

IIMI-BID
ATN/SF-4828-RG
Informe No. 3
Anexo 6

INSTITUTO INTERNACIONAL DE MANEJO DE LA IRRIGACION (IIMI)

**ESTUDIO SOBRE IMPACTO AMBIENTAL DEL RIEGO DE LADERA EN EL SISTEMA
DE RIEGO SANTIAGUILLO - CUAMBO EN LA PROVINCIA DE IMBABURA
REPUBLICA DEL ECUADOR**

Jorge Sotomayor V.

Carlos Garcés R.

Quito, Agosto de 1996

REFERENCE
ONLY

IIMI
631.7
G520
SOT
H 19420

C
2

SH. R
 R
 11M1
 631.7
 6520
 S07
 C. H. 19420

TABLA DE CONTENIDO



DESCRIPCION	PAGINAS
1. Objetivos	1
2. Alcance	1
3. Estudio de Caracterización del Ambiente	2
3.1. Componente Fisico	2
3.1.1. Geología	2
3.1.2. Suelos	3
3.1.3. Clima	3
3.1.4. Recursos Hídricos.....	4
3.1.5. Paisaje	5
3.1.6. Componente Biótico.....	6
3.1.7. Conservación del Eco - Sistema.....	6
4. Descripción del Proyecto	8
4.1. Localización	8
4.2. Infraestructura Hidroagícola	8
4.3. Organización del Servicio de Riego.....	9
4.4. Infraestructura de Servicios	10
5. Identificación y Evaluación de los Impactos Ambientales del Riego de Ladera	10
6. Propuesta para la Mitigación de los Impactos Ambientales del Riego de Ladera	11
Bibliografía	14
Anexos	15

H 19420

ESTUDIO SOBRE IMPACTO AMBIENTAL DEL RIEGO DE LADERA EN EL SISTEMA DE RIEGO " SANTIAGUILLO-CUAMBO ", EN LA PROVINCIA DE IMBABURA, REPUBLICA DEL ECUADOR.

1.-Objetivos.-

- 1.1. Evaluar la degradación de los suelos del Sistema, por efectos del riego por superficie.
- 1.2. Reconocer los procesos de degradación de los suelos: erosión hídrica, erosión eólica, exceso de sales, degradación química, degradación física y degradación biológica.
- 1.3. Evaluar la degradación actual y potencial o riesgo de degradación en el Sistema.
- 1.4. Proponer un Plande Trabajo, destinado a la mitigación de los impactos ambientales en el riego de ladera.

2.- Alcance.-

Localización : El Sistema se localiza en la parte norte de la provincia de Imbabura, entre los ríos Palacara, Mira y Amarillo; parroquia Cahuasquí, cantón Ibarra. Su localización geográfica corresponde a las siguientes coordenadas:

Latitud : 00° 33' a 00° 36' Norte

Longitud: 78° 10' a 78° 15' Oeste

Criterios técnicos respecto al impacto del riego de ladera: El resultado del impacto ambiental en el riego de ladera es la degradación del suelo, que se concibe como un proceso natural o inducido por el hombre, que disminuye la capacidad actual y potencial del suelo para producir cuantitativa y/o cualitativamente bienes o servicios.

La degradación potencial del suelo "es la disminución potencial de la productividad, como consecuencia de uno o más procesos de degradación" (FAO et al 1.979)

En el estudio se evaluarán los dos procesos de degradación de tierras mas importantes en el Sistema: la erosión hídrica, principalmente y, la erosión eólica.

La erosión hídrica se define "como el conjunto de todos los procesos de erosión por salpicaduras, erosión laminar, erosión en surcos y cárcavas y los diversos tipos de corrientes de fangos". La erosión eólica "abarca tanto la remoción y depósito de partículas de suelo por la acción del viento, como los efectos abrasivos de las partículas móviles, cuando éstas son transportadas" (FAO, 1.993)

Evaluación de los parámetros que inciden en el impacto ambiental del riego : Para la evaluación de los procesos de degradación se han creado modelos paramétricos empíricos que han dado resultados satisfactorios en condiciones muy diversas. Las fórmulas pueden expresarse de la siguiente forma general :

$$D = f (C,S,T,V,L,M) \text{ donde :}$$

- D = Degradación anual del suelo por unidad de superficie.
- C = Factor climático
- S = Factor edáfico
- T = Factor Topográfico
- V = Vegetación natural
- L = Factor uso de la tierra
- M = Factor Manejo

En las evaluaciones de los riesgos, los factores relativamente variables se estandarizan y en consecuencia la fórmula general de la evaluación del riesgo se expresará como sigue:

$$D = f (C,S,T,K), \text{ donde K es la constante V,L,M.}$$

3.- Estudio de Caracterización del Ambiente

3.1.- Componente Físico

3.1.1.- Geología

El área de estudio comprende materiales aterrazados que se hallan constituidos por dos estratos: el superior compuesto por materiales coluviales y el inferior por materiales volcánicos.

Este material aterrazado se encuentra asentado sobre los volcánicos del Chuquiraguas y su edad data de la época cuaternaria (Pleistoceno).

El material aterrazado se halla constituido por coluvios (cantos rodados, gravas, etc.) que corresponde al estrato superior y por tobas y cenizas volcánicas y brechas no diferenciadas, que representan al estrato inferior.

Los materiales que conforman los volcánicos del Chuquiraguas están formados por materiales piroclásticos que se han depositado principalmente en Mira, donde la ceniza volcánica y el "lapillí" tienen potencias que sobrepasan los 30 m. La ceniza está constituida por fragmentos líticos de color gris oscuro, fragmentos de pómez, plagioclasa y de biotita. El lapillí tiene fenocristales de hornblenda incrustados.

por fragmentos líticos de color gris obscuro, fragmentos de pómez, plagioclasa y de biotita. El lapillí tiene fenocristales de hornblenda incrustados.

3.1.2.- Suelos

En el Estudio Edafológico realizado en 1.982, se identificaron cinco Consociaciones de Suelos, agrupadas en los Ordenes: Entisol y Aridisol; las principales características de los suelos del Sistema son las siguientes :

- a).- Presencia de materiales amorfos, carbonatos y en algunos suelos exceso de sales y sodio (Serie Palacara) y, niveles altos de sodio en la serie 27 de Julio.
- b).- La profundidad del perfil fluctúa entre moderadamente profundo a profundo (0.5 a 1.5 m.) y, solamente en la Consociación Jesús del Gran Poder el suelo es superficial (- de 0.4 m.).
- c).- El nivel de fertilidad de los suelos es moderadamente alto a alto.
- d).- El pH de los suelos es alcalino (7.5 a 8.6).
- e).- Las texturas predominantes de los suelos son las francas, franco-limosas y franco arenosas, asociadas en algunos casos con gravas y piedras de origen coluvial y aluvial.
- f).- Los suelos del Sistema han sido clasificados de acuerdo con el Bureau of Reclamation, en las clases 2,3,4 y 6, habiéndose reconocido que el área regable es de 141 has. y la no regable 19 has. y que pertenecen estas últimas a la clase 6.

