



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Documento de Trabajo **19**

Manual de Procedimientos para Análisis de Vulnerabilidad de las Áreas Naturales Protegidas frente al Cambio Climático



Documento de Trabajo

19

**Manual de Procedimientos para
Análisis de Vulnerabilidad de
las Áreas Naturales Protegidas
frente al Cambio Climático**

Documento de Trabajo 19: Manual de Procedimientos para Análisis de Vulnerabilidad de las Áreas Naturales Protegidas frente al Cambio Climático

© Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP)
Calle Diecisiete N° 355, Urb. El Palomar, San Isidro - Lima
Teléfono: (01) 7177500 / Correo: sernanp@sernanp.gob.pe

Pedro Gamboa Moquillaza
Jefe del SERNANP

Cecilia Cabello Mejía
Directora de la Dirección de Gestión de Áreas Naturales Protegidas

Rudy Valdivia Pacheco
Director de Desarrollo Estratégico del SERNANP

Revisión Técnica:
Rudy Valdivia Pacheco
Edgar Vicuña Miñano

Responsable de Edición:
Rosmery Adela Robles León
Juana Iris Villafani Vega

Diseño y Diagramación:
Comunicaciones SERNANP

Primera edición, marzo 2016

Contenido

1. Introducción
 - 1.1. Vulnerabilidad
 - 1.2. Evaluación de la vulnerabilidad
 - 1.2.1. Definir los objetivos y metas de la evaluación de la vulnerabilidad
 - 1.2.2. Estructura para evaluar la vulnerabilidad
 - 1.2.3. Métodos para evaluar la vulnerabilidad
 - 1.2.4. Socios y transferencia de información

2. Instalación de programas
 - 2.1. ProgramaPanoply
 - 2.2. Programa “CDO” (Climate Data Operators)
 - 2.3. Programa “R”
 - 2.4. Programa “Rstudio”
 - 2.5. Programa “Notepad ++”
 - 2.6. Programa “Java” (Opcional)

3. Estimación del componente climático
 - 3.1. Obtención y tratamiento de datos climáticos
 - 3.1.1. Obtención de datos climáticos
 - 3.1.2. Selección de modelos
 - 3.1.3. Estimación del IRCC
 - a. Tratamiento de datos histórico-presente (1960-1979)
 - b. Tratamiento de datos de los escenarios RCP
 - c. Selección de modelos
 - d. Evaluación del “cambio”
 - e. Interpolación
 - f. Elaboración de mapas de T y P.

4. Estimación del componente no climático

4.1. Índice de efectos por actividades

4.2. Accesibilidad

a. Recuperación de datos geográficos

b. Proceso en ArcGis

5. Estimación de la capacidad adaptativa

5.1. Encuesta “online”

5.2. Gestión participativa

6. Estimación de la vulnerabilidad

7. Bibliografía

1. Introducción

En la actualidad existe cada vez más, estudios que ponen en evidencia el aumento de la intensidad, el grado y la frecuencia de los eventos del clima que afectan la distribución y composición de los ecosistemas, generando pérdida de la diversidad biológica y de los servicios ecosistémicos. En este contexto, las áreas naturales protegidas están siendo consideradas como una herramienta fundamental para la adaptación y resiliencia de la población humana, pero a la vez, éstas enfrentan sus propios desafíos para adaptarse al cambio climático; es aquí, donde la comunidad científica y política viene interviniendo para generar, modificar, mejorar y/o adecuar los planes de conservación basados en sus objetos de conservación a nivel de paisaje, a fin de mantener las muestras representativas de la biodiversidad promoviendo el manejo sostenible y la conservación para mantener los procesos, funciones y servicios ecosistémicos a largo plazo. En tal sentido, existe la necesidad de medir el riesgo al cambio climático de las Áreas Naturales Protegidas-ANP que sirvan como base para el desarrollo de estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático; y que además, puedan servir como base técnica para la gestión del territorio, más aún considerando que las áreas naturales protegidas podrían verse seriamente afectadas por los efectos del cambio climático.

Este manual presenta una forma de identificar las áreas más impactadas por el cambio climático, a través del análisis de su vulnerabilidad; la cual se basa en el método recomendado por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático-IPCC, ente encargado de evaluar las repercusiones del cambio climático a nivel global, quien establece una metodología enfocada en la evaluación de la vulnerabilidad que comprende la exposición, la sensibilidad y la capacidad de adaptación; así, el objetivo de este manual es brindar información sobre los procesos técnicos y metodológicos para realizar la evaluación de la vulnerabilidad de las Áreas Naturales Protegidas frente al cambio climático.

Este manual comprende seis capítulos que empieza por la definición de la vulnerabilidad, su importancia y la problemática actual; además, se presenta las etapas a seguir en el proceso de evaluación de la misma (Definición de objetivos y metas; establecimiento de una estructura de evaluación; identificación y definición del método a seguir en la evaluación y definición del rol de los socios así como la transferencia de información). Enseguida, continúa el proceso de instalación de los programas empleados para el procesamiento de datos, la evaluación del componente climático y no climático, y finalmente la estimación de la vulnerabilidad.

La finalidad de este manual, es compartir y transferir información a las instituciones interesadas en comprender una forma más de evaluar la vulnerabilidad de las áreas naturales protegidas frente al cambio climático.

1.1. Vulnerabilidad

La Vulnerabilidad es un término relativamente nuevo (un poco más de una década) que engloba muchos conceptos (resiliencia, marginalidad, susceptibilidad, adaptabilidad, fragilidad, riesgo, exposición, sensibilidad) y que evolucionó con una progresiva inclusión de los determinantes no climáticos como la capacidad de adaptación (Füssel et Klein, 2006). Involucra diferentes campos de la ciencia y sin embargo, la noción “vulnerabilidad” es aún confusa en la comunidad científica de cambio climático. La vulnerabilidad es relativa y para evaluarla es importante tener una estructura formal que cuente con aspectos bien definidos como la entidad que es vulnerable, el estímulo al cual éste es vulnerable y tener un criterio de preferencia para evaluar el resultado de la interacción entre la entidad y el estímulo (Ionescu et al., 2009). La vulnerabilidad puede interconectar una variedad de campos de investigación como la seguridad alimentaria, pobreza y medios de vida y cambio climático por lo cual, actualmente es utilizada frecuentemente para proporcionar asistencia en comprender las consecuencias de las emergencias y para identificar las debilidades de los planes de emergencia de un área de estudio (Münzberg et al., 2014). De ahí, la necesidad de evaluar la vulnerabilidad frente a un riesgo inminente como el del cambio climático; para ello, se utiliza generalmente conceptos base definidos por Adger (2006), donde la vulnerabilidad es entendida como el grado a que un sistema es susceptible a ser perjudicado por efectos adversos. Además, a través de numerosos estudios se establece la exposición al clima, la capacidad de adaptación (cambio) y la sensibilidad tanto debido al estrés no climático como climático. Una forma general de resumir la evaluación de la vulnerabilidad se resume en la Figura 1.

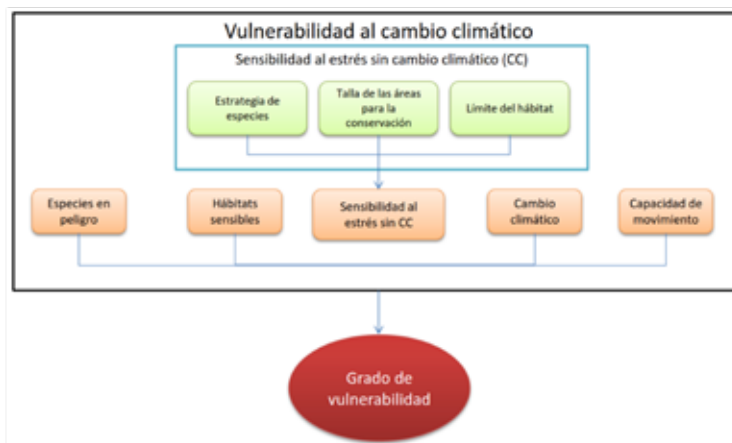


Figura 1: Evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático de áreas protegidas según Zachary et al., 2010 (Una evaluación detallada de la vulnerabilidad de áreas protegidas: Evaluación de especies y vulnerabilidad de las áreas al cambio climático para la estrategia de conservación: Valle de Oregón).

1.2. Evaluación de la vulnerabilidad

La evaluación de la vulnerabilidad es posible respondiendo cuatro preguntas: (i) ¿Cuáles son las metas de la evaluación? es decir, establecer objetivos claros, enfatizar la orientación del problema para tomar decisiones acerca de las acciones de adaptación. (ii) ¿Cómo está enmarcada la evaluación de la vulnerabilidad? Se refiere a la identificación del objeto de estudio y la identificación del objeto al que es vulnerable (instrumentos fundamentales de la vulnerabilidad que son considerados). (iii) ¿Cuáles son los métodos técnicos que conduce la evaluación de la vulnerabilidad? La integridad de los determinantes o componentes de la vulnerabilidad conlleva a una emergente y subjetiva práctica asociada de un número de metodologías desafiantes. Y finalmente (iv) ¿Quién participa en la evaluación y quien facilitará el cambio? (Preston et al., 2011). A continuación, se describe el proceso a seguir para la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático de un área de estudio, en este caso se toma como ejemplo las áreas naturales protegidas del SINANPE.

1.2.1. Definir los objetivos y metas de la evaluación de la vulnerabilidad

El análisis de vulnerabilidad es uno de los métodos para evaluar el riesgo y planificar la acción. Un aspecto clave del análisis de la vulnerabilidad es que los resultados son espacialmente analizados, clasificando metas y objetivos (Willows et al., 2003). Así, un análisis de vulnerabilidad al cambio climático de las ANP provee información, para identificar y categorizar el grado de vulnerabilidad de un área; y por el otro, identificar las variables que caracterizan dicha vulnerabilidad.

En el caso de ANP, la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático provee información crítica para la planificación y la gestión de las mismas ya que permitirán enfocar y priorizar los esfuerzos de manejo y gestión, incidiendo en aquellas acciones que contribuirán a mejorar la capacidad de adaptación o a disminuir la exposición de las ANP. Sin embargo, la gestión de la información sobre la evaluación de la vulnerabilidad se dirigirá principalmente al componente no climático de la vulnerabilidad, donde se pueden tomar acciones directas para parar, disminuir o incluso revertir el efecto. Por el contrario, las acciones sobre el componente climático se limitan a la exposición al clima (temperatura y precipitación).

En ese contexto, para definir los objetivos del estudio, se define la escala, y el objeto de estudio. Por ejemplo, en el caso de la evaluación de la vulnerabilidad de las ANP el objetivo principal es: Evaluar a una escala nacional, el grado de vulnerabilidad de las ANP al cambio climático, considerando tanto variables climáticas como no climáticas, bajo el marco conceptual del IPCC, es decir considerando la exposición, la sensibilidad y la capacidad adaptativa.

Es importante dejar en claro los posibles riesgos potenciales debido a la escala utilizada para el estudio, ya que ello limitaría el análisis a nivel local. Además, los datos de sensibilidad y capacidad de adaptación de la diversidad biológica de los ecosistemas son muy limitados incluso a nivel nacional por lo que en muchos estudios no se les consideran como en el caso de la evaluación de la vulnerabilidad de las ANP. También cabe recalcar que la metodología utili-

zada para estimar el componente climático descrito en este manual no considera eventos extremos por lo que sería necesario un análisis complementario que involucre dichos eventos.

1.2.2. Estructura para evaluar la vulnerabilidad

El siguiente paso a seguir en la evaluación de la vulnerabilidad es definir los componentes del sistema e identificar aquellos que determinan la vulnerabilidad al cambio climático. También, se establece la escala temporal y espacial de la vulnerabilidad.

La evaluación de la vulnerabilidad se debe iniciar con una pregunta base que pueda guiar el análisis; así, se puede empezar con una interrogante como: ¿Qué tan vulnerable es un ANP al cambio climático? Para ello, se considera base el método utilizado por Adger (2006), quien define la vulnerabilidad como la exposición (E) más la sensibilidad (S) menos la capacidad de adaptación (CA) (Ver Ecuación 1).

$$V = E + S - CA \quad (\text{Ecuación 1})$$

En el presente manual, se describe la evaluación de la vulnerabilidad considerando:

(i) la exposición al cambio climático (E), que comprende los factores del clima (incremento de temperatura o de precipitación).

(ii) La sensibilidad (S) comprende los rasgos intrínsecos (al área de estudio) que responde fácilmente (sensibles) a los efectos del cambio climático.

(iii) la capacidad adaptativa (CA) que está relacionada con las capacidades de quienes tienen a su cargo la administración de las áreas protegidas para hacer frente a los efectos del cambio climático: el SERNANP y en particular, las jefaturas de cada ANP. En este caso, la unidad de análisis a partir de la cual se analiza la vulnerabilidad es cada ANP.

El análisis de la vulnerabilidad incluye dos aproximaciones para medir la exposición, el componente climático y no climático. La sensibilidad no se incluye debido a la falta de información disponible; y la capacidad adaptativa se define en términos de las capacidades de las Jefaturas de las ANP para hacer frente al cambio climático y a otros factores.

En la Ecuación 2 se resume los componentes considerados en el análisis de la vulnerabilidad.

$$V = (E)_C + (E - CA)_{NC} \quad (\text{Ecuación 2})$$

- C es utilizada para identificar el componente climático

- NC es utilizada para identificar el componente no climático

La exposición al clima se evalúa con el Índice Regional de Cambio Climático y las variables de exposición no climática con la tasa de crecimiento poblacional, el índice de efectos por actividades económicas y el índice de accesibilidad. La capacidad adaptativa se mide en términos de la gestión del área de estudio, y se evalúa a partir del número de capacitaciones técnicas recibidas por los miembros de las jefaturas de cada ANP y el índice de relaciones entre ac-

tores (ver Figura 2). Solo la exposición climática se proyecta a periodos futuros (2030, 2050, 2080) mientras que los otros parámetros son evaluados a tiempo presente (base 2013).



Figura 2: Estructura para la evaluación de la vulnerabilidad de áreas protegidas del SINANPE al cambio climático.

1.2.3. Métodos para evaluar la vulnerabilidad

El siguiente paso en el análisis de la vulnerabilidad es estructurar el camino a seguir en la evaluación de los componentes, estableciendo los métodos para evaluar cada uno de los parámetros de la vulnerabilidad. Así mismo, se establece medidas frente a la complejidad e incertidumbre del método aplicado (Ver Figura3).

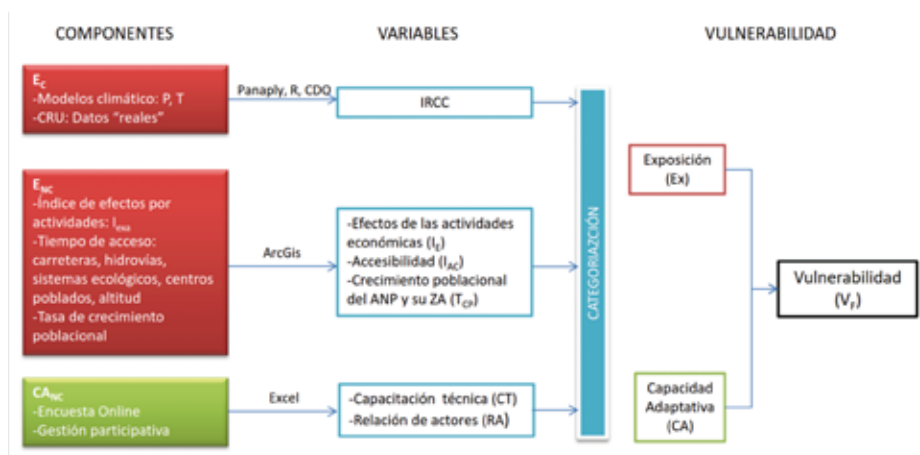


Figura 3: Diseño del método: Procesos para la estimación de la vulnerabilidad.

En general, la vulnerabilidad se estima utilizando tres parámetros (exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa), los cuales pueden o no estar considerados en los estudios debido a la disponibilidad y acceso de la información. En este contexto, en el manual se presenta, una forma de evaluar la vulnerabilidad de las ANP al cambio climático cuya importancia recae en incluir información que ayuda a explicar la vulnerabilidad y además ésta es utilizada en la gestión de las ANP, la cual no es necesariamente un método complejo. Otro tema importante es la escala de evaluación, cuya definición debe estar de acorde a los objetivos de estudio. Así, el estudio a nivel local, se relaciona con información del área del gobierno local o a nivel de municipalidades; para un estudio regional, se relaciona con información del área a nivel regional; para el estudio a nivel nacional, se relaciona con información a escala nacional; y así sucesivamente. En ese sentido, los resultados, discusión de resultados, conclusiones y recomendaciones deben presentarse en la misma escala.

