshanayv@uea.edu.ec
Similarity	3%
Analysis address	dj.sucoshanayv.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA	**TESIS_Pambi_Veronica.docx** Document TESIS_Pambi_Veronica.docx (D55039118)	4
W	URL: https://www.mdpi.com/2072-4292/12/14/2291/htm Fetched: 2020-11-16T19:14:06.7800000	1
W	URL: https://sentinel.esa.int/documents/247904/349490/S2_SP-1322_2.pdf Fetched: 2019-11-20T02:58:47.4430000	1
SA	**TESIS_MONTAÑA.pdf** Document TESIS_MONTAÑA.pdf (D109998569)	1
W	URL: https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2008/art-14/ Fetched: 2020-01-15T17:37:52.4200000	1

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

Puyo, 03 de febrero de 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: Byron Xavier Guaman Quizhpi, con C.I. 0302618822, con el Tema: "**Evaluación del cambio y uso de la tierra en la parroquia Puerto Napo durante el periodo 2000 – 2021 con el uso de los SIG**.", de la carrera de Ingeniería_Ambiental. Docente-director del Trabajo de Integración Curricular, Darwin Javier Sucoshañay Villalba, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 3 %. Informe generado con fecha 27 de enero de 2022 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
DARWIN JAVIER
SUCOSHANAY
VILLALBA

Darwin Javier Sucoshañay Villalba
Docente-director del Trabajo de Integración Curricular

Curiginal

Document Information

Analyzed document	Articulo Cientifico
Submitted	2022-01-27T20:20:00.0000000
Submitted by	Javier Sucoshañay
Submitter email	dj.sucoshanayv@uea.edu.ec
Similarity	3%
Analysis address	dj.sucoshanayv.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA	**TESIS_Pambi_Veronica.docx** Document TESIS_Pambi_Veronica.docx (D55039118)	4
W	URL: https://www.mdpi.com/2072-4292/12/14/2291/htm Fetched: 2020-11-16T19:14:06.7800000	1
W	URL: https://sentinel.esa.int/documents/247904/349490/S2_SP-1322_2.pdf Fetched: 2019-11-20T02:58:47.4430000	1
SA	**TESIS_MONTAÑA.pdf** Document TESIS_MONTAÑA.pdf (D109998569)	1
W	URL: https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2008/art-14/ Fetched: 2020-01-15T17:37:52.4200000	1

Evaluación del cambio y uso de la tierra en la parroquia Puerto Napo durante el periodo 2000 – 2021 con el uso de los SIG

Kevin Alexander Guadalupe Aguilar
1[1]
amb2017047@uea.edu.ec

Byron Xavier Guaman Quizhpi
2[1]
amb2017051@uea.edu.ec

Ing. Darwin Javier Sucoshañay Villalba, PhD.
3[1]
dj.sucoshanayv@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Vida, Carrera de Ingeniería Ambiental (1)

Resumen

La presente investigación tiene por objetivo cuantificar los cambios del uso de la tierra en el sitio de estudio, presenta un enfoque cuantitativo dado que se utilizaron variables como: herramientas SIG, programas e imágenes espectrales, además el alcance de la investigación será de tipo descriptivo donde se dará la clasificación y evaluación de los cambios de uso de la tierra para cada periodo de año estudiado. Para llevar a cabo esta investigación, se necesitó datos de la plataforma Earth Explorer USGS (centro Geológico de los Estados Unidos), obteniendo imágenes en un archivo GeoTIF, de los satélites Landsat 5, para los años 2000 y 2007, Sentinel-2, para el año 2014 y Landsat 8 para el año 2021, estas imágenes fueron llevadas al software ArcGIS, en donde se procedió a realizar una corrección atmosférica y una clasificación por categorías con base a la metodología aplicada en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia Puerto Napo. Se realizó una clasificación supervisada a través de firmas espectrales con el propósito de obtener mapas y cifras de uso de la tierra para cada periodo de estudio. Los resultados obtenidos mostraron que los cuerpos de agua al igual que la cobertura boscosa y vegetal han disminuido con el pasar de los años; al contrario, la categoría infraestructura se ha incrementado con el pasar del tiempo, para el periodo 2000-2007 tuvo la mayor tasa de deforestación en comparación con los otros periodos estudiados, arrojando una cifra de -0.8586%, la cual representa 174.655 ha de bosque deforestadas

anualmente. Todos estos datos serán de gran ayuda en la toma de decisiones en beneficio de la comunidad e investigaciones futuras.

Palabras Clave: Uso de la tierra, firmas espectrales, satélites SIG.

Abstract

The present research aims to quantify land use changes at the study site, presents a quantitative approach given that variables such as GIS tools, programs and spectral images were used, in addition the scope of the research will be descriptive where the classification and evaluation of land use changes will be given for each period of the year studied. To carry out this research, data from the Earth Explorer USGS platform was needed, obtaining images in a GeoTIF file, of the Landsat 5 satellites, for the years 2000 and 2007, Sentinel-2, for the year 2014 and Landsat 8 for the year 2021, these images were taken to the ArcGIS software, where an atmospheric correction and a classification by categories were carried out based on the methodology applied in the Development and Territorial Planning Plan of the Puerto Napo parish. A supervised classification was carried out through spectral signatures in order to obtain maps and land use figures for each study period. The results obtained showed that bodies of water as well as forest and vegetation cover have decreased over the years; on the contrary, the infrastructure category has increased over time, for the period 2000-2007 it had the highest rate of deforestation compared to the other periods studied, yielding a figure of -0.8586%, which represents 174.655 ha of forest deforested annually. All this data will be of great help in decision-making for the benefit of the community and future research.

Keywords: Land use, spectral signatures, GIS satellites.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del trabajo de investigación "Evaluación del cambio y uso de la tierra en la parroquia Puerto Napo durante el periodo 2000 – 2021 con el uso de los SIG" es de vital importancia para la parroquia Puerto Napo ya que por su ubicación en la amazonia ecuatoriana, conlleva una riqueza ecológica y biodiversa a este territorio, según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOTPN, 2019).

Según la Secretaría Nacional de Planificación (SENPLADES, 2014) el territorio amazónico es rico en bosques, ya que presenta un 80 % de cobertura forestal. Por otro lado, de acuerdo al mapa de cobertura y uso de la tierra del Ecuador continental elaborado por el Ministerio del Ambiente (MAE) el área de vegetación natural de grado 1 en 2018 cubría una superficie de 307,254.74 ha (78.77%), perteneciente a bosques nativos (63.38%) y arbustos y herbáceos (15.38%); datos que generan preocupación ya que la tendencia es disminuir las áreas de bosque y con ello poner en riesgo la estabilidad de los ecosistemas (PDOTTENA, 2020).

El uso de la tierra en Puerto Napo está compuesta de un total de 4544,02 ha de bosque, en vegetación herbácea se tenía 59,78 ha, las zonas de cultivo existentes en el lugar constituía a 3239,70 ha, las áreas agropecuarias mostraban una cantidad de 5427,28 ha, los cuerpos de agua constituían 520,00 ha, las zonas urbanizadas tenían 71,60 ha y otras áreas con una cifra de 292,29 ha, algunas de estas zonas mencionadas disminuyeron mientras que otras tuvieron un mayor crecimiento esto se deben a muchos factores geológicos, climáticos, hidrológicos y principal mente a diversas actividades antropogénicas, que son las causas de que existan estos cambios en el tiempo (Gil, 2019).

Mediante la georreferenciación y cuantificación de los cambios del uso de la tierra, se podrá contribuir al manejo de los territorios para resolver los principales conflictos ambientales, que a nivel de la parroquia se presentan, como son la deforestación y degradación; las cuales son atribuidas al crecimiento de la frontera agrícola y la expansión de las zonas urbanas. En la parroquia Puerto Napo la deforestación es una de las actividades antrópicas que se deben de tomar en consideración, ya que tiene alta incidencia en el medio, y sobre todo por su incremento; lo cual incluso está poniendo en riesgo la estabilidad física de los territorios y los hábitats de las especies (Rodríguez & Cruz, 2009).

