

IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA  
PARA LA IDENTIFICACION DE IMPACTOS AMBIENTALES  
EN LA CUENCA CHANCAY-LAMBAYEQUE Y ZONA  
DE TRANSVASE (CHOTA)\*

Javier Ramírez More\*\*

---

\* Proyecto "Plan Maestro de la Cuenca Chancay-Lambayeque, 1996": autoridad autónoma de la cuenca Chancay-Lambayeque - Imar costa norte-centro de estudios sociales solidaridad (CESS) - Pontificia Universidad Católica del Perú (CIGA).

\*\* Geógrafo. Especialista en SIG. Centro de Investigación en Geografía Aplicada (CIGA). PUCP.



## RESUMEN

El presente trabajo trata sobre la implantación del Sistema de Información Geográfica para la identificación de impactos ambientales. Consta de dos partes; en la primera se han elaborado dos mapas de ocupación del suelo, uno de 1961 y el otro de 1994, partiendo de fotografías aéreas y de imágenes de satélite. Estos mapas nos han permitido comparar los cambios ocurridos en 34 años y los problemas que conllevan. En la sierra se nota deforestación, retroceso de los pastos, crecimiento desmesurado de la superficie de los cultivos de secano en pendientes mayores de 50% (abruptas) y disminución de la superficie de bosques en terrenos abruptos. En la costa se nota el crecimiento de la superficie dedicada al arroz; que requiere gran cantidad de agua (que con mal manejo ocasiona problemas de salinización de los suelos).

Para el estudio de la erosión del suelo, se pensó; en un primer momento, generar un modelo para determinar la pérdida de suelo en la parte media-alta de la cuenca. Para ésto fue necesario elaborar los siguientes mapas: Fournier, factor de protección vegetal y factor de desprotección vegetal; los que han quedado como productos secundarios. Falta aún elaborar un mapa sobre la longitud de las pendientes (factor LS). Este impidió dimensionar la pérdida de suelo. No existe experiencia sobre el cálculo del factor "LS" en estudios de nivel regional (1:100,000) y los que se han realizado se han efectuado a nivel de parcela.

Lo anterior determinó que el estudio de erosión se concentrase en generar un modelo de "Zonas Críticas de Erosión Hídrica" en base a pendientes y vegetación. Se han elaborado dos mapas (1961 y 1994) que muestran zonas críticas diferenciadas. Asimismo, se han sobrepuesto estos mapas para observar la dinámica de la evolución de las zonas críticas de erosión.

## ABSTRACT

This paper refers to the implantation of a Geographic Information System to the identification of environmental impacts. It is arranged in two parts: the first

one presents two land use maps for 1961 and 1994 that we elaborated based on airphotos and satellite images. These maps have permitted us to compare changes occurred in 34 years as well as the problems involved on it. In the Sierra we noted deforestation, retrocession of pasture lands, exaggerated increment of non-irrigated agriculture on landslopes higher than 50 percent, and a decline in the amount of forest in steep slopes. In coastal lands we can see the increment of rice agriculture that consumes great amounts of water which usually is the cause of salinization due to mismanagement.

To study soil erosion we thought firstly in generating a model to determine soil loss in the middle-upper part of the Basin. To do this, it was necessary to elaborate the following maps: Fournier's factors of plant covering and uncovering, which were left as secondary products. We have not yet elaborated the maps on length of slope (factor LS). This condition did not allow us to quantify the soil loss. There is not any experience on the calculation of the LS factor applied to studies at regional level (1:100,000) and the ones made have been done at parcel level.

The previous restriction meant that the erosion study was oriented toward the construction of a model of "critic zones of hydric erosion" based on slope and vegetation. As a result we obtained two maps for 1961 and 1994 that show differentiated critic zones. Furthermore, these maps were overlapped to observe the evolution dynamics of the critical erosion zones.

## RESUME

Cette recherche est concerné a l'implantation d'un Système d'Information Géographique SIG pour l'identification des impacts environnementaux. Elle a deux parties. Dans la première on a fait deux cartes d'Occupation des Sols (1961 et 1994) a partir des photographies aeriennes et des images satellitaires. Ces cartes ont permi determiner les changements pendant 34 ans ainsi que ses consequences. Dans la montagne on a remarqué le déboisement, le recul des paturages, l'augmentation démesurée des surfaces dans pentes de plus de 50 % et la diminution des bois sur des pentes fortes. Dans la cote, est observée de la surface rizière, celle qu'a besoin de grandes quantités de l'eau.

Pour l'étude sur l'érosion du sol, on a essayé au premier moment développer un modèle pour déterminer la perte du sol dans la zone demi -haute du bassin versant. Alors c'était necesaire faire les cartes suivantes: Fournier, facteur de protection végétale et facteur de la no-protection végétale. Ils ont consideré finalement comme produits secundaires. Il faut faire encore, une carte sur la

longitude des pentes. (le facteur LS) pour dimensionner la perte des sols. Il n'y a pas des travaux sur le calcul du facteur "LS" dans des études au niveau régionaux (1:100 000) y ceux qui se sont développés, il ont été faits au niveau des parcelles.

Toutes ces remarques ont déterminé que l'étude d'érosion a été dirigée à développer un modèle des "zones critiques d'érosion hydrique" en considérant les pentes et la végétation. Nous avons élaboré deux cartes (1961 et 1994) avec des zones critiques différenciées. Aussi, on a superposé ces cartes pour regarder la dynamique de l'évolution des zones critiques d'érosion.

## IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA PARA LA IDENTIFICACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

### *Localización del Estudio*

El área de estudio se localiza entre los paralelos 6°21'00"S y 6°57'00"S y los Meridianos 78°32'00"W y 80°10'36"W. Se ubica en la subregión II-Lambayeque y en la Subregión III-Chota de la región Nor-Oriental del Marañón. La conforman parte de la cuenca del río Conchano, parte de la cuenca del río Chotano y la cuenca del río Chancay. Cubre una extensión de 6166 Km<sup>2</sup> y limita por el norte con las cuencas Motupe-La Leche y Chamaya, por el Este con la cuenca del río Yaucano; por el Sur con las cuencas del río Zaña y Jequetepeque, por el Oeste con el Océano Pacífico. Políticamente se enmarca dentro de siete provincias de las cuales tres corresponden al Departamento de Lambayeque (Chiclayo, Ferreñafe, Lambayeque) y las cuatro restantes al Departamento de Cajamarca (Hualgayoc, Chota, Santa Cruz y San Miguel. Asimismo la integran 45 distritos (Cuadro N° 1).

