

Memorias



Sociedad Latinoamericana en
Percepción Remota y Sistemas
de Información Espacial
Capítulo Colombia

30
AÑOS

Medellín, Colombia
29 de Septiembre al 3 de Octubre de 2014



ANÁLISIS ESPACIAL PARA LA ELABORACIÓN DEL MAPA DE SERVICIOS AMBIENTALES DEL PERÚ

Carlos Garnica Philipps¹, Juan Ocaña Canales², Victor Barrena Arroyo³, Patricia Huerta Sánchez⁴

¹² Consultores Asociados en Naturaleza y Desarrollo SAC

Calle Lima 212, La Molina, Lima, Perú

³⁴ Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias Forestales

Av. La Universidad s/n, La Molina, Lima, Perú

cgarnica@candes.net, jcocana@candes.net, vbarrena@lamolina.edu.pe, pkhuerta@yahoo.com

Resumen

El presente trabajo fue realizado por el Ministerio del Ambiente (MINAM) del Perú en el marco de sus funciones de elaborar, difundir y mantener actualizado el inventario y evaluación nacional integrados de los recursos naturales y de los servicios ambientales del país, ejecutado en la modalidad de consultoría por la empresa Consultores Asociados en Naturaleza y Desarrollo y el Laboratorio de Teledetección Aplicada y SIG de la Universidad Nacional Agraria La Molina en el año 2012.

El objetivo principal del estudio fue la de elaborar el mapa de Servicios Ambientales del Perú (aún sin publicar), que servirá como una herramienta fundamental para la gestión y manejo de los servicios ambientales que brindan los ecosistemas a nivel nacional, permitiendo así la toma de decisiones y el planteamiento y formulación de políticas públicas en las diferentes escalas de gobierno, utilizando para ello información existente en los diferentes estudios sobre recursos naturales, ecosistemas y servicios ambientales. Este resumen corresponde al análisis espacial del proceso metodológico.

La metodología de esta primera experiencia considera el desarrollo de los procesos para la evaluación de los ecosistemas y de los servicios ambientales, la elaboración del mapa en sí y el desarrollo de su base de datos espacial.

Palabras clave: datos especiales, ecosistemas, Ministerio del Ambiente, servicios ambientales, servicios ecosistémicos

Abstract

This paper was realized by the Environment Ministry of Peru (MINAM) to elaborate, disseminate and update the inventory and integrated national assessment of natural resources and environmental services in Peru, executed in the form of consulting for Consultants Associated in Nature and Development and Laboratory of Applied Remote Sensing and GIS of the Universidad Nacional Agraria La Molina in 2012.

The main objective of the study was to prepare the map of Peru Environmental Services (unpublished), which will serve as an essential tool for the management and operation of environmental services provided by ecosystems nationwide, allowing decision-decisions and the planning and public policy at different levels of governance, using existing information in the various studies on natural resources, ecosystems and ecosystem services. This summary is for the spatial analysis of the methodology.

The methodology of this first experience considering the development of processes for the assessment of ecosystems and ecosystem services, the mapping itself and the development of its spatial database.

Keywords: Spatial data, ecosystem, Environment Ministry, environmental services, ecosystem services

Introducción

El Ministerio del Ambiente (MINAM) del Perú tiene por funciones, entre otras, la de diseñar la política y estrategia nacional de gestión integrada de los recursos naturales y supervisar su implementación

Como parte de estas funciones, el MINAM realizó la primera experiencia en la elaboración de un mapa nacional de servicios ambientales, en el marco de su encargo para elaborar, difundir y mantener actualizado el inventario y evaluación nacional integrados de los recursos naturales y de los servicios ambientales del país. Este mapa tiene como finalidad contar con información espacial sobre la distribución, características y potencial de mercado de los servicios ambientales a nivel nacional.

El ecosistema es el conjunto de especies de un área determinada que interactúan entre ellas y con su ambiente abiótico; mediante procesos como la depredación, la competencia y la simbiosis, y con su ambiente al desintegrarse y volver a ser parte del ciclo de energía y de nutrientes. Las relaciones entre las especies y su medio, resultan en el flujo de materia y energía del ecosistema.

Los procesos ecológicos de los ecosistemas naturales suministran a la humanidad una gran e importante gama de servicios gratuitos de los que dependemos. Estos incluyen: mantenimiento de la calidad gaseosa de la atmósfera (la cual ayuda a regular el clima); mejoramiento de la calidad del agua; control de los ciclos hidrológicos, protección de cabeceras de cuenca; generación y conservación de suelos fértiles; polinización de muchas especies de flora; disposición directa de alimentos provenientes de medios ambientes acuáticos y terrestres; así como el mantenimiento de una vasta “librería genética” de la cual el hombre ha extraído las bases de la civilización en la forma de cosechas, animales

domesticados, medicinas y productos industriales. A todo esto es lo que se denomina servicios ambientales.

Evaluación de ecosistemas

Como primer paso del proceso de elaboración del mapa de servicios ambientales, se debe realizar la evaluación de los ecosistemas a nivel nacional, cuyo resultado indicará el espacio donde se desarrolla los servicios ambientales. El diseño metodológico conformado por etapas se observan en la Figura No. 1:

