



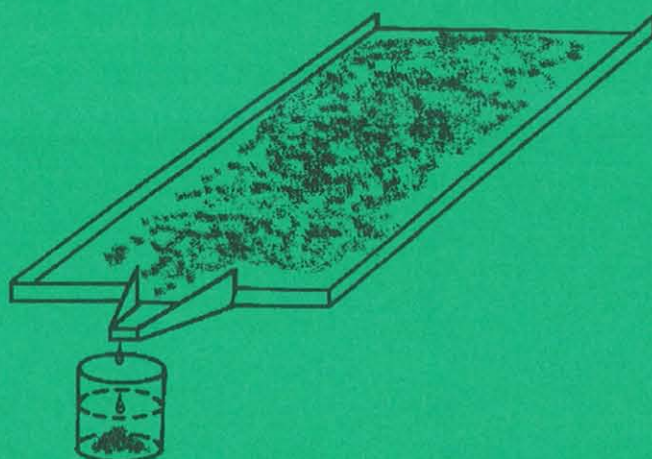
**SVERIGES  
LANTBRUKSUNIVERSITET**

BIBLIOTEKET  
SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET  
Institutionen för markvetenskap  
Försöksavd för hydroteknik  
750 07 UPPSALA 7

## **EROSIONSMÄTNINGAR I NICARAGUA**

**Torbjörn Kerje**



**Examensarbete**  
**Handledare: Ingrid Karlsson**

---

**Institutionen för markvetenskap**  
**Avdelningen för lantbrukets hydroteknik**

**Swedish University of Agricultural Sciences**  
**Department of Soil Sciences**  
**Division of Agricultural Hydrotechnics**

**Avdelningsmeddelande 92:2**  
**Communications**

**Uppsala 1992**  
ISSN 0282-6569  
ISRN SLU-HY-AVDM-92/2--SE

---

Denna serie meddelanden utges av Avdelningen för lantbrukets hydroteknik, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Serien innehåller sådana forsknings- och försöksredogörelser samt andra uppsatser som bedöms vara av i första hand internt intresse. Uppsatser lämpade för en mer allmän spridning publiceras bl a i avdelningens rapportserie. Tidigare nummer i meddelandeserien kan i mån av tillgång levereras från avdelningen.

This series of Communications is produced by the Division of Agricultural Hydrotechnics, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. The series consists of reports on research and field trials and of other articles considered to be of interest mainly within the department. Articles of more general interest are published in, for example, the department's Report series. Earlier issues in the Communications series can be obtained from the Division of Agricultural Hydrotechnics (subject to availability).

---

Distribution:

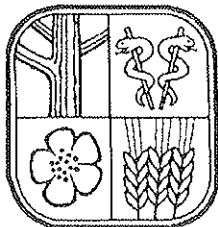
Sveriges Lantbruksuniversitet  
Institutionen för markvetenskap  
Avdelningen för lantbrukets hydroteknik  
Box 7014  
750 07 UPPSALA

Swedish University of Agricultural Sciences  
Department of Soil Sciences  
Division of Agricultural Hydrotechnics  
P.O. Box 7014  
S-750 07 UPPSALA, SWEDEN

Tel. 018-67 11 69, 67 11 81

Tel. +46-(18) 67 11 69, +46-(18) 67 11 81

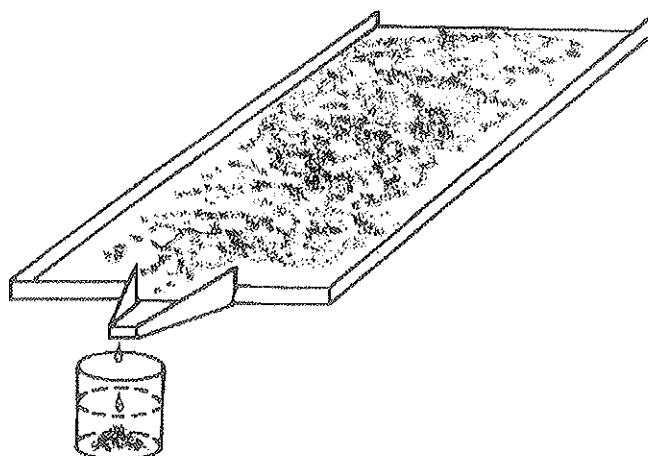
---



**SVERIGES  
LANTBRUKSUNIVERSITET**

## **EROSIONSMÄTNINGAR I NICARAGUA**

**Torbjörn Kerje**



**Examensarbete  
Handledare: Ingrid Karlsson**

---

**Institutionen för markvetenskap  
Avdelningen för lantbrukets hydroteknik**

**Swedish University of Agricultural Sciences  
Department of Soil Sciences  
Division of Agricultural Hydrotechnics**

**Avdelningsmeddelande 92:2  
Communications**

**Uppsala 1992**

ISSN 0282-6569

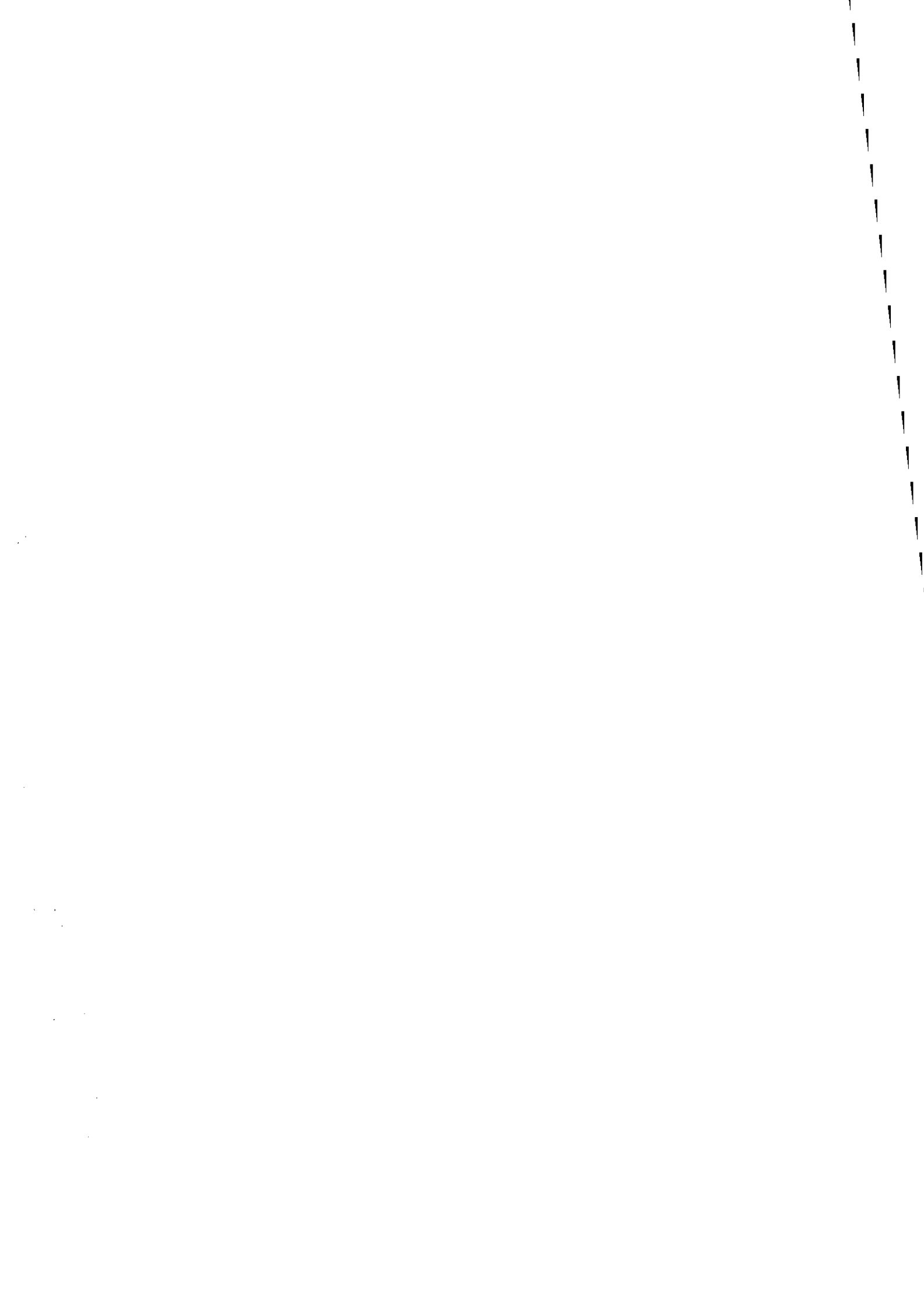
ISRN SLU-HY-AVDM--92/2--SE

---



## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

INLEDNING.....	5
ALLMÄN BESKRIVNING AV NICARAGUA.....	5
Geografi.....	5
Klimat.....	6
JORDFÖRLUSTEKVATIONEN (USLE).....	8
Introduktion.....	8
Ursprungsekvationen.....	10
Faktorn R.....	11
Faktorn K.....	12
Faktorerna L och S.....	13
Faktorerna C och P.....	14
TIDIGARE OCH PÅGÅENDE JORDEROSIONSSTUDIER I NICARAGUA.....	15
MATERIAL OCH METODER.....	17
Metoder att mäta jordförluster.....	17
Beskrivning av försöksplatsen i Ticuantepe.....	19
Beskrivning av systemet med parceller.....	21
Nederbördsättning.....	23
RESULTAT.....	26
Bestämning av R.....	26
Bestämning av LS.....	27
Bestämning av K enligt observerade förluster.....	27
Bestämning av P.....	28
Bestämning av C.....	28
Totala jordförluster.....	28
DISKUSSION.....	29
SAMMANFATTNING.....	31
SUMMARY.....	31
SLUTORD.....	32
REFERENSER.....	32
BILAGA 1: RESULTAT FRÅN MÄTNINGARNA I UPPSAMLINGSTANKARNA I TICUANTEPE.....	34



## INLEDNING

I Nicaragua finansierar den svenska forskningsorganisationen SAREC ett forskningsprogram med Master of Science-utbildning inom det markvetenskapliga området. Som ett led i forskningsprogrammet har en försöksstation för att studera jorderosion byggts upp i Ticuantepe strax utanför Managua. Denna rapport är en beskrivning av försöksstationen samt klimatet och geografin i det aktuella området. Dessutom beskrivs jordförlustekvationen (The Universal Soil Loss Equation, USLE) och dess faktorer för att ge en bakgrund till försökets utformning. Vidare beskrivs material, metoder och resultat från första årets erosionsmätningar (1990). Resultaten visar att kunskap om erosionens storlek och variation är nödvändig för att kunna bekämpa erosionen på ett resurssnålt och effektivt sätt.

## ALLMÄN BESKRIVNING AV NICARAGUA

Denna kortfattade beskrivning är huvudsakligen baserad på Rapport No C1, SUWaR, 1991 utgiven av Internationella enheten, KTH.

### Geografi

Nicaragua som är beläget i mitten av Centralamerika, är det största landet av de centralamerikanska länderna och gränsar i väster mot Atlanten, i öster mot Stilla havet, i norr mot Honduras samt i sydost mot Costa Rica (se fig 1). Det är ungefär 350 km från kust till kust i mitten av landet. Landet består av många vulkaner och sjöar och dess nuvarande topografiska form och växtlighet är till stor del ett resultat av katalysm, immersioner och vulkanutbrott. Man kan dela in landet i 5 geografiska zoner: 1. Den moderna vulkaniska zonen, 2. Flodsvackan, 3. Stillahavsplatåerna, 4. De centrala regionernas berg och platåer och 5. De Segovianska slätterna.

### *Stillahavsregionen*

Den moderna vulkaniska zonen följer en linje från den Hondurenska gränsen i norr till Cosiguina Peninsula i väst ända ut till Ometepe-ön. Flera av vulkanerna är fortfarande aktiva och avger lava, aska eller vulkaniska gaser. De innefattar San Cristobal, Telica, Cerro Negro, Hoyo, Momotombo, Santiago och Concepcion. De två stora sjöarna i Nicaragua - Nicaraguasjön och Managuasjön - är belägna i den djupaste delen av en ovalformad dal som sträcker sig från Fonsecagolven i nordväst till utloppet av San Juanfloden i söder. Managuasjön ligger 39 m ö h och Nicaraguasjön 31 m ö h.