### *Los Impactos Ambientales*

Las actividades que realiza el hombre en el medio ambiente, implican una modificación del mismo. A ésta respuesta se le denomina impacto. Una ley, una determinada política pueden actuar sobre el medio y causar un impacto en él.

El impacto ambiental es la repercusión de las modificaciones en los factores del medio ambiente y sobre el bienestar humano.

A nivel de la cuenca Chancay-Lambayeque y zona de Transvase, estos impactos son bien diferenciados entre la parte baja y la alta de la misma. En la

**Cuadro N° 1**  
**PROVINCIAS Y DISTRITOS DE LA CUENCA CHANCAY-LAMBAYEQUE**

PROVINCIA DE LAMBAYEQUE		PROVINCIA DE CHICLAYO		PROVINCIA DE SANTA CRUZ	
MORROPE	COMPLETO	CHICLAYO	COMPLETO	SEXI	COMPLETO
MOCHUMI	COMPLETO	LA VICTORIA	COMPLETO	CHANCAY BAÑOS	COMPLETO
TUCUME	COMPLETO	LEONARDO ORTIZ	COMPLETO	LA ESPERANZA	COMPLETO
LAMBAYEQUE	COMPLETO	LA VICTORIA	COMPLETO	ANDABAMBA	COMPLETO
SAN JOSE	COMPLETO	CHONGOYAPE	COMPLETO	UTICYACU	COMPLETO
PROVINCIA FERREÑAFE		PICSI	COMPLETO	SANTA CRUZ	COMPLETO
FERREÑAFE	COMPLETO	REQUE	COMPLETO	CATACHE	COMPLETO
PITIPO	COMPLETO	MONSEFU	COMPLETO	PULAN	COMPLETO
MESONES MURO	COMPLETO	PIMENTEL	COMPLETO	YAUYUCAN	COMPLETO
PUEBLO NUEVO	COMPLETO	ETEN	COMPLETO	NINABAMBA	COMPLETO
PROVINCIA DE CHOTA		PUERTO ETEN	COMPLETO	SAUCEPAMPA	COMPLETO
MIRACOSTA	COMPLETO	SANTA ROSA	COMPLETO	PROVINCIA DE SAN MIGUEL	
TOCMOCHE	COMPLETO	ZAÑA	COMPLETO	TONGOD	PARCIAL
LLAMA	COMPLETO	PROVINCIA DE HUALGAYOC		CATILLUC	PARCIAL
SAN JUAN DE LICUPIZ	COMPLETO	HUALGAYOC	PARCIAL	CALQUIS	PARCIAL
HUAMBOS	COMPLETO	CHUGUR	PARCIAL		
LAJAS	COMPLETO				
CHOTA	COMPLETO				

Fuente: Proyecto "Plan Maestro de la Cuenca Chancay-Lambayeque, 1996".

parte baja los problemas más saltantes son los de salinización y en algunos sectores ensanchamiento del cauce de los ríos (erosión y desbordamiento) producido generalmente en los meses de verano (Enero, Febrero y Marzo). También en la parte alta de la cuenca se tiene como problema mayor el de erosión hídrica.

Para la determinación de los impactos fue necesario elaborar un mapa que muestre la dinámica de la ocupación del suelo en 34 años (1961-1994).

## *Dinámica de la ocupación del suelo entre 1961 y 1994*

Un estudio multitemporal, exige la confrontación de información de un tema en períodos de tiempo diferentes. Para analizar la dinámica de la ocupación del suelo es preciso contar con dicha información. La no existencia de estos mapas a nivel de la cuenca, exigió la elaboración de los mapas respectivos.

Se han elegido los años 1961 y 1994 debido a que existen fuentes primarias de información provenientes de las fotografías aéreas del año 1961 (la misma que fue base para el levantamiento de cartas nacionales). El año 1994 se debió a la existencia de dos imágenes de satélite que cubren entre las dos el 80% aproximadamente de la cuenca. Esta información es la más reciente a nivel de la cuenca y su existencia se debe a que fue requerida para un estudio de carácter minero.

De no haber existido estas imágenes hubiera sido necesario una programación especial para la toma; la misma que involucra mayores costos (entre 1000 a 2000 dólares aproximadamente) y tiempo (si pasaba la estación seca, llegaba la temporada de lluvias y se hubiera tenido que esperar hasta el año siguiente; lo que significaba nueve meses de retraso).

Para identificar y cartografiar la información proveniente de las imágenes se ha empleado procesos de fotointerpretación.

### *Características de las imágenes*

*Las fotografías aéreas:* El ámbito de la cuenca se encuentra completamente cubierto con fotografías aéreas del año 1961/1962. La adquisición de las mismas se realizó en dos partes que se relacionan con la topografía de la zona. Para la parte baja que va desde las orillas del mar hasta las inmediaciones del río Cumbil fueron seleccionadas 84 fotografías y en la parte alta de la cuenca se seleccionó 55 fotos.

El menor número de fotos aéreas de la parte alta de la cuenca en relación con las del valle se debe a que en este sector se trabajó con fotografías impares; este carácter dispar de las fotografías nos limitó construir un fotomosaico más concordante a la realidad ya que el traslape de las fotografías se redujo, aunado a la influencia del relieve sobre la foto por la escala, ya que estas están en función a la distancia focal de la óptica de la toma y a la altura en que se halla el sensor con relación al punto observado. La variación de altitud del terreno ocasiona también una variación de la escala; lo que trae consigo una deformación en la imagen en relación a su representación en el plano.

*Las Imágenes de satélite:* Desde el inicio del estudio se pensó en adquirir imágenes de satélite que cubran la parte alta de la cuenca. Su empleo nos permitió elaborar el mapa de ocupación del año 1994 (Fig. 03 y 04).