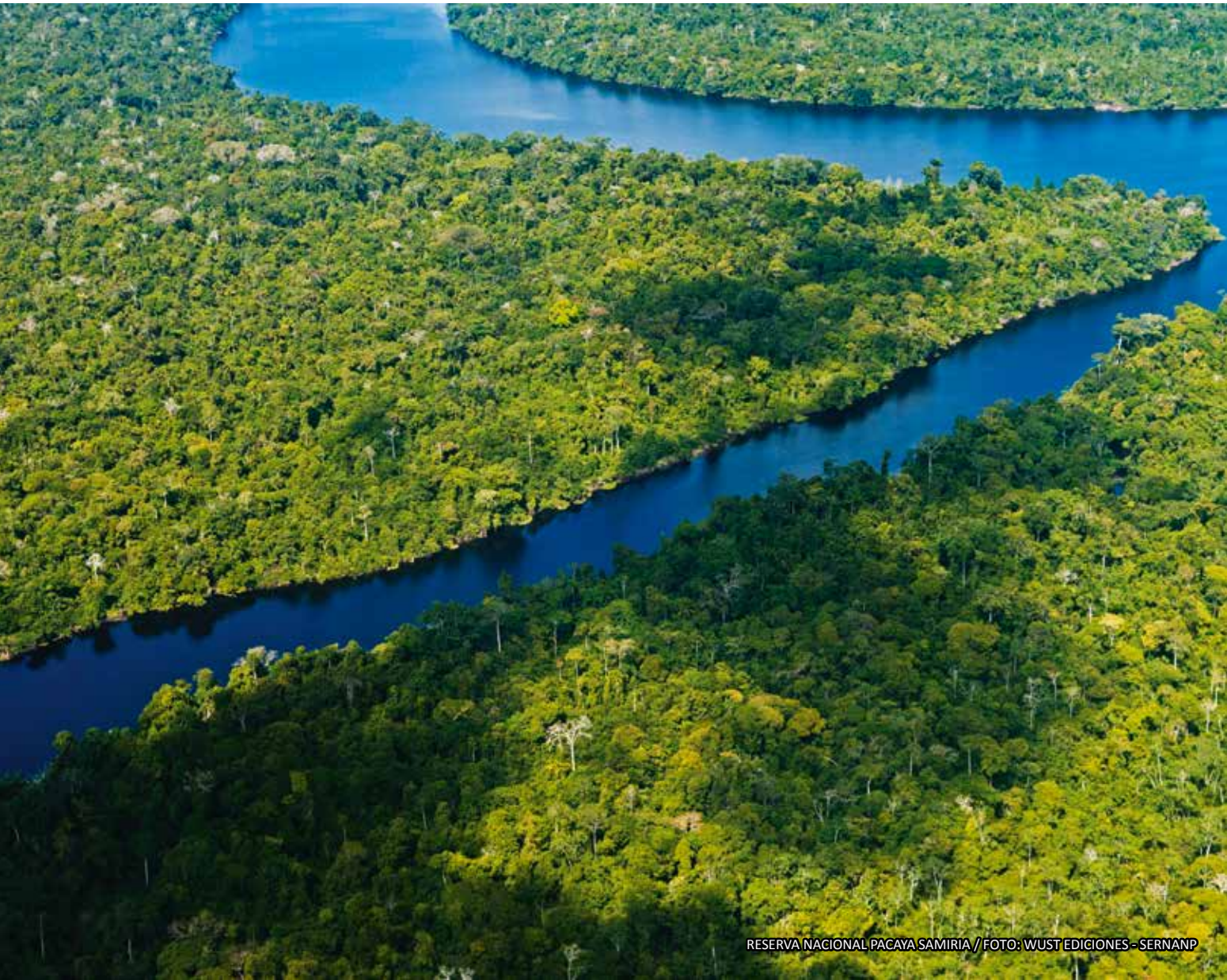
El manejo de la incertidumbre, es decir, establecer mecanismos para el difícil manejo de la incertidumbre, forma parte de la discusión en el análisis de la vulnerabilidad. Tratándose de un estudio que tiene como parámetro fundamental el cambio climático, involucra necesariamente la incertidumbre por tratarse de cambios del clima futuro proyectados con modelos globales de circulación. Un estudio de comparación de los modelos reveló que algunos modelos proyectan valores más extremos que otros; sin embargo, se recomienda utilizar un mayor número de modelos según el área de estudio. La selección de modelos utilizando métodos apropiados (como el Diagrama de Taylor) es una opción para trabajar con modelos menos riesgosos. También se recomienda tener bien definidos los supuestos (hipótesis) y limitaciones (por ejemplo con respecto al método) al inicio del estudio para realizar un análisis de resultados en base a ello. Además, se recomienda lanzar el método cambiando los parámetros de mayor incertidumbre (como los modelos globales de circulación) y elegir aquel resultado que se acerca más a la realidad en base a opinión de expertos y revisión bibliográfica. La evaluación de cada componente y el método utilizado en su evaluación serán detallados más adelante, así como también las herramientas y mecanismos utilizados en cada evaluación.

2.2.4. Socios y transferencia de información

La estructura de la vulnerabilidad es una construcción que emerge de individuos e instituciones que participan en la evaluación del proceso (Preston et al., 2011). Los participantes influyen en la evaluación de objetivos, así por ejemplo para evaluar el componente no climático de la vulnerabilidad, se discutió en conjunto con el SERNANP (entidad encargada de la gestión de las ANP) para identificar las variables, método y herramientas de estimación de la exposición no climática y la capacidad de gestión del ANP. Esta discusión debe estar representada por tipo de roles en la evaluación tales como expertos técnicos (e.g., WWF), gestores o políticos (SERNANP) o grupos interesados (e.g., GIZ). Los actores o partes interesadas que juegan esta diversidad de roles contribuyen con su propio conjunto de entradas y procesos para una evaluación y tratan de satisfacer una o más metas individuales o sociales (Preston et

al., 2011). Los interesados que faltan en las funciones de evaluación clave crean el potencial de lagunas en la evaluación; y además, crean el enfoque preferente de una evaluación en un conjunto limitado de determinantes o escalas. Por ello, una evaluación robusta, incluyendo la estructura, depende del involucramiento de las partes interesadas en el proceso que representa un equilibrio integral y efectiva de los roles (McCall, 2003; Corbett, 2009).

La transferencia de información incluye aspectos operativos importantes como la realización de talleres y capacitaciones que se deben realizar para una mejor evaluación y conocimiento de la importancia del estudio por parte de las instituciones involucradas.





2. Instalación de Programas

2.1. Programa Panoply

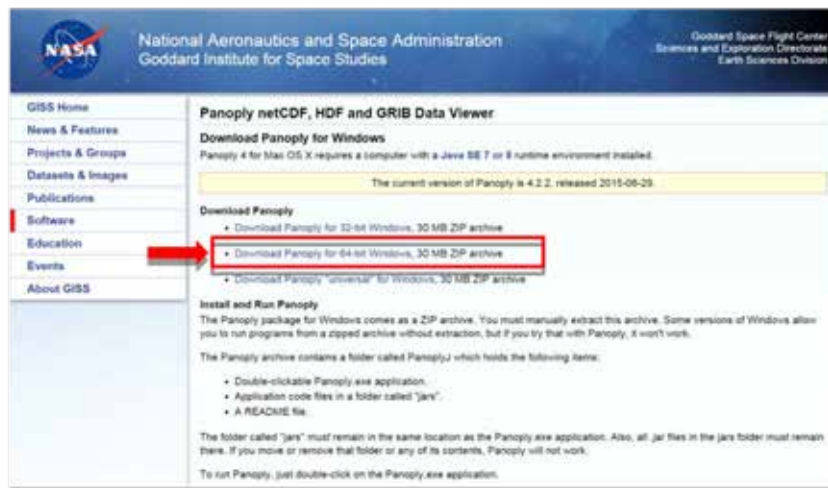
Panoply es una aplicación de programa de plataforma cuyo propósito es de ayudar a plotear imágenes raster. Esto te deja ver fotos creadas con NetCDF, HDF, GEMPACK, GRIB y otro data, y combinarse o segmentar el cuadrículado geográfico y otros tipos de series.

El programa Panoply es utilizado para la verificación de la información de los datos climáticos, debido que se logra visualizar datos NetCDF.

En la instalación del programa se sigue los siguientes procesos:

- **Paso 1:** Descargar el programa “Panoply”, la versión para sistema de 32-bits o 64-bits (de acuerdo al sistema operativo del equipo), en la Página Web: http://www.giss.nasa.gov/tools/panoply/download_win.html.

- **Paso 2:** Descomprimir en la carpeta de trabajo y hacer doble clic en el archivo Panoply (Aplicación), después hacer clic en las opciones siguiente hasta que empiece la instalación.

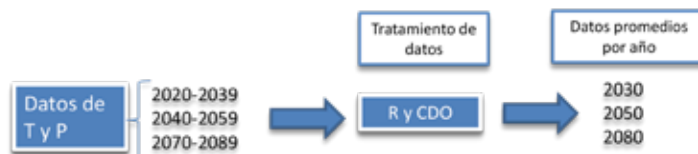


2.2. Programa “CDO” (Climate Data Operators)

CDO (Operadores de Datos Climáticos) es un conjunto de operadores de línea de comando para manipular y analizar el clima y el modelo de datos NWP. Formatos de datos soportados son GRIB 1/2, 3/4 netCDF, SERVICIO EXTRA y IEG. Hay más de 600 operadores disponibles.

Se puede observar la instalación en: <https://code.zmaw.de/projects/cdo/wiki/Win32> y con respecto al manual de uso del operador CDO, se puede descargar a partir de: http://41.138.61.73:3000/doc/_downloads/cdo-user-guide.pdf.

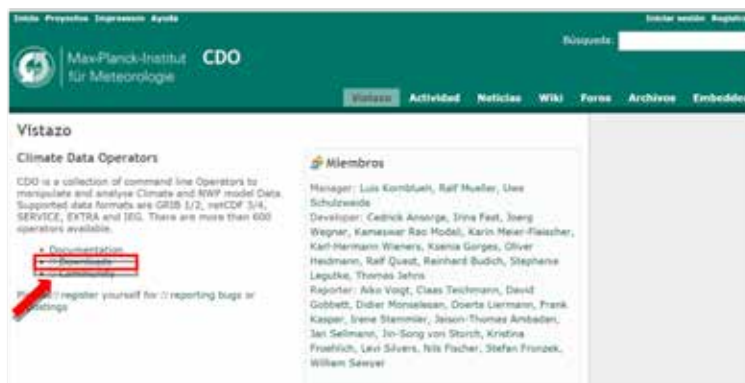
Este operador servirá para juntar los archivos de diferentes periodos en un solo archivo.

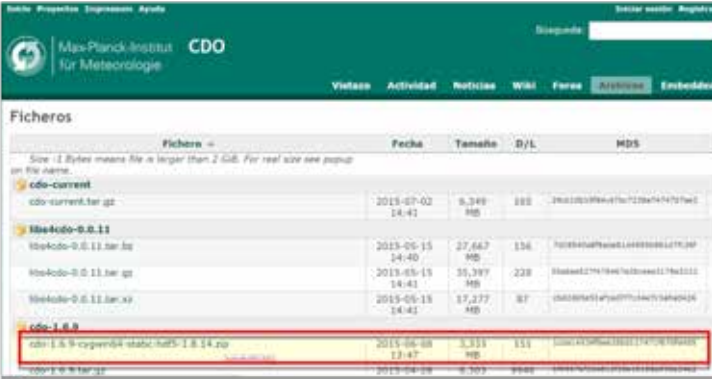


En la instalación del programa se sigue los siguientes procesos:

- **Paso 1:** Descargar el programa “CDO”, que se puede descargar libremente de la Página Web: <https://code.zmaw.de/projects/cdo>.
- **Paso 2:** Hacer clic en *Downloads* y escoger de los ficheros el “*cdo-1.6.9*”
- **Paso 3:** Descomprimir el archivo *cdo* (aplicación) y copiarlo en la carpeta de trabajo que se encuentra en el Disco Local C o D (misma carpeta donde se encuentra los datos climáticos descargados) dentro de una carpeta llamada bin.
- **Paso 4:** Luego para poner en marcha el tratamiento de datos NedCDF, es necesario configurar el CDO. Para ello se ingresa a equipo, propiedades, avanzado, variables del entorno.
- **Paso 5:** Editar la variable *PATH*, y en el valor de la variable colocar la dirección de la carpeta bin y aceptar.
- **Paso 6:** Luego se ingresa al comando y se escribe la dirección exacta de la carpeta que contiene los archivos que se desea juntar. Para corregir la dirección del archivo se utiliza el comando “*cd...*” y para escribir la dirección se utiliza “*cd*”.

Paso 1:



Paso 2:


Max-Planck-Institut für Meteorologie CDO

Inicio Proyecto Imprimir Ayuda

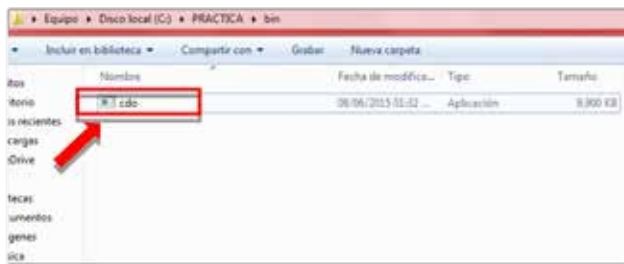
Buscar:

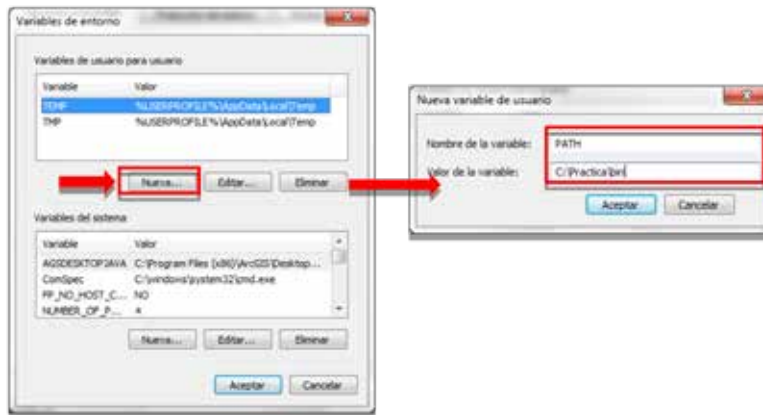
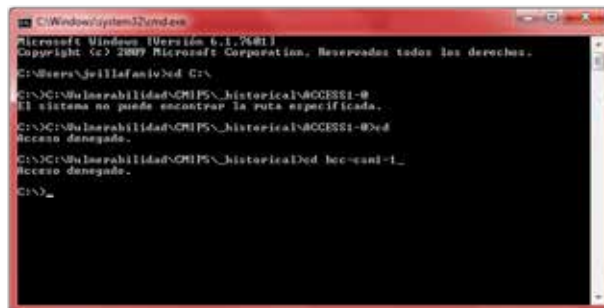
Vistas Actividad Noticias Wiki Foros **Archivos** Embebido

Ficheros

Size: 1 Bytes means file is larger than 2 GB. For real size see popup on file name.

Fichero	Fecha	Tamaño	D/L	MD5
cdo-current	2015-07-02 14:41	8,349 MB	100	29a320396a4767229e7474797ac1
libcdo-0.0.11.tar.gz	2015-05-15 14:40	27,687 MB	136	f0c846a8f6a6c448830884c7f1c29
libcdo-0.0.11.tar.gz	2015-05-15 14:41	35,397 MB	228	84a6d27915e76d36a6d176d332
libcdo-0.0.11.tar.xz	2015-05-15 14:41	17,277 MB	87	050385d1a7a077047c3464026
cdo-1.8.9	2015-04-08 12:47	3,311 MB	151	62aa413056a3303117470870a00
cdo-1.8.9.tar.gz	2015-04-08 12:47	8,307 MB	990	62aa413056a3303117470870a00

Paso 3:**Paso 4:**

Paso 5:**Paso 6:****2.3. Programa “R”**

R, también conocido como “GNU S” es un entorno y un lenguaje para el cálculo estadístico y la generación de gráficos. Además, implementa un dialecto del premiado lenguaje S y provee un acceso relativamente sencillo a una amplia variedad de técnicas estadísticas y gráficas.


En la instalación del programa se siguen los siguientes procesos:

- **Paso 1:** Descargar R del siguiente link: <http://www.r-project.org/>
- **Paso 2:** Hacer clic en *CRAN* de la opción *Download*
- **Paso 3:** Hacer clic en uno de los enlaces, en este caso se considera de Francia (Dept. of Biometry & Evol. Biology University of Lyon).
- **Paso 4:** Hacer clic en *Download R for Windows*

- **Paso 5:** Hacer clic en *Install R for the first time*

- **Paso 6:** Hacer clic en *Download R 3.2.1 for Windows (62 meaqbytes, 32/64 bits)*, luego descomprimir el archivo y hacer doble clic en el archivo R-3.2.1-win (aplicación), después hacer clic en la opción siguiente hasta que empiece la instalación.

Paso 1:



The R Project for Statistical Computing

Getting Started

R is a free software environment for statistical computing and graphics. It compiles and runs on a wide variety of UNIX platforms, Windows and MacOS. To **download R**, please choose your preferred CRAN mirror.

If you have questions about R like how to download and install the software, or what the license terms are, please read our **answers to frequently asked questions** before you send an email.

News

- The R Journal Volume 7/1 is available.
- R version 3.2.1 (World-Famous Astronaut) has been released on 2015-06-18.
- R version 3.1.3 (Smooth Sidewalk) has been released on 2015-03-09.
- useR! 2015, will take place at the University of Aalborg, Denmark, June 30 - July 3, 2015.
- useR! 2014, took place at the University of California, Los Angeles, USA June 30 - July 3, 2014.