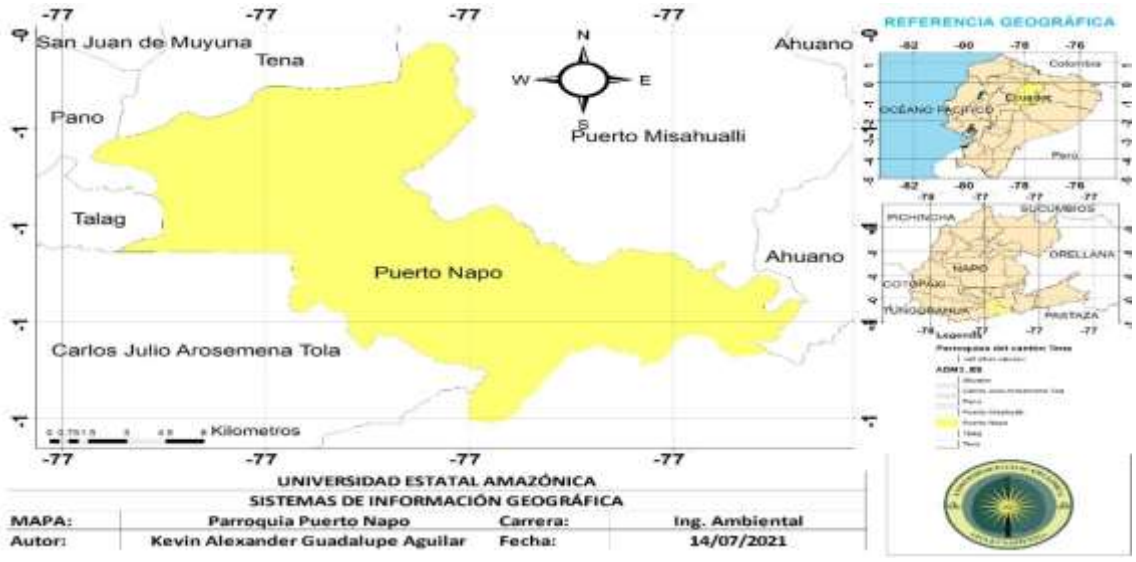
Por otra parte, la investigación contribuirá a ampliar datos sobre el uso de la tierra, a través del uso de herramientas de los SIG, en el cual se pueda establecer información útil en la elaboración de los planes de ordenamiento y planificación territorial.

METODOLOGÍA

A. Localización

La zona para el estudio de la presente investigación se encuentra ubicado en la parroquia Puerto Napo, cantón Tena, al suroriente de la provincia de Napo, dentro de la Región Amazónica. Limita al norte con las parroquias Tena y Pano, al sur con parroquias Arajuno y Santa Clara, al este con las parroquias: Misahuallí, Ahuano y al oeste con las parroquias: Arosemena Tola y Talag. Puerto Napo, tiene una extensión de 215,47 km^2, con una población de 6.130 habitantes según el (INEC, 2010). Este sector cuenta con un clima tropical impredecible entre tropical semi-húmedo y húmedo, cuenta con una temperatura promedio de 24 ºC, con una altitud de 3125 msnm – 800 msnm, además posee una humedad relativa entre 80 % y 90 %, motivos por lo que este sector posee un clima muy variado en todo el año (PDOTPN, 2019).

Imagen 1 Mapa de ubicación del Área de estudio



Fuente: Adaptado Instituto Geográfico Militar, Shape: Parroquias del Ecuador (2016)

El presente trabajo de investigación tiene un enfoque cuantitativo dado que se utilizaron variables como: herramientas SIG, programas e imágenes espectrales, además el alcance de la investigación será de tipo descriptivo donde se dará la clasificación y

evaluación de los cambios de uso de la tierra para cada periodo de año estudiado, en la parroquia Puerto Napo durante el periodo 2000 – 2021.

La primera parte de la investigación se trató sobre obtención de las imágenes satelitales para trabajar, analizar y cuantificar los posibles cambios en el uso de la tierra en un lapso de tiempo, se utilizará la metodología propuesta por Asociación Española de Ecología Terrestre (AEET), basada en el uso de imágenes Landsat TM, en formato "GeoTIF", para este estudio se utilizará imagenes Landsat 5, Landsat 8 y Sentinel 2, estos archivos proporcionan un formato para realizar las combinaciones de bandas, que serán obtenidas de la plataforma Earth Explorer USGS (centro Geológico de los Estados Unidos), esto permitirá dar ciertos criterios como, el porcentaje de nubes menores del 20%, para los años de estudio 2000-2007-2014 y 2021. Esta plataforma también proporciona archivos en formato GeoTIF, con tipo "L1T", las cuales ya contienen correcciones de control y ciertos modelamientos para el sitio de estudio, con ello estas imágenes también cuentan con un sistema de coordenadas UTM, WGS-84 en la Zona 18 Sur las cuales serán de fundamental ayuda en el procesamiento de imágenes en ArcGIS 10.5.

A continuación, se realizó la corrección de imágenes satelitales, para proceder con este paso se utilizará la metodología propuesta por Aguilar *et al*., (2014). En donde se necesita de la ayuda del programa ArcGIS 10.5, además de saber características como la reluctancia solar, la elevación entre otro, que nos proporcionas las imágenes satelitales, a través de la fórmula de corrección atmosférica nos brindará la corrección aplicando, a través del comando Raster calculator, para cada una de las bandas previamente subidas al programa.

$$\boldsymbol{reflectancia} = \frac{(\boldsymbol{RM} + \boldsymbol{ND}) + \boldsymbol{RA}}{\boldsymbol{Sen\theta}}$$

Donde:

RM: Reflectancia específica de la banda.

ND: Nivel digital de la banda.

RA: Reflectancia adicional de la banda.

Senθ: Elevación solar.

Posteriormente se utilizó cinco tipos de cobertura los cuales serán obtenidos en base al Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOTPN, 2019), donde se especifica los principales usos de suelo en este sector.

1) Cuerpos de agua: Se escogió esta clasificación puesto que esta parroquia cuenta con ríos muy importantes como el Napo, Pilocullin, Ansú, Pano Jatunyacu, Talag, Pibi entre otros (PDOTPN, 2019).

2) Bosque: Se escogió este tipo de acuerdo a su gran porcentaje de bosques principalmente el Bosque húmedo tropical amazónico (PDOTPN, 2019).

3) Vegetación Herbácea: Se escogió este género puesto que cuenta con un sin número de vegetación herbácea (PDOTPN, 2019).

4) Infraestructura: Se escogió esta clasificación para toda la parte de viviendas, edificios y calles del sector (PDOTPN, 2019).

5) Otros: esta categoría se da a nubosidad que exista en la imagen, o cualquier otra falla que presente la imagen (PDOTPN, 2019).

La segunda parte estableció la cuantificación de los cambios de uso de la tierra para cada periodo de tiempo en el área de estudio, para realizar una buena clasificación de las imágenes previamente descargadas en los sensores Landsat 5 para los años 2000 y 2007, Sentinel 2 para el año 2014 y Landsat 8 para el año 2021 donde se aplicó una clasificación supervisada, la cual consiste en que el observador por medio de criterios crea firmas espectrales las cuales ayudarán a clasificar los tipos de uso de la tierra a través de una herramienta de máxima verosimilitud para poder exponer los resultados en mapas, a continuación se detalla la metodología utilizada en esta investigación:

Paso 1: En el software ArcGIS, donde previamente se tenía cargado las imágenes satelitales con su debida corrección atmosférica, se procedió a realizar una combinación de bandas con la herramienta Composite Bands, agrego las bandas de la 1 a la banda 7, y procedió a guardar el archivo.

Paso 2: Se cargó el shapefile del área de estudio, para realizar un corte entre el shapefile y la composición de bandas a través de la herramienta Clip, el shapefile del área de estudio por lo cual debe estar en las coordenadas UTM WGS1984 Sur Zona 18.

Paso 3: Se procedió añadir una clase en la tabla de atributos a través de la herramienta add fiel la cual se colocó un nombre de CLASE, que fue donde se llevó a cabo la clasificación de los tipos de uso y cobertura vegetal.

Paso 4: En la opción editor, se comenzó la edición en star editing, para escoger la opción créate feature, donde se empezó a realizar la clasificación para los 5 tipos de uso y cobertura de la tierra, por medio de los pixeles de las imágenes satelitales y el criterio del observador se empezó la clasificación.

Paso 5: Se procedió asignar un valor a cada uno de la clasificación a través de la herramienta fiel calculator, para posteriormente comenzar la edición y guardar.

Paso 6: En la opción créate signatures, se creó las firmas espectrales para poder guardar estos criterios y poder utilizar la herramienta maximun likelihood classification, esta opción permitió detectar una similitud entre pixeles en donde una vez realizado este proceso resulta la clasificación deseada.