Se adquirieron dos imágenes (Scenas) SPOT HRV multiespectral. Estas imágenes fueron adquiridas debido a que son las más recientes que existen y por el detalle que poseen (resolución de 20x20 m.). Si bien es cierto que existen imágenes LANDSAT que cubren la cuenca; éstas se refieren al año 1991. A continuación se presentan las características de las imágenes utilizadas:

#### SCENA 1

Fecha de toma: 10 de setiembre de 1994

Combinación de la lámina 321 HRV2

XS3 034/154

XS2 P 032/158

XS1 P 050/166

Escala: 100,000

Orientación: 8°30'00"

Acimut: 61°30'

Elevación: 65°11'

Incidencia: 10°

Hora: 15H 45MN 34S

#### SCENA 2

Fecha de toma: 15 de setiembre de 1994

Combinación de la lámina 321 HRV1

XS3 028/150

XS2 P 034/190

XS1 P 056/210

Escala: 100,000

Orientación: 8°30'00"

Acimut: 64°54'

Elevación: 66°54'

Incidencia: 14°

Hora: 15H 49MN 25S

#### 2.4 Metodología.

El procedimiento seguido para la elaboración de los mapas de ocupación del suelo es el siguiente:



*Mapa de ocupación del suelo 1961 (Delimitación de zonas homogéneas por vegetación)*

a) Para elaborar este mapa se trabajó en dos sectores diferenciados: El valle o parte baja de la cuenca y la parte media-alta de la misma. Debido a sus características bien diferenciadas, fue necesario utilizar el criterio "IMAGENES PARECIDAS (COLOR-TEXTURA) EN MEDIOS DIFERENTES CORRESPONDEN A FORMACIONES VEGETALES DISTINTAS"; se refiere a que se ha tenido cuidado de no confundir áreas similares en color y textura ubicadas en la parte baja con relación a la alta de la cuenca; ya que en muchos casos se está refiriendo a ocupaciones distintas. Para esto se utilizó la fotointerpretación, tomándose los siguientes criterios:

Geometría.— Las superficies agrícolas generalmente se individualizan por su geometría (parcelas).

Textura.— Las formaciones vegetales que son cultivadas se reconocen por su textura regular dentro de los intervalos dejados sin estructuración geométrica entre las parcelas. Asimismo la textura nos permite diferenciar de qué tipo de formación vegetal se está tratando; si es liza se refiere a formaciones herbáceas y si se presenta granulada está referida a formaciones leñosas. Los pastos se diferencian de los cultivos (estación) por color y textura; el tono gris es más oscuro que una superficie de cultivo. su textura es igualmente más lisa.

En las formaciones leñosas se puede diferenciar las arbustivas de las arbóreas por su textura granulada y encrespada. Su color nos indica su densidad (cuando la formación está dispersa la imagen será más clara ya que el material subyacente es más notorio).

La caña de azúcar se identifica por su estructura particular; en el valle está sembrada en grandes extensiones regulares separadas por cuarteles. En pequeñas extensiones (parte alta de la cuenca) no tienen estructura propia.

Al arroz se le identifica por su textura algo rugosa referida a la forma bandeada de los surcos y en época de cosecha a lo anterior se le adiciona unos puntos blanquecinos referidos a las acumulaciones de paja cuando el pilado se realiza en el mismo campo.

En el valle la caña y el arroz son cultivos que cubren grandes extensiones, debido a ello se les puede identificar fácilmente en la escala que presentan las fotografías (1:60000 aproximadamente). Pero no fue fácil definir los cultivos cuyas áreas ocupaban menor extensión; tal es el caso de los cultivos de maíz,

camote, menestra y algodón en el sector de Mórrope-Mochumí-Tucume; y hortalizas, algodón, pastos cultivados y maíz en el sector Pimentel-Monsefú-Reque-Eten.

Definir estos cultivos hubiera sido posible pero (no era nuestro objetivo) debido a que las características propias de la fotografía (resolución y escala) no lo permitió. A cada nivel de análisis le corresponde un nivel mínimo de lectura; la escala y resolución se deben considerar cuando se realiza un estudio bajo un objetivo definido. Diferenciar el cultivo de camote del algodón, maíz de las menestra u hortalizas; exige disponer de imágenes a gran escala. No fue nuestro caso debido a que hemos utilizado fotografías ya existentes.

En la parte alta de la cuenca los cultivos de papa, maíz, frijol y arveja, por su densidad y características propias de la foto, también son difíciles de identificarlos y diferenciarlos.

*Esta confusión impide el establecimiento de una leyenda de la ocupación del suelo por fotointerpretación únicamente. Por ello se opta delimitar "ZONAS HOMOGÉNEAS DE OCUPACIÓN DEL SUELO" en vez de buscar la inmediata identificación de los cultivos.*

Una zona homogénea de vegetación se percibe como un área de igual apariencia. Varias texturas y varios colores se reagrupan en una unidad compleja que se componen de diferentes tipos de vegetación (maíz asociado con arveja) porque el detalle que la compone no tiene la dimensión suficiente para aparecer en el mapa. De igual manera el conjunto de parcelas identificadas por sus formas geométricas; aquí se perciben grupos de cultivos que no se pueden identificar en este estado: ¿es maíz o frijol? ¿arveja o maíz?, ni aún saber cual es la proporción de los cultivos que la componen. Estos grupos de cultivos están referidos generalmente al secano.

#### b) TRASLADO DE LA INFORMACION FOTOINTERPRETADA A CARTOGRAFIA GENERADA

Terminada la fotointerpretación, se restituyó sobre un fondo cartográfico para luego realizar las correcciones necesarias. Para realizar las correcciones se utilizaron las hojas de la Carta Nacional (Topografía) a escala 1:100000. Antes de ello la información proveniente de la fotointerpretación fue pantografiada a escala del estudio; es decir de 1:60000 a 1:100000.

Las correcciones o ajustes del mapa pantografiado (producto obtenido por fotointerpretación) se sobreponen y se hace coincidir la red hidrográfica y vial

de ambos mapas. En este momento se dibuja en el mapa el contorno de las zonas homogéneas, se le agrega la leyenda correspondiente que se estableció durante la fotointerpretación.