3.1.3.- Clima

La temperatura media anual es de 19.5° C., con una oscilación térmica de 1.0° C., entre los meses más cálidos (Julio, Agosto y Septiembre con 19.9° C.) y el mes mas fresco (Febrero con 18.9° C.); en general la temperatura corresponde a climas subtropicales, caracterizados por un régimen estacional anual homogéneo.

La precipitación pluvial en el Sistema es de 456.6 mm. El régimen es bimodal y los ciclos lluviosos se repiten cada año sin mayor variación, presentándose dos máximos (Abril y Diciembre) y, dos mínimos (Enero y Agosto).

Respecto al volumen de lluvia anual, de los registros de la Estación de Salinas, representativa de la zona, se observa que no hay una distribución regular de la precipitación, existiendo variaciones considerables, registrándose años extremadamente secos como 1.978, con una lluvia de 227.3 mm. y, años relativamente húmedos como 1.974, el que la precipitación fue de 749.8 mm. En general el volumen anual de lluvia es insuficiente y no garantiza la producción agrícola.

La evaporación promedio anual del Tanque Clase "A" es de 1.848.2 mm., los meses de mayor evaporación promedio son. julio con 167.3 mm., agosto con 172 mm., septiembre con 173 mm. y octubre con 161.3 mm.; el mes con menor evaporación es febrero con 127.5 mm.

La evapotranspiración potencial calculada es de 895.2 mm., con un valor máximo mensual de 78.0 mm., que corresponde a los meses de mayo, julio, agosto y octubre y, un valor mínimo de 64.8 mm. en el mes de febrero. Todos los valores de la evapotranspiración potencial mensual son mayores significativamente a los de la precipitación media mensual.

La humedad relativa registrada no tiene una variación notable en sus valores medios, tanto anuales como mensuales, registrándose un promedio anual de 79%, con un rango que oscila entre 73%, que corresponde al mes más seco (julio), hasta 82% al mes más húmedo (febrero).

La velocidad del viento es de 5.0 m/s, equivalente a 18 kmt./hora, referida a una veleta anemométrica localizada a 6 m sobre el nivel suelo. Los vientos son secos con dirección nor-este preferentemente.

La nubosidad varía en relación directa con la precipitación, humedad atmosférica y temperatura, observándose que la media anual es de 5/8 de cielo cubierto, valor casi constante para todos los meses del año.

El tipo climático según la clasificación de Thorntwaite es B'3 D a'd (Mesotérmico Semiárido), por la eficiencia térmica existe un tipo climático B'3 (Mesotérmico o Templado), con un índice de evapotranspiración potencial de 897,0 mm; el índice hídrico anual es de -29.43 corresponde a D (semiárido).

3.1.4.- Recursos Hídricos

Para regar el sistema Santiaguillo-Cuambo, se utilizan las aguas del río Santiaguillo.

La cuenca del río Santiaguillo está ubicada entre los 77° 58' y 78° 06' de longitud oeste y los 0° 36' y 0° 45' de latitud norte y está situada en el cantón Espejo, provincia del Carchi.

El área de drenaje de esta cuenca tiene una superficie de 104 kms.2 y está formada por un gran número de quebradas que conforman la red hidrográfica del río. De algunas de estas quebradas se derivan pequeñas accquias cuyas aguas son utilizadas en regar terrenos pertenecientes a la parroquia Concepción, del cantón Espejo.

Como resultado de los estudios hidrológicos realizados y a pesar de carecer de datos, el caudal medio calculado en el sitio de la bocatoma es el siguiente:

La precipitación media anual de la cuenca es de 863 mm. Los caudales disponibles para el Sistema son :

- a).- Caudal medio plurianual : 0.753 ± 0.130 m³/s.
- b).- Caudal medio plurianual (80%) es : 0.360 ± 0.09 m³/s

- c).- Caudal máximo (1% probable) : 57.0 ± 8.3 m³/s
d).- Caudal máximo (2% probable) : 52.5 ± 6.7 m³/s

De acuerdo con todas estas consideraciones, se concluyó que el caudal de captación de 0.3 m³/s adoptado para el diseño del Sistema está garantizado, ya que el aporte del río, satisface los requerimientos de esta toma y las necesidades existentes aguas abajo de la misma.

Se han construído las obras de toma o captación en el río Santiaguillo en la cota 1.569 m.s.n.m. e incluyen: un azud, rejilla, desripiador. La conducción principal que está construída para un caudal de 0.2 m³/s y tiene una longitud de 4.540 m. de los cuales están embaulados 2.019 m.; dos túneles de una longitud 595 m. y dos sifones de 2.093 m. en la quebrada Juan Montalvo y sobre el río Mira.

La conducción principal llega a la zona de riego a una altitud de 1.523 m. y de esta cota se distribuye el agua por medio de canales secundarios construídos a cielo abierto o en tubería hasta la distribución parcelaria terciaria y cuaternaria en los nueve módulos que tiene en operación el sistema.

La eficiencia de aplicación del agua de riego en el Sistema se la estimó en el 60% y, la eficiencia por conducción principal y secundaria en 85%. La eficiencia total del Sistema se la estimó 51%.

La calidad del agua de riego es C2 S1; moderadamente salina y baja en sodio (conductividad eléctrica-entre 200 y 750 micromhos y menor al 10% la relación de absorción de sodio.

3.1.5.- Paisaje

El gran paisaje reconocido en el Sistema es el denominado "**Sierra Volcánica Baja**" el mismo que está constituído por materiales de origen aluvial y coluvial volcánico. La distribución de estos sedimentos se ha realizado en forma irregular de acuerdo al relieve y/o cercanías a las lomas. Este factor ha influído para que en este gran paisaje se diferencie otras unidades fisiográficas mas pequeñas llamadas paisajes, que tienen características particulares y que corresponden a terrazas y pie de lomas.

El **Paisaje de Terrazas** ocupa la mayor parte del área del Sistema, de relieve plano a fuertemente ondulado; su formación se debió inicialmente a la sedimentación de materiales aluviales (limos, arenas, etc.) provenientes del río Mira y posteriormente a la deposición de materiales de origen coluvio-aluvial-volcánico (piedras, gravas, etc.) que recubrieron los primeramente mencionados. Dentro de esta formación se encuentran lomitas de relieve colinado, con cimas aplanadas, de origen antiguo. Los suelos que se han originado, se caracterizan por presentar granulometrías medias y de profundidad que varía entre 0.2 a 0.5 m.

El **Paisaje Pie de Lomas** ocupa áreas situadas en el límite oeste del Sistema; de relieve ondulado; el material coluvial como piedras y gravas son predominantes en este paisaje y provienen de las partes altas (lomas). La profundidad de los suelos varía de 0.5

a 1.0 m, con suelos de textura media, no salinos y ligera a severamente sódicos a partir de 0.26 m.