Praktiskt taget hela Stillahavsregionen har stora platåer som klassificeras

enligt deras ursprung; vulkaniskt, alluvial eller marint. Den alluviala platån nära Managua sträcker sig från Managua till Granada och består av vulkaniskt material som ursprungligen kommer från bergkedjan nära Managua och från närliggande platåer.

### *Nordvästra regionen*

Både bergen och platåerna i den centrala regionen är av vulkaniskt ursprung och är belägna mellan Cocofloden i gränsen till Honduras och San Juanfloden i gränsen till Costa Rica. Hela den centrala bergiga regionen ligger på en platå. De högsta topparna är Kilambé som mäter 1750 m och Pinos Blancos som är belägen 1745 m ö h.

### **Klimat**

Man kan urskilja två generella klimatzoner i Nicaragua: Stillahavs- och Atlantklimatet. Klimatet på västra sidan, dvs Stillahavssidan, klassificeras som tropisk savann och karakteriseras av en regntid på sex månader (maj till oktober), följt av en torrtid, normalt helt utan regn under den resterande delen av året. Den totala nederbörden varierar mellan 1000 och 2000 mm med ett minimum av 700 mm i ett begränsat område norr om Managuasjön. I juli och augusti faller det som regel mindre regn, en period som brukar kallas canicula.

**Tabell 1.** Månadsmedelnederbörden i mm för Managua och Sebaco (Ministry of Economy, 1974)

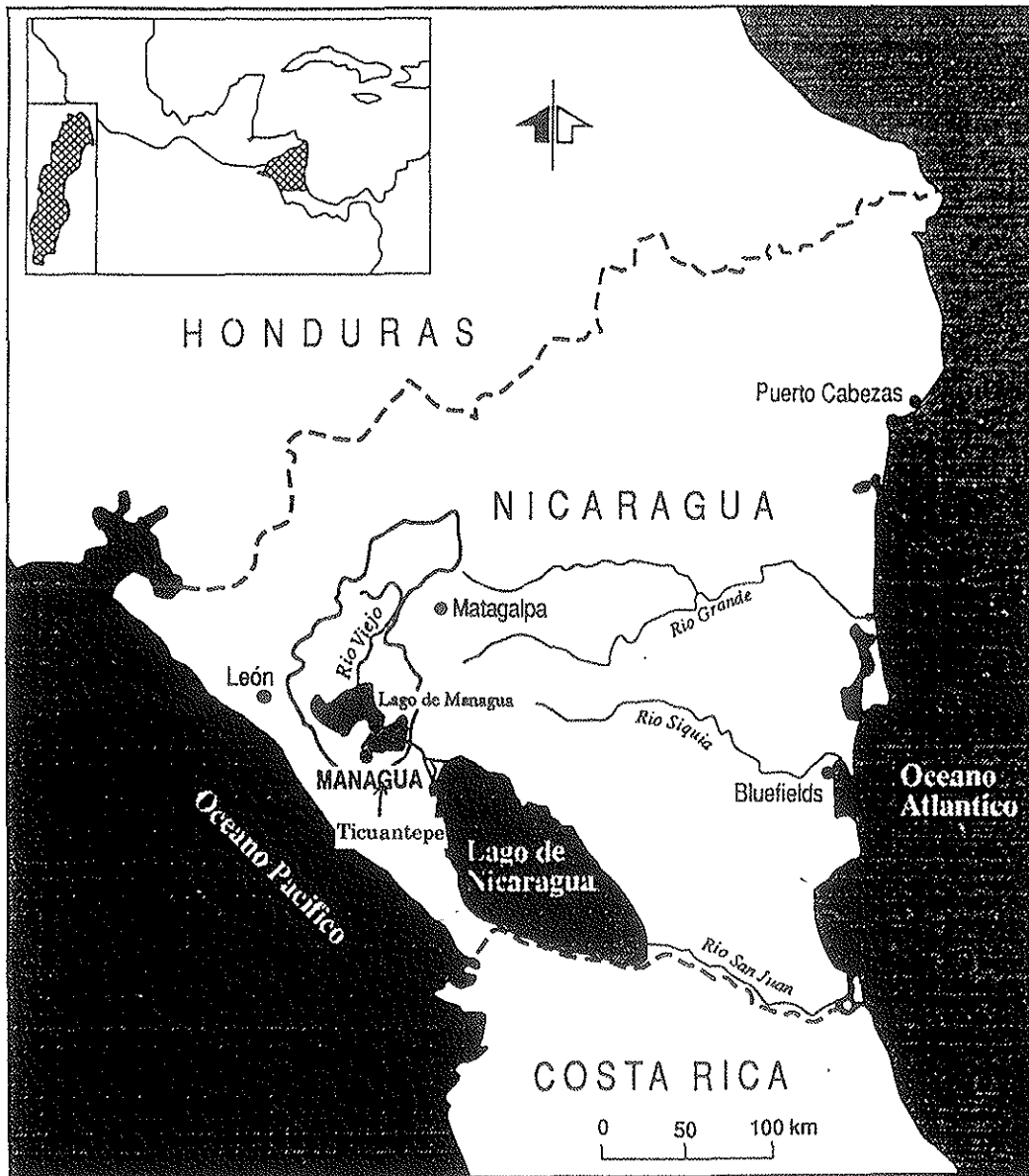
Månad	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Managua	1	0	0	0	90	225	120	95	211	260	45	5
Sebaco	4	1	0	0	110	190	60	45	150	180	30	1

Årsmedeltemperaturen för Nicaragua varierar inte mycket mellan år. I Managua ligger den på 27,3 °C och i Apanas nära Jinoteca (Centalplatån) på 18,7 °C. Månadsmedeltemperaturen varierar inte heller mycket under året. Den relativa luftfuktigheten är förhållandevis hög i hela landet och varierar marginellt under året. I Managua varierar den mellan 67,9 % i mars och 85,9 % i oktober. Klimatet karakteriseras också av starka vindar, främst under den torra perioden och då oftast från nordöst. Den potentiella evapotranspirationen når sitt maximum i mars och april i slutet av den torra perioden när den relativa fuktigheten är som lägst och vindstyrkan är hög.

**Tabell 2.** Medeltranspirationen per månad i mm (Ministry of Economy, 1974)

Månad	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Managua	179	194	254	250	220	139	158	168	140	127	134	153
Sebaco	211	229	290	299	254	169	191	204	167	166	151	194





**Figur 1.** Karta över Nicaragua med Nicaraguasjön och dess dräneringsområde (SUWaR, 1991).

### *Jord och vegetation*

Nicaragua är uppdelat i 5 fysiografiska provinser:

1. Stillehavskustprovinzen sträcker sig längs med hela kusten. Den består av två underprovinser med fertil och väl-dränerad jord; Nagrändanosplatåerna, Chinandega och León och Rivasplatåerna. I dessa subprovinser är bomull och majs de dominerande grödorna. De andra delarna av provinsen inklusive avvattningsområdet söder om Managuasjön, är inte lika bördiga som platåerna. Jorden består här av lera och topografin är kraftigt kuperad.

Denna del av provinsen används mest till uppfödning av betesdjur.

2. Den vulkaniska Stillahavskustprovinsen inkluderar alla vulkaner och vulkaniskt material längs med kusten. Området täcks främst av träd och har en starkt kuperad topografi. En del kaffe odlas nära Diriampabergen.

3. Den nicaraguanska låglandsprovinsen är belägen mellan den vulkaniska bergskedjan och det centrala höglandet. De två stora sjöarna med dess närliggande slätter tillhör också denna provins. Större delen av den här provinsen lämpar sig endast för vall och då bara om den bevattnas.

4. Den centrala höglandsprovinsen är relativt kraftigt kuperad med en lägre agrikulturell potential. Där finns dock mindre alluviala dalar på släta eller svagt kuperade marker av högt agrikulturellt värde; Sebaco, Estelí, Condega, Somoto och Jalapa. Stora arealer används till kaffeplantager eller till andra grödor i kombination med träda och vall.

5. Atlantkustprovinsen innefattar de atlantiska bergsslutningarna och slätterna nära havet. Båda ytorna har låg agrikulturell potential pga stark kupering och dålig dränering. Största delen är täckt av skog och mangrove-träsk men det finns uppodlade områden i några av floddalgångarna.

### *Land och vattenresurser*

Nicaragua är uppdelat i 3 huvudavvattningsområden, nämligen Stillahavsregionen, Sjöarna och Atlantregionen. I Stillahavsregionen är den huvudsakliga källan för vatten till bevattning Viejofloden. Vattnet i Managuasjön är mycket förorenat och ej lämpligt som bevattnings- eller hushållsvatten. Nicaraguasjön är en vattenresurs av bättre kvalitet. Inom Stillahavskustområdet i dalarna mellan bergen i Nicaraguasvackan hittar man de bästa jordarna och de största grundvattentillgångarna.

### *Vattenlagen i Nicaragua*

I Nicaragua finns ingen lag angående utnyttjande, bevarande eller underhåll av vattenresurserna. Endast några få artiklar i civilkoden berör vattenresursernas utnyttjande.

## **JORDFÖRLUSTEKVATIONEN (USLE)**

Följande publikationer har varit underlag för fakttainnehållet i detta avsnitt: Hudson, 1981; Jansson, 1982; Lal, 1988; Morgan, 1986; Rivas & Somarriba, 1991; Wischmeier & Smith, 1978.

## **Introduktion**

Olika odlingsmetoder kan ha mycket varierande effekt på jordförlusternas storlek och en numerär kalkylering av jordförlusterna vid en specifik od-

lingsteknik är en ovärderlig kunskap för såväl erosionsforskaren som bonden. Under många år har försök gjorts att kvantifiera erosionens storlek vid olika odlingsteknik så att man kan förutsäga mängden eroderad jord under specifikt givna förhållanden. I USA har detta blivit möjligt tack vare många års forskning vilken bl a resulterat i utvecklingen av jordförlustekvationen (The Universal Soil Loss Equation, USLE), utarbetad av Wischmeier & Smith, 1978).

Jorderosionen beror av många olika variabler. USLE-ekvationens syfte är att isolera varje variabel och ange effekten av densamma med ett värde, så att när alla variablerna multipliceras, erhålls mängden eroderad jord. Detta låter enkelt men svårigheten ligger i att överföra kvalitativa egenskaper av en variabel (t ex jord x är mer erosionsbenägen än jord y), vilket ofta lätt kan observeras, till kvantitativa egenskaper (t ex jord x förlorar 1,43 gånger mer jord än y), vilket bara kan konstateras efter det blivit uppmätt.

Ekvationen presenteras i formen:  $A=RKLSCP$  där (1)

**A** = kalkylerad eller uppmätt mängd eroderat material under ett år uttryckt i ton/ha,

**R** = en nederbördsfaktor som är medelvärdet av ett årligt index, ( $EI_{30}$ ), under minst de senaste 20 åren.  $EI_{30}$  är ett mått på den erosiva kraften av ett regn (den kinetiska energin multiplicerat med intensiteten under de intensivaste 30 minuterna), uttryckt i MJ/(ha·tim),

**K** = en jorderodibilitetsfaktor som är standarderosionen i ton/ha per enhet av erosiviteten R för en specifik jord av en uniform sluttning med 9 % lutning och med en längd av 22,1 m i en ständigt bar, längs konturerna plöjd trädesåker, uttryckt i ton/[(ha·år)·((MJ·mm)/(ha·tim))]

**L** = en längdfaktor av sluttningen som är förhållandet mellan jordförlusterna från en sluttning med en specifik längd jämfört med jordförlusterna från en sluttning med en standardlängd av 22,1 m. Båda sluttningarna med identisk erosionsbenägenhet och lutning,

**S** = en lutningsfaktor av sluttningen, som är förhållandet mellan jordförlusterna från en sluttning med en specifik lutning och jordförlusterna från en sluttning med en standardlutning av 9 % under för övrigt specifika förhållanden,

