

DETERMINACION DE AREAS CON RIESGO POTENCIAL DE EROSION CON SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA Y PERCEPCION REMOTA

**SECTOR: Qda. La solana, Río Quiroz, Margen Izquierda Río Macará
PIURA - REGION GRAU**

PROYECTO "Apoyo al desarrollo mediante sistemas automatizados" APODESA

Instituto Nacional de Desarrollo - INADE
Gral. Cordova 484, Santa Cruz - Miraflores
Lima - Perú, Telf 414687 Fax 413802

INTRODUCCION

La cuenca es una unidad lógica de planificación, que obliga explícitamente a reconocer que el desarrollo basado sobre la tierra o recursos naturales dependen de la interacción de todas las actividades que tienen lugar en el total de la cuenca. Las tierras altas y bajas están conectadas a través del ciclo hidrológico. Las actividades en las partes altas afectan las oportunidades y los problemas aguas abajo, influyendo sobre el flujo de agua, el contenido de sedimentos y otros materiales transportados por el agua a lo largo del sistema.

Las cuencas constituyen también unidades adecuadas para realizar análisis económicos y para evaluar los cambios físicos conectados con la utilización y desarrollo de los recursos

En las últimas décadas se han volcado esfuerzos en la integración de información en lo que se ha denominado Sistemas de Información Geográfica, el cual está constituido por establecer objetivos, modelo de simulación, datos que alimenten al modelo, así como el realizar los análisis mediante el procesamiento digital de imágenes de satélites.

La aplicación de estas tecnologías a los aspectos ambientales en general a las cuencas hidrográficas, tenderían a resolver problemas del medio natural, fomentando así la acción política, o como un instrumento para prestar ayuda importante en el proceso de toma de decisiones que afectan a toda el área de la cuenca.

El presente estudio esta enmarcado en establecer una organización y estructura operacional que posibiliten lograr los resultados esperados, mediante el manejo apropiado de la información con las tecnologías indicadas para el espacio geográfico en estudio.

I.- OBJETIVOS

- Determinar el estado actual de los recursos naturales e identificar las áreas con procesos actuales y riesgos potenciales de deterioro, relacionadas a sistemas de aprovechamiento e incidencia de factores climatológicos.
- Obtener información básica para la identificación y planeamiento de las áreas con procesos actuales y riesgos Potenciales de Erosión de los suelos en la Cuenca del Chira, con el fin de mitigar el proceso de sedimentación del reservorio Poechos.
- Identificar las prácticas alternativas de manejo para un adecuado ordenamiento del uso de la tierra y protección de Cuencas Hidrográficas del área de estudio.

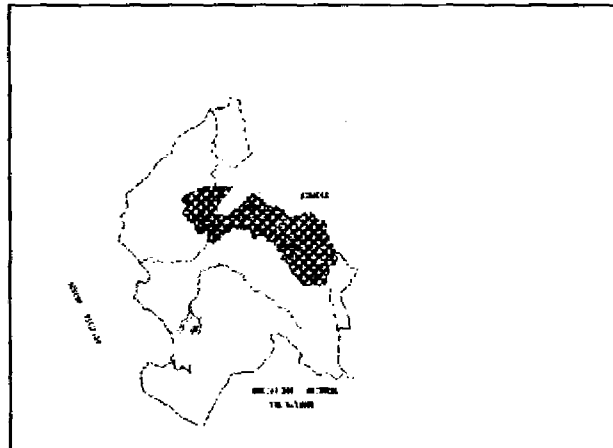
II.- UBICACION Y EXTENSION

El área de estudio se encuentra situada en la Región Miguel Grau, Departamento de Piura, comprendiendo las cuencas concurrentes al Reservorio de Poechos (**Mapa N°01**).

Geográficamente está comprendida entre los paralelos 4°10' y 5°10' de latitud sur y los meridianos 79°20' y 80°70' de longitud oeste.

Posee como límites naturales, por el norte con la República del Ecuador, por el Oeste con la provincia de Sullana, por el Sur con la provincia de Morropón y Huancabamba y por el este con la República del Ecuador y la provincia de Huancabamba.

La superficie a que se refiere el estudio comprende las provincias de Sullana y Ayabaca, la extensión aproximada es de 633,444 ha, incluyendo el área de la margen derecha del reservorio de Poechos.



Mapa N° 01 UBICACION DEL AREA

III.- RESERVORIO POECHOS Y SU PROBLEMÁTICA

Poechos es la mayor obra de ingeniería en cuanto a represas construidas en el Perú, fue inaugurada en 1976 y la capacidad para la que fue diseñada es de 1,000 millones de metros cúbicos.

Debido a la intensa actividad geodinámica de las subcuencas ubicadas en la parte baja, media y alta, unidas a las actividades productivas, agrícolas, pecuarias y forestales que realizan los pobladores a lo largo de la cuenca para proveerse de los alimentos, vestidos y vivienda, hacen de este espacio uno de los más dinámicos, creando problemas de erosión y arrastre de sedimentos por los cursos de agua que

convergen hacia el río Chira, transportandolos al reservorio de Poechos, y por ende viene disminuir su capacidad de almacenamiento; motivo por el cual es necesario la Formulación de un Plan de Manejo para la Conservación de Suelos en las subcuencas afluentes que inciden en dicha recarga, afectando directamente el período de vida útil de la infraestructura. Este hecho constituye un serio problema si se tiene en cuenta que esta obra es una de las infraestructuras de riego más importantes del país.

IV.- METODOLOGIA DEL ESTUDIO

APODESA conformó un grupo de trabajo multidisciplinario, constituido por su personal permanente y complementado por especialistas en temas específicos, quienes se encargaron de elaborar los correspondientes planes de trabajo, cronogramas y requerimientos para la ejecución del Estudio.

La metodología empleada para la elaboración de los estudios básicos y diagnóstico de la zona, se sustentan en la tecnología de los **Sistemas de Información Geográfica (SIG)** y el **Procesamiento Digital de Imágenes y Percepción Remota (SPDI)**, alimentada con estudios de campo y complementada con información cartográfica y bibliográfica convencional existente sobre la zona de estudio. Los datos están acondicionados en función al diseño de la estructura de la base de datos, elaborada para el efecto con la participación de los especialistas en cada tema. En conjunto, se constituirá la base de datos general que contendrá, procesará y administrará el universo de información obtenida, permitiendo obtener resultados de estratos individuales e interrelacionados.

Se obtuvieron imágenes de satélite, fotografías aéreas y cartografía convencional actualizados y existentes en la zona de estudio; se procesaron datos a escala 1:200,000 de toda el área; de igual forma, se recopiló y analizó información que existía en las diversas entidades sobre la situación económica, social, demográfica, territorial, recursos naturales y medio ambiente de la región.

Con el apoyo de la información anteriormente procesada, se llevarón a cabo los estudios temáticos sectoriales, en lo correspondiente a los recursos naturales, medioambientales, sociales y económicos. Con los productos y resultados de los estudios básicos, espaciales y socio-económicos se formularon los lineamientos del Plan de Manejo de la zona de estudio.

El presente estudio se desarrolló en cinco fases:

FASE I PRE - DIAGNOSTICO

En la presente fase se realizó la recopilación y evaluación de la información estadística, cartográfica, fotografías aéreas e imágenes satélite existentes; así también, se recopiló información complementaria de los recursos y de la problemática general de la zona.

Tomando como base las necesidades del Proyecto Especial Chira Piura, con la información seleccionada se procedió a complementar los objetivos, así como a definir el ámbito del área de estudio.

FASE II RECONOCIMIENTO Y LEVANTAMIENTO DE INFORMACION

Definido el ámbito del estudio y contando con la información previamente seleccionada, se realizó el reconocimiento e identificación, basados en la información recopilada e interpretación preliminar de fotografías aéreas e imágenes satélite.

La visita de campo permitió el reconocimiento e identificación del área de estudio y la recopilación de información de campo, además de la identificación preliminar de las zonas consideradas como críticas.

El estudio se realizó en forma integral y estuvo a cargo de un grupo multidisciplinario formado por especialistas en las áreas de Climatología y Recursos Hídricos, Suelos y Capacidad de Uso Mayor, Cobertura y Uso de la Tierra, Forestales, Diagnóstico Socio-Económico, Percepción Remota, Fotointerpretación y Sistema de Información Geográfica, los mismos que determinaron las zonas críticas en función de los Modelos Cartográficos resultantes.

