

**LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA SIG  
UNA HERRAMIENTA EN LA GESTION DEL ESPACIO PROPUESTA A  
UN MAPA DE APTITUD DE SUELOS EN LA CUENCA  
HIDROGRAFICA DEL COLCA**

**Miriam Nagata Shimabuku<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Geógrafa. Investigadora en el Centro de Investigación en Geografía Aplicada CIGA.



## RESUMEN

La creciente automatización durante las últimas décadas ha ido invadiendo diversos ámbitos, tanto el científico, como el de la vida cotidiana. Esto no resulta ajeno en las Ciencias Geográficas. El incremento en el volumen y la complejidad de la información medio ambiental ha conducido al uso de las computadoras para el almacenamiento, manipulación y tratamiento de éstos.

Entre las aplicaciones geográficas se tienen el empleo de sistemas de gestión de base de datos, aplicaciones estadísticas, la cartografía automatizada y, lo más sofisticado se da en los Sistemas de Información Geográfica SIG.

Son diversas las áreas y múltiples las aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica, así se tiene tanto en el ámbito del estudio del medio ambiente y recursos naturales, como en la Planificación urbana, Catastro, análisis de redes, análisis de mercado y Cartografía temática entre otras.

Este documento contiene la experiencia de aplicación de un SIG en el caso concreto de la Micro-región del Colca, Caylloma (Arequipa).

Se ha considerado conveniente dividir el presente trabajo en dos partes:

1. Los Sistemas de Información Geográfica.
2. Aplicación a un caso concreto: Cuenca hidrográfica del Colca.

## ABSTRACT

Recent automatization of different aspects of scientific knowledge and practical life forain are no to geography. The increment in volume, is well as complexity of environmental data has favored computer use to keep, manipulate and process information. Among he software sed in geography, we have the data

management systems, statistics programmes, automated cartography and the Geographic Information Systems (GIS). They are many ways in the study of physical and human space where the GIS are applicable.

This paper shows a sample of GIS application to the Colca basin in Caylloma, Arequipa. Based on Cartography documents exports and field I have elaborated a general map of soil aptitude.

Key words: GIS, Colca, Bassin, Land Use, Automatic Cartography.

## RESUME

La automatisation se répande de plus en plus dans les dernières années dans les diverses espaces soit le scientifique, soit celui de la vie quotidienne, et ce n'est pas exempt aux sciences géographiques. L'augmentation dans le volume, ainsi que la complexité des données environnementales ont favorisé l'usage de l'informatique pour l'emménagement, le manipulation, et le traitement des données. Entre les produits informatiques employés en géographie on a les systèmes de gestion de bases des données, des programmes statistiques, cartographie automatisée, jusque arriver aux Systèmes d'Information Géographique SIG. Il y a des applications si diverses, soit dans les études du milieu physique, soit aux études du milieu humanisé.

Cet article présente une application de la technologie SIG pour un espace réel: celui du bassin du Colca, Caylloma en Arequipa. A partir de la documentation existante (cartographique, statistique) ainsi que avec un travail sur le terrain, on est arrivée a designer une proposition pour une carte general de l'actitude des sols.

Ce document, considere deux parties. La premiere est consacré aux Systèmes d'Information Géographique, et la deuxième à l'application dans l'elaboration d'une Carte d'aptitude des sols.

## LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA SIG

¿Qué son realmente los Sistemas de Información Geográfica? Para algunas personas, los Sistemas de Información Geográfica SIG, son sólo un paquete de programas informáticos más, algo así como una hoja de cálculo o un paquete gráfico. Sin embargo un SIG es un conjunto de procedimientos manuales o computarizados usado para almacenar y tratar datos referenciados geográfica-

mente (Aronoff,1989), es también un potente conjunto de herramientas para recolectar, almacenar, recuperar a voluntad, transformar y presentar datos espaciales procedentes del mundo real (Burrough, 1986) y asimismo, los SIG's son sistemas de compuestos por hardware, software y procedimientos diseñados para la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelización y presentación de datos referenciados espacialmente para la resolución de problemas complejos de planificación y gestión (NCGIA: 1990-91). Los SIG son considerados (Chorley, 1987) hoy en día como uno de los pasos más importantes que se ha dado después de la invención del mapa para la utilización de los datos espaciales.

### *Elementos o componentes de un Sistema de Información Geográfica*

Un Sistema de Información Geográfica está conformado por:

#### *1. El soporte físico o hardware*

Se refiere a la plataforma de computador que pueden ser estaciones de trabajo o computadores personales, los dispositivos de entrada (mouse, tableta o mesa digitalizadora, escáner, vídeo), dispositivos de salida (monitor, impresora, plotter), y unidades de almacenamiento (discos duros, discos compactos, diskettes, cintas).

Los SIG's se pueden emplear en Workstation (estaciones de trabajo) o Computadoras Personales.

#### *2. Soporte lógico*

El Software que se encargará de realizar las diferentes operaciones de ingreso, manipulación, análisis y salida de la información. El SIG podrá tener una estructura Vectorial o Raster.

#### *3. Los datos*

Los datos pueden ser analógicos o digitales, temáticos o espaciales, cuantitativos o cualitativos, continuos o discretos, etc.).

#### *4. Los recursos humanos*

Se consideran los especialistas en el área temática e informática.

#### *5. La organización*

## *Funciones de un Sistema de Información Geográfica*

Los SIG presentan las siguientes funciones:

1. Ingreso de datos
2. Almacenamiento de datos
3. Manipulación y procesamiento de los datos
4. Consulta a la base de datos
5. Presentación de la información.