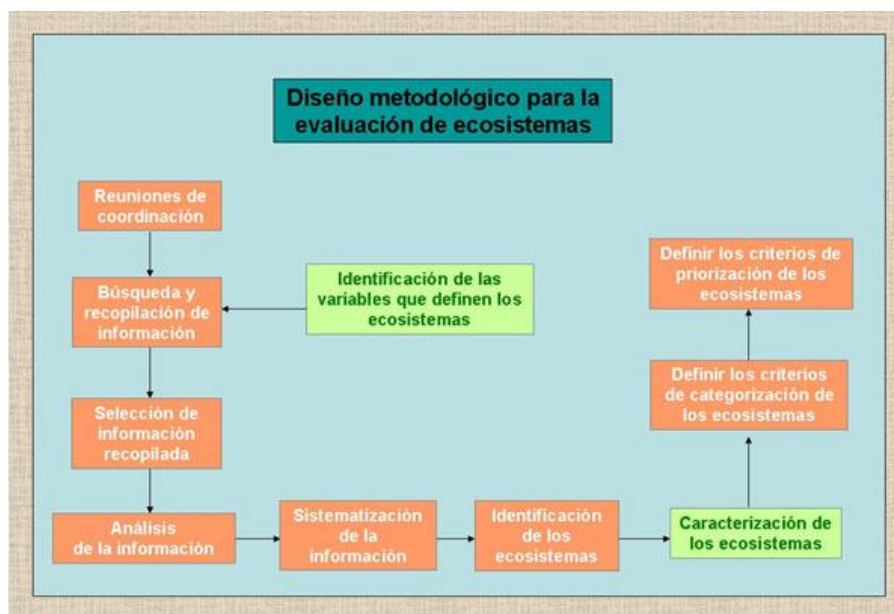


Figura No.1 Diseño metodológico para la evaluación de ecosistemas

a. *Identificación de ecosistemas a nivel nacional*

Para obtener información espacial que servirá de insumo para la identificación de ecosistemas y obtener un mapa de ecosistemas a nivel nacional, se recopiló la siguiente información cartográfica:

- i. Mapa de cobertura vegetal 2009
- ii. Mapas de Sistemas Ecológicos (andina, yungas peruanas, Amazonía y Sechura)
- iii. Mapa Forestal año 2000
- iv. Mapa Forestal año 1995
- v. Mapa Ecológico

Se utilizaron los siguientes criterios de selección para poder identificar cuáles son los insumos cartográficos pertinentes para elaborar el mapa de ecosistemas a nivel nacional:

- i) Nivel de detalle: Implica el grado de detalle en el proceso de estratificación de la vegetación o determinación de hábitats. Es así, que los estudios de Sistemas Ecológicos y del mapa de cobertura vegetal presentan leyendas de un nivel de detalle adecuado para el nivel nacional.
- ii) Escala de Trabajo: Es recomendable para este análisis tener información no menor a una escala de 1:250 000. Los estudios de Sistemas Ecológicos, mapa forestal año 2000 y del mapa de cobertura vegetal presentan esta característica.
- iii) Información actualizada: Es importante contar con información de ecosistemas más actualizada que se tenga para que se aproxime más a la realidad actual. Se considera que los estudios deben haberse realizado como máximo el año 2000. Los estudios de Sistemas Ecológicos, mapa forestal año 2000 y del mapa de cobertura vegetal presentan esta característica.
- iv) Criterios de estratificación: Principalmente se utiliza los criterios de: Florístico, Fisionómico, Fisiográfico y climático. El mapa de patrimonio forestal integró 3 criterios (Florístico, Fisionómico, Fisiográfico), el estudio de sistemas ecológicos integró 2 criterios

(Florístico y climático). El mapa Ecológico caracteriza principalmente bajo el criterio climático, mientras que los mapas forestales (1995 y 200) se basan en los criterios florístico y climático.

Luego de aplicar estos criterios de selección, se decidió trabajar con los estudios del cobertura vegetal nacional 2009 y Sistemas Ecológicos basado en la metodología de NatureServe, al ser estos los que cumplen con la mayoría de los criterios de selección.

Del análisis e integración de ambos estudios se obtuvo la leyenda de los ecosistemas definidos que sirvió de base para la elaboración del mapa de servicios ambientales a nivel nacional.

La base principal para definir nuestra leyenda en la identificación de ecosistemas son las unidades de los mapas de sistemas ecológicos elaborados con la metodología de NatureServe, ya que es información que tiene un mayor detalle en la discriminación y subdivisión de ecosistemas, además de haberse usado insumos climáticos. Sin embargo, las unidades creadas a partir de criterios fisionómicos y florísticos del estudio del mapa del cobertura vegetal, son unidades mejoradas tanto en nivel de detalle como en escala de trabajo, y también que es información más actualizada (2009). Así mismo, no existe en el mapa de sistemas ecológicos unidades de bosques secos para toda la costa norte, por lo que estos se obtuvieron también del Mapa de cobertura vegetal.

Las unidades de ecosistemas identificadas a partir de los estudios en mención se pueden observar en la Figura No.2. En dicho cuadro se ordena estos ecosistemas en diferentes niveles, siendo el nivel 1 las 3 grandes regiones naturales del país. El nivel 2 está basado en las unidades de las provincias biogeográficas (CDC-UNALM), mientras que el nivel 3

agrupa principalmente ecosistemas del nivel 4 con características fisionómicas similares (macrogrupos), siendo el nivel 4 los ecosistemas identificados.

Nivel 1	Nivel 2 (provincias biogeográficas)	Nivel 3	Nivel 4 (Ecosistemas)	msnm (min)	msnm (max)
Region Costa	Desierto Pacifico Subtropical	Desierto costero	Desierto absoluto mediterráneo tropical	600	2000
			Desierto de Sechura	0	500
		Matorral costero subtropical	Arbustales Montanos Xéricos Interandinos de la Puna Húmeda	2000	3150
			Matorrales y herbazales costeros hiperdesérticos tropicales	500	1000
			Rosetales Desérticos Basimontanos	0	2000
		Cardonal subtropical	Cardonales y Matorrales Desérticos del Piedemonte Occidental	500	1200
		Bosque Seco subtropical	Bosques y Arbustales Ribereños Basimontanos Desérticos	0	2200
		Humedales costeños	Humedal costero	0	20
	Desierto Pacifico Templado calido	Matorral Templado calido	Matorrales Altimontanos de la Puna Xerofítica Desértica	3050	4050
			Matorrales y herbazales costeros hiperdesérticos tropicales	500	1000
			Rosetales Desérticos Basimontanos	0	2000
		Desierto costero	Desierto absoluto mediterráneo tropical	600	2000
		Cardonal Templado calido	Cardonales Desérticos Montanos Suroccidentales	2050	3050
		Bosque Seco Templado calido	Bosques y Arbustales Ribereños Basimontanos Desérticos	0	2200
		Lomas	Lomas costeras	200	800