Para el levantamiento de información en las localidades del ámbito de estudio fue necesario contratar personal que facilitara el trabajo, los mismos que fueron de gran utilidad como personal de apoyo y guías.

FASE III SISTEMATIZACION - SIG y PERCEPCION REMOTA

La sistematización esta referido básicamente al acondicionamiento de la información generada en la fase anterior para el ingreso y la implementación del Sistema de Información Geográfica (SIG), lo que nos permitió el manejo de grandes volúmenes de información para fines de diagnóstico y formulación de Proyectos e integrándose los objetivos de desarrollo con la estructura regional representada a través de la base de datos. Asimismo se facilitará el análisis espacial, sectorial y ambiental del territorio. Realizándose la automatización de 22 mapas correspondiente a la zona del estudio, así como la generación de los Modelos de Conflicto de Uso de la Tierra y el de Riesgo Potencial de Erosión de los Suelos, describiéndose en forma secuencial la metodología de los Sistemas de Información Geográfica para la aplicación hacia los objetivos previstos.

Estructuración de la Base de Datos

La base de datos del SIG está organizada por los datos obtenidos producto de los levantamientos complementarios, así como de información existente, estableciéndose en inicio para la implementación de la base de datos.

Esta base de datos ha sido diseñado y estructurado georeferencialmente cubriendo diversas variables ambientales, siendo sistematizada de acuerdo a los formatos de ingreso al SIG ARC/INFO, el cual APODESA dispone, y éstos corresponden a:

- Pendiente
- Fisiografía
- Litología

- Suelos
- Capacidad de uso mayor
- Cobertura y uso de la Tierra
- Isointensidades - Tiempo de retorno en años y duración en minutos
- Isoyetas - Año seco, promedio y húmedo
- Forestales
- Isoerodente - Agresividad Climática
- Erodabilidad del suelo

Las actividades desarrolladas para la implementación es larga y costosa por la gran cantidad de datos ingresados al sistema, es de mucha importancia para las etapas posteriores, en los procesos de análisis y modelamientos de datos necesarios tal como lo requiere los Sistemas de Información Geográfica en las diversas aplicaciones dirigido hacia los objetivos formulados en el presente estudio, considerándose el establecimiento de pautas referidos a la actualización y mantenimiento de la base de datos.

Para la implementación de la base de datos se recurrió a las siguientes etapas:

Recopilación y Selección de la Información

Esta actividad consistió en recopilar información existente y necesaria tales como estudios o documentos cartográficos de las instituciones que generan información temática (recursos naturales) así como básica (fotografías aéreas, cartografía, imágenes de satélites).

Luego de realizada la selección y verificación de dicha información previo a su automatización, se establece los niveles de ingreso en función a los formatos del SIG, y las fuentes de información existentes se presenta en el **Cuadro N° 01**.

CUADRO N° 01

- Cartas nacionales elaborado por el Insituto Geográfico Nacional a escala 1:100,000; Las Playas 9-C, La Tina 9-D, Las Lomas 10-C, Ayabaca 10-D, San Antonio 10-E, Chulucanas 11-C, Morropón 11-D, Huancabamba 11-e.
- Cartas Geológicas a escala 1/100,000, elaborado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMET).
- 1 juego de aerofotografías pancromáticas verticales tomadas en el año 1961 (AST-9) de escala aproximada 1:60,000.
- Hojas del mapa planimétrico del Perú realizado en base a Imágenes obtenidas en las bandas 4, 5 y 7 por el barredor multiespectral del satélite LANDSAT, de fecha 19 Diciembre de 1980, y 20 de Enero de 1982, a la escala de 1:250,000 y ampliaciones a una escala aproximada de 1:125,000, código SB 17-3 (Sullana) y SB 17-4 (Orellana).

- Hojas del mapa elaborado por la Agencia de Mapeo para la Defensa (USA), en base a las escenas del mapeador temático del satélite LANDSAT, de fecha 2 Noviembre de 1986, a la escala de 1:100,000, correspondientes a las zonas de Ayabaca, codificada con el número 0961 - J0397.
- Escenas captadas por Visor de Alta Resolución del satélite SPOT, en modo multiespectral, formato digital en discos compactos, correspondientes a la zona del reservorio Poechos, con fecha 5 de Agosto de 1991; Ayabaca con fecha 18 de Noviembre de 1991 y en modo pancromático de la zona de la Laguna, con fecha 12 de Noviembre de 1989.
- Inventario y Evaluación de los Recursos Naturales de la cuenca del río Quiroz y margen izquierda del río Macará - ONERN-SUBCOMISION PERUANA Vol. I y II Informes y Mapas, Lima 1978.
- Fotoíndices a escala 1:300000.

Diseño de la Base de Datos

El diseño de la base de datos, presenta los diferentes niveles y las relaciones respectivas entre las variables ambientales de la zona, por el cual la información espacial incluye los atributos, localización espacial, extensión etc.

El almacenamiento de datos espaciales en formato digital es realizado por la estructura de datos espaciales principal como el **SIG Pc ARC/INFO**.

El seleccionar el método de ingreso de datos al Sistema de Información Geográfica, dependió de la aplicación referido al presente estudio, es decir ingresar información cartográfica considerándose su localización espacial y su atributo como característica ambiental.

Homogeneización y Codificación de la Información

Esta actividad consistió en acondicionar cartográficamente los estratos temáticos de los diversos mapas elaborados producto del levantamiento de campo generándose información, los cuales están referidos a las variables ambientales, estableciéndose para ello los mecanismos de homogeneización y codificación de la información.

Para ello existe una técnica consistente en integrar la cartografía ambiental; y que fueron automatizados previo proceso de acondicionamiento cartográfico, relacionado a la base cartográfica, originándose en forma automática el mapa denominado **Unidades Homogéneas de análisis**.

Esta cartografía ambiental integrada está referida a un sistema único de coordenadas, el cual es homogéneo entre ellos permitiéndonos una superposición precisa con las variables, mostrando su respectiva correlación temática (atributo).

Esta técnica está centrada en las unidades cartográficas para cada parámetro en común. Por lo tanto, cada área obtenida nos representará la Unidad Homogénea de análisis, el cual posee las características y atributos propios y que a vez sean diferenciables.

La codificación es establecida previo al proceso de integración y el cual consistió en asignarle un número en forma secuencial a cada unidad cartográfica ambiental (polígono), preparándose para ello un listado de los códigos para cada variable, los cuales participan en el modelamiento (Cuadro N° 02).

CUADRO N° 02

ERODABILIDAD DEL SUELO

Código	Variable	Factor (K)
01	Guineo	0.13
02	Quiroz	0.05
03	Vilca	0.22
04	Carrizo	0.42
05	Limón	0.16
06	Shimbe	0.25
07	Montero	0.26
08	Jabonillo	0.30
09	Solana	0.42
10	Guineo - Carrizo	0.32
11	Guineo Jabonillo	0.22
12	Quiroz - Jabonillo	0.17
13	Guineo - Montero	0.19
14	Guineo - Solana	0.27
15	Carrizo - Solana	0.42
16	Montero - Limón	0.08
17	Pingola - Limón	0.08
18	Hualancas - Limón	0.18
19	Cunante - Limon	0.25
20	Ayabaca - Socchabamba	0.12
21	Ayabaca - Limon	0.25
22	Montero - Socchabamba	0.30
23	Shimbe - Limón	0.21
24	Formación líticas	0.00
88	Islotes	
99	Cuerpos de agua	

ERODABILIDAD DEL SUELO

Código	Variable	Rango (K)
01	Ligero	0 - 0.1
02	Moderado	0.1 - 0.2
03	Fuerte	0.2 - 0.4
04	Severo	> 0.4
88	Islotes	
99	Cuerpos de agua	

ISOERODENTE - AGRESIVIDAD CLIMATICA

Código	Variable	Factor (R)
01	Ligero	< 100
02	Moderado	100 - 200
03	Fuerte	200 - 300
04	Severo	> 300
88	Islotes	
99	Cuerpos de agua	

PENDIENTE

Código	Variable	Rango (%)
01	Plano o casi a nivel	0 - 5
02	Ligeramente inclinado a inclinado	5 - 15
03	Fuertemente inclinado	15 - 30
04	Moderadamente empinada a empinada	30 - 50
05	Muy empinada	50 - 75
06	Extremadamente empinada	> 75
88	Islotes	
99	Cuerpos de agua	

COBERTURA Y USO DE LA TIERRA

Código	Variable	Factor(C)
01	Bosque denso	0.10
02	Bosque semidenso	0.30
03	Matorral	0.40
04	Arbustos	0.30
05	Arbustos - Pastos	0.25
06	Sabana v matorral	0.50
07	Pastos	0.32
08	Cultivos	0.17
09	Suelo desnudo	0.80
10	Suelo desnudo - rocoso	0.40
88	Islotes	
99	Cuerpos de agua	

NIVELES DE RIESGO POTENCIAL DE EROSION

Código	Grados de erosión	Rango (R) (Tn/ha/A)
01	Ligero	0 - 10
02	Moderado	10 - 50
03	Moderado a severo	50 - 100
04	alto	100 - 300
05	muy alto	300 - 800
06	Extremadamente alto	> 800
07	Formación líticas	
88	Islotes	
99	Cuerpos de agua	

El identificador está presente en cada variable con su respectivo atributo, y se realiza con el fin de reducir el espacio requerido en la memoria del computador, el cual concentra los factores ambientales.

