

RAPPORT

MISSION ORSTOM AU NICARAGUA

ETUDE INTEGREE D'ECOSYSTEME
DU BASSIN SUD DU LAC DE MANAGUA

RAPPORT D'ACTIVITES 1987 - 1988

P. VAUCHEL

Mission ORSTOM au Nicaragua

Programme "Etude intégrée d'écosystème
du bassin sud du lac de Managua"

Rapport d'activités 1987-1988

INTRODUCTION

Ce rapport d'activités de la mission ORSTOM au Nicaragua a été réalisé par P. VAUCHEL en vue de fournir une base d'évaluation aux responsables des départements et commissions scientifiques concernées. Il reprend largement des textes préparés par D. CARDON pour l'agrométéorologie et C. PRAT pour la pédologie. Il fait par ailleurs largement référence à un document similaire établi fin 1986 dans le même but, où étaient déjà définis assez clairement le cadre, les objectifs généraux et spécifiques du projet faisant l'objet de ce rapport. Le présent document passera donc rapidement sur ces points afin d'insister plutôt sur l'avancement actuel des recherches.

PRESENTATION GENERALE DE L'ETUDE

Le programme réalisé en coopération avec DIRENA (Direction de Ressources Naturelles et de l'Environnement) se nomme "Etude intégrée d'écosystème du bassin sud du lac de Managua". Il a pour but essentiel l'acquisition des données de base par mesures directes et modélisation, en vue de permettre l'élaboration de recommandations sur les thèmes suivants:

- Aménagement du bassin versant.
- Protection et conservation des sols.
- Mise en valeur agricole du bassin.

Le programme a par ailleurs pour but d'assurer une formation pratique et de terrain pour la contre-partie nicaraguayenne pour laquelle le bassin étudié doit constituer une sorte de "bassin école".

Le schéma présenté page suivante décrit plus précisément les objectifs du programme en termes scientifiques et en termes d'application des résultats de la recherche.

ORGANIGRAMME DES OPERATIONS DE RECHERCHE

Objectifs scientifiquesObjectifs appliqués

PEDOLOGIE

- Connaissance des sols :
Cartographie
Propriétés physiques,
chimiques et hydro-dynamiques
- Fonctionnement des sols :
Infiltration, ruissellement,
transports solides
- Pédogenèse et rôle du
"talpetate" (horizon induré)
- Efficacité des dispositifs
anti-érosifs déjà existants

PROTECTION ET CONSERVATION
DES SOLS

- Bilan des dégats
- Recommandations pour
des dispositifs anti-
érosifs efficaces

PROTECTION DE MANAGUA CONTRE
LES INONDATIONS

- Dimensionnement
correct des ouvrages
de protection et
d'écoulement

HYDROLOGIE

- Fonctionnement hydrologique
des bassins : relations
pluie-débits-érosion
- Modélisation ruissellement
et érosion
- Estimation des crues
exceptionnelles

UTILISATION DES SOLS

- Techniques culturales
appropriées
- Conduite des
irrigations
- Choix des cultures
- Calendriers culturaux

AGROMETEOROLOGIE

- Suivi et modélisation
du bilan hydrique et
de la production
- Zonage agro-pédo-climatique
du bassin

FORMATION DU PERSONNEL

- Equipement du bassin
qui en fait un
"bassin école" pour
les Nicaraguayens
- Formation pratique à
la recherche expéri-
mentale : dispositifs
de mesure, analyse et
interprétation des
résultats

Il permet par ailleurs:

- De mettre en relation les objectifs scientifiques et les objectifs appliqués, illustrant ainsi les liens évidents qui existent dans le cas de ce programme entre recherche et développement.

- De souligner le caractère intégré du programme, en mettant en évidence les apports respectifs des trois disciplines à l'obtention de données de base concernant le climat, les sols et l'eau.

- Par ailleurs il est manifeste qu'une complémentarité des trois disciplines existe au plan scientifique, l'étude du couple ruissellement-infiltration constituant un dénominateur commun entre les trois disciplines.

CONDITIONS MATERIELLES D'EXECUTION DE LA CONVENTION

Les conditions matérielles de travail ont peu changé depuis la sortie du rapport d'activités de fin 86, et on pourra pour l'essentiel se rapporter à ce document. Parmi les changements principaux on peut signaler :

- L'évolution de l'IRENA qui était un Institut autonome en DIRENA, c'est à dire une Direction du Ministère de l'agriculture. Ce changement s'est réalisé courant 88 et s'est accompagné d'un "compactage" du personnel employé par l'état dont notre programme n'a heureusement pas trop souffert.
- Le renforcement de l'agro-climatologie par l'affectation de D. CARDON, chercheur agro-climatologue ORSTOM, en remplacement de S. ROBIN qui était allocataire de recherches ORSTOM.
- Le renforcement de la contre-partie en pédologie par le recrutement d'un ingénieur, portant le personnel de contre-partie dans ce domaine à 2 ingénieurs, 1 technicien de terrain et 1 technicien de laboratoire.
- La diminution de la contre-partie en agro-climatologie avec le départ d'un technicien pour cause de compactage du personnel, le personnel étant maintenant constitué dans ce domaine de 1 ingénieur et 2 aides techniques.
- La mise à disposition par DIRENA d'un véhicule tous-terrains supplémentaire permanent et non plus temporaire, qui nous a permis après sa remise en état un travail de terrain plus efficace.
- La mise à disposition fin 88 par DIRENA d'un micro-ordinateur compatible IBM-PC qui nous permet de disposer d'un micro-ordinateur par discipline et là encore augmente largement notre efficacité.

CONDITIONS DE TRAVAIL AU NICARAGUA

Depuis le rapport rédigé en 1986, les conditions de vie et de travail au Nicaragua ont légèrement empiré principalement à cause de la crise économique aigue que traverse le pays. On peut résumer la situation ainsi:

- Sur le plan de la sécurité, la guerrilla a présenté une recrudescence en 1987 et un fort affaiblissement en 1988, conséquence des négociations directes entre gouvernement et "contras" et de la signature d'un cessez-le-feu à peu près respecté. De toutes manières nous n'avons eu connaissance depuis 1985 d'aucun acte de guerre dans

l'ensemble de la zone Pacifique et à fortiori dans notre zone de travail située près de la capitale Managua. La délinquance courante est par contre en augmentation à Managua, par suite probablement de la difficile situation économique.

- Sur le plan économique, la situation devient tout à fait critique, et le gouvernement a procédé début 88 à une forte dévaluation de la monnaie combinée à un plan d'austérité assez sévère. La production n'a malheureusement pas été relancée, et le niveau de vie général de la population déjà très bas a encore diminué. L'inflation reste galopante, l'exode important, et l'approvisionnement en biens de consommation, pièces de rechange, voire même combustible est toujours problématique. Nous sommes toujours obligés de faire des missions périodiques au Costa Rica afin d'acheter les fournitures indispensables au travail.

La période la plus difficile a eu lieu de janvier à mai 1988 où un rationnement de l'électricité suite à la panne d'une centrale, et les coupures sauvages ont fortement perturbé le travail de bureau. Cette situation s'est normalisé depuis, et les plans de travail ont été à peu près respectés.

On pouvait se demander fin 87 s'il n'était pas risqué de continuer à travailler au Nicaragua dans le contexte difficile propre à ce pays. Nous pensons que les mesures abondantes réalisées en 1988, notamment en hydrologie grâce à une saison des pluies très abondante, justifient a posteriori le choix qui a été fait.

AGROMETEOROLOGIE

1 - Rappel des objectifs du programme

Le programme d'agroclimatologie est divisé en deux parties principales:

1.1 - Etalonnage d'un modèle de bilan hydrique journalier permettant le calcul de la réserve hydrique et de l'ETR journalières en fonction des caractéristiques du sol (capacité utile, capacité de ruissellement, profondeur, conductivité), de la plante (coefficients culturaux, profondeur racinaire), et du climat (ETP et pluie journalières). On essaiera de doter ce modèle d'une fonction de production étalonnée également sur le terrain et modélisant la production en fonction d'un indice de satisfaction des besoins en eau aux différentes époques du cycle végétal. On supposera que les autres facteurs influant la production sont constants et contrôlés (contrôle des mauvaises herbes et maladies adéquat, amendement optimal...).

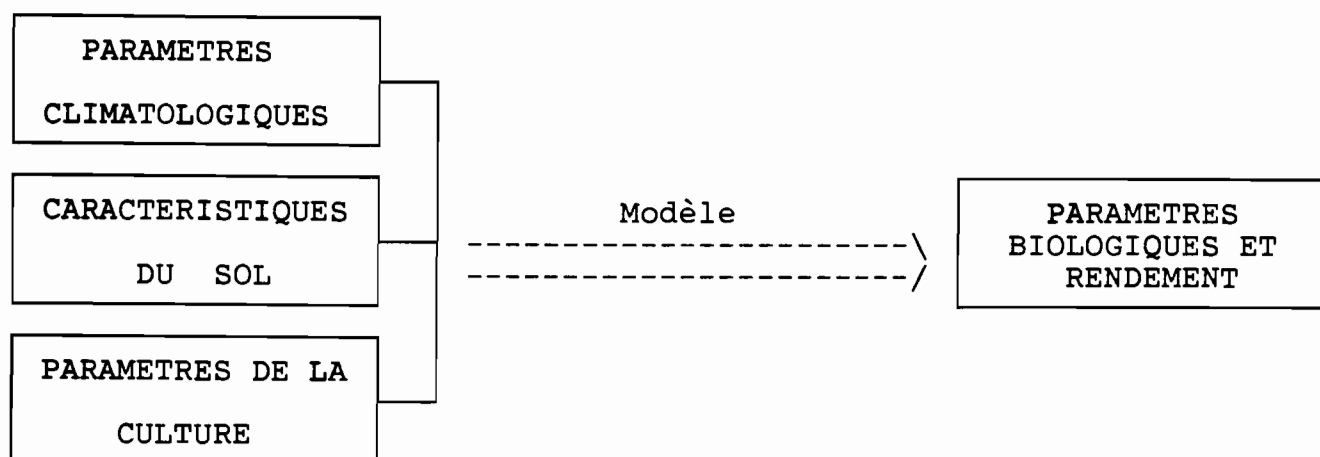
Les résultats de cette étude sont tournés vers la formulation d'améliorations ou d'alternatives pour la mise en valeur de la partie inférieure du bassin sud du lac de Managua, zone d'agriculture intensive, consacrée principalement aux grains de base dans le cadre d'une politique d'autosuffisance alimentaire.

1.2 - Zonage agroclimatique du bassin.

Il s'agit de préciser les risques et les potentialités climatiques de production des différentes parties du bassin. Ce zonage doit aussi servir de cadre de référence pour les résultats obtenus ponctuellement, en particulier ceux acquis sur la station expérimentale de l'IRENA, au Vivero, concernant la culture du maïs.

2 - Rappels méthodologiques sur le fonctionnement des modèles de bilan hydrique et de production.

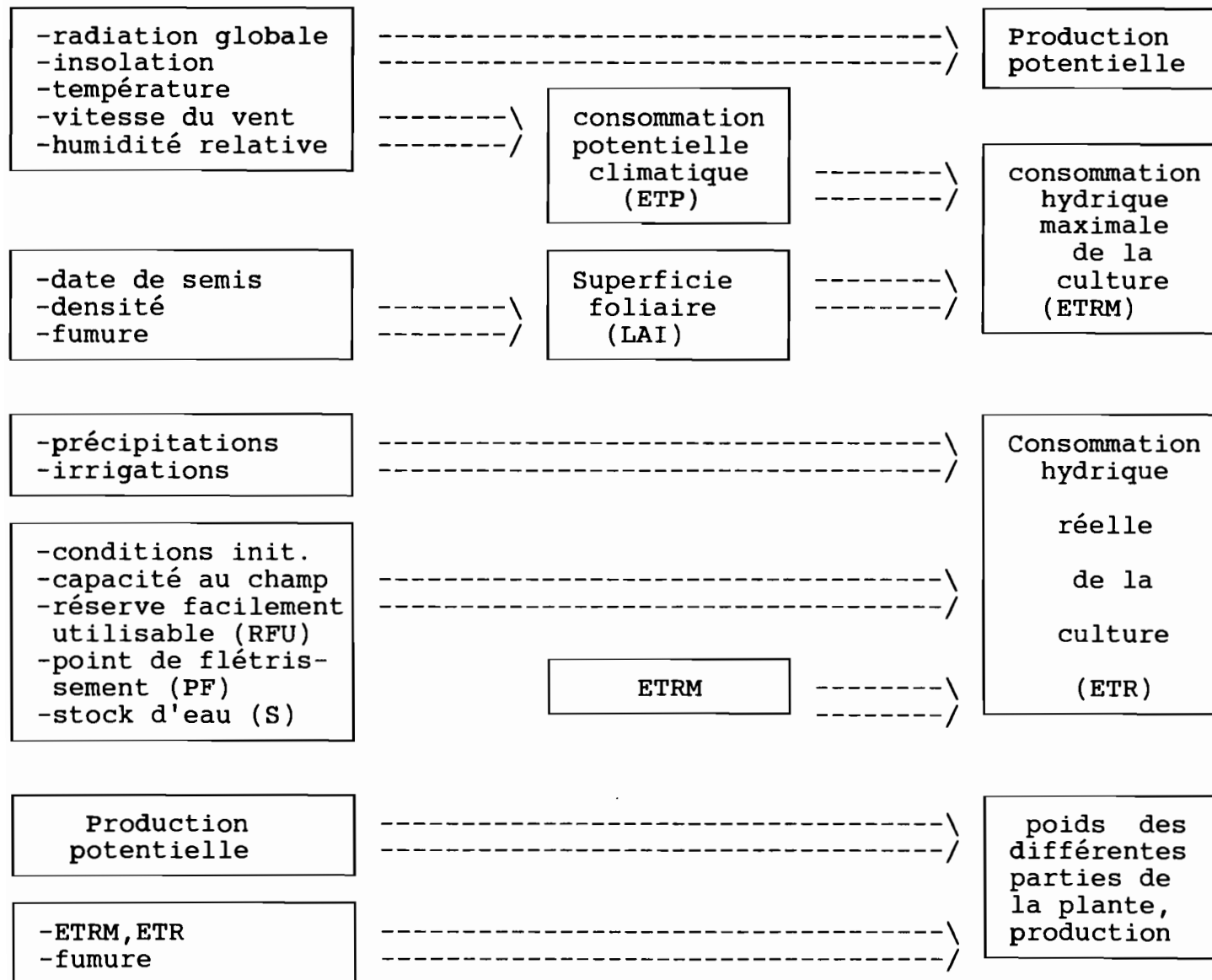
Ce court chapitre doit permettre une meilleure compréhension du problème et la définition des paramètres à mesurer. Le fonctionnement d'un modèle de croissance peut être schématisé de la façon ci-dessous:



Trois types de paramètres sont nécessaires à son fonctionnement et caractérisent respectivement le climat, le sol et la culture. Le produit est le suivi durant tout le cycle cultural de paramètres biologiques tels que: le poids des différents organes, la superficie foliaire etc... Pour vérifier la validité d'un modèle et le modifier éventuellement il faut connaître les paramètres à lui injecter et comparer le produit obtenu à la mesure directe. Par la description sommaire du fonctionnement d'un modèle de croissance on se propose de définir les paramètres à mesurer et les tâches à effectuer. Le premier paragraphe sera consacré à la description et le second à la mesure des paramètres.

2.1 - Schématisation du modèle

Par souci de clarté cette description a été décomposée en trois parties donnant respectivement la consommation hydrique maximale et les potentialités climatiques, la consommation réelle et la production réelle.



La première partie correspond au calcul des potentialités: production et consommation de la culture en bonnes conditions d'alimentation hydrique (ETRM). A partir des données climatologiques et des paramètres de la culture on calcule la superficie foliaire moyenne (LAI) puis l'ETRM. LAI et ETRM constituent des produits intermédiaires du modèle qu'il faudra vérifier.

La seconde partie est le calcul de la consommation réelle de la culture compte tenu des apports d'eau et des paramètres pédologiques: capacité au champ, réserve facilement utilisable, réserve au point de flétrissement, stock d'eau au moment de la mesure. Bien entendu pour effectuer ces calculs il est nécessaire de connaître le stock d'eau du sol au début du cycle de mesures. Dans l'application du modèle c'est une des données que l'on peut choisir, mais dans la vérification il faut la mesurer.

Dans la troisième partie, compte tenu des paramètres de la culture (fumure, façons culturales, densité etc...), compte tenu de l'alimentation hydrique (ETRM, ETR), compte tenu de la potentialité du climat, on calcule tout au long du cycle les éléments de la production.

Cette schématisation est certes un peu grossière mais elle est suffisante pour définir les paramètres à mesurer.

2.2 - Paramètres climatologiques

Leur obtention se fait à partir d'une station agrométéorologique automatique, avec un pas de temps de 3 heures, de façon routinière. On peut leur rattacher l'eau d'irrigation dont la connaissance nécessite une étude préalable de l'installation. Cette étude doit se faire en deux temps:

- optimisation de l'installation pour obtenir une irrigation la plus homogène possible,
- étude de la répartition de l'eau d'irrigation avec l'installation optimisée.

2.3 - Paramètres pédologiques

Il y a deux types de caractéristiques du sol: les caractéristiques évoluant au cours de chaque cycle de mesure (stock d'eau et sa variation), et les caractéristiques permanentes qu'on détermine une fois pour toutes lors d'expérimentations indépendantes des essais de culture proprement dits. Faisant partie du second type nous aurons:

- la capacité au champ,
- la réserve facilement utilisable,
- la réserve au point de flétrissement,
- les coefficients de conductivité hydraulique.

Ces derniers paramètres n'avaient pas encore été mentionnés mais leur rôle apparaîtra dans la vérification de la valeur de l'ETR

donnée par le modèle. Ces caractéristiques sont obtenues à l'aide d'une sonde à neutrons qui mesure l'humidité volumique dans le sol et de tensiomètres donnant le potentiel hydrique.

Le stock d'eau du sol jusqu'à un certain niveau est obtenu en considérant le profil d'humidités correspondantes donné jusqu'à ce niveau par la sonde à neutrons. La sonde à neutrons ne permettant pas la mesure de l'humidité des 10 ou 15 premiers cm de sol, le stock d'eau de cette tranche devra être apprécié par une autre méthode. La variation de stock se fait par différence à partir de deux profils successifs.

Pour connaître la capacité au champ, il faut attendre des conditions favorables lors de mesures de routine (en saison des pluies, après un certain temps de ressuyage, quand le profil a été rechargé). Comme son appréciation est délicate, il vaut mieux renouveler plusieurs fois l'opération.

La réserve facilement utilisable peut être appréciée à la fin de la saison des pluies lorsque le profil se dessèche progressivement. On considère alors les comptages de sonde à neutrons correspondant au moment où l'ETR se différencie nettement de l'ETRM et on fait la différence entre ce profil théorique et le profil à la capacité au champ. Là encore il s'agit d'une appréciation délicate qui demande un certain nombre de répétitions.

Pour obtenir la réserve hydrique au point de flétrissement, on laisse en pleine période sèche une partie de l'essai sans alimentation hydrique.

L'appréciation de la conductivité hydrique du sol en fonction du potentiel hydrique est sans doute le travail le plus délicat de cette série d'expérimentations annexes à la vérification proprement dite du modèle. Il demande un dispositif expérimental particulier et ne peut se faire que lorsque le profil est bien sec, ce qui rend les répétitions difficiles et les résultats imprécis.

2.4 - Paramètres de la culture

Les paramètres de la culture font partie des hypothèses de travail lorsqu'on utilise le modèle, et des données de base lorsqu'on le vérifie. Seule la densité peut poser quelques problèmes. Il n'est pas toujours aisé de réaliser un essai à une densité donnée, d'autre part en cours d'essai il y a toujours une certaine mortalité amenant à considérer une densité théorique et une densité réelle.

2.5 - Vérification des produits du modèle

Il y a deux types de produits: des estimations de paramètres biologiques (poids, LAI, profondeur racinaire, etc...), et des mesures de consommation en eau (ETRM, ETR). Pour vérifier les premiers il faut opérer de façon statistique, avec un certain nombre de répétitions. Le mode opératoire doit assurer la représentativité des résultats et le nombre de répétitions leur précision. Les seconds sont obtenus de façon ponctuelle. Il est donc indispensable que ces points soient représentatifs de la parcelle. Si ces précautions ne

sont pas observées il n'est pas possible d'employer ces données ensemble pour une vérification rigoureuse du modèle.

Les paramètres biologiques sont, en général (inexact pour le LAI), mesurés directement et l'ETRM est obtenue à l'aide de lysimètres. Leur mesure ne présente pas de problème particulier en soi.

3 - Activités réalisées et résultats obtenus concernant la modélisation du bilan hydrique et de la production.

3.1 - Caractéristiques des sols

On se reportera aux mémoires de D.A.A. de T. FELLMANN et M. BERGERON pour un exposé détaillé des résultats obtenus. On trouvera en annexe 1.1 sous forme de figures et tableaux quelques uns des principaux résultats concernant :

- la toposéquence des sols de la parcelle expérimentale, avec description des principaux profils observés (fig 1)
- les analyses granulométriques (fig 2)
- les densités sèches apparentes (fig 3)
- la détermination de la capacité au champ (fig 4)
- les profils caractéristiques du sol (fig 5 et 6)
- les conductivités hydrauliques K (obtenues par suivi du drainage interne). La figure 7 indique l'évolution de la charge hydraulique H en fonction du temps, au cours du ressuyage. La figure 8 donne la relation trouvée entre la charge hydraulique H et l'humidité volumique θ du sol. La figure 9 montre la variation des conductivités hydrauliques en fonction de θ .