Los SIG's permiten responder a una serie de interrogantes (ver cuadro)

### INFORMACION GEOGRAFICA (Rhind, 1990)

1. Localización	<i>¿Qué hay en?</i>
2. condición	<i>¿Dónde sucede que...?</i>
3. tendencias	<i>¿Que ha cambiado...?</i>
4. rutas	<i>¿Cuál es el camino óptimo?</i>
5. pautas	<i>¿Qué pautas existen?</i>
6. modelos	<i>¿Qué ocurriría si?</i>

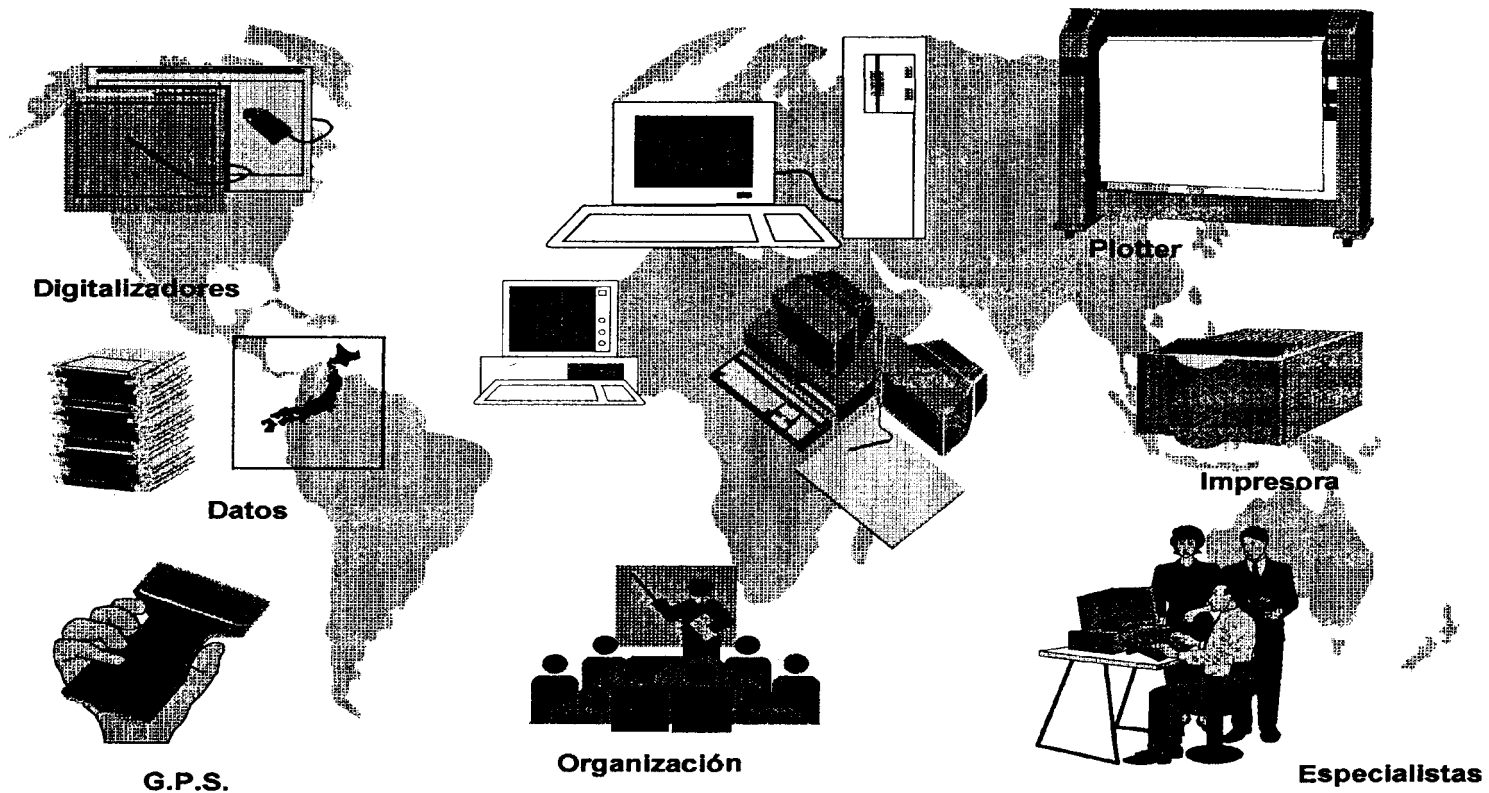
### *Naturaleza de los datos geográficos*

Los Sistemas Información Geográfica SIG trabajan con datos geográficos, los mismos que poseen tres componentes: la espacial, la temática y la temporal.

Aquello que caracteriza a la información geográfica es el carácter espacial que posee, lo cual la va a diferenciar de otro tipo de información.

La componente espacial (Gutiérrez y Gould, 1995), considera la localización geográfica (posición expresada en un sistema de coordenadas), las propiedades espaciales de los objetos (líneas: longitud, forma, pendiente y orientación; polígonos: superficie, perímetro, forma, pendiente y orientación) y también las relaciones espaciales (topológicas y geométricas) existentes entre ellos.

Fig. 1. Componentes de un Sistema de Información Geográfica



## *Etapas de un diseño de un SIG*

### *1. Definición del problema a resolver*

En esta etapa, que es la más importante, se definirá la problemática existente, así como la manera como se resolverá la misma. Se evaluará asimismo la situación real y la disponibilidad de los recursos (información, financieros, y humanos).

### *2. Preparación de la información, adquisición del material*

Esta etapa consiste en la recopilación de los datos existentes, revisión de los trabajos realizados, así como la toma de la información de campo, la información trabajada y procesada en el laboratorio (por ejemplo, muestras de suelo) y en el gabinete (por ejemplo, fotointerpretación).

### *3. Ingreso de datos y el almacenamiento de la información*

La información que se utilice deberá estar disponible en un formato compatible con el SIG. Los datos podrán encontrarse tanto en formato analógico (por ejemplo mapas en papel) como en digital (imágenes de satélite, datos ya ingresados al ordenador). En algunos casos, si bien los datos estarán disponibles en formato digital, éstos deberán ser convertidos a uno compatible con el SIG (por ejemplo de formato TIF a IMG)

En el caso en que los datos se encuentren en formato analógico, el ingreso de éstos se realizará:

- a) Manualmente, mediante el teclado. Para ello puede emplearse un editor de texto.
- b) Por digitalización manual: colocando el mapa sobre el tablero o mesa digitalizadora y registrando las coordenadas de los puntos seleccionados en el mapa con el digitalizador. Si bien es un trabajo tedioso, es el método más extendido.
- c) Ingreso automático, con ayuda de un lector óptico (scanner). Si bien es un proceso más rápido, éste requiere de tratamientos geográficos posteriores dada la ausencia de estructuras.