3.1.6.- Componente biótico

Antes de su incorporación al riego, el Sistema Santiaguillo-Cuambo no estaba explotado agrícolamente y la cubierta vegetal, la misma que parcialmente permanece en áreas aledañas, está constituida en su mayor parte por vegetación xerofítica. Entre las especies identificadas figuran: la chilca (*Baccharis floribunda*), faique (*Acacia macrantha*), mosquera (*Croton* sp.) guarango (*Acacia flexicosa*) tuna (*Opuntia* sp.) pitajaya (*Hylocereus polyrhizus*) cabuya (*Fourcroya* sp.).

Según Holdridge, la zona del Sistema de riego ha sido reconocida como me-ST (Monte espinoso Subtropical), caracterizado por una topografía muy accidentada y la formación de valles muy profundos que dan lugar al fenómeno de "abrigado", por cuanto estas áreas reciben menos humedad que los terrenos mas elevados de la sierra que los rodean.

La presencia de la vegetación xerofítica en algo ha contribuido a evitar un proceso erosivo acelerado, especialmente en las áreas de ladera pronunciada. Las especies animales practicamente han desaparecido y la poca existente corresponde a animales menores como lagartijas (*Basiliscus* sp.), conejos (*Sylvilagus brasillensis*), lobo de páramo (*Dusicyon culpaeus*).

3.1.7.- Conservación del Ecosistema

El Sistema de Riego beneficia a 57 explotaciones eminentemente agrícolas, que integran una superficie de 160 Has, cuya distribución por tamaño de explotación concentra el 57.9 % en el estrato comprendido entre 2.0 y 2.99 Has.; el 35.1 % corresponde a predios mayores a 3.0 Has. y apenas un 7% tiene propiedades menores a 2.0 Has. Esta situación es debida a que años atras, agricultores afincados en zonas aledañas a(Carpuela y La Concepción), decidieron conformar las Cooperativas Jesús del Gran Poder y 27 de Julio, respectivamente, con el propósito de obtener áreas agrícolas y explotarlas en su beneficio.

Distribución de la Tierra por Tamaños de Explotación

Tamaño Explotación	Número Explotac	%	Area Has.	%	Area en promedio
Menos 2 Has.	4	7.0	6.0	4.0	1.50
2.0 a 2.99	33	57.9	84.0	56.0	2.55
3.0 y más	20	35.1	60.0	40.0	3.00
Total	57	100.0	150.0	100.0	2.63

Los trámites de legalización de las tierras por parte de las Cooperativas Jesús del Gran Poder y 27 de Julio, en favor de sus socios, afianza el criterio en el sentido de que el 100% de los agricultores del área son posesionarios de sus tierras.

Esta realidad que se presenta en el área del Sistema de Riego, permite definir que las formas de tenencia existentes son : posesionarios el 93% y arrendatarios el 7%.

A fin de objetivamente determinar los cambios que se han presentado en lo que ha estructura agraria se refiere se analizó la información que contiene el Estudio de Diagnóstico Socioeconómico del area del Sistema elaborado en 1.983, a fin de compararla con la información de 1.990.

Los resultados obtenidos demuestran que no se han producido cambios substanciales en la estructura agraria, pues se conservan bajo la personería jurídica de las Cooperativas antes mencionadas las tierras que fueron adjudicadas por el IERAC; el único cambio que se ha experimentado es con relación a la forma de explotación, en consideración a que las tierras ya no son explotadas en forma comunal y participativa sino que cada socio administra su propia finca, que en términos de superficie son iguales para cada uno de los miembros de las respectivas Cooperativas.

La población total en el Sistema de Riego es de 305 habitantes, de los cuales el 58.7 % son de sexo masculino y el 41.3 % del sexo femenino (el índice de masculinidad es del 142 % por cada 100 mujeres).

Del total de la población más de la mitad son menores de 20 años y de ésta aproximadamente el 53 % son infantes; el 44 % comprende aquellas personas entre 20 y 64 años y, el 1.3 % está formada por aquellas personas que tienen 65 años o más.

La tasa de crecimiento promedio anual para la población que se beneficia directamente del Sistema es de 2.42 %, similar a la tasa de crecimiento del sector rural a nivel nacional.

La población económicamente activa está compuesta por 87 personas, de las cuales 82, el 94 % corresponde al sexo masculino y solamente 6% al sexo femenino. La población inactiva es de 95 personas, de esta el 10 % son hombres y 90% femenino.

La principal actividad en el área del Sistema es la agricultura, la que ocupa el 58% de la población económicamente activa; el 42% restante se dedica a otras actividades, esta son : servicios 13%, industrias 10%, construcción 6%, comercio 4%, otros 5% y, trabajadores nuevos el 4%.

De la superficie total regada el 95% está dedicada a cultivos de ciclo corto y solamente el 5% a cultivos permanentes. El índice de utilización del suelo es de 187%, en consideración al doble cultivo en el año en los cultivos de ciclo corto.

Uso del suelo por cultivos y tamaños de explotación

CULTIVOS	ESTRATO < 2 HAS		ESTRATO 2.01-2.99		ESTRATO > 3 HAS		TOTAL	
	SUP. HAS	%	SUP. HAS	%	SUP. HAS	%	SUP. HAS	%
FREJOL-MAIZ			66	79	22	36	88	59
TOMATE-PEPINILLO	3	50	9	11	7	12	19	13
MAIZ-FREJOL					16	27	16	11
VAINITA-MAIZ	3	50			4	7	7	4
PEPINILLO-TOMATE			7	8			7	4
FRUTALES					3	5	3	2
OTROS			2	2	8	13	10	7
TOTAL	6	100	84	100	60	100	150	100

4.- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

4.1.- Localización

La zona de estudio cubre una superficie de 211 has brutas adjudicadas por el IERAC a los campesinos, de las cuales son susceptibles de ser regadas 141 has., las mismas que en la actualidad se riegan en su totalidad. El Sistema limita al norte con la quebrada Tubería, al sur con la hacienda Palacara, al este con el río Mira y al oeste con la cota 1.530 m.s.n.m. altura por donde recorre el canal de distribución.

4.2.- Infraestructura Hidroagrícola

La infraestructura del Sistema de Riego se refiere a las obras de captación, conducción y caminos. Las obras se encuentran en buen estado y están operando normalmente desde 1.988. A partir de 1.989 se ha venido construyendo las obras de aforo y distribución del riego a nivel predial.

En lo que se refiere a la infraestructura vial al Sistema lo atraviesa una carretera de primer orden, la Ibarra-San Lorenzo. La línea férrea es otra arteria de comunicación para el área, la misma que pasa por el límite del Sistema brindando un buen servicio a los

poblados ubicados en su recorrido desde Ibarra hasta San Lorenzo.