Figura No.2 Parte de la leyenda del mapa de ecosistemas

b. Criterios de categorización y priorización de ecosistemas a nivel nacional

Para facilitar el enlace de los ecosistemas con los servicios ambientales, se realizó la categorización de los ecosistemas, utilizando los siguientes criterios:

Criterio de humedad:

En este criterio se utilizó la clasificación bioclimática de la Tierra (Rivas – Martínez, 2004), específicamente los tipos ómbricos mensuales determinados con la precipitación media anual (P) en milímetros y con la temperatura. Los valores de este criterio se muestran en el cuadro No. 1.

Cuadro No. 1. Clases por Tipos ómbricos

Tipos Ómbricos	Abr.	Iom	Valor
Ultrahiperárido	Uha	< 0.1	1
Hiperárido	Har	0.1-0.3	
Arido	Ari	0.3-1.0	
Semiárido	Sar	1.0-2.0	2
Seco	Sec	2.0-3.6	
Subhúmedo	Shu	3.6-6.0	3
Húmedo	Hum	6.0-12.0	
Hiperhúmedo	Hhu	12.0-24.0	
Ultrahiperhúmedo	Uhu	> 24.0	

Fuente: Adaptado de Rivas Martinez (2004)

Criterio de Biodiversidad

En el estudio: “Distribución de las especies endémicas en la vertiente oriental de los andes de Perú y Bolivia” de Nature Serve, se encontró y caracterizó 437 especies vasculares en la vertiente oriental de los andes, información que se utilizó en la presente categorización. Los valores de este criterio se observan en el cuadro No. 2.

Cuadro No. 2. Clases de Biodiversidad

Descripción	Valor
Hasta 100 especies endémicas	1
Hasta 200 especies endémicas	2
Hasta 300 especies endémicas	3
Más de 300 especies endémicas	4

Criterio de Biomasa

Para este criterio se usó como insumo el estudio de FAO del 2010, donde realizó un análisis de recursos biomásicos leñosos y de residuos para uso combustible, que ayudó a identificar,

cuantificar y localizar la producción y el consumo de biocombustibles y otros eventuales recursos dendroenergéticos en el Perú. En el cuadro No. 3 se observan los valores de este criterio.

Cuadro No. 3. Clases por volumen de Biomasa

Descripción	Valor
Biomasa entre 0 y 120 TN	1
Biomasa entre 120 y 240 TN	2
Biomasa entre 240 y 360 TN	3
Biomasa mayor a 360 TN	4

Criterio Fisiográfico

La diversidad de plantas también está relacionada con la diversidad de suelos y éstos a su vez con la diversidad de geoformas existentes. En el presente estudio se utilizó la pendiente, siendo de utilidad para la identificación de los procesos geodinámicos, se utilizó un DEM de 90 metros y se identificaron 3 categorías de pendiente, siendo las áreas de mayor valor las de mayor pendiente.

Cuadro No. 4. Clases de pendiente

Descripción	Valor
Pendiente entre 0 y 30 %	1
Pendiente entre 30 y 60 %	2
Pendiente mayor a 60 %	3

La priorización de los principales ecosistemas a nivel nacional se realizó con el objeto de identificar las zonas que proporcionan los bienes y servicios ambientales que serán incluidos en el mapa de servicios ambientales. Para la priorización de los principales ecosistemas se ha considerado los siguientes criterios:

- Que sean generadores o ‘proveedores’ de agua.
- El grado de endemismo de las especies que lo habitan.

- Que sean ecosistemas singulares o únicos.
- La cantidad de biomasa vegetal presente en él.
- El grado de fragilidad del ecosistema.

Evaluación de servicios ambientales

Para realizar la evaluación de todos los servicios ambientales a nivel nacional se ha considerado el siguiente diseño metodológico conformado por etapas que se observan en la Figura No. 3:

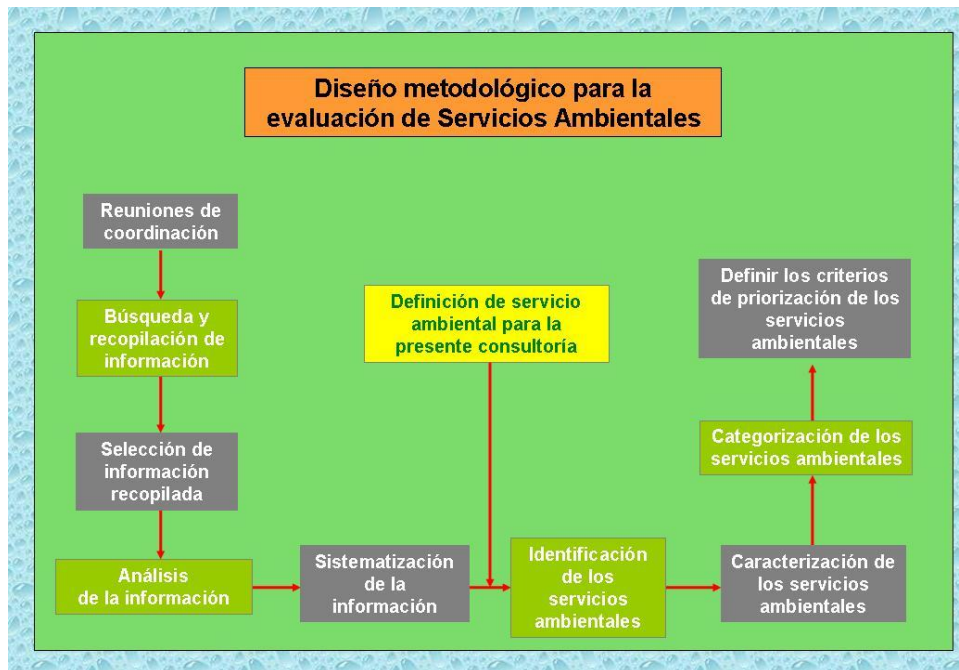


Figura No. 3. Diseño metodológico para la evaluación de servicios

a. Identificación de los servicio ambientales

Para el presente estudio se ha utilizado la propuesta de servicios de los ecosistemas expuesto por el TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity) como base para la identificación de los servicios a nivel nacional.