#### 4. *Edición (corrección de errores durante el ingreso de datos)*

Es muy importante velar por la calidad de los datos. Debe tenerse presente que un error podrá ser multiplicado una y otra vez. Los errores pueden presentarse en cualquiera de las etapas de un SIG:

- a) Errores en las fuentes: Se pueden presentar durante la compilación de los mapas, u otro tipo de información.
- b) Errores durante el ingreso de datos: Ocasionadas por las equivocaciones del operario (al digitalizar o, al tipear).
- c) Errores en el almacenamiento: Por la baja precisión con que la cartografía e información temática son almacenadas, así como también por la conversión vector-raster y viceversa.
- d) Errores en el análisis y la manipulación: Propagación de errores durante la superposición de mapas, usar las fórmulas de manera incorrecta, durante la interpolación (por ejemplo al interpolarse curvas de nivel al dar un valor superior a una curva, luego de la interpolación una depresión podrá aparecer como una elevación).

#### 5. *Análisis y tratamiento de la información*

El análisis es una de las funciones más importantes de un SIG. Permite el procesamiento integrado de datos integrados. Se conseguirá una mayor información de la que se ingresó.

Entre las funciones de análisis están la recuperación, la superposición, la vecindad, y la conectividad.

#### 6. *Visualización presentación de la documentación*

La presentación de los datos se puede dar a través del monitor (softcopy), o en formato analógico mediante una salida de impresoras o plotters, (hardcopy).

Entre las diferentes formas de salida de datos se tienen las tablas de valores, los diagramas, mapas analógicos, representaciones tridimensionales, simulaciones de vuelo.

## *Áreas de aplicación de los Sistemas de Información Geográfica*

En las áreas de uso práctico de un SIG se incluyen todas aquellas donde son necesarias el manejo de información espacial. Son muy variadas desde un inventario de recursos naturales y humanos, hasta el control y gestión de planos catastrales y de propiedad urbana y rural, la planificación y gestión urbana y los equipamientos, la cartografía y control de grandes instalaciones (red telefónica, servicios de agua y desagüe, redes de transporte) marketing geográfico, estudios de mercado, incluso en el área médica resulta interesante las aplicaciones en los estudios de epidemiología (estudio de difusiones), etc.

### CASO CONCRETO: PROPUESTA DE UNA CARTA DE OCUPACION DE SUELOS EN LA CUENCA DEL RIO COLCA, AREQUIPA

#### *Localización localización del área de estudio*

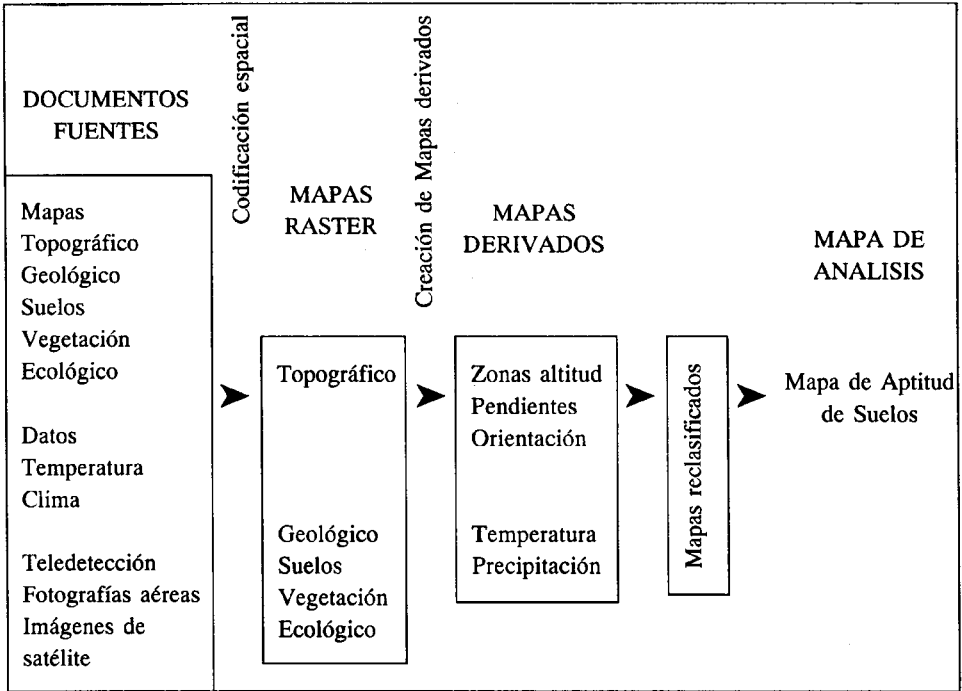
La cuenca del río Colca-Majes-Camaná, pertenece al sistema hidrográfico del Pacífico y se localiza en el sur del Perú, en la región de Arequipa, provincia de Caylloma, al Norte de la provincia de Arequipa. Sus límites son por el Norte con las cuencas del Apurímac y el Ocoña, al Sur con la cuenca del Quilca y el Océano Pacífico, al Este las cuencas del Tambo y el Apurímac y al Oeste la cuenca del Ocoña. Se ha delimitado como área de estudio a la zona de cuenca desde sus nacientes (al Noreste de la ciudad de Arequipa, al sur de Crucero Alto a 4 500 m. de altitud) hasta el lugar donde el río Capiza vierte sus aguas al Colca abarcando una superficie de 8,160 km<sup>2</sup>.

#### *Metodología*

El objetivo de este estudio ha sido diseñar una metodología para la elaboración de un Sistema de Información Geográfica con la finalidad de obtener un mapa de aptitud de suelos en la cuenca del río Colca.

Las dimensiones del área de estudio, así como la información disponible algunas veces desactualizada, otras veces incompleta, la falta de información del trabajo de campo más detallada, hace que el presente trabajo posea un carácter aproximativo y muy general, que puede servir de referencia para estudios posteriores.

La metodología seguida ha sido la aplicación de un Sistema de Información Geográfica con el cual se ha manipulado la información temática y cartográfica



**Fig. 2:** Principales etapas en el Sistema de Información Geográfica

existente, y, la información obtenida ha sido contrastada con la observación del terreno.

Para hallar el mapa se ha tomado en cuenta las variables topográfica, altitudinal, climática, edafológica, hidrográfica y geológica.

1. Las fuentes empleadas han sido:

- Carta Nacional del Instituto Geográfico Nacional a escalas 1 250 000 y 1 100 000,
- Mapa planimétrico de imágenes de satélite LANDSAT.
- Mapas Temáticos ONERN, Ecológico, Agrostológico, Geológico.
- Fotografías aéreas escala 1: 50 000, vuelo Hycon 1955.
- Información meteorológica SENAMHI (precipitación y temperatura).