Por último, se utilizó la metodología de tabulación cruzada puesto que permite diferenciar clases entre diferentes épocas, en el software ArcGIS, seguido se procedió a dirigir a la tabla de atributos en donde se añadió un campo con la herramienta add fiel (área) para poder determinar en metros cada una de las clasificaciones y proceder a realizar el cálculo con la herramienta fiel calculator, estos datos fueron llevados a Microsoft Excel, y para su posterior conversión de metros a hectáreas se utilizó la ecuación 2 (Columba et al., 2016). Para poder obtener cifras numéricas en hectáreas.

Ecuación 1 Metros a hectáreas

$$metros\ por\ categoria\ (m2) * \frac{1ha}{10000m2}$$

a) Cálculo del promedio anual de deforestación

Para realizar este cálculo entre dos épocas diferentes se aplica la siguiente fórmula propuesta por (SIAT-AC, 2015).

Ecuación 2 Promedio anual de deforestación

1. **Promedio anual de deforestación**

$$TMDt1 = \frac{(ABt1 - ABt2)}{n}$$

Donde

TMDt1= es el promedio anual de deforestación anual de la zona de estudio

ABt1= es la superficie ocupada por el bosque en el tiempo (t1)

ABt2= es la superficie ocupada por el bosque en el tiempo (t2)

n= es la diferencia de años entre el t1-t2

2. Tasa de deforestación por periodos de estudio

$$\left(\frac{\boldsymbol{A2}}{\boldsymbol{A1}}\right)^{\frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{t2-t1}}} - \mathbf{1}$$

Donde:

q: Tasa de deforestación en el Ecuador continental (%)

A1: Área de bosque inicial (ha)

A2: Área de bosque final (ha)

t1: Año inicial

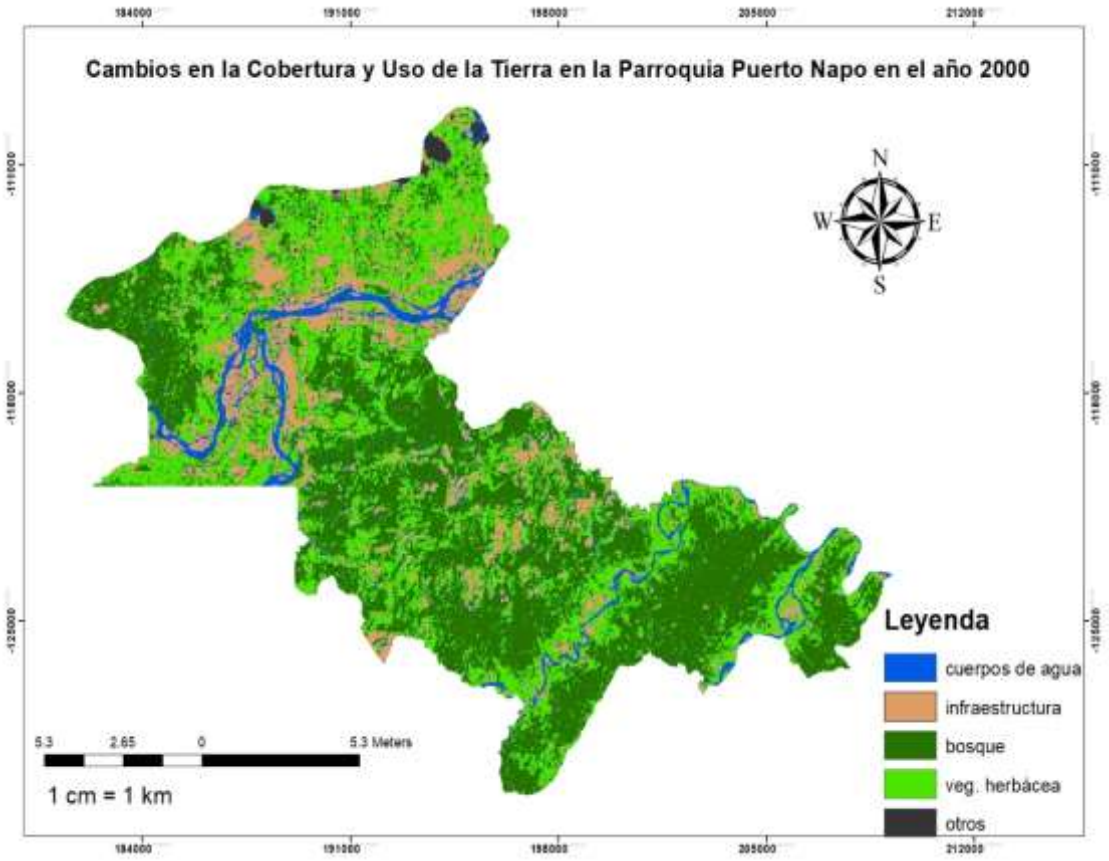
t2: Año final

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

II. RESULTADOS ESPERADOS

A. Mapas de cobertura y uso de la tierra por años

Imagen 2 Mapa de uso de la tierra año 2000

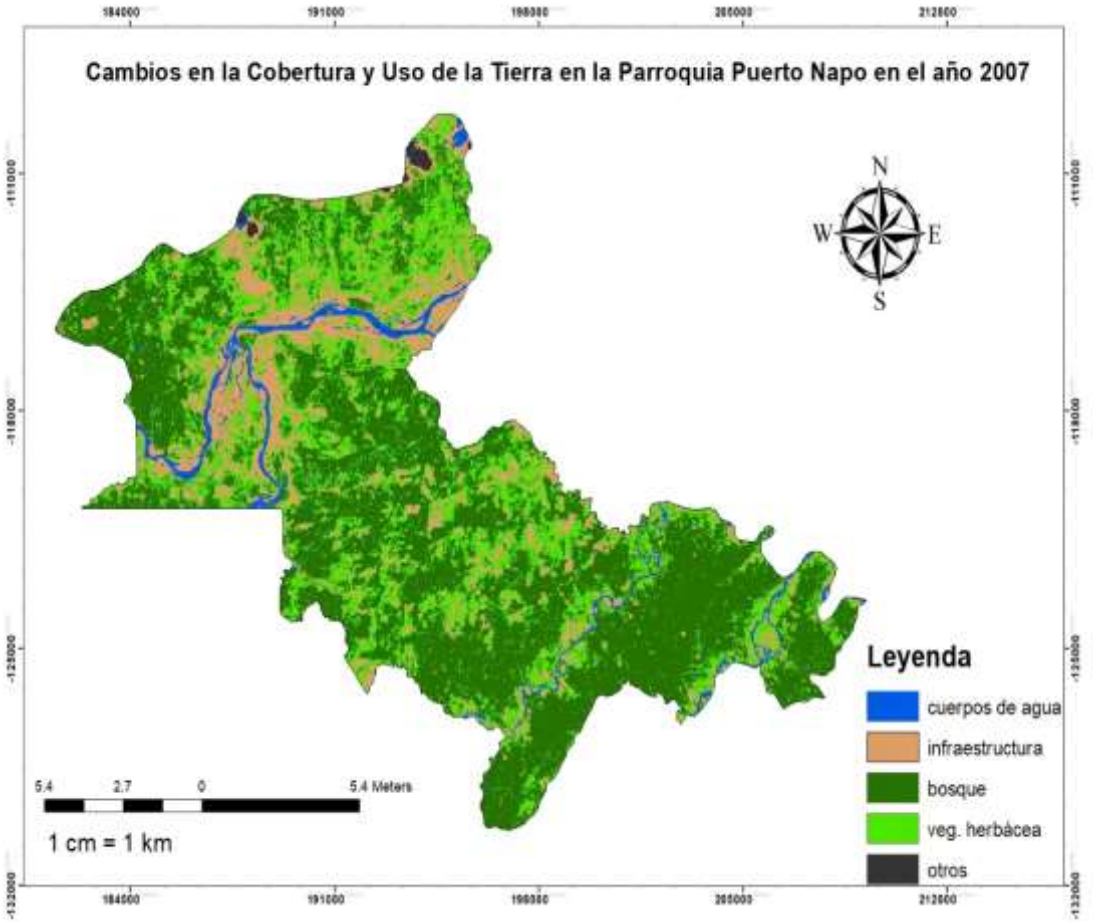


Fuente: elaboración autores

Fuente: Adaptado USGS, GEOTIFF: Sector Puerto Napo (2000)

Mapa de uso de la tierra en la parroquia Puerto Napo en el año 2000, realizado con el software ArcGIS 10.5, en la opción tabla de atributos se pudo calcular multiplicando los pixeles de (30x30) por la resolución espacial, arrojando los valores en hectáreas de las diferentes categorías clasificadas de la siguiente manera: cuerpos de agua 8338.7 ha; infraestructura 9072.9 ha; bosque 118794. 785 ha; vegetación Herbácea 78516.515 ha; otros 225 ha.