Paso 2:

Colombia	https://www.icesi.edu.co/CRAN/ http://www.icesi.edu.co/CRAN/	Icesi University Icesi University
Czech Republic	http://mirrors.nic.cz/R/	CZ.NIC, Prague
Denmark	http://mirrors.dotsrc.org/cran/	dotsrc.org, Aalborg
Ecuador	http://cran.espol.edu.ec/	Escuela Superior Politecnica del Litoral
El Salvador	http://cran.salud.gob.sv/	Ministry of Health (Ministerio de Salud)
Estonia	http://ftp.eenet.ee/pub/cran/	EENet
France	http://cran.univ-lyon1.fr/ http://mirrors.ibcp.fr/pub/CRAN/ http://ftp.igh.cnrs.fr/pub/CRAN/ http://cran.univ-paris1.fr/	Dept. of Biometry & Evol. Biology, University of Lyon CNRS IBCP, Lyon Institut de Genetique Humaine, Montpellier Universite Paris 1 Pantheon-Sorbonne
Germany	http://mirrors.softliste.de/cran/ http://ftp5.gwdg.de/pub/misc/cran/ http://cran.sciserv.eu/	Softliste.de, Berlin GWDG Goettingen Michael Marz (private)

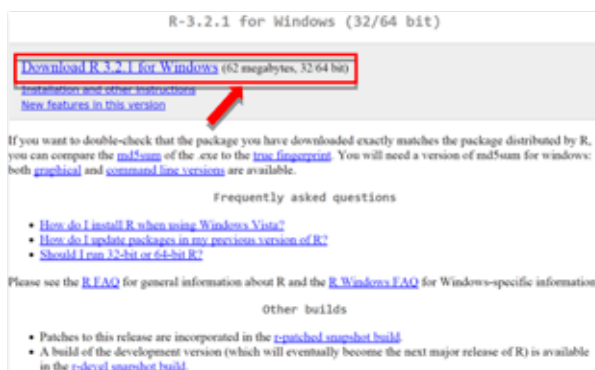
Paso 3:



Paso 4:



Paso 5:



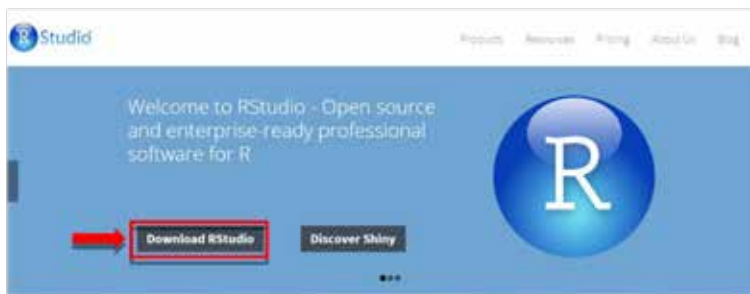
2.4. Programa “Rstudio”

RStudio es un entorno de desarrollo integrado (IDE) para R. Es software libre con licencia GPLv3 y se puede ejecutar sobre distintas plataformas (Windows, Mac or Linux) o incluso desde la web usando RStudio Server.

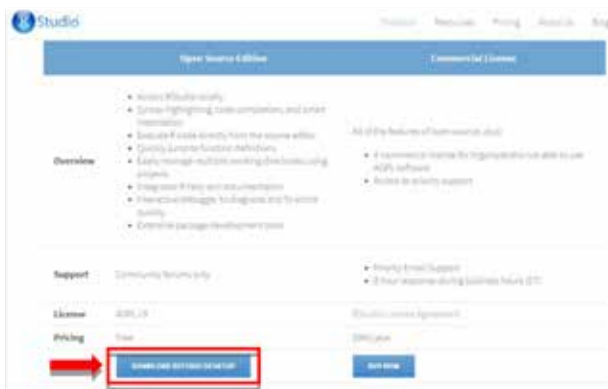
En la instalación del programa se sigue los siguientes procesos:

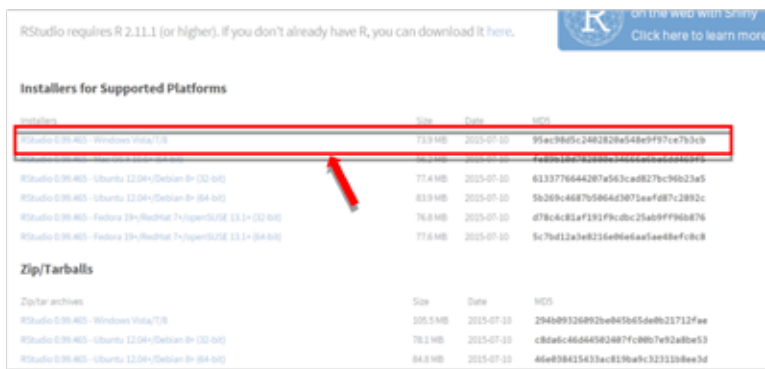
- **Paso 1:** Descargar RStudio del siguiente link: <http://www.rstudio.com/>
- **Paso 2:** Hacer clic en la opción *Download Rstudio*
- **Paso 3:** Hacer clic en la opción *Download Rstudio Desktop*
- **Paso 4:** Hacer clic en la opción *Rstudio 0.99.465-Windows Vista 7/8*
- **Paso 5:** Descomprimir el archivo en la carpeta de trabajo y hacer doble clic en el archivo RStudio-0.99.467 (aplicación), luego hacer clic en la opción siguiente hasta que empiece la instalación.

Paso 1 y 2:



Paso 3:



Paso 3:


RStudio requires R 2.11.1 (or higher). If you don't already have R, you can download it here. [on the web with shiny](#)
Click here to learn more

Installers for Supported Platforms

Installer	Size	Date	MD5
RStudio 0.99.405 - Windows Vista/7/8	75.9 MB	2015-07-10	95ec9665c246028e046ef9751e793e9
RStudio 0.99.405 - Ubuntu 12.04+Debian 6+ (32 bit)	77.4 MB	2015-07-10	6133776644287a563ca0827bc96b23a5
RStudio 0.99.405 - Ubuntu 12.04+Debian 6+ (64 bit)	83.9 MB	2015-07-10	5b269c4687b58664c0873eaf687c2892c
RStudio 0.99.405 - Fedora 19+Redhat 7+OpenSUSE 13.1+ (32 bit)	76.8 MB	2015-07-10	d78c4c81a7193f9cdbc25ab9ff96b676
RStudio 0.99.405 - Fedora 19+Redhat 7+OpenSUSE 13.1+ (64 bit)	77.8 MB	2015-07-10	5c7e012a3e823e06e0ca5a68ef6bc8


Zip/Tarballs

Zip/Tar archives	Size	Date	MD5
RStudio 0.99.405 - Windows Vista/7/8	105.5 MB	2015-07-10	294d99326992be045d65de0623712fae
RStudio 0.99.405 - Ubuntu 12.04+Debian 6+ (32 bit)	78.1 MB	2015-07-10	c80a6c46d44502487fc8057e92a0be53
RStudio 0.99.405 - Ubuntu 12.04+Debian 6+ (64 bit)	84.8 MB	2015-07-10	46e03043433ac8130e0c323130ee3d

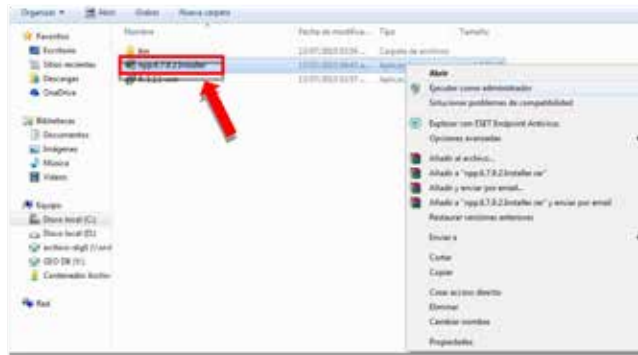
2.5. Programa “Notepad ++”

Notepad++ es un editor de texto potente y repleto de opciones. A medio camino entre un bloc de notas mejorado y un entorno de desarrollo ligero, Notepad++ es la mejor elección a la hora de editar texto en Windows.

En la instalación del programa se sigue los siguientes procesos:


- **Paso 1:** Descargar el Software “Notepad ++” del link: <https://notepad-plus-plus.org/download/v6.7.9.2.html>.
- **Paso 2:** Hacer clic en la opción *Download*
- **Paso 3:** Descomprimir el archivo en la carpeta de trabajo y hacer doble clic en el archivo  npp.6.7.9.2.Installer (aplicación), luego hacer clic en la opción siguiente hasta que comience la instalación.

Paso 1:

Paso 2:**2.6. Programa “Java” (Opcional)**

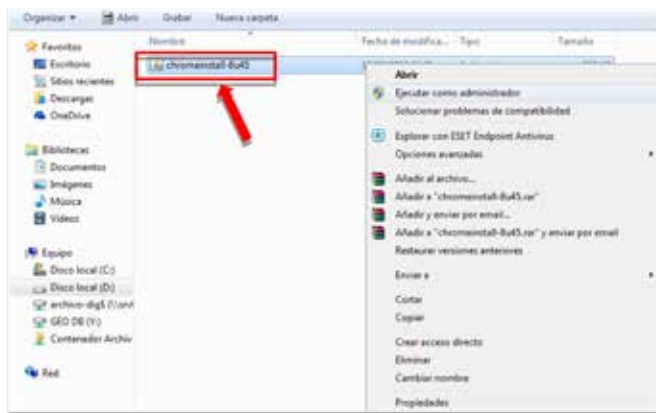
Java es un lenguaje de programación de propósito general, concurrente, orientado a objetos que fue diseñado específicamente para tener tan pocas dependencias de implementación como fuera posible. Su intención es permitir que los desarrolladores de aplicaciones escriban el programa una vez y lo ejecuten en cualquier dispositivo, lo que quiere decir que el código que es ejecutado en una plataforma no tiene que ser recompilado para correr en otra.

En la instalación del programa se sigue los siguientes procesos:

- **Paso 1:** Descargar el Software “Java” del siguiente link: <https://www.java.com/es/download/>.
- **Paso 2:** Hacer clic en la opción *Descarga Gratuita de Java*
- **Paso 3:** Descomprimir el archivo en la carpeta de trabajo y hacer doble clic en el archivo  `chromeinstall-8u45` (aplicación), luego hacer clic en las opciones “siguiente” hasta que empiece la instalación.

Paso 1:

Paso 2:



3. Estimación del componente climático

3.1. Obtención y tratamiento de datos climáticos

3.1.1. Obtención de datos climáticos

Los datos del clima, temperatura del aire de la superficie y la precipitación mensual utilizado en el estudio son estimados por los modelos globales del clima a una resolución que varía entre 1.25° y 3.75° que se encuentran disponibles en la página Web del PCMDI: http://cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/data_portal.html.

Para descargar la información es necesaria una inscripción previa en el mismo sitio para lo cual se debe especificar el uso de estos datos (investigación, comercio, enseñanza, etc.) para obtener un determinado nivel de permiso.



Los datos se encuentran muy bien organizados por categorías y para descargarlos se considera: el tipo de proyecto, modelo, familia experimental, experimento y frecuencia. Así, para acceder a los modelos se debe seleccionar el proyecto CMIP5; en la categoría “familia experimental” se selecciona los datos históricos o RCP; en la categoría “experimento” se selecciona los datos de los escenarios RCP (RCP26, RCP45, RCP60 y RCP85); y en la de “frecuencia” se selecciona datos mensuales. Los datos de una frecuencia mensual, modelo y escenario de-

terminados del proyecto CMIP5 se presentan en diferentes run o repeticiones (se registra diferentes run o repeticiones debido a variaciones en las pruebas de lanzamiento del modelo como cambio en los datos de estimación o cambios en condiciones experimentales de laboratorio respectivamente) los cuales pueden o no estar disponibles de manera gratuita. En todo los casos, una vez seleccionado el run o repetición se selecciona las variables temperatura del aire de la superficie y precipitación mensual para determinados periodos que podrían estar repartidos en diferentes archivos NetCDF.

El proyecto CMIP5 comprende cuatro experimentos climáticos llamados rutas de concentración representativa (RCP *Representative Concentration Pathways*) que reflejan diferentes respuestas del clima a concentraciones de gases de efecto invernadero. El RCP 8.5 es el experimento más extremo en el que la temperatura al 2100 puede aumentar en 4°C (con respecto al período 1850- 1900) con una concentración de CO₂ que supera los 1000 ppm. Por el contrario, el escenario RCP2.6 es el más optimista y describe una situación en donde se mantienen las condiciones actuales y la temperatura al 2100 podría bordear los 1.5°C (IPCC, 2013; Taylor et al., 2011). Las unidades de los datos originales de los modelos fueron convertidas a unidades de uso común en Perú.

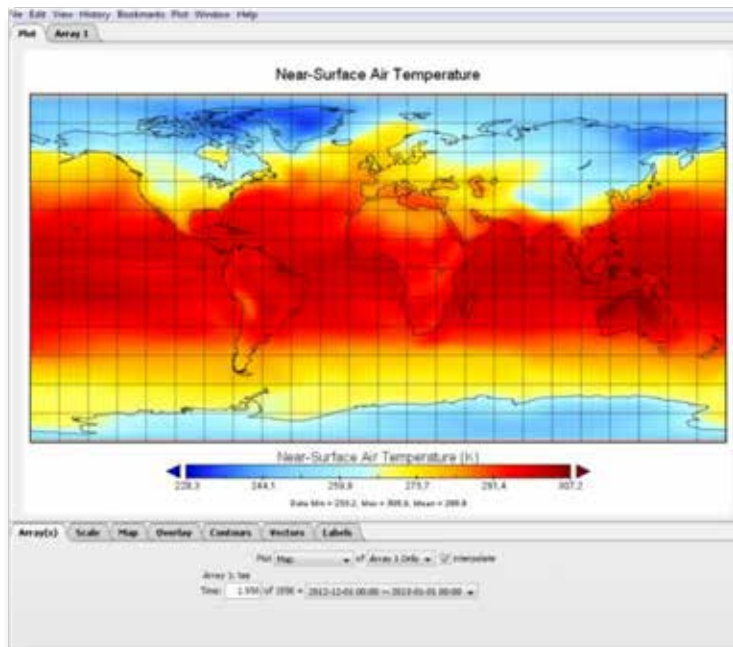
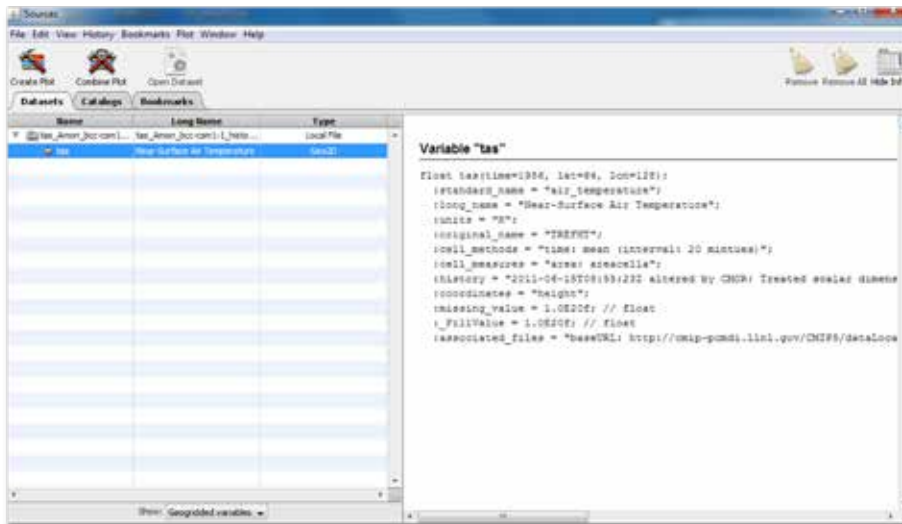
Todos los archivos descargados se organizan en carpetas por modelo dentro de cada escenario RCP e histórico con la finalidad de facilitar el tratamiento de datos con el operador CDO y los programas Panoply, R y Notepad++ (programas especiales para tratar datos de formato “.nc”).

Se organiza de la siguiente forma:

- Generar la ruta: C:\vulnerabilidad
- Crear las carpetas: CMIP5, bin, _historical, R, rcp26, rcp45, rcp60, rcp85



El primer paso a seguir después de la descarga de los datos es la verificación de la información con el programa Panoply, utilizado para visualizar datos NetCDF. En caso de encontrar datos faltantes descargar el archivo nuevamente.



El siguiente paso es crear un solo archivo “.nc” de temperatura y precipitación con un periodo determinado para cada modelo, escenario y experimento. Así, para el experimento histórico se considera el periodo 1960-1979 y para el experimento RCP se consideran tres periodos 2020-2039, 2040-2059 y 2070-2089, las cuales se corresponden a las predicciones 2030, 2050 y 2080 respectivamente.

Se utiliza el programa R para obtener los archivos de las variables de manera sistemática y el operador CDO para ejecutar los comandos de R. Se trabaja con un promedio de una ventana de 20 años para reducir el efecto del calentamiento de los años 70's y para una mejor planificación y toma de decisiones efectivas sobre áreas protegidas. Sin embargo, esta ventana puede variar según los objetivos de estudio.

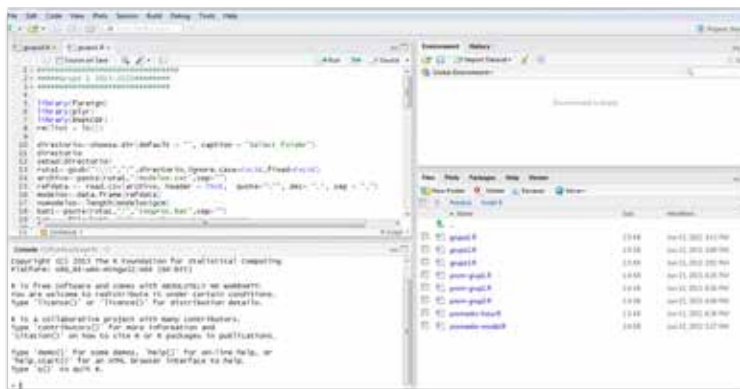
Por tanto, prosigue el siguiente proceso:

- **Paso 1:** Abrir el programa R para programar las funciones de CDO y realizar los corte de datos de manera sistematizada a través del archivo .bat

- **Paso 2:** Programar los cortes de datos deseables, este caso 20 años y también se juntan datos según sea el caso.