Toutes ces données ont permis une bonne connaissance des sols rencontrés et une estimation correcte des paramètres édaphiques du modèle de bilan hydrique utilisé (L'HOMME - ELDIN 1984).

3.2 - Suivi des réserves hydriques par utilisation couplée de la sonde à neutrons et de tensiomètres.

Il est important d'obtenir de bons résultats concernant les réserves hydriques et leur évolution dans le temps car ils permettent de vérifier le bon fonctionnement du modèle utilisé.

Cet objectif a été atteint grâce à :

- un bon étalonnage de la sonde à neutrons. On trouvera en annexe 1.2 les résultats obtenus par D. CARDON à ce sujet.
- à de nombreux profils réalisés tous les jours en 86-87 et tous les 3 ou 4 jours en 88 au cours du cycle cultural du maïs. On trouvera dans les mémoires de T. FELLMANN et de M. BERGERON une présentation assez complète de ces résultats.
- grâce à l'utilisation du logiciel SYSOND mis au point par D. CARDON et qui a fait l'objet d'une publication séparée.

3.3 - Paramètres biologiques et culturaux

A partir des résultats obtenus par S. ROBIN en 86 et 87, D. CARDON a mis au point un protocole rigoureux de réalisation et de traitement des mesures de terrain (annexe 1.3).

Les résultats concernant l'évolution dans le temps des surfaces foliaires, la profondeur atteinte par le système racinaire et le poids sec des différents organes du maïs sont donnés sous forme de graphique en fin d'annexe 1.3.

3.4 - Calibration et évaluation du modèle de bilan hydrique.

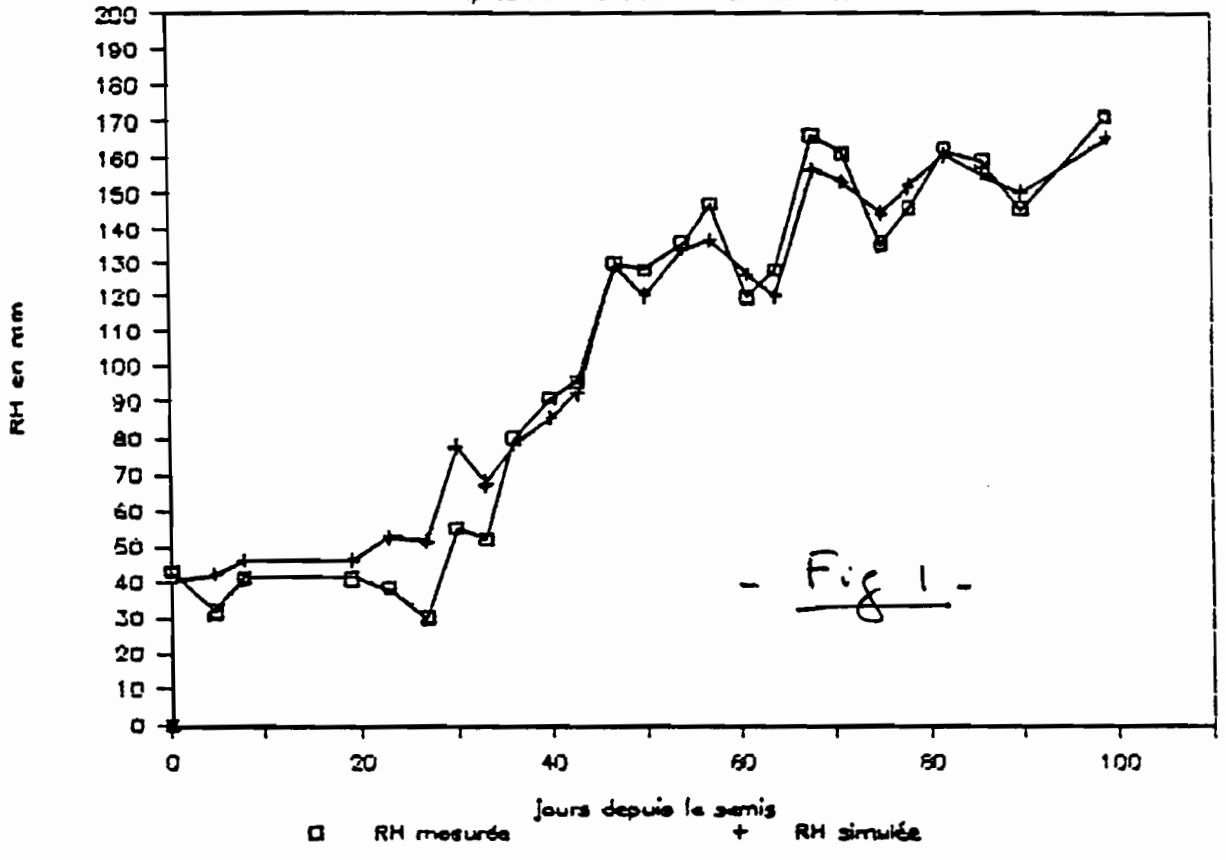
Grace à une bonne estimation des paramètres du sol et des paramètres biologiques et culturaux, le modèle utilisé permet une évaluation tout à fait correcte des réserves hydriques disponibles pour les plantes et de la consommation en eau (évapotranspiration réelle ETR) de la culture. On peut s'en rendre compte en examinant les figures ci après, extraites des mémoires de D.A.A. de T. FELLMANN (campagne 1987) et de M. BERGERON (campagne 1988) :

- figure 1 : évolution au cours du cycle cultural de la réserve hydrique simulée par le modèle (RHs) et de la réserve hydrique mesurée (RHm).
- figures 2 et 4 : comparaison de RHs et RHm.
- figure 3 : comparaison au cours du cycle des valeurs du drainage obtenues par simulation (modèle) et par mesures directes (application de la loi de Darcy).
- figure 5 : comparaison des ETR obtenues par le modèle et des ETR obtenues comme termes résiduels du bilan hydrique (RH, P, Dr mesurés) appliqué à des périodes de quelques jours.

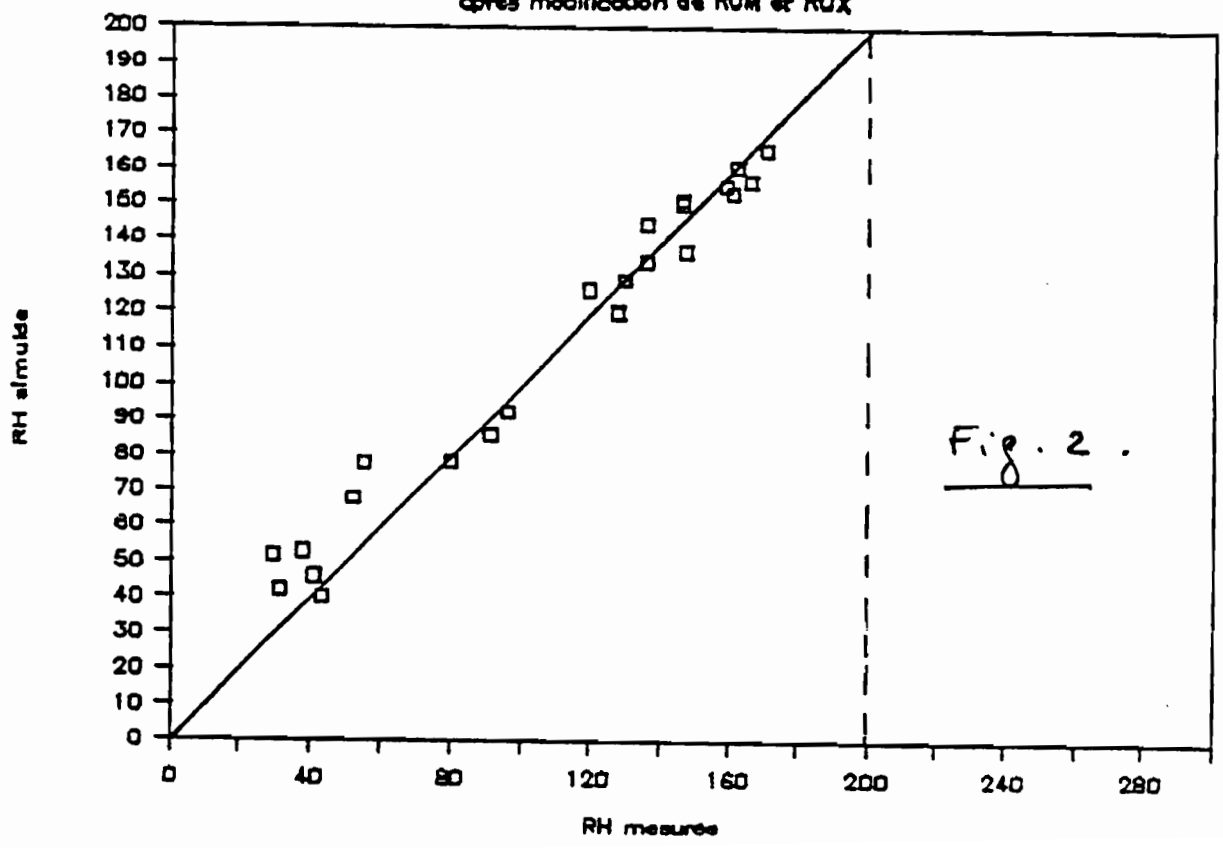
4 - Résultats obtenus concernant le zonage agroclimatique du bassin.

Les données de 6 stations climatologiques observées de façon à peu près continue sur des périodes allant de 7 à 28 ans et de 24

COMPARAISON DES RESERVES HYDRIQUES - 1988 -
après modification de RUM et RUX

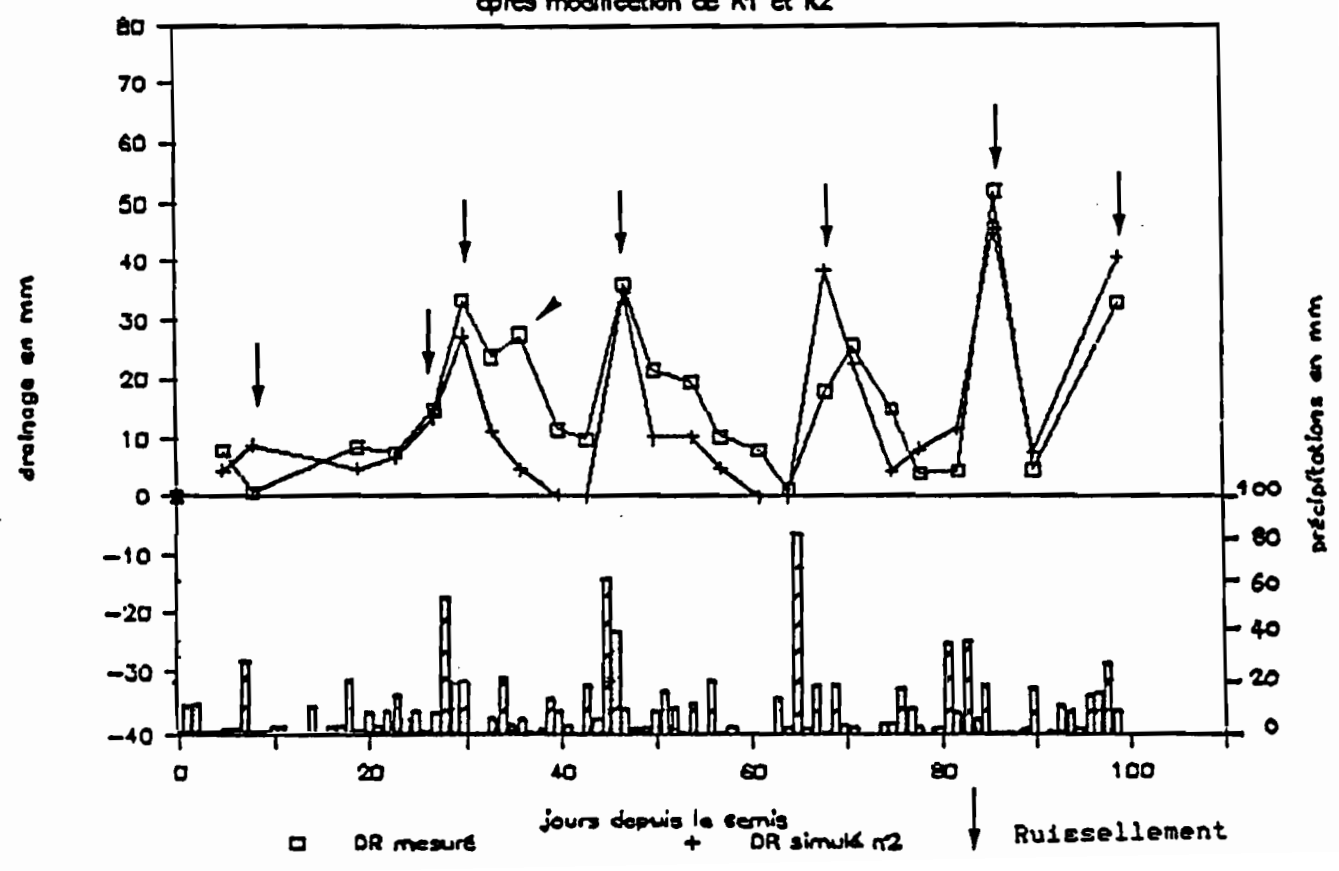


RESERVES HYDRIQUES - 1988 -
après modification de RUM et RUX



- Fig. 3 -

COMPARAISON DU DRAINAGE après modification de K1 et K2



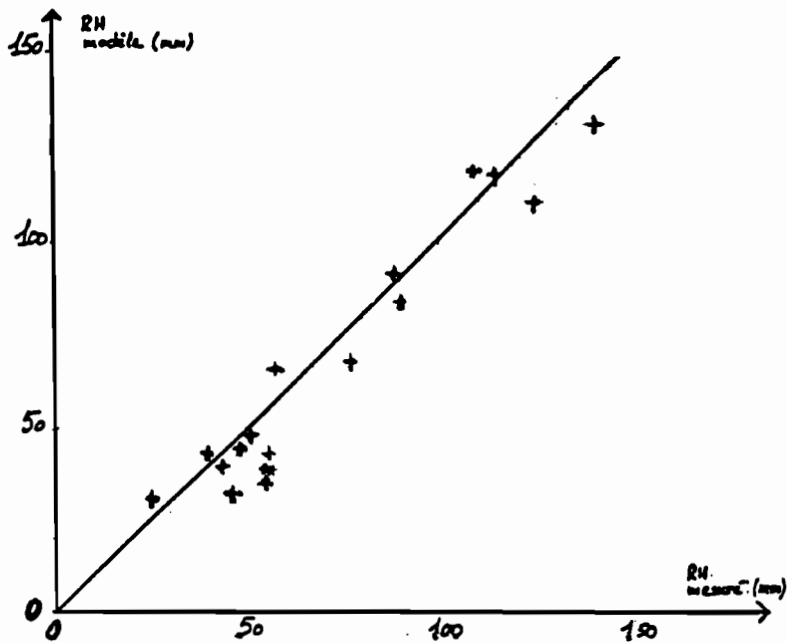
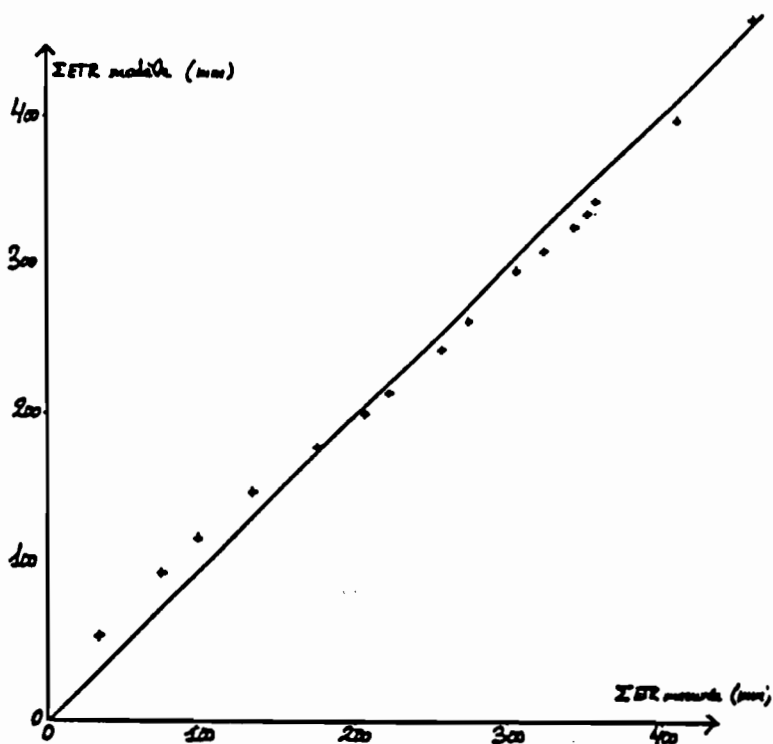


Fig. 4

- 1987 -



- Fig. 5 -

- 1987 -

stations pluviométriques possédant de 8 à 64 ans de mesures exploitables ont été saisies sur ordinateur.

Le programme de calcul de l'ETP PENMAN a été écrit, ainsi que les programmes de calcul de fréquence des pluies dépassant un certain seuil (lois tronquées de GALTON et de GOODRICH).

Il reste à réaliser l'étude fréquentielle des déficits hydriques, l'estimation des périodes de culture et le zonage proprement dit.

5 - Perspectives

Compte tenu des résultats obtenus et des objectifs visés, il semble maintenant nécessaire de faire porter l'effort sur :

- un suivi d'une culture de maïs en contre-saison avec irrigation, de façon à contrôler la durée et l'intensité des périodes de contrainte hydrique et à pouvoir juger du bon fonctionnement du modèle au cours des périodes sèches ("veranillo").
- la validation du modèle de production dont il faut évaluer les estimations en les comparant aux mesures biologiques réalisées : poids de matière sèche des différents organes, production finale.
- la réalisation du zonage agroclimatique du bassin grâce aux fichiers informatisés de données disponibles et aux logiciels mis au point.

6 - Bibliographie

ELDIN ,M. & LHOMME J. P.(1984) - Un modèle agroclimatique de simulation du bilan hydrique des cultures. In "Les besoins en eau des cultures" Conférence Internationale CIID, 11-14 septembre 1984 INRA PARIS : 841-852.

JONES, C ·A , & KINIRY, J. S. (1986) - CERES Maize, a simulation model of maiz growth and development. TEXAS A&M UNIVERSITY PRESS 1986 :193p.

Van KEULEN, H. & WOLF (1986) - Modelling of agricultural production: weather, soils and crops. Pudoc Wageningen 1986 :478p.

Le PELLETIER du CLARY, D. (1986) - Mesure des termes du bilan hydrique sous culture de maïs, en vue de l'étalonnage d'un modèle informatique sur sols d'origine volcanique au Nicaragua. Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Montpellier. Diplôme d'Agronomie Approfondie. novembre 1987. 46 p, 8 tableaux, 18 annexes.

FELLMANN, T (1987) - Caractérisation hydrodynamique d'un sol et mesure des termes du bilan hydrique en vue de l'étalonnage d'un modèle informatique. Cas d'une culture de maïs sur andosol au Nicaragua. Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Montpellier. Diplôme d'Agronomie Approfondie. novembre 1987, 46 p, 15 annexes.

BERGERON, M (1988) - Mesures des termes du bilan hydrique en vue de l'étalonnage d'un modèle informatique sous culture de maïs au Nicaragua. Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Montpellier. Diplôme d'agronomie approfondie. novembre 1988. 4" p., 16 fig., 6 tab., 18 annexes.

PEDOLOGIE

1 - Rappel des objectifs du programme

Le programme de pédologie défini en 1986 comportait 5 parties principales :

- Installation et exploitation d'un laboratoire d'analyses de sol, nécessaire pour obtenir des données d'analyses qui font largement défaut au NICARAGUA.
- Cartographie à grande échelle du bassin sud du lac de MANAGUA : il s'agit de compléter la carte déjà existante par les critères qui présentent de l'intérêt pour notre étude intégrée. Ces critères sont principalement les caractéristiques hydro-dynamiques des sols, importantes pour l'agrométéorologie et l'hydrologie, ainsi que la cartographie du talpetate.
- Cartographie à petite échelle des zones d'étude intensive du projet, comme les petits bassins représentatifs et expérimentaux, et la parcelle expérimentale de l'agrométéorologie. Il s'agit à la fois d'effectuer des mesures dans l'intérêt propre de la discipline (analyse du talpetate par exemple) et de fournir des données d'entrée aux modèles d'hydrologie et d'agrométéorologie.
- Compréhension de la pédogenèse du talpétate et explication du rôle qu'il peut jouer dans l'écosystème. Cette étude fait l'objet du sujet de thèse de Christian PRAT.
- Réalisation d'épreuves de simulation de pluie en coordination avec les hydrologues. Cette partie sera réalisée dans un double but : apporter des données d'entrée aux modèles de ruissellement que devront mettre au point les hydrologues et les agrométéorologues, et estimer l'influence de traitements de sols différents sur le ruissellement et la détachabilité des particules de sol.

Par ailleurs durant la période 87-88, 2 volets supplémentaires sont venus s'ajouter à ce programme:

- Cartographie de la surface des sols et suivi du recouvrement par la végétation, déchets, pierres, etc...
Cette cartographie et ce suivi sont indispensables pour la compréhension et l'interprétation des mesures de ruissellement et de transports solides.
- Bilan de deux ans de fonctionnement d'une partie du système anti-érosif installé par DIRENA aux "Altos de Sto. Domingo"

Ce travail correspond à un mémoire de fin d'année de 2 étudiants de l'école d'agronomie (ISCA), qui par la suite ont été

intégrés au programme. Cette étude, réalisée sous notre direction, est la première de ce type faite au Nicaragua.