Automatización de la información

Corresponde al ingreso de los mapas generados (formato análogo) que fueron digitalizados e ingresados al SIG Arc/Info transformándose de esta manera a un formato digital, estos datos fueron capturados por el **Tablero Digitalizador CALCOMP 9100 formato A0**.

Para el análisis, control y manejo de la base de datos de cada variable, se codificó e ingresó mediante la digitación lográndose de esta manera implementar la base de datos georeferencial; determinándose para ello polígonos o unidades cartográficas identificadas para su posterior relación (enlace de la base de datos), todo ello a un previo control de calidad de tales datos, esto con el manejador de bases de datos **FOXPRO**.

En lo que respecta a las variables para la obtención de los modelos estos también fueron automatizados con el Software SIG, PC ARC/INFO, considerándose la base de datos existente (implementación de la Base de datos), siendo las siguientes variables para el caso del Riesgo Potencial de Erosión tales como: Isoerodente-Agresividad Climática (R), Erodabilidad del Suelo (K), Cobertura Vegetal (C), Longitud y Gradiente (LS).

Para el caso del modelo de conflicto de uso se integró el de Cobertura y uso de la tierra con el Capacidad de uso mayor.

Las Unidades de referencia para el manejo de la información están definidas a nivel de polígonos determinados por la Integración cartográfica (Erodabilidad, Isoerodente - Agresividad Climática, Cobertura Vegetal, Longitud y Gradiente); de áreas o líneas constituidas para el caso de las vías de comunicación

Los mapas de ingreso fueron automatizados a escala 1:100,000 respecto a la Cartografía base y a escala de 1:200,000 para las variables temáticas, siguiendo la secuencia:

- Digitalización y Digitación
- Edición cartográfica y tabular
- Enlace de la base de datos
- Producción cartográfica

ANÁLISIS GEOGRÁFICO Y MODELAMIENTO

Esta etapa constituye la metodología para la obtención de los modelos cartográficos mediante la utilización de los Sistemas de Información Geográfica, y determinar las áreas con riesgo de erosión potencial, así como el conflicto de uso de la tierra.

El modelamiento, es uno de los soportes metodológicos básicos del análisis; y es mediante el cual, y a través de expresiones ponderativas, así como lógicas que se dan sobre el conjunto de la base de datos, se llegó a ofrecer alternativas prioritarias mediante la simulación de escenarios geográficos, considerándose básicamente las siguientes características:

- Definición de los objetivos para el análisis, los criterios metodológicos (tipos de modelos, relaciones lógicas, ponderaciones, etc.).
- Selección de la información necesaria de la base de datos y conexión con ésta.
- Preparación de información para el análisis tabular.
- Expresiones lógicas mediante el manejador de base de datos (FoxPro) para establecer las condiciones ponderativas o las relaciones lógicas.

Formulación de los Modelos

Para los procesos mencionados fue necesario revisar las metodologías referidos a los modelos, por ello fue indispensable involucrar las variables del medio natural y físico en razón de planificar situaciones de riesgo e incidencia hacia el Reservorio de Poechos, disponiendo de una base de datos tanto gráfica como numérica. considerándose el obtener las áreas expuestas al riesgo de potencial de erosión y áreas con problemas de conflicto de uso, seleccionándose la información necesaria.

Para determinar estas variables se recurrió a establecer una secuencia lógica de manera que podamos llegar a identificar las variables indispensables de la base de datos las cuales son:

- Selección de variables
- Criterios de selección
- Variables seleccionadas

Para este marco de referencia se plantearon criterios que están relacionados directamente en el tipo y clase de variables utilizados en las diversas unidades cartográficas, estos criterios fueron referidos principalmente a lo siguiente:

- Disponibilidad de información básica e indispensable respecto a las variables y sus atributos espaciales.
- Importancia de las variables específicas como factor de una diferenciación de cada unidad espacial o cartográfica.
- Importancia de las variables por su dinámica en el tiempo y en el espacio
- Determinación de los valores de las variables con respecto a lo que puedan representar para el diseño del modelo cartográfico, sobre los procesos ambientales teniendo en consideración la obtención de tales modelos.

Conceptualización del modelo de Riesgo Potencial de Erosión

Para los propósitos de los planes de conservación de suelos y decisión en la política agropecuaria, a decidir en cualquier zona agroecológica, es necesario analizar el tipo, velocidad y causas de la erosión y mostrar la distribución espacial del riesgo potencial de erosión.

Una evaluación del riesgo de erosión debe identificar el grado potencial de deterioro a la superficie para proporcionar la información requerida y formular la estrategia de conservación de los recursos.

Debido a la gran variación que normalmente existe en los rasgos físicos de un territorio, la planificación de alternativas para el control de la erosión debe normalmente estar basada sobre un rango de modelos de simulación que podrán cubrir la variación y mostrar las más variadas formas de conservación en relación al tipo, proporción y causas de la erosión.

El mayor beneficio en la investigación de la erosión es la eventual integración de información espacial para su posterior modelamiento y obtener el mapa de riesgo de erosión potencial, donde la veracidad, validez del modelo debe depender sobre un aproximado que predice la realidad. Ningún modelo aceptable existe todavía. Sin embargo debido a su pretendida universalidad, el Modelo de la Ecuación Universal de pérdida del suelo (**USLE: Wischmeier y Smith 1978**), es utilizado en el presente estudio.

El Modelo de Erosión Potencial de los suelos, nos permite determinar la cantidad de suelo promedio anual que se pierde por erosión hídrica.

La erosión del suelo por el agua es un proceso donde intervienen varios factores: la lluvia, el suelo, cobertura vegetal, topografía y la actividad humana.

La ecuación para evaluar el efecto de estos factores se presenta a continuación:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

Donde:

- A : Promedio anual de pérdida de suelo (Tn/Ha/año).
- R : Factor de erosividad de las lluvias.
- K : Factor de erodabilidad del suelo.
- LS : Factor de longitud e inclinación de la pendiente.
- C : Factor de cobertura vegetal - cultivo.
- P : Factor de las prácticas de conservación de suelos.

El **factor de erosividad de las lluvias (R)** o Índice de erosión, es el número de unidades de índice de erosión que ocurren en un año normal de lluvias, **Wischmeier** quien encontró que la pérdida de suelo en campos desnudos era directamente proporcional al producto de la energía cinética total de la lluvia multiplicada por su intensidad máxima desarrolladas durante 30 minutos continuos. La suma de estos productos, llamados valores o índice de erosión (EI), para un período dado, proporcionan un índice de erosión numérico de las lluvias que evalúa la erosión potencial de las mismas durante este período.

El **factor Erodabilidad de suelo (K)**, indica la susceptibilidad de los suelos a ser erosionados, así como la cantidad de erosión (A), por unidad de índice de erosión (EI) obtenida de parcelas unitarias localizadas en dicho suelo, su determinación esta en función del % de arena + limo, el % de arena, el % de materia orgánica, la estructura del suelo y la permeabilidad.

El **factor Longitud (L) y Pendiente (S)** no son independientes en su acción sobre la erosión, porque el efecto de la Topografía como factor en la erosión se explica como la interacción de la longitud y la pendiente.

El **factor de cultivo (C)**, es la relación de la pérdida de suelo de tierras cultivadas bajo condiciones específicas a la correspondiente pérdida de tierra labrada en barbecho continuo.