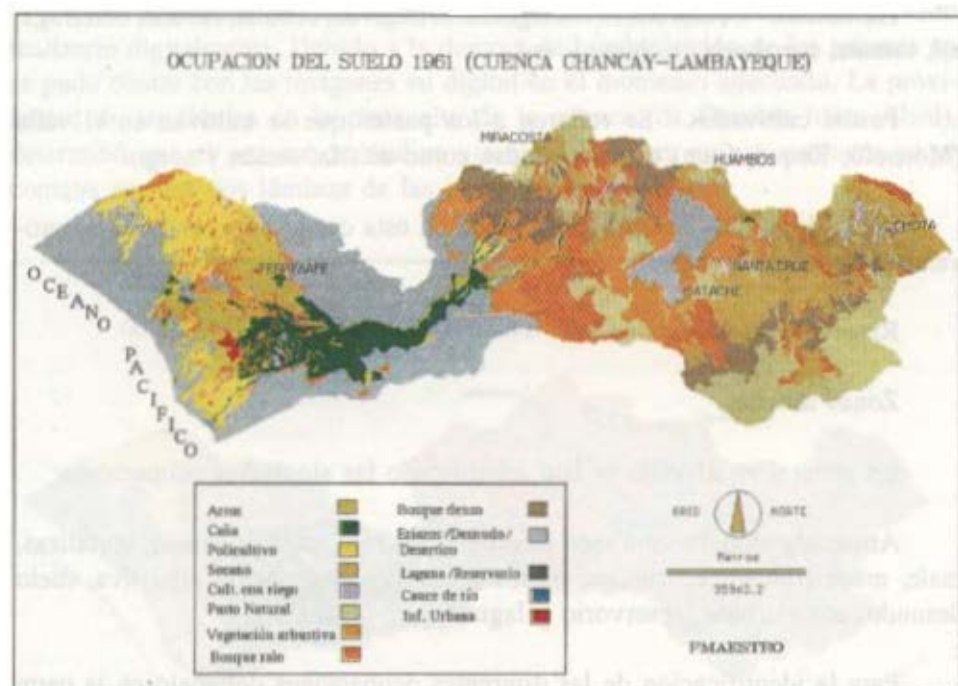


Fig. 1. Mapa de ocupación del suelo en 1961

a) Al igual que el mapa de ocupación de suelo de 1961, se trabajó a nivel de valle y de la parte media-alta de la cuenca; diferenciándose por el tipo de información que se utilizó para elaborar dicho mapa. Los criterios de interpretación de imagen han sido los mismos para la parte alta

Por ausencia de imágenes en el sector del valle se trabajó con mapas catastrales a escala 1:10000 y con información proveniente de la actualización y sistematización del Padrón de Usuarios de los sectores Túcume, Mochumí, Muy Finca, Sasápe, Ferreñafe, Chiclayo y Lambayeque proporcionada por *IMAR Costa Norte, la Autoridad Autónoma de la cuenca Chancay-Lambayeque (AAC) y la junta de usuarios*; lo que permitió identificar en el mapa catastral que tipo de cultivo se había sembrado por parcela, así como terrenos eriazos y áreas urbanas. La información disponible no cubría sectores de Reque, Monsefú, Sta. Rosa, Pimentel, Eten, Ferreñafe, San José, parte de Lambayeque y Muy finca. Para ello se programó seis (6) salidas de campo durante el mes de Octubre de 1994 con la finalidad de cubrir dicha información. El sector comprendido entre

Pátapo y Cumbíl se cubrió con información disponible de la imagen de satélite (Scena 2). Con la información proveniente del Padrón de Usuarios y la información catastral se han identificado las siguientes ocupaciones del suelo:

Hortalizas.— Comprenden los siguientes cultivos; cebolla, rábano, beterraga, ají, tomate, zanahoria, lechuga y col.

Pastos cultivados.— Se refieren a los pastos que se cultivan en el valle (Monsefú, Reque, Eten) con variedades como alfalfa, sudán y sorgo.

Suelo desnudo.— Se han considerado en esta categoría a las áreas desprovistas de cobertura vegetal.

Reservorios.

Zonas urbanas.

En general en el valle se han identificado las siguientes ocupaciones:

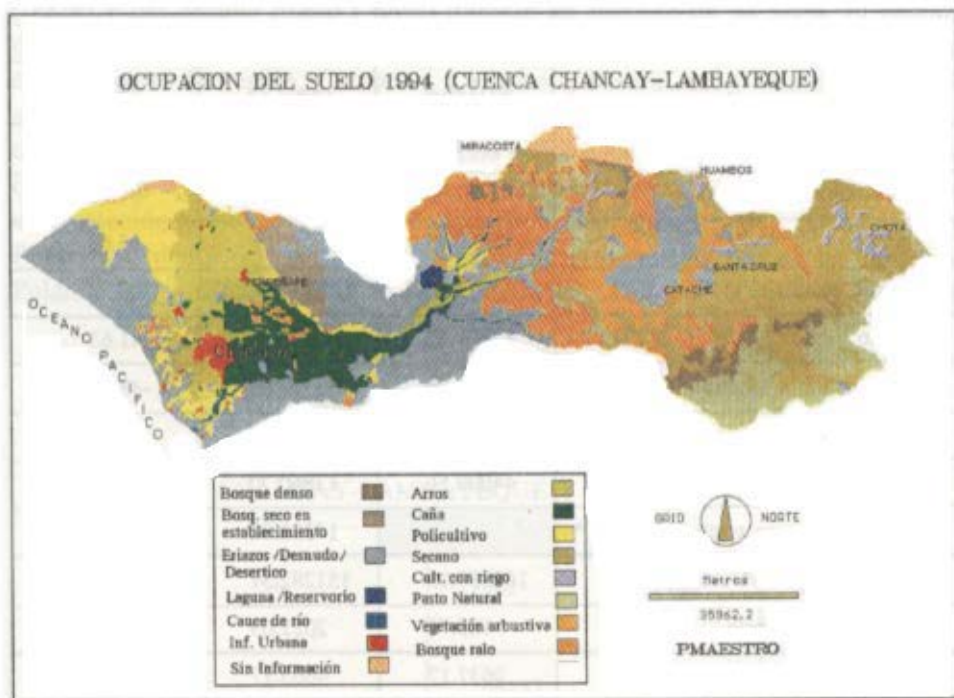
Arroz, algodón, bosque seco en establecimiento, caña de azúcar, hortalizas, maíz, menestras, yuca, frutales, pastos cultivados, vegetación arbustiva, suelo desnudo, zona urbana, reservorio y lagunas.

Para la identificación de las diferentes ocupaciones del suelo en la parte media-alta de la cuenca se emplearon dos imágenes de satélite SPOT tomadas en octubre de 1994; siendo los criterios de interpretación similares a los que se utilizaron para el levantamiento del mapa de ocupación del suelo 1961. Es decir textura, color y tono. Se utilizó la técnica de zonas homogéneas por vegetación y además se elaboró y aplicó una ficha técnica de uso obligatorio ya que el análisis de las imágenes por la escala no nos permite discriminar los cultivos principales que mayormente son de secano. Las zonas homogéneas nos permitieron aligerar la recolección de información del suelo en las fichas.