4.3.- Organización del Servicio de Riego

Pra la operación y mantenimiento del Sistema de Riego, se han establecido tres zonas claramente delimitadas: la primera se sitúa en Santiaguillo, se extiende desde la bocatoma, hasta la entrada al sifón que cruza el río Mira; está compuesta por un canal abierto en una longitud de 2.005 m., dos túneles que suman 615 m., un acueducto de 55 m. y el sifón que cruza la quebrada Juan Montalvo y que tiene una longitud de 190 m. La segunda zona es la correspondiente al sifón sobre el río Mira, construído con tubería de hierro en una longitud de 557 m. y tubería de asbesto cemento, 1.345 m. La tercera zona es la zona de riego y se localiza en Cuambo; esta zona pertenece a las cooperativas Jesús del Gran Poder (100 has) y 17 de Julio (50 has). Para la operación se construyó un canal principal de 1.890 m. de longitud, en el cual se han localizado 14 tomas, cada una de las cuales tiene cajas repartidoras; existen tres derivaciones o canales secundarios que permiten transportar el agua de riego hasta las tomas a nivel predial.

De acuerdo a la Ley de Aguas y al Reglamento de esta Ley, anualmente se efectúa el cálculo de la tarifa para los sistemas públicos, servidos con aguas superficiales o subterráneas. La tarifa tiene dos componentes: básico y volumétrico; el primero se refiere al valor que se cobra al beneficiario del riego con el propósito de recuperar el 75% de las inversiones realizadas para la construcción de las obras, el 25% se considera un subsidio, de recuperación indirecta por parte del Estado. El componente volumétrico es el valor que pagan los beneficiarios del servicio de riego para cubrir los costos de operación y mantenimiento del sistema de riego.

La dotación en el Sistema de Riego es de 1 l/sg./Ha. y los usuarios a la fecha están prácticamente a cargo de la operación del mismo. El cobro de la tarifa de riego se realiza a través de las organizaciones campesinas, debiendo cada una de las cooperativas recaudar los valores que por concepto del arrendamiento de las aguas deben sufragar cada socio y de acuerdo a la superficie regada. Los valores son entregados en la tesorería de CORSICEN.

La tarifa que se cobra en la actualidad es la siguiente:

Estrato	Tamaño del Predio (Has.)	T A R I F A	
		Básica (Has)	Volumen (M3)
1	< = 1	17.388	0.82
2	1.01 - 5.00	19.127	0.90
3	5.01 - 10.00	21.735	1.03
4	10.01 - 20.00	24.343	1.15
5	> = 20.01	27.821	1.31

4.4.- Infraestructura de Servicios

En general el proceso de comercialización que se desarrolla en el área del Sistema de Riego, es similar al que ocurre en todo el Ecuador; no existe la organización ni la infraestructura básica que permita desarrollar mecanismos dirigidos a eliminar la acción monopolizadora de los acopiadores y en especial de los intermediarios minoristas y mayoristas, quienes obtienen los mayores beneficios con el menor esfuerzo, en comparación de quienes en realidad producen y de los consumidores, que en definitiva son los directamente perjudicados.

Es común en los agricultores del área, la línea de conducta que adoptan para comercializar la producción, quienes luego de destinar parte de la misma para el autoconsumo de la familia y para semilla, para la próxima siembra, disponen del excedente de la producción para venderla directamente en los mercados de Ibarra y Pimampiro o entregarla a los acopiadores, que en época de cosecha frecuentan el área de Cuambo.

El 42% de los beneficiarios del Sistema reciben asistencia técnica, impartido por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, orientado al mejoramiento en la explotación de los cultivos de fréjol, maíz y tomate; entre otras, las tecnologías que se difunden tienen el propósito de inferir en la adopción de nuevas prácticas de cultivo, utilización de variedades mejoradas, uso de fertilizantes y plaguicidas, etc.

El crédito agrícola en la zona es muy limitado; el 78% de los beneficiarios no tiene acceso al crédito, debido principalmente a que la mayoría de los agricultores desconocen las posibilidades de este servicio y, a la dificultad de cumplir con los requisitos para solicitar el crédito.

5.- Identificación y Evaluación de los Impactos Ambientales del Riego de Ladera.

La identificación y evaluación de los impactos ambientales, en el Sistema de Riego Santiaguillo-Cuambo, se realizó utilizando la Metodología Provisional para la Evaluación y la Representación Cartográfica de la Desertización, original de la FAO, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Los criterios utilizados incluyen la evaluación de la degradación de la cubierta vegetal, la erosión hídrica, la erosión eólica y la salinización; los resultados se adjuntan y la determinación del peligro de desertización, concluye en que este peligro es "moderado", considerando el "estado", "velocidad" y "riesgo".

Entre los efectos ambientales que no se pueden evitar en las condiciones actuales, estarían la erosión eólica, especialmente en las horas del medio día y la disminución de la producción de biomasa, como consecuencia de la degradación de la cubierta vegetal.

La relación entre el uso de los recursos ambientales existentes y el mantenimiento de la productividad de los ecosistemas en una perspectiva futura, demuestra que las tareas de utilización de los recursos de agua y suelo por los beneficiarios, no contribuyen ni se orientan a los objetivos mencionados; entre otros, la utilización de cultivos de escarda, la generalización del riego por superficie, en terrenos muy arenosos y de pendiente pronunciada, la limitada incorporación de materia orgánica, en suelos altamente permeables,

con tasas de infiltración mayores a 4 cms. por hora, hacen prever que es necesaria la implantación de un programa de manejo y conservación, destinado a controlar el riesgo inherente de desertización a que están sometidos los suelos.

Con el propósito de confirmar los resultados obtenidos, en base a los criterios de evaluación, utilizando el modelo del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, se resolvió la fórmula $D = f(C, S, T, K)$, para cuantificar la erosión hídrica, (modificación de la USLE -Universal Soil Loos Equation- propuesta por Arnoldus) y, la erosión eólica (utilización de la ecuación empírica WEE -Wind Erosion Equation- las conclusiones fueron las siguientes:

- a.- En la evaluación de la erosión hídrica, el factor climático, está basado en el tipo de clima dominante, el mismo que corresponde a "Subtrópico cálido, moderadamente fresco, por efectos de la latitud y altitud"(Anexo 4, Código 15); la Longitud del Período de Crecimiento (LPC), se lo estima en 57 días/año (días en los cuales las precipitaciones son superiores a la mitad de la evaporación potencial: Enero 6, Febrero 9, Marzo 9, Abril 9, Octubre 8, Noviembre 8, Diciembre 8; Informe Agroclimático del Estudio de Factibilidad del Proyecto Santiaguillo-Cuambo); este factor $Ch = 5$ (Anexo 5, Código 5)
- b.- En el factor edáfico, la unidad de suelos identificada para la erosión hídrica y eólica, fue "Q:arenosoles" (Anexo 3, Cuadro 2, $Qf = 0.5$); de textura "media" (Anexo 3, Cuadro Nro.3, $St = 0.3$), fase "pedregosa" (Anexo Nro. 3, Cuadro 4, $Sp = 0.5$); $Sh = 0.5 \times 0.3 \times 0.5 = 0.08$.
- c.- El factor topográfico, para una pendiente media de 0 a 8%, es igual a 0.35 (Anexo Nro. 3, Cuadro 5, $T=0.35$).