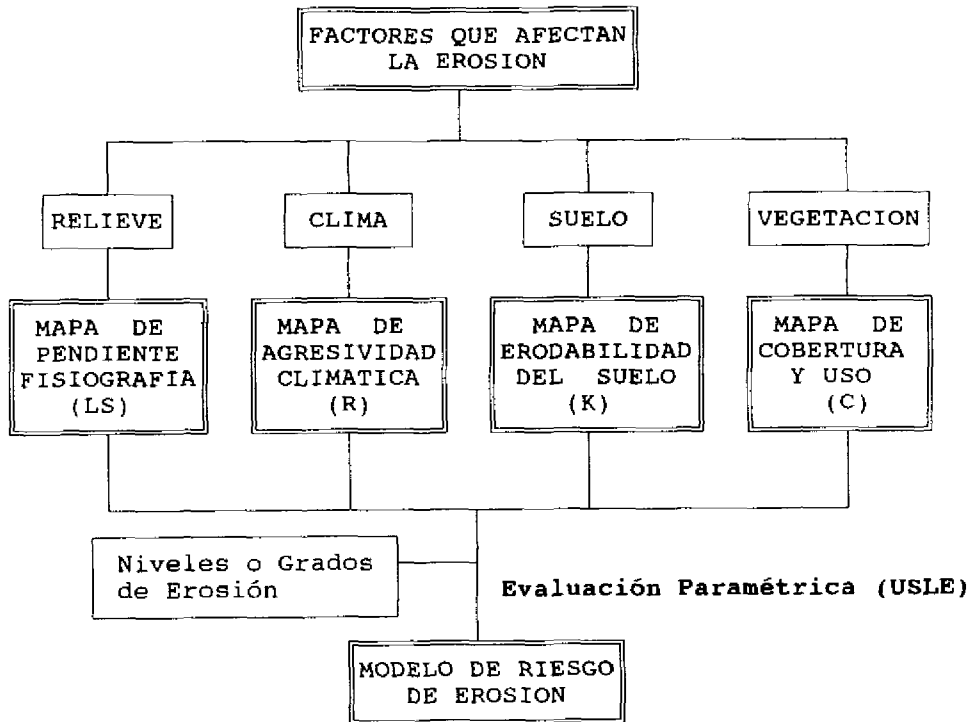
El **factor de prácticas de control de la erosión (P)**, es la relación de pérdida de suelo entre un campo con prácticas de control de erosión y un campo desnudo donde se cultiva el suelo en el sentido de la máxima pendiente.

Elaboración del Modelo de Riesgo de Erosión Potencial de los Suelos

El Modelo se basa en la delimitación de lo que se podría denominar "Unidades Fisiográficas Homogéneas"; el Modelo define las variables (mapa de pendiente, mapa de agresividad climática - isoerodente, mapa de erodabilidad y mapa de cobertura vegetal) los cuales influyen sobre el tipo y grado de erosión, ver **Figura N° 01**.

ESQUEMA GENERAL DE LA METODOLOGIA
PARA EL MAPEO DEL RIESGO DE EROSION
(SEGUN ALBADALEJO MONTORO)

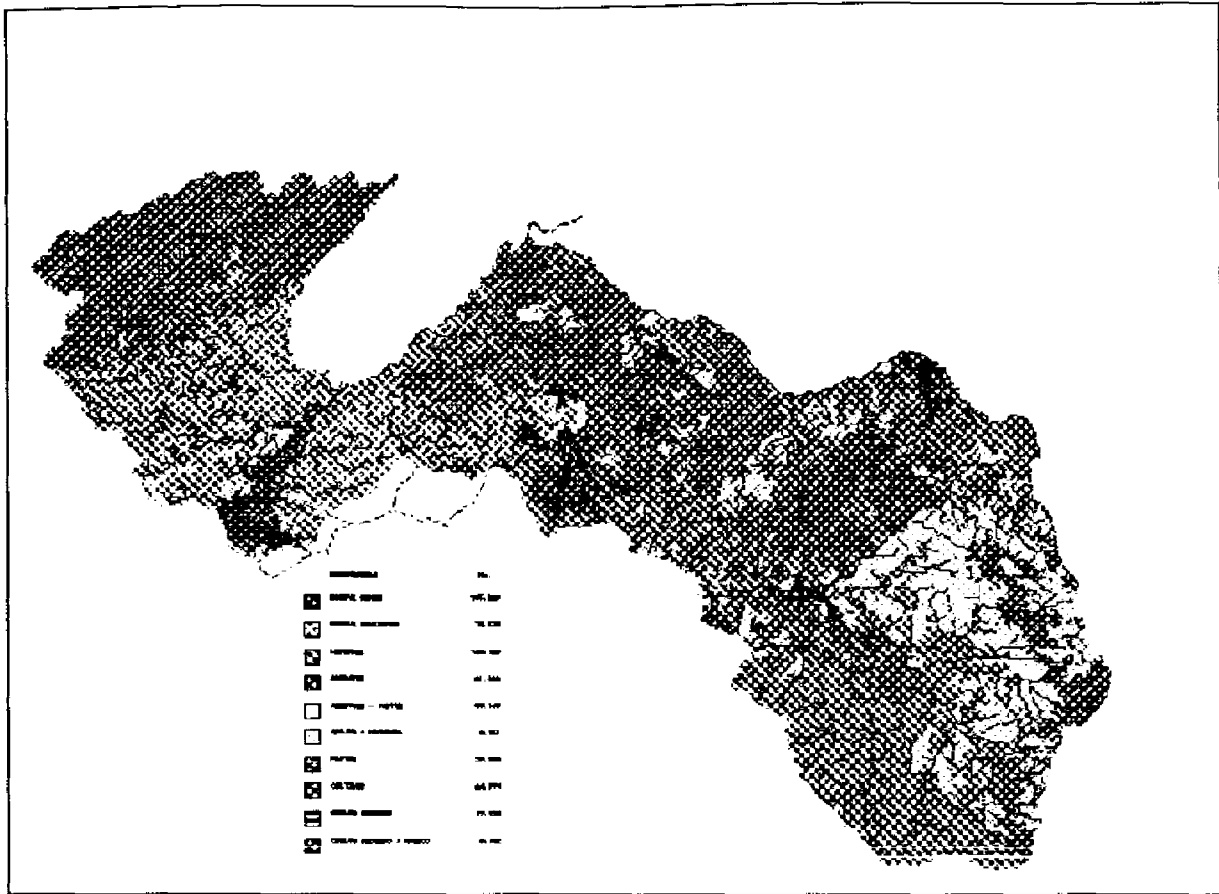
Figura N° 01



Cada una de estas variables presenta sus valores de acuerdo al método de USLE (Universal Soil Lost Ecuation) de Wischmeier, determinándose la pérdida de suelo en función de la integración de las variables mencionadas.

a) Cobertura Vegetal (C)

Estos datos fueron elaborados en base a una clasificación y codificación de Cobertura Vegetal mediante el Procesamiento Digital de la Imágenes de Satélites SPOT y con la utilización del Software ERDAS (Mapa N° 02)



Mapa N° 02 - COBERTURA Y USO DE LA TIERRA

Luego tomando como referencia los valores otorgados a los diferentes tipos de cobertura (C) según Wischmeier se estableció el Cuadro N° 03.

Cuadro N° 03 Factor Cobertura Vegetal

DESCRIPCION	COBERTURA %	FACTOR C
Bosque Denso	100	0.10
Bosque Semidenso	70	0.30
Matorral	60	0.40
Arbustos	70	0.30
Arbustos - Pastos	80	0.25
Sábana - Matorral	50	0.50
Pastos	80	0.32
Cultivos	90	0.17
Suelo Desnudo	10	0.80
Suelo Desnudo/Rocoso	10	0.40

b) **Erodabilidad del suelo (K)**

Este factor fue determinado mediante la utilización del monograma de Wischmeier (**Figura N° 02**); para ello se tuvieron que efectuar análisis granulométricos especiales (Arena fina, y arena media), los cuales en conjunción con los valores de materia orgánica, estructura (Tomados de la descripción morfológica del perfil del suelo en el campo) y permeabilidad sirvieron para ingresar al monograma mencionado.

Finalmente, estos valores de erodabilidad fueron asignados a cada una de las Asociaciones de Suelos identificados a través del estudio del suelo.

Los valores de erodabilidad promedio de cada una de las Asociaciones de suelo se muestran en el **Cuadro N° 04**.