Las fichas nos permitieron controlar la clasificación de las formaciones vegetales que fueron identificadas por interpretación de la imagen. Asimismo sirvieron para anotar el uso del suelo, elaborar un calendario agrícola, precisar, algunos impactos (erosión) y recoger informaciones complementarias referidas a las características climáticas, características físicas del suelo, y técnicas de cultivo (preparación y siembra del terreno); las mismas que fueron recolectadas in situ. Al igual que el mapa de ocupación de 1961, ésta información se trasladó a un papel transparente. En la parte del valle primero se pantografió el mapa obtenido en escala 1:10000 a 1:100000 y luego se ajustó éste con el mapa

topográfico. Para la parte alta de la cuenca el nuevo mapa de ocupación se ajustó directamente al topográfico. Posteriormente estos mapas ajustados se acoplaron en un solo mapa: MAPA DE OCUPACION DEL SUELO, 1994.

c) El análisis de las imágenes de satélite fue visual; pero estaba previsto realizarlo digitalmente. Debido a la demora de la adquisición de las mismas no se pudo contar con las imágenes en digital en el momento adecuado. La proximidad de las lluvias en la parte alta de la cuenca (de Octubre hasta Abril), determinó que el proceso se realice visualmente; pues en ese entonces ya se contaba con las dos láminas de las imágenes de satélite.



**Fig. 2**

### CAMBIOS DE OCUPACION PRODUCIDOS ENTRE 1961 Y 1994 EN LA CUENCA CHANCAY-LAMBAYEQUE Y ZONA DE TRANSVASE (CHOTA)

El cuadro N° 3 resulta de haber definido una matriz de doble entrada referida al cruce de información de la ocupación existente en 1961 y la de 1994. Aquí se muestra que los cultivos tradicionales (arroz y caña de azúcar) han tenido un crecimiento importante al interior de la cuenca y sobre todo en el valle. El cultivo de arroz incrementó cerca de 50% de superficie cultivada en relación a

la del año 1961. Asimismo la caña de azúcar tuvo un incremento el 17% de hectáreas cultivadas en relación a las de 1961.

**Cuadro N° 2**  
**CAMBIOS DE OCUPACION 1961-1994**  
**(CUENCA CHANCAY-LAMBAYEQUE Y ZONA DE TRANSVASE)**

<i>OCUPACIÓN DEL SUELO 1961-1994</i> <i>CUENCA CHANCAY-LAMBAYEQUE Y ZONA DE TRANSVASE (Has)</i>			
OCUPACIÓN	1961	1994	VARIACION 1961/1994 (%)
Arroz	32460.08	47894.63	47.55
Caña	33854.42	39855.61	17.73
Policultivo	38792.46	38286.87	-01.30
Secano	78202.97	129570.09	65.68
Riego (media-alta)	4212.62	8816.27	109.28
Pasto	82821.65	48345.50	-41.63
Vegetación arbustiva	65432.06	33711.07	-48.48
Bosque ralo	69430.69	67861.00	-02.26
Bosque denso	44000.56	13860.70	-68.49
Bosque seco en establecimiento *		14361.00	
Eriazo/Desnudo/Desértico/	162857.15	151282.31	-07.11
Laguna/Reservorio	185.75	2021.03	988.04
Cauce de río	2637.17	4603.17	74.55
Zona Urbana	1709.05	6054.15	254.24
Sin Información		10073.23	
<b>TOTAL</b>	<b>616596.63</b>	<b>616596.63</b>	

Fuente: *Proyecto "Plan Maestro de la Cuenca Chancay-Lambayeque, 1996". Datos calculados con PC-IDRISI.*

\* El proyecto algarrobo lo define de esa manera.

Las hectáreas cultivadas con policultivos han tenido un equilibrio en los últimos 34 años.

Los pastos naturales han retrocedido el 40% de su superficie cultivada en 1961. Asimismo el cultivo de secano incrementó su superficie en 65% en relación a la que presentaba en 1961.

El cuadro N° 3 muestra la dinámica de la floresta entre 1961 y 1994 en el área de estudio. Se observa un incremento de 14,361 Has. de bosque seco en rehabilitación (establecimiento); el mismo que se estableció generalmente en zonas desnudas, al Nor-Este del canal Taymi, posiblemente como resultado de las lluvias excepcionales del año 1983.

Asimismo, se observa un decremento significativo de la vegetación arbustiva (-48%) y del bosque denso (-68%) durante un período de 34 años. El bosque denso que aún queda se observa al norte de Llama y al norte de Chongoyape entre el cerro Potrerillo, Calabozo, La Iglesia, Piedra Azul; asimismo en este sector se ubican los centros poblados Casupe, Chiriquipe y Camellón. En el sector de Casupe todavía se conservan algunos relictos de bosque denso. Otro sector que aún presenta relictos de bosque denso y que se encuentra en proceso de deforestación se ubica como una franja entre los cerros Piedras, Alcaparrosa y Puente; alrededor de los centros poblados La Redonda (al Sur de la ciudad de Pulan y en las nacientes del río Pulan, Lanches, Tongod y Chilal (Yauyucan).

**Cuadro N° 3**  
DINAMICA DE LA FLORESTA ENTRE 1961-1994  
CUENCA CHANCAY-LAMBAYEQUE Y ZONA DE TRANSVASE

FLORESTA	1961	1994	VARIACION 1961/1994 (%)
ARBUSTIVA	65432	33711	48
BOSQUE RALO	69430	67861	2
BOSQUE DENSO	44000	13860	68
BOSQUE SECO EN ESTABLECIMIENTO	—	14361	—
TOTAL	178862	129793	27 %

Fuente: *Proyecto Plan Maestro de la Cuenca Chancay-Lambayeque, 1996. Datos calculados con PC-IDRISI*

La mayor parte de la deforestación se ha realizado debido a la ampliación agrícola pues representa el 51% del total de la superficie deforestada a 1994. Asimismo ésta representa el 28% de pérdida en relación a 1961 (ver cuadro N° 04).

**Cuadro N° 4**  
**DEFORESTACION 1961-1994 (CUENCA CHANCAY-LAMBAYEQUE)**

DEFORESTACION DEBIDO A:	HECTAREAS DEFORESTADAS	PORCENTAJE DEFORESTADO EN RELACION AL TOTAL DE 1994 (%)	PORCENTAJE PERDIDO EN RELACION AL AÑO 1961 (%)
AMPLIACION AGRICOLA	50326.16	51.7	28.14
AMPLIACION DE PASTOS	6308.67	6.4	3.53
AMPLIACION URBANA	781.60	0.8	0.43
SIN USO	18586.17	19.0	10.39
EN PROCESO DE DEFORESTACION	21324.26	21.9	11.92
SIN INFORMACION	** 10401.81	—	—
TOTAL	97326.86	100.00	60.23

Fuente: *Proyecto "Plan Maestro de la Cuenca Chancay-Lambayeque, 1996". Datos calculados con PC-IDRISI.*

- \* Se consideran los cambios de bosque denso a bosque ralo y de bosque denso a zonas con vegetación arbustiva.
- \*\* Sólo existe información para el año 1961.