Les résultats nous permettront dans le cadre de l'installations de systèmes anti-érosifs sur nos b.v. , d'établir un système comparable à celui qui a été mis en place sur le secteur étudié, mais qui ne présentera pas les mêmes défauts.

2 ACTIVITES REALISEES

2.1 Installation d'un laboratoire d'analyses de sols.

L'installation d'un laboratoire d'analyses de sols a commencé vers le milieu de l'année 85, après avoir passé un certain temps à la recherche d'un partenaire possédant déjà une infrastructure minimale (batiment, minimum de matériel). Le partenaire retenu a été finalement l'ISCA (Institut Supérieur des Sciences de l'Agriculture et de l'élevage), appartenant à l'Université de MANAGUA. Ce partenaire possède des locaux à l'intérieur de l'université déjà équipés pour l'installation d'un laboratoire (paillasse, eau et électricité), et un matériel important qui demeurait en magasin faute d'appui et de conseils pour leur installation et opération. En contre-partie l'apport de l'ORSTOM est d'assurer l'installation du matériel et la formation du personnel, ainsi que de fournir les réactifs permettant d'assurer le fonctionnement du laboratoire. Au point de vue personnel, l'ISCA apporte un responsable de laboratoire, l'IRENA 2 techniciens, et l'ORSTOM par Christian PRAT assure la formation et l'encadrement.

En octobre 88, suite à la réforme administrative faite en mai 88, l'ancienne IRENA récupéra le service d'étude des sols et des eaux du MIDINRA ainsi que le laboratoire qui lui est attaché. Nous avons donc décidé de déménager de l'ISCA pour aller nous installer dans ce laboratoire, choix d'autant plus nécessaire que nous ne pouvions plus faire la majeure partie des analyses chimiques à l'ISCA (voir ci-dessous).

Depuis le début 86, le laboratoire a pu réaliser les analyses physiques suivantes: densité réelle et apparente, granulométrie, pH (eau, KCl, NaF), pourcentage d'humidité, détermination des points de plasticité et de liquidité, indice de stabilité, et quelques rares mesures de pF. Comme analyses chimiques, nous avons fait la détermination de la matière organique, et un peu d'azote et phosphore. En effet, par suite des différentes réductions de crédits 86, du mauvais report des reliquats de crédits 85 et du retard dans l'exécution de la convention de 100.000 F passée avec le Ministère des affaires étrangères, nous n'avons pu acheter les réactifs indispensables à la réalisation des analyses chimiques qu'en 87. De plus les rampes de distillation et de minéralisation qu'avaient l'ISCA se sont cassées les unes après les autres, nous empêchant ainsi de faire un travail sérieux.

En appui aux agrométéorologues, le laboratoire a assuré une bonne partie des mesures sur les plants de maïs recueillis hebdomadairement sur les parcelles expérimentales (poids et surfaces foliaires, poids de tiges, poids de grains).

De même, c'est le laboratoire qui fait les analyses des échantillons d'eau prélevés aux exutoires des différents b.v. installés par les hydrologues, afin de déterminer la charge solide.

Enfin, après avoir élaboré un questionnaire, nous avons réalisé une enquête dans les différents laboratoires d'analyses des sols du NICARAGUA afin d'en connaître les moyens, le personnel, les types et les méthodologies d'analyses suivies, et les différents problèmes rencontrés par ces laboratoires. Un rapport a été remis à tous ces centres. Malheureusement, la direction de l'IRENA n'a pas cru bon de donner suite à ce travail alors que c'était l'occasion de commencer une coordination entre ces laboratoires, et essayer ainsi de résoudre les problèmes de fonctionnement (sous forme de prêt de matériel, de réactifs, etc...) et surtout, d'uniformiser et de normaliser les différentes méthodologies d'analyse. Maintenant que la DIRENA a récupéré le laboratoire de l'ancien département d'étude des sols du MIDINRA, ces problèmes se posent encore plus crument...

2.2 Cartographie à grande échelle du bassin sud du lac de Managua.

Dans un premier temps, le travail a consisté à faire des inventaires:

- de la documentation existante (cartes, analyses de sols, rapports...)
- des données du milieu naturel (climat, végétation, géomorphologie, géologie, etc...)
- des sols (reconnaissance sur le terrain, relevés...)
- des systèmes et des modes de cultures (petits paysans, coopératives, grands propriétaires, cultures attelées, manuelles ou mécanisées, cultures vivrières ou d'exportations...)

Etant donné la relative abondance d'information déjà existante dans les rapports produits par l'IRENA préalablement à la venue de l'ORSTOM au NICARAGUA (cartes des sols, reliefs, utilisation du sol, érosion), il n'a pas été donné priorité à la cartographie à grande échelle du bassin dans son ensemble. Le choix des bassins faisant l'objet d'études intensives (bassins représentatifs et expérimentaux) a été fait sur la base de l'information existante, et suivant des critères qui seront détaillés dans la partie hydrologie.

Toutefois, il est important de préciser que les documents existants présentent deux défauts:

- la précision affichée de la carte ne correspond pas à la précision du travail. Ainsi les cartes au 1/20.000 ne sont au

mieux, que des cartes aux 1/50.000, et sont plutôt comparables à des cartes aux 1/100.000.

- l'érosion est telle, que de nombreuses unités de sols, soit n'existent plus, soit ont vu leurs horizons supérieurs sérieusement décapés.

C'est pourquoi, la réalisation d'une carte des sols de l'ensemble du b.v. est toujours nécessaire.

2.3 Cartographie à petite échelle des unités d'étude

Cette activité a commencé en 86 avec l'élaboration de cartes topographiques au moyen d'un théodolite, des 5 bassins expérimentaux d'une superficie de l'ordre de l'hectare et du bassin représentatif "Sabana Grande" qui a environ 37 Ha.

Puis nous avons effectués les levées des sols, en prenant en compte les paramètres suivants: profondeur du sol, épaisseur des différents horizons, structure et texture, couleur, pH.

Les cartes de sols que nous avons faites sont composées de la carte des sols proprement dite, plus d'une carte de localisation des différents profils et des forages à la tarière, ainsi que d'un petit document présentant la méthodologie, les caractéristiques des différents sols, et une toposéquence. Actuellement nous disposons des cartes suivantes:

- Carte de "Sabana Grande" Ech. 1/2.500
- Carte de la parcelle expérimentale des agro-climatologues à la pépinière "Julio Canales" à Cofradía Ech.1/500
- Carte de "La Escuela" Ech. 1/500
- Carte de "La Hondonada" Ech. 1/500
- Carte de "El Guanacaste" Ech. 1/500
- Carte de "Sta. Leonor" Ech. 1/500

De plus, nous avons rédigé principalement à partir de données bibliographiques, deux petits documents:

- Apuntes sobre la precisión de los mapas de suelos (Notes sur la précision des cartes des sols)
- El problema de los límites de unidades de suelos (Le problèmes des limites des unités de sols)

2.4 Etude du "Talpetate"

Le relevé sur le terrain du "talpetate" est pratiquement terminé, ainsi que la bibliographie au niveau centre-américain (on appelle systématiquement "talpetate" tout horizon induré, quelque soit sa composition chimique, origine, etc... car ce mot vient du Nahuatl qui signifie justement sol de pierre/terre dure/ etc..).

Un suivi de 5 profils hydriques sur un de nos b.v. expérimentaux a été fait tout le long de l'année (mesures faites avec une sonde à neutrons 2 fois par semaine environ) afin d'étudier l'influence du "talpetate" sur l'hydrodynamisme. Ces cinq tubes ont été installés sur deux toposéquences sur le "haut-piedmont", dans une zone où l'on trouve le "talpetate" à des profondeurs et des épaisseurs différentes (cf toposéquence du b.v. expérimental "La Hondonada").

Ce suivi se terminera en Juin 89, et ce n'est qu'à ce moment que l'on pourra analyser les résultats car il est nécessaire de détruire le site afin d'y faire des prélèvements pour effectuer un étalonnage chimique, et voir si les tubes étaient bien implantés.

Une partie des échantillons qui ont été prélevés ont été analysés. Des mesures par diffraction aux rayons X, des photos par microscope électronique, etc... ont été réalisées à Bondy, en particulier grâce à l'appui scientifique et logistique de P. QUANTIN.

Fin 89, ces travaux feront l'objet d'une soutenance de thèse de C. PRAT.

2.5 Simulation de pluies

Ce n'est pas avant début 87 que nous avons pu commencer la simulation de pluie. Les deux premières années n'ont été qu'une série de malchances: l'atelier qui construisait la tour a mis plusieurs mois pour la faire (!), le moteur mécanique est tombé en panne, le limnigraphe a mis plusieurs mois avant d'arriver à bon port, etc...

En 87, le moteur électronique que nous avons reçu, fut mis hors-service à la suite d'une mauvaise manoeuvre dès le premier essai! Nous dûmes donc nous contenter du moteur mécanique, beaucoup moins précis et beaucoup plus délicat à manoeuvrer.

En 88, l'ensemble du système électronique a bien fonctionné... jusqu'à ce qu'une nouvelle panne nous obligea à nous arrêter!

Malgré toutes ces difficultés nous avons pu réaliser deux campagnes de simulation de pluies:

- en 87, nous avons effectué une série de pluies simulées afin de familiariser l'équipe au maniement de l'appareil, puis un peu moins de 40 pluies ont été simulées sur une quinzaine de parcelles situées dans le b.v. expérimental "La escuela" à "Sto. Domingo". Une cinquantaine d'échantillons d'eau d'environ 100cc ont été prélevés à chaque pluie. Nous devions suivre le profil hydrique de chaque parcelle avec une sonde à neutrons, mais celle-ci s'étant cassée, nous avons dû prélever environ 600 échantillons de sols.

- en 88, il y a eu 8 simulations sur 4 parcelles à la pépinière de DIRENA, 22 sur 11 parcelles dans le b.v. "Buenos Aires" de "Sabana Grande", 34 sur 17 parcelles dans le b.v. "La Hondonada"

à "Sto. Domingo" et une pluie sur une parcelle dans le b.v. de "Sta. Leonor". Les prélèvements d'échantillons d'eau étaient de l'ordre d'une quinzaine par pluies, et nous avons pu suivre les profils hydriques sur l'ensemble des sites en faisant des sondages, avant la pluie et à 15', 60', 120' et parfois 180' après la fin de la pluie.

Les objectifs de ces campagnes sont les suivants :

- détermination du comportement hydro-dynamique et de la quantité de sédiments arrachés en fonction des caractères dépendant du milieu naturel (unités de sols et pentes en particulier) .
- influence du degré d'humidité (IK) sur le ruissellement et l'érosion. Suite à différents essais effectués à "blanc", nous avons estimé que dans un premier temps, il était préférable de porter notre attention sur d'autres paramètres que celui-ci. C'est pourquoi, nous avons deux pluies par parcelle, l'une sur sol sec (IK = 0 avec $\alpha = 0.5$) et l'autre sur sol très humide (IK ≈ 50 avec $\alpha = 0.5$). En 89, nous prévoyons de faire plusieurs pluies sur une même parcelle mais en ayant à chaque fois un IK différent.
- étude de l'influence du "talpetate" dans le fonctionnement hydro-dynamique des sols, et son rôle dans l'érosion des sols.
- comparaison des modes de cultures: traction mécanique et animale, travail du sol (dans le sens de la pente ou non...), jachère.
- comparaison entre les types de cultures (oignons, maïs, haricots, jachère) mais jusqu'à maintenant nous sommes limités aux premiers stades de développement des plantes.
- qualité des résultats grâce à des répétitions sur des parcelles ayant les mêmes caractéristiques.

Les données brutes ont été enregistrées sur un programme mis au point par Philippe Vauchel, qui permet de les traiter et de fournir immédiatement les coefficients de hauteur de pluie, intensité, pluie d'imbibition, pluie efficace, lame ruissellée, lame infiltrée, ruissellement, et érosion, ainsi que les graphiques correspondant.

Ces données traitées ont été reprises, analysées et comparées grâce à un logiciel de traitement statistique (statgraphics).

Actuellement, il nous reste à terminer l'analyse des transports solides et de la pénétration du front d'humectation.

Un document d'une soixantaine de pages a été élaboré en espagnol, afin de servir de guide pour réaliser les simulations de pluies, ainsi que pour préparer les objectifs, la méthodologie, l'analyse et le traitement des résultats.

2.6 Cartographie de la surface des sols et suivi du recouvrement par la végétation, déchets, pierres, etc...

Un suivi de la cartographie de l'état de la surface des sols et de leur couverture, a été effectué tout le long de l'année 88, avec un rythme moyen d'une description toutes les deux semaines. Dans la mesure du possible, nous avons essayé en plus, de faire des observations après chaque pluie particulièrement violente.

Ces observations ont été faites sur les 5 b.v. expérimentaux et sur celui de "Sabana Grande". Quant aux autres b.v. représentatifs, ce sont les hydrologues qui en ont fait un suivi mais seulement du couvert végétal. Connaissant les sols, et avec nos observations sur les petits b.v., il sera facile de compléter ce type d'information et de les relier au ruissellement et au transport solide.

Chaque b.v. a été divisé en fonction des parcelles qui étaient cultivées. Ces parcelles ont été caractérisées (type de sols, pentes, orientation, etc...). L'ensemble des observations ont été enregistrées dans Statgraphics et Lotus, puis reprises manuellement afin de représenter graphiquement l'évolution du recouvrement des surfaces en fonction du temps. Jusqu'à maintenant nous nous sommes intéressé plus au degré de recouvrement des sols qu' à leur état de surface, car celui-ci passe très rapidement d'un état déstructuré à des croutes de battance très fines qui n'évoluent guère (Voir chapitre suivant).

2.7 Bilan de deux ans de fonctionnement d'une partie du système anti-érosif installé par DIRENA aux "Altos de Sto. Domingo"

Ce travail correspond à un mémoire de fin d'année de deux étudiants de 5eme année d'étude d'ingénieur agronome provenant de l'ISCA (Instituto Superior de Ciencias Agro-pecuarias). Ce mémoire a été proposé et encadré par C. PRAT.

Le travail de terrain s'est réalisé de fin 87 à début 88. Un document de plus de 70 pages a été rédigé. Celui-ci présente la méthodologie de travail, les résultats, les analyses et leurs interprétations et se termine par une série de recommandations parmi lesquelles est posé le problème de savoir si ce type de réalisation est réellement efficace pour ce secteur et si il ne vaudrait pas mieux ou ne rien faire, ou essayer d'autres systèmes de contrôle de l'érosion plus adaptés et plus "naturels" (bandes enherbées, cultures intercalées, etc..). La soutenance aura lieu en Janvier 89.

2.8 Formation

La formation du personnel nicaraguayen qui travaille avec nous se fait de façon permanente, toutefois, leurs connaissances théoriques étant faibles, il serait important qu'ils aillent compléter leur formation en France ou dans un pays tiers. Grâce au soutien de l'Ambassade de France au Nicaragua, deux bourses de stage en France devraient d'ailleurs être financées pour 1989.

En ce qui concerne les professeurs et les étudiants de l'ISCA, des sorties sur le terrain ont été préparées et assurées par nous-même. Des échanges de documentation, d'informations, etc... sont monnaie courante. Enfin au niveau du laboratoire d'analyses de sols, le personnel que nous avons formé a donné des cours aux professeurs et étudiants, monté des T.P., etc... Comme nous l'avons vu précédemment, nous avons également encadré un mémoire de fin de formation d'ingénieur agronome.

Les différents organismes intéressés par nos travaux sont informés de nos résultats. La mairie de Managua (ALMA) qui a dorénavant la responsabilité de l'aménagement non seulement de la ville mais également du b.v. qui l'entoure, est très demandeur de nos informations.

Enfin, nous avons touché le "grand public" grâce d'une part à plusieurs reportages fait par la TV nica. sur notre travail, et d'autre part grâce à notre participation à l'élaboration d'une (petite) partie d'une exposition permanente dans le parc national du volcan Masaya (situé à une vingtaine de kilomètres de Managua).

3 RESULTATS

3.1 Laboratoire d'analyses de sols

Malgré de nombreux aléas, déménagements, retards dans l'expédition de matériel et des réactifs, changement de personnel, etc... on peut considérer le fonctionnement du laboratoire dans le domaine d'analyses physiques comme tout à fait satisfaisant. Le personnel maîtrise bien les différentes manipulations, appareillages, etc..

Par contre, en ce qui concerne les analyses chimiques, même si de nombreuses manipulations ont été montées et réalisées avec succès (détermination N, P, K, CEC en particulier), on ne peut pas encore considérer le personnel comme capable d'affronter des situations "hors-programme". En effet, le personnel n'a pas encore suffisamment de maîtrise et de compréhension des phénomènes mis en jeu pour adapter des méthodologies en fonction des sols qui peuvent poser problèmes (sols salés, ferrallitiques, ferralsitiques, etc... qui sont des sols sur lesquels nous n'avons pas travaillé).

Les résultats des analyses fournies par le laboratoire sont incluses dans les différents paragraphes qui suivent (cartes des sols, simulation de pluie, etc...).

3.2 Cartographie à grande échelle du bassin sud du lac de Managua

Actuellement nous ne disposons que des documents élaborés par IRENA, avec les limitations d'utilisation que nous avons vu précédemment (§ 3.2)

Toutefois à partir de différenciations basées sur la géomorphologie, la géologie et les sols, le climat, le milieu naturel, les systèmes agraires et la socio-économie, on peut globalement diviser le B.V. sud du lac de Managua en cinq zones :

- la plaine, va des bords du lac (60 m) jusqu'à 150 m d'altitude, les pentes sont faibles (0.5 à 10%). Les sols sont des sols bruns andosoliques et alluvionaux, généralement très profonds, riches en mat. orga., argilo-limoneux. La pluviométrie est de l'ordre de 1.100 mm/an, avec cinq mois de sécheresse quasi absolue (décembre à avril) et une température moyenne annuelle de 28°C. L'exploitation agricole est très intensive, mécanisée et les surfaces des fermes, privées ou coopérativisées (CAS, CCS) (1), sont très importantes (autour d'une centaine d'hectares). Les cultures sont ou étaient souvent du coton, lequel a été généralement remplacé par du maïs et du sorgho fourrager.

- le piedmont, zone intermédiaire comprise entre 150 et 500 m d'altitude, que l'on peut subdiviser en deux zones: le "bas-piedmont" qui a un relief ondulé (pentes de 10 à 30 %) et le "haut-piedmont" à fortes pentes (40 à plus de 80 %). Dans les deux cas, les sols alluvionnaires, très profonds, occupent le fond des petites vallées. Les pentes et les sommets sont couverts par des sols bruns andosoliques, superficiels, et possèdent pour la plupart un "talpetate". Ces sols sont argilo-limoneux à sablo-limoneux et sont riches en mat. orga. . La pluviométrie oscille entre 900 et 1100 mm/an selon les zones, et comme précédemment la saison sèche est très marquée. La température moyenne annuelle varie entre 24 et 27°C. Dans la zone de piedmont ondulé, l'exploitation agricole est très semblable à celle de la plaine. Mais le coton a généralement été remplacé par le maïs et le sorgho à cause entre autre de la baisse de la production dans ce secteur dû à la perte de sols et de leur fertilité. Par contre dans la zone de piedmont à fort relief, l'exploitation agricole est

1 CAS: Cooperativa Agrícola Sandinista; coopératives où les moyens de production et la terre appartiennent à tous. Les bénéfices sont redistribués à l'ensemble des membres en fonction de leur travail et de leurs responsabilités .

CCS: Cooperativa de Servicios y de Creditos; coopératives où les membres se regroupent pour avoir des crédits, et/ou pour cultiver ensemble, etc... mais les profits restent liés aux parcelles (système très proche de nos GAEC)

intensive mais manuelle et animale (araire tirée par une paire de boeufs). Les surfaces sont très petites (de quelques dizaines d'ares à quelques hectares). Les paysans sont soit propriétaires de leurs terres, soit regroupés au sein de coopératives (CAS, CCS). Les cultures sont maraichères (le million d'habitants de Managua étant un débouché évident), et vivrières (maïs, haricot rouge, riz pluvial, sorgho).

- la montagne, est le secteur se trouvant au dessus de 500 m, le sommet étant aux environs de 900m, les pentes sont fortes à très fortes (30 à plus de 100%) et le relief est très entaillé. Les sols sont superficiels à moyennement profonds et possèdent un "talpetate". Ces sols sont riches en mat. orga., argilo-limoneux à sablo-limoneux. La pluviométrie atteint 1600 mm/an et la présence de brumes et de rosées permettent au sol, couvert par une abondante litière, de ne pratiquement pas se dessécher contrairement aux cas précédents. La température moyenne annuelle oscille entre 20 à 24°C. On trouve dans ce secteur principalement du café, des bananiers et de la forêt (généralement associés). Il est important de noter que la couverture arborescente est très importante contrairement aux deux autres secteurs. Les terres appartiennent à de grands propriétaires où à des coopératives (CCS, CAS ou UPE) (2) .

- Les coulées de lave et le volcan de Masaya

- La ville de Managua et ses faubourgs

3.3 Cartographie à petite échelle des unités d'étude

La cartographie à petite échelle des unités d'étude a été réalisée pour 4 unités:

- Parcelle expérimentale de la pépinière "Julio Canales"
- Sabana Grande et Buenos Aires
- La Hondonada, El Guanacaste, La Escuela (Los Altos de Santo Domingo)
- Santa Leonor (rédaction de la carte en cours)

Les principales caractéristiques de cette cartographie sont présentées en annexe sous le titre "CARTOGRAPHIE PEDOLOGIQUE"

2 UPE: Unidad de Produccion Estatal; les paysans sont des salariés de l'entre- prise agraire où ils travaillent.

3.4 Etude du talpetate

3.4.1 Genèse, caractéristiques

La bibliographie à notre disposition, montre que sous un même vocable local "talpetate", "tepetate", on trouve des réalités très différentes. En effet ces noms proviennent des mots Nahuatl tetl = roche, pierre et petatl = dure, résistant, ce que l'on traduit généralement par "pierre dure". Par extension, les sols "talpeteux" sont des sols indurés, ayant des croûtes d'induration, et de mauvaise qualité agricole.