Cuadro N° 04 Factor Erodabilidad (K) del Suelo

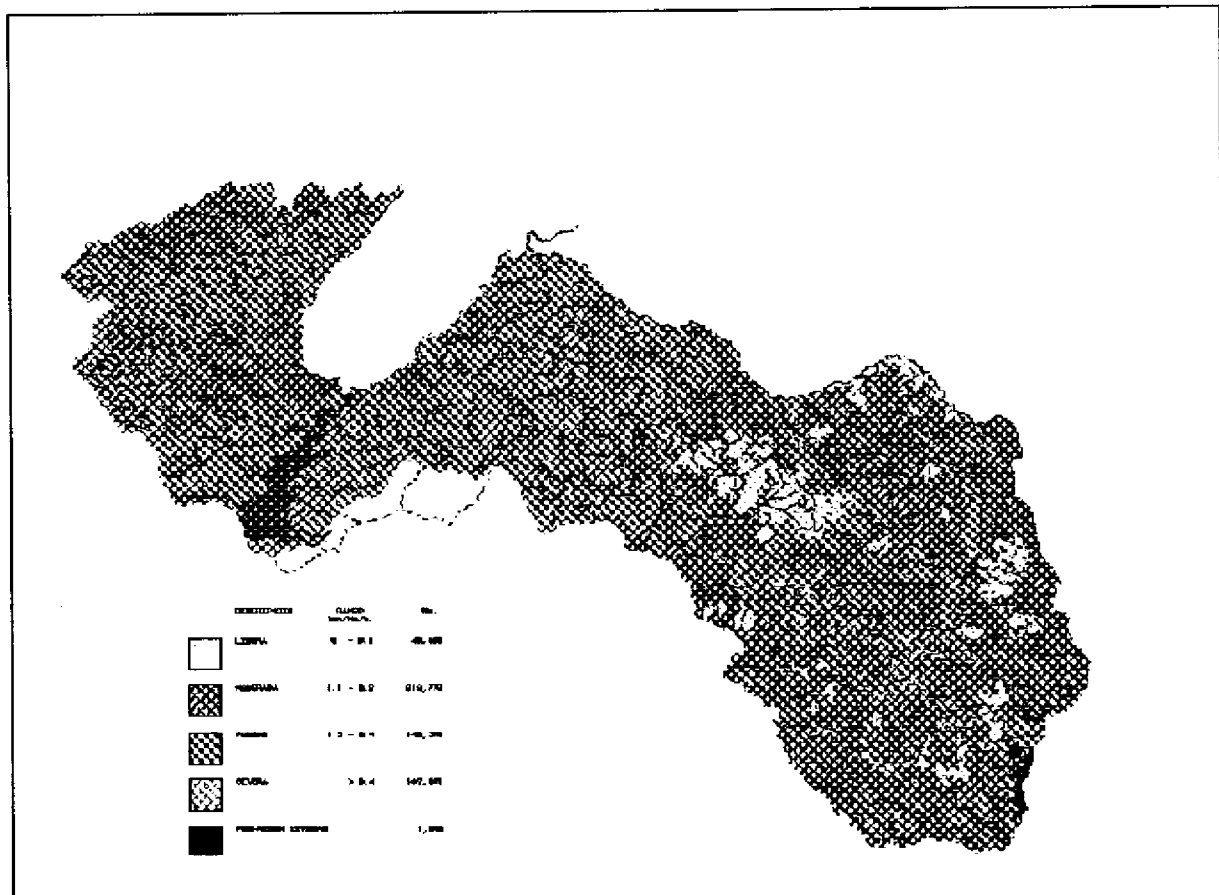
ASOCIACION DE SUELOS	SIMBOLO	FACTOR (k)
Guineo	G	0.13
Quiroz	Q	0.05
Vilca	V	0.22
Carrizo	C	0.42
Limón	Li	0.16
Shimbe	S	0.25
Montero	M	0.26
Jabonillo	J	0.30
Solana	So	0.42
Guineo - Carrizo	G - C	0.32
Guineo - Jabonillo	G - J	0.22
Quiroz - Jabonillo	Q - J	0.20
Guineo - Montero	G - M	0.19
Guineo - Solana	G - So	0.27
Carrizo - Solana	C - So	0.42
Montero - Limón	M - Li	0.08
Pingola - Limón	P - Li	0.08
Hualancas - Limón	H - Li	0.18
Cunante - Limón	U - Li	0.25
Ayabaca - Socchabamba	A - B	0.12
Ayabaca - Limón	A - Li	0.25
Montero - Socchabamba	M - B	0.30
Shimbe - Limón	S - Li	0.21

Para la presentación del presente submodelo de erodabilidad se establecieron niveles o grados de erodabilidad del suelo los cuales se presentan en el **Cuadro N° 05**.

Cuadro N° 05 Erodabilidad del Suelo

RANGO (K)	DESCRIPCION
0 - 0.1	LIGERO
0.1 - 0.2	MODERADO
0.2 - 0.4	FUERTE
> 0.4	SEVERO
	FORMACION LITICOS

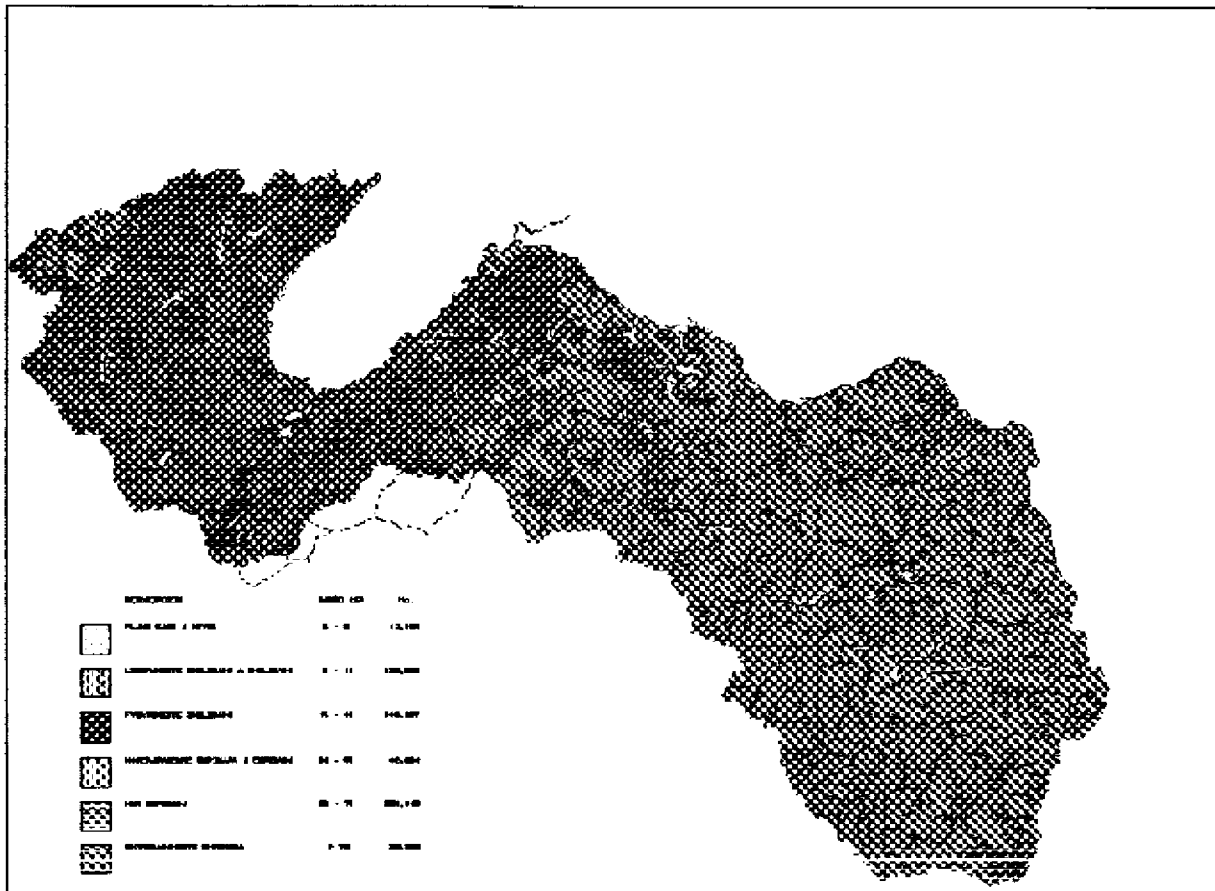
La erodabilidad de las diferentes asociaciones de suelos se presentan en el **Mapa N° 03**.