Imagen 3 Mapa de uso de suelo año 2007

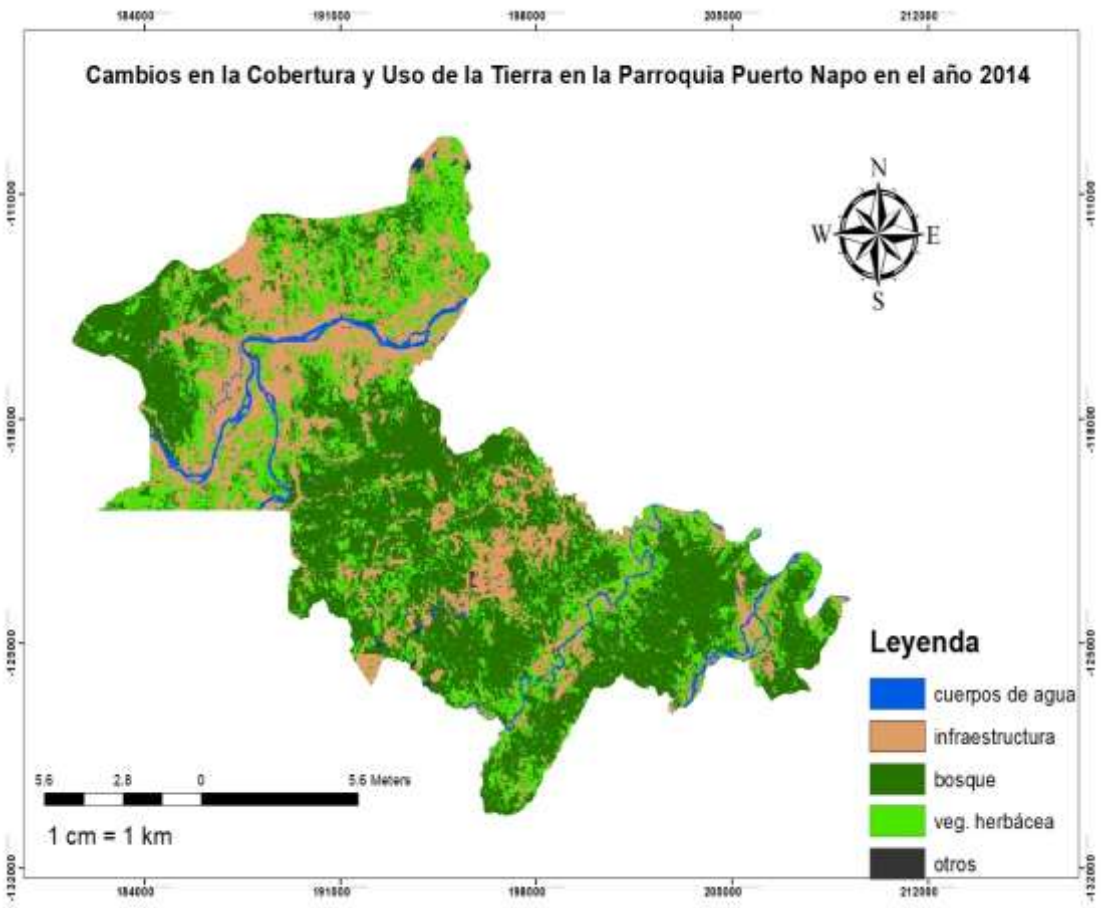


Fuente: elaboración autores

Fuente: Adaptado USGS, GEOTIFF: Puerto Napo (2007)

Mapa de uso de suelo en la parroquia Puerto Napo en el año 2007, realizado con el software ArcGIS 10.5, en la opción tabla de atributos se pudo calcular multiplicando los pixeles de (30x30) por la resolución espacial, arrojando los valores en hectáreas de las diferentes categorías clasificadas de la siguiente manera: cuerpos de agua 7995.1 ha; infraestructura 9762.93 ha; bosque 117572.2 ha; vegetación Herbácea 78693.37 ha; otros 924.3 ha.

Imagen 4 Mapa de uso de suelo año 2014

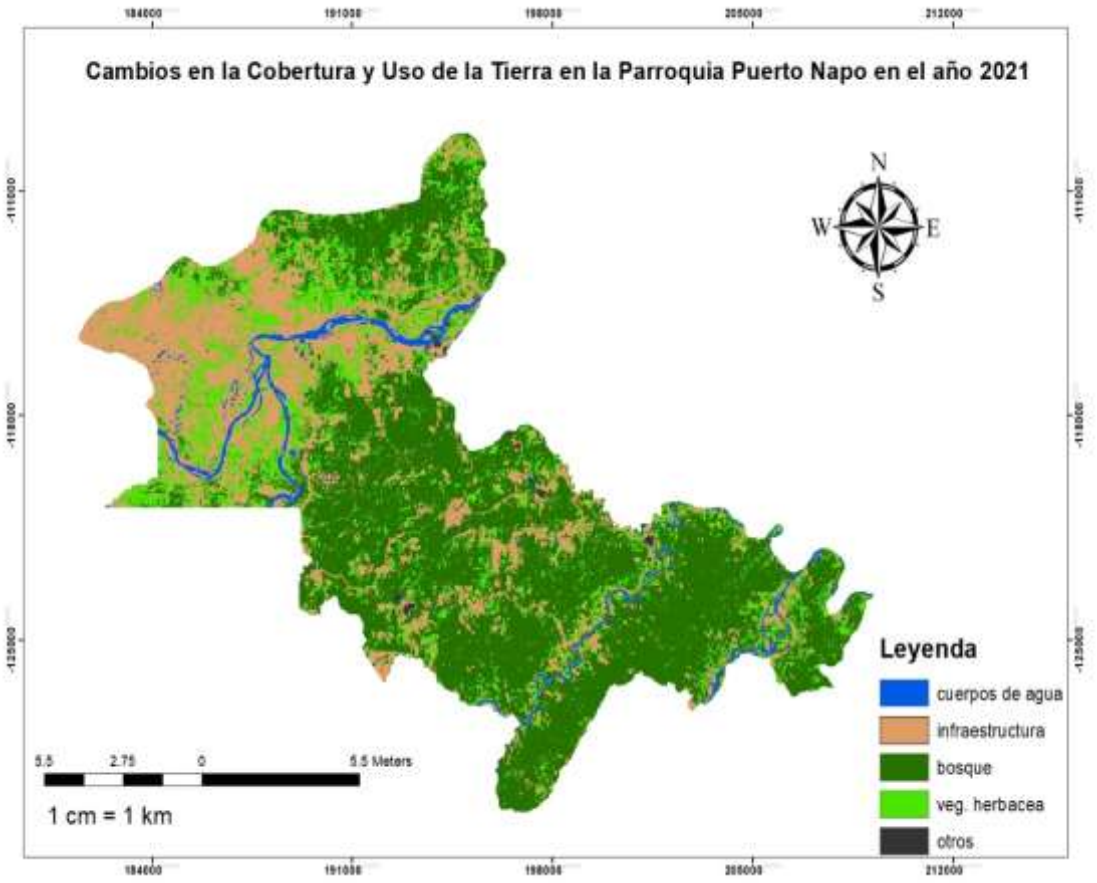


Fuente: elaboración autores

Fuente: Adaptado USGS, GEOTIFF: Puerto Napo (2014)

Mapa de uso de suelo en la parroquia Puerto Napo en el año 2014, realizado con el software ArcGIS 10.5, en la opción tabla de atributos se pudo calcular multiplicando los pixeles de (30x30) por la resolución espacial, arrojando los valores en hectáreas de las diferentes categorías clasificadas de la siguiente manera: cuerpos de agua 7838.3 ha; infraestructura 10293.879 ha; bosque 116572.2 ha; vegetación Herbácea 79793.471 ha; otros 450.05 ha.

Imagen 5 Mapa de uso de suelo año 2021



Fuente: elaboración autores

Fuente: Adaptado USGS, GEOTIFF: Puerto Napo (2021)

Mapa de uso de suelo en la parroquia Puerto Napo en el año 2021, realizado con el software ArcGIS 10.5, en la opción tabla de atributos se pudo calcular multiplicando los pixeles de (30x30) por la resolución espacial, arrojando los valores en hectáreas de las diferentes categorías clasificadas de la siguiente manera: cuerpos de agua 7738.64 ha; infraestructura 13293.879 ha; bosque 115435.1 ha; vegetación Herbácea 79496.581 ha; otros 938.7 ha.