b. Priorización de los servicios ambientales

Para priorizar los servicios ambientales se han utilizado criterios que han sido agrupados en tres categorías:

- Beneficios para la población y economía
- Potencial
- Amenaza para la provisión del servicio

A partir de esto, se elaboraron matrices de valoración cuantitativa y cualitativa, en donde se ponderaron cada servicio ambiental (siendo 1 irrelevante y 5 muy relevante). El resultado de estas ponderaciones se observan en el cuadro No. 5.

Cuadro No. 5. Servicios ambientales priorizados

Orden de prioridad	Servicio ambiental	Puntaje
1	Provisión y regulación del flujo hídrico	4.4
2	Regulación del clima Captura y almacenamiento de carbono	4.3
3	Regulación de fenómenos extremos	3.9
4	Recreación y ecoturismo	3.9
5	Provisión de alimentos	3.6
6	Formación y mantenimiento de la calidad del suelo	3.6
7	Recursos genéticos	3.5
8	Prevención de la erosión	3.4
9	Medicina y otros recursos bioquímicas	3.3
10	Control biológico de plagas y enfermedades	3.1

c. Matriz de oferta de los servicio ambientales por ecosistemas

La construcción de la matriz de oferta considera los resultados, tanto de la identificación de los ecosistemas como la priorización de los servicios ambientales. De este modo, se

consideran todos los ecosistemas identificados y los diez primeros servicios ambientales identificados y priorizados.

La caracterización y ponderación cualitativa de los servicios ambientales de la matriz de oferta busca identificar la importancia en función de la capacidad que posee cada ecosistema para dar soporte o formación de los servicios ambientales. Los criterios de ponderación cualitativa van del 1 al 5, donde 1 es de capacidad irrelevante y 5 es muy alta capacidad relevante. Los resultados se observan en la siguiente figura:

Grupos	Servicios de suministro			Servicios de regulación						Servicios culturales y de disfrute	Puntaje total
	Recursos genéticos	Provisión de alimentos	Medicina y otros recursos bioquímicos	Regulación de flujo y provisión de agua	Captura y almacenamiento de carbono	Regulación de fenómenos extremos	Prevención de la erosión	Formación y mantenimiento de la calidad del suelo	Control biológico de plagas y enfermedades	Recreación y ecoturismo	
Bosque montano estacional de Yungas	5	4	3	5	4	3	4	3	2	4	37
Bosque montano húmedo de Yungas	5	4	3	4	5	2	3	4	2	3	35
Bosques húmedos andinos	5	4	4	3	3	2	3	3	3	5	35
Bosques con bambú de la amazonia	4	3	4	3	4	2	3	3	3	5	34
Bosques de piedemonte y la penillanura de la amazonia	4	3	3	3	5	2	3	3	3	5	34
Bosque sub andino estacional de Yungas	5	4	4	3	4	2	3	2	2	4	33
Bosques de serranías aisladas de la amazonia	4	3	3	3	4	2	3	3	3	5	33
Bosques hundables por aguas blancas	4	4	3	3	4	3	4	3	2	3	33
Bosque altmontano y altoandino húmedo de los Andes del Norte	5	2	2	4	4	3	4	3	2	3	32
Bosque altmontano y altoandino húmedo de Yungas	4	2	4	4	4	3	3	2	2	3	31

Figura No. 4. Matriz de oferta de los servicios ambientales priorizados

Mapa de los servicios ambientales a nivel nacional

Para elaborar el mapa de los servicios ambientales a nivel nacional se ha considerado el siguiente diseño metodológico conformado por etapas que se observa en la Figura No. 5 y se describe a continuación:

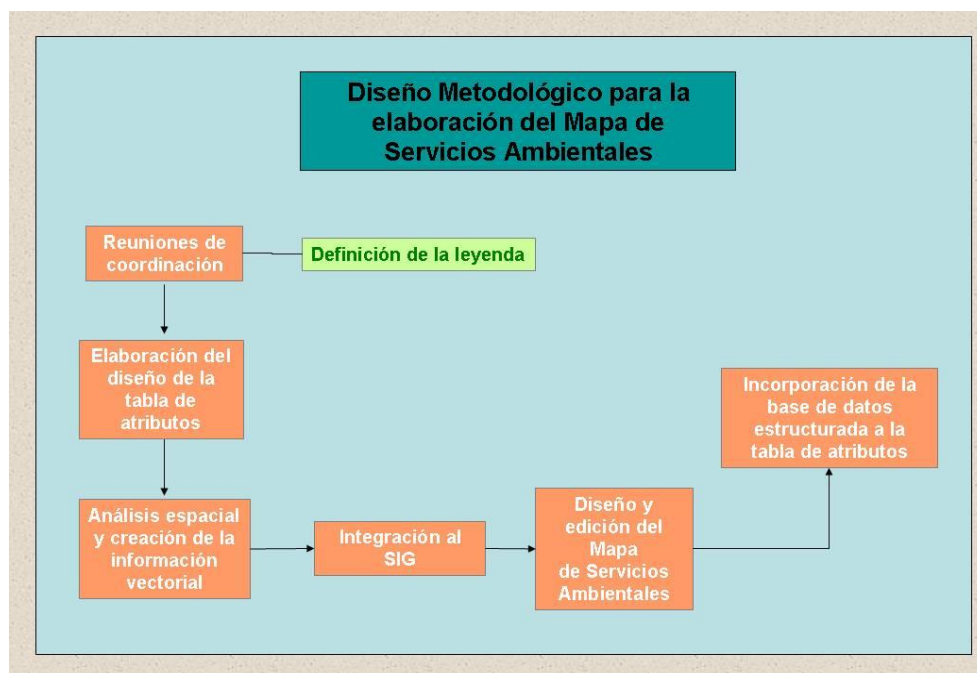


Figura No. 5 Diseño metodológico para la elaboración del mapa nacional de servicios ambientales