La classification US et de la FAO ont classé ces "talpetates" sous le terme générique de "duripan".

Au Mexique comme en Equateur, il semble que la plupart des "tepetates" sont d'origine pédologiques, et sont dûs à des migrations d'argiles et à des dépositions de calcaire. Par contre au Nicaragua et peut-être au Salvador, les "talpetates" ont une origine volcanique, et les processus pédologiques qui existent sont essentiellement des processus de destruction du matériel.

En effet, le "talpetate" ici correspondrait à une coulée phréato-magmatique provenant de l'ancienne caldera de l'actuel volcan Masaya, et aurait eu lieu entre -500 et - 4000 AC, (la période comprise entre -2500 à -4000 AC est la plus probable).

Le "talpetate" est constitué à 50% par des argiles principalement de type halloysites et méta-halloysite, et très peu d'allophanes.

Plusieurs couches compactes et à nodules, se superposent alternativement. A la base du premier dépôt, le "talpetate" a des empreintes de feuilles d'arbres fossilisées, qui pourraient être facilement identifiées par un paléo-botaniste.

On trouve cet horizon dans l'ensemble du b.v. sud du lac de Managua et autour de la caldera du volcan Masaya. Les épaisseurs varient entre plus d'un mètre à quelques centimètres, selon que l'on est plus ou moins loin de la source d'émission, de la position dans le paysage et de son degré de destruction. Sa position dans le profil varie également de la surface à plus de 2 m de profondeurs, selon la position dans la toposéquence (cf toposéquence #).

3.4.2 Rôle du "talpetate" sur l'hydro-dynamisme et l'érosion

Le "talpetate" semble ralentir la pénétration du front d'humectation en début de saison des pluies. Une fois celle-ci en place, le "talpetate" semble favoriser un drainage latéral à sa surface, ce qui favorise le départ des horizons de surface. Toutefois, le "talpetate" de par sa résistance sert de plancher au ruissellement ce qui empêche un affouillement du sol plus profond. Mais dès que le

"talpetate" disparaît ou est trop destructuré, l'érosion reprend, d'autant plus intensément que l'eau aura pris de la vitesse sur la zone "imperméabilisée" par le "talpetate".

3.5 Simulation de pluies

3.5.1 Caractéristiques des pluies

A partir de nos données portant sur l'ensemble du B.V. mais qui sont sur une courte période (2 à 3 ans), et sur les mesures effectuées par les stations climatologiques de l'aéroport A.C. Sandino, et de l'université UNAN, portant sur une longue période (plus de 30 ans), il semble que l'on peut globalement considérer que les courbes d'intensité-fréquence-durée correspondant au tableau ci-dessous sont valables pour la majeure partie de notre secteur d'étude.

C'est sur cette base que nous avons établi les séquences des pluies que nous avons reproduites, 24 heures séparant les 2 pluies que nous simulons sur une même parcelle.

Intensités-durées des pluies simulées et récurrences.

INTENSITE (mm/h)	DUREE (mn)	HAUTEUR D'EAU (mm)	RECURRENCE
40	30	20	ANNUELLE
120	15	30	DECENALE
90	30	45	QUINQUENALE
60	15	15	ANNUELLE
40	15	20	ANNUELLE
TOTAL	105	130	

3.5.2 Interprétation

Globalement, pour une même pente, la différence de nature de sol, et des premiers horizons (sols bruns andosoliques, sols alluvio-colluvionaires; superficiels, moyennement profonds, très profonds; à horizon induré ou sans, etc...) semble ne pas entraîner de grande différence dans la nature et le degré de l'érosion. En effet, nous avons en surface une texture (limono-argilo-sableuse) et une structure (grumeleuse à polyédrique sub-anguleuse) qui se retrouvent dans presque tous ces sols. Même les sols très sableux, mais à horizon compacté ont sensiblement le même comportement que les autres.

La présence du "talpetate" près de la surface ne semble pas non plus influencer beaucoup l'hydrodynamique.

Globalement, le degré de l'intensité de l'érosion repose avant tout sur la pente, le degré d'humidité du sol, le travail du sol qui conditionne l'état de surface du sol (formation d'une très mince pellicule de battance), et le degré de couverture du sol.

Toutefois, le travail du sol a un effet très limité dans le temps, car la structure étant très fragile, il suffit d'une pluie de forte intensité comme celle que nous simulons pour détruire les agrégats et former une pellicule de battance. Ainsi, si les labours en courbes de niveau limitent le ruissellement dans un premier temps, dès la 2ème pluie, les sillons sont comblés et des débordements ont lieu, provoquant un arrachage des particules de terre. Il faut noter au passage, que ces débordements peuvent se produire pendant la 1ère pluie. En ce qui concerne les labours en faveur de la pente, le ruissellement est immédiat. On ne peut donc considérer qu'une méthode soit particulièrement supérieure à l'autre, dans la lutte contre l'érosion. On peut simplement estimer que la culture en courbe de niveau est "globalement" meilleure, sans pour autant constituer une panacée.

La pente joue un rôle important dans le ruissellement et le transport de particules mais n'explique pas tout. Ainsi dans le cas de Cofradia, où les pentes sont de quelques pour-cent, le ruissellement peut varier de 0% à 70%. Dans le premier cas le sol est couvert à 95%, et dans l'autre il est dénudé, et compacté.

Le degré d'humidité des sols est un facteur très important dans la mesure où sur sols secs ($IK = 0$) le ruissellement est très faible (quelques %), et ce quelque soit la préparation du sol (labouré ou non, à faveur ou contre la pente, etc...). Dès que le IK a une valeur au moins égale ou supérieure à 30, le ruissellement devient important. Son intensité sera alors conditionnée par d'autres facteurs.

Le degré de couverture du sol, que ce soit par de la végétation, des débris (à moitié enterrés ou non), ou des morceaux de "talpetate" est le principal facteur de l'érosion des sols des b.v. étudiés. Pour des sols couverts à près de 100%, on ne note pratiquement aucun ruissellement à la première pluie, puis de l'ordre de quelques pour-cent pour les pluies suivantes. Evidemment, plus le pourcentage de la couverture baisse, et plus le ruissellement augmente.

Au cours de l'année, un de ces facteurs pourra prédominer sur l'autre. Nous avons mesuré grâce au mini-simulateur des ruissellements de l'ordre de 25 à 80%, avec en moyenne des valeurs de 50 %.

Un document en espagnol présentant l'ensemble des résultats en simulation de pluies est présenté en annexe sous le titre "SIMULACION DE LLUVIA".

3.6 Cartographie de la surface des sols et suivi du recouvrement par la végétation, déchets, pierres, etc...

Cette cartographie nous montre que l'évolution de la couverture est extrêmement rapide puisqu'une semaine après le début des pluies, le sol est couvert à 25 %. Toutefois il faut analyser la qualité de la couverture fournie au début surtout par le coyolillo. Cette plante étant un petit carex, la protection du sol par les feuilles est très faible, mais du fait du grand développement racinaire, il retient bien le sol.

En fait, ce n'est qu'au bout de deux à trois semaines que les sols sont vraiment protégés et ce, grâce avant tout aux cultures... sauf celle de l'oignon, qui ne couvrira au maximum que 35% du sol!

Dès les premières pluies, une très fine croûte de battance (1 mm) se forme sur toute la surface des sols, rendant ainsi difficile la pénétration de l'eau dans les pores. Les agrégats, déjà naturellement peu nombreux, sont entièrement destructurés. Généralement les sols sont recouverts par de nombreux graviers et sables, plus ou moins encastrés dans la croûte de battance. Le "talpetate" joue à cet égard un certain rôle protecteur car les nombreux morceaux en couvrant le sol permettent à l'énergie cinétique des gouttes de pluie de se libérer sur eux et non sur le sol. La présence de micro-demoiselles s'explique ainsi.

Chaque nettoyage des cultures par les agriculteurs implique une réactivation du rôle de l'état de surface dans le ruissellement et l'érosion, alors que quand les cultures sont développées, c'est la couverture qui régit l'érosion.

Toutefois l'intérêt essentiel de cette cartographie est de permettre de faire des corrélations avec le ruissellement et le transport solide.

Actuellement nous attendons d'avoir les résultats des mesures faites par les hydrologues pour pouvoir faire les interprétations idoines.

3.7 Bilan de deux ans de fonctionnement d'une partie du système anti-érosif installé par DIRENA aux "Altos de Sto. Domingo"

3.7.1 Résultats des mesures et des observations

En 86 et 87, IRENA dans une petite partie de la zone de "haut-piedmont" a construit un système anti-érosif d'absorption, constitué par plusieurs dizaines de kilomètres de talus, bordés en amont par un canal. D'autre part, IRENA a installé de nombreux seuils en bois dans les ravines et a assuré une campagne d'information permanente auprès des agriculteurs de ce secteur.

Fin 87 nous avons établi un bilan de l'état d'une partie de ces ouvrages, et nous y avons associé une enquête socio-économique dont voici les principaux résultats. Globalement, le système de talus couplés à un canal ne fonctionne pas pour des raisons théoriques et pratiques :

Americaine

- la formule pour calculer l'espacement entre deux terrasses est tirée d'une formule mexicaine (3) qui se base sur la pente et la pluviométrie annuelle, oubliant ainsi l'importance des intensités maximales des pluies et sub-estimant le volume des eaux à évacuer.

- le principe même du système reposant sur l'infiltration de l'eau dans les canaux implique que l'on agit sur les effets de l'érosion et non sur ses causes. De plus, on ne tient pas compte dans notre cas, de la présence du "talpetate" qui nécessairement limite l'infiltration.

- les sols étant très fragiles, toutes les constructions en terre sont également très fragiles, et elles le sont d'autant plus qu'elles sont piétinées par les animaux et par les gens qui circulent. En deux ans, la hauteur des talus a diminué de trois à quatre fois par rapport à sa hauteur initiale. Quant aux canaux, si la majorité n'ont plus que 20 % de leur profondeur initiale au moment des travaux, il y a de très nombreux endroits où les canaux sont complètement comblés.

- le respect des données fournies par les calculs (calculs qui sous-estiment le volume des pluies et donc la largeur des terrasses, etc...) est difficile à réaliser tant du point de vue de la réalisation mécanique du travail (problèmes du non-respect du suivi en courbes de niveaux, ce qui entraîne par exemple, l'absence de relation entre la pente et la largeur de la terrasse), que de l'impact socio-économique qu'implique l'immobilisation d'une partie des terres sous forme de canaux et de talus (les mesures qui étaient trop contraignantes pour les paysans ont été "assouplies" en augmentant la largeur des terrasses). Ainsi, selon nos mesures, pour une même pente, la largeur de la terrasse selon la formule utilisée par IRENA devait être de 9 m, on a en réalité des valeurs variant entre 13 et 40 m !

- malgré le fait que ces terrasses soit d'absorption, on prévoit généralement quelques canaux de débordement afin d'évacuer l'eau excédentaire. Ici, aucune terrasse n'en possède.

^M
3 Equation de RANSER: $I.V = (2 + P/3 \text{ (ou 4)}) \times 0.305$
où I.V. = Intervalle vertical

P = Pente

3 (ou 4) = Facteur correspondant à des zones recevant plus de 1.200 mm/an (4)

ou moins de 1.200 mm/an (3)

0.305 = facteur de conversion pour passer des pieds aux mètres

$I.H. = I.V/P \times 100$

où I.H = Intervalle horizontal

I.V = Intervalle verticale

P = Pente

A ces données s'ajoutent les caractéristiques propres des systèmes de cultures. qui comme nous venons de le voir peuvent accélérer l'érosion.

Pourtant, malgré les trop nombreuses perforations des talus, les paysans réparent systématiquement les dégâts, plantent des arbustes... même s'ils savent que les boeufs viendront les manger en saison sèche! Cette attitude est le fruit du travail de conscientisation de l'IRENA qui a réussi à persuader les paysans de l'enjeu de la conservation des sols. Ainsi pratiquement tout le monde suit les talus et cultive en courbes de niveaux... même si elles présentent toutes des défauts d'horizontalité.

Les paysans sont demandeurs d'une solution permettant de réduire dans des proportions acceptables l'érosion des sols... à condition que les recommandations faites ne consistent pas à leur interdire de cultiver leurs terres!

Il est important de noter que les seuils construits en bois ou en gabions, ont effectivement permis le contrôle des ravines. Toutefois, il faudrait qu'il y ait maintenant un programme de revégétalisation de ces ravines pour les stabiliser définitivement.

3.7.2 Conclusions et recommandations

Bien que nous n'ayons pas de B.V. équipés qui soient dotés de ce système anti-érosif (4), on peut constater par un suivi de l'état de cette structure et des brèches dans les talus, que le ruissellement et le transport solide se situe probablement dans le même ordre de grandeur que s'il n'y avait rien eu de fait. Au lieu d'une érosion en griffe et répartie sur l'ensemble des champs, nous avons une concentration de l'eau en quelques points qui provoque une érosion en ravines (profondeurs >50 cm, largeur >35 cm). De même, ce n'est pas le fait de cultiver en suivant les talus qui change grand chose dans la dynamique érosive.

On peut penser que si le système avait été bien conçu et réalisé, les résultats auraient été différents. En fait ce n'est pas si sûr, car ce système agit sur les effets (ruissellement) et non les causes (infiltration réduite) de l'érosion. Pour cela il faudrait essayer de développer des systèmes BIOLOGIQUES et non pas HYDRAULIQUES comme par exemple faire des bandes enherbées qui joueraient le rôle de filtre (terrasses progressives), cultiver en bandes alternées, promouvoir les cultures dérobées, et prendre une série de mesures tendant à modifier certaines pratiques (interdire et/ou limiter les surfaces en oignons, interdire le brulis, enterrer à moitié les résidus, limiter

4 Le programme de recherche intégrée du B.V. sud du lac de Managua devrait logiquement continuer par des mesures et observations sur les mêmes B.V. qui seraient aménagés selon les différentes recommandations émises dans ce texte... mais la décision de continuer, reste encore à prendre au sein de l'ORSTOM.

le temps de repos entre deux labours croisés où l'un est forcément dans le sens et l'autre perpendiculaire à la pente, interdire l'accès du bétail aux champs par la construction de barrières, utiliser les gros morceaux de "talpetate" comme filtre et protection contre la pluie et le pietinement dans les chemins, etc...)

Vis-à-vis des cultures hautement mécanisées, il est également nécessaire d'introduire comme dans le cas précédent des systèmes biologiques de contrôle de l'érosion, et modifier certaines pratiques culturales (réduire la vitesse de passage et donc de rotation des disques, limiter l'utilisation des herbicides, labourer en début de saison des pluies, etc...).

Ce n'est qu'en associant des systèmes biologiques anti-érosifs à des systèmes agraires, des modes et types de cultures appropriés aux conditions du milieu que l'on peut espérer contrôler et limiter l'érosion, phénomène qui est dans ce cas davantage d'origine humaine que géologique..

HYDROLOGIE

1 - Rappel du programme comme défini fin 86

Le programme de l'hydrologie au NICARAGUA se divise en trois parties principales :

- Analyse des données de précipitation de longue durée disponibles.
- Modélisation des débits de pointe de crue et volumes écoulés au moyen de bassins représentatifs, en utilisant la méthodologie classique de l'ORSTOM.
- Etude du ruissellement et des transports solides sur petits bassins expérimentaux de superficie de l'ordre d'un ha. Essai de modélisation du ruissellement en utilisant comme données d'entrée des résultats de simulation de pluie. Quantification des transports solides. Recherche d'une relation entre les transports solides et l'agressivité de la pluie, les types de sol et les types de cultures. Expérimentation d'aménagements anti-érosifs et comparaison avec un bassin témoin.

2 - Activités réalisées

2.1 - Analyse des séries pluviométriques de longue durée.

L'étude des séries pluviométriques de longue durée a été entreprise sur 24 stations comportant de 7 à 80 années de données suivant les cas. Nous avons réalisé fin 88 :

- L'étude des pluies annuelles : critique, homogénéisation et extension par la méthode du vecteur régional de Y. BRUNET-MORET, étude fréquentielle par le programme des 10 lois. Une première version de cette étude rédigée en espagnol est présentée en annexe.
- L'étude des pluies mensuelles : il s'agit d'une étude de la répartition des pluies dans l'année, et de l'étude fréquentielle des pluies mensuelles toujours par le programme des 10 lois. Cette étude est réalisée depuis 1987 mais reste à dactylographier.

- L'étude fréquentielle des pluies journalières : il s'agit de l'ajustement aux séries de pluies journalières passant un certain seuil des lois de GALTON et de GOODRICH tronquées, et du choix sur des critères graphiques de la meilleure loi. Cette étude a été faite en 1987 mais reste à rédiger.

Il nous reste à faire :

- L'étude fréquentielle des pluies décennales, qui servira au zonage climatique prévu en agrométéorologie.

- Une étude sur les intensités-durées-fréquences et les formes d'averses à partir de nos données pluviographiques lorsque celles-ci auront une durée suffisante (3 à 4 ans), et si possible à partir d'une station de longue durée.

On remarquera que pour l'ensemble de ces études, un effort important d'écriture ou adaptation de logiciels a été réalisé :

- Adaptation sur IBM-PC des programmes "Vecteur Régional", "Dix Lois", "Lois de GALTON et GOODRICH tronquées", "Traitement pluviographique général (POH126)".

- Ecriture complète d'un logiciel type "PLUVIOM" en espagnol comportant un module de traitement de la pluviométrie et un module de traitement de la pluviographie. La partie pluviométrique permet saisie et édition de pluies journalières, impressions comparatives, calcul de pluie moyenne sur un bassin, calcul des indices d'humidité antérieure IK, sortie de fichiers ASCII. La partie pluviographique permet le traitement des cartouches des pluviographes ELSYDE, la saisie manuelle de pluviogrammes, le traitement de la pluviographie par le programme adapté du POH126, et prochainement une gestion complète de la pluviographie, avec constitution de fichier de base en séquentiel indexé, et quelques traitements de base et graphiques.

2.2 Etude de bassins représentatifs.

Depuis la fin 86, 2 bassins représentatifs nouveaux ont été installés, et les bassins représentatifs sont actuellement au nombre de quatre. Ce sont :

- SAN JUDAS (15,7 km²) avec 3 ans d'observations assez bonnes. Ce bassin très allongé (10 km) représente toute la transition entre la zone de montagne (900 m, pentes fortes à très fortes, végétation pérenne importante) et les faubourgs de Managua où l'on se trouve sur une zone de piedmont (300 m d'altitude, pentes moyennes, mélange de végétation pérenne et de cultures annuelles, présence de villages et hameaux).

- SABANA GRANDE (37 ha) avec 3 ans de bonnes observations. Ce bassin se trouve dans une zone de cultures annuelles mécanisées (maïs, sorgho, haricot, etc...), sur des pentes faibles à moyennes.

- POCHOCUAPE (50 ha environ) avec 2 ans de bonnes observations. Ce bassin représente un fond de vallée peu cultivé, mais parsemé de petites fermes et habitations qui semblent y provoquer l'essentiel du ruissellement.

- EL PLATANAL (30 ha environ) avec 2 ans de bonnes observations. Il s'agit d'un bassin presque complètement en végétation pérenne (bananiers principalement).

Un 5eme bassin représentatif (SAN ISIDRO, 7 km²) qui avait été observé en 86 a dû être abandonné courant 87 suite à des sabotages répétés des appareils.

Suivant les stations, 80% à 100% des événements ont été enregistrés. Une trentaine de jaugeages réalisés en 1988 ont permis une première définition des courbes d'étalonnage des diverses sections. Actuellement la saisie des mesures de terrain sur ordinateur en vue de leur interprétation par HYDROM et autres logiciels est pratiquement terminée, et un rapport de campagne et 1ere analyse des résultats sortira à la fin du 1er trimestre 1989.

2.3 - Etude de bassins expérimentaux.

Cinq bassins versants expérimentaux de superficie de 1 à 2,5 ha ont été installés courant 86 ou début 87. Ce sont :

- BUENOS AIRES, sous-bassin de SABANA GRANDE.
- LA ESCUELA, bassin des Altos de Santo Domingo.
- LA HONDONADA, bassin des Altos de Santo Domingo.
- EL GUANACASTE, bassin des Altos de Santo Domingo.
- SANTA LEONOR, sous-bassin de EL PLATANAL.

Les registres d'observations pluviographiques et limnigraphiques sur ces bassins sont presque complets. Cependant les données limnigraphiques de 1987 sont d'assez mauvaise qualité pour 2 raisons:

- variations fortes des niveaux de sédimentation des sections, entraînant des détarages constants des sections, qui n'ont pu être suivis et corrigés avant août 86.

- mauvaise liaison entre le niveau de l'eau dans la section et le niveau enregistré par les limnigraphes sur 3 des appareils, pour cause d'orifices de communication insuffisants.

En 1988, ces défauts ont pu être corrigés en grande partie. Il sera toutefois nécessaire de rendre plus sensibles et plus précises encore ces stations de mesure en 1989.

Une vingtaine de jaugeages réalisés en 1988 sur ces stations ont permis une première approche pas trop imprécise des courbes d'étalonnage.