Ejemplo: La función de CDO “mergetime” para juntar los archivos, se utiliza como sigue: `cdo mergetime pr_Amon_bcc-csm1-1_rcp45_r1i1p1_200601-209912.nc pr_Amon_bcc-csm1-1_rcp45_r1i1p1_210001-230012.nc pr_Amon_bcc-csm1-1_rcp45_r1i1p1_200601-230012.nc` donde:

- `pr_Amon_bcc-csm1-1_rcp45_r1i1p1_200601-209912.nc`: es el primer archivo a juntar.
- `pr_Amon_bcc-csm1-1_rcp45_r1i1p1_210001-230012.nc`: es el Segundo archivo que continua para adjuntar.
- `pr_Amon_bcc-csm1-1_rcp45_r1i1p1_200601-230012.nc`: es el archivo resultante donde los datos de precipitación (pr) van desde el 1 de Junio del 2006 (fecha de inicio del primer archivo) hasta el 1 (se sobre entiende) de Diciembre del 2300. (Fecha final del último archivo).



Los datos del clima fueron utilizados para estimar el IRCC (índice regional de cambio climático) e identificar zonas calientes (hotspots) de cambio climático, para lo cual se utilizó la metodología de Giorgi (2006). El IRCC se estima siguiendo un enfoque conservador, el cual sugiere trabajar con modelos más “confiables” discriminando aquellos que estiman valores extremos, a diferencia del enfoque extremista que propone utilizar todos los modelos posibles con el objetivo de preservar las variaciones extremas debidas al cambio climático (Knutti et al., 2013; Taylor, 2001).

Se recomienda evaluar los dos enfoques y según los resultados de los datos decidir la mejor opción para estimar el IRCC. En el test realizado en el estudio de Análisis de vulnerabilidad de las ANP del SINANPE al cambio climático se descartó utilizar todos los modelos debido a que éstos “enmascaran” las variaciones climáticas y se utilizó el enfoque conservador.



Figura 4: Modelos Globales del clima (MCG).



Figura 5: Los escenarios climáticos del proyecto CMIP5: RCP8.5, la temperatura al 2100 con una concentración de CO₂ supera los 1000 ppm CO₂ eq, RCP2.6 el incremento de la T°C podría bordear e incluso superar los 1.5°C permisibles.

3.1.2. Selección de modelos

La selección de modelos se realiza utilizando los datos de temperatura por ser más estables que la precipitación. En todos los casos, antes de realizar operaciones matemáticas, los datos de temperatura y precipitación son transformados de grados Kelvin a grados Celsius (Kelvin -273.15) y los valores de precipitación mensual fueron convertidos de kilogramos/metros²/segundo a milímetros/mes ($\text{kg/m}^2/\text{s} \times 86400 \times \text{\#días cada mes}$).

El método del Diagrama de Taylor se utiliza para la selección de modelos con la finalidad de discriminar los modelos que estiman valores extremos (Taylor, 2001), y consiste en comparar la desviación estándar y la correlación entre los valores de temperatura estimados por el modelo y aquellos estimados para cada Unidad de Investigación del Clima o CRU por sus siglas en inglés (Climate Research Unit) (New et al., 2002). Los datos del CRU, son datos estimados para el periodo de 1960 - 1990 a una resolución de 10 minutos de grado. La estimación de estos datos se realizó a partir de datos obtenidos de estaciones meteorológicas instaladas a nivel mundial (New et al., 2002).

El diagrama de Taylor muestra los valores de la desviación estándar, la correlación y el cuadrado medio del error (RMS por sus siglas en inglés) que mide el error relativo de los modelos con respecto al CRU (Taylor, 2001). Así, los modelos agrupados cerca a los valores del CRU presentan mayor correlación, valores cercanos de desviación estándar y menor error relativo (Ver Figura 6).

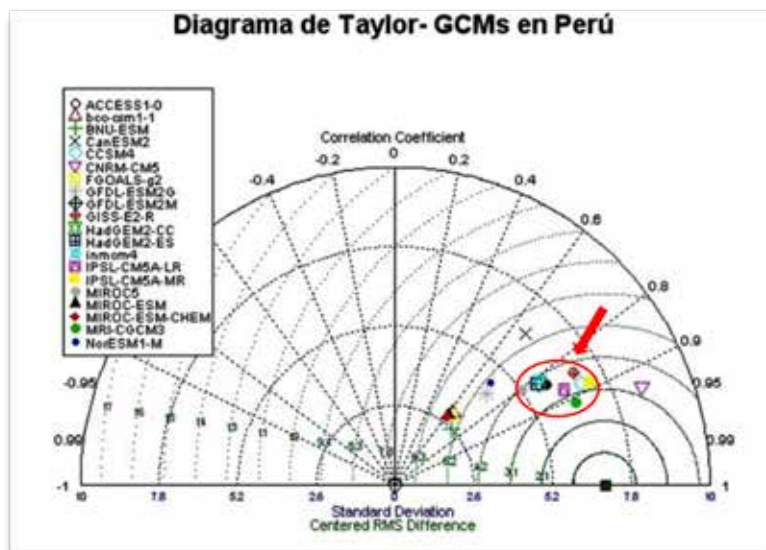


Figura 6: Selección de modelos de circulación global (GCMs) utilizando el Diagrama de Taylor. Correlation Coefficient: Coeficiente de correlación, Standard Deviation: Desviación estándar, Centered RMS Difference: Diferencia Centrada del Cuadrado Medio del Error.

N°	Modelo	Resolución	Escenarios climáticos				
		Lon/lat	Histórico	RCP26	RCP45	RCP60	RCP85
1	ACCESS1-0	1.25°x1.9°	2		1		1
2	CCSM4	1.25°x0.9°	3	5	6	6	6
3	GISS-E2-R	2.5°x2°	1	1	6	1	2
4	HadGEM2-ES	1.9°x1.25°	5	4	4	4	4
5	inmcm4	2°x1.5°	1		1		1
6	IPSL-CM5A-MR	2.5°x1.25°	3	1	1	1	1
7	IPSL-CM5A-LR	1.9°x3.75°	6	4	4	1	4
8	MIROC5	1.4°	5	3	3	3	3
9	MRI-CGCM3	1.9°	3	1	1	1	1

Tabla 1: Lista de modelos, escenarios RCP, resolución y repeticiones por RCP incluidos en el análisis.

3.1.3. Estimación del IRCC

El índice regional de cambio climático (IRCC) es un índice comparativo para identificar las regiones más expuestas al cambio climático o Hotspots. Es comparativo porque un bajo valor del IRCC no implica un cambio absoluto mínimo, sino solo una respuesta moderada al clima comparado con otras unidades de análisis. Este índice se define tomando como base el cambio en la precipitación y temperatura promedios, así como el cambio en la variabilidad inter-anual promedio de la temperatura y la precipitación (Giorgi, 2006).

El IRCC se calcula utilizando cuatro variables: la relación entre el cambio en la temperatura promedio superficial del aire en cada unidad de análisis con respecto al cambio en la temperatura global promedio (o factor de amplificación del calentamiento regional, *RWAF* por sus siglas en inglés), el cambio en la precipitación promedio regional (ΔP , % de su valor actual), el cambio en la variabilidad inter-anual de la temperatura superficial del aire a nivel regional ($\Delta\sigma_p$, % de su valor actual) (Giorgi et Bi, 2005; Giorgi, 2006). La variabilidad inter-anual de la temperatura y de la precipitación ($\Delta\sigma_T$, $\Delta\sigma_p$ respectivamente) se incluyen como medidas de la variabilidad climática las cuales son fundamentales para muchos sectores, como la agricultura o la gestión del agua. Al mismo tiempo, la $\Delta\sigma_T$ y $\Delta\sigma_p$ pueden representar un indicador “proxy” de eventos climáticos extremos, como las sequías o las inundaciones (Torres et al., 2012). En el caso de la precipitación, se utilizó el coeficiente de variación (*CV*) definido como la desviación estándar (*DE*) dividida por el promedio, con el fin de reducir la dependencia de la variabilidad de la precipitación respecto al promedio. Esta es una medida recomendada de la variabilidad para datos de precipitación, ya que los grandes rangos naturales en valores pueden enmascarar variaciones significativas (Torres et al., 2012).

El IRCC se calcula utilizando los valores interanuales promedio de la época seca (*ES*: mayo a octubre) y la época húmeda (*EH*: noviembre a abril). Aunque ésta división anual podría ser

arbitraria en algunas partes del país, refleja la distribución aproximada de las precipitaciones en la Amazonía peruana y grandes porciones de los Andes. Un análisis de mayor resolución espacial podría requerir ajustes más precisos basados en los patrones climáticos locales relacionados con la magnitud absoluta de la precipitación.

El proceso para la estimación del IRCC comprende siete etapas, descritas a continuación:

a. Tratamiento de datos histórico-presente (1960-1979)

El tratamiento de datos se realiza utilizando los datos de temperatura y precipitación estimados por el experimento “histórico” (modelados para el periodo 1850-2010) de los modelos globales. Los datos que incluyen por lo menos dos repeticiones para el mismo experimento o escenario se promedian para luego ser utilizados como representativo para su inclusión en el análisis. El experimento histórico es utilizado como línea de base para la comparación de los escenarios futuros. Como resultado de esta etapa, se obtiene los valores promedios para un periodo de 20 años de la temperatura, precipitación, desviación estándar de la temperatura y el coeficiente de variación de la precipitación. Además, se utiliza los datos de la temperatura media, en un periodo de 20 años, para realizar la selección de modelos.

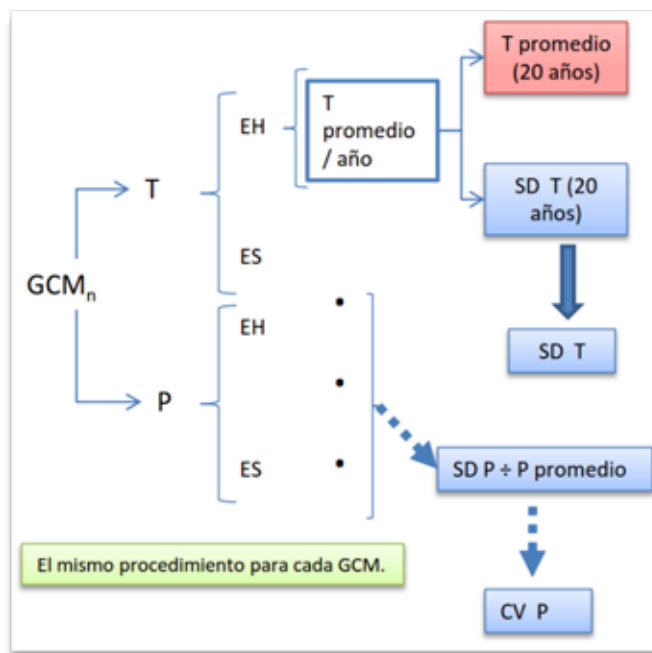


Figura 7: Proceso para el tratamiento de datos históricos. GCMs: Modelos de circulación global, T: temperatura, P: precipitación, EH: estación húmeda (Noviembre-Abril), ES: estación seca (Mayo-Octubre). SD: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación.

b. Tratamiento de datos de los escenarios RCP

El tratamiento de datos se realiza utilizando los datos de temperatura y precipitación provistos por los modelos globales del clima previa selección. Los datos que incluyen por lo menos dos repeticiones para el mismo experimento o escenario futuro son promediados y luego se utilizan como representativos para su inclusión en el análisis.

Se analizan tres períodos futuros para capturar la variabilidad del clima en cada período: (i) 2030 (2020-2039), (ii) 2050 (2040-2059) y (iii) 2080 (2070-2089). En cada caso se considera una ventana de 20 años, para corresponder con el período del experimento histórico y además porque se considera este periodo como adecuado para tomar acciones de gestión en áreas protegidas.

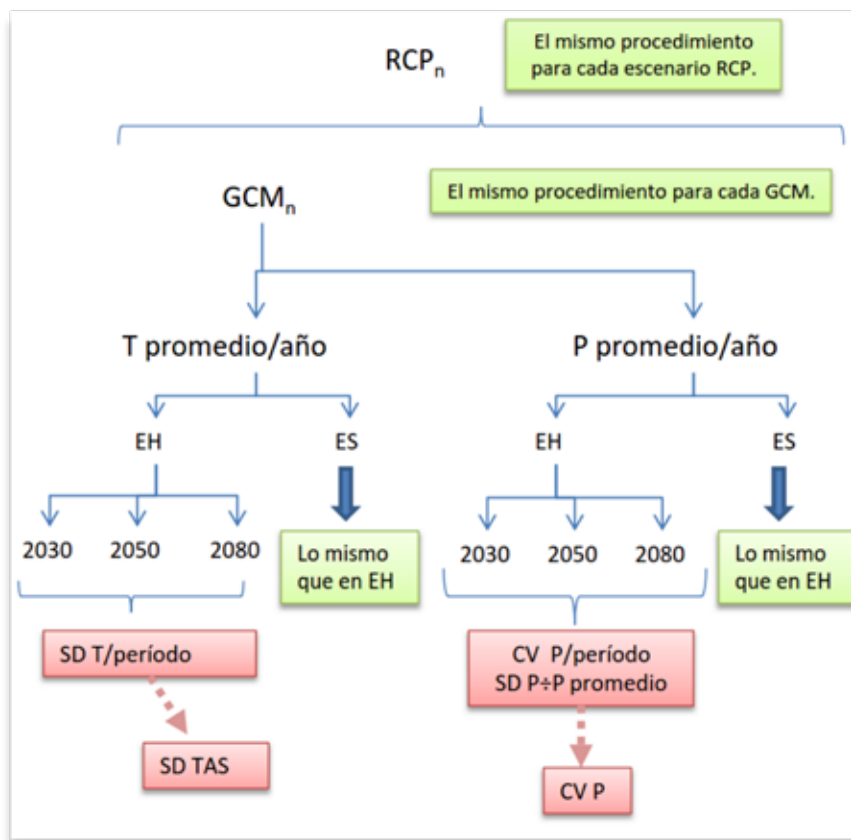


Figura 8: Proceso para el tratamiento de datos futuros. RCP: Escenarios RCP, GCMs: Modelos de circulación global, EH: estación húmeda (Noviembre-Abril), ES: estación seca (Mayo-Octubre), SD: desviación estándar, CV: Coeficiente de variabilidad, P: Precipitación, T: temperatura.

c. Selección de modelos

La selección de modelos se realiza utilizando el Diagrama de Taylor, el cual se detalla en la parte “selección de modelos”.

d. Evaluación del “cambio”

Se calcula los valores medios de cada una de las variables (precipitación media regional, variabilidad inter-anual de la temperatura a nivel regional y variabilidad inter-anual de la precipitación regional) y su variación para cada periodo (2030, 2050 y 2080), para cada modelo y cada experimento (escenario) futuro, luego se calcula el cambio en relación con su propio valor de referencia histórica siguiendo el método de Giorgi (2006).

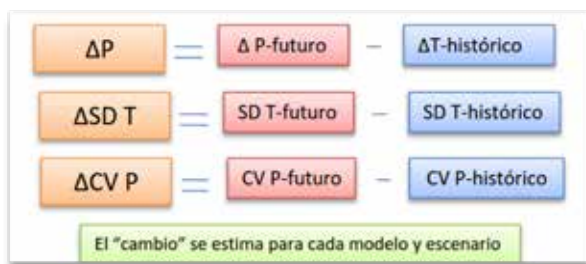


Figura 9: Evaluación de la variación (“cambio”) de la precipitación (P), desviación estándar de la temperatura (SD T) y coeficiente de variabilidad de la precipitación (CV P).

e. Interpolación

La interpolación es un proceso que se realiza sobre los datos climáticos para bajar la resolución (Ver Figura 10). Para ello, se utiliza el método de interpolación de (Giorgi et Mearns, 2002), el cual se basa en una aproximación cuantitativa y no probabilística de los datos; para ello, se aplica el método Akimaspline que consiste en interpolar una curva de datos continuos (líneas) entre dos intervalos de puntos. Así, la resolución de los datos climáticos se reduce a 10’.

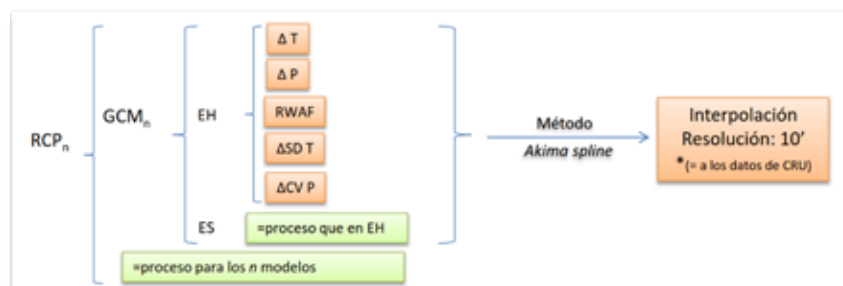


Figura 10: Proceso de interpolación de las variables climáticas. *RWAF*: Factor de amplificación del calentamiento regional, ΔP : el cambio en la precipitación media (% de su valor actual), $\Delta \sigma_T$: cambio en la variabilidad inter-anual de la temperatura superficial del aire (% de su valor actual) y $\Delta \sigma_P$: cambio en la variabilidad inter-anual de la precipitación (% de su valor actual), CRU: Unidad de investigación del clima.

f. Elaboración de mapas de T y P

Como parte de los resultados se obtiene los datos de temperatura y precipitación promedio estimados para los periodos futuros (2030, 2050, 2080).



Figura 11: Proceso de elaboración de mapas de temperatura y precipitación futura (T y P respectivamente). CRU: Unidad de investigación del clima.

El IRCC se calcula como se muestra en la Ecuación 3.

$$IRCC = (n[\Delta P] + n[\Delta\sigma_P] n[RWAF] + n[\Delta\sigma_T])_{EH} + (n[\Delta P] + n[\Delta\sigma_P] + n[RWAF] + n[\Delta\sigma_T])_{ES} \dots \text{(Ecuación 3)}$$

Los valores de $\Delta\sigma_T$ y $\Delta\sigma_P$, se calculan después de eliminar las tendencias lineales de los datos sobre un periodo de 20 años para obtener estimaciones no sesgadas de la variabilidad.