a. Elaboración del diseño de la tabla de atributos

El mapa de servicios ambientales tiene como base los ecosistemas que brindan determinado(s) servicio(s) ambiental(es). Se realizó el diseño de la estructura de la tabla de atributos que contiene el shapefile de ecosistemas, la cual se observa en el Cuadro No. 6:

Cuadro No. 6 Estructura de la tabla de atributos del shapefile de ecosistemas

Nombre campo	Descripción	Tipo	Longitud
Code_grupo	Código del grupo al cual pertenece el ecosistema. Código del nivel 3.	Caracter	12
Grupo	Grupo al cual pertenece el ecosistema. Nivel 3.	Caracter	150
Code_eco	Código del el ecosistema. Código del nivel 4.	Caracter	16
Ecosistema	Nombre del ecosistema. Nivel 4.	Caracter	150
Biogeo	Provincia biogeográfica a la que pertenece el ecosistema.	Caracter	254
Region	Región a la que pertenece el ecosistema.	Caracter	20
Biomasa	Clase de biomasa que tiene el ecosistema.	Numérico	10
Ombrotip	Clase de ombrotipo que tiene el ecosistema.	Numérico	10

Nombre campo	Descripción	Tipo	Longitud
Pendient	Clase de pendiente que tiene el ecosistema.	Numérico	10
Biodiver,	Clase de biodiversidad que tiene el ecosistema.	Numérico	1
Ave_biom	Promedio de clase de biomasa que tiene el ecosistema.	Numérico	1
Ave_ombr	Promedio de clase de ombrotipo que tiene el ecosistema.	Numérico	1
Ave_pend	Promedio de clase de pendiente que tiene el ecosistema.	Numérico	1
Ave_biod	Promedio de clase de biodiversidad que tiene el ecosistema.	Numérico	1
Fragil	Clase de ecosistema frágil que tiene el ecosistema.	Numérico	16
Unicos	Clase de ecosistema único que tiene el ecosistema.	Numérico	1
Cabecera	Clase de cabecera de cuenca que tiene el ecosistema.	Numérico	1
Bio_ha	Cantidad de biomasa por hectárea que tiene el ecosistema.	Numérico	11
Sum_prio	Sumatoria de los promedios de biomasa, ombrotipo, pendiente, biodiversidad y de las clases de ecosistemas frágiles, ecosistemas únicos y de cabecera de cuencas para cada ecosistema.	Numérico	2
Ecos_prior	Ecosistemas priorizados	Numérico	2
Ssaa1	Servicio ambiental 1: Recursos genéticos.	Caracter	50
Ssaa2	Servicio ambiental 2: Provisión de alimentos.	Caracter	50
Ssaa3	Servicio ambiental 3: Medicina.	Caracter	50
Ssaa4	Servicio ambiental 4: Provisión hídrica.	Caracter	50
Ssaa5	Servicio ambiental 5: Carbono.	Caracter	50
Ssaa6	Servicio ambiental 6: Regulación de fenómenos extremos	Caracter	50
Ssaa7	Servicio ambiental 7: Prevención de erosión.	Caracter	50
Ssaa8	Servicio ambiental 8: Calidad del suelo.	Caracter	50
Ssaa9	Servicio ambiental 9: Control biológico.	Caracter	50
Ssaa10	Servicio ambiental 10: Ecoturismo	Caracter	50
Sum_ssaa	Servicios ambientales priorizados que brinda el ecosistema.	Caracter	254
Ha	Superficie en hectáreas del ecosistema.	Numérico	19

b. Análisis y creación de la información vectorial

Para la creación del archivo en formato shapefile de entidades tipo polígono que contiene las unidades de ecosistemas a nivel nacional, se siguió el modelo de datos espacial que se observa en la Figura 6.

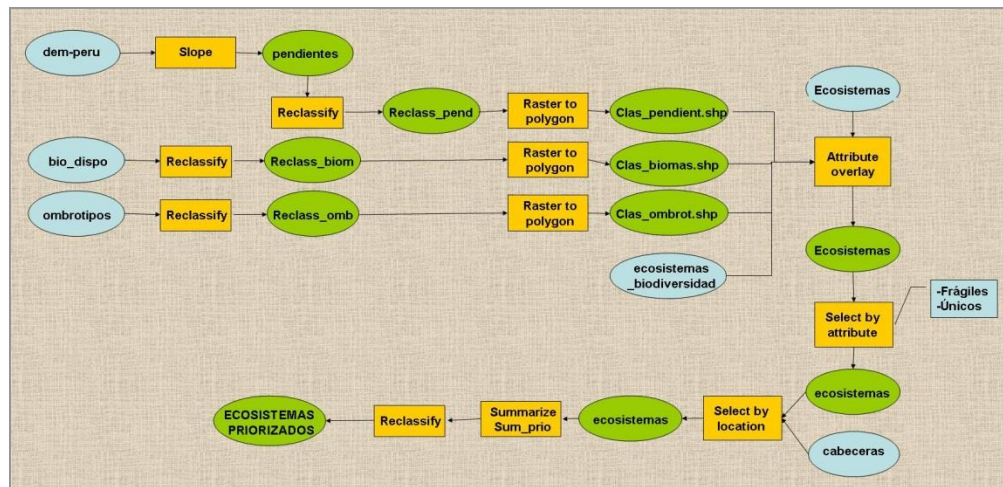


Figura 6. Modelo de datos espacial para la creación del mapa de ecosistemas priorizados

El modelo está basado tanto de archivos en formato raster como de archivos en formato vectorial. Se realizó la reclasificación (Reclassify) de datos raster (pendiente, biomasa, ombrotipos), luego de la cual se realiza la conversión a formato vectorial (raster to polygon).