Mapa N° 03 ERODABILIDAD DEL SUELO

c) **Cálculo del factor LS (Longitud y Gradiente)**

Para determinar el factor LS, se asignaron valores de longitud promedio (L) y gradiente promedio (S) a cada una de las unidades fisiográficas identificadas en la zona de estudio, para lo cual se utilizaron los de Pendiente (Mapas N° 04) y el Fisiográfico (Mapa N° 05).

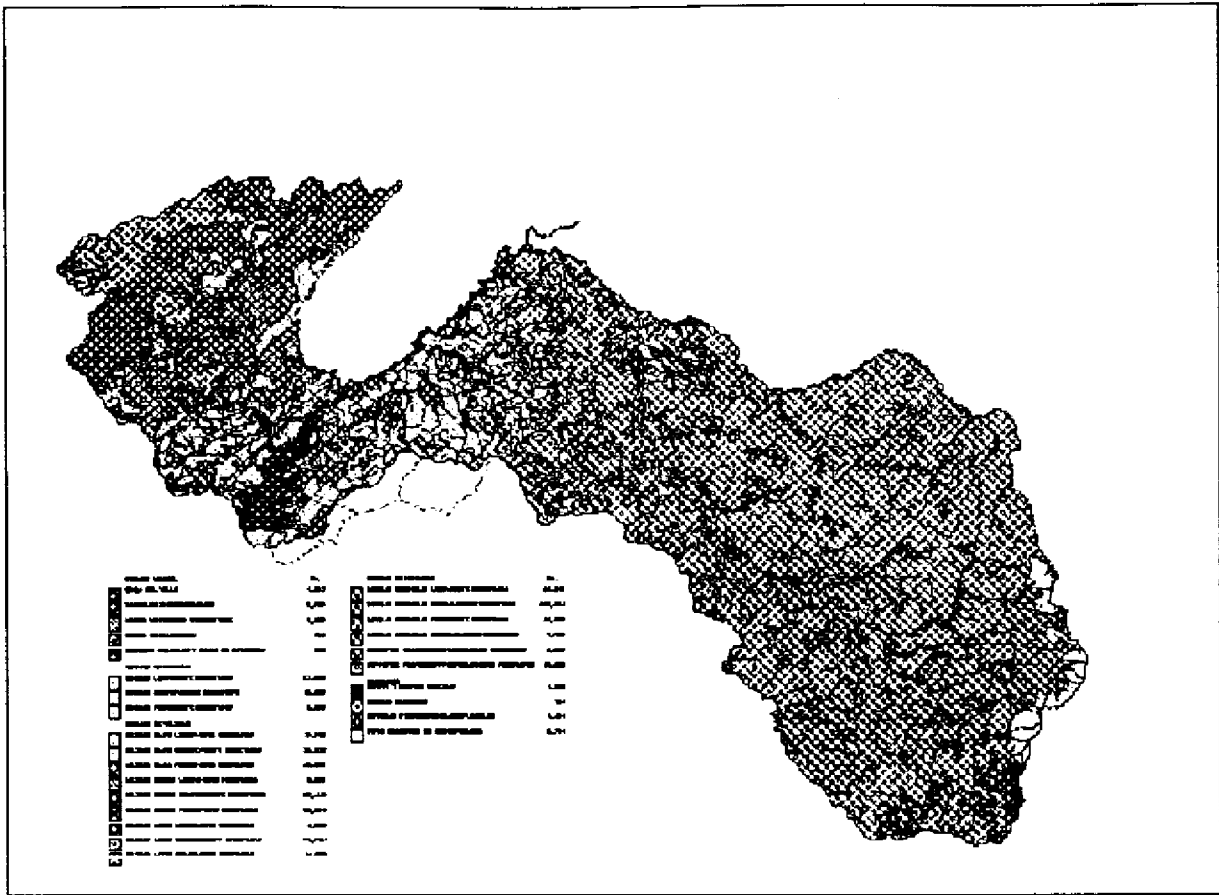


Mapa N° 04 - PENDIENTES

Los valores de L se midieron sobre el mapa topográfico a escala 1:100,000 y se afirmaron con la descripción ecogeográfica de campo, y el valor de S, tomando como valor promedio del mapa de Pendientes elaborado.

Con valores tanto de L como S nos permite calcular el factor de LS para cada tipo de gradiente tomando en cuenta la siguiente fórmula:

$$LS = \left(\frac{L}{22.13} \right)^m \left(\frac{0.43 + 0.030S + 0.043S^2}{6.613} \right)$$



Mapa N° 05 - FISIOGRAFIA

Los diferentes valores de LS de cada una de las Unidades Fisiográficas se detallan en el Cuadro N° 06.

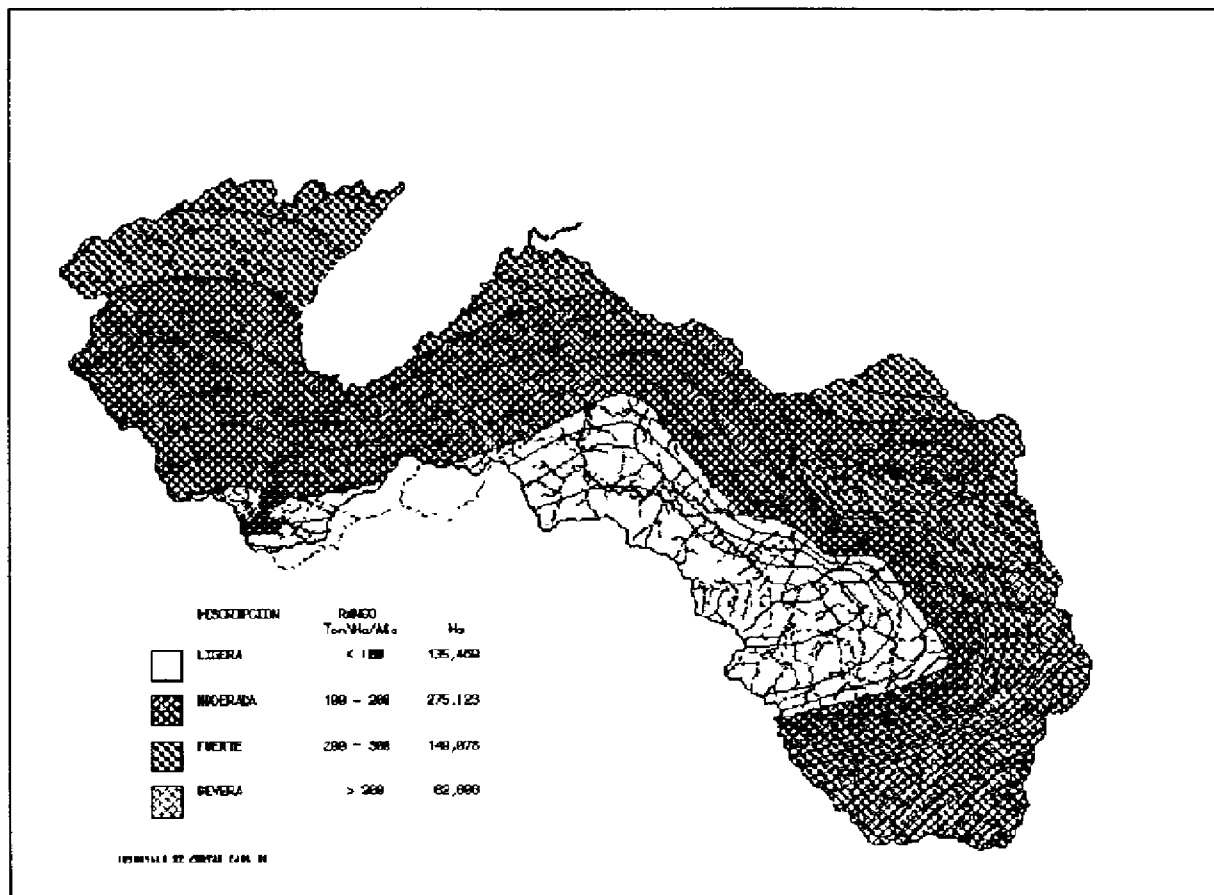
Cuadro N° 06 Cálculo de LS

UNIDADES FISIOGRAFICAS	RANGO DE PENDIENTE	GRADIENTE PROMEDIO (S)	LONGITUD DE VERTIENTE (L)	LS
Planicies Aluviales	0 - 5	2.5	100	0.29
Lomadas	5 - 15	10.0	100	1.88
Colinas Bajas	15 - 30	22.5	200	12.96
Colinas Medias	30 - 50	40.0	300	50.89
Colinas Altas	50 - 75	62.5	300	123.04
Montañas	> 75	75.0	500	176.71

d) Isoerodente - Agresividad Climática (R)

Estos valores fueron determinados mediante la elaboración del mapa de Isoerodente, según método de Wischmeier, utilizando los datos de intensidad de las lluvias.