$$\text{Erosión Hídrica} = Ch (5) Sh (0.08) Th (0.35) = 0.14$$

Para la evaluación del factor climático de la erosión eólica, se utilizó la fórmula modificada del índice eólico de Chepil y Woodruff, (1.963).

$$C = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{12} V^3 \left(\frac{PET-P}{PET} \right)_n$$

donde :

- C= erosividad del viento
- V= velocidad media mensual del viento a 2 m de altura
- P= precipitación potencial (mm por mes)
- PET= evapotransporación potencial (mm por mes)
- n= número de días en el mes
- $\frac{(PET-P)}{PET} =$ numero de días en que hay erosión por mes

$$C = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{12} 5^3 \frac{(74.75-38.08)}{74.75} 6.33 = 3.88$$

La clasificación del suelo, para la erosión eólica potencial, correspondió a la condición de "calcárea gruesa" (Anexo 3, Cuadro 7. St (eólica) = 3.5

$$\text{Erosión Eólica} = Ce (3.88) Se (3.5) = 13.58$$

$$\text{Pérdida de Suelo} = 13.58 \text{ Toneladas por año}$$

$$\text{Pérdida de suelo Total} = \text{Erosión Hidrica} + \text{Erosión Eólica}$$

$$= 0.14 + 13.58 = 13.72$$

C L A S E : " M O D E R A D A "

6.- Propuesta para la mitigación de los impactos ambientales en el riego de ladera.

Es necesario poner énfasis en los siguientes aspectos, en forma prioritaria:

- a.- Realizar la investigación sobre eficiencias de riego a nivel parcelario (láminas de agua entregadas), con el propósito de diagnosticar la importancia y magnitud del problema y proponer los correctivos técnicos necesarios para optimizar el servicio.
- b.- Formulación de un Plan de Manejo y Conservación del Sistema de Riego, que incluya prácticas agronómicas y mecánicas de conservación (cultivos en contorno y fajas, formación de barreras vivas, rotación de cultivos, acequias de ladera, terrazas de bancaleo, protección de cárcavas, mediante la construcción de canales de desviación de torrentes y siembra de especies vegetales que protejan el suelo de la erosión).
- c.- Elaboración de un Programa de Mejoramiento Parcelario del Riego que para cada cultivo incluirá: el método altamente tecnificado y económicamente sustentable; afinamiento del método de riego (surcos, melgas, presurizado) y determinación de gastos de aplicación total, parcial y total, como su periodicidad; supervisión intensiva destinado a garantizar el desarrollo del programa elaborado.

Con respecto al usuario, asesoramiento en las técnicas modernas de la relación agua-suelo-planta e instalación de parcelas para demostrar métodos de riego por aspersión, goteo, gravedad (longitud de surco, dosis no erosiva), peligros de salinidad y sodicidad.

- d).- Las tareas de capacitación a los usuarios constituyen la piedra angular del proceso de transformación del Sistema de Riego, orientado a su autogestión; proveer capacitación en riego parcelario y ejecutar un programa destinado a minimizar los efectos erosivos y de contaminación en el riego de ladera, demanda una formación especializada, que supone integrar personal idóneo, responsabilizando la gerencia del riego a un técnico, para que su gestión, que es distinta a administrarla, no esté orientada a preservar el "status quo", sino a legitimar el compromiso de transformar el mismo. (Svendcen, 1.988).

Este proceso de transformación solo podrá ejecutarse con la participación permanente

de los beneficiarios, la misma que en la actualidad es limitada y que requiere incentivarse, para que asuma el rol que le corresponde en el manejo y conservación del agua de riego y de sus áreas aprovechadas.

e.- El Plan de Capacitación a los Usuarios deberá incluir fundamentalmente lo siguiente:

- 1.- Consolidar a la organización campesina, mediante la legitimación de su estructura legal, acorde a los objetivos y a las necesidades de sus miembros; no es real esperar que los agricultores intervengan en las actividades, a menos que ellos tengan seguridad de que su participación les beneficiará (Lázaro, 1.979).
- 2.- Adicionalmente a lo expresado, en la "propuesta para la mitigación de los impactos ambientales del riego de ladera", es necesario coordinar un esfuerzo con el Ministerio de Agricultura, destinado a garantizar su participación, en la solución de los problemas fitosanitarios, de fertilización, utilización de semilla mejorada, comercialización y mercadeo; esta participación orientará un sólido y permanente proceso de capacitación, cuyo resultado será el mejoramiento de la productividad y la sostenibilidad del Sistema de Riego.
- 3.- La capacitación de ninguna manera debe ser puntual, ésta será sistemática, organizada por un grupo interdisciplinario, cuyos horarios y duración deberá ser discutido y aprobado previamente por los usuarios.

Con el propósito de establecer las pérdidas de suelo y agua, en forma práctica, se ha efectuado la instalación de un experimento, en una parcela localizada en la zona de ladera del Sistema Santiaguillo-Cuambo; los procedimientos de instalación y conducción han sido tomados del Manual elaborado por la FAO "Proyecto Regional GCP/RLA/107/JPN", original del Centro de Investigaciones para Pequeñas Propiedades de la Empresa de Investigación Agropecuaria y Difusión de Tecnología de Santa Catarina S.A. (EPAGRI).

La investigación que se realizará, permitirá medir el volumen de la escorrentía, la concentración de sedimentos, los sedimentos en suspensión, la humedad gravimétrica y, el cálculo de la pérdida de suelo y agua.

Los resultados de la investigación que se efectúa, se estima que podrán estar disponibles en forma preliminar a fines de 1.996 y permitirán en forma práctica, dimensionar la erosión, en las condiciones del riego de ladera en el Sistema.

Quito, Agosto de 1.996

BIBLIOGRAFIA

1. De Veiga Milton y do Prado Wildner Leandro, "Manual para la Instalación y Conducción de Experimentos de Pérdida de Suelos. Proyecto Regional GCP/RLA/107/JPN. FAO. 1.983.
2. FAO-UNESCO. Mapa Mundial de Suelos. París.1.976.
3. FAO. Metodología Provisional para la Evaluación y la Representación Cartográfica de la Desertización. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. M-90-ISBN 92-5301442-3.
4. FAO. La Erosión Eólica y Medidas para Combatirla en los Suelos Agrícolas. Colección FAO No. 6 Roma 1.961.
5. FAO La Erosión del Suelo por el Agua. Colección FAO No. 7. Roma 1.967.
6. Proyecto "Santiaguillo-Cuambo" Informe General. INERHI. Estudio de Factibilidad. 1984.
7. Proyecto "Santiaguillo-Cuambo" Diagnóstico Socio-Agro-Económico. INERHI. Estudio de Factibilidad. 1.991.
8. Proyecto "Santiaguillo-Cuambo" Desarrollo Económico. INERHI. Estudio de Factibilidad. 1.984.
9. Proyecto "Santiguillo-Cuambo" Estudio de Suelos. INERHI. Estudio de Factibilidad. 1.984.
10. Proyecto "Santiaguillo-Cuambo" Estudio de Suelos. INERHI. Estudio de Factibilidad. 1.984.
11. Saintraint, Dominique y Sloot Petrus Henricus. La erosión Potencial de los Suelos en Argentina, Bolivia, Brasil, Chile y Paraguay. Proyecto Regional GCP/RLA/107/JPN.