## 2. Hardware y Software

Se utilizaron como soportes informáticos el CAM ATLAS-DRAW y el SIG IDRISI para el tratamiento digital de datos, en una computadora 80486DX con 8 Mb de RAM. Como periféricos de entrada de datos se emplearon el teclado y la tableta digitalizadora.

### *Ingreso y codificación de datos*

Luego de definido el esquema a seguir (ver diagrama), se realizó la recopilación de la información en formato analógico, la misma que fue ingresada vía teclado y tablero digitalizador, pasando así a formato digital.

#### *1. Datos altimétricos: el Modelo Numérico de Terreno MNT*

Se tomaron las curvas de nivel de la carta nacional conservando una equidistancia de 100 m. para las zonas de relieves más suaves y de 200 m. para aquellas de relieve más abrupto. Estas curvas se trasladaron al papel vegetal (canson) dado que resultaban poco legibles a la vista y se ingresaron mediante el tablero digitalizador empleando el software Atlas-Draw que trabaja en formato vector.

Cada curva de nivel estuvo formada por un máximo de 1100 puntos (límite del software). Este programa fue empleado porque presenta mayores facilidades para el ingreso de datos que el módulo TOSCA de IDRISI. El identificador empleado para cada curva de nivel fue su valor altitudinal.

Una vez efectuada la edición (corrección) de los datos la información fue convertida al formato raster para ser trabajada con el SIG IDRISI. Luego de ser rasterizado el mapa, se procedió a crear el Modelo digital de terreno MNT a partir de la interpolación de las curvas de nivel y luego se le aplicó un filtro de paso bajo tradicional, con el cual se mejoró la imagen obtenida.

Un Modelo Numérico de Terreno MNT (Digital Elevation Model DEM) es un sistema de descripción matemática y gráfica del relieve que permite generar un fichero enmallado con coordenadas x, y, z en el espacio (Didieu, 1989).

#### *2. Otros mapas temáticos*

Para los otros mapas temáticos se eligieron los identificadores de acuerdo al número de clases que poseían. Estos fueron ingresados como líneas o polígonos según el caso de la misma manera que con el mapa anterior.

a) Mapa hidrográfico

En el caso del mapa hidrográfico se ingresaron en primer lugar los ríos como líneas y los lagos como polígonos.

b) Mapa geológico

Al digitalizar el mapa, se le asignó a cada formación geológica un código numérico del 1 al 12. En algunos casos existían varios polígonos con el mismo identificador, como en el Cuaternario aluvial, y el Cretaceo volcánico, por ejemplo. Una de las limitaciones ha sido el número de puntos aceptados por el programa (por polígono), lo que se ha tenido que corregir en el proceso de edición, posteriormente se rasterizó.

c) Mapa ecológico

El mapa ecológico (clasificación de Holdridge) se ingresó del mismo modo que en el mapa geológico.

d) Mapa de suelos

Se ingresó el mapa de suelos donde se consideraron las siguientes asociaciones:

Asociaciones	Superficie km <sup>2</sup>
PáramoAndosol-Litosol andino vítrico	6631
Litosol desértico-Andosol vítrico	717
Litosol desértico-Xerosol háplico	410
Paramosol dístrico-Litosol andino dístrico	231
Fluvisol eútrico-Litosol andino dístrico	103
Lítico nival (sin suelo)	72

e) Mapa de Vegetación (Agrostológico)

Se introdujeron los datos del mapa agrostológico (ONERN, 1973) donde se distinguieron las zonas siguientes:

- Zona de Festuchetum Calamagrosetum, compuesto por la asociación de Festuca (Dollychophylla, Ortophylla) y el Calamagrostis (emiens, vacunarum, etc.).

- Zona de Stipetum Ichu, formadas por las especies Stipa ichu y Stipa obtusa, las mismas que se mezclan con la Tola (*Lepidophyllum quadrangulare*).
- Zona de tundras y nevados, con cobertura vegetal muy pobre , dadas las condiciones ambientales.
- Zona con escasa vegetación.

f) Mapa de delimitación de cuencas

La cuenca fue delimitada a partir de la carta topográfica y luego ingresada como un polígono

3. *Mapas derivados a partir de los mapas e información existente*

Como se mencionó el SIG tiene la capacidad para crear otra información a partir de la existente. En este caso a partir del Modelo Numérico de Terreno se llegaron a elaborar otros mapas (pendientes, orientación, temperatura, precipitación).

a) Mapa de altitudes

Con el Modelo Numérico de Terreno MNT, se procedió a reclasificar las altitudes. La clasificación empleada fue en base a las altitudes límites para las actividades agrícola, y pecuaria, así como las zonas con temperaturas muy bajas.

b) Mapa de Pendientes

La pendiente es definida como el grado de inclinación de un terreno respecto al horizonte, y es medida generalmente en dirección de los ejes de las coordenadas (Aronoff, 1989). El mapa de pendientes ha sido hallado a partir del MNT. Una vez obtenida la imagen en grados (puede darse tambien en porcentajes  $45^\circ = 100\%$ ), se empleó la siguiente clasificación:

1. 0 - 1°
2. 1 - 2°
3. 2 - 5°
4. 5 - 10°
5. 10 -15°

6. 15 - 35°
7. 35° y más

c) Mapa de Orientación

Partiendo del MNT, se construyó el Mapa de Orientación (ángulo a partir de la proyección plana del vector normal a una superficie respecto al norte geográfico) de vertientes. Se clasificaron 9 clases:

1. Norte (0 - 45°)
2. Noreste (45-90°)
3. Este (90-135°)
4. Sureste (135-180°)
5. Suroeste (180-225°)
6. Oeste (270-315°)
7. Noroeste (315-360°)
8. Sin pendiente