Il était prévu de prendre des échantillons d'eau sur les stations des bassins expérimentaux afin de mesurer les débits solides. En 1988 près de 500 bouteilles d'eau ont été prélevées sur l'ensemble des bassins. Malheureusement, une partie des résultats a été perdue par le laboratoire. D'autre part la plupart des prélèvements correspondent à des crues faibles, et la représentativité des mesures risque d'être mauvaise. Cela est dû à la difficulté presque insurmontable de trouver un observateur disposé à prendre des échantillons d'eau la nuit et lors des plus gros orages, avec un salaire peu motivant. Cette difficulté imprévue hypothèque sérieusement l'essai de modélisation des transports solides prévu à notre programme. Il serait souhaitable afin d'assurer une bonne qualité des mesure de passer à un système de prélèvements automatiques, mais existe-t-il un appareil adapté?

La plupart des données des bassins versants expérimentaux est actuellement saisie sur ordinateur, et l'analyse des résultats fera l'objet d'une publication à la fin du 1er trimestre 1989.

3 - Premiers résultats en hydrologie.

Etant donné l'imminence de la sortie d'un rapport sur les résultats obtenus en hydrologie depuis le début de notre programme, il ne nous a pas semblé opportun de présenter ici des résultats provisoires susceptibles d'être modifiés par la suite. On trouvera toutefois en annexe 3.1 sous le titre "PLUIES ANNUELLES DANS LA REGION DE MANAGUA" les résultats de l'homogénéisation et de l'étude fréquentielle des pluies annuelles, qui sera l'un des chapîtres du document annoncé.

CONCLUSION

Le programme de recherche de la mission ORSTOM au Nicaragua entre en 1989 dans une phase d'interprétation de données et d'élaboration des premiers rapports scientifiques. Dans ce contexte, le montage d'un séminaire "Bassins Versants" au Costa Rica est une bonne occasion de valoriser le travail de recherche fait au Nicaragua. La participation au séminaire de l'agrométéorologie dépendra de la prise en compte ou non du terme "Mise en valeur agricole" dans le programme de ce séminaire. En hydrologie et en pédologie, il devrait être possible de présenter des premiers résultats concernant la modélisation des écoulements sur petits bassins versants dans le contexte du bassin sud du lac de Managua, ainsi qu'un ensemble d'observations et de réflexions sur le problème de l'érosion. Il serait cependant souhaitable afin d'améliorer la qualité des présentations que ce séminaire puisse avoir lieu nettement après la saison des pluies, afin de pouvoir inclure l'interprétation des dernières mesures dans les communications.

MISSION ORSTOM AU NICARAGUA

ETUDE INTEGREE D'ECOSYSTEME
DU BASSIN SUD DU LAC DE MANAGUA

RAPPORT D'ACTIVITES 1987 - 1988

P. VAUCHEL

A N N E X E S

Table des Matières :

Annexe 1.1 : Caractéristiques des sols.
(page 1).

Annexe 1.2 : Etalonnage de la sonde à neutrons en sols volcaniques.
(page 10).

Annexe 1.3 : Mesures biologiques sur Maïs. Mise au point de la méthodologie.
(page 15).

Annexe 2.1 : Cartographie pédologique des unités d'étude.
(page 32).

Annexe 2.2 : Simulation de pluies.
(page 48).

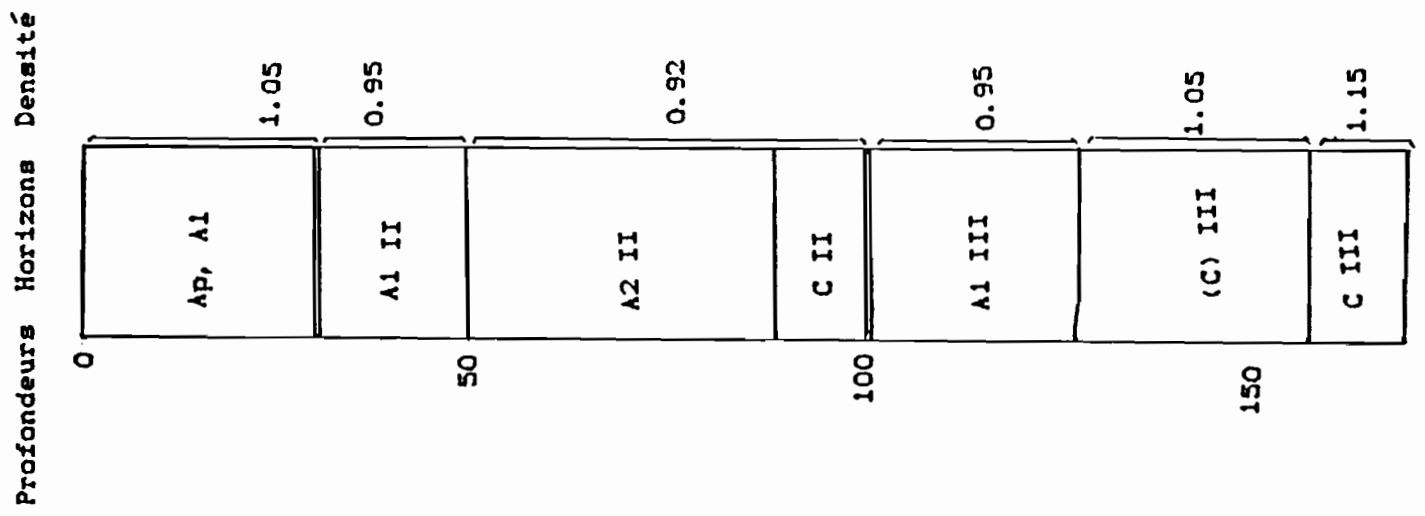
Annexe 3.1 : Etude des pluies annuelles sur la Bassin Sud du lac de Managua.
(page 86).

A N N E X E 1.1

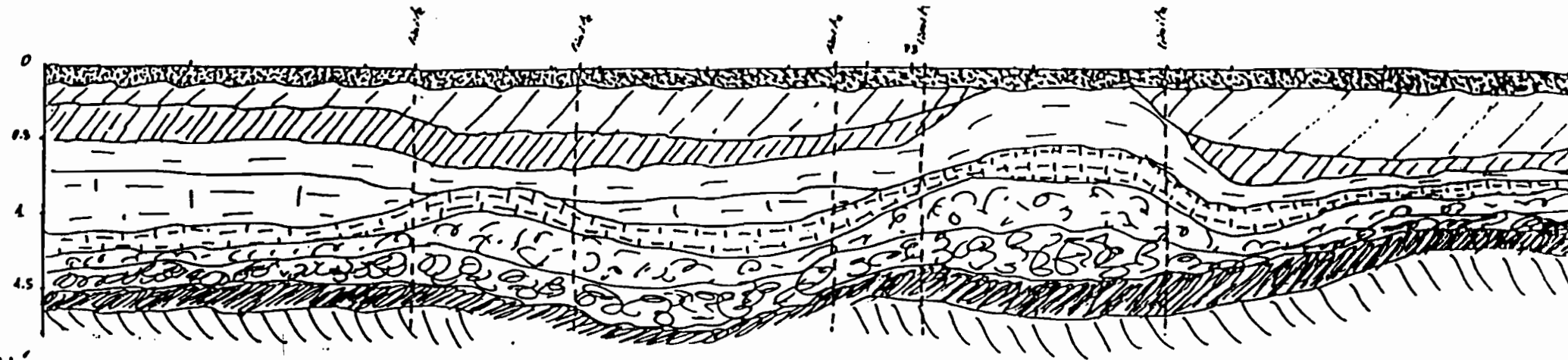
Caractéristiques des sols.

Figure 1

COUPE PEDOLOGIQUE
AU NIVEAU DU SITE No 1



TOPOSEQUENCE DES SOLS DE LA PARCELLE EXPERIMENTALE
(Voir carte)



Unités
De sols

Horizons

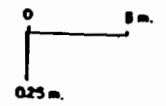
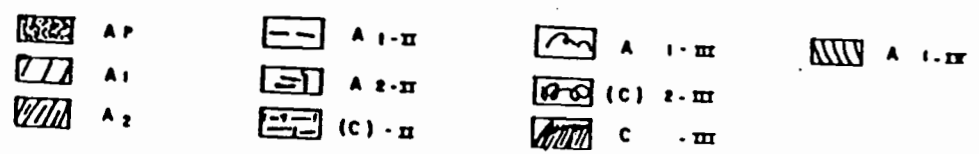


Figure 2

- ANALYSE GRANULOMETRIQUE - (D·DU CLARY)

profondeur de l'échantillon	SG (%)	SF (%)	LG (%)	LF (%)	A (%)
Surface	16,4	21,3	8,5	23,9	30,0
30 cm	12,3	18,1	8,5	30,4	30,9
50 cm	14,2	20,4	4,8	30,8	29,8
70 cm	17,6	30,8	8,4	22,5	20,7
100 cm	13,7	26,1	7,8	28	24,4
126 cm	17,4	27,3	19,7	22,15	13,4
140 cm	13,0	24,5	31,8	24,4	6,9

SG : sables grossiers

SF : sables fins

LG : limons grossiers

LF : limons fins

A : argiles

.....

(Figure 3)

MESURES DE DENSITE SECHE APPARENTE

mesures de David (1986)

profondeur en cm	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
densité	1.09	0.97	0.88	0.86	0.97	0.92	0.84	1.01	1.11	0.99

profondeur en cm	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
densité	0.99	1.05	0.94	0.98	1.03	1.14	1.17	1.27	1,26	1.13

profondeur en cm	210	220	230
densité	1.08	1.22	1.24

mesures de Thierry (1987) .

profondeur en cm	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
densité	1.03	1.04	0.96	0.92	0.93	0.91	0.93	0.94	0.97	0.97

profondeur en cm	110	120	130	140	150	160
densité	1.00	1.07	0.93	1.18	1.12	1.14

Détermination de la capacité au champ -

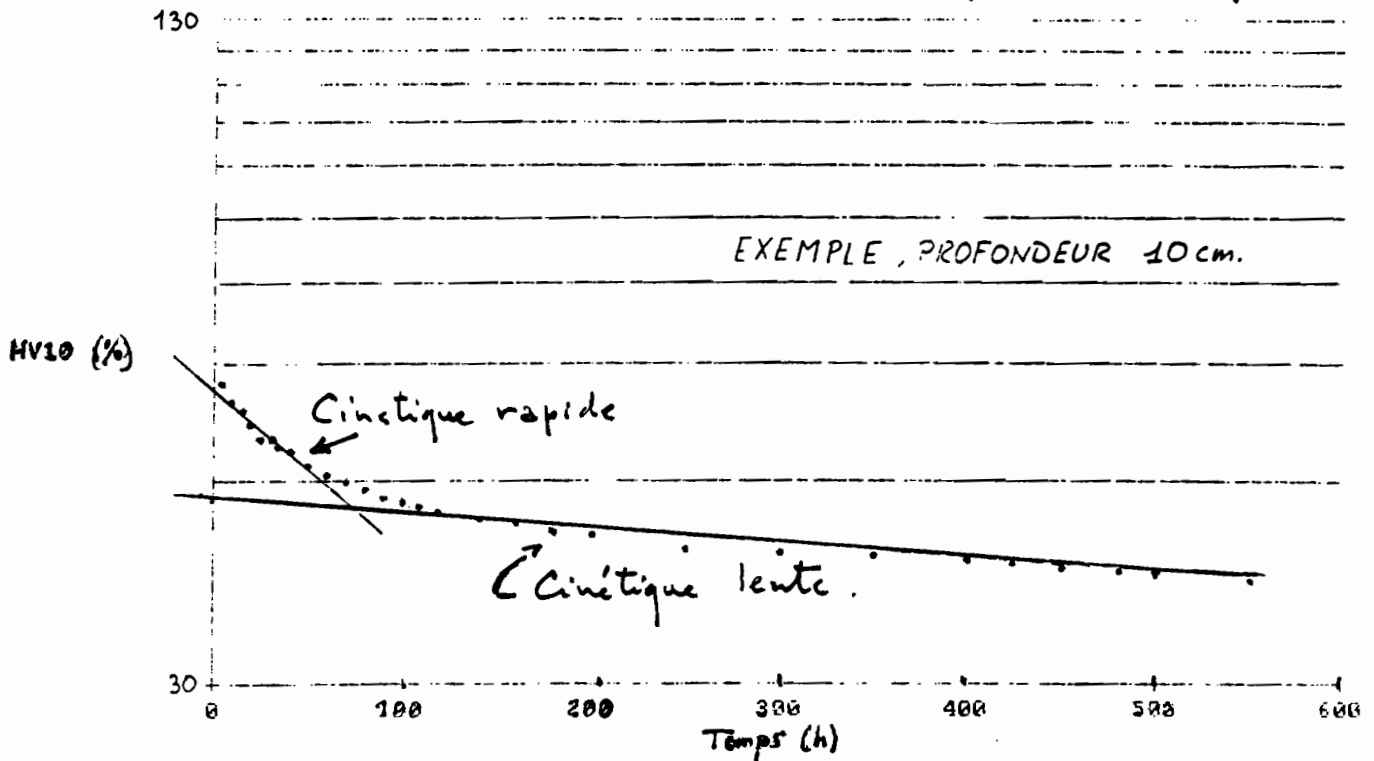
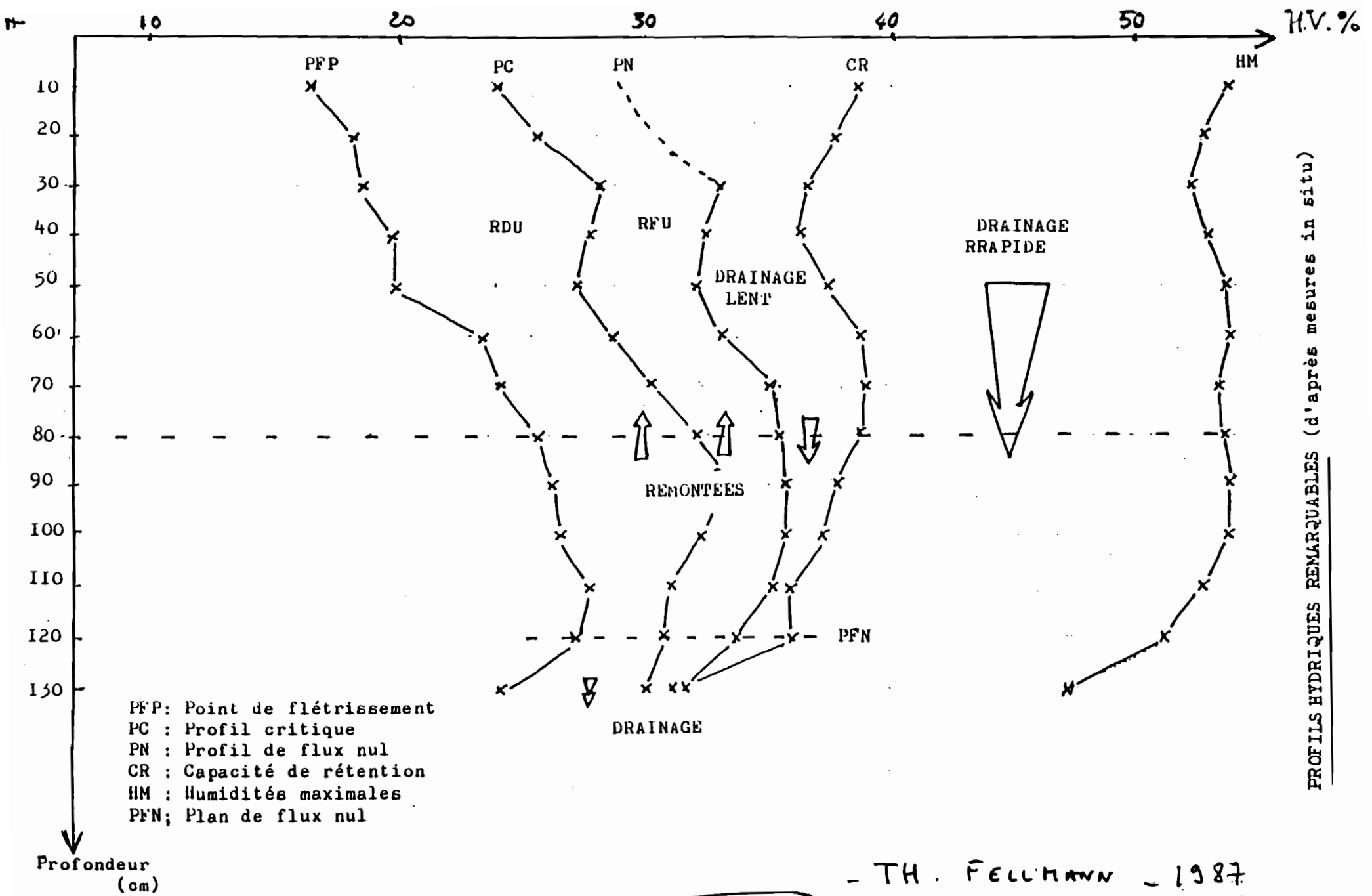


FIGURE 4

PROFONDEUR (cm)	CINÉTIQUE LENTE	τ
10	$HV_{10} = 38,2 e^{-0,0002 t}$	0,93
20	$HV_{20} = 37,7 e^{-0,0002 t}$	0,94
30	$HV_{30} = 36,6 e^{-0,0003 t}$	0,91
40	$HV_{40} = 36,3 e^{-0,0002 t}$	0,88
50	$HV_{50} = 37,5 e^{-0,0002 t}$	0,94
60	$HV_{60} = 38,6 e^{-0,0002 t}$	0,92
70	$HV_{70} = 39,8 e^{-0,0002 t}$	0,92
80	$HV_{80} = 38,9 e^{-0,0003 t}$	0,91
90	$HV_{90} = 37,8 e^{-0,0003 t}$	0,92
100	$HV_{100} = 36,1 e^{-0,0003 t}$	0,94
110	$HV_{110} = 36,0 e^{-0,0004 t}$	0,92
120	$HV_{120} = 36,1 e^{-0,0005 t}$	0,98
130	$HV_{130} = 31,2 e^{-0,0005 t}$	0,95
140	$HV_{140} = 37,3 e^{-0,0006 t}$	0,97
150	$HV_{150} = 32,5 e^{-0,0006 t}$	0,96

→ COURBE CI-DESSUS



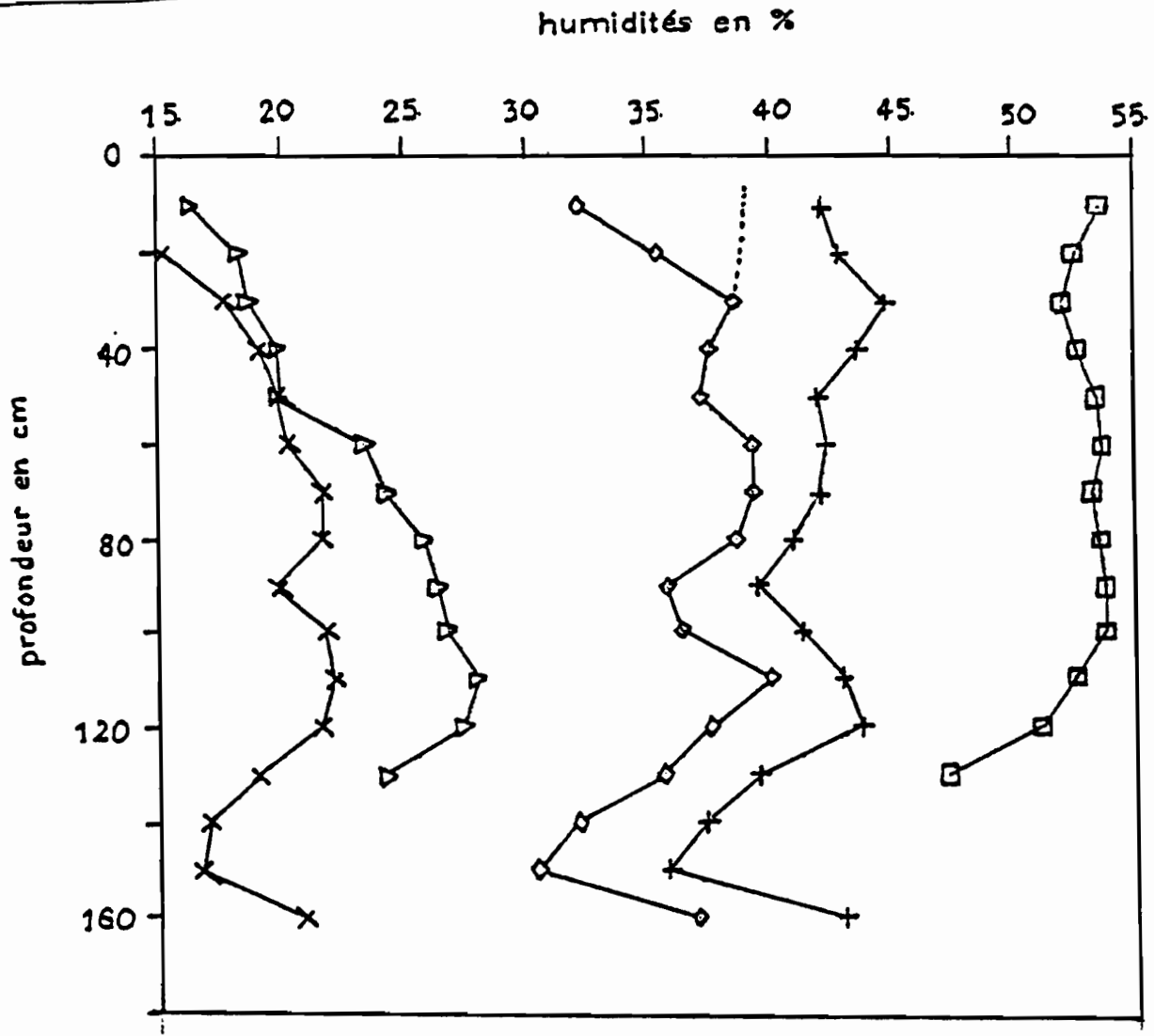
PROFILS HYDRIQUES REMARQUABLES (d'après mesures in situ)