Para su presentación respectiva del presente submodelo se establecieron niveles de agresividad climática desde un valor mínimo de 20 Ton/ha/año hasta un máximo de 500 Ton/ha/año, se presentan las curvas de agresividad climática con un intervalo de 20 unidades. (Mapa N° 06).



Mapa N° 06 ERODENTE - AGRESIVIDAD CLIMÁTICA

En el Cuadro N° 07 se presenta una clasificación previa de los niveles de agresividad Climática.

Cuadro N° 07

TON/ha/año (R)	DESCRIPCION
< 100	LIGERO
100 - 200	MODERADO
200 - 300	FUERTE
> 300	SEVERO

Automatización de los Modelos

Como se mencionó anteriormente la base de datos esta implementada para realizar las técnicas de modelamiento, y es a través de estas que se ha ejecutado el Modelo de Riesgo Potencial de Erosión, tomando como referencia los niveles de erosión que se detallan en el Cuadro N° 08.

Cuadro N° 08 Niveles de Erosión

RANGO	DESCRIPCION
0 - 10	LIGERO
10 - 50	MODERADO
50 - 100	MODERADO A SEVERO
100 - 300	ALTO
300 - 800	MUY ALTO
> 800	EXTREMADAMENTE ALTO FORMACIONES LITICAS

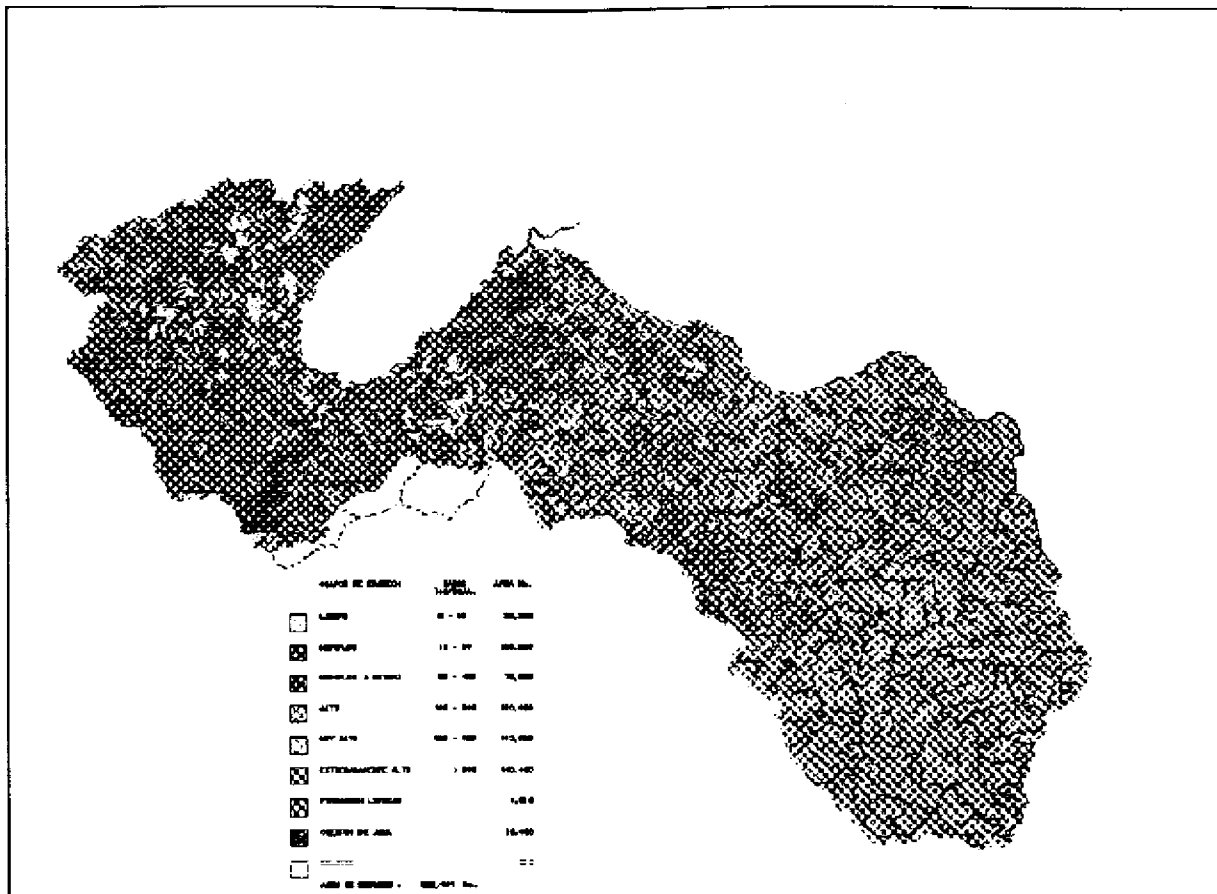
Como etapa posterior se obtuvo el modelo definitivo de acuerdo a la calificación efectuada y teniendo los criterios de análisis propias de la observaciones de campo y otros medios.

FASE IV RESULTADOS Y ANALISIS

La obtención de los resultados se realizó en base a la información de los estudios básicos, el análisis digital de las imágenes de satélite con el procesador de imágenes **ERDAS** y la fotointerpretación, visitas de campo efectuadas y el producto generado por los modelos utilizando el sistema de información Geográfica. Estos permitieron la elaboración del diagnóstico, el mismo que comprende la problemática y las potencialidades del área de estudio. Se realizaron los análisis espaciales y sectoriales para la determinación de las áreas consideradas como críticas.

Modelo Riesgo Potencial de Erosión de los Suelos

Se ha elaborado el mapa de riesgo potencial de erosión, (**Mapa N° 07**) en el cual se muestra los diferentes niveles de riesgo, **Cuadro N° 09**.



Mapa N° 07 - RIESGO POTENCIAL DE EROSION

Cuadro N° 09 Riesgo de Erosión Potencial

RANGOS Ton/ha/año	NIVELES DE EROSION	SUPERFICIE	
		HA	%
0 - 10	Ligero	35,258	5.5
10 - 50	Moderado	135,290	21.4
50 - 100	Moderado a Severo	70,560	11.1
100 - 300	Alto	118,064	18.6
300 - 800	Muy Alto	112,800	17.8
> 800	Extremadamente Alto	148,485	23.4
	Formaciones líticas	1,816	
	Cuerpos de Agua	10,856	2.2
	Islotes	315	
AREA TOTAL		633,444	100

Para el establecimiento de la escala, se tomó como referencia el valor de pérdida tolerante del suelo (5 a 12 Ton/ha/año) y luego se consideraron los otros niveles en referencia a estudios realizados a nivel mundial.

FASE V FORMULACION Y LINEAMIENTOS DEL PLAN

Posteriormente, en base al diagnóstico y análisis, se plantean los Lineamientos Generales para el Plan de Manejo de las Cuencas en los que respecta al objetivo principal que es la de Conservación de Suelos, para lo cual deben realizarse las prácticas de conservación de suelos que a continuación se describen, las cuales disminuirán el proceso de erosión del suelo de la cuenca y, por consiguiente, la sedimentación del reservorio Poechos.

Prácticas de Conservación de Suelos

a) Forestal

- Por las condiciones de degradación en la que se encuentran los recursos y especialmente el forestal, es de imperiosa necesidad iniciar un conjunto de programas, tendientes a detener y mejorar las condiciones ecológicas y medioambientales de las cuencas del área de estudio.
- Realizar un programa de reforestación especialmente orientado a proteger las cabeceras de las cuencas; la estabilización de cárcavas, taludes, riberas, quebradas y canales; utilizando especialmente especies nativas. En el Anexo 5 se presenta un Proyecto de Reforestación para el área de estudio.
- Promover el uso racional del recurso energético o leña, fomentando el uso de las llamadas "cocinas mejoradas", ya que estas permiten aprovechar mejor la energía y se orientan a disminuir la presión a los bosques por la demanda de leña.
- Proteger y manejar silviculturalmente la regeneración natural promoviendo proyectos que posibiliten el desarrollo económico y social en función de la conservación de los bosques y uso racional de los recursos.
- La agroforestería se realizará buscando extender lo más posible las especies arbóreas y arbustivas existentes en la región, así como regenerar o implantar vegetación herbácea.
- Utilizar todo instrumento legal, así como realizar coordinaciones con las instituciones comprometidas con los recursos naturales a fin de cumplir con un papel más protagónico como una garantía para detener la degradación de los bosques y lograr la preservación de la biodiversidad de la región.
- Realizar estudios al detalle para evaluar la cantidad y calidad del recurso forestal existente, así como estudiar silviculturalmente las especies forestales nativas, y la diversidad faunística que posee la región.