ANEXOS

1. Determinación del peligro de desertización en el Sistema de Riego Santiaguillo-Cuambo.
2. Criterios para evaluar la degradación de la cubierta vegetal, la erosión hídrica, erosión eólica y salinización (Cuadros Nrs. 1,2,3 y 4).
3. Parámetros para determinar la erosión potencial de los suelos: el factor clima Cn, por tipo de clima y LPC (Cuadro No. 1); Clasificación de la unidad de suelo, para la erosión hídrica y eólica (Cuadro No. 2); Clasificación de la textura del suelo, para erosión hídrica (Cuadro No.3); Clasificación de la fase del suelo, para erosión hídrica (Cuadro No.4); Clasificación de la topografía, para erosión hídrica (Cuadro No.5); el factor Ce por tipo de clima y LPC -códigos según estudio de zonificación agroecológica- (Cuadro No.6); Clasificación del suelo para la erosión eólica potencial (Cuadro No.7) y, Clasificación de la suma de la erosión hídrica y eólica potencial (Cuadro No.8).
4. Climas dominantes.
5. Clasificación de la Longitud del Período de Crecimiento (LPC).

ANEXO 1

DETERMINACION DEL PELIGRO DE DESERTIZACION EN EL
SISTEMA DE RIEGO SANTIAGUILLO-CUAMBO.

DETERMINACIÓN DEL PELIGRO DE DESERTIZACIÓN EN EL SISTEMA DE RIEGO SANTIAGUILLO-CUAMBO.

INDICES CLASES	SALINIDAD	EROSION EOLICA	EROSION HIDRICA	VEGETACION	TOTAL	MEDIA
ESTADO	3.93	3.7	4.2	5.16	16.99	4.25
VELOCIDAD	3.63	2.5	2.5	6.00	14.63	3.66
RIESGO	9.02	16.6	13.3	5.50	44.42	11.11

ESTADO : 4.25
 VELOCIDAD : 3.66
 RIESGO : 11.11
 PRESION GANADO : 4.08
 PRESION POBLACION : 4.09

 TOTAL : 27.19

MODIFICACION : $11.11 \times 1.5 = 16.67$
 INDICE : $(27.19 + 16.67 - 11.11) 32.75$
 PELIGRO DE DESERTIZACION "Moderado"

A N E X O 2

CRITERIOS PARA EVALUAR LA
DEGRADACION DE LA CUBIERTA
VEGETAL, LA EROSION HIDRICA,
EROSION EOLICA Y SALINIZACION

CRITERIOS PARA EVALUAR LA DEGRADACION
DE LA CUBIERTA VEGETAL

CUADRO Nº 1

ASPECTO DE LA DESERTIZACION	FACTOR DE EVALUACION	LIMITE DE CLASES		
		Ligera	Moderada	Muy Grav
Estado	1) Cubierta vegetal de plantas perennes (%)	>50	50 - 20	20 - 5
	2) Estado de los pastizales (%) de la región conveniente	>75	50 - 75	25 - 50
	3) Productividad actual, (%) de la productividad potencial	>85 - 100	65 - 85	25 - 65
Velocidad	1) Disminución (%) de la producción de biomasa/ha	<10	10 - 25	25 - 50
	2) Degradación del estado de los pastizales (%) anual	<2.5	2.5 - 5	5 - 7.5
	3) Cortas en la tierra arboladas (%) anual sin reemplazo	<2.5	2.5 - 5	5 - 7.5
	4) Disminución de la producción de forraje, % anual	<1.5	1.5 - 3.5	3.5 - 7.5
Riesgo inherente	1) Condiciones climáticas para la productividad biológica	>5	5 - 2.5	2.5 - 1
	2) Potencial de rehabilitación (anual)	<3	3 - 5	5 - 10

CRITERIOS PARA EVALUAR LA EROSION HIDRICA

CUADRO N° 2

ASPECTO DE LA DESERTIZACION	FACTOR DE EVALUACION	LIMITE DE CLASES			
		Ligera	Moderada	Grave	Muy Grave
Estado	1) Estado superficial (%)	Grava y Piedra	Piedras y cantos	Cantos rodados	Cantos rodados,
	2) Tipo de erosión	Laminar y en surcos. (Ligera a moderada)	Laminar y en surcos (Moderada a grave)	Laminar surcos y cárcavas (Graves)	Laminar, surcos y cárcavas hondas (Muy grave)
	3) Subsuelo al descubierto, % del área	< 10	10 - 25	25 - 50	> 50
	4) Areas de cárcavas, % del área total	< 10	10 - 25	25 - 50	> 50
	5) Espesor del suelo (cm) suelo sobre la capa de inhibición de las raíces, %	> 90	90 - 50	50 - 10	< 10
	a) Espesor original del suelo < 1 m	25	25 - 50	50 - 75	> 75
	b) Espesor original del suelo > 1 m	30	30 - 60	60 - 90	> 90
	7) Productividad actual, % de la productividad potencial	85 - 100	60 - 85	25 - 65	< 25
Velocidad	1) Aumento del área erosionada, % anual	< 1	1 - 2	2 - 5	> 5
	2) Pérdida de suelo, t/ha/año	< 2	2 - 3.5	3.5 - 5	> 5
	3) Disminución de la producción anual de biomas, % anual	< 1.5	1.5 - 3.5	3.5 - 7.5	> 7.5
	4) Deposition de sedimentos en embalses, cuencas de 500 km2 (m3/km2/año)	< 60	60 - 200	200 - 500	> 500
	Cuenca 500 km2	< 40	40 - 100	100 - 250	> 250
	5) Pérdida anual de almacenamiento (%)	< 0.2	0.4 - 0.4	0.4 - 1.0	> 1
Riego Inherente	1) Grado de la agresividad climática	< 0.03	0.03 - 0.06	0.07 - 0.10	> 0.10
	2) Grado de las condiciones edafó topográficas	< 1	1 - 2	2 - 3	> 3
	3) Grado de la pérdida potencial del suelo en t/ha/año	< 5	5 - 15	15 - 25	> 25