- TH. FELLMANN - 1987

FIGURE 5

PROFILS CARACTERISTIQUES

FIGURE 6

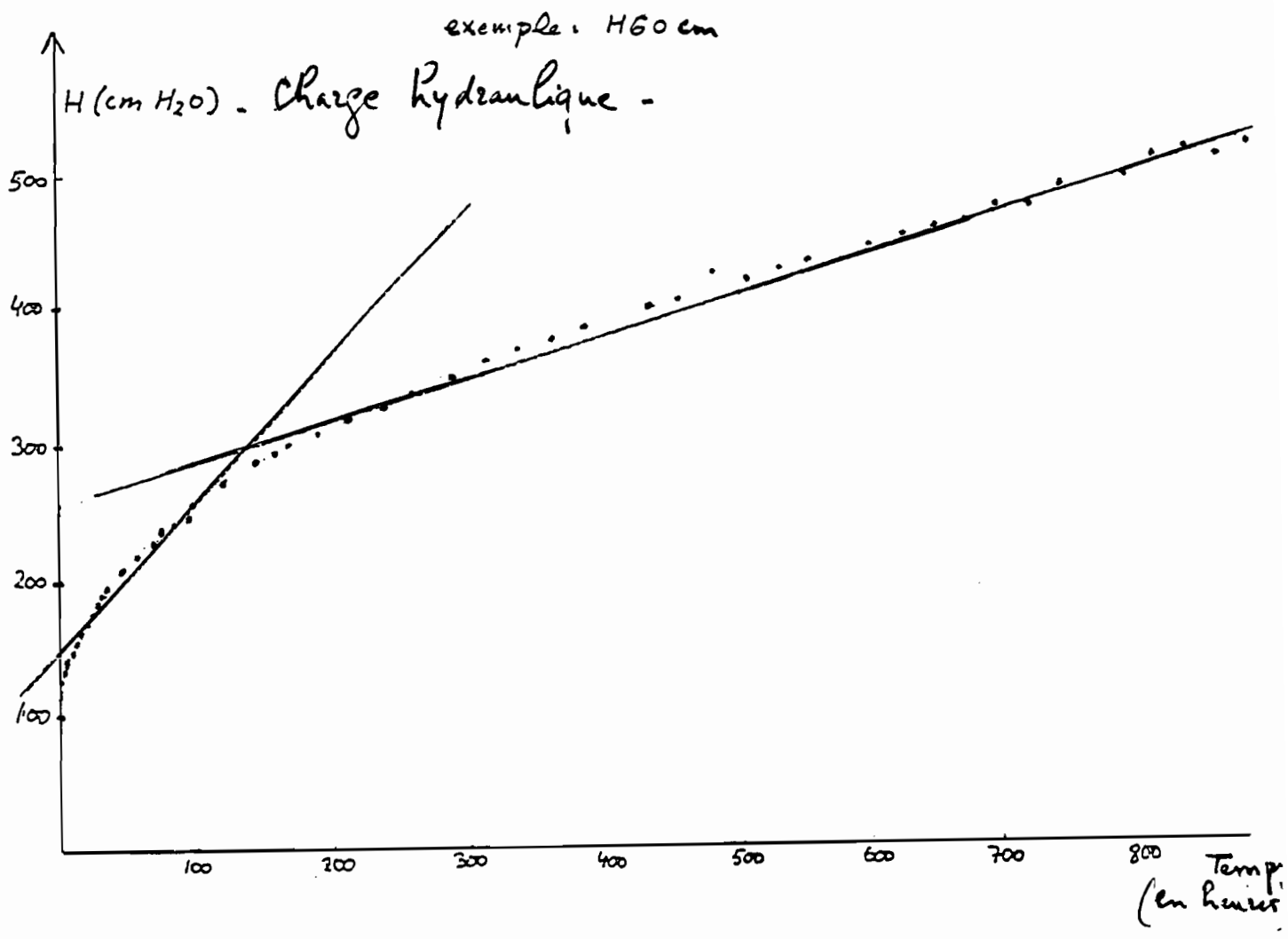


- X = PROFIL LE PLUS SEC OBSERVE IN SITU
- ▷ = PROFIL AU POINT DE FLETRISSEMENT PERMANENT
- ◇ = PROFIL A LA CAPACITE AU CHAMP
- + = PROFIL DES HUMIDITES MAXIMALES OBSERVEES IN SITU
- = PROFIL A SATURATION

- Marc BERGERON - 1988 -

FIGURE 7

Modélisation des courbes $H = f(t)$



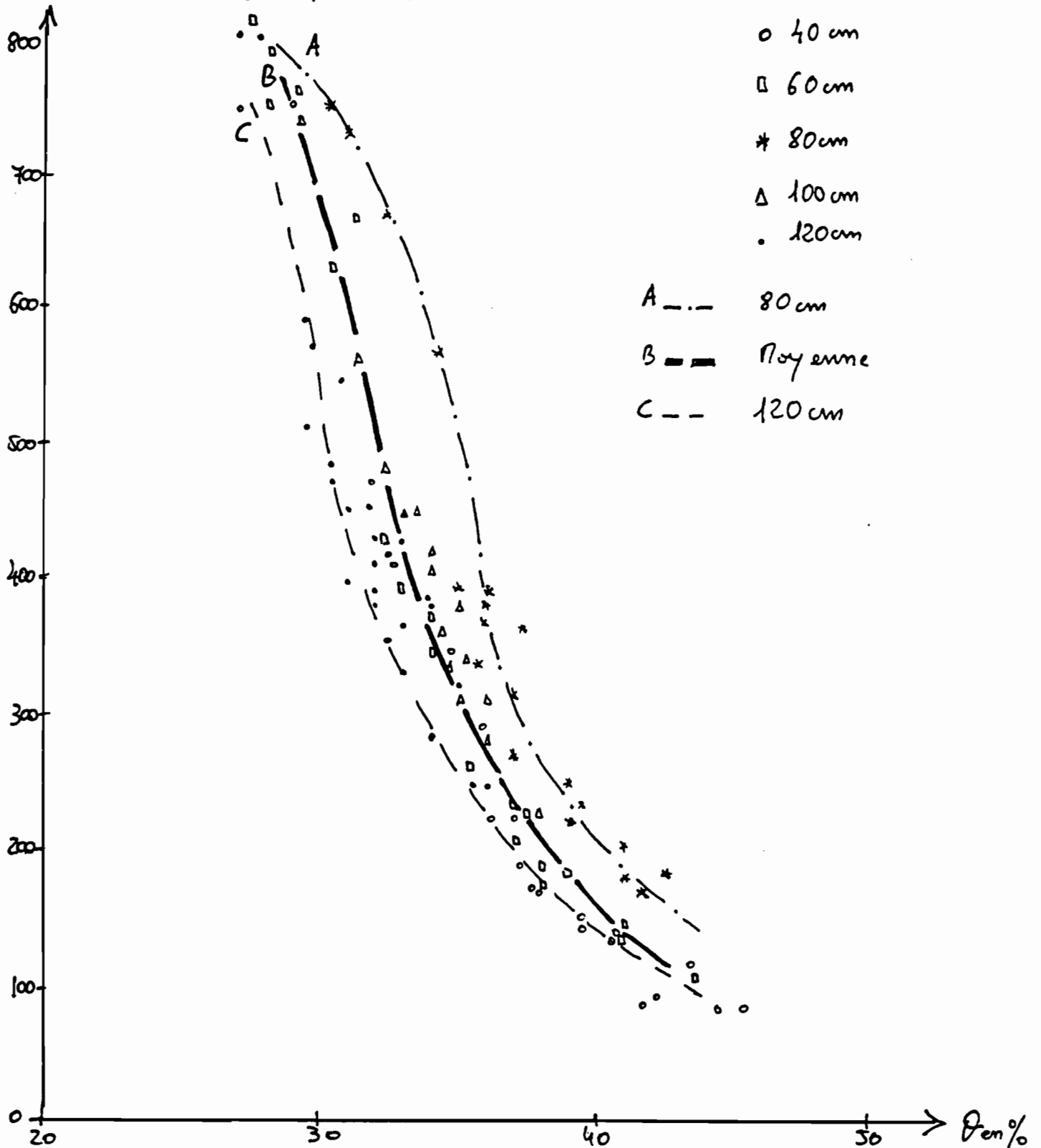
Prof.	t = 0 à 145	r	t = 145 à ∞	r
20	H20 = 104 + 1,00 t	0,99	H20 = 193 + 0,36 t	0,99
40	H40 = 120 + 1,04 t	0,99	H40 = 215 + 0,34 t	0,99
60	H60 = 147 + 1,12 t	0,98	H60 = 258 + 0,31 t	0,99
80	H80 = 173 + 1,15 t	0,97	H80 = 290 + 0,29 t	0,99
100	H100 = 201 + 1,09 t	0,96	H100 = 319 + 0,27 t	0,98
120	H120 = 215 + 1,13 t	0,97	H120 = 338 + 0,26 t	0,99

FIGURE 8

COURBES $H = F(\theta)$

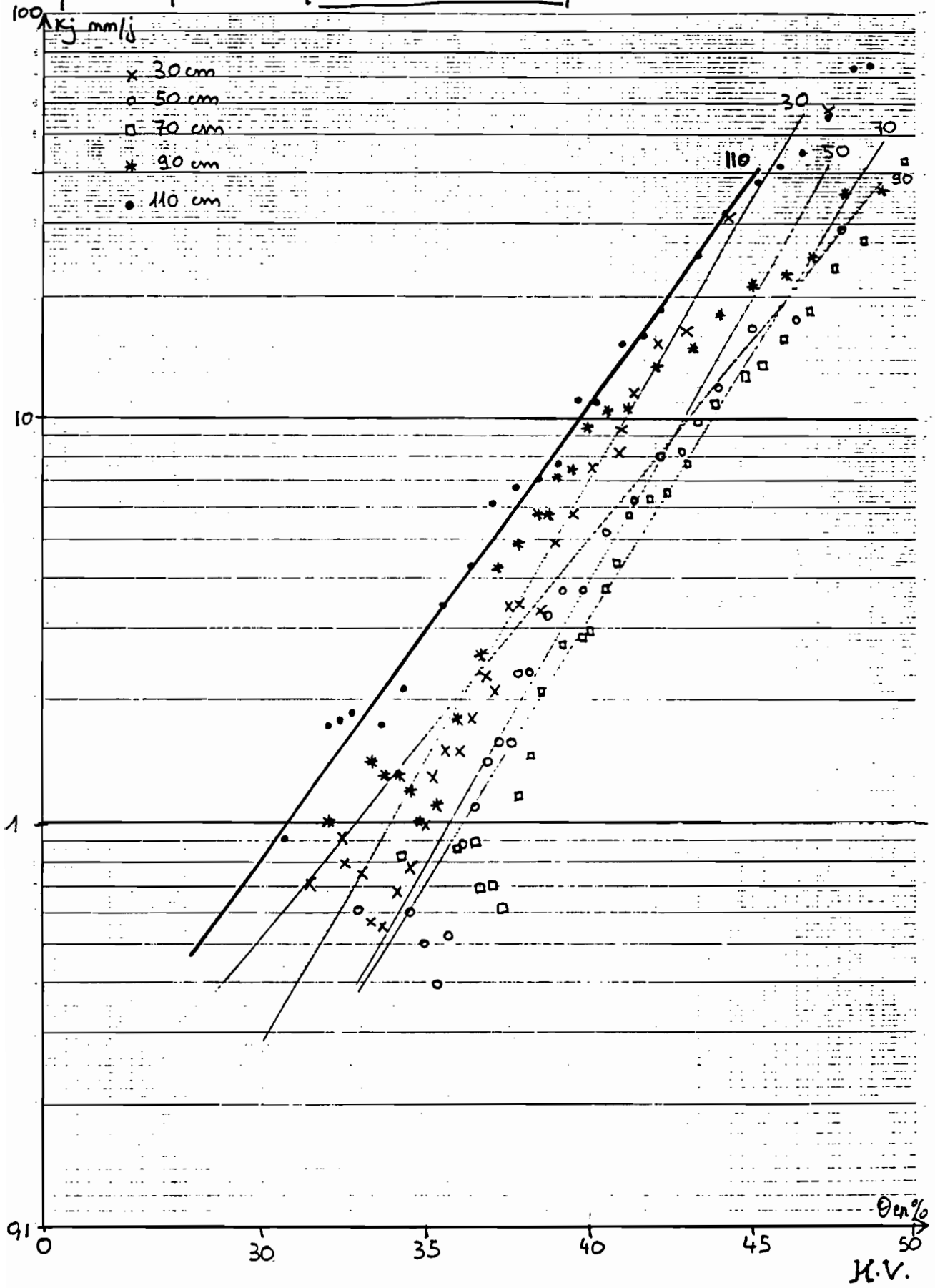
(BILAN HYDRIQUE)

$H_{cm H_2O}$ - Charge Hydraulique



Conductivités
hydrauliques -

FIGURE 9



VARIATIONS DES CONDUCTIVITES HYDRAULIQUES
EN FONCTION DE L' HUMIDITE

A N N E X E 1.2

Etalonnage de la sonde à neutrons
en sols volcaniques.

ETALONNAGE DE LA SONDE A NEUTRONS EN SOLS VOLCANIQUES

Ce n'est pas un grand travail par la dédication qu'il demande. Beaucoup de soin certes, mais si on totalise les temps de travail sur le terrain et d'utilisation de SISOND et de LOTUS pour le traitement des données on arrive à moins de 15 jours. C'est un travail-clé car de sa réussite dépend la bonne ou mauvaise interprétation de toutes les mesures sonde.

Successivement seront exposés:

- la description des données,
- la description de la méthode d'étalonnage empirique,
- la comparaison avec les autres étalonnages réalisés.

-I-DESCRIPTION DES DONNEES

Le dispositif expérimental sera exposé de façon complète dans la description de l'expérimentation en cours sur maïs, il comporte deux sites équipés de façon identique de 4 tubes disposés en ligne, l'un des tubes centraux atteignant la profondeur de 1,70 m. et les 3 autres 1,30 m. Lors de l'installation de chaque tube on a, à la tarière, prélevé la terre tous les 10 cm afin de mesurer l'humidité pondérale. Immédiatement après cette installation ont été effectués tous les 10 cm trois comptages neutroniques. Pour passer des humidités pondérales aux humidités volumiques mesurées par la sonde, on a utilisé les densités sèches obtenues dans le voisinage lors d'études antérieures (Voir annexe I).

-II-METHODE D'ETALONNAGE EMPIRIQUE

On avait conseillé à Thierry et à David de réaliser un étalonnage par tube et les différences d'étalonnage constatées d'un tube à l'autre paraissent militer en faveur de ce mode opératoire. Reprenons les opérations effectuées sur le terrain lors d'une mesure à un niveau donné. On prélève une carotte à la tarière, ensuite à l'endroit supposé du prélèvement on fait une mesure sonde. A partir d'une certaine profondeur, je mets au défit quiconque de savoir à mieux que 5cm près de où la carotte a été prélevée. D'autre part la sonde explore un volume bien supérieur à cette carotte, variable avec l'humidité et, suivant la distance au compteur, elle n'accorde pas le même poids à l'humidité des différentes couches de sol. Comparer ces deux mesures revient, en général, à comparer des choses différentes.

Nous nous sommes limité au cas où la comparaison était effectivement possible, soit lorsque l'humidité était à peu près constante sur une tranche de sol homogène d'au moins 30 cm d'épaisseur. Mais cela donne tout au plus 3 points par tube. Comment obtenir un échantillon de taille suffisante?

Les sols des deux sites de mesure sont très voisins (voir en annexe VII, l'installation de l'expérimentation sur maïs), compte tenu de la

remarque sur les étalonnages chimiques faite en introduction, nous avons analysé en même temps tous les points de mesure.

Le résultat est donné par le graphique ci-joint chaque symbole correspondant à un horizon différent. L'homogénéité des résultats est remarquable et on obtient pour une sonde comptant 1000 dans l'eau (sonde standart) la droite de régression suivante:

$$\text{Hum. Vol} = 0,080 * \text{Comptage} - 1,2 \quad (1)$$

avec un coefficient de corrélation supérieur à 0,9, ce qui est élevé avec ce type de mesures. Mais alors qu'en est-il de l'étalonnage par tube?

Pour nous les différences constatées d'un tube à l'autre ne correspondent à rien de concret et constituent tout au plus des artéfacts dus à la méthodologie employée.

-III-COMPARAISON AVEC LES ETALONNAGES DISPONIBLES.

-3-1-Etalonnages chimiques obtenus sur un site voisin (tube isolé de Thierry)

Considérons les étalonnages chimiques disponibles en donnant aux densités les valeurs utilisées pour le calcul de l'humidité volumique connaissant l'humidité pondérale.

On obtient un faisceau de droites très groupées limitées par les droites d'équations:

$$\text{Hum. Vol} = 0,090 * \text{Comptage} - 1,7 \quad (2)$$

$$\text{Hum. Vol} = 0,087 * \text{Comptage} - 2,2 \quad (3)$$

Trois faits sont à noter:

- 1) l'étalonnage chimique est toujours supérieur à l'étalonnage empirique,
- 2) la différence entre les deux étalonnages est de l'ordre de 10%.
- 3).si par erreur on avait utilisé la régression de Hum. Vol en Comptage et non l'inverse on aurait obtenu:

$$\text{Hum.Vol} = 0,088 * \text{Comptage} - 3,7$$

soit à 1 % près la moyenne des étalonnages chimiques.

Tentons de les interpréter.

Tout d'abord les densités sont estimées et non mesurées. Mais la réponse se fera attendre au moins un an: le temps qu'on détruise le site après utilisation.

L'étalonnage chimique n'est pas celui des sites de mesure ce qui pourrait expliquer certaines différences. La terre qui a servi aux mesures d'humidité pondérale a été envoyée à Cadarache pour analyse et la réponse ne saurait tarder.

Enfin la méthode de calcul des coefficients donnés par Cadarache mériterait peut-être elle-même un examen. La question a été posée en termes circonstanciés au moment de l'envoi des échantillons. En effet dans le document retourné par Cadarache les résultats de l'analyse sont présentés sous la forme suivante:

$$\text{Comptage} = A * \text{Hum.Vol} + B \quad (A \text{ et } B \text{ étant fonction de la densité})$$

comme exemple sont prises des densités concrètes et on a des formules de la forme:

$$\text{Hum.Vol} = a * \text{Comptage} + b$$

où a et b sont obtenus en faisant $a = 1/A$ et $b = -b/B$. Mais si leur méthode est statistique cela signifierait que le coefficient de corrélation serait pratiquement égal à 1, et, compte tenu de la remarque numéro trois de début de paragraphe, il n'est pas sûr qu'ils aient raison.

-3-2-Etalonnages empiriques réalisés antérieurement

Ce sont les étalonnages réalisés par David et Thierry. David avait regroupé tous les échantillons à sa disposition et obtenu la droite d'étalonnage suivante:

$$\text{Hum.Vol} = 0,068 * \text{Comptage} + 4,202 \quad (4)$$

Thierry au contraire a fait un étalonnage par tube. Ses résultats sont compris entre les deux droites extrêmes d'équation:

$$\text{Hum.Vol} = 0,088 * \text{Comptage} - 2,46 \quad (5)$$

$$\text{Hum.Vol} = 0,104 * \text{Comptage} - 6,57 \quad (6)$$

Sur le tableau ci-dessus on a reporté les humidités volumiques obtenues en utilisant les différentes formules présentées. Par rapport aux étalonnages chimiques c'est la formule de David qui est la plus éloignée et l'une des formules de Thierry qui est la plus proche

comptage	formule 1	formule 2	formule 3	formule 4	formule 5	formule 6
200	14,8	16,3	15,2	17,8	15,1	14,2
500	38,8	43,3	42,3	38,8	41,5	45,5

Humidités volumiques en % obtenues en utilisant les différentes formules

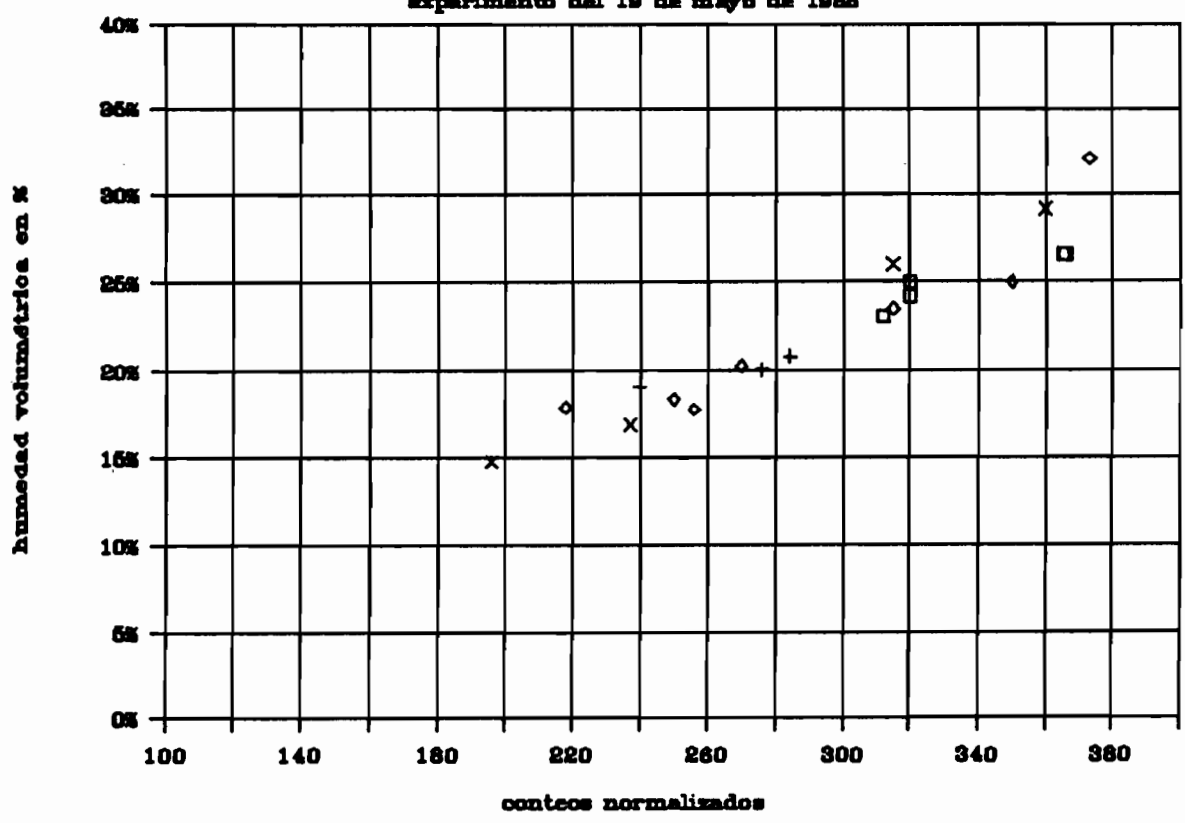
Sur le tableau ci-dessus on a reporté les humidités volumiques obtenues en utilisant les différentes formules présentées pour deux comptages extrêmes. Par rapport aux étalonnages chimiques c'est la formule de David qui est la plus éloignée et l'une des formules de Thierry qui est la plus proche. L'écart est d'importance:

- entre 14,2 et 17,8 % pour les faibles humidités soit 25 %,
- entre 38,8 et 45,5 % pour les fortes humidités soit 18 %.