Las zonas de menor riesgo de erosión corresponden a las Planicies Aluviales, áreas de topografía casi plana, y uso agrícola, mayormente arrozales. La extensión que abarca es de 35,258 ha o el 5.5% del área total evaluada.

El sector con un riesgo moderado, se presenta mayormente en las zonas aledañas a la Represa de Poechos, la cual estaría en concordancia con una agresividad climática moderada; la superficie ocupada por este nivel es 135,290 ha o el 21.4% del área total evaluada lo cual representa la segunda área de importancia.

La mayor parte del área se halla afectado por un riesgo potencial de erosión de grado extremadamente alto y que comprende los sectores montañosos aledaños a Pacaipampa, Ayabaca, Tacalpo, y Lagunas y la superficie ocupada por este nivel es de 148,485 ha o el 23.4% del área total evaluado.

Toda el área de estudio puede ser reducida a 3 sectores, en relación al riesgo potencial de erosión.

SECTOR A: Riesgo bajo o moderado que comprende aproximadamente 1/4 de la superficie total. Abarca la margen derecha y la margen izquierda del reservorio hasta los poblados de Los Encuentros y el Progreso, los cuales abarcarían el 26.9% de la superficie total. Por encima de los 600 msnm de este sector puede considerarse como el sector B.

SECTOR B: Riesgo moderado a severo, alto y muy alto; que comprende aproximadamente el 47.5% de la superficie total, representando por las poblaciones de Saucillo, La Tina, Suyo, Montero, Lagunas y Olleros.

SECTOR C: Riesgo extremadamente alto, que comprende aproximadamente el 23.4% de la superficie total, representado por las poblaciones de Pacaipampa, Espíndola, Aragoto, Montero, Ayabaca, Jililí, Sicchez y Mostazas.

La metodología probada tiene las siguientes ventajas: define y clasifica relativamente las unidades homogéneas y los niveles de riesgo de erosión.

El método permite:

1. La aplicación de modelos de erosión al mapeo del riesgo potencial de erosión.
2. La delimitación aproximada de toda el área por riesgo potencial de erosión.
3. Nos permite una reducción en la complejidad del ambiente natural.

De esta manera la metodología proporciona la información básica para el Planeamiento de las alternativas de control de la erosión, especificando las acciones más apropiadas para cada sector para reducir o controlar la erosión.

Dadas las características favorables para del cultivo de café en estas zonas, debe establecerse el asesoramiento técnico para la conducción del cultivo en forma eficiente, promoviendo el uso de técnicas orientadas a la conservación y mejoramiento del recurso suelo.

c) **Estabilización de Taludes**

- Sembrío de pastos, Forestación y Reforestación, para lo cual se pueden utilizar las especies forestales y pastos anteriormente mencionados. El uso del paca de zorro, y/o especies que no sean palatables para el ganado caprino, como especies espinosas como la zarzamora, se recomienda para esta práctica conservacionista.

d) **Mecánico Estructurales**

- Terrazas de formación Lenta y Absorción, la construcción de terrazas es una de las prácticas mas efectivas para combatir la erosión de los suelos; sin embargo es la mas costosas y deberá aplicarse cuando las otras alternativas de conservación de suelo, como trazo de surcos en contorno y cultivos en fajas u otra práctica agronómica cultural no pueda realizarse, porque su costo de construcción y mantenimiento es alto.
- Control de cárcavas y cauces, Estas prácticas deberán ser realizadas en la parte alta y media de la cuenca, con diques de contención escalonados; los cuales pueden ser construidos de concreto ciclopeo para los cauces. En el control y estabilización de las cárcavas es conveniente el uso de cercos vivos con especies como la zarzamora y los ágaves.
- Zanjas de Infiltración, esta práctica es recomendable en zonas de forestación y reforestación, mas que en zonas de pastos y cultivos, generalmente estas obras están asociadas al control de cárcavas.

En el **Cuadro N° 10**, se presentan las prácticas de conservación de suelos que debe efectuarse por sectores.

b) **Agronómicos Culturales**

- Surcos en contorno y cultivos en faja, son prácticas conservacionistas de uso generalizado. Es importante remarcar que estas prácticas son buenas para controlar la erosión cuando el follaje del cultivo protege gran parte del suelo.
- Manejo de Pastos, se debe tomar las siguientes acciones:
 - * Determinación de la capacidad de carga de los pastizales.
 - * Rotación de áreas de pastoreo.
 - * Resiembra de pastos naturales y siembra de pastos exóticos.
 - * En las zonas altas, la repoblación con pasturas y o arbustos de la zona.

Para el caso de pastizales se recomienda en la zona aledaña de Ayabaca y semejantes para ovinos el Rye Grass asociado con el trébol. En el caso de ganado vacuno (*Dactylis glomerata*) asociado con alfalfa.

La especie arbustiva, leguminosa, conocida con el nombre de Pacte sería una buena alternativa para la zona. En la zona de Montero y zonas cálidas de cuencas bajas, el gramalote (*Brachiaria* sp) y el pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), son alternativas que actualmente se utilizan, pero que podrían aumentarse en extensión, otro posibilidad es el pasto pangola (*Digitaria decumbens*). El king grass es otra especie (pertenece al grupo del pasto elefante) que tiene un gran potencial para la zona.

En las áreas adyacentes al reservorio de Poechos, margen derecha e izquierda la alternativa para el repoblamiento de pastos esta dada por la especie (*Cenchrus ciliaris*) o pasto bufel, la cual está adaptada a condiciones de aridez y suelos pobres; la época en la que podría establecerse sería en la época de lluvias.

- Manejo de cultivos

Utilización de policultivos, de tal forma que cubran gran parte del suelo y que aprovechen mejor los recursos agua, suelo y nutrientes.

Rotación de cultivos, es una práctica que debe ser empleada en el área de estudio.

Los cultivos permanentes deben priorizarse en el área de estudio, como en la zona de Montero y Jihlí debido a las condiciones agroclimáticas favorables que posee. Un cultivo que tiene un buen precio en el mercado es la Lúcura, de la cual puede obtenerse harina.

Cultivo de especies permanentes como el (*Cajanus cajan*), en las zonas más cálidas como cultivo alimenticio, estabilizador del suelo y restituidor de la fertilidad natural.

CUADRO N° 10

PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS POR SECTORES

PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS	SECTOR		
	A	B	C
		ZONA	
	(*) Margen derecha, margen izquierda del Reser-orio Poechos hasta los centros poblados de Encuentros y El Progreso.	Sauco, La Tina, Sujo, Montero, Lagunas, Olleros	Facayambua, Espinosa, Arago, Huila, Ayabaca, Jili, Mostiasas, Sechez
A: FORESTACION			
1. Forestación		X	X
2. Reforestación		X	X
3. Agrofosteria			X
B: AGRONOMICO CULTURALES			
1. Surcos en Contorno			X
2. Cultivos en Falas			X
3. Manejo de pastos			
- Determinación de la capacidad de carga de los pastizales	X	X	X
- Rotación de áreas para el pastoreo	X	X	X
- Resiembra de pastos naturales y siembra de pastos exóticos	X	X	X
4. Manejo de cultivos			
- Rotación de Cultivos			X
- Policultivos			X
- Cultivos permanentes			X
C: ESTABILIZACION DE TALUDES			
1. Siembra de pastos			X
2. Forestación y reforestación			X
D: MECANICO ESTRUCTURALES			
1. Terrazas de formación lenta			X
2. Terrazas de absorción			X
3. Control de cárcavas		X	X
4. Control de Cauces	X	X	X
5. Zanjas de infiltración		X	X
6. Canales de desviación		X	X

(*) Por encima de los 800 msnm de este sector se puede considerar el mismo tratamiento que en el Sector B.