Así, en el caso de la temperatura, el incremento paulatino de la misma generaría siempre mayor variabilidad, ya que mayores valores tienden a presentar mayor variabilidad estadística. En la Ecuación 3, n es un número entero que varía de 0 a 4 como se describe en la Tabla xx, los cuales representan las categorías de cada variable considerada en la estimación del IRCC (Giorgi, 2006). Como consecuencia de ello, los valores más pequeños por debajo de un cierto umbral no contribuyen al índice ($n = 0$) y los más grandes se categorizan con mayor peso (es decir, el factor n se duplica de una categoría a la siguiente).

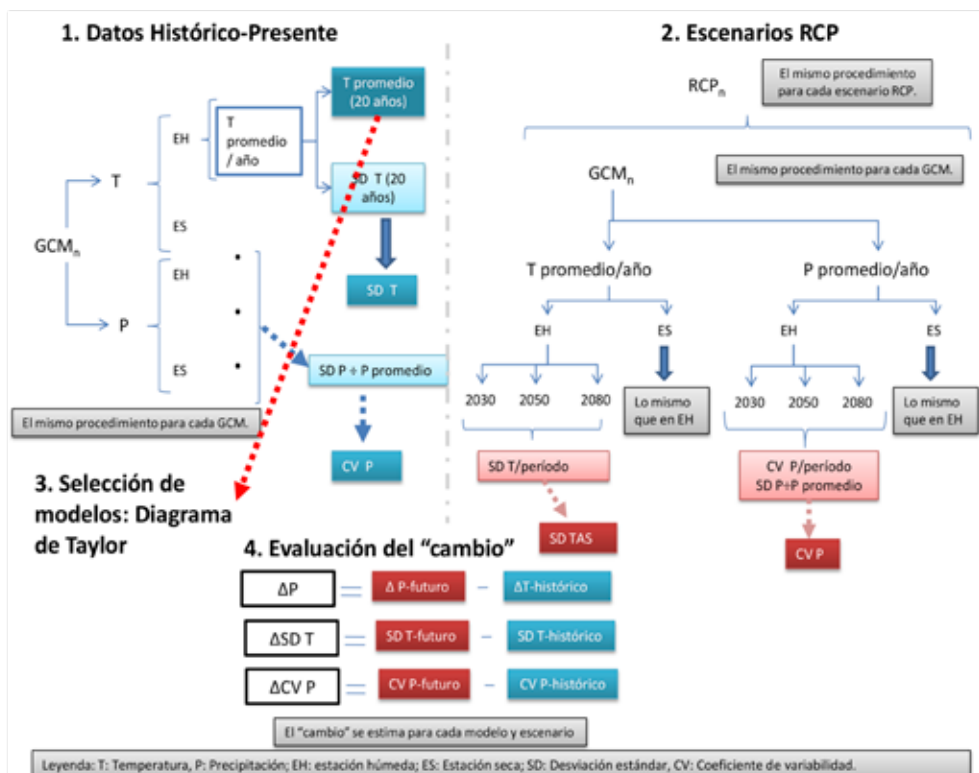
n	ΔP	$\Delta\sigma_P$	$RWAF$	$\Delta\sigma_T$
0	<5%	<5%	<1.1	<5%
1	8-10%	8-10%	1.1-1.3	8-10%
2	10-15%	10-20%	1.3-1.5	10-15%
4	>15%	>20%	>1.5	>15%

Figura 11: Categorías de n según los valores de cada variable utilizada en la estimación del IRCC (Índice regional de cambio climático) (Giorgi, 2006). $RWAF$: factor de amplificación del calentamiento regional, ΔP : Cambio en la precipitación media regional (%), $\Delta\sigma_T$: Cambio en la variabilidad inter-anual de la temperatura superficial del aire a nivel regional (%), $\Delta\sigma_P$: Cambio en la variabilidad inter-anual de la precipitación regional (%).

En resumen, el IRCC se calcula en cada unidad de análisis de 10 minutos de grado sexagesimal por lado promediando el cambio de cada una de las cuatro variables para cada periodo de estudio (2030, 2050 y 2080) en referencia al periodo base (1970); promediando luego los resultados de todos los experimentos (escenarios) (RCP26, RCP45, RCP60 y RCP85), y finalmente promediando los valores y escenarios para el cambio climático esperado en cada punto individual de la cuadrícula. Además, en los cálculos intermedios se puede identificar la contribución de cada experimento (por ejemplo IRCC RCP26) y las variables que contribuyen (ΔP , $\Delta\sigma_P$, $RWAF$ y $\Delta\sigma_T$) al clima proyectado en cada unidad de análisis. Así por ejemplo, si tenemos valores de n de 0, 1, 2, 1 y 4 para la estación húmeda y 1, 4, 0 y 0 para la estación seca, correspondientes a las categorías de las variables climáticas (ΔP , $\Delta\sigma_P$, $RWAF$ y $\Delta\sigma_T$ respectivamente), entonces el IRCC se calcula como sigue.

$$IRCC = [0+1+2+1+4]_{EH} + [1+4+0+0]_{ES}$$

$$IRCC = 11$$



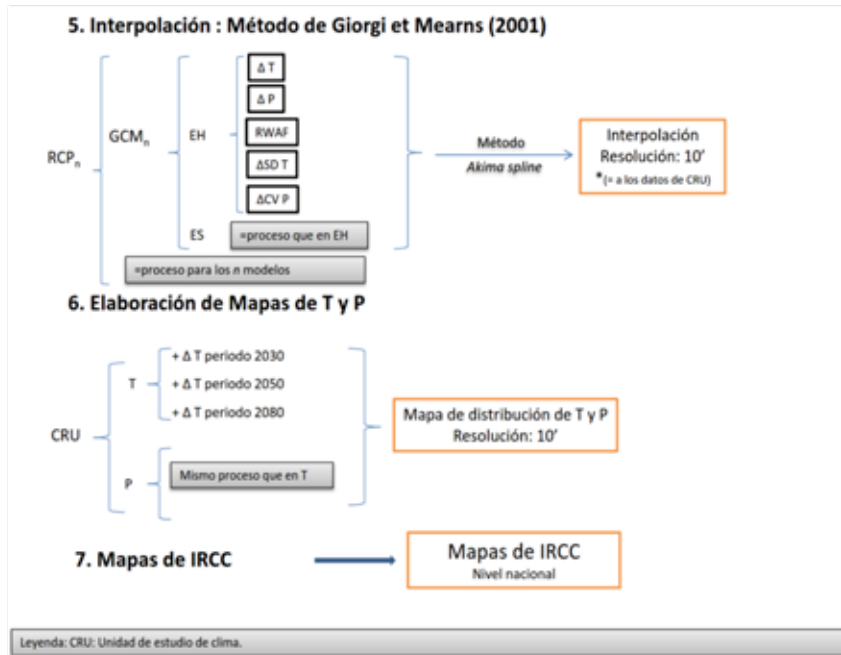


Figura 12: Siete etapas del proceso de estimación del IRCC.

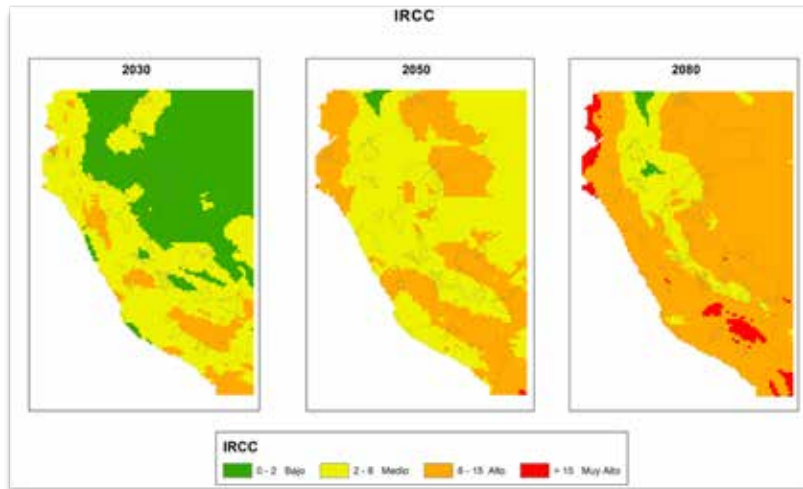


Figura 13: Resultados del IRCC (índice regional de cambio climático) del estudio de Análisis de Vulnerabilidad de las ANP del SINANPE frente al cambio climático.



4. Estimación del componente no climático

4.1. Índice de efectos por actividades

El SERNANP desarrolló un sistema de monitoreo de los efectos atribuidos a las actividades económicas sobre las áreas protegidas, la cual toma el nombre de “Metodología de Efectos por Actividades”. Esta metodología consiste en el registro de cuatro efectos (pérdida de hábitat, sobre uso de recursos naturales, contaminación y desplazamiento de especies nativas por especies invasoras) asociados a actividades (factores) en una cuadrícula de unidades muestrales – UM para el ámbito de cada área protegida. Uno de los resultados de dicha metodología es el “índice de efectos por actividades” (IE), que mide la intensidad de afectación del área por efectos acumulados (SERNANP, 2014). Se considera el índice de efectos por actividades porque permite medir directamente el efecto de las actividades económicas sobre el ANP; es decir, permite evaluar la exposición del ANP a estos factores. Así, se atribuye un alto valor del índice de efectos por actividades, a las ANP que se encuentran más expuestas a dichas actividades. En el caso del índice de efectos por actividades, las categorías se establecen en base a la clasificación de efectos i) Pérdida de hábitat ii) Sobre uso de recursos iii) Contaminación iv) Desplazamiento de especies nativas por introducción de especies exóticas de acuerdo a las actividades agricultura, ganadería, extracción forestal, extracción de fauna, hidrobiológicos, minería, hidrocarburos, turismo, energía, transporte, ocupación humana arqueología y otros, en este caso se consideran cuatro categorías:

Nivel	Categoría
Muy Bajo	0
Bajo	<5
Medio	[5-15>
Alto	>=15

Tabla 3: Categorías del índice de efectos por actividades.

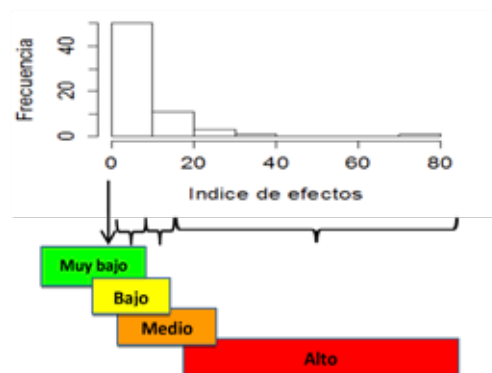


Figura 14: Distribución de frecuencia del índice de efectos por actividades.

Seguir el siguiente proceso:

- **Paso 1:** Descargar la información de Efectos por Actividades mediante el link: <http://geo.sernanp.gob.pe/geoserver/principal.php>
- **Paso 2:** Desplegar la opción “Información para monitorear”
- **Paso 3:** Descargar la información “Grillas”, dando clic en la flecha verde ↓
- **Paso 4:** Se visualiza en un software SIG (ArcGIS 10.0), la información de la capa “Grilla” y se identifica los campos que se van a trabajar, siendo los siguientes:

Efecto/Actividad	Código
Pérdida por hábitat/Agricultura	24_28
Pérdida por hábitat/Ganadería	24_29
Pérdida por hábitat/Extracción forestal	24_30
Pérdida por hábitat/Extracción de fauna	24_31
Pérdida por hábitat/Hidrobiológicos	24_32
Pérdida por hábitat/Minería	24_33
Pérdida por hábitat/Hidrocarburos	24_34
Pérdida por hábitat/Turismo	24_35
Pérdida por hábitat/Energía	24_36
Pérdida por hábitat/Transporte	24_37
Pérdida por hábitat/Ocupación humana	24_38
Pérdida por hábitat/Arqueología	24_39
Pérdida por hábitat/Otros	24_40
Sobre uso de recursos/Agricultura	25_28hasta 25_40
Contaminación/Agricultura	26_28hasta 26_40
Desplazamiento de especies nativas por introducción de especies exóticas	27_28hasta 27_40

Tabla 4: Códigos de los campos de los efectos por actividades (Efectos: 24 hasta 27, Actividades: 28 hasta 40).

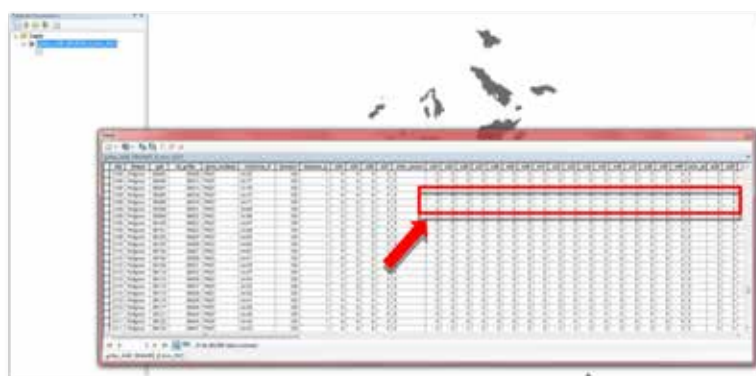
Paso 1:



Paso 2:



Paso 3:



4.2. Accesibilidad

Una forma de evaluar la accesibilidad de un área es utilizando la metodología de Farrow et Nelson (2001), el cual consiste en medir el tiempo promedio que se necesita para viajar de un centro poblado local hasta un área dado (tiempo de viaje) considerando como vías de transporte: carreteras, hidrovías y tierra firme (ordenados según la prioridad de uso); además, se incluye la pendiente (como un factor de efecto inverso) y los datos de los centros poblados registrados en el censo 2007. Los datos de red vial e hidrovías, se pueden recuperar de la página web del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú <http://www.mtc.gob.pe/portal/inicio.html>. Generalmente las instituciones del estado peruano como el SERNANP cuentan con una base de datos propia de la cual se pueden obtener datos como altitud, centros poblados y los sistemas ecológicos (para definir el tipo de cobertura).

El programa recomendado para estimar el índice de accesibilidad es ArcGis o ArcView, que presentan el algoritmo cost-distance fundamental para calcular dicho índice.

Las etapas principales del proceso son:

a. Recuperación de datos geográficos. Todos los datos recuperados son proyectados en el Datum WGS84, sistema de coordenadas UTM, y para trabajarlos al ámbito nacional de preferencia se utiliza la zona 18.

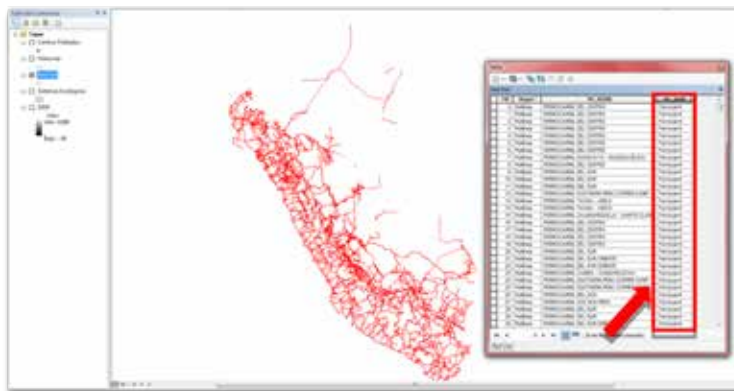
b. Proceso en ArcGis. ArcGis 10.0 es un programa bastante moderno que cuenta con una variedad de funciones incluida la de “cost-distance”.

La estimación del índice de accesibilidad en ArcGis comprende cuatro etapas que las llamaremos: (i) Preparando inputs, (ii) Etapa preparatoria, (iii) Reclasificación y (iv) Outputs.

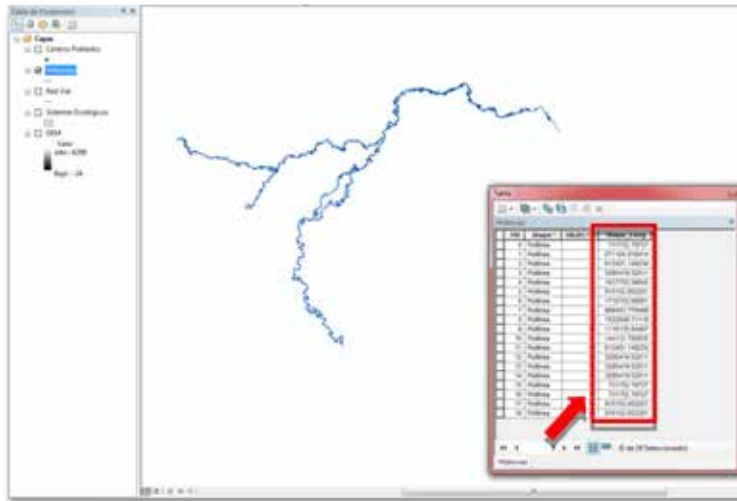
Preparando inputs

Primero se ingresan todos los shapefiles (red vial, ríos principales, DEM, centros poblados y sistemas ecológicos). Luego se actualiza la información para cada shapefile.