En el año 1994, un sector de la cuenca no se pudo cubrir con información de la imagen de satélite; la misma que no es significativa en cuanto a superficie de la cuenca, pues representa el 1.3%); pero la tendencia de la vegetación existente en el año 1961 en este sector con respecto a 1994 es ligeramente estable debido a que se encuentra en zonas de las nacientes de ríos (en la divisorias de aguas de la cuenca, al este de Miracosta) y muy accidentadas. Existe otro sector hacia el valle (Mórrope-Sasape) que no se pudo cubrir con la información de catastro, pero esta zona es agrícola y también es insignificante, ya que representa el 0.02% de la superficie de la cuenca.



Como se puede observar en los cuadros Nos. 5 y 6, el bosque denso ha disminuido en estos últimos 34 años en 60% pero moyormente a costo de la expansión de la superficie de cultivos de secano (83%), atentando el equilibrio ecológico y posibilitando una mayor perdida del suelo.

**Cuadro N° 5**  
**BOSQUE DENSO EN PENDIENTES ABRUPTAS**  
**(MAYORES DE 50%)**

AÑO	HECTAREAS	PORCENTAJE (%)
1961	8894	100
1994	3560	40
Variación 1961/1994 Base 1961=100%	-5334	-60

Fuente: *Proyecto "Plan Maestro de la Cuenca Chancay-Lambayeque, 1996".*  
*Datos calculados con PC-IDRISI.*

**Cuadro N° 6**  
**CULTIVOS UBICADOS EN PENDIENTES MAYORES DE 50%**

AÑO	HECTAREAS	PORCENTAJE (%)
1961	12679	100
1994	23287	
Variación 1961/1994 Base 1961=100%	+10597	+83.5

Fuente: *Proyecto "Plan Maestro de la Cuenca Chancay-Lambayeque, 1996.*

**DETERMINACION DE ZONAS CRITICAS DE EROSION HIDRICA EN LA PARTE MEDIA-ALTA DE LA CUENCA CHANCAY-LAMBAYEQUE Y ZONA DE TRANSVASE**

El mapa de zonas críticas de erosión hídrica tiene como objetivo, identificar los lugares más propensos de erosión en la parte media y alta de la Cuenca, incluyendo la zona de transvase.

Asimismo permite realizar un análisis multitemporal mediante la elaboración de dos mapas de zonas críticas de erosión del año 1961 y 1994; y ver la dimensión del proceso de evolución de la erosión. Para la elaboración de dichos mapas se realizaron las siguientes actividades:

### 1. *Determinación de características*

La estructura del sistema, en lo que respecta a las zonas críticas de erosión potencial se basa exclusivamente, en los esquemas de las leyendas de los mapas temáticos de zonas homogéneas por vegetación (ocupación del suelo) y pendiente que nos proporcionan parte de la información requerida para la base de datos.

La configuración de los datos establecidos en estos dos aspectos (Pendiente-Vegetación), en cuanto a variables y atributos a ser utilizados nos permite establecer una pauta para orientar la estructura de los datos. De esta forma se intenta alcanzar un nivel mayor de desagregación de la información, para correlacionarla con las variables en virtud de lograr posteriormente una manipulación más versátil de los datos. Se ha considerado a la topografía (pendientes) y a la vegetación, como factores importantes que intervienen en el aceleramiento de la erosión (hay que entender que en el proceso de erosión intervienen otros factores por ejemplo; clima, suelo, longitud de pendiente, tamaño de la gota de lluvia e intensidad de la misma). Para la determinación de zonas críticas de erosión del suelo se han considerado las siguientes variables: pendiente y vegetación.

### 2. *Proceso de modelamiento y reclasificación de variables*

#### Modelamiento Cartográfico.

Los SIGs son muy útiles en la creación de modelos utilizando técnicas de reducción del problema.

Factores considerados.

#### *Relieve*

*Declive.*— Tiene que ver con la pendiente; cuanto más abruptos son los declives, es mucho más grande la capacidad de arrastre del agua. Asimismo las zonas de mayor pendiente son obviamente, más sensibles a la pérdida de suelo. En nuestro modelo se han considerado los rangos de pendiente tomados del

proyecto de conservación de suelos y aguas (Metodologías para la Priorización de Cuencas, Subcuencas y Microcuencas. PMC-DGASI)

*Vegetación.*— Consideramos que cuanto más estratificada, espesa y de mayor enraizamiento; menos será la erosión por la lluvia debido al efecto protector que presenta. En el modelo se considera el uso agrícola como un producto de la actividad que el hombre realiza (arado del terreno). No se ha considerado otras actividades tales como destrucción de la capa vegetal, por corte de leña, pastoreo y de sustancias químicas; así como el tipo de animales que pastorean por no haber podido contar con dicha información.

Considerando los factores seleccionados se reclasificó las diferentes variables que influyen en el modelo “ZONAS CRITICAS DE EROSION”. Las pendientes se reclasificaron según los rangos indicados en el cuadro siguiente.

**Cuadro N° 7**  
CLASIFICACION DE PENDIENTES SEGUN RANGOS

RANGOS DE PENDIENTE (%)	RELIEVE
0-12	SUAVE
12.1-25	MODERADO
25.1-35	MODERADAMENTE PRONUNCIADO
35.1-50	PRONUNCIADO
50.1-60	MUY PRONUNCIADO
60.1-75	ESCARPADO
MAYOR DE 75	MUY ESCARPADO

Fuente: Metodologías para Priorización de Cuencas, *Subcuencas y Microcuencas.* PMC-DGASI

Según los datos procesados las zonas con pendientes abruptas (pendientes mayores de 50%) ocupan una extensión de 57,868 Has. y representan el 20.43% del área conformante de la parte alta de la cuenca (Cuadro N° 08).