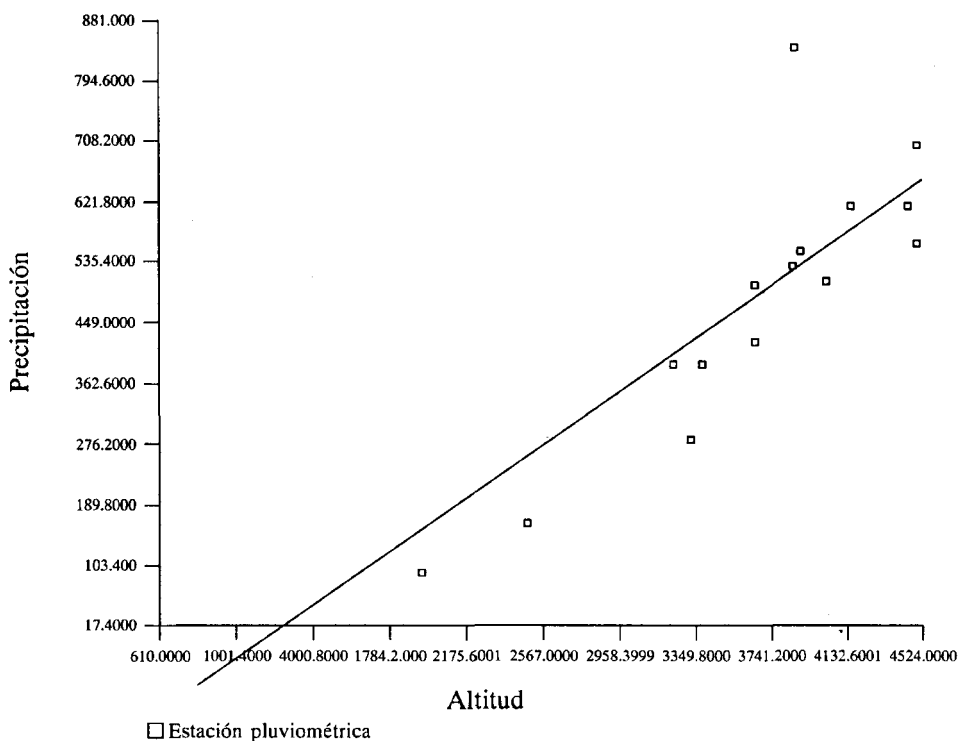
d) Mapa de Precipitación

Toda la cuenca del río Colca cuenta con 19 estaciones pluviométricas, de las cuales 17 están en funcionamiento. Existe un pluviómetro por cada 489 km<sup>2</sup>). La distribución altitudinal es la siguiente:

- 1 estación debajo de los 3 000 m
- 4 estaciones entre los 3 000 y 3 500 m
- 4 estaciones entre 3 500 y 4 000 m
- 6 estaciones entre 4 000 y 4 500 m
- 2 estaciones en altitudes superiores a los 4 500 m

Existe no solamente una gran distancia separando estas estaciones sino también una desigual distribución. Ellas se localizan entre Choco y Sibayo, rodeando el curso principal del río Colca. Por ejemplo en los alrededores del río Molloco, importante afluente del Colca, no existe estación alguna. Al Este, entre Sibayo y los límites de la cuenca hay solamente 1 estación. Se seleccionaron 11 estaciones y se eligieron los datos durante el período entre 1965 y 1986. Para obtener los datos faltantes en algunas estaciones se estimó la precipitación a partir de la mejor correlación obtenida con las estaciones con altitudes similares.

$$Y = -226.274460 + 0.200133 X \quad r = 0.89 \quad t = 7.38809 \quad df = 14$$



**Fig. 3:** Recta de regresión entre la altitud y la precipitación

Para calcular las precipitaciones de toda la cuenca se eligió el método basado en la relación precipitación-altitud, debido a que el método de Thiessen no resulta satisfactorio dadas las condiciones topográficas de la zona, y para el método de las isoyetas los datos son insuficientes a causa de la distribución espacial de los datos (concentrados sólo alrededor del curso principal del Colca).

La correlación obtenida fue de 0.89 y la ecuación de la recta de regresión:

$y = -226.274460 + 0.200133x$ , donde  $y$  = precipitación y,  $x$  = altitud..

Aplicando esta ecuación al MNT, se obtuvo el Mapa de precipitaciones, el cual luego se clasificó:



Precipitación	Superficie (%)
1. Menos de 100 m	0.10
2. 100 - 200 mm	0.47
3. 200 - 300 mm	1.03
4. 300 - 400 mm	1.45
5. 400 - 500 mm	3.49
6. 500 - 600 mm	9.53
7. 600 - 700 mm	44.84
8. 700 - 800 mm	37.79
9. 800 - 900 mm	1.20
10. 900- 1000 mm	0.10
<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>

#### e) Mapa de Temperatura

Como en el caso de la precipitación, la falta de datos de temperatura hizo que se empleara el método para hallar la temperatura considerando la relación existente entre temperatura y altitud, considerando la relación directa que existe entre ambas.

El coeficiente de correlación fue de 89.16%, y a partir de la recta de regresión:

$y = 27.63 - 0.0055 x$ , donde  $x =$  altitud e,  $y =$  temperatura se calcularon las temperaturas para la zona.

La ecuación fue aplicada al MNT y como resultado se consiguió un mapa de temperaturas, el mismo que fue clasificado en las siguientes clases:

1.  $-4^{\circ}$  a  $-2^{\circ}$
2.  $-2^{\circ}$  a  $0^{\circ}$
3.  $0^{\circ}$  a  $2^{\circ}$
4.  $2^{\circ}$  a  $4^{\circ}$
5.  $4^{\circ}$  a  $6^{\circ}$
6.  $6^{\circ}$  a  $8^{\circ}$
7.  $8^{\circ}$  a  $10^{\circ}$
8.  $10^{\circ}$  a  $12^{\circ}$

9. 12° a 14°
10. 14° a 16°
11. 16° a 18°
12. 18° a 20°

### *Análisis de la información*

Cada mapa ha sido considerado como una capa (layer, couche) de información. Según las definiciones que se han dado a las aptitudes del suelo.

### *Definición de las aptitudes*

Un mapa de aptitud de suelos proporciona información acerca del valor de un territorio o, el carácter específico de este territorio de acuerdo a una función bien precisa (DECADE, 1984)

La aptitud de los suelos pueden ser definidas como las posibilidades que presenta un espacio frente a una actividad determinada, como pueden ser las aptitudes agrícola, ganadera, forestal, etc.

### *Criterios para definir la carta de aptitud de suelos*

De acuerdo al tipo de aptitud a considerar, la importancia de los diferentes elementos del medio ambiente (relieve, clima, suelos, vegetación, aguas) podrá variar. Existen elementos que si bien no pertenecen al medio físico del territorio tendrán influencia sobre ellos (población, infraestructura vial, distribución de la población, etc.). El conjunto de todos estos elementos van a determinar la aptitud del suelo. Algunos como la altitud y el relieve que van a jugar un papel muy importante sobre el clima, estarán más relacionados que otros.