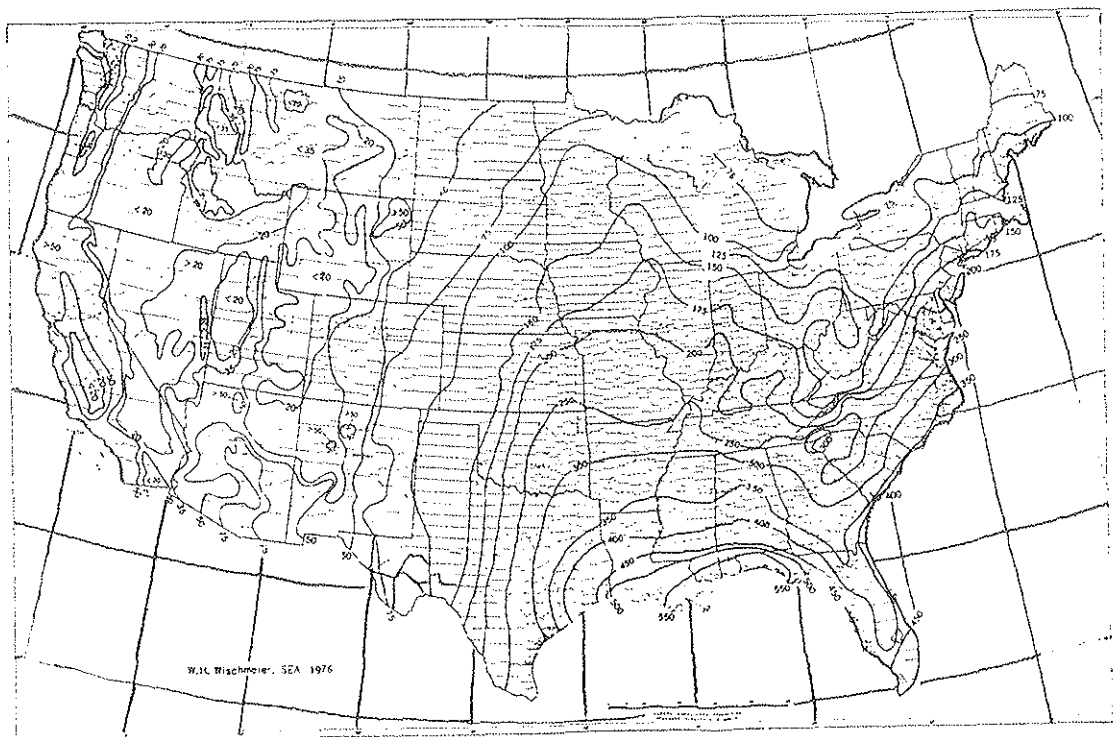
**C** = en vegetation och skötsselfaktor som är förhållandet mellan jordförlusterna från en area med en specifik marktäckning och behandling jämfört med en identisk area plöjd längs med sluttningen och med ständigt bar träda,

**P** = en erosionsåtgärdsfaktor, som är förhållandet mellan jordförlusterna från en area med någon specifik erosionsåtgärd såsom konturplöjning, band-

odling (stripcropping) eller terrassodling, jämfört med jordförlusterna från en identisk area med plogfårorna längs med sluttningen.

I en given situation är värdet av varje faktor i ekvationen fixerad, dvs man har ett fält av en särskild jordtyp med känd längd och lutning och med en särskild gröda. För varje av dessa variabler uppskattas ett rimligt värde så att när alla variabler multipliceras erhålls värdet av jordförlusterna. Med andra ord, man känner alla termer till höger i ekvationen så att man kan beräkna A. Man kan också förutsäga hur mycket jordförlusterna kommer att förändras om man ändrar värdet för någon av variablerna.

Värdet av nederbördsfaktorn R, dvs erosiviteten hos regnet, fås genom att beräkna  $EI_{30}$  (erosivitetsindexet) från nederbördsdata (se vidare "Faktorn R"). Detta index läggs sedan in på en karta där man kan läsa av värdet av R för den aktuella platsen. För att göra kartorna tydligare divideras de årliga nederbördsvärdena med 100 och plottas sedan som isoerodenter på kartan. Sådana kartor har utarbetats för bl a USA men i Nicaragua saknas fortfarande nederbördsdata för att sådana skall kunna utformas (se figur 2).



**Figur 2.** Karta över medelårserosiviteten R i USA (Wischmeier & Smith, 1978).

### Ursprungsekvationen

Den ursprungliga ekvationen är  $A=R \cdot K$  och när A och R har definierats fastställer detta värdet på K. Värdet av K för en given jord är sådant att när det multipliceras med R är produkten lika med den årliga jordförlusten för den

aktuella jorden under specifika standardförhållanden. Dessa standardförhållanden är: en bar kontinuerlig sluttning som plöjts längs med sluttningen och har en längd av 22,1 m och en bredd av 4 m där lutningen är 9 %. Standardförhållandena kan verka godtyckliga, t ex varför just 22,1 m? Dessa längder uppkom beroende på att i USA var ett försöksfält med 1/100 acre lämpligt och så var också längden 22,1 m. Måtten är således historiska tillfälligheter och har ingen speciell signifikans.

## Faktorn R

Wischmeier & Smith utvecklade 1958 en relation mellan jordförluster och en nederbördsparameter. Den senare är en produkt ( $EI_{30}$ ) av den totala kinetiska energin ( $E$ ) av ett nederbördsstillfälle och intensiteten under de 30 intensivaste minuterna ( $I_{30}$ ). Termen  $I_{30}$  beräknas som den dubbla största mängden regn som faller under de 30 intensivaste minuterna per timme. Energin av ett regnväder beräknas genom följande energi-intensitetsekvation:

$$e = 0,1189 + 0,0873 \log I \quad (2)$$

där  $I$  = intensiteten i mm/tim och

$e$  =  $E$ /nederbördsmängden i mm.

Intensiteter över 75 mm/tim har ett värde av  $e = 0,283$ .

**Tabell 3.** Beräkning av  $EI_{30}$  för ett regn (exempel)

1	2	3	4	5
Tidsintervall (min)	Nederbörd (mm)	Intensitet (mm/tim)	$e = 0,1189 +$ $0,0873 \log I$	$E$ (2) · (4)
20	1	3	0,161	0,161
7	2	17	0,226	0,452
9	6	40	0,259	0,554
14	18	77	0,283	5,094
7	3	26	0,242	0,725
8	2	15	0,222	0,444
10	0	0	0	0
15	1	4	0,172	0,172
				<b>Summa: 8,603</b>

$$I_{30} = (18 + 6 + 3) / (14 + 9 + 7) \cdot 60 = (27/30) \cdot 60 = 54$$

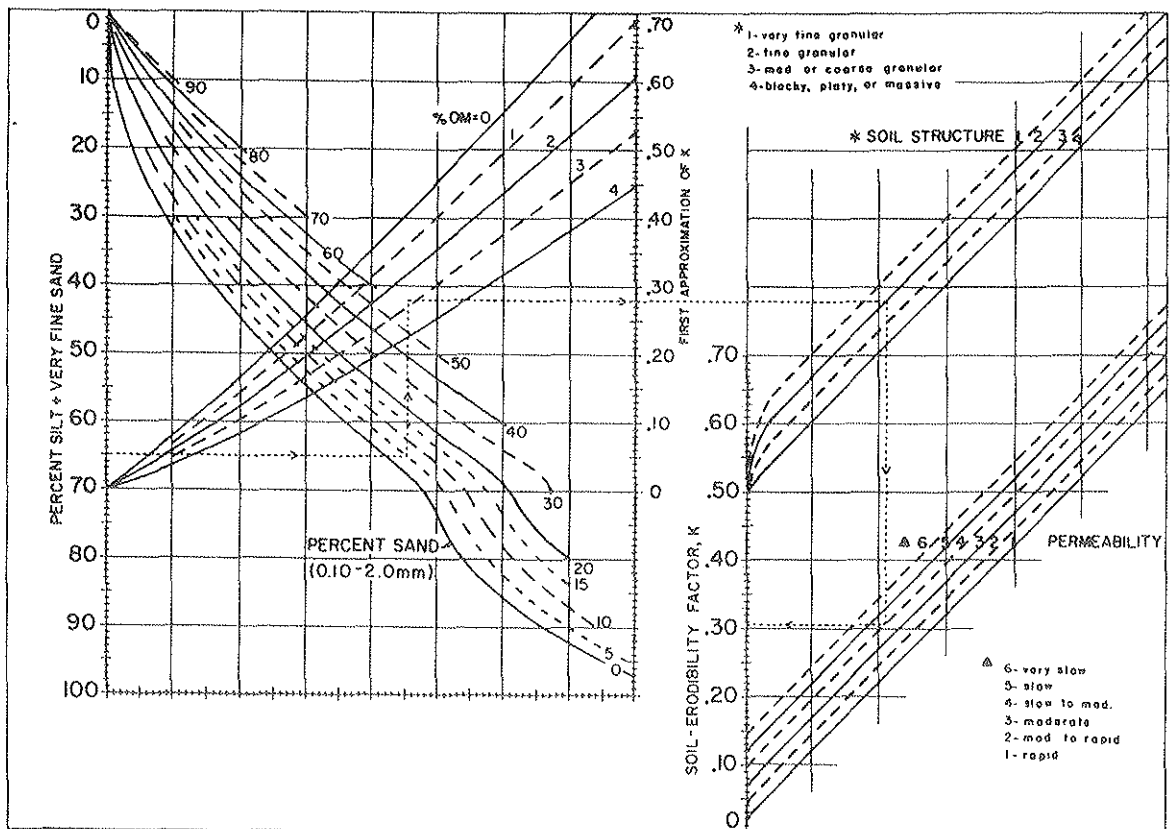
$$EI_{30} = 8,603 \text{ MJ/ha} \cdot 54 \text{ mm/tim} = 464,56 \text{ (MJ}\cdot\text{mm)/(ha}\cdot\text{tim)}$$

Summan av alla  $EI_{30}$ -index för alla nederbördsstillfällen under ett år ger ett

årligt index. Medeltalet för ett sådant index under minst 20 år används i jordförlustekvationen.

### Faktorn K

Jorderodibilitetsfaktorn (K) i USLE är jordförlusterna från en enhetsparcell. En enhetsparcell definieras som en 22,1 m lång sluttning med 9 % lutning och som är helt uniform (dvs utan ojämnheter). Den skall också vara kontinuerligt plöjd upp- och nedför sluttningen och hållas helt fri från vegetation (Wischmeier & Smith, 1978).



**Figur 3.** Nomogram för att bestämma värdet av K. Procedur: Med uppmätta data börjar man läsa av diagrammet från vänster och fortsätter till punkter som representerar % sand (0,10-2,0 mm) i jorden, % organiskt material, struktur och permeabilitet, i nämnd ordning. Interpolering sker mellan de plottade kurvorna. Den prickade linjen illustrerar proceduren för en jord med följande karakteristika: silt + mycket fin sand 65%, OM 2,8%, struktur 2 och permeabilitet 4. Resultat:  $K = 0,31$  [ton/(ha·år)]/[(MJ·cm)/(ha·tim)] (Wischmeier et al, 1971).

De två viktigaste jordegenskaperna som påverkar erosionen är infiltrationskapaciteten och strukturabiliteten, vilka är nära besläktade. Infiltrationskapaciteten beror mycket på strukturabiliteten, speciellt i de övre jordhorisonterna. Wischmeier et al (1971) studerade de viktigaste egenska-

perna hos en jord som påverkar erodibiliteten och utvecklade ett diagram som beskriver K-värdet i förhållande till vissa jordegenskaper (se fig 3).

Dessa jordegenskaper är:

- % silt + mycket fin sand (0,002 - 0.1 mm)
- % sand (0,1 - 2.0 mm)
- % organiskt material
- jordstruktur
- genomsläpplighet hos jorden

Jorderodibilitetsfaktorn varierar normalt från nästan 0 till omkring 0,06 [ton/(ha·år)]/[(MJ·mm)/(ha·tim)]. Den är låg för jordar med hög infiltrationskapacitet såsom väl-dränerade sandjordar eller tropiska lerjordar rika på järn- och aluminiumhydroxider. Jordar med medelhög infiltrationskapacitet och moderat struktur stabilitet har normalt ett K-värde mellan 0,02 och 0,03 medan de mera lättroderade jordarna med låga infiltrationshastigheter har K-värden på 0,03 eller högre. K-värdet i Ticuantepe ligger någonstans mellan 0,02 och 0,03 (D. Rivas, pers. medd., 1991).

### Faktorerna L och S

Faktorn L är längdfaktorn för sluttningen som är förhållandet mellan jordförlusterna från en sluttning med en specifik längd, jämfört med jordförlusterna från en sluttning med en standardlängd av 22,1 m, och med identisk erosionsbenägenhet och lutning.