B. Cuantificación de los cambios de uso de suelo en la parroquia Puerto Napo

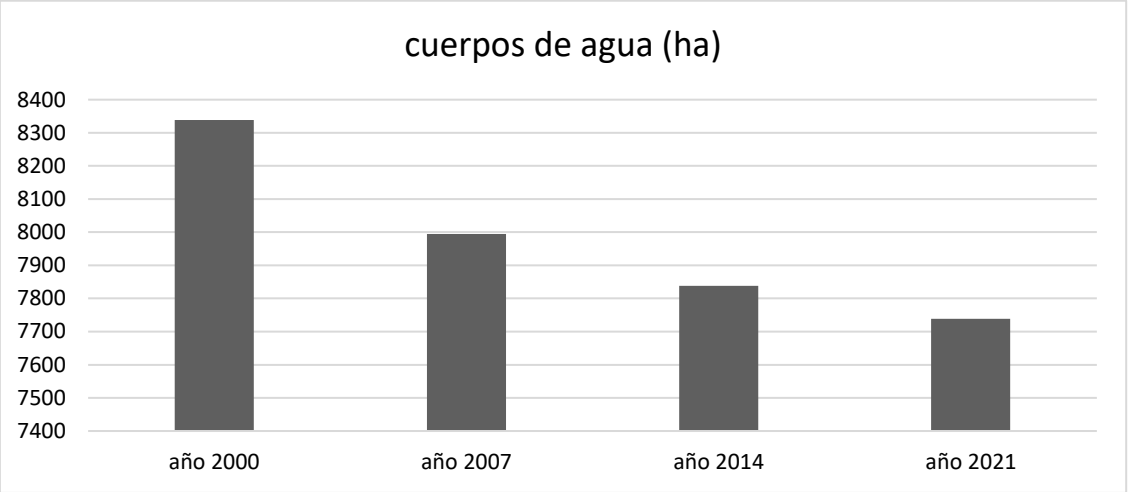
Tabla 1 **Transformación de los valores encontrados**

AÑO 2000			AÑO 2014		
CLASE	Área		CLASE	Área	
	hectáreas (ha)	Porcentaje (%)		hectáreas (ha)	Porcentaje (%)
cuerpos de agua	8338.7	3.879405195	cuerpos de agua	7838.3	3.646604596
infraestructura	9072.9	4.220976339	infraestructura	10293.879	4.789011198
bosque	118794.785	55.26678093	bosque	116572.2	54.23276989
veg. Herbácea	78516.515	36.52816101	veg. Herbácea	79793.471	37.12223799
otros	225	0.104676529	otros	450.05	0.209376319
TOTAL	214947.9	100	TOTAL	214947.9	100

AÑO 2007			AÑO 2021		
CLASE	Área		CLASE	Área	
	hectáreas (ha)	Porcentaje (%)		hectáreas (ha)	Porcentaje (%)
cuerpos de agua	7995.1	3.719552506	cuerpos de agua	7738.64	3.567049969
infraestructura	9762.93	4.541998317	infraestructura	13293.879	6.127682729
bosque	117572.2	54.69799891	bosque	115435.1	53.2086736
veg. Herbácea	78693.37	36.61043909	veg. Herbácea	79496.581	36.64316686
otros	924.3	0.430011179	otros	983.7	0.453426837
TOTAL	214947.9	100	TOTAL	216947.9	100

Fuente: elaboración autores

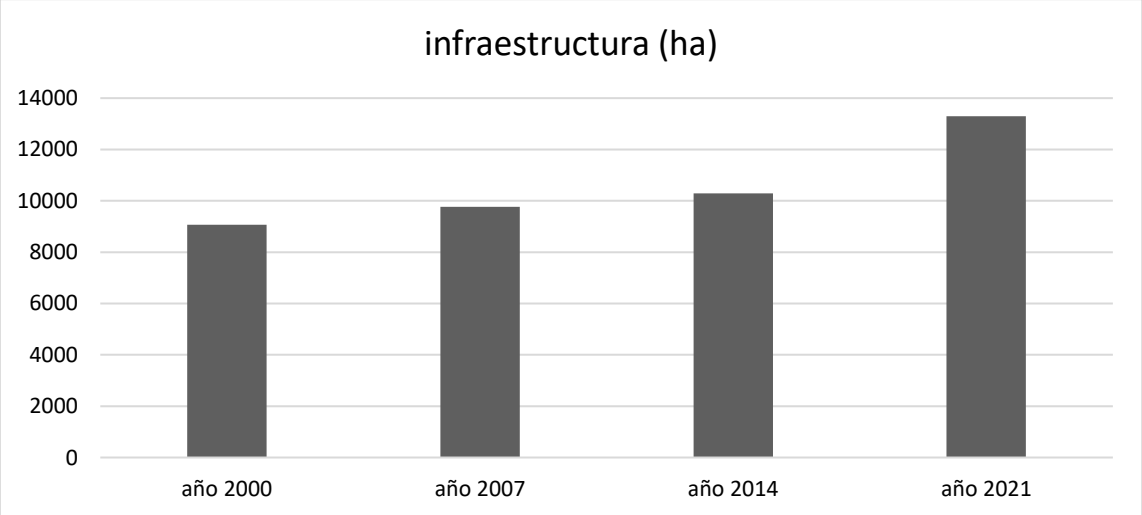
Gráfico 1 Cambios en la categoría "cuerpos de agua"



Fuente: elaboración autores

En la categoría cuerpos de agua se puede observar cómo su caudal en hectáreas ha ido disminuyendo con el pasar de los años, del año 2000 al año 2021 presenta una pérdida total de 600.06 ha de caudal del cuerpo hídrico, esto se debe a todas las variaciones del cambio climático y actividades antropogénicas que afectan a dicha perdida (NEWS, 2009).

Gráfico 2 Cambios en la categoría "infraestructura"

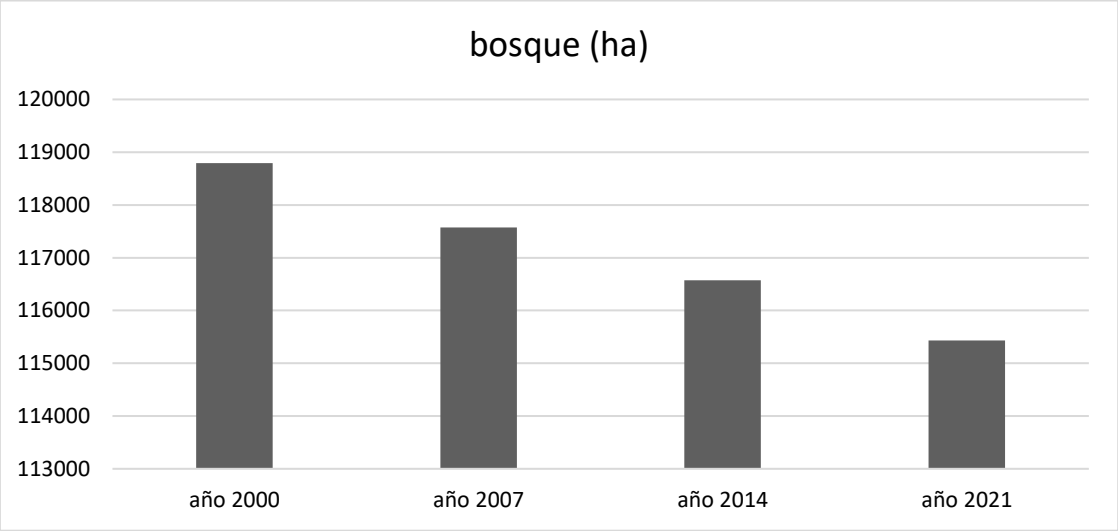


Fuente: elaboración Autores

En la categoría infraestructura se puede observar un incremento con el pasar de los años, desde el año 2000 al 2021 se tiene un crecimiento en infraestructura de 4220.979

ha en terreno, esto se debe al crecimiento poblacional que tiene esta parroquia (PDOTPN, 2019).