#### a) La altitud

La región se sitúa entre los 1500 y más de 6000 m., estas diferencias altitudinales relacionadas con otros factores intervienen en la diferenciación climática de la zona.

Considerando que las condiciones climáticas son más rudas con el aumento de altitud determinando en muchos casos la presencia o no de cobertura vegetal. A partir de la literatura existente hemos considerado la altitud como un criterio para los límites de las actividades agrícolas y pecuarias (Escobedo, Rivas, Dollfus, 1985).

b) La topografía

El relieve con fuertes pendientes constituyen un obstáculo para el desarrollo de la agricultura. Los fenómenos de erosión se acentúan más en vertientes de relieves abruptos y más aún si no existe cobertura vegetal.

La pendiente superior al 30% presenta capacidad solamente para bosques (Kohnke, citado por Nahal, 1975), en casos en que se presente sobre suelos no erosionados y de buena calidad.

c) Los recursos hídricos

La cuenca tiene como recursos hídricos: los afluentes del Colca, algunos de los cuales reciben la alimentación de los glaciares y lagos. El agua de las precipitaciones pluviales no es suficiente para cubrir las necesidades agrícolas.

d) El clima

El clima presenta una gran importancia en el sistema de cultivos como en el desarrollo de la vegetación. El clima y sus variaciones han tenido gran influencia en la vida de la región (años de sequía por ejemplo).

El calendario agrícola sigue el régimen estacional de lluvias. Los cultivos se dan durante el período en el cual las heladas nocturnas son raras.

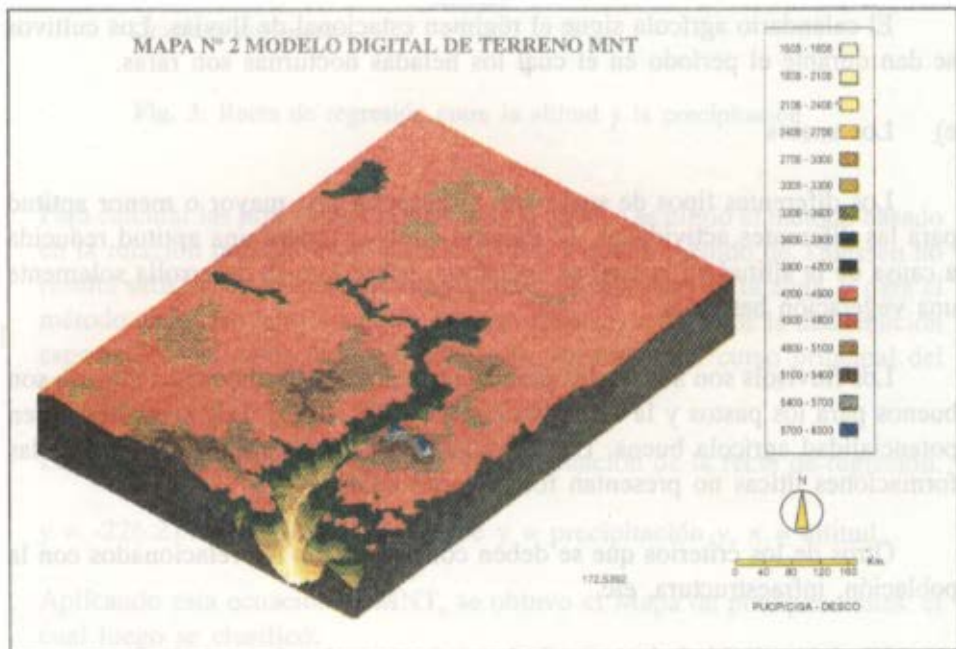
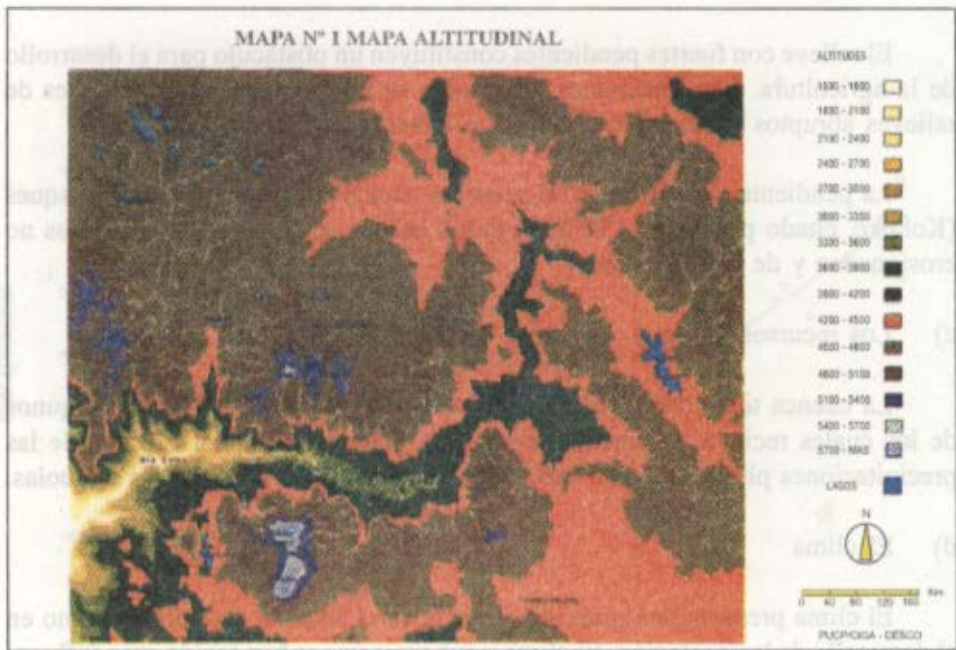
e) Los suelos

Los diferentes tipos de suelo van a presentar una mayor o menor aptitud para las diferentes actividades. El Páramo andosol tendrá una aptitud reducida a causa de la altitud en la cual se encuentra, sobre éste se desarrolla solamente una vegetación herbácea.