Faktorn S är lutningsfaktorn av sluttningen som är förhållandet mellan jordförlusterna från en sluttning med en specifik lutning och jordförlusterna från en sluttning med en standardlutning av 9 %, under förutsättning att förhållandet är identiska. Sluttningsfaktorn LS används för att korrigera K-faktorn för sluttningar med andra lutningar än 9 % och 22,1 m längd. LS-faktorn för speciella kombinationer av lutningar och längder kan läsas direkt från sluttningseffekt-diagrammet (figur 4) eller beräknas genom att lösa följande ekvation:

$$LS = x^{0.5}(0,0076 + 0,0053s + 0,00076s^2) \quad (3)$$

där  $x$  = sluttningslängden i fot och  
 $s$  = sluttningens lutning i %

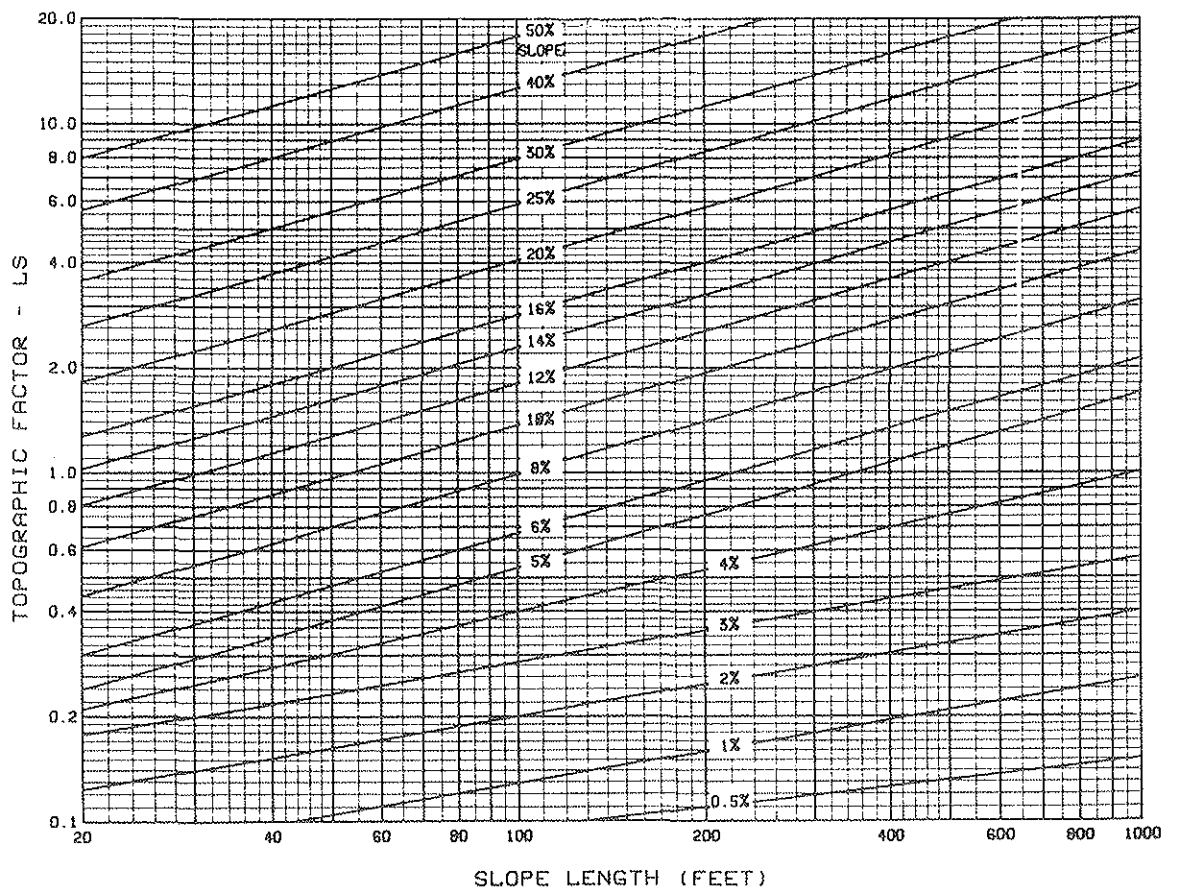
På liknande sätt kan faktorn för lutningen S och faktorn för sluttningslängden L beräknas separat genom att lösa följande ekvationer:

$$S = (0,065 + 0,045s + 0,0065s^2) \quad (4) \quad \text{och} \quad L = (x/22,13)^m \quad (5)$$

där  $s$  = sluttningens lutning i %  
 $x$  = sluttningslängden i m.

m har värdet: 0,2 när lutningen är  $\leq 1\%$   
 0,3 när lutningen är  $> 1\% \leq 3\%$   
 0,4 när lutningen är  $> 3\% \leq 5\%$   
 0,5 när lutningen är  $> 5\% \leq 10\%$   
 0,6 när lutningen är  $> 10\% \leq 50\%$

Ekvationerna antar uniforma sluttningar och kan inte appliceras på oregelbundna sluttningar såsom konkava, konvexa eller komplexa sluttningar. Dessa ekvationer och diagrammet i figur 4 kan tillämpas på sluttningar med 2-50 % lutning.



Figur 4. Sluttningseffektdiagram (topografisk faktor, LS). (Wischmeier & Smith, 1978).

### Faktorerna C och P

Två USLE-faktorer relaterar direkt till vegetation och odlingsteknik, nämligen faktorn C och P. Den vegetativa marktäckningsfaktorn C är kvoten av jordförluster från en yta med specifik vegetation, jämfört med jordförlusterna från en identisk yta helt utan marktäckning. Erosionsåtgärdsfaktorn P är kvoten mellan jordförlusterna från en yta med någon erosionsåtgärdande teknik, såsom konturplöjning, bandodling eller terrassodling, jämfört med förlusterna från en identisk yta utan erosionsåtgärder.



Kortfattat uttryckt så kan C-värden för en speciell plats beräknas från jordförlustkvoter som representerar sex utvecklingsstadier (nyplöjt, såbädd, uppkomst, utveckling, mogen skörd och växtrester/stubb) och även tre nivåer av den vegetativa marktäckningsgraden under mognadsstadiet. Andra variabler inkluderar typ av gröda, speciell rotation av grödor, stadium i växtföljden, plöjningsmetod, plöjningsriktning, vintertäckande gröda, torrsvikt av växtrester på våren, effekt av kvarliggande växtrester samt procent av jordytan som är täckt av organiskt material efter sådden. En del grödor kräver flera variabler och detaljer för att kalkylera C-värden. Majs har t ex åtminstone 60 olika C-värden i USA beroende på sort och hur de odlas.

**Tabell 4.** Några C-värden för olika grödor och växtslag i Afrika (Roose, 1977)

Vegetation	C-faktor, medelårsvärde
Bar jord	1,0
Tät skog med kraftig förna	0,001
Savann eller betesmark, utan kreatur	0,01
Marktäckande grödor, sen sådd, långsam utv. första året	0,3-0,8
andra året	0,1
Marktäckande grödor, snabb utveckling	0,1
Majs, sorgum	0,3-0,9
Ris (intensiv kultur)	0,1-0,2
Bomull, tobak	0,5
Jordnötter, sojaböner	0,4-0,8
Yucca (första året)	0,2-0,8
Kaffe, cocos, med marktäckande grödor	0,1-0,3

## TIDIGARE OCH PÅGÅENDE JORDEROSIONSSTUDIER I NICARAGUA

Stillahavsregionen i Nicaragua befinner sig i en zon där medelårsnederbörden ligger på cirka 1000 mm. Intensiteten på regnen kan vara mycket hög. Regnintensiteten och styrkan på regnen påminner mycket om de tropiska regnen. Detta påverkar nedbrytningsprocesserna i marken och speciellt då erosionsprocessen. Erosion är ett problem av nationell karaktär som har tagit stora proportioner i vissa utsatta zoner, t ex i bomullsodlingar i León. 1979 bildades IRENA (Instituto Nicaraguense de Recursos Naturales y del Ambiente) som är en organisation motsvarande det svenska Naturvårdsverket. Mycket av verksamheten koncentreras till att skydda miljön runt Managua. Undersökningar pågår också för att utreda erosionsproblemen i Nicaragua. Några av försöksmetoderna som har använts är parceller för att mäta jord-

förluster med olika grödor i León och regnsimuleringsförsök i avrinningsområdet till Managuasjön (ORSTOM, 1990).

Vid försöksstationen i Ticuantepe vill man närmare undersöka de faktorer som påverkar jorderosionen (regnintensitet, jordart, marktäckningsgrad och odlingstekniska åtgärder) för att så småningom kunna kontrollera den. Stationen har byggts upp som ett led i ett M. Sci.-program finansierat av den svenska forskningsorganisationen SAREC. Jordförlusterna i Ticuantepe har uppmätts från naturliga förhållanden dvs genom att använda jordförlustbänkar (parceller). En sådan här typ av undersökning kräver åtminstone 10 års insamling av data med regnintensitetsutrustning, laboratorieanalys av jorden uppsamlad i tankarna till parcellerna m m. För utvärdering av mätningarna använder man sig av den allmänna erosionsformeln, dvs USLE, såsom beskrivits tidigare (se under rubriken Jordförlustekvationen (USLE)).

En annan enkel metod att bestämma jordförluster på kort tid har också använts i Ticuantepe. Metoden beskrivs närmare under rubriken "Markeringar för marknivåbestämning" på s 18. På försöksstationen vid Ticuantepe avser man att undersöka jordförluster där dessa två metoder använts, dvs parceller med uppsamlingstankar och järnpinnar i marken.

Domingo Rivas, forskare verksam vid Universidad Nacional Agraria (Inst. för mark- och vattenfrågor), har när det gäller erosionsstudierna i Ticuantepe ställt upp följande mål för försöks- och forskningsverksamheten:

1. Etablera ett infrastrukturellt system för att förhindra jord- och näringsförluster.
2. Mäta förlusterna av jord med hjälp av parceller med olika grödor.
3. Inleda insamlingen av data och information av jordförluster och nederbörd i Ticuantepe.
4. Jämföra jordförlusterna beräknade med USLE med de observerade verkliga förlusterna.
5. Utvärdera inflytandet av faktorer som bruknings sätt och marktäckningsgrad.
6. Bestämma K-värdet, dvs erosionsbenägenheten, för den typ av jord som finns i Ticuantepe.

*Specifika mål:*

1. Mäta jordförlusterna under etableringsperioden (1990-1991) med dels metoden med parceller och dels med järnpinnar i jorden.
2. Jämföra jordförlusterna med USLE och de observerade förlusterna.
3. Bestämma effekten av brukningsmetoden och marktäckningsgraden av majs och ananas och hur de påverkar jordförlusterna.
4. Beräkna erosiviteten hos regnet (R) karakteristiskt för området i Ticuantepe.
5. Bestämma erosionsbenägenheten (K) för jordarten, dels med parceller, dels med regnsimulator och dels med nomogram för erosionsbenägenheten.

## MATERIAL OCH METODER

### Metoder att mäta jordförluster

Jorderosionsforskning måste baseras på experimentella resultat i någon form. Ofta används laboratorie- och fältförsök för att bedöma och utvärdera jord- och sedimentförluster. Laboratorie- och fältförsök fungerar endast som verktyg för att få fram data inom ett specifikt forskningsområde. Försöken måste utformas så att analyser för att testa hypoteser kan göras och för att erhålla kunskap eller teknik användbar för åtgärder mot erosion. Termen erosion används ofta som ett allmänt ord för nedbrytningen och omformningen av hela landskapet. I forskningssyfte är det dock lämpligt att specificera erosion till lösgöring eller avskiljning av jordpartiklar, för att på så sätt skilja erosion från deponering eller sedimentering och sedimenttransport. För små areor uttrycks ofta erosion som mängd jord eroderat per area- och tidsenhet (Lal, 1988).