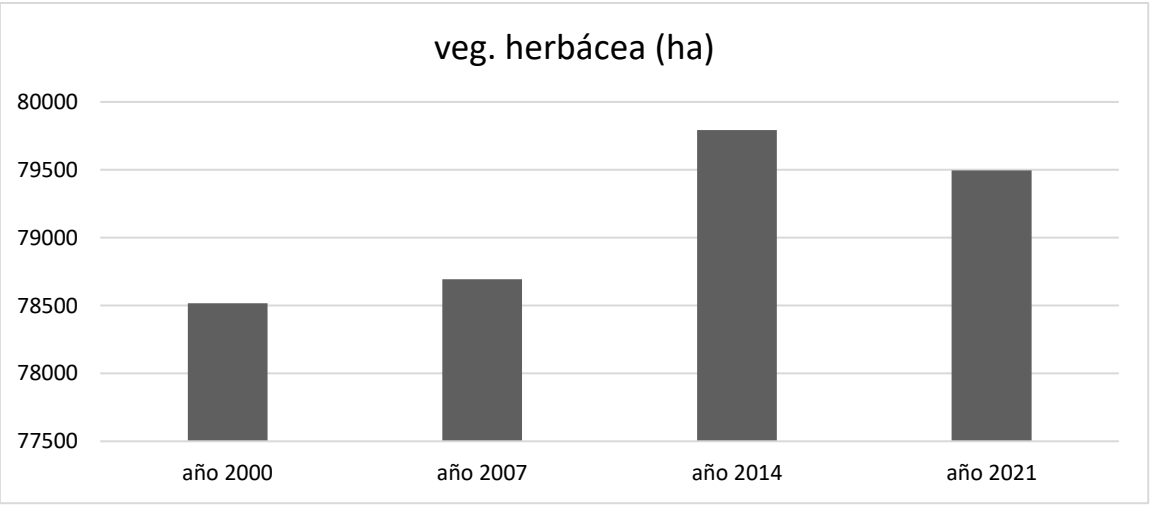
Gráfico 3 Cambios en la categoría "bosque"



Fuente: elaboración Autores

En la categoría bosques se presenta como tiende a disminuir la vegetación boscosa, para el año 2000 presenta la cifra más elevada en comparación a la del 2021, en total desde el año 2000 al 2021 se ha perdido 3359.685 ha de cobertura boscosa, esto se debe las diferentes actividades antropogénicas, naturales y al crecimiento poblacional de la comunidad (PDOTPN, 2019).

Gráfico 4 Cambios en la categoría "vegetación herbácea"



Fuente: elaboración Autores

En la categoría vegetación herbácea se puede observar que existen un aumento de su cobertura, del año 2000 al 2021, presenta un aumento de 980.066 ha de vegetación herbácea, además en el año 2014 presenta el mayor aumento con 79793.471 ha, estos aumentos se deben al incremento de la frontera agrícola, además de la perdida de la cobertura boscosa (PDOTPN, 2019).

Tabla 1 Tasa de deforestación

CLASE	2000	2007	2014	2021
	hectáreas	hectáreas	hectáreas	hectáreas
Total de cobertura de bosque (ha)	118794.79	117572.2	116572.2	115435.1
Deforestación total anual promedio por periodo de determinado (ha/año)	año inicial	174.655	142.8571429	162.442857
tasa de deforestación anual	año inicial	**-0.8586**	**-0.8584**	**-0.8585**

Fuente: elaboración Autores

Mediante esta tabla se puede observar que existen cambios en todos los periodos de estudio, tendiendo a disminuir su valor, existe un mayor incremento para el periodo 2000-2007, con una cifra de 174.66 ha de bosque deforestadas y el periodo 2007-2014, presenta la cifra más baja con 142.86 ha de bosque deforestadas. Se ha tendido a disminuir estas cifras debido al surgimiento de leyes y políticas medioambientales a favor de conservación de la vegetación y bosques nativos de esta localidad (PDOTPN, 2019).

CONCLUSIONES

La clasificación supervisada a través de firmas espectrales permitió observar las diferentes variaciones y cambios que se dieron en los diversos periodos de estudio, a través de imágenes satelitales, herramientas SIG y tecnologías que permitieron cuantificar los cambios sin la necesidad de visitar el área de estudio para los periodos 2000, 2007, 2014 y 2021.

Las diferentes actividades antropogénicas como: expansión de la frontera agrícola y el crecimiento poblacional, representan los causantes de los diferentes cambios

presentados en los periodos de estudio, a través de estos análisis multitemporales; información esencial para los procesos de planificación del territorio, evaluando las problemáticas y buscando a través de ellas las mejores soluciones.

REFERENCIAS

Aguilar et al., (2014). Metodología para la corrección atmosférica de imágenes áster, rapideye, spot 2 y landsat 8 con el módulo flaash del software envi. Recuperado de https://www.redalyc.org/pdf/4517/451744544002.pdf

Asghari, F., Mohammadi, A., Dehghani, M., & Yousefi, M. (2018). Data on assessment of groundwater quality with application of ArcGIS. Zanjan, Irán: Data in Brief. Obtenido de https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.03.059

Columba, M., Quisilema, W., Padilla, O., & Toulkeridis, T. (2016). Identificación de zonas de recurrencia de incendios forestales mediante análisis multitemporal y aplicación de índices espectrales, en el Distrito Metropolitano de Quito. Quito, Ecuador: Revista de Ciencias de Seguridad y Defensa.

Drusch, M., Del Bello, U., Carlier, S., Colin, O., Fernandez, V., Gascon, F., Bargellini, P. (2012). Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services. Remote Sensing of Environment, 120, 25–36. https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.11.026

Fletcher K. (2012). Sentinel-2 eSA's Optical High-Resolution Mission for GMeS Operational Services. Retrieved from https://sentinel.esa.int/documents/247904/349490/S2_SP-1322_2.pdf

Fonseca, Ana; Fernandes, J. C. (2004). Detecção Remota (1a Edição; Lidel, Ed.). Retrieved from https://www.amazon.com.br/Detecção-Remota-Ana-DuarteFonseca/dp/9727572928

Gil, W. (2019). Cambios de cobertura y uso del suelo con imágenes satelitales del distrito de San Silvestre de Cochán, periodo 2001 – 2018. Peru: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3012

Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2010). Poblacion y Vivienda, una historia para ver y sentir. Recuperado de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Libros/Memorias/memorias_censo_2010.pdf

Lillesand, T., & Kiefer, R. (2015). Percepción remota e interpretación de imágenes, séptima edición. Obtenido de https://www.wiley.com/en-us/Remote+Sensing+and+Image+Interpretation%2C+7th+Edition-p-9781118343289

López, M. (2015). Análisis Multitemporal Del Cambio De La Cobertura Vegetal. Universidad Central Del Ecuador

MAE (2010). Supervisión y verificación de los recursos forestales en el Ecuador 2007 - 2009. Ministerio del Ambiente del Ecuador. Quito, Ecuador.

NEWS, B. (21 de Abril de 2009). Obtenido de Los ríos del mundo pierden su caudal: https://www.bbc.com/mundo/ciencia_tecnologia/2009/04/090421_1900_rios_niveles_wbm

Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Tena [PDOTTENA]. (2020). Gobierno Autónomo Descentralizado del Tena, Ecuador. Obtenido de https://tena.gob.ec/images/convocatoria/ACTUALIZACIN-PDOT-2020-2023.pdf

Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Puerto Napo [PDOTPN]. (2019). Gobierno Parroquial Rural de Puerto Napo. Recuperado de https://odsterritorioecuador.ec/wp-content/uploads/2019/04/PDOT-PARROQUIA-PUERTO-NAPO-2019-2023.pdf

Puyravaud, J. (2003). Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation (Vol. 177.). Forest Ecology and Management. Obtenido de http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00335-3

Rodríguez Gonzalez, E., & Cruz, D. (2009). Caracterización ecólogica, económica y administrativa del tráfico ilega de fauna silvestre. Bogota: Retrieved from. Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1075&context=administracion_agronegocios.

Rodríguez, D. (2015). Cuestiones de teledetección. UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia. Obtenido de http://portal.uned.es/Publicaciones/htdocs/pdf.jsp?articulo=6101413GR01A01

Sabins, F. F. (2007). Remote Sensing Principles and Interpretation (3o Edition). Retrieved from https://www.amazon.com/Remote-Sensing-Interpretation-FloydSabins/dp/1577665074

Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo [SENPLADES]. (2014).Programa Conservación de Bosques y REDD+. Recuperado de https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/07/8.REDD_.pdf

Trucíos, R., Estrada, J., Cerano, J., Rivera, M., (2011). Interpretación del cambio en vegetación y uso de suelo. Tierra Latinoamericana, 29(4): 359-367. Recopilado de http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v29n4/2395-8030-tl-29-04-00359.pdf.