Con los datos en formato vectorial (pendientes, biomasa, ombrotipos, biodiversidad) se realizó el proceso de Attribute Overlay que permite asignar a cada polígono de ecosistema el valor de las clases de pendiente, biomasa, ombrotipos y biodiversidad cuyo centroide se encuentre dentro del polígono de ecosistema. Posteriormente se obtuvo el valor promedio de las clases de pendiente, biomasa, ombrotipos y biodiversidad por ecosistema y este valor fue colocado para en el campo de promedio correspondiente por clase de ecosistema.

En el caso de cabecera de cuencas se consideró indicar a todos los polígonos de ecosistemas que contienen alguna área de cabecera en su interior. Para el caso de ecosistemas únicos y ecosistemas frágiles se realizó una selección de todas los ecosistemas

considerados como frágiles y únicos, se les asignaron valores booleanos (Si o No) para poder clasificarlos.

Los valores de cada clase de promedios de pendiente, biomasa, ombrotipos, biodiversidad, y clases de ecosistemas frágiles, ecosistemas únicos y cabeceras de cuencas fueron sumados en el campo Sum_prio obteniendo valores entre 4 y 13. Estos valores sirvieron para priorizar a los ecosistemas cuyo valor en el campo Sum_prio es mayor a 9.

Con estos criterios los ecosistemas priorizados son los que se muestran en el Cuadro No. 7.

Cuadro 7. Ecosistemas priorizados (Nivel 3 de la leyenda)

ECOSISTEMA (Nivel 3)	CODIGO
Arbustal montano estacional y xerofítico de los Andes del Norte	Ar-mexAn
Arbustal montano húmedo de las cordilleras sub andinas orientales	Ar-mhcsao
Arbustal montano húmedo de los Andes del Norte	Ar-mhAn
Arbustal montano xerofítico de Yungas	Ar-mxY
Bosque altimontano y altoandino húmedo de Yungas	Bo-aahY
Bosque altimontano y altoandino húmedo de los Andes del Norte	Bo-aahAn
Bosque altoandino de la Puna Xerofítica	Bo-aaPx
Bosque altoandino de la Puna húmeda	Bo-aaPh
Bosque húmedo de las cordilleras sub andinas orientales	Bo-hcsao
Bosque montano estacional de Yungas	Bo-meY
Bosque montano estacional de los Andes del Norte	Bo-meAn
Bosque montano húmedo de Yungas	Bo-mhY
Bosque montano húmedo de los Andes del Norte	Bo-mhAn
Bosque montano xerofítico de Yungas	Bo-mxY
Bosque sub andino estacional de Yungas	Bo-saeY
Bosque sub andino húmedo de Yungas	Bo-sahY
Bosque subandino xerofítico de Yungas	Bo-saxY
Bosques con bambú de la amazonía	Bo-bamz
Bosques de piedemonte y la penillanura de la amazonía	Bo-ppamz
Bosques de serranías aisladas de la amazonía	Bo-saamz
Bosques húmedos andinos	Bo-hand
Bosques inundables por aguas blancas	Bo-iab
Bosques inundables por aguas claras	Bo-iac
Bosques inundables por aguas negras	Bo-ian
Bosques siempreverdes sub andinos de la amazonía	Bo-ssamz
Humedal altoandino y altimontano de la Puna húmeda	Hu-aaPh

ECOSISTEMA (Nivel 3)	CODIGO
Humedal altoandino y altimontano de la Puna xerofítica	Hu-aaPx
Pajonal arbustivo altimontano y altoandino estacional de Yungas	Paj-aaaeY
Pajonal arbustivo altimontano y altoandino húmedo de Yungas	Paj-aaahY
Plantaciones forestales	Pla
Puna altimontana húmeda	Pu-amh
Puna altoandina húmeda	Pu-aah
Páramo estacional de los Andes del Norte	Pa-eAn
Páramo húmedo de los Andes del Norte	Pa-hAn
Sabana de Yungas	Sa-Y
Vegetación azonal amazónica	Ve-azam
Vegetación inundable amplia	Ve-ia
Vegetación subnival de la Puna Húmeda	Ve-snPh

Integración al SIG

Se propuso mostrar en la tabla de atributos del mapa de servicios ambientales, aquellos valores de oferta de servicio ambiental que sean mayores a 3, según la valorización de los ecosistemas por servicio ambiental. Para incorporar los datos de servicio ambiental a la tabla de atributos del shapefile creado se realizó el modelo espacial que se muestra en la Figura No. 7:

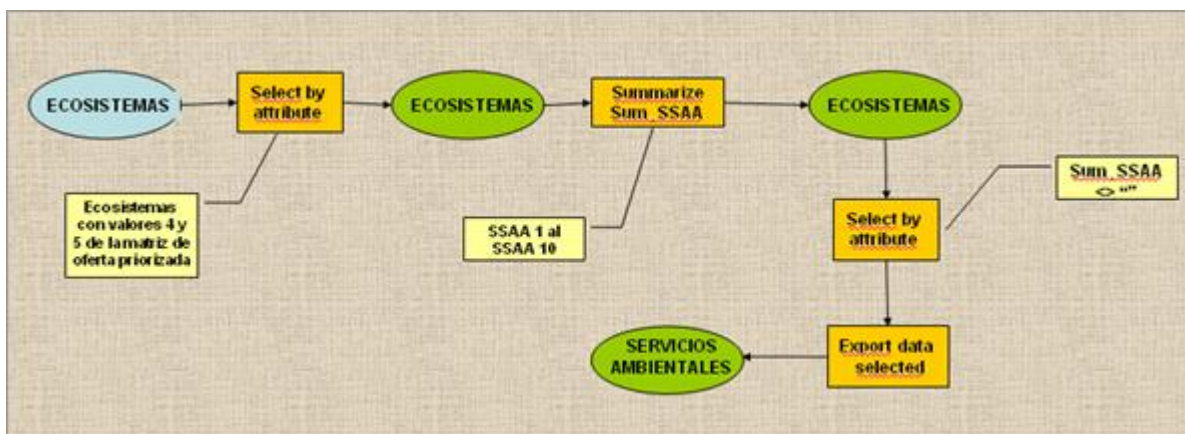


Figura No. 7 Modelo de datos espacial para la creación del mapa de servicios ambientales