#### *Avrinningsfält med uppsamlingstankar*

Denna försöksmetod består av areor stora nog för att representera den kompletta processen av yt- och rännilserosion. De är tillräckligt vida för att minimera kanteffekter och stora nog för att utveckla rännilserosion. (Lal, 1988. Parcellerna är 22,1 m långa och 4 m breda, detta enligt USLE standard för mätning av jordförluster. Standardlutningen för USLE är 9 %, men eftersom man inte kan hitta alla jordarter på sluttningar med 9 % lutning finns i USLE-ekvationen en faktor S för korrigerings av lutningen. Lutningen för försöksareorna i Ticuantepe är 15 % som tillsammans med längden 22,1 m ger ett värde på faktorn LS på 2,2. Ytans ojämnheter, täckningsgrad av växtrester, marktäckningsgrad, effekter av tidigare grödor, kan utvärderas genom användning specifika grödor och växtföljder. Man kan också beräkna jordförluster på andra lokaler genom en utvärdering av erosionsbenägenheten för den aktuella jordtypen tillsammans med en bestämning av regnersivitet. Längden på försöksarean har stor betydelse för erosionen. Det är uppenbart att längden inte bara påverkar de totala jordförlusterna utan även förlusterna per area-enhet. Förhållandet mellan erosion och längd kan beskrivas enligt formeln:

$$E=L^x \tag{6}$$

där E = erosionen per areaenhet,

L = längden på sluttningen,

x = en konstant med ett normalt värde runt 0,5.

x varierar dock för olika jordar, sluttningar och grödor så det är inte lätt att justera resultaten från en parcell till vad de skulle ha varit på ett annat försöksfält med en annan längd. Eftersom parcellerna i Ticuantepe har standardlängden 22,1 m krävs inga justeringar eller beräkningar av L utan den kan sättas = 1. För att förhindra att jord och/eller ytvatten passerar in eller ut ur parcellerna är det nödvändigt att inhägnade dem. Inhägnaden kan t ex vara gjord av asbestkanter såsom beskrivet tidigare. Ovanför den inhägnade

arean krävs särskilt skydd för att förhindra nedrinnande ytvatten att skada asbestskivorna. En mindre ränna har därför grävts ur samt en skyddande gräsbevuxen vall har lagts upp ovanför parcellerna tvärs emot lutningen

### *Markeringar för marknivåbestämning*

Om jordförlusterna är mycket stora eller när förlusterna är koncentrerade till små areor kan man mäta förlusterna genom att studera förändringar i marknivån. Ett enkelt sätt är att driva ner stora järnpinnar i marken. Markytan markeras på pinnen efter att den drivits ned. När erosionen för med sig jord från de översta matjordslagret sticker pinnarna upp mer ovanför marken och förändringarna kan mätas på pinnarna. Genom uppgifter om jordens partikeldensitet och skrymdensitet kan mängden eroderat material enkelt beräknas. På de två bara parcellerna i Ticuantepe har fyra rader mot lutningen med tre pinnar i varje rad drivits ned. Efter första årets regnperiod markerades markytan genom att vit färg målades på den del av pinnarna som stack upp ovan mark. En nackdel med pinnarna i Ticuantepe är att de är svåra att se och lätta att trampa på av misstag vid ogräsbekämpning o dyl.

### *Apparatur för regnsimulering*

En regnsimulator kan användas såväl i fält som i laboratoriet för bestämning av jord och vatten som eroderats bort beroende på jordens erosionskaraktäristika (Kamphorst, 1987). Vid användning av regnsimulatore i fält används små kanaler som är förbundna med den 625 cm<sup>2</sup> släta area som preparerats. Till kanalerna förbinds ett uppsamlingskärl för att samla upp vatten och jordpartiklar som eroderas bort. När jord/vattenproverna samlats upp bestäms mängden eroderat material och sedan bestäms jordförlusterna som korresponderar med parametern A i jordförlustekvationen (USLE). Faktorerna R,L,S,C och P i USLE hålls konstanta i regnsimulatore, för att man skall kunna bestämma K-värdet för den aktuella jorden. Längdfaktorn L hålls konstant på 25 cm med en lutning (S) på 20 %. Eftersom faktorerna C och P är mycket svåra att bestämma på en liten area preparerar man en area utan gröda (dvs C=1) och utan någon erosionsbevarande teknik (dvs P=1). Faktorn K eller erodibiliteten för jorden är specifik för varje jordtyp. Faktorn K speglar varje jords förmåga att erodera när alla övriga faktorer i USLE-ekvationen hålls konstanta. Mängden vatten som skall appliceras bestäms på följande sätt:

$$W_{\max} = (CC - H_p) XMAH \cdot \text{area}, \quad (7)$$

$W_{\max}$  = volymen vatten som skall appliceras i cm<sup>3</sup>,

CC = jordens fältkapacitet,

$H_p$  = den aktuella markfuktigheten.

X = jordens aktuella skrymdensitet,

MAH = den aktiva ackumuleringen av ytvattnet i cm,

För att beräkna faktorn K enligt USLE när man väl bestämt A, används ekvation (8):

$$K = A/(RKLSCP) \quad (8)$$

där C och P har ett värde = 1 och R, L, och S kan beräknas. Ekvationen kan därför reduceras till:

$$K = A/(RLS) \quad (9)$$

På detta sätt kan K beräknas enligt USLE-ekvationen och med hjälp av regnsimulatoren.

### *Ett enkelt sätt att bestämma den vegetativa marktäckningsgraden*

Ett enkelt sätt att bestämma den vegetativa marktäckningsgraden är att slumpa ut ett bestämt antal punkter och räkna antalet punkter som är täckta av vegetationen. Man kan t ex borra små hål i en smal trästång eller linjal med jämna mellanrum och placera densamma ovanför grödan för att sedan betrakta marken ovanifrån och räkna antalet hål där ett blad eller någon annan del av växten skymmer marken. Om grödan är hög kan det vara lämpligare att lägga en smal trästång på marken när solen står rakt ovanför grödan. Istället för hål märker man ut punkter på pinnen med jämna mellanrum. Varje punkt på träpinnen som är beskuggad av vegetationen räknas och marktäckningsgraden beräknas genom att dividera det observerade antalet beskuggade punkter med det totala antalet punkter. En nackdel med den sistnämnda metoden är att det är svårt att få pinnen slumpvis utlagd pga att grödan i viss mån förhindrar detta. Ett annat problem som kan uppstå är vid blåsigt väder då grödan rör sig kraftigt och svårigheter uppstår vid avläsning. Används en pinne med 10 hål och 100 flyttningar ovanför grödan ger detta en felmarginal på  $\pm 2\%$  medan 30 flyttningar ger  $\pm 5\%$  (D. Rivas, pers. medd., 1990).

### **Beskrivning av försöksplatsen i Ticuantepe**

Försöksfältet är beläget i ett kooperativ (Cooperativa Bernardo Diaz) någon kilometer nordöst om Ticuantepe. Den utvalda terrängen representerar en helt jämnt lutande söderslutning med en längd av 45 m. Matjordslagret varierar mellan 50 och 80 cm och har ett hårt ytskikt, lokalt kallat "talpetate". Den ursprungliga grödan har varit ananas. Kooperativet Bernardo Diaz Ochoa är beläget i Municipio de Ticuantepe (ung. Ticuantepe kommun) och tillhör Masaya-distriktet (departemento de Masaya) i IV regionen, 20 km sydöst om Managua.

## *Klimat och nederbörd*

Klimatet kan klassificeras som tropisk savann vilket är ett typiskt klimat för hela Stillahavsregionen. Ett sådant klimat karakteriseras av en 6 mån lång torrtid, följd av en regntid på 6 mån. Regntiden börjar i mitten av maj och varar tills början av november. November-december är den kyligaste perioden på året. Nederbörden varierar från ett minimum av 500 mm till ett maximum av 2000 mm per år. IRENA (1983) rapporterar en årsmedelnederbörd för Ticuantepe på 1350 mm. Den dominerande växtligheten är grästäppvegetation med inslag av enstaka trädgångar. I sept-okt regnar det som mest, 256 resp 250 mm i medeltal dvs totalt 40 % av den årliga nederbörden. Under regnperioden kan man urskilja två toppar, dels en i september-oktober, men även en mindre topp i juni. Under torrperioden från november till april regnar det mycket lite: endast 3 mm i februari och 3 mm i mars vilket motsvarar mindre än 1 % av den totala nederbörden. Vanligen regnar det som intensivast på kvällen och natten, ofta i kombination med åska.

## *Vind och avdunstning*

Medelhastigheten för vinden i Cuenca Sur (avvattningsområdet för Managuasjön) är 3,4 m/s med variationer från 2,4 m/s till 4,2 m/s. De högsta vindhastigheterna uppmäts i mars med 4,7 m/s och de lägsta hastigheterna i oktober med 2,0 m/s. Vindriktningen är vanligen östlig. Den genomsnittliga årliga potentiella evapotranspirationen är för Cuenca Sur 2461 mm (1963-80) och för Ticuantepe 2300 mm. Högsta månadsvärden finner man i april med 312 mm och minsta i oktober med 132 mm.

## *Temperatur, geologi och hydrologi*

Årsmedeltemperaturen ligger mellan 25 och 26 °C och platsen är belägen på mellan 400 och 600 m ö h. Försökstationen ligger sydväst om den nicaraguanska sänkan som består av jordarter av vulkaniskt ursprung. Jorden består litologiskt av lava och innehåller ofta ett hårt skikt en bit ner i matjorden som kallas talpetate. De hydrologiska naturliga förhållandena i Cuenca Sur har förändrats betydligt den sista tiden på grund av jordbrukets utbredning och urbaniseringen som gör att man måste hugga ned skogen. På grund av att många för jordbruket olämpliga jordar har tagits i bruk och använts på ett felaktigt sätt har detta resulterat i många hydrologiska problem. Skadorna som uppstår genom förorening av grund- och ytvatten blir värre för varje dag.

## *Erosion*

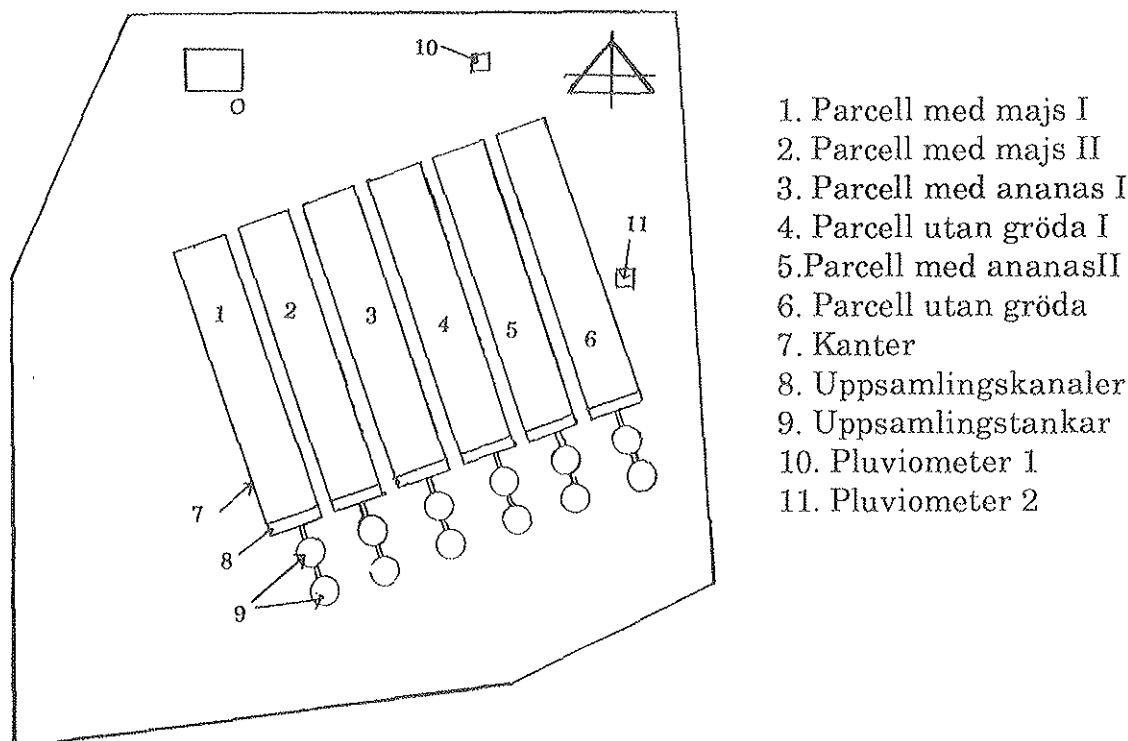
Jordarna i Stillahavsregionen är allmänt sett gynnsamma ifråga om nedbrytning och relativt motståndskraftiga mot erosion. Intensiteten och odlingsmetoderna är dock starkt avgörande för erosionens storlek.