ANEXOS

MARCO TEORICO

Uso de suelo Napo

La parroquia Puerto Napo, presenta estudios de uso de suelo por parte del Ministerio del Ambiente y los diversos Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territoriales que se han venido implementando a lo largo del tiempo, por ende carece de estudios hechos por otros medios. Se generaliza el uso de suelo en la provincia de Napo, En base al Ministerio del Ambiente para el año 2010, se determinó que se dividían por categorías como bosque con un porcentaje de 66,35 %; vegetación arbustiva con 19.38%; tierra agropecuaria con 12.73%; sin información con 0.00%; cuerpos de agua con 0.78%; otras tierras con 0.63%, y zona antrópica con 0.12%, (MAE, 2010).

Deforestación

La deforestación se la puede definir como la perdida de la cobertura vegetal de un área geográfica a lo largo del tiempo la cual se puede deber por diferentes factores naturales y antropogénicos, como la agricultura, expansión de la frontera agrícola, crecimiento demográfico, desastres naturales, erupciones volcánicas, erosión de suelos entre otros factores que tienen impacto directo en la deforestación y cambios del uso de suelo, estos factores implican en que los ecosistemas dejen de brindar los servicios ambientales que pueden brindar. La deforestación viene de la mano con un daño para el ambiente tales como la generación de gases de efecto invernadero, estas especies vegetales al sufrir deforestación también trae una pérdida de los refugios de la fauna silvestre, perdida y daño en los cuerpos de agua, en la parte social afecta en los procesos de alimentación, salud, energía, por todo esto es de gran importancia que se merme las tasas de deforestación ya que estos son muy importantes y valiosos para coexistir entre la naturaleza y el ser humano (Puyravaud, 2003).

Uso de suelo

Por uso del suelo se entiende un conjunto de características o actividades humanas con representación en el espacio geográfico. Desde el punto de vista de la teledetección, cuando la clasificación del uso del suelo se lleva a cabo sobre la base de una imagen de satélite, es sobre todo para identificar y asignar significados a estas actividades, a partir de respuestas espectrales de cada uno de ellos. Desde una perspectiva filosófica, la

actividad relacionada con el uso del suelo refleja sobre todo, actividades resultantes de la cognición humana. En general, el uso del suelo representa parte de la superficie terrestre que se utiliza para la satisfacción de actividades implementadas por el hombre (Sabins, 2007).

Ocupación de la tierra

A diferencia del uso de la tierra, la ocupación de la tierra representa la ocupación de una determinada porción de la superficie de la tierra, sin que sea dependiente de la cognición humana, aunque el uso y la ocupación del suelo van de la mano, aun así, los dos conceptos tienen algunas peculiaridades que les permiten distinguirse. De hecho, la ocupación del suelo no involucra al hombre mientras que el uso del suelo implica su interferencia, implica actividades económicas, implica disfrute y cambios en el espacio, forma, función, etc. diferencia del uso de la tierra, la ocupación de la tierra describe los materiales (como vegetación, rocas o edificios) que están presentes en la superficie. Por ejemplo, el uso de la tierra en el área puede ser bosque siempre verde, pero el uso de la tierra puede ser la recreación, extracción de petróleo o diversas combinaciones de actividades (Sabins, 2007).

Cambio de uso de suelo

Los cambios en el uso de suelo y cobertura vegetal se pueden conceptualizarse como una transformación que sufre el suelo por distintas actividades tanto naturales o antropogénicas las cuales tienen una interacción directa en sus cambios a lo largo del tiempo.

Tanto a nivel mundial como regional existen algunos factores como los demográficos, ambientales, económicos y los socioculturales, los cuales interactúan entre ellos y se unifican para que se den los cambios en el uso del suelo, por otro lado los cambios de suelo como resultado de las actividades del hombre, tienden afectar en diversos procesos de recarga y descarga cuerpos de agua, en la perdida y erosión de suelos entre otros factores que son negativos para la naturaleza, por ende es de vital consecuencia conocer cómo se pueden originar estos cambios que son provocados por el hombre (Trucíos *et al*., 2011).

Teledetección

La teledetección se refiere al grupo de técnicas de recopilación de información geográfica sobre un objeto y sus alrededores sin contactarlos físicamente. Por lo general, esto se origina en alguna forma de imágenes que se procesan e interpretan para producir datos útiles para su aplicación en agricultura, arqueología, silvicultura, geografía, geología, planificación y otros campos. En este sentido, es justo decir que la teledetección es la ciencia y el arte de obtener información sobre un objeto, área o fenómeno a través del análisis de datos adquirido por un dispositivo que no está en contacto con el objeto o área de investigación (Lillessand *et al.*, 2015).

Imagen satelital

Una imagen satelital son tomadas por medio de un sistema óptico-electrónico, en el que un sensor o satélite gira sobre la superficie del planeta, en este transcurso que gira detalla la reflectancia de los rayos que son emergidos por la radiación solar, en el cual estos rayos al momento de reflectar con objetos de la tierra estos responden de una manera distinta por lo cual esos sensores son de vital importancia para poder determinar cómo responde cada objeto a un rayo de luz, la energía emitida o captada por estos sensores se conoce como (ND), cabe resaltar que estos ND, son muy importantes puesto que permiten generar información muy valiosa, al momento de que se combinan las bandas espectrales, pudiendo reconocer varios tipos de objetos sabiendo cómo responden cada uno a los rayos de luz.

Las imágenes satelitales se pueden clasificar en tres tipos de imágenes, estas dependen del sensor digital, las cuales se encuentran dentro de las plataformas satelitales, para el primer tipo de clasificación tenemos a las imágenes pancromáticas, estas cumplen la función de medir la reflectancia de un espectro electromagnético, esta imagen abarca una cantidad de la luz visible y de la luz infrarroja que este cerca del espectro a observar, comúnmente se los encuentra en imágenes de color a blanco y negro, para la segunda clasificación se tiene a las imágenes multiespectrales, estas ayudan a medir la radiancia del espectro terrestre, como ultima clasificación tenemos a las imágenes hiperestrales, regularmente forman parte de las fotografías, estas al igual que la primera clasificación mide el porcentaje de reflectancia que emiten muchas bandas de los sensores de imagen, las cuales ayudan en la detención de rocas, suelos y vegetación (López, 2015).

Imágenes landsat

Estas imágenes están obtenidas por medio del programa Landsat que tiene correlación con la agencia Aeronáutica Nacional Espacial de la NASA y con la plataforma de la USGS (Servicio Geológico de los Estados Unidos), las cuales son encargadas de brindar información actualizada sobre el monitoreo de la tierra a través de un sinnúmero de satélites y sensores de monitoreo terrestre, los cuales son importantes en varios estudios que requieras fines geográficos.

La gama de satélites Landsat fueron puestos en órbita a través del programa EROS Programa del Sistema de Observación de Recursos Terrestres) en el año de 1996, desde entonces a través del tiempo se fueron implementando varios satélites de la misma gama pero con muchas mejore en cada nuevo satélite puesto en órbita, cabe resaltar que esta gama de satélites proporcionaron información histórica del monitoreo de la tierra hasta la actualidad, a continuación se detalla en la *tabla 1* de las bandas por cada uno de los sensores Landsat (Rodríguez, 2015).

Tabla 2 Resolución espaciales y radiométrica de las bandas de los sensores de Landsat 5, 7 y 8.

	Sensores Landsat 5		**Landsat 7**		**Landsat 8**	
Bandas	**Resolución (Metros)**	**TM**	**Resolución (Metros)**	**RTM+**	**Resolución (Metros)**	**OLI TIRS**
Banda 1	30	0.45-0.52	30	0.45-0.52	30	0,43-0,45
Banda 2	30	0,52-0,60	30	0,53-0,61	30	0.45-0.51
Banda 3	30	0,63-0,69	30	0,63-0,69	30	0,53-0,59
Banda 4	30	0,76-0,90	30	0,78-0,90	30	0,64-0,67
Banda 5	30	1,55-1,75	30	1,55-1,75	30	0,85-0,88
Banda 6	120	10,4-12,5	30	10,4-12,5	30	1,57-1,65
Banda 7	30	2,08-2,35	30	2,08-2,35	30	2,11-2,29
Banda 8			15	0,52-0,90	15	0,50-0,68
Banda 9					30	1,36-1,38
Banda 10					100	10,60-11,19
Banda 11					100	11,50-12,51

Fuente: USGS GLOVIS, 2009.