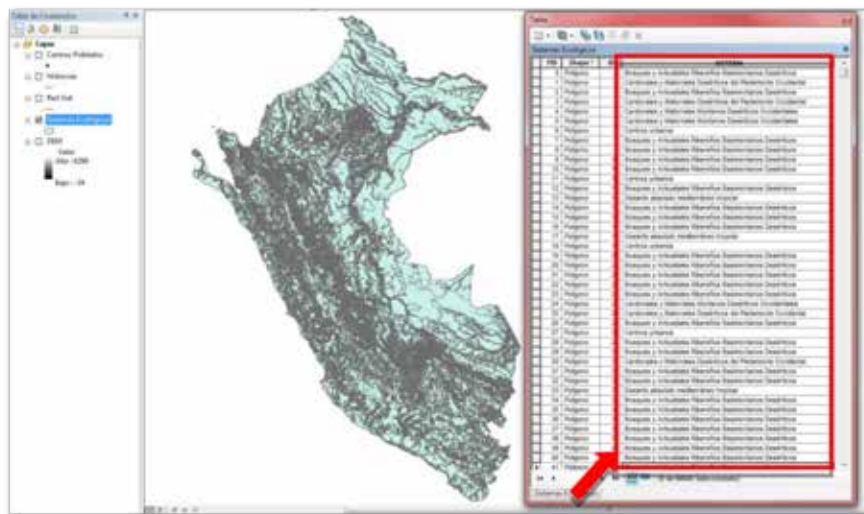
- **Red vial:** los datos fueron actualizados según información obtenida del Ministerio de transportes.



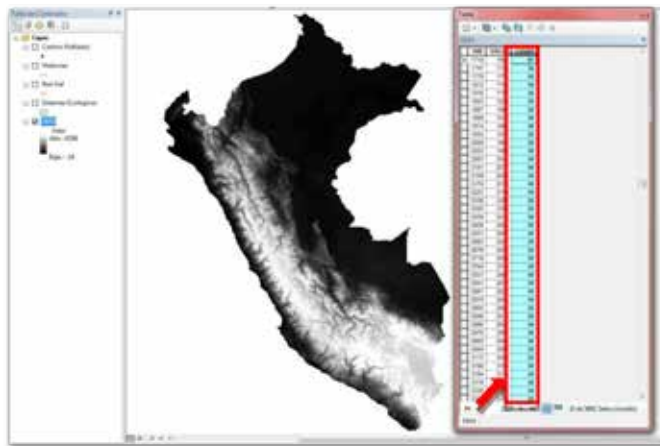
- **Ríos principales:** según el objetivo del estudio es importante definir el tipo de transporte que se utilizará. Así por ejemplo, se puede considerar trabajar solamente con hidrovías, es decir, ríos establecidos por el estado peruano como importantes vías de transporte en la selva nor-este peruano. Estas vías están siendo mejoradas de tal manera que funcionen como verdaderas vías de transporte.



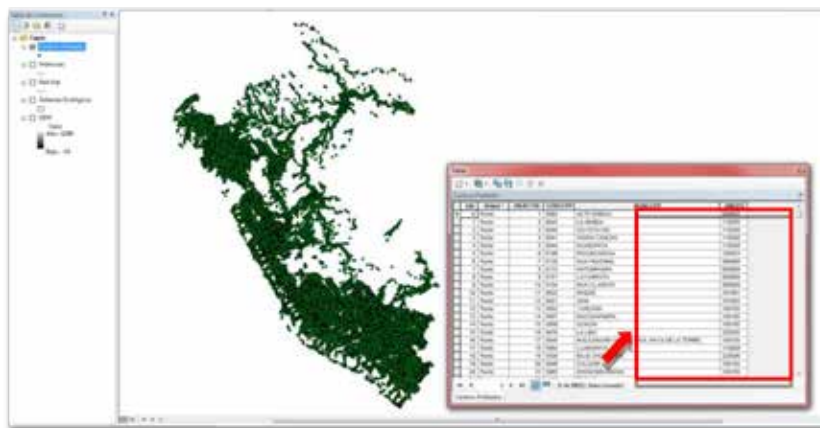
- **Sistemas ecológicos:** esta información se utiliza como información de cobertura del suelo.



- **DEM:** es el modelo de elevación digital, es decir, es la representación gráfica del relieve de un territorio.




- **Centros poblados:** Correspondientes a la información registrada en el censo 2007 por el INEI.

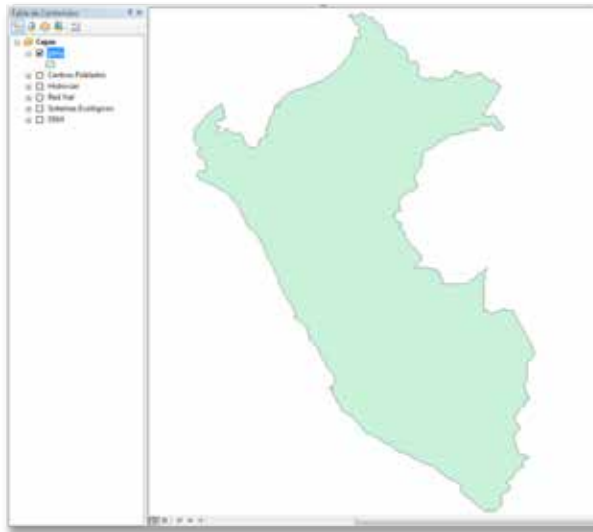


- **Mask:** para comenzar el análisis en ArcGIS es necesario crear una máscara del área de estudio, como por ejemplo, máscara del territorio peruano. Para ello, se utiliza la función **extract by mask** y los límites del territorio peruano, luego reclasificar la información con valores de 0 o 1 para la No data y data respectivamente.

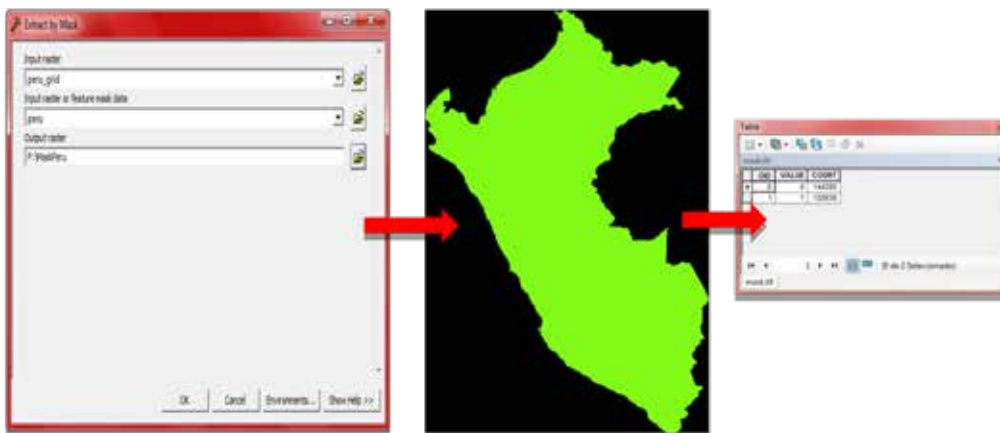
Para obtener el Mask del Perú se sigue los siguientes procesos:

- **Paso 1:** Agregar la capa Perú (shapefile) en el ArcGis 10.0
- **Paso 2:** Utilizar la función **extract by Mask**, al cual se da clic en el icono ventana buscar  e inscribiendo en el buscador obtener la función **extract by Mask**, el cual hacemos doble clic. Posteriormente, se ingresa la información del raster y la máscara (mask), el resultado se clasifica con el valor 0, la parte externa del territorio peruano y el valor 1, el territorio peruano.

Paso 1:




Paso 2:



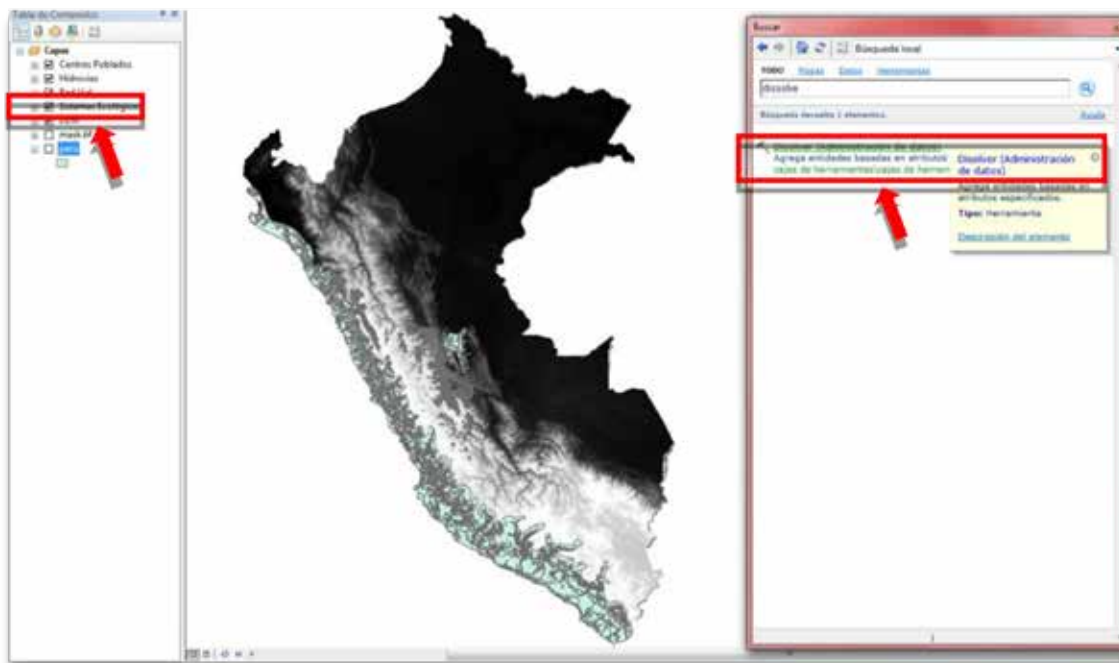
Etapa preparatoria

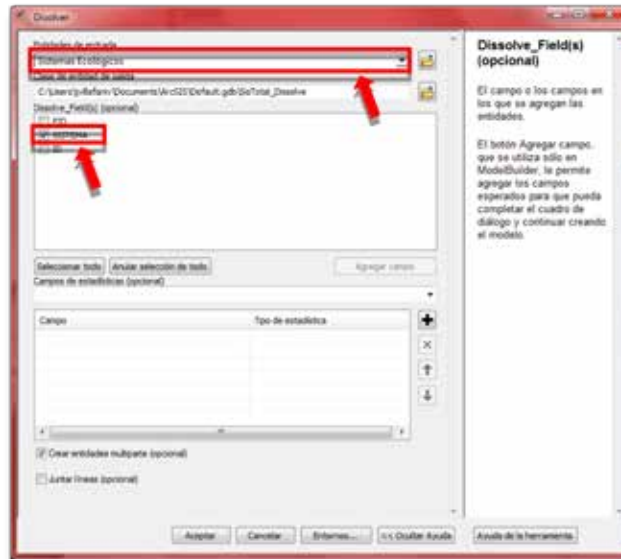
A manera de organizar mejor la información, se guarda los campos de información necesaria de cada shapefile y se elimina información duplicada, para ello se utiliza la función *Dissolve*. Enseguida, cada shapefile se convierte a Grid utilizando la función **convertir to raster**. Luego, se utiliza la función **Extract by mask** con los datos de límites del área de estudio para obtener los datos comprendidos en el área deseada. También se utiliza el DEM para recuperar los datos de pendiente (en porcentaje); para lo cual, se utiliza la función **slope** dando como resultado el *raster slope*.

Para la preparar la información se sigue los siguientes procesos:

- **Paso 1:** Agregar las capas de ríos, vías y sistemas ecológicos (shapefile) en el ArcGis 10.0
- **Paso 2:** Utilizar la función **Dissolve**, haciendo clic en el icono ventana buscar 
- **Paso 3:** Buscar la función **Dissolve**, inscribiéndolo en el buscador
- **Paso 4:** Hacer clic en la función Dissolve, luego aparece una ventana en donde se indica la capa, su campo a disolver y rutear la salida (Para las capas de ríos, vías y sistemas ecológicos se utilizará la función Dissolve)

Paso 1, 2 y 3:



Paso 4:**Reclasificación**

La reclasificación de los datos es una etapa clave del proceso porque es aquí donde se fijan los valores de fricción para cada parámetro. En el caso del slope (DEM), las categorías se establecen en base a la clasificación de pendientes según el grado de riesgo, que varía según el tipo de riesgo, en este caso se consideran cuatro categorías:

Nivel	Pendiente	Categoría	Descripción
Muy bajo	<5°	1	Fácilmente accesible
Bajo	5°-12°	2	Esfuerzo adicional para acceder al área
Medio	12°-25°	3	Difícil acceso
Alto	>25°	4	Acceso muy difícil a inaccesible

Tabla 5: Categoría de la pendiente según el grado de riesgo.

Para el caso de hidrovías, se considera que por esta vía de transporte que se puede viajar hasta un promedio de 40km/h, es decir, un valor de fricción igual a 93.

Para el caso de la red vial y cobertura, se establecen valores promedios de la velocidad de viaje según el tipo de transporte. Así, para el caso de redvial existen una serie de tipos de

vías como por ejemplo interamericana, carretera asfaltada, afirmada, trocha o ferrocarril a las cuales se les puede asignar una velocidad de viaje promedio de 80, 60, 45, 40 o 30 km/h respectivamente.

Red vial	Velocidad promedio de viaje (km/h)	Velocidad promedio de viaje (18km/h)
Interamericana	80	46
Interoceánica	80	46
Iquitos-Nauta	80	46
Asfaltado	60	652
Afirmado	45	83
Trocha	40	93
Ferrocarril	30	142
Hidrovías	40	93

Tabla 6: Los promedios de la velocidad de viaje según el tipo de transporte.

Para el caso de la cobertura terrestre, se trabaja en base a los sistemas ecológicos donde se considera por ejemplo, complejo de chacras y sabanas, bosque, comunidades densas y pantanosas, y comunidades arbustivas a las cuales se les puede asignar una velocidad de viaje promedio de 4, 2, 0.5 y 3 km/h respectivamente, a la cual puede viajar una persona a pie. A continuación se muestra la velocidad promedio de caminata según el tipo de superficie en el área de estudio (grid de 10').

Sistema ecológico	Velocidad promedio de viaje (km/h)	Velocidad promedio de viaje (18km/h)
Cuerpo de agua	10	372
Comunidades pantanosas	0.5	7444
Complejo de chacra y sabanas	4	931
Comunidades arbustivas y susedionales	3	652
Bosque semicaducifolio y mixto	2.4	1241
Bosque semicaducifolio denso en colinas	2	1551
Complejo de bosques semipantanosos y semicaducifolios	1	3722
Comunidades densas y pantanosos	0.5	7444

Tabla 7: Velocidad promedio de caminata según el tipo de superficie.

Después de definir la fricción se prosigue con la reclasificación utilizando la función **reclass** donde se reclasifica la **data**, según el valor de fricción asignado a cada variable y losNo data se le asigna el valor de 0.

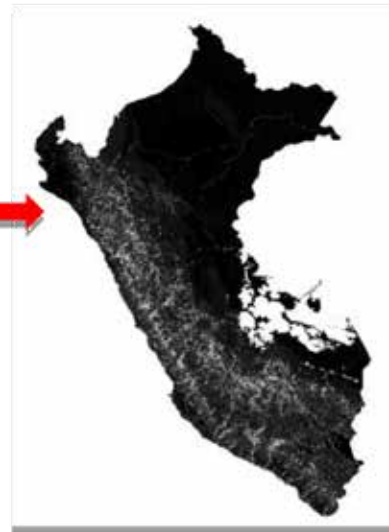
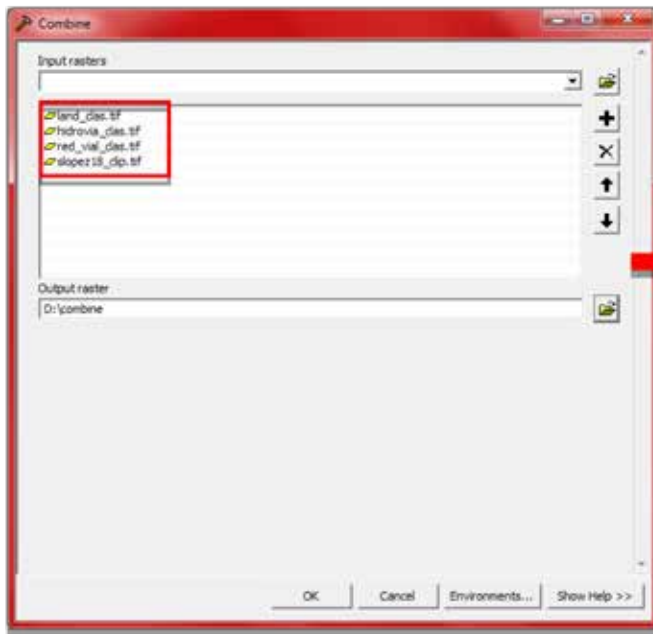
Output

Se combina las diferentes capas (cobertura, hidrovías, red vial y pendiente) en una sola capa asignando a cada elemento un valor de fricción final. Este valor se corresponde al valor del medio de transporte más eficiente multiplicado por el factor pendiente. Así, si para un área no hay carreteras, tampoco hidrovías, se considera el tiempo de viaje que se realiza por la cobertura superficial multiplicado por el valor de la pendiente. Para ello, se utiliza la función **combine** y se incorpora las capas cobertura, hidrovías, redvial y pendiente en ese orden respectivamente. Finalmente, se adjunta el campo **Friction** con sus respectivos nuevos valores. La función **cost_distance** se utiliza para establecer valores de costo de viaje con respecto a un punto de partida, en este caso con respecto a los centros poblados, el cual puede estar medido en días, horas, minutos, etc. Este costo, por supuesto, dependerá de la presencia de carretera, hidrovía y la pendiente. Así, si las áreas circundantes al centro poblado presentan carreteras y una baja pendiente entonces movilizarse de este centro poblado hacia otros lugares será fácil, es decir el tiempo de viaje será menor que en aquel área circundante donde no hay carreteras, ni hidrovías y además un alta pendiente. Así, el índice de accesibilidad es un valor relativo y no absoluto utilizado para comparar diferentes áreas considerando los mismos parámetros.