Para crear el mapa de servicios ambientales se usó de base cartográfica el shapefile de ecosistemas generado. Se hizo una selección por atributos de aquellos ecosistemas que tienen valores 4 y 5 de acuerdo a los datos de la matriz de oferta priorizada, y se colocaron en los campos SSAA1 al SSAA10 los valores que corresponden de acuerdo al servicio ambiental que brinda el ecosistema, de acuerdo al cuadro No. 8.

Cuadro No. 8. Campos SSAA en los atributos del shapefile de servicios ambientales

CAMPO	VALORES
SSAA1	Recursos genéticos.
SSAA2	Provisión de alimentos.
SSAA3	Medicina.
SSAA4	Provisión hídrica.
SSAA5	Carbono.
SSAA6	Regulación de fenómenos extremos
SSAA7	Prevención de erosión.
SSAA8	Calidad del suelo.
SSAA9	Control biológico.
SSAA10	Ecoturismo

Con los campos SSAA completados, se procedió a hacer una sumatoria de los campos SSAA en el campo Sum_SSAA de manera que en este campo se almacenan todos los servicios que brinda un ecosistema. Se realizó nuevamente una selección por atributos de todos los polígonos que tienen al menos un valor en el campo Sum_SSAA y esta selección se exportó a un archivo shapefile de entidades tipo polígonos obteniendo de esta forma un shapefile final de ecosistemas y servicios ambientales. En el cuadro No. 9 se presentan los ecosistemas que brindan por lo menos 01 servicio ambiental priorizado.

Cuadro No. 9. Ecosistemas que brindan por lo menos 01 servicio ambiental priorizado

ECOSISTEMAS CON SERVICIOS AMBIENTALES PRIORIZADOS	CODIGO
Arbustal montano húmedo de los Andes del Norte	Ar-mhAn
Areas agropecuarias de costa	Agr-co

ECOSISTEMAS CON SERVICIOS AMBIENTALES PRIORIZADOS	CODIGO
Areas agropecuarias de selva	Agr-se
Areas agropecuarias de sierra	Agr-si
Bosque altimontano de la Puna húmeda	Bo-amPh
Bosque altimontano y altoandino húmedo de Yungas	Bo-aahY
Bosque altimontano y altoandino húmedo de los Andes del Norte	Bo-aahAn
Bosque altoandino de la Puna Xerofítica	Bo-aaPx
Bosque altoandino de la Puna húmeda	Bo-aaPh
Bosque húmedo de las cordilleras sub andinas orientales	Bo-hcsao
Bosque montano estacional de Yungas	Bo-meY
Bosque montano estacional de los Andes del Norte	Bo-meAn
Bosque montano húmedo de Yungas	Bo-mhY
Bosque montano húmedo de los Andes del Norte	Bo-mhAn
Bosque montano xerofítico de Yungas	Bo-mxY
Bosque ribereño desértico	Bo-rd
Bosque seco de montaña	Bo-sm
Bosque sub andino estacional de Yungas	Bo-saeY
Bosque sub andino húmedo de Yungas	Bo-sahY
Bosque subandino estacional de los Andes del Norte	Bo-seAn
Bosque subandino xerofítico de Andes del Norte	Bo-sxAn
Bosques con bambú de la amazonía	Bo-bamz
Bosques de piedemonte y la penillanura de la amazonía	Bo-ppamz
Bosques de serranías aisladas de la amazonía	Bo-saamz
Bosques húmedos andinos	Bo-hand
Bosques inundables por aguas blancas	Bo-iab
Bosques inundables por aguas claras	Bo-iac
Bosques inundables por aguas negras	Bo-ian
Bosques siempreverdes sub andinos de la amazonía	Bo-ssamz
Desierto andino	De-a
Humedal altoandino y altimontano de la Puna húmeda	Hu-aaPh
Humedal altoandino y altimontano de la Puna xerofítica	Hu-aaPx
Humedales costeros	Hu-Cos
Lomas	Lom
Manglares	Mang
Nival	Ni
Pajonal arbustivo altimontano y altoandino estacional de Yungas	Paj-aaaeY
Pajonal arbustivo altimontano y altoandino húmedo de Yungas	Paj-aaahY
Plantaciones forestales	Pla
Páramo estacional de los Andes del Norte	Pa-eAn
Páramo húmedo de los Andes del Norte	Pa-hAn
Vegetación azonal amazónica	Ve-azam

ECOSISTEMAS CON SERVICIOS AMBIENTALES PRIORIZADOS	CODIGO
Vegetación azonal andina	Ve-aa
Vegetación inundable amplia	Ve-ia

Incorporación de la base de datos estructurada a la tabla de atributos

La base de datos fue integrada al shape utilizando el campo común Grupo, cuya información está relacionada a cada uno de los polígonos de los ecosistemas. Sin embargo, mucha información esta analizada y procesada a nivel de Grupos (Nivel 3 de la leyenda) ya que este grupo fue el insumo para indicar que servicios ambientales provee.