Sentinel-2

Respecto a Sentinel-2, se destaca el hecho de que se trata de una misión multiespectral en órbita polar, destinado a monitorear la tierra y proporcionar imágenes sobre varios fenómenos en la superficie de la Tierra. Fue publicado el 23 de junio de 2015 (Sentinel-2 A) y el 7 de marzo de 2017 (Sentinel-2B). Consta de dos satélites colocados a 180º, que giran en la misma órbita, permitiendo una mayor frecuencia en la observación del mismo espacio superficial terrestre. La misión Sentinel-2 también tiene como objetivo integrar la cooperación internacional. En verdad, "Será miembro de la constelación de imágenes terrestres del comité internacional de satélites de Observación de la Tierra (CEOS), que coordinará el acceso a misiones del mismo tipo (especialmente para la continuidad de los datos de Landsat) para mejorar la información final para los usuarios. El Sentinel-2 garantizará la independencia europea, contribuyendo al impulso global para mejorar la imagen de la tierra" (ESA Sentinel-2 Team, 2010: 21).Cada satélite pesa aproximadamente 1,2 toneladas, para adaptarse al VEGA y Rockot lanzadores. Operan en modo multiespectral, es decir, proceden a recopilación de datos en 13 bandas espectrales, lo que contribuye en gran medida a un aumento en la resolución espectral, es decir, la capacidad del sensor para distinguir diferenciasen las respuestas espectrales de los objetos presentes en la superficie de la Tierra. En este sentido, es legítimo decir que cuanto mayor es la resolución espectral de los sensores, mayor será la precisión de la discriminación de objetos. Por lo general, la resolución espectral de un sensor se expresa en número de bits, en este caso específico, la resolución espectral es de 12 bits, por lo que la capacidad de discriminación de los sensores puede ir hasta 4095 niveles de intensidad (Drusch *et al.*, 2012).

Resolución espacial

La resolución espacial de un sensor se refiere a su capacidad en la detección del objeto más pequeño en una imagen, dentro del campo de visión instantáneo (Campo de visión instantáneo-IFOV) de un sensor. La IFOV juega un papel relevante en los sistemas de Teledetección, ya que dependen mucho del campo de visión instantáneo, porque la celda de resolución, es decir, el área que se esté observado se determina multiplicando el campo de visión por la distancia del sensor en relación con el objeto observado. En general, la resolución espacial de un sensor viene dada por la dimensión del tamaño de

un píxel, que a su vez depende del registro realizado por un determinado sensor**.** Generalmente, la resolución espacial se expresa en metros (Fletcher K, 2012).

Resolución espectral

La resolución espectral de un sensor se refiere esencialmente al número y la amplitud de las bandas en las que el sensor registra la imagen. Está particularmente vinculado a la Sensibilidad que tiene un sensor para un área determinada del espectro. Electromagnético. Ahora bien, si por un lado el sensor presenta una alta sensibilidad a una parte del espectro electromagnético es débil en un área determinada relacionado con el número de bandas que presenta, por otro lado, otro sensor puede presentar para la misma fracción del espectro electromagnético, la mismo intensidad, con respecto a la sensibilidad, sin embargo, presentan un mayor número debandas más delgadas, capaces de discriminar mejor los objetos presentes en la imagen. Otro aspecto relevante relacionado con la resolución espectral está relacionado con el número de bandas. De hecho, la gran cantidad de bandas permite al usuario “distinguir / discriminar" mejor los objetos de la imagen con alta proximidad en lo que respeta la resolución espectral. Una de las grandes ventajas de tener un sensor con un elevado número de bandas, se relaciona con el hecho de que permite la detección de características únicas de un fenómeno dado en una imagen (Drusch *et al.*, 2012).

Resolución radiométrica

La resolución radiométrica de un sensor se refiere al número de bits (2 n) de una imagen, generalmente, los números de bit (número de nivel digital) se codifican en niveles de gris, La resolución radiométrica corresponde a la capacidad que tienen los sensores, con respecto al registro de cambios en la radiación recibida. De hecho, es la habilidad de los sensores para discriminar variaciones de baja energía, o distintos niveles en los que la señal recibida se puede dividir. Por tanto, cuanto mayor sea la resolución radiométrica de un sensor, más sensible es con respecto a registrar la menor diferencia de energía (Drusch *et al.*, 2012).

Interacción de la radiación electromagnética con el suelo.

El comportamiento del suelo con la radiación electromagnética es bastante diferente, en comparación con las otras dos clases mencionadas, explicando este hecho con un comportamiento regular que ocurre en su respuesta espectral, algo difícil de

registrar cuando, en el caso de clases de agua y vegetación. Sin embargo, cabe señalar la existencia de varios factores que contribuyen a la respuesta espectral de los suelos, a saber, la textura, contenido de humedad, cobertura de vegetación, etc. El estudio del comportamiento del suelo con radiación electromagnética constituye una tarea extremadamente difícil, debido a los diferentes estados en los que se encuentran en el momento de las mediciones por los sensores. En general, el comportamiento espectral de los suelos es idéntico al comportamiento del agua, aunque en sentido contrario, estando fuertemente condicionado por los factores antes mencionados. De hecho, los diferentes estados y la cobertura que contienen condicionan significativamente su firma espectral, sin olvidar su composición química. La composición química de los suelos funciona como un buen indicador del estado de suelos, proporcionando información relevante sobre su contenido de agua y humedad, factores que afectan en cierta medida la textura del suelo. Ahora bien, esto es particularmente cierto, dado que las diferencias en la textura se relacionan con las diferencias en el contenido de humedad, ya que los suelos formados por partículas finas retienen más humedad que suelos formados por partículas más gruesas. Por otro lado, los suelos formados por las partículas finas, como el limo, son más compactas que los suelos arenosos. Reflejando un mayor porcentaje de incidente, para el mismo contenido de humedad (Fonseca y Fernándes, 2004: 21)

Clasificación supervisada

Con clasificación supervisada (píxel a píxel), el analista determina a profundidad la información relativa a áreas de interés. En este tipo de clasificación usa los algoritmos de uso frecuencia como: Distancia mínima, Máxima Probabilidad, Máxima Verosimilitud-ICM (Modos Condicionales como Interados de Maxver), que considera el factor “vecindario”, Supervisado (por regiones), existe el Clasificador Battacharia (que requiere entrenamiento), mide separabilidad estadística entre un par de clases espectrales, ClaTex (algoritmo supervisado que usa atributos asociado con las texturas de las regiones de una imagen segmentada), etc. De hecho, con la clasificación supervisada, el analista procede con la caracterización / identificación estadística de varios elementos en el campo, a través del análisis de firmas espectrales de objetos (Lillesand y Kiefer, 2015).

Corrección de imágenes satelitales

Se refiere a un proceso que involucra la utilización de algún software que ayude en gran manera a corregir cualquier disturbio que contenga una imagen, por lo general se

utilizan programas como ArcGIS, QGIS entre otros programas de información geográficos que incluyen dentro de estos apartados para darle su debido correccionamiento, para poder acceder a una imagen clara que pueda ser útil en cualquier proceso que se le quiera dar a dichas imágenes (Sabins, 2007).

ArcGIS

El software ArcGIS, hasta la actualidad es una herramienta muy utilizada en investigaciones sobre el manejo e investigaciones referentes a los sistemas de información geográficos (SIG), este tipo de tecnología que se encuentra a cargo de la compañía ESRI (Enviromental Systems Research Institute), ha ido evolucionando a los requerimientos de todo los lapsos del tiempo.

En la actualidad este programa no solo sirve para elaborar mapas, sino que con las mejores proporcionadas podemos realizar estudios sobre el cálculo de redes, automatizar geo procesos, análisis multitemporales, análisis de cuencas hidrográficas entre muchas más funciones que tiene disponible este software (Asghari, Mohammadi, Dehghani, & Yousefi, 2018).

Tabulación cruzada

Este tipo de clasificación se utiliza para mostrar datos estadísticos sobre la frecuencia de algún suceso en variables numéricas, aquí se procesa una tabla de contingencia para generar un resultado estadístico de alguna actividad periódica de algún tiempo. En el caso de tabulación cruzada para datos de información geográfica se basa en un análisis de los datos obtenidos por los pixeles en diferentes tiempos para poder llevarlos a una comparación a través de tablas, donde se puede resumir los resultados obtenidos (Aldogom, Aburaed, Saad, Mansoori, Shamsi, Maazmi, 2019).