## *Kooperativet Bernardo Diaz*

Kooperativet grundades 1979 och fungerade som ett företag ägt av byn fram till 1983. Före 1979 var markutnyttjandet uteslutande boskapsskötsel och odling av plátanos (en typ av bananer). Den totala arean är just nu 163 ha och kooperativet har 40 medlemmar. En traktor och en lastbil tillhör kooperativet. Grödorna består huvudsakligen av majs, bönor, plátanos och ris. Från och med 1990 delades kooperativet upp i lika stora bitar, en till varje medlem. Likaså har krediterna och arbetet delats upp till individuella bitar. De tekniska understödet från MAG (Ministerio de Agricultura y Ganaderia) är av minimal omfattning. De största problemen hos kooperativet är sjukdomar hos plátanos, felaktig användning av kemiska bekämpningsmedel och jorderosion.

### **Beskrivning av systemet med parceller**

Systemet består av sex avgränsade parceller med uppsamlingskanaler, förbindelserör och uppsamlingstankar (se fig 5).



**Figur 5.** Skiss av försökstationen i Ticuantepe.

### *Uppsamlingskanaler och uppsamlingstankar*

Uppsamlingskanalerna befinner sig längst ner på parcellerna vinkelrät mot lutningen och deras huvudsakliga uppgift är att samla upp regnvatten och jordpartiklar utan att det bildas färor i parcellerna. Uppsamlingsrören är belägna i mitten av uppsamlingskanalerna som är de lägsta punkterna på

parcellytorna. Uppsamlingskanalerna är tillverkade av galvaniserad zink med släta ytor. Deras mått är 4 m x 10 cm x 10-25 cm. Höjden varierar från 10 cm vid kanterna till 25 cm i mitten. Utloppen från uppsamlingskanalerna dvs förbindelseröret till första uppsamlingstanken har en diameter av 10 cm. För att underlätta ytvatten och jord att lämna uppsamlingskanalen har densamma en lutning på 7,5 % mot centrum och för att undvika att ytvatten gräver sig under konstruktionen är en metallplatta fästad och vikt nedåt i jorden till ett djup av ca 20 cm.

Systemet är uppbyggt av två lika stora tankar till varje parcell tillverkade av 10 mm tjocka asbestväggar och med en diameter av 1,08 m. Den första tanken är förbunden med parcellarean med ett PVC-rör med 10 cm i diameter. Inne i tanken på en höjd av 95 cm har installerats en serie av 17 rör av PVC, var och en med en diameter av 5 cm. Rörens uppgifter är dels att dränera tanken från överskottsvatten, dels att avleda en bestämd del av vattnet till en sekundärtank. Genom att analysera nederbördsdata från närliggande områden har man beräknat den maximala ytvattenavrinningen per sekund med formeln:

$$Q=0,028 \cdot C \cdot L \cdot A \quad (10)$$

där  $Q$  = den maximala ytvattenavrinningen ( $m^3/s$ ),  
 $C$  = ytvattenavrinningskoefficient,  
 $L$  = den maximala nederbörden under 24 tim för den senaste 10-årsperioden i cm och  
 $A$  = försöksfältets area (ha)

därefter valdes följande karakteristika för att få fram värdet på  $C$ :

textur: lätt sandjord  
 lutning: 15%  
 gröda: ananas

Från tabell fås (Rivas & Somarriba, 1991. Tabla de Factores de Escorriente. Sid. 24)  $C=0,52$ .

Försöksfältets area är  $88,4 m^2 = 0,00884 ha$ .

Värdet för den maximala nederbörden under 24 timmar för den senaste 10-årsperioden är: 140 mm.

Detta ger  $Q = 0,028 \cdot 0,52 \cdot 140 \cdot 0,00884 = 0,0018 m^3/s$ .

Beräkning av den maximala vattenvolymen som skulle behövas samlas upp i tanken: En area av  $88,4 m^2$  och en maximal nederbörd av 14 cm per dygn de senaste 10 åren ger en maximal volym av  $12,37 m^3$ . En sådan volym skulle kräva uppsamlingstankar av enorma dimensioner varför en sekundär tank kopplats till ett av de 17 dräneringsrören. Eftersom dräneringsrören ligger på samma höjd rinner exakt 1/17 av överskottsvattnet över i den andra tanken varför den ursprungliga ytavrinningen lätt kan beräknas.



### *Kanterna runt försöksfälten*

Försöksareorna är avgränsade av kantskivor av asbest (1,2 m långa, 40 cm breda och 10 mm grova). Kanterna är nedgrävda till ett djup av 20 cm och förstärkta med pålar varje halvmeter. Dessa kanter inhägnar tillsammans med uppsamlingskanalerna varje parcell. Ett dräneringsdike har också grävts ovanför försöksfältet för att förhindra tillrinning av ytvatten ovanifrån.

### *Försöksstationen*

Försöksstationen består av 6 parceller med måtten 22,1 m x 4 m. Lutningen för samtliga parceller är 15 % och jordarten en Durandept som är en Andept inom den stora gruppen Inceptisolier (USDA, 1985). Matjordsskiktet är ca 70 cm och partikelsammansättningen som domineras av mo och mjåla är bestämd av Sveriges Lantbruksuniversitet (se tabell 5). På två parceller odlas majs med raderna längs med lutningen (5 rader med 40-45 plantor i varje rad med ett radavstånd på 0,8 m och ett plantavstånd på ca 0,5 m). På ytterligare två försöksareor odlas ananas med raderna tvärs emot lutningen. Ananasraderna har planterats tre och tre med ett större radavstånd till nästa tre rader och så vidare. Radavstånden är 50 respektive 100 cm och plantavståndet ca 0,3 m. Totalt finns ca 390 ananasplantor per parcell. Majssorten är NB-6 och ananassorten Montelirio. Dessutom finns två parceller helt utan vegetation. Jorden är där behandlad på samma sätt som de övriga areorna med skillnaden att ingen gröda såtts eller planterats. Regelbunden ogräsbekämpning utföres mekaniskt. Kemisk bekämpning mot Lepidopteralarver har utförts vid ett par tillfällen med insektsmedlet *filitox*.

## **Nederbörds mätning**

### *Pluviograf 1*

Den ena pluviografen är av märket Hellman från Tyskland och registrerar mängden nederbörd per tidsenhet. Ett urverk placerad inuti en cylinder roterar densamma ett varv per vecka. Ett 40 cm långt och 10 cm brett diagram-papper är fästad runt cylindern. En markör markerar en linje kontinuerligt 5,5 cm per dag i horisontalled. Nederbörden registreras i horisontalled då markören stiger ett visst antal enheter per mm nederbörd. När markören når överkanten töms vattenbehållaren och markören återgår till 0-läge. Vid fortsatt nederbörd stiger markören på nytt och på så sätt kan i princip obegränsad mängd nederbörd mätas. Nackdelen med detta instrument är att noggrannheten för avläsning av nederbörd per tidsenhet blir otillräcklig. En mm motsvarar ca 2,3 tim varför det är svårt att få fram ett exakt  $I_{30}$ -värde.

**Tabell 5.**Jordens partikelsammansättning på försöksstationen i Ticuantepe (I. Karlsson, pers. medd., 1990)

Gröda	Djup cm	Viktprocent av fraktionerna, mm							
		<0,002	0,002- 0,006	0,006- 0,02	0,02- 0,06	0,06- 0,2	0,2 0,6	0,6-2	>2
majs I	0-20	9,8	8,5	12,4	15,2	29,2	11,9	5,1	7,8
majs I	20-40	8,7	9,4	12,7	15,0	28,6	12,2	5,6	7,9
majs II	0-20	12,3	8,6	12,1	14,2	25,2	11,6	7,1	8,8
majs II	20-40	7,6	9,7	12,9	17,0	25,7	12,0	7,6	7,4
ananas I	0-20	8,7	11,3	13,5	15,9	25,1	11,9	5,5	8,1
ananas I	20-40	8,3	9,2	13,2	15,9	26,9	12,4	6,2	7,9
ananas II	0-20	8,6	10,3	15,5	15,1	26,1	10,3	6,1	8,1
ananas II	20-40	8,5	8,9	12,3	17,6	24,5	12,1	7,6	7,6
bar I	0-20	11,5	9,1	13,8	15,2	24,6	11,8	5,7	8,3
bar I	20-40	7,4	10,2	12,8	16,8	26,6	11,9	6,7	7,6
bar II	0-20	9,3	10,6	13,1	15,6	23,6	11,0	8,3	8,5
bar II	20-40	8,3	10,6	13,2	17,8	24,8	11,1	6,4	7,9

### *Pluviograf 2*

Den andra pluviografen är också av märket Hellman och arbetar enligt ungefär samma principer. Skillnaden är att diagrampaperet är fäst på en rulle som roterar så att paperet rör sig över instrumentet istället för att hela instrumentet roterar. Noggrannheten blir högre då 2 cm på diagrampaperet motsvarar en timme, varför varje mm ger nederbörden per 3 min. Detta instrument ger alltså en 100 ggr bättre noggrannhet per tidsenhet jämfört med den enklare pluviografen. En rulle diagrampaper räcker också mycket längre, en vecka istället för ett dygn. Tyvärr är detta instrument mycket känsligt för hög luftfuktighet. Vid den relativa fuktigheten som råder i Ticuantepe under regnperioden (ca 80%) fuktas diagrampaperet och friktionen mellan paperet och metallen blir så stor att en säkerhetsmekanism slirar så att paperet ej rör sig alls eller också mycket oregelbundet. Lösningen på problemet är att använda sig av en sluten lufttät behållare där man placerar instrumentet tillsammans med ett lufttorkningsmedel.

### *Pluviograf 3*

Det tredje instrumentet som används för att mäta regnintensiteten är av märket Eijkelkamp från Nederländerna. Instrumentet är helt elektroniskt och består av fyra delkomponenter; I. En elektronisk nederbördsmätare typ OMC 200 med en mottagaryta av 400 cm<sup>2</sup> och som fungerar enligt tippmeto-

den (tipping bucket method) där varje 0,2 mm nederbörd registreras elektroniskt i ett datablock med kapaciteten 10 000 avläsningar. En elektronisk digitalklocka med display är också inbyggd. II. En "cartridge read-out interface" typ OMC-060 III. Mjukvara för cartridge read-out, OMC 061, MS DOS på floppy disc 5 1/4". IV. 2 st batterier 4,5 V typ IEC 3 LR12. Vid avläsning kopplas datablocket ur och ansluts sedan till en dator med MS-DOS program där alla aktuella data visas på skärmen eller skrivs ut på en skrivare.

### *Regnsimulator*

Regnsimulatoren används bl a för att bestämma värdet av K i USLE. K representerar erosionsbenägenheten för en specifik jord. Med regnsimulatoren mäts ytavrinningen och jordförlusterna genererat av en standardiserad dusch av regn på en area med standardiserad lutning och yta. Längden av det konstgjorda regnet, intensiteten och den kinetiska energin är sådan att i försöksresultaten erhålls hög känslighet för skillnader i egenskaper hos jorden. Tabell 6 visar standardvärden för simulatoren.