CRITERIOS PARA EVALUAR LA EROSION EOLICA

CUADRO N° 3

ASPECTO DE LA DESERTIZACION	FACTOR DE EVALUACION	LIMITE DE CLASES			
		Ligera	Moderada	Grave	Muy Grave
Estado	1) Area superficial cubierta de montículos, % del área	< 5	5 - 15	15 - 30	> 30
	2) Pérdida de espesor del suelo sobre la capa de inhibición de las raíces, %				
	a) Espesor del suelo suelo < 1 m	< 25	25 - 50	50 - 75	> 75
	b) Espesor original del suelo > 1 m	< 30	30 - 60	60 - 90	> 90
	3) Productividad actual, % de la productividad potencial	80 - 100	65 - 85	25 - 65	< 25
Velocidad	4) Espesor del suelo (cm)	> 90	90 - 50	50 - 10	< 10
	5) Grava superficial, % de la superficie cubierta	< 15	15 - 30	30 - 50	> 50
	1) Aumento del área erosionada, % anual	< 1	1 - 2	2 - 5	> 5
	2) Pérdida de suelo, t/ha/año	< 2.0	1 - 3.5	3.5 - 5.0	> 5
	3) Disminución de la producción anual de biomasa, % anual	< 1.5	1.5 - 3.5	3.5 - 7.5	> 7.5
Riego Inherente	4) Cantidad de arena transportada al año sobre la línea de 1 m, m3	< 5	5 - 10	10 - 20	> 20
	1) Grupos de erosionabilidad por el viento (textura del suelo)	franca arcillo-arenosa	resto de las clases de textura	arenosa franca	arenosa
	2) Velocidad media anual del viento a 2 m de altura, m/seg	< 2	2 - 3.5	3.5 - 4.5	> 4.5
	3) Frecuencia de viento activo (v >= 6 m/seg) (en % del número total de días de viento al año)	< 5	5 - 20	20 - 30	> 33
	4) Grado de la remoción potencial de arena	< 5	5 - 15	15 - 25	> 25

CRITERIOS PARA EVALUAR LA SALINIZACION

CUADRO Nº 4

ASPECTO DE LA DESERTIZACION	FACTOR DE EVALUACION	LIMITE DE CLASES			
		Ligera	Modera	Grava	Muy Grave
Estado	1) Indicaciones morfológicas	No hay sales	Muchas sales	Muchas y mal-das de sal	El terreno está salinizado, muchas sales de sal en pedregales, de arenas o pedregales
	2) Ece x 1000, nivel máximo en toda capa de 15 cm dentro de 75 cm desde la superficie del suelo	< 4	4 - 8	8 - 16	> 16
	3) ESP, nivel máximo en toda capa de 15 cm dentro de 75 cm desde la superficie del suelo	< 5	5 - 20	20 - 45	> 45
	4) Rendimientos de los cultivos, % de la productividad potencial	85 - 100	65 - 85	25 - 65	> 25
	5) Area superficial afectada adversamente, % del área delimitada	< 5	5 - 20	20 - 50	> 50
	6) Boro, partes por millón en extracto de saturación del suelo	< 0.25	0.25 - 0.05	0.50 - 1	> 1
	7) Mineralización del agua EC x 1000 g/l	< 4 < 2.5	4 - 8 2.5 - 5	8 - 16 5 - 10	> 16 > 10
Velocidad	1) Aumento del área afectada por la sal, % anual	< 1	1 - 2	2 - 5	> 5
	2) Aumento de la Ece x 1000 en toda capa de 15 cm dentro de 75 cm desde la superficie del suelo, al año	< 0.4	0.4 - 0.8	0.8 - 1.6	> 1.6
	3) Aumento del ESP en toda capa de 15 cm dentro de 75 cm desde la superficie del suelo, al año	< 0.5	0.5 - 2	2 - 4.5	> 4.5
	4) Aumento del boro en el extracto de saturación del suelo, partes por millón, por año	< 0.025	0.025 - 0.05	0.05 - 0.1	> 0.1
	5) Disminución del rendimiento de los cultivos, % anual	< 1.5	1.5 - 7.5	7.5 - 7.5	> 7.5
Riego Inherente	1) Profundidad media hasta la capa freática, cm	> 300	300 - 100	100 - 50	< 50
	2) Calidad del agua de riego				
	a) Contenido de sal g/l	< 0.5	0.5 - 1.5	1.5 - 3.0	> 3.0
	b) EC x 1000	< 2.5	2.5 - 7.5	7.5 - 15	> 15
	c) SAR	< 4	4 - 7	7 - 10	> 10
	d) RSC	< 1.25	1.25 - 2.5	2.5 - 4.0	> 4.0
	e) Boro, mg/l	< 0.75	0.75 - 1.5	1.5 - 3.0	> 3.0
	3) Fisiografía/formas del terreno	Llanos	Llanos	Depresiones vestigiales	Depresiones y vestigiales
	4) Drenaje general	Buena	Irregular	Mala	Muy mala
	5) Drenaje interno	No drenado	Lento	Muy lento	Muy lento
	6) Pírcelas de explotación del suelo y sistemas de drenaje	Buenas/espectaculares	Modestas	Malas	Muy malas
	7) Gradiente de saturación potencial del suelo	< 0.6	0.6 - 2.4	2.4 - 10	> 10

A N E X O 3

PARAMETROS PARA DETERMINAR LA
EROSION POTENCIAL DE LOS SUELOS

Cuadro 1 El factor Cn por tipo de clima y LPC.

Código Clima	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	19
Código LPC	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	19
1	3,000	3,000	3,000	3,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	600	600	800	800	1,000	3,000	1,000	1,000
2	2,000	2,000	2,000	2,000	800	800	800	800	800	800	535	535	700	700	800	2,000	800	800
3	850	1,200	1,750	1,750	500	500	500	500	500	500	445	445	500	500	500	1,200	500	500
4	800	1,000	1,500	1,500	400	400	400	400	400	400	365	365	350	350	400	1,000	400	400
5	800	1,000	1,200	1,200	300	300	300	300	300	300	300	300	275	275	300	1,000	300	300
6	800	1,000	1,000	1,000	225	225	225	225	225	225	225	225	200	200	225	1,000	225	225
7	600	750	800	800	175	175	175	175	175	175	175	175	150	150	175	750	175	175
8	400	600	600	600	125	125	125	125	125	125	125	125	100	100	125	600	125	125
9	300	400	300	300	90	90	90	90	90	90	90	90	75	75	90	400	90	90
10	200	300	100	100	60	60	60	60	60	60	60	60	50	50	60	300	60	60
11	150	100	50	50	30	30	30	30	30	30	30	30	25	25	30	100	30	30
12	100	50	10	10	5	5	5	5	5	5	5	5	10	10	5	50	5	5
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	100	50	10	10	5	5	5	5	5	5	5	5	10	10	5	50	5	5
16	150	100	50	50	30	30	30	30	30	30	30	30	25	25	30	100	30	30
17	400	300	100	100	60	60	60	60	60	60	60	60	50	50	60	300	60	60
18	500	400	300	300	90	90	90	90	90	90	90	90	75	75	90	400	90	90
19	600	600	600	600	125	125	125	125	125	125	125	125	100	100	125	600	125	125
20	700	750	800	800	175	175	175	175	175	175	175	175	150	150	175	750	175	175
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	350	500	450	450	108	108	108	108	108	108	108	108	88	88	108	500	108	108
31	1,425	1,600	1,875	1,875	650	650	650	650	650	650	490	490	600	600	650	1,600	650	650
32	225	250	175	175	60	60	60	60	60	60	60	60	50	50	60	250	60	60
33	700	875	900	900	200	200	200	200	200	200	200	200	175	175	200	875	200	200
34	725	975	1,275	1,275	338	338	338	338	338	338	310	310	325	325	338	975	338	338
35	825	1,100	1,625	1,625	450	450	450	450	450	450	405	405	425	425	450	1,100	450	450
37	275	200	75	75	45	45	45	45	45	45	45	45	38	38	45	200	45	45
44	2,500	2,500	2,500	2,500	900	900	900	900	900	900	568	568	750	750	900	2,500	900	900
84	3,000	3,000	3,000	3,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	1,000	1,000	1,000	1,000	2,000	3,000	2,000	2,000