Dans ces conditions on comprend qu'un surcroît d'information est nécessaire. En fait nous pensons être en mesure de trancher à la réception des résultats de l'analyse chimique dans les prochains mois.

CALIBRACION DEL SUELO

experimento del 19 de mayo de 1988



A N N E X E 1.3

Mesures biologiques sur Maïs.
Mise au point de la méthodologie.

MESURES BIOLOGIQUES SUR MAIS-MISE AU POINT DE LA METHODOLOGIE-

par Daniel CARDON
le 8 janvier 1988

RESUME

La mise au point d'un modèle de production impose la connaissance d'un certain nombre de paramètres biologiques: L.A.I., poids des différentes parties de la plante etc... La mesure de ces paramètres au cours de tout un cycle cultural peut poser des problèmes contradictoires (maintien de la parcelle en conditions naturelles et prélèvements destructifs réguliers), ou simplement de temps d'exécution si on désire une certaine précision et des résultats représentatifs. Dans le travail présenté on a utilisé les résultats d'une année de mesures antérieures pour simplifier la méthodologie tout en augmentant la représentativité et la précision des mesures biologiques destinées à "caler" le modèle. L'amélioration obtenue est particulièrement sensible dans le cas des mesures de surface foliaire où, en utilisant une méthodologie non-destructive, on parvient à réduire d'un facteur de l'ordre de 2.5 l'imprécision tout en diminuant sensiblement le travail à effectuer. Par contre, pour les mesures de poids, on augmente certes la précision et la représentativité mais la méthode est destructive et reste lourde dans l'application.

INTRODUCTION

Le but poursuivi dans l'expérimentation dont on veut établir le protocole de mesures est la mise au point d'un modèle de production de maïs applicable au Nicaragua. Pour "caler" un tel modèle il faut être en mesure de suivre l'évolution de la valeur d'un certain nombre de paramètres biologiques au cours de divers cycles culturaux. La mesure de ces paramètres n'est pas exempte de problèmes méthodologiques. Dans ce travail est présentée la façon dont on a tenté de les résoudre en fonction des données dont on avait déjà la disposition.

Le premier paragraphe est consacré à la présentation des paramètres eux-mêmes et aux problèmes associés à leur mesure. Dans le second sont décrites les données dont on dispose en mettant l'accent sur le mode d'échantillonnage. Les deux paragraphes suivants sont consacrés au protocole de mesures lui-même. Comme le montrera le premier paragraphe, les paramètres à mesurer peuvent, à une exception près être scindés en deux groupes: des mesures de surface et des mesures de poids. A chacun de ces types correspond une méthode spécifique de travail. On a donc consacré un paragraphe au protocole de mesures de surface foliaire, et un autre au protocole de mesures de poids.

-I- PARAMETRES BIOLOGIQUES ET PROBLEMES CAUSES PAR LEUR MESURES

Avec l'avènement de l'informatique la modélisation de la production agricole s'est développée de telle manière qu'on a été amené à introduire une classification pour y établir un peu d'ordre (GENTIL & BLAKE). On distingue des modèles simples ne demandant que quelques paramètres pour fonctionner mais ne pouvant guère donner que des indications à l'échelle régionale. Des modèles sophistiqués, permettant de prévoir l'évolution d'une culture en cas de carence minérale ou de maladie, mais requérant un tel nombre d'informations qu'ils ne sont guère applicables que dans des centres spécialisés. Il existe enfin des modèles intermédiaires, plus souples, mais ne prenant en compte qu'une partie des facteurs influant sur la croissance végétale (climat, caractéristiques hydriques des sols, etc...). C'est dans cette dernière catégorie que se range le modèle que l'on prétend appliquer ici. Il s'agit en fait d'une adaptation du modèle général de (KEULEN & WOLF-1986-), au climat de la région et à la culture du maïs. Deux types de paramètres seront à considérer: les paramètres biologiques expliquant l'effet du climat sur la plante et les paramètres permettant de mesurer cet effet. C'est leur ensemble que nous allons maintenant présenter.

-1-1 Présentation des paramètres à mesurer.

La modélisation de la production agricole en fonction du climat suppose connues les interrelations entre les facteurs climatiques et la culture considérée. Deux paramètres y jouent un rôle essentiel: le rayonnement qui fournit la potentialité climatique et la pluviométrie qui limite cette potentialité lorsque l'alimentation en eau devient déficitaire. En bonne condition d'alimentation hydrique la principale limitation à l'utilisation de l'énergie par la plante provient de la surface de captation elle-même. Lorsque le taux de recouvrement du sol est élevé la photosynthèse est évidemment plus forte que dans le cas contraire. Pour comprendre le mécanisme de la production agricole il est donc nécessaire de mesurer la surface photosynthétiquement active et son évolution dans le temps.

L'alimentation hydrique de la plante dépend de la pluviométrie et de la quantité d'eau facilement disponible dans le sol. Cette dernière quantité est une caractéristique du sol mais elle dépend également de la profondeur d'enracinement. Ce dernier paramètre devra donc être connu tout au long du cycle d'étude.

La production de matière sèche est directement liée aux phénomènes climatiques et pour cela la plus facilement modélisable. Mais, dans le cas du maïs, cette production n'intéresse que de façon indirecte l'agriculteur. Ce qui l'intéresse c'est le poids de grain à la fin du cycle de culture. D'autre part, en cours de cycle, la connaissance de l'évolution de cette valeur ne renseigne qu'imparfaitement sur les phénomènes biologiques liés à la croissance de l'épi. En effet, à la production de matière par photosynthèse, se superpose un phénomène de migrations vers le fruit dans la plante elle-même. Dans ces conditions il est important de mesurer tout au long du cycle l'évolution du poids de chaque partie de la plante: racines, tige, feuilles, fleurs et fruits.

-1-2 Problèmes posés par la mesure de ces paramètres

Comme tous les paramètres biologiques les paramètres mesurés possèdent une variabilité propre qui peut être importante. A cette variabilité s'ajoutent les différences de fertilité de la parcelle étudiée. Pour obtenir une mesure représentative il faut donc effectuer un certain nombre de répétitions. Mais certaines mesures sont très coûteuses en temps de travail (surface foliaire). On est donc amené à un difficile compromis entre sacrifier la précision individuelle de chaque mesure pour obtenir une meilleure représentativité, ou, au contraire, avoir des mesures précises mais peu représentatives.

Au cours d'un cycle de culture la même expérimentation est répétée un certain nombre de fois. Certaines mesures sont destructives. Si on multiplie par le nombre de répétitions au cours de chaque expérimentation, on peut aboutir à des modifications significatives de la parcelle expérimentale.

Il n'est pas nécessaire de connaître tous les paramètres avec la même précision, or, à précision égale, le nombre de répétitions varie également avec la mesure effectuée. Ceci ne facilite pas l'établissement d'un protocole expérimental et en fait une expérience préalable est indispensable si on désire optimiser le temps de travail.

-II- DESCRIPTION DES DONNEES DISPONIBLES

Ces données ont été collectées sur deux essais différents au cours de la période juillet-octobre 1986, par M^{elle} Sylvie ROBIN, allocataire de recherches de l'ORSTOM*. Le dispositif expérimental a déjà été décrit dans un rapport antérieur (PELLETIER-nov. 1986-) et on en rappellera uniquement les grandes lignes.

Dans deux parcelles voisines d'une pépinière de l'IRENA**, pendant la saison des pluies, ont été réalisés à deux dates différentes (dates de semis: 8 juillet et 6 août) une culture de maïs. Le premier semis a été effectué suivant deux densités (30.000 et 45.000 pieds par manzana***) et le second avec 30.000 pieds par manzana. Chaque semaine et dans chaque parcelle pendant toute la durée du cycle l'ensemble des paramètres présentés a été mesuré.

les mesures de surface foliaire ont été faites de la manière suivante: pour chaque feuille de chaque pied considéré on a mesuré les quatre dimensions suivantes:

- la longueur totale L de la feuille,
- la largeur maxima e1 de la feuille,
- la largeur e2 de la feuille au niveau de la tige,
- la distance l2 entre les niveaux de mesure de e1 et e2.

* ORSTOM: Office de la Recherche Scientifique et Technique en Coopération.

** IRENA: Instituto nicaragüense de los Recursos Naturales y del Ambiente.

*** manzana: unité locale de surface valant 0.7 hectares.

Afin de connaître la relation existant entre ces grandeurs et la surface de la feuille on a dans le même temps, et pour la moitié des mesures, effectué la mesure directe de la surface en décalquant le contour de la feuille sur une feuille de papier, puis en découpant et en pesant le dessin obtenu.

Pour avoir sa surface on a considéré la tige de forme cylindrique, pris comme diamètre la moyenne de trois d'entre eux, mesuré la longueur et effectué le calcul.

Les différents poids ont été obtenus par pesée directe. En particulier les feuilles ayant été séparées pour la mesure de leur surface ont également été pesées séparément.

Pour obtenir la profondeur d'enracinement ainsi que le poids de racines une fosse a dans chaque cas été creusée entre deux lignes de maïs, près du pied qu'on désirait étudier. Ensuite, avec les plus grandes précautions, les racines ont été dégagées de la terre et leur profondeur maxima mesurée.

Ces différentes opérations sont très coûteuses en temps de travail et on conçoit que le nombre des répétitions ne pouvait être très élevé. En fait, lors de chaque expérimentation, un emplacement a été choisi au hasard et trois pieds de maïs successifs, pris sur la même ligne, étudiés. Ceci permettait de ne creuser qu'une seule fosse pour l'étude des racines, mais sur le plan de l'échantillonnage on a délibérément sacrifié la représentativité à la précision de la mesure ponctuelle.

-III- MISE AU POINT DU PROTOCOLE DE MESURES DE SURFACE FOLIAIRE

Cette mise au point passe par trois étapes: tout d'abord il faut savoir estimer la surface d'une feuille à partir d'une ou plusieurs mesures de longueur, ensuite il faut estimer la surface foliaire d'un pied de maïs connaissant la surface des feuilles, enfin, compte tenu de la précision recherchée, il faut déterminer le nombre de pieds de maïs à étudier pour avoir une valeur représentative de la parcelle. On en déduira un mode opératoire dont il faudra pouvoir vérifier la validité. Le paragraphe suivant est consacré à la mesure de la surface de la tige. Enfin la dernière partie est consacrée à la vérification du protocole de mesures décrit précédemment au cours d'une expérimentation séparée. par des raisons pratiques exposées dans le texte, la mesure de la profondeur racinaire a été annexée à cette expérimentation.

Tout au long de ce chapitre les mesures concernant les différents essais (densité, etc...) ont été traitées ensemble. En effet l'analyse a montré que si les résultats variaient d'un essai à l'autre, ce n'était plus vrai au niveau des relations entre les dimensions d'une même plante.

-1-3 Estimation de la surface d'une feuille de maïs

On disposait d'un échantillon de 763 feuilles pour lesquelles on connaissait la surface et les quatres dimensions précédemment définies. Trois corrélations, auxquelles on a imposé de passer par l'origine, ont été testées:

- 1) - entre la surface S_f et la longueur L de la feuille,

- 2) - entre la surface et le produit $L \cdot e_1$ (e_1 étant la plus grande largeur),
- 3) - entre la surface et son calcul à partir des quatre dimensions L , l_2 , e_1 , e_2 .

Dans le premier cas la relation trouvée, outre son imprécision n'était manifestement pas linéaire. Dans les deux autres les résultats obtenus étaient sensiblement voisins. La relation 2 étant la plus simple, c'est elle qui a été retenue. Elle donne les résultats suivants:

$$\begin{aligned} a &= 0.82 && \text{(pente de la droite de régression)} \\ r &= 0.97 && \text{(coefficient de corrélation)} \\ \sigma &= 45 \text{ cm}^2 && \text{(écart-type)} \end{aligned}$$

soit la relation: $S_f = 0.82 \cdot e_1 \cdot L$ pour estimer la surface foliaire.

La valeur de a est à rapprocher de celle très voisine (0.75) utilisée par MORRET & TOGOLA en 1985 pour estimer la superficie foliaire par la même méthode.

-2-3 Estimation de la surface foliaire d'un pied de maïs.

Utilisons la relation du paragraphe précédent pour calculer la surface de chaque feuille. Appelons S_* l'estimation de la surface foliaire, si S_*^i est l'estimation de la surface de la $i^{\text{ème}}$ feuille on pourra écrire:

$$S = S_* + \epsilon_s = \sum_i S_*^i + \epsilon_s$$

S représentant la surface foliaire et ϵ_s étant une variable aléatoire que l'on suppose centrée, gaussienne et d'écart-type σ_s .

Utilisant les résultats à disposition on a alors calculé la valeur de l'écart-type σ_s . On a obtenu: $\sigma_s = 220 \text{ cm}^2$.

Pour estimer la surface d'une feuille il faut 2 mesures. Un pied de maïs en comporte jusque 20 ce qui fait 40 mesures. C'est beaucoup et on peut se demander si une ou plusieurs feuilles judicieusement choisies ne suffiraient pas pour obtenir une estimation acceptable de S_* .

On a examiné la contribution relative de chaque feuille à la valeur de l'estimation S_* de la surface foliaire du pied de maïs, en fonction du temps écoulé depuis le semis (voir les figures 1 et 2). Plusieurs conclusions se sont imposées. Tout d'abord, si on excepte les feuilles N° 10 et 11, cette contribution varie beaucoup avec le temps. Ensuite elle varie avec la date d'apparition de la feuille: La contribution des feuilles N° 5 à 9 est plus importante en début de cycle, c'est le contraire pour les feuilles de numéro supérieur à 11. On a alors fait la somme des surfaces de 3 feuilles dont les numéros ont été choisis de la façon suivante:

- pour la première, un numéro compris entre 5 et 9,
- pour la seconde, un des numéros 10 et 11,
- pour la dernière, un numéro supérieur à 11.

Après tâtonnements, le groupement qui a donné les meilleurs résultats s'est avéré celui constitué par la somme des surfaces des feuilles N° 7, 10, 13 (voir figure 3).

Si on reporte sur un graphique (voir figure 4) les valeurs de S_* en fonction de la somme des estimations des surfaces des feuilles 7, 10 et 13 on constate qu'elles sont pratiquement alignées. On a alors recherché les coefficients a et b de corrélation de la formule suivante:

$$S_* = a * (S_*^7 + S_*^{10} + S_*^{13}) + b + \epsilon_*$$

où ϵ_* est une variable aléatoire que l'on suppose centrée, réduite et d'écart-type σ_* . On a obtenu les résultats suivants:

$$\begin{aligned} a &= 3.44 & b &= -1044 \text{ cm}^2 \\ r &= 0.93 & & \text{(coefficient de corrélation)} \\ \sigma_* &= 570 \text{ cm}^2 & & \text{(écart-type)} \end{aligned}$$

Les résultats précédents montrent qu'il est tout à fait acceptable de vouloir estimer S_* avec les valeurs des estimations des surface des feuilles 7, 10, 13. Il reste à calculer l'écart-type σ de la partie aléatoire ϵ de l'estimation de S .

$$\epsilon = \epsilon_s + \epsilon_*$$

On peut raisonnablement accepter que les variables ϵ_s et ϵ_* soient indépendantes. Dans ces conditions, compte tenu des hypothèses faites, on peut appliquer les méthodes d'analyse de la variance (DUGUE & GIRAULT - 1965) soit:

$$\sigma^2 = \sigma_s^2 + \sigma_*^2$$

ou encore $\sigma = 610 \text{ cm}^2 = \sigma_*$.

-3-3 Estimation de la surface foliaire moyenne.

Deux facteurs sont à prendre en considération:

- la variabilité de la valeur de la surface foliaire en un point d'oe au végétal lui-même ou a des micro-variations de la fertilité,
- la variabilité d'oe aux variations systématiques de fertilité dans la parcelle.

Le mode d'échantillonnage des mesures dont on disposait a grandement facilité le calcul de la dispersion par le premier facteur. Supposons qu'il y ait eu N expérimentations au cours de la campagne de mesures. Chacune se ramène à l'étude de trois pieds de maïs voisins. On peut alors considérer l'ensemble des mesures de surface foliaire comme un plan d'expérimentation d'un facteur à N modalités avec trois répétitions par modalité. Le résultat recherché est alors l'écart-type résiduel σ^R . Le calcul effectuée a donne le resultat suivant:

$$\sigma^R = 1150 \text{ cm}^2.$$

Si on adopte le cadre d'hypothèse précédent (partie aléatoire suivant une loi normale centrée réduite) la variance résiduelle σ^R pour N observations de viendra:

$$\sigma^R = \sigma^R / \sqrt{N},$$

mais le nombre des mesures (jusque 80 par pied) sera multiplié par N .

Si maintenant la surface foliaire est estimée, l'écart-type résiduel σ^R est augmenté de l'imprécision due à l'estimation et, en appliquant les conditions du paragraphe précédent, il devient:

$$(\sigma^*R)^2 = (\sigma^R)^2 + \sigma^2 = 1120^2 \text{cm}^4 + 610^2 \text{cm}^4,$$

$$\text{soit } \sigma^R = 1275 \text{ cm}^2$$

soit un facteur multiplicatif d'environ 1,15 d'augmentation. Mais le nombre des mesures a été divisé par un facteur de l'ordre de 12, on peut donc les multiplier sans problème et par là gagner dans la précision et la représentativité.

Quant aux variations systématiques de fertilité, elles peuvent être passées sous contrôle par l'introduction d'un facteur bloc (DUGUE & GIRAULT - 1965). Si on considère n blocs, ceci se traduira une augmentation d'un nombre n - 1 du nombre de répétitions.

Concrètement, compte tenu des variations de fertilité constatées au cours de travaux antérieurs, chaque parcelle sera divisée en 6 blocs avec 5 répétitions par bloc, ce qui représente environ 25 répétitions en un même point. On aura donc un écart-type de $1275/5 \text{cm}^2$ soit = 250cm^2 et ceci pour un nombre de mesures égal à $30 \times 6 = 180$. Avec le protocole de mesures antérieur on pouvait effectuer jusqu'à 240 mesures pour un écart-type de $1150/\sqrt{3} \text{cm}^2 = 660 \text{cm}^2$. La précision a plus que doublé, le temps de travail a été réduit dans des proportions appréciables et on est assuré d'une bonne représentativité.

-4-3 Estimation de la surface de la tige

L'examen de la figure 5 montre que sauf en début et fin de cycle la surface de la tige représente à peu près 15 % de la surface totale du pied de maïs. C'est peu, surtout si on considère qu'elle a une activité photosynthétique réduite. On peut donc se satisfaire d'une estimation assez grossière. La figure 5 montre également que la dispersion des valeurs est très grande. On a conservé le cadre d'hypothèses du paragraphe précédent et calculé l'écart-type σ^T de l'estimation de la surface moyenne de la tige dans toute la parcelle lorsque le temps écoulé depuis le semis est supérieur à 45 jours. On a obtenu la valeur suivante:

$$\sigma^T = 240 \text{ cm}^2.$$

si on considère les 30 pieds de maïs utilisés dans l'estimation de la surface foliaire et qu'on mesure également le diamètre et la longueur de la tige, cet écart-type se trouvera comme précédemment réduit d'un facteur 5 et on obtiendra une valeur voisine de 50cm^2 dans l'estimation de la surface recherchée ce qui est bien suffisant.

-5-3- Contrôle de la validité du mode opératoire.

Dans le protocole de mesures présenté, on utilise deux formules. L'une pour estimer la surface d'une feuille, l'autre pour connaître la surface foliaire à partir de celle de trois feuilles. Compte tenu de la diversité de l'échantillon et des résultats présentés par d'autres auteurs on peut considérer la première formule comme stable. Pour la seconde il faut le

vérifier. Pour cela on a imaginé une expérimentation séparée portant sur un seul pied de maïs. Si au cours de chaque journée de collecte de données on mesure les dimensions de toutes les feuilles d'un pied on aura à raison d'une journée de mesures par semaine et de deux parcelles étudiées un échantillon de taille voisine de 30 à la fin du cycle. C'est suffisant pour effectuer cette vérification.