Resultados

En la Figura 8 se presenta el Mapa de servicios Ambientales a nivel nacional generado.



Figura No. 8. Mapa Servicios Ambientales priorizados

En el Cuadro 10 se presenta la leyenda para el mapa de Servicios Ambientales.

Cuadro No. 10. Leyenda del Mapa de Servicios Ambientales priorizados

COMBINACIONES DE SERVICIOS AMBIENTALES QUE BRINDAN LOS ECOSISTEMAS	CANTIDAD DE SSAA
Ecoturismo	1
Control biológico	1
Prevención erosión - Calidad suelo - Control biológico	3
Carbono	1
Carbono - Control biológico	2
Provisión hídrica	1
Provisión hídrica - Ecoturismo	2
Provisión hídrica - Control biológico - Ecoturismo	3
Provisión alimentos	1
Provisión alimentos - Regulación fenómenos - Control biológico - Ecoturismo	4
Recursos genéticos - Regulación fenómenos - Ecoturismo	3
Recursos genéticos - Carbono	2
Recursos genéticos - Carbono - Ecoturismo	3
Recursos genéticos - Carbono - Control biológico - Ecoturismo	4
Recursos genéticos - Provisión hídrica - Carbono - Ecoturismo	4
Recursos genéticos - Provisión hídrica - Carbono - Control biológico	4
Recursos genéticos - Provisión hídrica - Carbono - Prevención erosión	4
Recursos genéticos - Medicina - Carbono	3
Recursos genéticos - Medicina - Carbono - Control biológico - Ecoturismo	5
Recursos genéticos - Medicina - Provisión hídrica - Control biológico	4
Recursos genéticos - Medicina - Provisión hídrica - Carbono	4
Recursos genéticos - Provisión alimentos	2
Recursos genéticos - Provisión alimentos - Carbono - Ecoturismo	4
Recursos genéticos - Provisión alimentos - Carbono - Control biológico	4
Recursos genéticos - Provisión alimentos - Carbono - Prevención erosión	4
Recursos genéticos - Provisión alimentos - Provisión hídrica - Carbono - Calidad suelo	5
Recursos genéticos - Provisión alimentos - Provisión hídrica - Carbono - Prevención erosión - Ecoturismo	6
Recursos genéticos - Provisión alimentos - Medicina - Control biológico - Ecoturismo	5
Recursos genéticos - Provisión alimentos - Medicina - Carbono - Ecoturismo	5
Recursos genéticos - Provisión alimentos - Medicina - Provisión hídrica - Carbono	5

Es importante indicar que de estas 31 combinaciones de servicios ambientales sólo hay 23 combinaciones de servicios ambientales para los ecosistemas priorizados.

Conclusiones

Se debe considerar al presente estudio como un paso inicial dentro de un proceso extenso para la elaboración de un mapa final de servicios ambientales a nivel nacional, tomando en consideración que no existe antecedentes o existe pocas experiencias sobre elaboración de mapas de servicios ambientales en nuestro país y en general en la región, así como la falta de información que sirva de insumo en la construcción del mapa.

La construcción de la metodología, novedosa para nuestro medio sobre construcción de mapas de servicios del ecosistema, fue un proceso que evidenció, entre otras cosas, la necesidad de contar con un fuerte respaldo de información sistematizada relacionada a aspectos biológicos, procesos ecológicos, socioeconómicos que fueron necesarios construir a fin de cumplir con los objetivos del estudio.

La identificación de variables que ayudan a establecer el nivel de potencial para los servicios de los ecosistemas se vio limitada por la carencia de información relevante y actualizada sobre las variables identificadas.

Se generó el mapa de servicios ambientales con 31 combinaciones de servicios ambientales priorizados que brindan determinados ecosistemas.

La información secundaria utilizada para generar el mapa de servicios ambientales a nivel nacional presenta diferentes niveles de detalle, motivo por el cual este mapa debe seguir siendo actualizado y afinado en el detalle de generación.

Referencias Bibliográficas

- Barrena, V., Garnica, C., Huerta, P., Ortiz, H. El mapa de Ecosistemas de los Andes del Norte y Centrales. Informe final. Lima, Perú. 34 p.
- Barrena, V.; Gianella, J.; García, H.; Flores, N.; Rubín De Celis, E.; Ocaña, J.; Guillén, R. 2010. Análisis de residuos biomásicos leñosos y de residuos para uso combustible. in Félix, E.; Rosell, C. “Bionergía y seguridad alimentaria. El análisis de BEFS para el Perú”. Compendio técnico. Vol I. Resultados y conclusiones. FAO Documento de Trabajo Manejo del Ambiente y los Recursos Naturales N° 38. pp. 71-95.
- World Resource Institute. 2005. Evaluación de los Ecosistemas del Milenio: Los Ecosistemas y bienestar humano: humedales y agua. Informe Síntesis. World Resources Institute, Washington, DC., 68 p.
- Josse, C.; Cuesta, F.; Navarro, G.; Barrena, V.; Cabrera, E.; Chacón-Moreno, E.; Ferreira, W.; Peralvo, M.; Saito, J.; Tovar, A. 2009. Ecosistemas de los Andes del Norte y Centrales. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Secretaría General de la Comunidad Andina, Programa Regional ECOBONA-Intercooperation, CONDESAN-Proyecto Páramo Andino, Programa BioAndes, EcoCiencia, NatureServe, IAvH, LTA-UNALM, ICAE-ULA, CDC-UNALM, RUMBOL SRL. Lima. 98 p.
- Rivas-Martínez. 2004. Global Bioclimatics (Clasificación Bioclimática de la Tierra). Pp.25
- Tovar, A., Tovar, C., Saito, J., Soto, A., Regal, F., Cruz, Z., Véliz, C., Vásquez, P., Rivera, G. 2010. Yungas Peruanas – Bosques montanos de la vertiente oriental de los Andes del Perú: Una perspectiva ecorregional de conservación. Lima, 139 p.