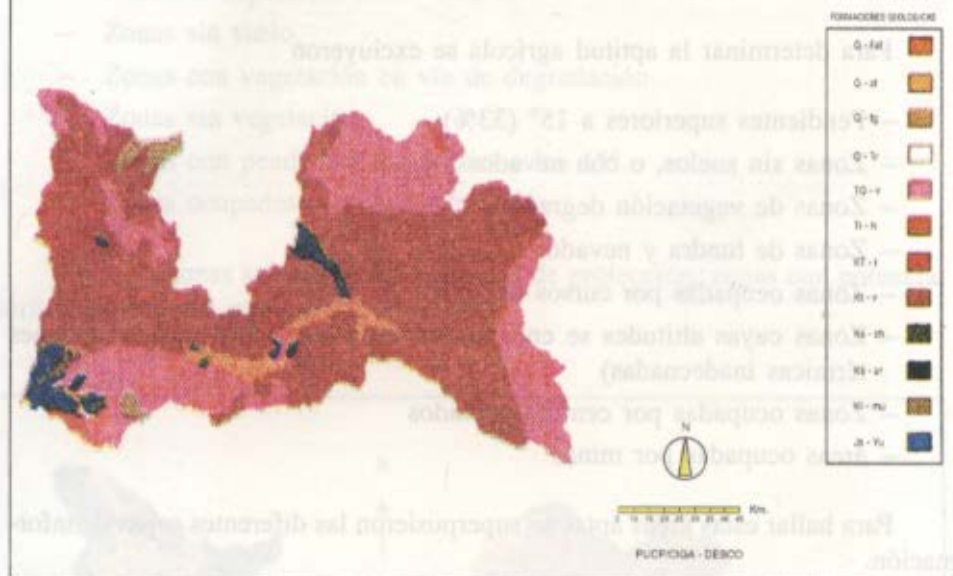
Los fluvisols son adecuados para la agricultura. Los andosoles vítricos son buenos para los pastos y la reforestación (ONERN, 1973). Los xerosoles poseen potencialidad agrícola buena. Los litosoles son suelos muy superficiales y las formaciones líticas no presentan formaciones edáficas.

Otros de los criterios que se deben considerar son los relacionados con la población, infraestructura, etc.

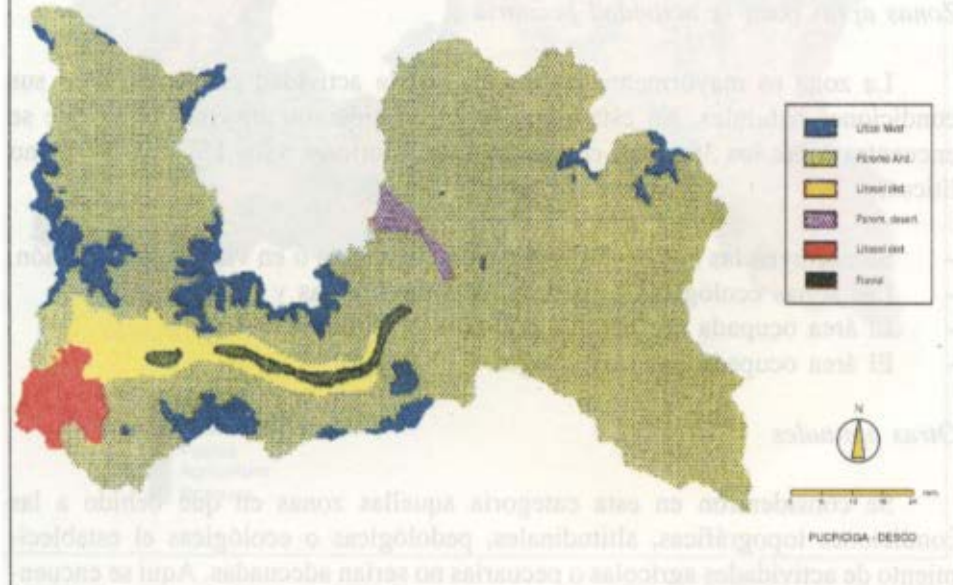
Dándole prioridad al uso agrícola, se fueron seleccionando los otros usos: pecuario, forestal y protección.



MAPA N° 3 MAPA GEOLOGICO DE LA CUENCA DEL COLLAO



MAPA N° 4 DE SUELOS DE LA CUENCA DEL COLLAO



## *Las aptitudes*

### *Aptitud agrícola*

Para determinar la aptitud agrícola se excluyeron

- Pendientes superiores a 15° (33%)
- Zonas sin suelos, o con nevados
- Zonas de vegetación degradada
- Zonas de tundra y nevados
- Zonas ocupadas por cursos de agua
- Zonas cuyas altitudes se encontraran sobre los 3 800 m. (condiciones térmicas inadecuadas)
- Zonas ocupadas por centros poblados
- áreas ocupadas por minas

Para hallar estas áreas aptas se superpusieron las diferentes capas de información.

De la superposición de capas de información se pudo observar que solamente un 3% de la superficie total de la cuenca sería apta para fines agrícolas.

### *Zonas aptas para la actividad pecuaria*

La zona es mayormente favorecida por la actividad pecuaria, dadas sus condiciones naturales, En esta zona, se ha considerado aquellas zonas que se encuentra sobre los 3800 m., con pendientes inferiores a los 15°, con suelos no líticos,