### *Análisis y resultados*

Para la identificación de zonas críticas de erosión; se identificó primero las áreas susceptibles de erosión en cuanto a pendiente y vegetación. Para ello se

**Cuadro N° 8**  
**DISTRIBUCION DEL AREA OCUPADA SEGUN PENDIENTES**  
**(PARTE ALTA DE LA CUENCA CHANCAY-LAMBAYEQUE Y**  
**ZONA DE TRANSVASE)**

PENDIENTE	RANGO (%)	DESCRIPCION	*AREA(Has)
1	0-12%	Suave	50549.02
2	12.1-25	Moderado	74908.05
3	25.1-35	Moderadamente pronunciado	47241.15
4	35.1-50	Pronunciado	52734.85
5	50.1-60	Muy pronunciado	21400.58
6	60.1-75	Escarpado	14479.58
7	Mayor de 75	Muy escarpado	21987.44
TOTAL		283300.67	

Fuente: *Proyecto "Plan Maestro de la Cuenca Chancay-Lambayeque, 1996". Datos calculados con PC-IDRISI.*

sobrepuso la cobertura de pendientes (por rangos) con la cobertura de vegetación. Los polígonos con sus diferentes atributos de pendiente y vegetación fueron reclasificados según su nivel de susceptibilidad a la erosión (Cuadro N° 09 ). Esta reclasificación permitió obtener una nueva cobertura (mapa) de zonas críticas de erosión por pendiente y vegetación.

Para el caso del pasto se consideró el estado extremo del mismo. Cuando está en mal estado [si el pasto es bueno y no existe sobrepastoreo será mínima la erosión aunque la intercepción (lluvia) no sea alta la velocidad de escurrimiento es baja]; esto debido a que el riesgo de erosión bajo cubierta de pastos es alto si el pasto se encuentra en mal estado. La vegetación arbustiva no se ha considerado como elemento que acelere la erosión porque generalmente se refiere a la vegetación arbustiva densa.

Las zonas críticas de erosión identificadas se distribuyen en los alrededores de Licupís, Llama, Catache, Pulán, Sexi y al Sur-Oeste de Santa Cruz. El área que comprende la parte alta de la cuenca Chancay-Lambayeque identificadas como zonas críticas de erosión, se expresa en el siguiente cuadro (ver mapas de zonas críticas de erosión).

**Cuadro N° 9**  
**RECLASIFICACION DE POLIGONOS SEGUN SU NIVEL DE**  
**SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSION**

PENDIENTE (%)	VEGETACION					DESNUDO (SIN CUBIERTA VEGETAL)
	TERRENO DE CULTIVO	BOSQUE DENSO	BOSQUE RALO	*PASTO NATURAL	VEG. ARBUSTIVA	
SUAVE (0-12%)						
MODERADO (12.1-25%)						
MODERAMENTE PRONUNCIADO (25.1-35%)						ZONA CRITICA
PRONUNCIADO (35.1-50%)						ZONA CRITICA
MUY PRONUNCIADO (50.1-60)	ZONA CRITICA		ZONA CRITICA	ZONA CRITICA		ZONA CRITICA
ESCARPADO (60.1-75%)	ZONA CRITICA		ZONA CRITICA	ZONA CRITICA		ZONA CRITICA
MUY ESCARPADO (Más de 75%)	ZONA CRITICA		ZONA CRITICA	ZONA CRITICA		ZONA CRITICA

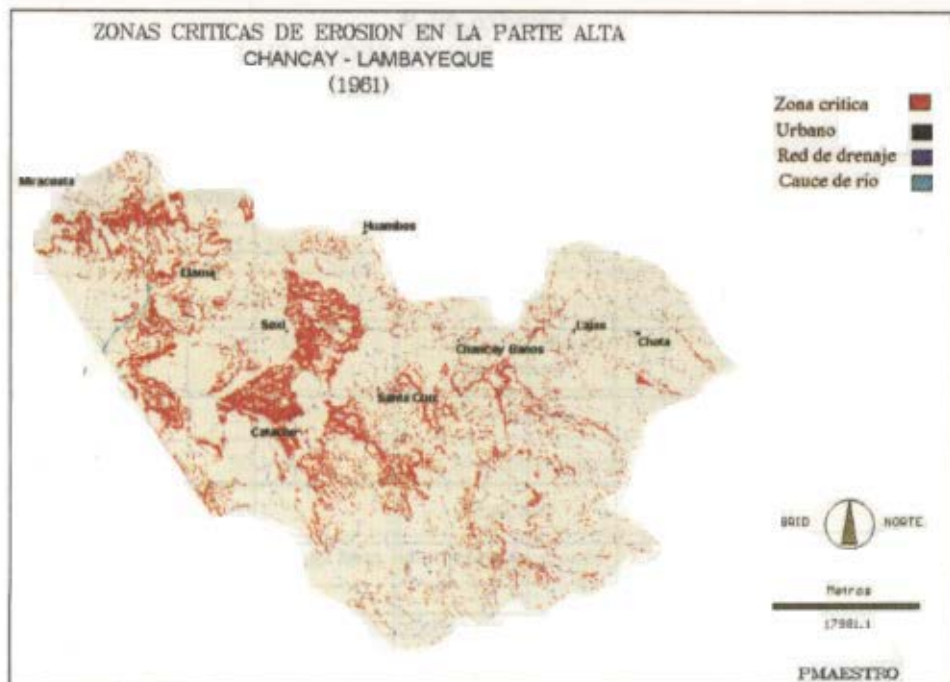
\* Se ha considerado cuando se encuentra en mal estado.

**Cuadro N° 10**  
**ZONAS CRITICAS DE EROSION SEGUN PENDIENTE Y VEGETACION**  
**(HAS.) PARTE ALTA DE LA CUENCA CHANCAY-LAMBAYEQUE**  
**Y ZONA DE TRANSVASE**