Fuente: FAO 1979

Nota: Códigos climas dominantes y LPC: Anexos 1 y 2

Cuadro 2 Clasificación de la unidad del suelo para la erosión hídrica y eólica

Suelo	Su	Suelo	Su	Suelo	Su	Suelo	Su	Suelo	Su
Af	0,5	E	0,5	Kh	1,0	Pf	2,0	Vc	2,0
Ag	1,0	Fa	0,5	Kk	1,0	Pg	2,0	Vp	2,0
Ah	0,5	Fh	0,5	Kl	1,0	Ph	1,0	Wd	2,0
Ao	1,0	Fo	0,5	La	2,0	Pl	1,0	We	2,0
Ap	2,0	Fp	0,5	Lc	1,0	Po	2,0	Wh	1,0
Bc	1,0	Fr	0,5	Lf	0,5	Pp	2,0	Wm	1,0
Bd	1,0	Fx	0,5	Lg	1,0	Qa	0,5	Ws	2,0
Be	1,0	Gc	0,5	Lk	1,0	Qc	0,5	Wx	2,0
Bf	0,5	Gd	1,0	Lo	1,0	Qf	0,5	Xh	2,0
Bg	1,0	Ge	1,0	Lp	2,0	Ql	0,5	Xk	2,0
Bh	0,5	Gh	0,5	Lv	2,0	Rc	0,5	Xl	2,0
Bk	1,0	Gm	0,5	Ma	1,0	Rd	1,0	Xy	2,0
Bv	2,0	Gp	1,0	Mg	1,0	Re	1,0	Yh	2,0
Bx	2,0	Gx	2,0	Nd	0,5	Rx	2,0	Yk	2,0
Cg	0,5	Hc	0,5	Ne	0,5	Sg	2,0	Yl	2,0
Ch	0,5	Hg	0,5	Nh	0,5	Sm	1,0	Yy	2,0
Ck	0,5	Hh	0,5	Od	0,5	So	2,0	Yt	2,0
Cl	0,5	Hi	0,5	Oe	0,5	Th	0,5	Zg	1,0
Dd	2,0	I	0,5	Ox	0,5	Tm	0,5	Zm	0,5
De	2,0	Jc	0,5			To	1,0	Zo	1,0
Dg	2,0	Jd	1,0			Tv	1,0	Zt	2,0
		Je	1,0						
		Jt	2,0						

Fuente: FAO 1979

Cuadro 3 Clasificación de la textura del suelo para erosión hídrica.

Textura	St (hídrica)
gruesa	0,2
media	0,3
fin	0,1

Fuente: FAO 1979

Cuadro 4 Clasificación de la fase del suelo para erosión hídrica.

Fase	Sp
pedregosa	0,5
debris de roca	0,5
otras fases	1,0

Fuente: FAO 1979

Cuadro 5 Clasificación de la topografía para erosión hídrica

Topografía	T
0-8 %	0,35 (*)
8-30 %	3,50
> 30 %	11,00

(*) 0,15 para Gleysols, Fluvisols y subgrupos gléyicos.

Fuente: FAO 1979

Cuadro 6 El factor Ce por tipo de clima y LPC.
(códigos según el estudio Zonificación Agroecológica)

Código Clima	1-4, 16	5-15, 17, 19
Código LPC		
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	5	5
8	10	10
9	50	20
10	100	50
11	125	100
12	125	125
13	150	150
14	125	125
16	125	100
17	100	50
18	50	20
19	10	10
20	5	5
26	0	0
30	30	15
31	0	0
32	87.5	60
33	2.5	2.5
34	2.5	2.5
35	0	0
37	112.5	75
44	0	0
84	0	0

Fuente: FAO 1979

Cuadro 7 Clasificación del suelo para la erosión eólica potencial.

Condición	Textura	St (eólica)		
		gruesa	media	fina
no calcáreo		3,5	1,25	1,85
calcáreo		3,5	1,75	1,85
pedregosa		1,75	0,62 no calcáreo 0,87 calcáreo	0,92

Cuadro 8 Clasificación de la suma de la erosión hídrica y eólica potencial.

Clase	Pérdida de suelo	
	t/ha • año	mm/año
ligera	< 10	< 0,6
moderada	10-50	0,6-3,3
fuerte	50-200	3,3-13,3
excesiva	> 200	> 13,3

Fuente: FAO 1979

A N E X O 4

C L I M A S D O M I N A N T E S

ANEXO 4

CLIMAS DOMINANTES

CODIGO	DESCRIPCION DEL CLIMA
1	Trópicos Cálidos
3	Trópicos Frescos
4	Trópicos Fríos
7	Subtrópicos Cálidos, con precipitaciones en verano
9	Subtrópicos Frescos, con precipitaciones en verano
10	Subtrópicos Fríos, con precipitaciones en verano
11	Subtrópicos Frescos, con precipitaciones en invierno
12	Subtrópicos Fríos, con precipitaciones en invierno
13	Templada Fresca
14	Templada Fría
15	Subtrópicos Cálidos/moderadamente frescos con precipitaciones en verano, efecto de latitud y altitud
16	Trópicos Moderadamente Frescos
17	Subtrópicos moderadamente Frescos, con precipitaciones en verano
19	Subtrópicos Cálidos a Moderadamente Frescos

A N E X O 5

CLASIFICACION DE LA LONGITUD DEL
PERIODO DE CRECIMIENTO (LPC)

ANEXO 5

Clasificación de la Longitud del Período de Crecimiento (LPC).

Código	LPC (días/año)	Nota
1	365	normal
2	330-364	normal
3	300-328	normal
4	270-299	normal
5	240-269	normal
6	210-239	normal
7	180-209	normal
8	150-179	normal
9	120-149	normal
10	90-119	normal
11	75-89	normal
12	1-74	normal
13	0	cálido
14	1-74	intermedio
16	75-89	intermedio
17	90-119	intermedio
18	120-149	intermedio
19	150-179	intermedio
20	180-209	intermedio
26	0	frío
28	150-239	normal
30	120-179	normal
31	300-364	normal
32	75-149	normal
33	180-239	normal
34	180-329	normal
35	270-329	normal
37	75-119	intermedio
43	240-299	normal
44	300-365 +	normal
45	210-269	normal
46	150-209	normal
54	240-329	normal
84	365 +	normal

! normal: P > PET
intermedio: P > 1/2(PET)

Fuente: FAO 1979