Para la obtención del índice de accesibilidad, los pasos son los siguientes:

- **Paso 1:** Utilizar la función **Combine** (obtener en el buscador), en donde se combina los raster de sistemas ecológicos (land_clas.tif), hidrovía (hidrovia_clas.tif), red vial (red_vial_clas.tif) y Dem (Slope18_clip.tif) en ese orden respectivamente.
- **Paso 2:** Agregar el campo "Friction" (número entero) en la tabla de atributos del raster obtenido del "Combine".
- **Paso 3:** Se llena el campo "Friction", identificando de los campos land_clas (raster sistemas ecológicos), hidrovia_clas (raster hidrovía) y red_vial_clas (raster red vial) tiene la menor distancia, el cual será multiplicado por el campo slope18s_clas (raster DEM).Ejemplo: [LAND_CLAS]*[SLOPE18S_C].
- **Paso 4:** Utilizar la función **cost distance** (obtener en el buscador), en donde se emplea los centros poblados fuente de información y el **raster combine**.
- **Paso 5:** Luego, utilizar la función **raster calculator (Spatial Analyst)** (obtener en el buscador), en donde se realiza el cálculo del raster obtenido con la función cost distance, indicando en la ventana"Map Algebra Expresion" la expresión que la capa raster obtenido con la función **cost distance** entre 24 días. Ejemplo: "CostDis"/24

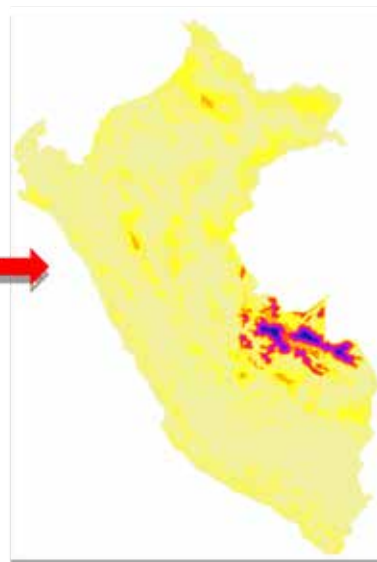
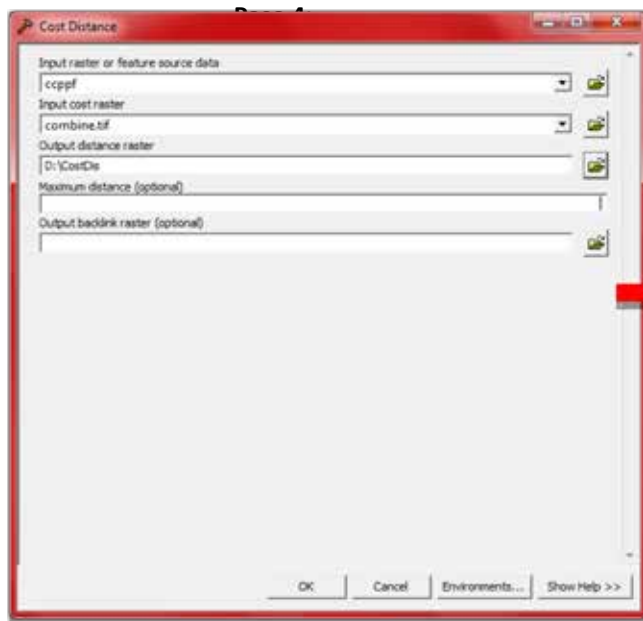
Paso 1:



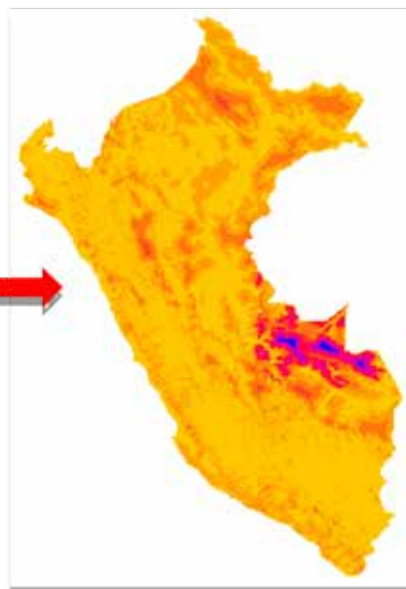
Paso 2 y 3:



OID	VALUE	COUNT	LAND_CLAS	HIROVIA_C	RED_VIAL_C	SLOPE15_C	FRICTION
0	1	144198	0	0	0	0	00000
1	2	6424	372	0	0	1	372
2	3	115250	7444	0	0	1	7444
3	4	29621	0	0	0	1	001
4	5	201442	931	0	0	1	931
5	6	358037	1241	0	0	1	1241
6	7	14769	931	0	124	1	124
7	8	3476	1241	0	124	1	124
8	9	309	1241	0	0	0	1241
9	10	123	7444	0	0	0	7444
10	11	899	7444	0	124	1	124
11	12	223	372	0	124	1	124
12	13	12	372	0	0	0	372
13	14	280	931	0	0	0	931
14	15	13603	1881	0	0	1	1881
15	16	11831	931	0	63	1	63
16	17	245	7444	0	63	1	63
17	18	183	372	0	63	1	63
18	19	1895	1241	0	63	1	63
19	20	2010	0	0	0	2	1005



Paso 5:



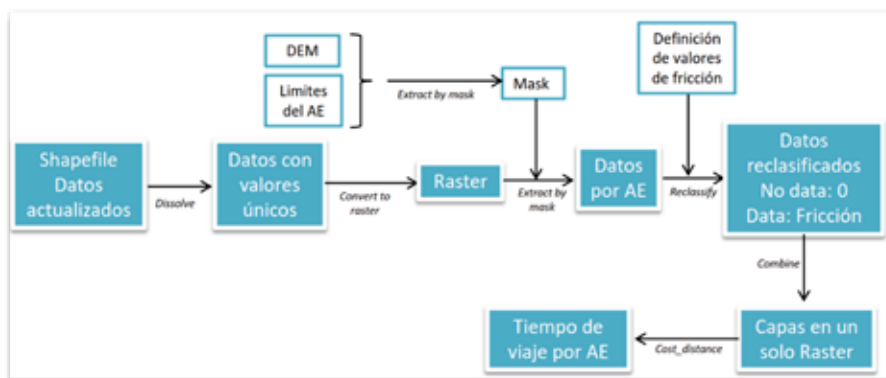


Figura 15: Proceso para estimar la accesibilidad de las ANP.

El índice de accesibilidad está medido en días, donde un alto índice es atribuido a aquellas ANP que se encuentran en promedio más alejadas del centro poblado local. En general, en la costa peruana, donde se localizan las principales ciudades altamente pobladas (con mayor número y calidad de medios de transporte) a comparación de la sierra y la selva, se encuentra un mayor número de ANP altamente accesibles, donde el tiempo promedio para viajar desde un centro poblado local hasta el ANP es menor de un día. Por el contrario, en la sierra y selva encontramos un mayor número de ANP con baja accesibilidad, como es el caso del PN Alto Purús, donde el tiempo promedio para viajar desde un centro poblado hasta el ANP es de alrededor 14 días. Hay que tener cuidado en la interpretación de los datos, ya que en el caso del PN Güeppi-Sekime, el tiempo promedio para viajar de un centro poblado hasta un ANP es menor a un día, lo cual eventualmente podría ocasionar confusión; sin embargo, es necesario remarcar que con el índice de accesibilidad se mide el tiempo promedio para viajar desde un centro poblado cualquiera, sin importar el número de personas o que tan cerca o alejada se encuentra de las grandes ciudades, hacia el ANP; y en caso del PN Güeppi-Sekime, el valor es menor a un día porque cerca al ANP se encuentran centros poblados de comunidades indígenas, quienes pueden acceder fácilmente al ANP.

Nivel	Índice de Accesibilidad
Muy bajo	≥ 6
Bajo	$[3-6>$
Medio	$[1-3>$
Alto	$[0-1>$

Tabla 8: El índice de accesibilidad es medido en días.

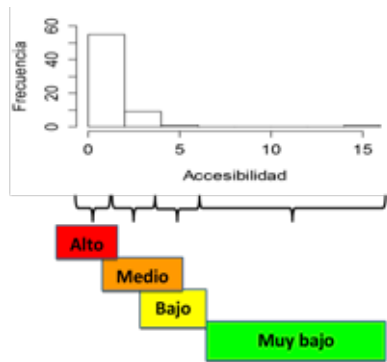


Figura 16: Distribución de frecuencia de la accesibilidad según el método de clasificación natural de Jenks.

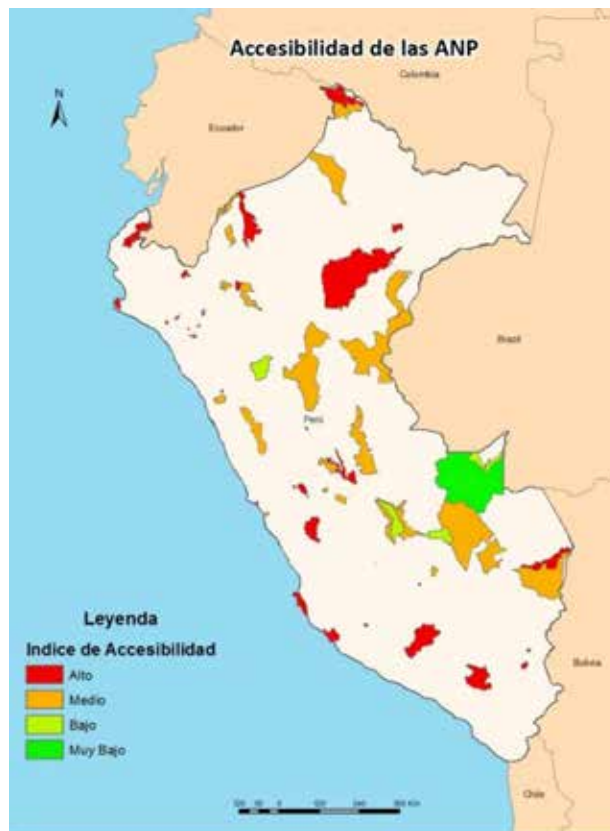


Figura 17: Índice de Accesibilidad (IAC) de las ANP. Las categorías se crearon en función del tiempo de viaje promedio desde un centro poblado local hasta el ANP, así: Alto: [0-1> día, Medio: [1-3> días, Bajo: [3-6> días, Muy bajo: >=6 días.

4.3. Tasa de crecimiento poblacional

Se calcula la tasa de crecimiento poblacional (TCP) para el ANP y su área de amortiguamiento con los datos de la tasa de crecimiento poblacional de los dos últimos censos (1993-2007) obtenidos por distrito de la página del INEI <http://www.inei.gob.pe/>. Se considera ésta tasa, dentro del área protegida y su zona de amortiguamiento (ZA), porque un ANP está expuesto no solo al aumento de la población localizada dentro del área sino también en las zonas circundantes (ZA).

Los datos distritales se corrigen para obtener datos para el área de estudio; así, los datos son divididos por el área del distrito (ha), luego el resultado se multiplica por el área del distrito localizada dentro del área de estudio y finalmente se le pondera por el porcentaje que representa dicha área distrital dentro del área de estudio. En ese sentido, una ANP con alta tasa de crecimiento poblacional se encuentra más expuesta al impacto de una población con mayor demanda de recursos provenientes de la ANP.

La tasa de crecimiento población del Área Natural Protegida y su Zona de Amortiguamiento se calcula como se muestra en la Ecuación 4.

$$T_{cp} = \left[\left(\left(\frac{T_{cp(INEI)}}{A_d(ha)} \right) * (A_{d(ha)-ANP(ha)}) \right) * \left(\frac{A_{d-ANP(ha)} * 100}{A_{ANP(ha)}} \right) \right] + \left[\left(\left(\frac{T_{cp(INEI)}}{A_d(ha)} \right) * (A_{d(ha)-ZA(ha)}) \right) * \left(\frac{A_{d-ZA(ha)} * 100}{A_{ZA(ha)}} \right) \right] \dots (Ecuación 4)$$

Nivel	Tasa de crecimiento poblacional
Muy bajo	Igual a 0
Bajo	<0-0.5>
Medio	[0.5-2]
Alto	>2

Tabla 9: Categoría de la tasa de crecimiento poblacional.

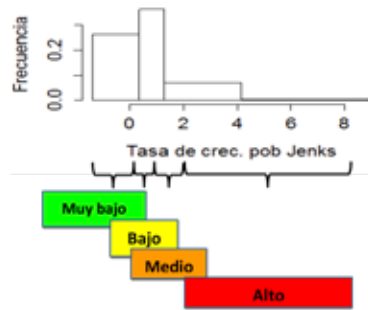


Figura 18: Distribución de frecuencia de la tasa de crecimiento poblacional según el método de clasificación natural de Jenks.

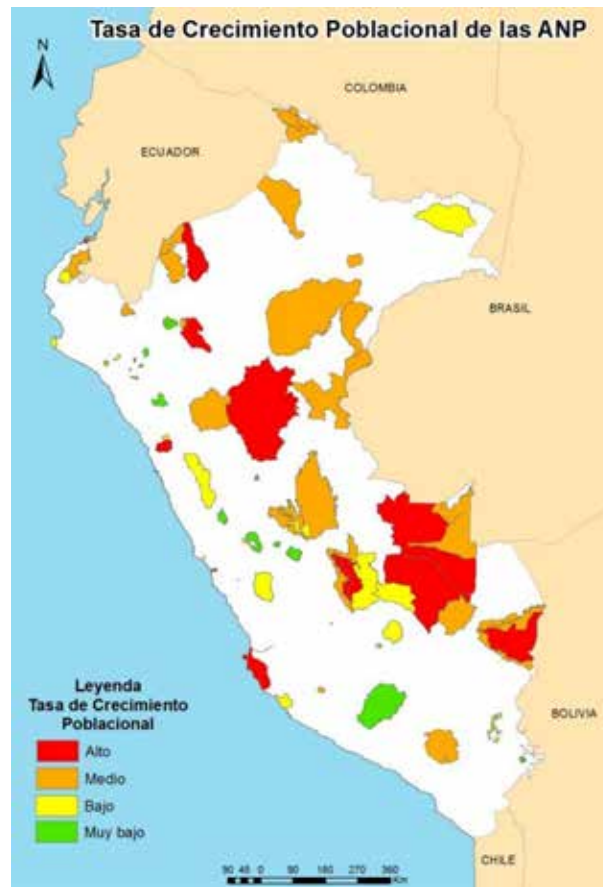


Figura 19: Tasa de crecimiento poblacional (TCP) de las ANP. Las categorías se crearon en función a los datos de la tasa de crecimiento poblacional de los dos últimos censos (1993-2007) obtenidos por distrito de la página del INEI, así: Alto: [0- 1>, Medio [0.5-2], Bajo: <0-0.5>, Muy bajo: Igual a 0.

4.4. Categorización de las variables de exposición no climática

Una de las etapas más importantes en el proceso de la evaluación de la vulnerabilidad es la categorización de los datos, el cual se realiza para establecer cuatro categorías: (i) muy bajo, (ii) bajo, (iii) medio y (iv) alto, de manera sistemática para todas las variables. La categorización se realiza considerando aspectos teóricos (I_E) o siguiendo las categorías originadas en la distribución de frecuencias (I_{AC} , T_{CP}). En caso del I_E , se considera información sobre los límites permisibles del efecto de actividades sobre áreas naturales; así, se considera que un porcentaje promedio de área afectada inferior a 5% no es dañina para el área (Lachat et al., 2014; IGN, 2012; Bastien, 2000); también se considera que un porcentaje comprendido entre 5 y 15% tiene un efecto intermedio y superior a 15% el efecto sobre el área es muy significativo o alto. Las categorías del I_{AC} se establecieron considerando la distribución de los valores ajustados a criterio; así, valores de I_{AC} superiores a 6 días son categorizados como IAC muy bajo.

Categorías	I_E	I_{AC}	T_{CP}
Muy bajo	Igual a 0	≥ 6	Igual a 0
Bajo	< 5	$[3-6>$	$< 0-0.5>$
Medio	$[5-15>$	$[1-3>$	$[0.5-2]$
Alto	≥ 15	$[0-1>$	> 2

Tabla 10: Categorías de las variables de la exposición no climática (E_{NC}). I_E : Índice de efectos por actividades, I_{AC} : Índice de accesibilidad, T_{CP} : Tasa de crecimiento poblacional.



5. Estimación de la capacidad adaptativa

5.1. Encuesta online

Para hacer la encuesta online, se crea una cuenta en SurveyMonkey, al cual el proceso es el siguiente:

- **Paso 1:** Entrar a la página web: <https://es.surveymonkey.com/>
- **Paso 2:** Hacer clic en “Registro Gratis” y suscribirse, indicando el nombre de usuario, contraseña y correo electrónico.
- **Paso 3:** Para crear una encuesta, hacer un clic en la opción “+ crear encuesta”
- **Paso 4:** Indicar el título de la encuesta y hacer clic en la opción siguiente
- **Paso 5:** Hacer las preguntas respecto al tema (al lado izquierdo se aprecia los modelos de encuesta para seleccionar), luego hacer clic en la opción guardar.
- **Paso 6:** Hacer clic en la opción recopilar la encuesta y elegir la opción enlace Web y luego hacer clic en la opción siguiente.
- **Paso 7:** Remitir el enlace Web por correo electrónico, que será llenado por los encuestados.
- **Paso 8:** Revisar en la cuenta las respuestas de los encuestados por cada pregunta, al cual se tendrá que determinar el número de especialistas capacitados en determinados temas.