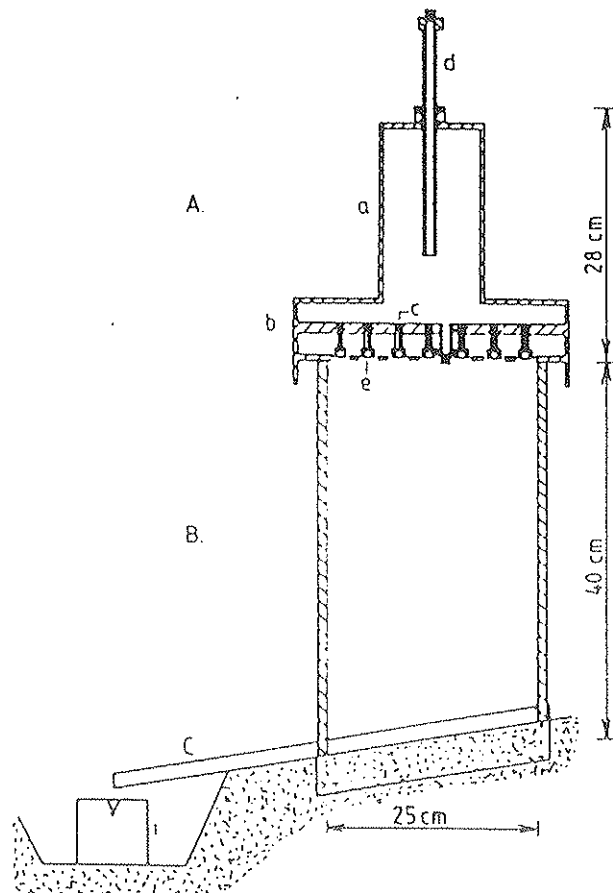
**Tabell 6.** Standardvärden för regnsimulator  
(Kamphorst, 1987)

Parameter	Parameter- värde
Mängd simulerat regn	18 mm
Simuleringens längd	3 min
Intensiteten av regnsimuleringen	6 mm/min
Fallhöjd till toppen av sluttningen	375 mm
Fallhöjd till botten av sluttningen	425 mm
Medelfallhöjd	400 mm
Droppdiameter	5,9 mm
Droppvikt	0,106 g
Antal kapillär-rör	49 st
Kinetisk energi av regnsimuleringen	35,4 J/mm
Försöksarea	0,0625 m <sup>2</sup>
Lutning av försöksarea	20 %

Regnsimulatoren består i huvudsak av tre delar; I. En sprinkler med en inbyggd tryckregulator, baserad på Mariotte-flask-principen, för att producera en standardregndusch (A i fig 6). II. En hållare till sprinklern, som också fungerar som ett vindskydd i fält (B). III. En ram av stål som ligger plant mot marken och skyddar mot lateral rörelse av ytvatten till omkringliggande jord. På ramen sitter en ränna fäst för att låta ytvattnet och jorden rinna fritt ut till ett uppsamlingskärl (C).

Sprinklern består av en kalibrerad cylindrisk vattenbehållare (a i fig 6), med en kapacitet av ca 1200 ml, i direkt förbindelse med sprinklerhuvudet (b). Vattnet strömmar från sprinklerhuvudet genom 49 kapillärrör (c). Strömningshastigheten är beroende av längden och innerdiametern av dessa kapil-

lärrör. Övertrycket i kapillärrörerna kan ökas eller minskas genom att förflytta lufttuben (d) uppåt eller nedåt. Magnituden av övertrycket är tillräckligt för att kompensera för vattnets viskositet. Det är alltså inte menat att använda lufttuben för att producera regnsimuleringar av olika intensitet utan för att ställa in standardintensiteten. På de nedre ändarna av kapillärrörerna är korta rörstumpar fästa (e). De inre och yttre diameterna av dessa rörstumpar kontrollerar droppstorleken och droppintensiteten.



Figur 6. Tvärsnitt av regnsimulatore (Kamphorst, 1987).

Innan simulatore fylls med vatten prepareras en försöksarea med 20 % lutning. Längden bör vara minst 0,4 m. I slutet av sluttningen grävs en mindre grop vari uppsamlingsbehållaren placeras. Simulatore placeras sedan ovanpå försöksarean för att kontrollera om den senare uppfyller den krävda lutningen av 20 % och att riktningen för uppsamlingsrännan är i riktning med lutningen. Om dessa krav är uppfyllda är simulatorns övre delar horisontella, vilket lätt kan kontrolleras med ett vattenpass.

## RESULTAT

### Bestämning av R

R=medelvärdet (under minst 20 år) av summan av alla  $EI_{30}$  under ett år. Av praktiska skäl används här beteckningen R som summan av alla  $EI_{30}$  under

den aktuella mätperioden. Observera att detta ger inte de *förväntade jordförlusterna* utan de *faktiska jordförlusterna* under den aktuella mätperioden.

**Tabell 7.** Resultat från försöksstationen i Ticuantepe aug-okt 1990

Datum	EI <sub>30</sub> (MJ·mm)/(ha·tim)
900811	-
900830	318,5
900920	32,3
900927	47,8
901003	78,5
901007	126,3
901013	27,6
901014	24,5
901015	5,7
901017	7,5
901019	31,8
901023	84,9
901026	76,0
<b>Summa:861,4</b>	

I tabell 7 redovisas nederbördsintensitetsdata från delar av den första säsongen (1990). Varje datum representerar ett nederbördstillfälle. EI<sub>30</sub>-värden har beräknats med hjälp av nederbördsdata (intensitet och mängd) såsom beskrivet i tabell 3. Resultaten omfattar ca 2 månader av den 6 månader långa regnperioden.

$$R = \text{summan av alla EI}_{30} = 861,4 \text{ ((MJ}\cdot\text{mm))/(ha}\cdot\text{tim))}$$

### Bestämning av LS

L = 1 eftersom parcellerna är av standardlängden 22,13 m. Formeln  $L = (1/22,13)^m$  (ekv. 5) ger också detta värde då  $m = 22,13$ .

S kan beräknas ur formeln:  $S = 0,065 + 0,045s + 0,0065s^2$  där  $s =$  lutningen.

$$S = 0,065 + 0,045 \cdot 15 + 0,0065 \cdot 15^2 = 2,2025 \sim 2,20$$

$$LS = 1 \cdot 2,20 = 2,20$$

### Bestämning av K enligt observerade förluster

LS = 2,20 och R = 861,4 för den aktuella perioden

C och P är båda = 1 på de bara parcellerna därför att marktäckning och erosions förhindrande egenskaper saknas.

eftersom A/RKLSCP gäller att  $K = A/RLSCP$

$$K = 40,3 / (861,4 \cdot 2,20 \cdot 1 \cdot 1) \sim 0,021 \text{ (ton/ha)/[(MJ/ha) \cdot mm]}$$

**Tabell 8.** Observerade jordförluster 900812 - 901026<sup>a</sup>

Parcell	Observerade jordförluster
bar jord I:	47,7 ton/ha
bar jord II:	32,9 ton/ha
medelvärde:	40,3 ton/ha

<sup>a</sup> se även bilaga 1.

### Bestämning av P

P = 1 för alla parceller utom de två där ananas odlas. Dessa två parceller har konturplöjts och ananasen satts i rader på konturfårorna. Enligt Wischmeier & Smith (1978) tabell 11, är P = 0,7 för sluttningar mellan 13-16 % vid konturodling.

### Bestämning av C

C bestäms genom att jämföra jordförlusterna från en bar parcell med jordförlusterna från parcellerna med majs respektive ananas, dvs:

$$C = (\text{jordförluster för en specifik gröda}) / (\text{observerade jordförluster från bar jord}) \cdot P$$

**Tabell 9.** Observerade jordförluster 900812-901026<sup>a</sup>

Gröda	Observerade jordförluster
majs I:	3,9 ton/ha
majs II:	5,2 ton/ha
medelvärde majs:	4,6 ton/ha
ananas I:	15,1 ton/ha
ananas II:	32,9 ton/ha
medelvärde ananas:	24,0 ton/ha

<sup>a</sup> se även bilaga 1.

$$C_{\text{majs}} = 4,6 / 40,3 \cdot 1 = 0,11 \text{ (under den aktuella perioden)}$$

$$C_{\text{ananas}} = 24 / (40,3 \cdot 0,7) = 0,85 \text{ (under den aktuella perioden)}$$

### Totala jordförluster

De totala jordförlusterna i Ticuantepe för perioden 900812 - 901026 blir med de beräknade C-värdena:

$$A_{\text{majs}} = 861,4 \cdot 0,021 \cdot 2,2 \cdot 0,11 \cdot 1 \sim 4,38 \text{ ton/ha.}$$

Den torra skrymdensiteten i Ticuantepe ligger på  $1,2 \text{ g/cm}^3$  varför jordförlusterna motsvarar  $4,38/1,2 = 3,65 \text{ m}^3/\text{ha}$ . Detta motsvarar ca  $0,36 \text{ mm}$  jord.

$$A_{\text{ananas}} = 861,4 \cdot 0,021 \cdot 2,2 \cdot 0,85 \cdot 0,7 \sim 23,7 \text{ ton/ha vilket motsvarar } 23,7/1,2 = 19,8 \text{ ton/ha dvs ca } 2,0 \text{ mm jord.}$$

$$A_{\text{barmark}} = 861,4 \cdot 0,021 \cdot 2,2 \cdot 1 \cdot 1 \sim 39,8 \text{ ton/ha vilket motsvarar } 39,8/1,2 = 33,2 \text{ ton/ha dvs ca } 3,3 \text{ mm jord}$$

I nedanstående tabell sammanfattas resultaten från beräkningarna ovan. De observerade förlusterna finns sammanställda under "Bestämning av C" och är sammanräknade från tabell 9 och 9 (se även bilaga).

**Tabell 10.** Jämförelse mellan observerade och beräknade jordförluster i ton/ha för perioden 900812 - 901026 i Ticuantepe

Gröda	Observerade förluster	Beräknade förluster
majs	4,5	4,4
ananas	24,0	23,7
barmark	40,3	39,8

## DISKUSSION

Försöksfältets läge i Ticuantepe lämpar sig bra för att mäta jordförluster då det ligger på en sluttning i ett kooperativ där hela arealen brukas. Klimatet representerar också hela Cuenca Sur och därför kan resultaten användas och tillämpas på ett stort och viktigt jordbruksområde för Nicaragua. Det är dock en nackdel att det ligger så pass långt ifrån universitetet då transporter inte alltid fungerar perfekt. Ett område närmare Managua kallat El Plantel var ett alternativ, men jorden där är alldeles för eroderad och matjordsskiktet mycket tunnt, därför var Ticuantepe ett bättre alternativ.

Kvaliteten på parcellerna är mycket hög därför att sluttningen är kontinuerlig och jämn, på en yta som är tillräckligt stor för att rymma sex parceller av standardmått enligt USLE. Jordarten är också representativ för området och dessutom vanligt förekommande i hela Cuenca Sur. Eftersom det finns två uppsamlingstankar till varje parcell där 1/17 av vattnet rinner över till den andra tanken, blir det aldrig några problem vid stora nederbörds mängder. Första året uppstod lite problem med parcellerna då ytorna blev något ojämna och jord och vatten läckte in genom kanterna. Dessa problem är nu eliminerade dels genom att en skyddsvall lagts upp som skydd ovanför parcellerna och dels i och med att jorden satt sig efter anläggningen.

Utrustningen är av mycket god kvalitet på försöksstationen. Tre pluviometrar finns tillgängliga, men på grund av tekniska problem fungerar de inte

alltid som de ska. På universitetet i Managua finns en liten regnsimulator tillgänglig som lämpar sig mycket bra som komplement till försöksfältet bl a för att räkna fram erosionsbenägenheten (K).

Metoden med parceller och beräkningar enligt USLE istället för mer avancerade metoder för beräkningar av jordförluster är givetvis en fördel då begränsad erfarenhet, korta serier av klimatdata och låg standard på viss teknik gör det svårt att bedriva tillämpad forskning i Nicaragua.

Vid beräkning av de enskilda faktorerna är det faktorn C som är svårast att bestämma. Någon tillförlitlig enkel mätmetod för att bestämma C har inte utarbetats i försöket, och därför måste man räkna fram C-värdena genom att använda de observerade förlusterna, sätta in dem i ekvationen och jämföra de bara parcellerna mot de med majs och ananas. För att få tillförlitliga resultat för de förväntade jordförlusterna och för att eventuellt kunna korrigera USLE till nicaraguanska förhållanden krävs många års mätningar och medelvärden. Förhoppningsvis kan man dock redan efter ett par år visa och bestämma behovet och omfånget av erosionskyddande åtgärder. Detta är också ett av erosionsforskningens viktigaste mål i Nicaragua, nämligen att etablera ett infrastrukturellt system för att förhindra jord- och näringsförluster.