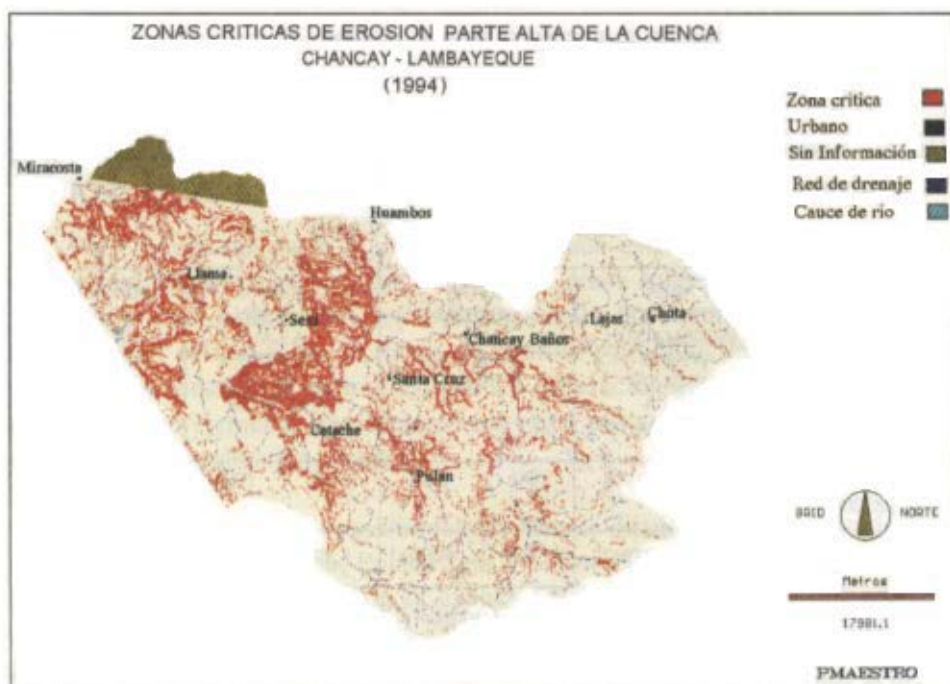
AREA TOTAL DE LA PARTE ALTA DE LA CUENCA	AREA TOTAL CON INFORMACION (PARTE ALTA DE DE LA CUENCA)		ZONAS CRITICAS DE EROSION (Has.)		% EN RELACION A LA PARTE ALTA DE LA CUENCA		DINAMICA DE LA EVOLUCION DE LAS ZONAS CRITICAS 1961-1004	
	1961	1994	1961	1994	1961	1994	Has.	%
283204	1961	1994	1961	1994	1961	1994	Has.	%
	283294	275477	41710*	51648	5.37	18	9938	24

Fuente: *Proyecto "Plan Maestro de la Cuenca Chancay-Lambayeque, 1996".*  
*Cálculos con PC-IDRISI\**

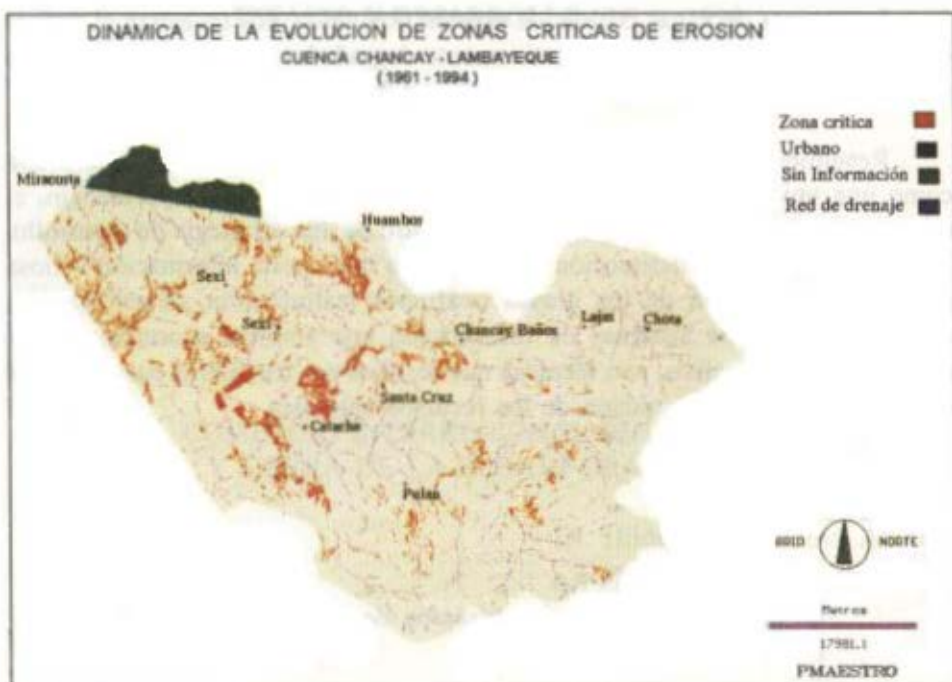
\* No se consideran 1073 Has. por ubicarse en la zona que no presenta información en el año 1994. El motivo fue para poder comparar áreas semejantes.



**Fig. 3**



**Fig. 4**



**Fig. 5**

La pendiente del terreno es conocida universalmente como una limitante más destacada del establecimiento agrícola; por esta razón es lógico considerar la pendiente y los cultivos de secano en la parte alta de la cuenca. Los cultivos de secano ubicados en las pendientes abruptas (mayores de 50 %) representan el 18% del total de la superficie cultivada con cultivos de secano; como se aprecia en el cuadro siguiente.

**Cuadro N° 11**  
**RELACION ENTRE PENDIENTE Y CULTIVO DE SECANO**

Cultivo de secano ubicado en pendientes menores de 50%		Cultivo de secano ubicado en pendientes mayores de 50%		Total (Has.)	
HECTAREAS	%	HECTAREAS	%	HECTAREAS	%
106865	82	22705	18	129570	100

Fuente: *Proyecto "Plan Maestro de la Cuenca Chancay-Lambayeque, 1996". Datos calculados con PC-IDRISI.*

Los mapas de zonas críticas de erosión obtenidos, nos muestran el avance de las que vienen siendo significativamente degradadas por la erosión; las que se incrementaron en 9938 has. y representan el 24 % de las que existían en 1961.

Resumiendo, en los estudios de impacto ambiental, la cuenca se muestra como una unidad espacial privilegiada que requiere un adecuado manejo, el mismo que debe ser elemento importante dentro de una estrategia de desarrollo. La utilización de la teledetección como técnica que aporta información valiosa para la interpretación de los graves conflictos (salinización, desertificación, deforestación) y los Sistemas de Información que amplían enormemente las posibilidades de análisis, son técnicas que resultan ser fructíferas para el mejor conocimiento y administración de los recursos naturales.

## BIBLIOGRAFIA

### MINISTERIO DE AGRICULTURA

*Metodologías para la Priorización de Cuencas, Subcuencas.* PMC-DGASI, s.f.

RAMIREZ, Javier y JAUREGUI, Publia.

1996 *Metodología de Aplicación del Sistema de Información Geográfica para Determinar Zonas de Alto Riesgo de Erosión en la Provincia de Sucre, Ayacucho.* Tesis para optar el título profesional de geógrafo. U.N.M.S.M. Diciembre.

ZAVALETA GARCIA, Amaro.

1992 *Edafología. El suelo en relación con la producción.* CONCYTEC, Lima-Perú.