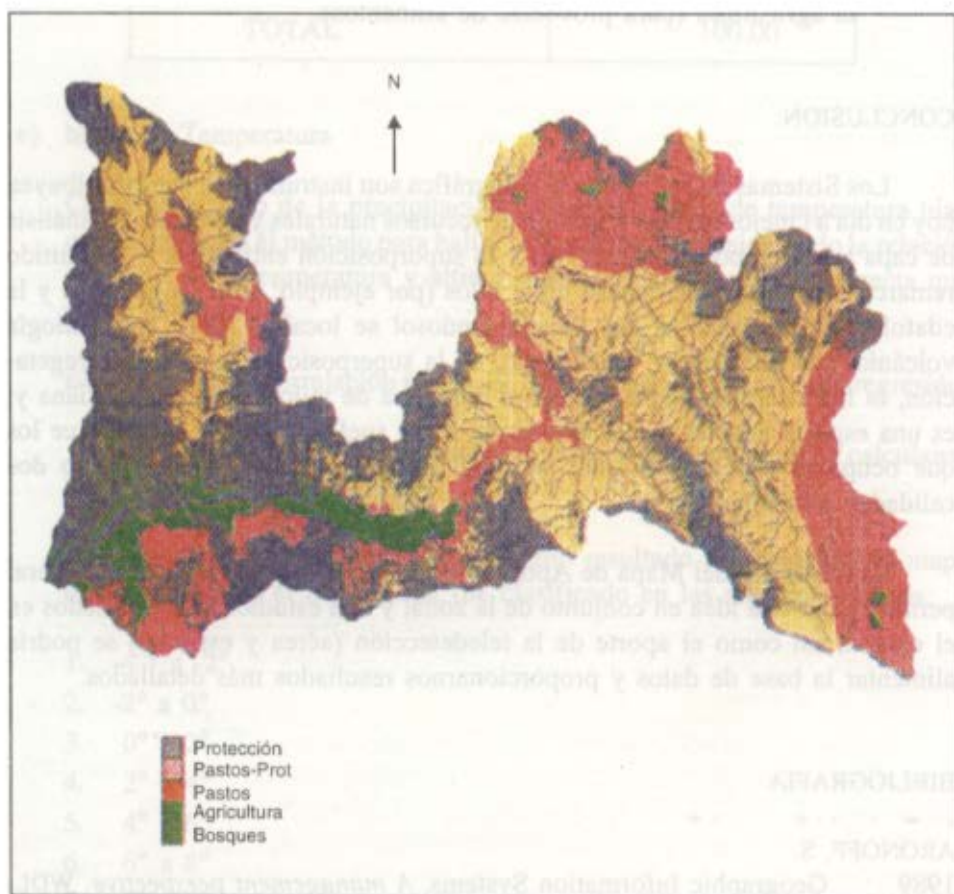
- Se excluyen las zonas con vegetación degradada o en vías de degradación.
- Las zonas ecológicas consideradas como tundras y nevados.
- El área ocupada por centros poblados.
- El área ocupada por ríos y lagos.

### *Otras aptitudes*

Se consideraron en esta categoría aquellas zonas en que debido a las condiciones topográficas, altitudinales, pedológicas o ecológicas el establecimiento de actividades agrícolas o pecuarias no serían adecuadas. Aquí se encuentran aquellas áreas en donde se cumplen una o más de las siguientes condiciones:

- Están ocupadas por los cursos de agua, lagos, reservorios.
- Zona de tundra y nevados.
- Altitudes superiores a los 4800 m.
- Zonas sin suelo.
- Zonas con vegetación en vía de degradación.
- Zonas sin vegetación.
- Zonas con pendientes superiores a los 15°.
- Zonas ocupadas por centros poblados.

En estas zonas se encuentran las zonas de protección, zonas con potencial turístico, potencial minero, etc.



Mapa N° 5 Propuesta mapa de aptitud de suelos

## *La carta de aptitud y la carta de ocupación de suelos*

Del análisis realizado entre el área propuesta como apta para la agricultura y la de ocupación agrícola se observó que:

- La pendiente no constituye siempre un obstáculo para la actividad agrícola, si se emplean tecnologías apropiadas como la de los andenes.
- Las zonas de pastos en vías de degradación, corresponde a aquellas zonas donde la tola se ha instalado.
- En algunas zonas, existe subutilización, debido a la falta de agua para la irrigación y, por otro lado son sobreutilizadas en otros sectores. También se tiene que se cultivan en áreas con mayor aptitud para pastos que para la agricultura (para proveerse de alimentos).

### CONCLUSION:

Los Sistemas de Información Geográfica son instrumentos que contribuyen hoy en día a l mejor manejo y gestión de recursos naturales y humanos. El análisis de capa temática por capa temática y la superposición entre ellas ha permitido remarcar aspectos relacionados entre ellos (por ejemplo: entre la geología y la edafología: la formación del Páramo andosol se localiza sobre una litología volcánica del Terciario y Cuaternario, en la superposición de geología-vegetación, la formación festuchetum cubre una zona de vulcanismo más anciana y, es una especie vegetal que se desarrolla sobre suelos de mejor calidad que los que ocupa el stipetum, así nos permite diferenciar en un mismo suelo dos calidades diferentes.

La propuesta del Mapa de Aptitud de suelos, si bien es de carácter general permite tener una idea en conjunto de la zona, y con estudios más detallados en el campo, así como el aporte de la teledetección (aérea y espacial) se podría alimentar la base de datos y proporcionarnos resultados más detallados.

### BIBLIOGRAFIA

- ARONOFF, S.  
1989      *Geographic Information Systems. A management perspective.* WDL.  
            Publications Ottawa.



BELWARD, A.S. y VALENZUELA, C. (edit.)

1991 *Remote sensing and Geographical Information System for Resource Management in Developing Countries*. Euro courses. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht.

BOSQUE SENDRA, J.

1992 *Sistemas de Información Geográfica*. GER, Rialp, Madrid.

BURROUGH, P.A.

1986 *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assesment*. Oxford Press.

COMAS Y RUIZ

1993 *Los fundamentos de los Sistemas de Información Geográfica*. Ariel. Barcelona.

CHUVIECO, E.

1990 *Fundamentos de Teledetección espacial*. Rialp, Madrid.

DENEVAN, W. (ed.)

1986 University of Winsconsin. Vol. Y. *The Cultural Ecology, Archaeology and History of Terrace Abandonment in the Colca Valley of Southern Peru*.

GUTIERREZ y GOULD

1995 *Sistemas de Información Geográfica*.

JOLY, F.

1979 *La Cartografía*. Ariel. Barcelona.

Ministerio de Obras Públicas y Transporte MOPT

1991 *La información para el medio ambiente. Presente y futuro*. Centro de Publicaciones de la Secretaría General Técnica. Madrid.

NAGATA S., M.

1993 Le bassin versant du río Colca, Arequipa, Pérou. *Géomorphologie, Hydrologie de surface et cartographie des sols. Application de un Systeme d'Information Geographique et Recherche en Télédétection. Mémoire de fin d'études*. Universidad de Lieja.

NAHAL

1975 *Principes de Conservation des Sols*. Mason. Paris.

OFICINA NACIONAL DE EVALUACION DE RECURSOS NATURALES ONERN  
1973 *Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de  
la Costa. Cuenca del Río, Camaná-Majes. Vol. I-II.*

ROBINSON, SALE, MORRISON y MUEHRCKE  
1987 *Elementos de Cartografía.*

INFORMACION METEOROLOGICA

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAHMI. *Datos  
de temperatura y Precipitación mensual.*

INFORMACION CARTOGRAFICA

Instituto Geográfico Nacional. Oficina Nacional de Evaluación de  
Recursos Naturales.