Skillnaderna i jordförluster mellan de två parcellerna med den bara jorden beror troligtvis på att jorden ej satt sig och ytorna blivit ojämna. Vid beräkning av K har de observerade förlusterna i de bara parcellerna använts (0,021) istället för att som i USA använda nomogrammet (figur 3). Detta beror på att nomogrammet är utformat för de förhållanden som råder i USA och ger därför ej helt tillförlitliga värden i länder med avvikande klimat. De observerade och beräknade förlusterna stämmer mycket väl överens (se tabell 10) vilket visar att USLE-ekvationen är tillämpbar under de förhållanden som råder i Nicaragua. Det skulle dock vara önskvärt att C-värdena bestämdes experimentellt och separat för varje gröda för att få en bättre bild av USLE-ekvationens tillämpbarhet med eventuella justeringar för de förhållanden som råder i Nicaragua. Av resultaten kan man också dra den slutsatsen att det är mycket viktigt vilken typ av gröda man odlar på känsliga jordar och utsatta terränger. Erosionen hos majs var 4,4 ton/ha medan erosionen hos ananasen var betydligt högre, nämligen ca 24 ton/ha. Utvecklingsstadiet har också mycket stor betydelse. Majsen utvecklas snabbare än ananasen och skyddar därför jorden bättre än ananasen i början av växtsäsongen men skördas normalt en gång under regnsäsongen då jorden lämnas öppen tills ny gröda såtts. Ananasen kräver flera år för att utvecklas och skyddar därmed jorden bättre andra året. Styrkan hos regnen varierar också mycket från regn till regn. De två kraftigaste regnen (900831 och 901008) står t ex för nästan hela den totala erosionen under mätperioden. Vid åtgärder mot erosionen är det därför viktigt att känna till dessa stora variationer i förluster som kan bero på typ av vegetation, topografi, jordart m m så att resurserna kan utnyttjas på bästa möjliga sätt.



## SAMMANFATTNING

Erosion orsakad av regn är ett mycket stort problem i många tropiska länder och mycket kunskap och data saknas fortfarande. Detta gäller i hög grad för Nicaragua där intensiva regn under den sex månader långa regnperioden orsakar kraftig yt-, rännils- och ravinerosion på stora arealer odlad mark. Genom att använda the Universal Soil Loss Equation (USLE), utarbetad i Wishmeier och Smith (1978), kan man beräkna de förväntade jordförlusterna för en areal under vissa givna förhållanden. Tyvärr är det så att USLE inte alls är så universell som namnet antyder.

Många tabeller och nomogram som utarbetats i USA är inte tillämpbara under de förhållanden som råder i Nicaragua. För att studera USLE under de förhållanden som råder i Nicaragua har en försöksstation i Ticuantepe strax utanför Managua anlagts. Försöksfältet består av tre försöksled med två upprepningar per försöksled. Mätutrustning för att bestämma regnintensiteten finns också på försöksfältet. Försöksfältet anlades 1990 och resultaten från första årets mätningar presenteras i denna rapport. Jorderosionen är enligt resultaten av avsevärd storlek (ca 4,4 ton/ha för majs under den två månader långa mätperioden och 24 ton/ha för ananassen under samma period) och det finns utan tvekan ett behov av åtgärder mot erosion i Nicaragua. Resultaten visar också stora variationer av jordförluster beroende på typ av vegetation, topografi, jordart m m vilket visar vikten av kunskapen om var och i vilken omfattning eventuella resurser mot vattenerosion bör sättas in.

## SUMMARY

Erosion caused by rainfall is a serious problem in many tropical countries, and much knowledge and many data are still missing. This applies particularly for Nicaragua where intensive rain during the rainperiod causes serious problems like sheet, rill and gully erosion on large areas of cultivated land. It is possible to calculate the expected soil losses for an area with certain specific conditions by using the Universal Soil Loss Equation (USLE) elaborated by Wishmeier and Smith (1978).

Unfortunately, USLE is not as universal as the name indicates. Many USLE tables and nomograms developed in USA are not applicable for the prevailing circumstances in Nicaragua. This is one of the reasons for a soil erosion experimental research station having been set up in Ticuantepe outside Managua, Nicaragua. At this station there are three different treatments which are duplicated i. e. totally six plots. The station was constructed in 1990 and includes equipment measuring precipitation and rain intensity. The soil erosion is, according to these results, of considerable size. Without doubt, there is a need of soil conservation in Nicaragua and knowledge of the large variations in soil loss due to vegetation, topography, type of soil etc, would make it possible to use the existing resources in a more adequate way.

## SLUTORD

Till sist ett tack till alla som har gjort det möjligt att detta examensarbete har kunnat utföras. Till byrådirektör Per Giertz och assistent Elisabeth Odén på IRDC, SLU. Till min handledare Dr Ingrid Karlsson på Institutionen för markvetenskap och försöksledare Mikael Browaldh på Institutionen för växtodling, SLU, som gett många råd och idéer, bistått med material och löst tekniska svårigheter under fältstudien. Till Ing Agr Domingo Rivas som handledare och instruktör i Nicaragua och till sist till SIDA som med ekonomiska medel och förberedande utbildning möjliggjort hela studien.

## REFERENSER

- Hudson, N. 1981. *Soil Conservation*. Second edition. Ithaca. Cornell University Press. New York.
- Kamphorst, A. 1987. A small rainfall simulator for the determination of soil erodibility. *Netherlands Journal of Agriculture Science* 35: s 407-415.
- Jansson, B. M. 1982. *Land Erosion by Water in Different Climates*. Borgströms tryckeri. Motala.
- Lal, R. 1988. *Soil Erosion Research Methods*. Soil and Water Society. Ankeny, Iowa.
- Ministry of Economy, Nicaragua. 1974. *Master Plan of Hydrological Resources Development*. Managua.
- Morgan, R. P. C. 1986. *Soil Erosion & Conservation*(298 s). Longman Group (FE) Limited. Hong Kong.
- ORSTOM (Office de la recherche scientifique et technique outre-mer). 1990. Mission ORSTOM au Nicaragua. *Etude Integree d'eco systeme du bassin sud du lac de Managua*, Rapport d'activites 1987-88 et Appendix, Vauchel. P. 1988.
- Rivas, D & Somarriba, M. 1991. *Manual de Practicas de Conservación de Suelos y Agua*. Universidad Nacional Agraria. Managua.
- Roose, E. 1977. *Erosion et ruissellement en Afrique de l'ouvert: vingt années de mesures en petites parcelles experimentales*. Paris.
- SUWaR (Sustainable Use of Water Resources). 1991. *Projekt Identification, Nicaragua*. Royal Institute of Technology, International unit. Stockholm. Report No C 1.
- Wischmeier, W. H., Johnson, C. B. och Cross, B. V. 1971. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites, *J. Soil and Wat. Conserv.* 26, s 189-93.
- Wischmeier, W. H. och Smith, D. D. 1958. Rainfall energy and its relationship to soil loss. *Trans. Am. Geophys. Un.* 39, s 289-91.
- Wischmeier, W. H. & Smith, D. D. 1978. Predicting Rainfall Losses - a guide to Conservation Planning (58 s). *US Department of Agriculture Agr.Res. Serv. Handbook 537*. Washington D.C.

## **Personliga meddelanden**

Agr. Dr. I. Karlsson 1990. Sveriges Lantbruksuniversitet. Inst för  
markvetenskap. Stenciltryck (jordanalysdata). Uppsala.

Ing. Agr. D. Rivas. 1990. UNA (Universidad Nacional Agraria) Department  
of Soil Science. Stenciltryck, Managua.

Ing. Agr. D. Rivas. 1991. UNA (Universidad Nacional Agraria). Department  
of Soil Science, Managua

**BILAGA 1: RESULTAT FRÅN MÄTNINGARNA I UPPSAM-  
LINGSTANKARNA I TICUANTEPE**

**Tabell 11:** Resultat från uppsamlingstankarna till parcellerna i Ticuan-tepe 1990 (Rivas, 1990).

Datum	Parcell	Tanknivå (m)	Jordförluster (kg/parcell)	Jordförluster ton/ha
900812	majs I	3	0,08	0,01
900831	majs I	19	3,73	0,42
900921	majs I	0	0,00	0,00
900928	majs I	4	0,38	0,04
901005	majs I	10	1,00	0,11
901008	majs I	10	16,68	1,88
901015	majs I	11	0,00	0,00
901016	majs I	6	1,90	0,21
901022	majs I	0	0,00	0,00
901022	majs I	15	0,00	0,00
901025	majs I	12	10,63	1,20
901026	majs I	13	0,00	0,00
900812	majs II	4	0,28	0,03
900831	majs II	13	10,15	1,14
900921	majs II	0	0,00	0,00
900928	majs II	4	0,12	0,01
901005	majs II	2	1,12	0,13
901008	majs II	13	30,10	3,39
901015	majs II	10	1,10	0,12
901016	majs II	3	0,88	0,10
901022	majs II	0	0,00	0,00
901022	majs II	11	0,22	0,03
901025	majs II	15	2,60	0,29
901026	majs II	17	0,00	0,00
900812	ananas I	0	0,00	0,00
900831	ananas I	16	57,33	6,46
900921	ananas I	0	0,00	0,00
900928	ananas I	2	0,06	0,01
901005	ananas I	6	1,00	0,11
901008	ananas I	17	11,67	1,31
901015	ananas I	18	6,62	0,74
901016	ananas I	10	49,15	5,53
901022	ananas I	3	2,07	0,23
901022	ananas I	6	0,37	0,04
901025	ananas I	7	6,27	0,71
901026	ananas I	5	0,00	0,00
900812	bar I	11	16,58	1,87
900831	bar I	36	217,89	24,54
900921	bar I	5	0,70	0,08
900928	bar I	8	5,52	0,62
901005	bar I	20	70,50	7,94

901008	bar I	20	102,60	11,55
901015	bar I	20	1,53	0,17
901016	bar I	13	5,77	0,65
901022	bar I	5	0,39	0,04
901022	bar I	10	0,20	0,02
901025	bar I	10	1,83	0,21
901026	bar I	12	0,00	0,00
900812	ananas II	2	0,04	0,00
900831	ananas II	31	169,14	19,05
900921	ananas II	0	0,00	0,00
900928	ananas II	5	0,15	0,02
901005	ananas II	5	0,26	0,03
901008	ananas II	17	10,30	1,16
901015	ananas II	17	22,46	2,53
901016	ananas II	12	64,53	7,27
901022	ananas II	3	13,91	1,57
901022	ananas II	15	1,37	0,15
901025	ananas II	7	9,62	1,08
901026	ananas II	9	0,00	0,00
900812	bar II	3	0,44	0,05
900831	bar II	46	249,96	28,15
900921	bar II	3	1,06	0,12
900928	bar II	2	0,80	0,09
901005	bar II	20	96,07	10,82
901008	bar II	22	125,14	14,09
901015	bar II	0	0,00	0,00
901016	bar II	20	6,90	0,78
901022	bar II	17	2,83	0,32
901022	bar II	15	0,00	0,00
901025	bar II	10	2,34	0,26
901026	bar II	12	0,00	0,00

Förteckning över utgivna häften i publikationsserien

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET, UPPSALA. INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP.  
AVDELNINGEN FÖR LANTBRUKETS HYDROTEKNIK. AVDELNINGSMEDDELANDE. Fr o m 1990

- 90:1 Linnér, H., Persson, R., Berglund, K. & Karlsson, S.-E. Resultat av 1989 års fältförsök avseende detaljavvattning, markvård och markförbättring samt bevattning. 73 s.
- 90:2 Jansson, P.-E. (ed.). The Skogaby Project. Project description. 77 s.
- 90:3 Berglund, K., Lindberg, K. & Peltomaa, R. Alternativa dräneringsmetoder på jordar med låg genomsläpplighet. 1. Ett nordiskt samarbetsprojekt inom Nordkalottområdet. 20 s.
- 91:1 Linnér, H., Persson, R., Berglund, K. & Karlsson, S.-E. Resultat av 1990 års fältförsök avseende detaljavvattning, markvård och markförbättring samt bevattning. 92 s.
- 91:2 Persson, R. & Wesström, I. Markkemiska effekter av bevattning med Östersjövatten på Öland. 23 s + 5 bil.
- 91:3 Eckersten, H. WIGO model. User's manual. 30 s.
- 91:4 Eckersten, H. SPAC-GROWTH model. User's manual. 32 s.
- 91:5 Stenlund, S. Rainwater harvesting - Metoder för uppsamling av regnvatten för bevattning. En litteraturöversikt. 24 s.
- 91:6 Jansson, P.-E., Eckersten, H. & Johnsson, H. SOILN model. User's manual. 49 s.
- 91:7 Jansson, P.-E. SOIL model. User's manual. 59 s.
- 91:8 Wesström, I. Liste des publications du sujet "Besoin en eau des plantes et irrigation en climat semi-aride". 32 s.
- 92:1 Rockström, J. Framtidens livsmedelsförsörjning i världens torra regioner: Begränsas den av tillgången på vatten? 106 s.
- 92:2 Kerje, T. Erosionsmätningar i Nicaragua. 35 s.