Paso 1:



Paso 2:



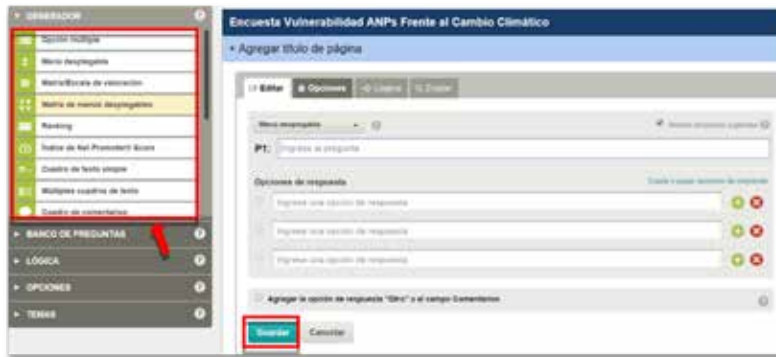
Paso 3:



Paso 4:



Paso 5:



Paso 6:



Paso 7:



Paso 8:**5.2 Gestión participativa**

La capacidad adaptativa comprende dos variables, capacitación técnica y relación de actores. La capacitación técnica evalúa las capacitaciones en cuatro herramientas consideradas fundamentales para la identificación, la evaluación y el monitoreo de elementos ambientales que podrían ser afectadas por el cambio climático. Estas herramientas son: (i) Sistema de información geográfica, (ii) Monitoreo biológico, (iii) Manejo de recursos naturales y (vi) Cambio climático.

Los datos de capacitación se obtienen a través de una encuesta online elaborada en <https://es.surveymonkey.com>, la cual fue dirigida a todos los jefes de las 66 áreas protegidas consideradas en el estudio. Así, se obtiene para cada ANP el número de capacitaciones técnicas. Se determinan cuatro categorías detalladas a continuación: (i) área protegida que no tiene capacitaciones, (ii) área capacitado en por lo menos una herramienta que incluye cambio climático, (iii) área capacitado en por lo menos dos herramientas que incluye capacitación en cambio climático y (iv) área capacitada en las cuatro herramientas, siendo monitoreo de RRNN (MR), gestión de recursos (GR), SIG y cambio climático (CC).

Para evaluar la variable relación de actores, se usa los datos del mapa de actores desarrollado por el SERNANP en el marco de evaluación de la gestión participativa. Se considera esta variable para medir el grado de relación que tiene el SERNANP con los actores locales estratégicos evaluando las relaciones negativas, positivas y neutras.

El mapa de actores es medido con el índice de relación de actores cuyo valor es la división entre el número total de actores estratégicos y el resultado de la evaluación de la relación de actores (SERNANP, 2014). Este índice se re-categoriza en: (i) Muy baja colaboración de los actores estratégicos, (ii) baja colaboración de los actores estratégicos, (iii) regular y buena colaboración de los actores estratégicos y (vi) alto nivel de compromiso de los actores estratégicos (Ver Tabla 11).

Variables	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto
CT	No hay personal capacitado en SIG, GR, CC y MR	Personal capacitado en por los menos una herramienta que no incluye al CC	Personal capacitado en por lo menos dos herramientas que incluye capacitación en CC	Personal capacitado en SIG, GR, CC y MR
RA	Muy baja colaboración de los actores estratégicos (asiste a reuniones pero no asume o tiene responsabilidades específicas)	Baja colaboración de los actores estratégicos (no tiene mayor iniciativa y la conservación de RRNN no está en su plan)	Regular y buena colaboración de los actores estratégicos (participa en algunas actividades, asume algunas tareas puntuales y hay iniciativas)	Alto nivel de compromiso de los actores estratégicos

Tabla 11: Categorías de las variables de capacidad adaptativa (CA) CT: Capacitación técnica, donde se consideran capacitaciones en cuatro herramientas; SIG (Sistema de información geográfica), GR (Gestión de recursos naturales), CC (Cambio climático) y MR (Monitoreo de recursos naturales). RA: Relación de actores.

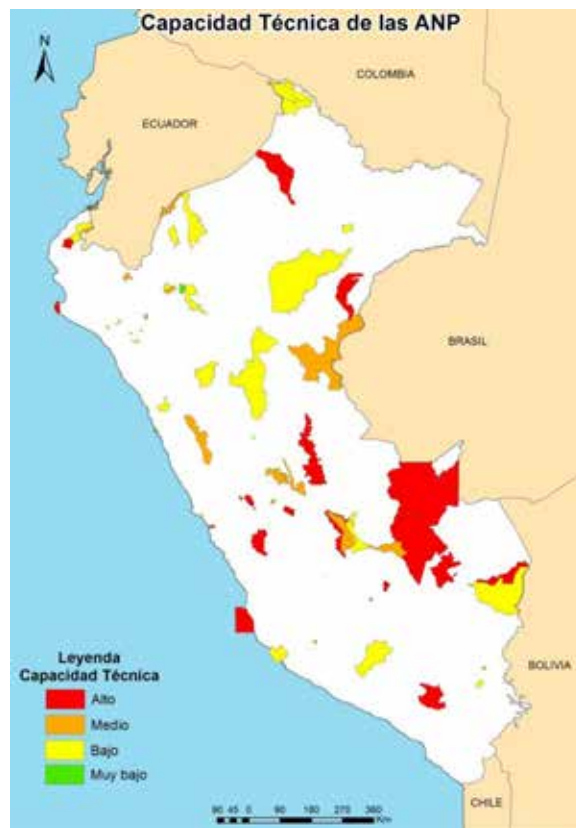


Figura 20: Capacidad técnica de las Áreas Naturales Protegidas en donde se consideracuatro herramientas.



Figura 21: Colaboración de los actores en las Áreas Naturales Protegidas.

6. Estimación de la vulnerabilidad

La vulnerabilidad del área natural protegida se estima para diferentes periodos de tiempo, para lo cual se utiliza las proyecciones de clima para dichos períodos. En el caso de las variables de exposición no climática y de capacidad adaptativa se usan los valores actuales, ya que no se cuenta con información sobre sus proyecciones futuras.

A continuación, se describe la combinación de resultados de las variables climáticas y no climáticas para obtener una evaluación completa de la vulnerabilidad. Esta información sintetizada debería eventualmente ser utilizada para identificar niveles de resiliencia o vulnerabilidad y de ahí tomar acciones apropiadas para identificarlas y priorizarlas (Ellison, 2012). En este manual se plantea una forma de analizar la vulnerabilidad basada en la categorización de sus componentes. Para ello, primero se realiza la categorización de la exposición no climática y la capacidad adaptativa que son agrupados en un solo indicador (se multiplicaron los valores de las variables dentro de cada componente), luego son categorizados a su vez en cuatro niveles, bajo, medio, alto y muy alto (en caso de la capacidad adaptativa, las categorías son: o mala, regular, buena y muy buena).

Categorías	IRCC	E _{NC}	CA	Categorías
Bajo	[0-2>	[1-17>	[1-5>	Mala
Medio	[2-6>	[17-33>	[5-9>	Regular
Alto	[6-15>	[33-49>	[9-13>	Buena
Muy alto	≥15	[49-64]	[13-16]	Muy buena

Tabla 12: Categorías de los componentes de la vulnerabilidad. IRCC: Índice de cambio climático regional, E_{NC}: Exposición no climática, CA: Capacidad adaptativa. Color verde corresponde a las categorías del IRCC y E_{NC}, en azul las de la CA

Finalmente, para estimar la vulnerabilidad se considera el método de categorización de la evaluación de la vulnerabilidad de Ellison (2012), donde la vulnerabilidad y cada uno de sus componentes tienen el mismo número de categorías pero son evaluados de manera independiente, obteniendo al final un valor promedio que se corresponde con una categoría de vulnerabilidad. En este caso, se considera determinante la exposición climática y se decidió

darle mayor prioridad al IRCC, seguida por la exposición no climática (Índice de efectos, accesibilidad y tasa de crecimiento) como prioridad media y finalmente se consideró a las variables de capacidad adaptativa (capacidades técnicas y relación de actores) como las de baja prioridad. Se realizó una combinación de datos categorizados entre la exposición climática y la exposición no climática, luego los resultados obtenidos tomaron el nombre de “exposición” y se combinaron con los datos categorizados de la capacidad adaptativa dando como resultado la vulnerabilidad final.

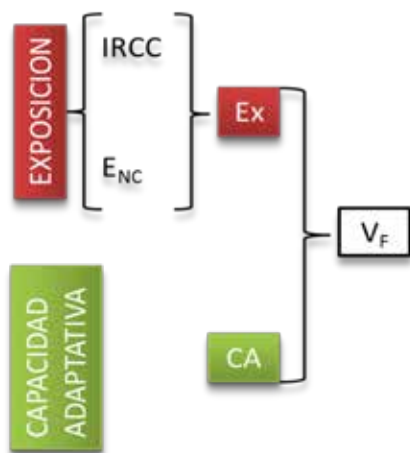


Figura 22: Combinación de los componentes de la vulnerabilidad en base al método Ellison (2012).

La Tabla 13, muestra con más detalle, las categorías definidas para la exposición y la vulnerabilidad final. En primer lugar, se combinan los datos del IRCC y la exposición no climática, donde el IRCC determina los resultados de exposición (Ex). Así, Ex toma los mismos valores del IRCC cuando la exposición no climática es baja, media o alta; solo cuando ésta toma el valor muy alto, Ex toma los mismos valores del IRCC aumentados en un categoría.

E_c IRCC	E_{NC}			
	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Bajo	B	B	B	M
Medio	M	M	M	A
Alto	A	A	A	MA
Muy alto	MA	MA	MA	MA

Tabla 13: Categorías de la Exposición (Ex) como resultado de la combinación entre la exposición climática (E_c) y la exposición no climática (E_{NC}).

Luego, para estimar la vulnerabilidad final, se combinaron Ex y la capacidad adaptativa como se muestra en la Tabla x. Ex es prioritario sobre la capacidad adaptativa; así, la vulnerabilidad toma los mismos valores que Ex en todos los casos cuando la capacidad adaptativa es regular y buena. Cuando la capacidad adaptativa es mala, la vulnerabilidad toma los mismos valores que Ex aumentados en una categoría; solo en el caso donde la capacidad adaptativa es muy buena y Ex es media la vulnerabilidad es baja. Es decir, una muy buena gestión del área protegida disminuye la vulnerabilidad cuando la exposición es media.

Ex	CA			
	Mala	Regular	Buena	Muy buena
Bajo	M	B	B	B
Medio	M	M	M	B
Alto	MA	A	A	A
Muy alto	MA	MA	MA	MA

Tabla 14: Categorías de la vulnerabilidad final (V_F) como resultado de combinar la exposición (Ex) y la capacidad adaptativa (CA).

Los resultados de la vulnerabilidad se muestran en la Figura 20, donde se aprecia las categorías de la vulnerabilidad las cuales deben servir como indicador para tomar medidas de acción en la gestión de las ANP.

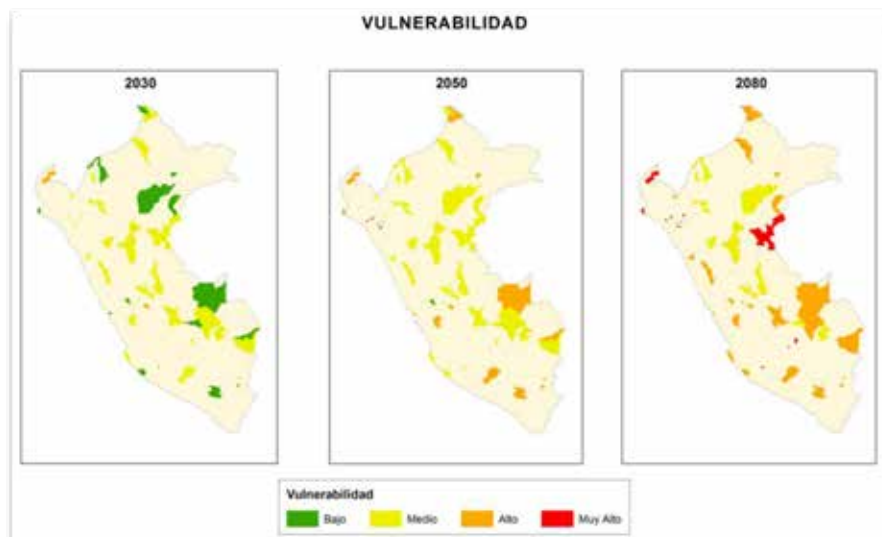


Figura 23: Vulnerabilidad de ANP frente al cambio climático para los periodos 2030, 2050 y 2080.



7. Bibliografía

Adger W.N., 2006. Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16 (3), pp. 268-281.

AGO D. of the, 2014. Climate change impact and risk management - A guide for business and government . Disponible en Internet: <http://www.environment.gov.au/climate-change/adaptation/publications/climate-change-impact-risk-management>.

Bastien Y., 2000. Sylviculture du Hêtre. ENGREF,. Disponible en Internet: <http://www.agroparistech.fr/coursenligne/sylviculture/Sylvicultureduhetre.pdf>.

Bellard C., Bertelsmeier C., Leadley P., Thuiller W., Courchamp F., 2012. Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology Letters*, 15 (4), pp. 365-377.

Corbett J., 2009. Good practices in participatory mapping – Review by IFAD. ICT4Peace Foundation. Disponible en Internet: <http://ict4peace.org/good-practices-in-participatory-mapping-review-by-ifad/>.

Ellison J.C., 2012. Climate Change Vulnerability Assessment and Adaptation Planning for Mangrove Systems. Washington, DC: World Wildlife Fund (WWF).

Farrow A., Nelson A., 2001. Accessibility Modelling in ArcView 3-An extension for computing travel time and market catchment information. CIAT.

Füssel H.-M., Klein R.J.T., 2006. Climate Change Vulnerability Assessments: An Evolution of Conceptual Thinking. *Climatic Change*, 75 (3), pp. 301-329.

Giorgi F., 2006. Climate change hot-spots. *Geophysical Research Letters*, 33 (8), p. L08707.

Giorgi F., Bi X., 2005. Updated regional precipitation and temperature changes for the 21st century from ensembles of recent AOGCM simulations. *Geophysical Research Letters*, 32 (21), p. L21715.

Giorgi F., Mearns L.O., 2002. Calculation of Average, Uncertainty Range, and Reliability of Regional Climate Changes from AOGCM Simulations via the «Reliability Ensemble Averaging» (REA) Method. *Journal of Climate*, 15 (10), pp. 1141-1158.

Hansen A.J., Piekielek N., Davis C., Haas J., Theobald D.M., Gross J.E., Monahan W.B., Olliff T., Running S.W., 2013. Exposure of U.S. National Parks to land use and climate change 1900–2100. *Ecological Applications*, 24 (3), pp. 484-502.

IGN, 2012. Le bois mort en forêt. *L'INFORMATION FORESTIERE*, 29, p. 8.

Ionescu C., Klein R.J.T., Hinkel J., Kumar K.S.K., Klein R., 2009. Towards a Formal Framework of Vulnerability to Climate Change. *Environmental Modeling & Assessment*, 14 (1), pp. 1-16.

IPCC, 2013. Climate change 2013. The Physical Science Basis. Disponible sur Internet: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>.

Knutti R., Masson D., Gettelman A., 2013. Climate model genealogy: Generation CMIP5 and how we got there. *Geophysical Research Letters*, 40 (6), pp. 1194-1199.

Lachat T., Brang P., Bolliger M., Bollman K., Brändli U.-B., Bütler R., Herrmann S., Schneider O., Wermelinger B., 2014. Bois mort en forêt. Formation, importance et conservation. Institut fédéral de recherches sur la forêt, 52, p. 12.

McCall M.K., 2003. Seeking good governance in participatory-GIS: a review of processes and governance dimensions in applying GIS to participatory spatial planning. *Habitat International*, 27 (4), pp. 549-573.

Münzberg T., Wiens M., Schultmann F., 2014. Dynamic-spatial Vulnerability Assessments: A Methodical Review for Decision Support in Emergency Planning for Power Outages. *Procedia Engineering*, 78, pp. 78-87.

New M., Lister D., Hulme M., Makin I., 2002. A high-resolution data set of surface climate over global land areas. *Climate Research*, 21 (1), pp. 1-25.

Parmesan C., 2006. Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 37 (1), pp. 637-669.

Preston B.L., Yuen E.J., Westaway R.M., 2011. Putting vulnerability to climate change on the map: a review of approaches, benefits, and risks. *Sustainability Science*, 6 (2), pp. 177-202.

SERNANP, 2014. Análisis del estado de conservación de los ecosistemas dentro de las ANP mediante la evaluación de los efectos generados por las actividades económicas - 2013. Lima, p. 22.

Taylor K.E., 2001. Summarizing multiple aspects of model performance in a single diagram. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 106 (D7), pp. 7183-7192.

Taylor K.E., Stouffer R.J., Meehl G.A., 2011. An Overview of CMIP5 and the Experiment Design. Bulletin of the American Meteorological Society, 93 (4), pp. 485-498.

Torres R.R., Lapola D.M., Marengo J.A., Lombardo M.A., 2012. Socio-climatic hotspots in Brazil. Climatic Change, 115 (3-4), pp. 597-609.

Willows R., Reynard N., Meadowcroft I., Connell R., 2003. Climate adaptation: Risk, uncertainty and decision-making. UKCIP Technical Report. Climate Adaptation: Risk, uncertainty and decision-making. Publication - Report . Disponible en Internet: <http://www.ukcip.org.uk/wordpress/wp-content/PDFs/Risk.pdf>.

**Manual de Procedimientos para Análisis de Vulnerabilidad de las
Áreas Naturales Protegidas frente al Cambio Climático**

Se terminó de editar a fines de marzo de 2016.

Difusión digital