La mesure de la profondeur d'enracinement a peu de rapports avec la mesure de la surface du végétal. Néanmoins nous l'avons regroupée avec cette dernière. En effet, si on considère la figure 6 donnant l'évolution des profondeurs d'enracinement en fonction du temps écoulé depuis le semis, on constate que pendant 60 jours environ cette profondeur croît régulièrement à raison d'un centimètre par jour environ, puis qu'elle se stabilise à ce niveau. En effet, à cette profondeur, se trouve un horizon induré qui empêche la pénétration des racines. Dans ces conditions il ne paraît pas utile de multiplier les mesures de profondeur racinaire en creusant de nombreuses fosses qui viendraient modifier la physionomie des parcelles étudiées. On se contentera d'une mesure effectuée sur le pied utilisé pour vérifier la stabilité de la formule d'estimation de la surface foliaire.

-IV- MISE AU POINT DU PROTOCOLE DE MESURES DE POIDS

Comme pour la mesure de surface on a tenté, dans le cas des feuilles et de la tige, d'étudier leur poids sec à partir de leurs dimensions. Pour les feuilles la différence entre valeur estimée et valeur réelle s'est révélée très grande. Cette dispersion n'a pas permis de mettre en évidence de façon significative des relations différentes suivant la densité de l'essai, mais l'examen des résultats suffit pour convaincre de l'existence de telles relations. Dans le cas de la tige les résultats paraissent erratiques et c'est bien normal: si on examine les figures 7 et 8 donnant la variation du poids sec moyen de la tige pour trois mesures pour la tige et les fruits, on constate l'existence de migrations importantes de matière du premier vers le second sans modifications correspondantes des dimensions de la tige.

Dans ces conditions la tentative de mesure par méthode non-destructive a été abandonnée, et on a gardé la mesure directe du poids sec des différentes parties aériennes. Pour les racines, par contre, il a été possible de mettre au point une méthode d'estimation.

-1-4 Estimation du poids racinaire.

Pour obtenir cette mesure de façon directe il faut opérer avec les plus grandes précautions. A partir d'une fosse voisine du pied de maïs étudié on dégage la terre du chevelu radiculaire. Cette opération peut demander plusieurs heures pour trois pieds voisins. Or l'examen de la figure 9 montre que le poids des racines, s'il représente 10% environ du poids total en début de cycle, diminue rapidement en importance relative pour se stabiliser aux environs de 4% du poids total. On est en droit de se demander si la mesure d'un facteur aussi secondaire justifie autant d'efforts.

On a tenté de modéliser l'évolution du poids relatif des racines. De 0 à 60 jours après le semis on a considéré une diminution linéaire de ce poids relatif de 14 à 4%, puis on a pris une valeur constante de 4% soit:

$$P_R/P_{Tot} = -0.00143 * N + 0.14 \text{ de } 0 \text{ à } 60 \text{ jours après le semis,}$$

$$P_R/P_{Tot} = 0.04 \text{ pour } N > 60,$$

où

- P_R est le poids des racines,
- P_{Tot} est le poids total,
- N le nombre de jours après le semis.

En utilisant les résultats à disposition on a calculé le pourcentage moyen d'écart (σ_R) entre l'estimation par le modèle et la mesure du poids racinaire. On trouve:

$$\sigma_R = 25 \%$$

Le procédé est statistiquement contestable, mais il ne l'est pas plus que les mesures de poids racinaire s'écartant notablement du modèle. En effet quasi systématiquement ces mesures sont très inférieures à l'estimation du modèle et sont vraisemblablement le résultat d'un prélèvement racinaire incomplet. On a ainsi une idée de l'imprécision de la méthode. Elle est grande, mais 25% d'un facteur en général voisin de 4% font 1%, c'est tout à fait acceptable.

-2-4 Protocole de mesures du poids sec des parties aériennes.

On distingue la tige, les feuilles, l'inflorescence et les fruits, dont l'importance relative varie considérablement en cours de cycle (voir les figures 7, 8, 9, 10). Dans le cas des fleurs, étant donnée leur faible importance pondérale, leur poids a, dans la figure 8 été regroupé à celui des fruits. D'autre part, étant donnée leur importance économique, seront également mesurés les poids de grain sec et humide. Cette dernière mesure est la seule en poids humide, toute autre référence au poids correspond au poids sec.

Comme précédemment (un facteur à N modalités et trois répétitions par modalité), on a calculé l'écart-type de l'estimation avec une seule répétition du poids total (σ_{Tot}), du poids de la tige (σ_T) et de celui des feuilles (σ_F). On a obtenu les résultats suivants:

$$\begin{aligned} \sigma_{Tot} &= 51 \text{ g.}, \\ \sigma_T &= 32 \text{ g.}, \\ \sigma_F &= 32 \text{ g.}. \end{aligned}$$

Pour établir le protocole de mesures de poids on a alors repris l'organisation précédente en 6 blocs, mais cette fois avec deux répétitions par bloc. On a obtenu comme estimation ($\underline{\sigma}_{Tot}$), ($\underline{\sigma}_T$), ($\underline{\sigma}_F$) des écart-types sur le poids total, le poids de tige et le poids de feuilles avec l'ensemble de l'échantillon:

$$\begin{aligned} \underline{\sigma}_{Tot} &= \sigma_{Tot}/\sqrt{2} = 20 \text{ g.}, \\ \underline{\sigma}_T &= \sigma_T/\sqrt{2} = 12 \text{ g.}, \\ \underline{\sigma}_F &= \sigma_F/\sqrt{2} = 12 \text{ g.}. \end{aligned}$$

Ces valeurs représentent entre 5 et 10% du poids sec, c'est suffisant pour ce type de travail. Enfin, l'erreur relative étant à peu près la même dans les trois cas, on peut attendre une précision similaire dans l'estimation du poids de fleurs de fruits et de grain.

CONCLUSION

Le protocole présenté se compose de trois expérimentations distinctes:

- la mesure de la surface foliaire,
- sa vérification et la mesure de la profondeur racinaire,
- la mesure du poids des différentes parties aériennes, le poids racinaire étant estimé.

Au cours de la première expérimentation sont réalisées 240 mesures de longueur, pendant la seconde on en fait jusque 40 et on doit creuser une fosse pour apprécier la profondeur racinaire maximale, la troisième comporte jusque 72 mesures de poids. Dans le protocole de mesures antérieur on effectuait jusque 292 mesures de longueur (feuilles et tiges), et environ 150 mesures de poids. On creusait également une fosse et on dégagait la terre des racines de trois pieds de maïs voisins, ce dernier travail étant particulièrement astreignant. Si on tient compte du temps, non négligeable, pour rencontrer les 30 pieds de maïs dont les emplacements ont été tirés au hasard, le gain de temps de travail permis par le nouveau protocole est appréciable mais il n'est pas fondamental.

La première expérimentation est non-destructive, les deux autres le sont. Dans les deux protocoles de mesures on creusait une fosse, mais dans le nouveau on détruit 12 pieds de maïs contre 3 auparavant. A raison de 30 expérimentations pour deux essais pendant un cycle cela fait 360 pieds détruits. Sur un total de plus de 100.000 c'est raisonnable.

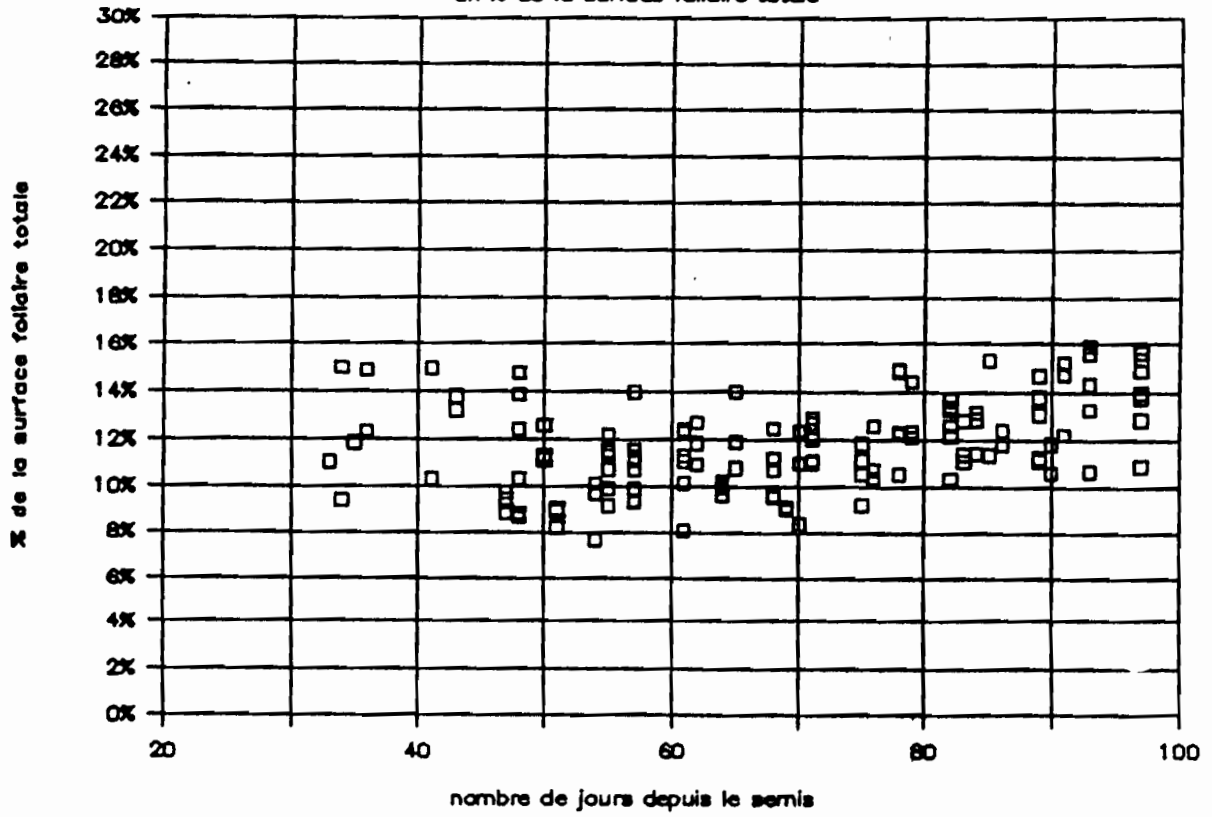
Au niveau de la précision le gain est spectaculaire: un facteur 2.5 pour les surfaces et un facteur 2 pour les poids. Enfin et c'est peut-être le plus important, les résultats sont cette fois représentatifs de la parcelle alors qu'avant ils ne l'étaient pas.

BIBLIOGRAPHIE

- DUGUE, D. & GIRAULT, M. (1965) - Analyse de variance et plan d'expérience. DUNOD - Paris.
- GENTIL, S. & BLAKE, G. (1982) - Validation of complex ecosystems models. Ecol. Modelling 14 : 21-38.
- KEULEN (Van), H. & WOLF, J. (1986) - Modelling of agricultural production. Pudoc Wageningen 1986
- MORRET, J. & TOGOLA, D. (1985) - Effet et arrière effet de la sécheresse sur la croissance de plusieurs genotypes de maïs. In: Les besoins en eau des cultures. Conférence internationale, Paris, 11 - 14 sept. 1984. INRA, Paris, 1985: 352-359.
- Le PELLETIER du CLARY, D. (1986) - Mesure des termes du bilan hydrique sous culture de maïs, en vue de l'étalonnage d'un modèle informatique sur sols d'origine volcanique au Nicaragua. (Diplôme d'agronomie approfondie. Science du sol et du bioclimat) Ecole Nationale Supérieure agronomique de Montpellier, Nov. 1986 46p.

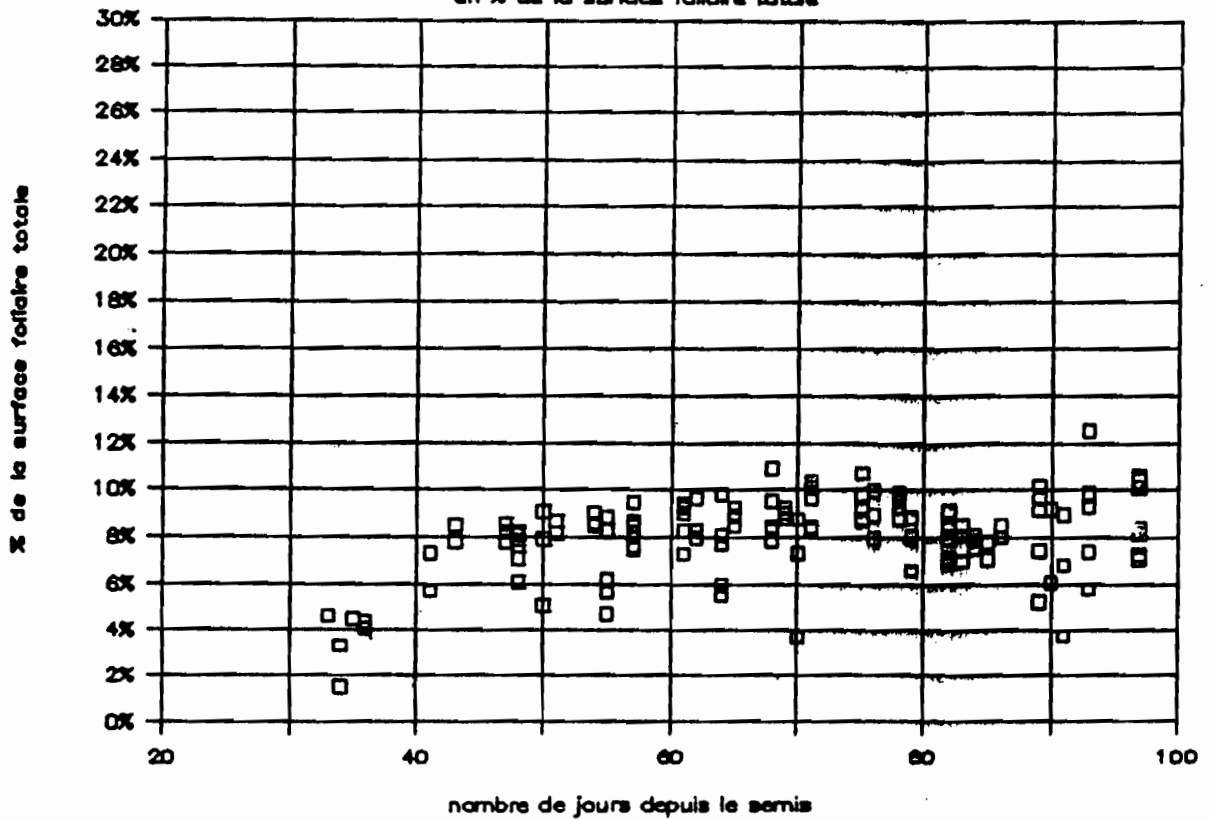
SUPERFICIE FOLIAIRE DE LA FEUILLE N°10

en % de la surface foliaire totale



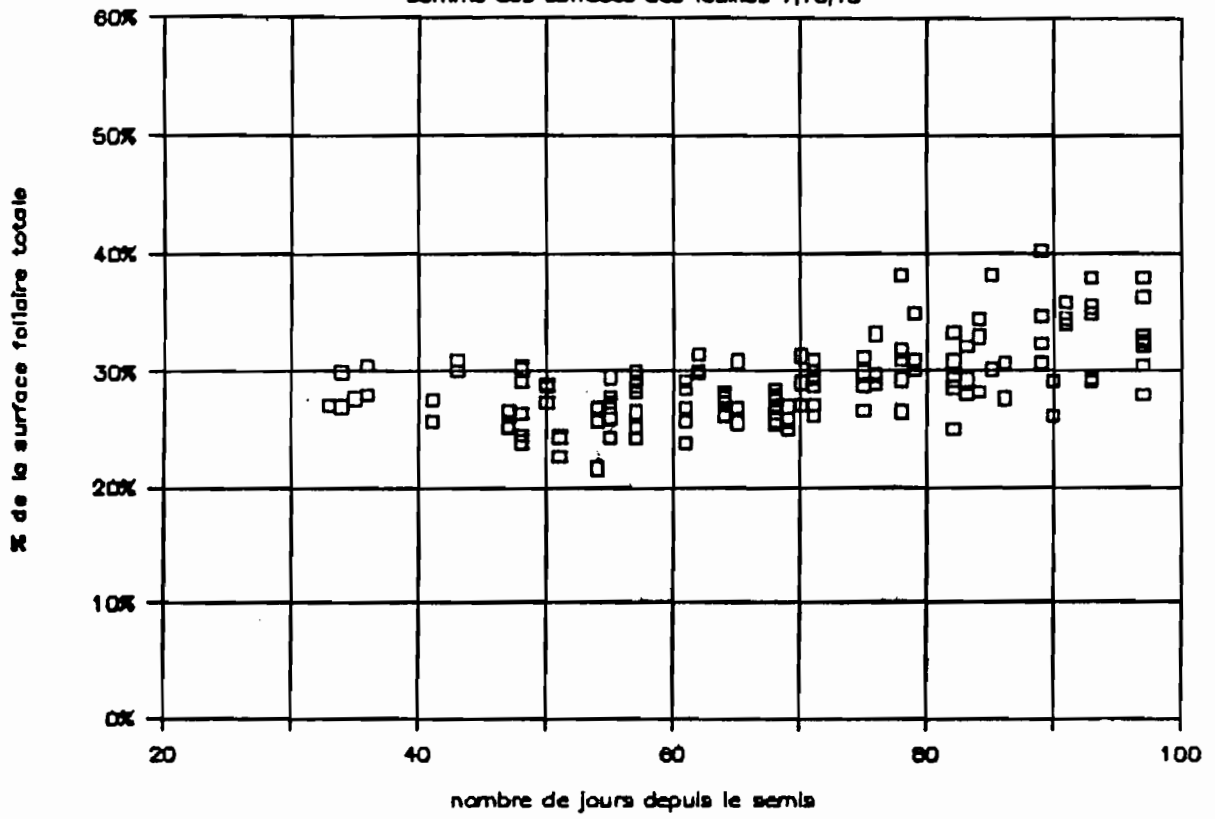
SUPERFICIE FOLIAIRE DE LA FEUILLE N°13

en % de la surface foliaire totale



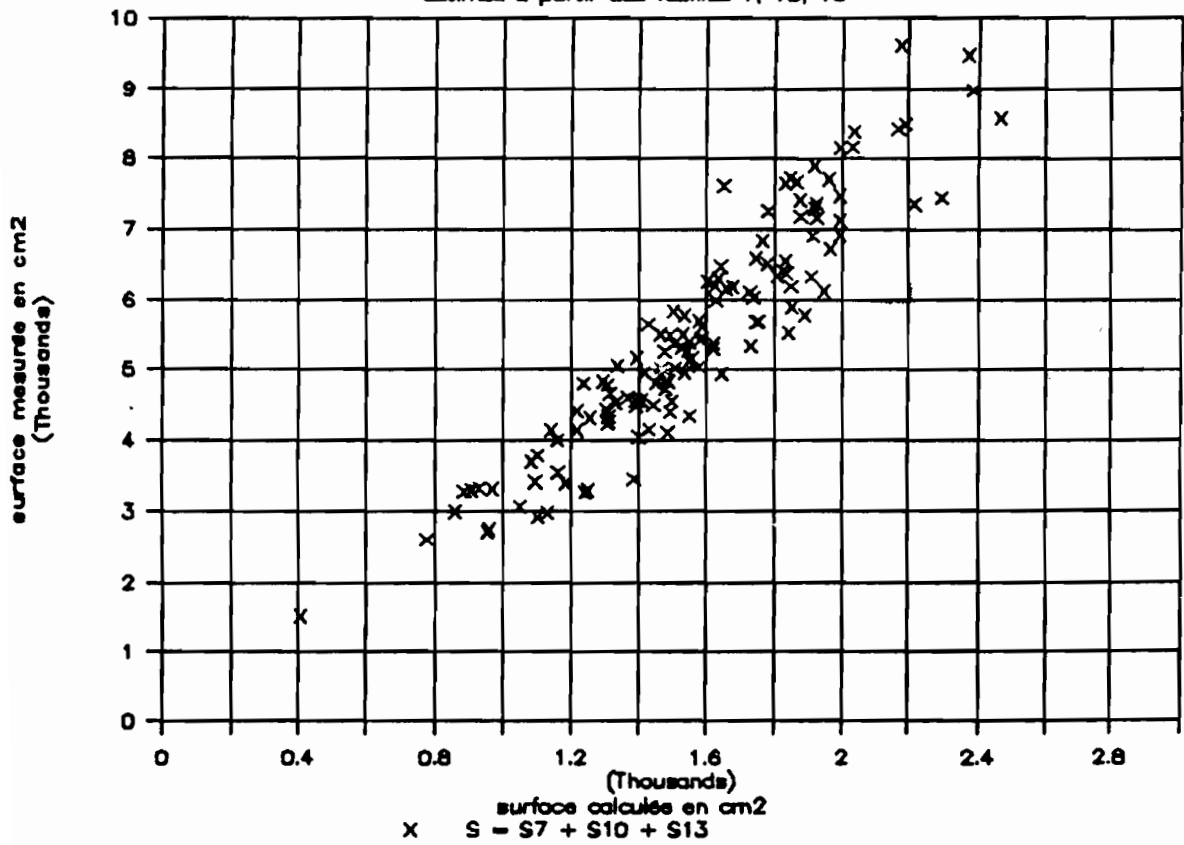
POURCENTAGE DE LA SUPERFICIE FOLIAIRE

somme des surfaces des feuilles 7,10,13



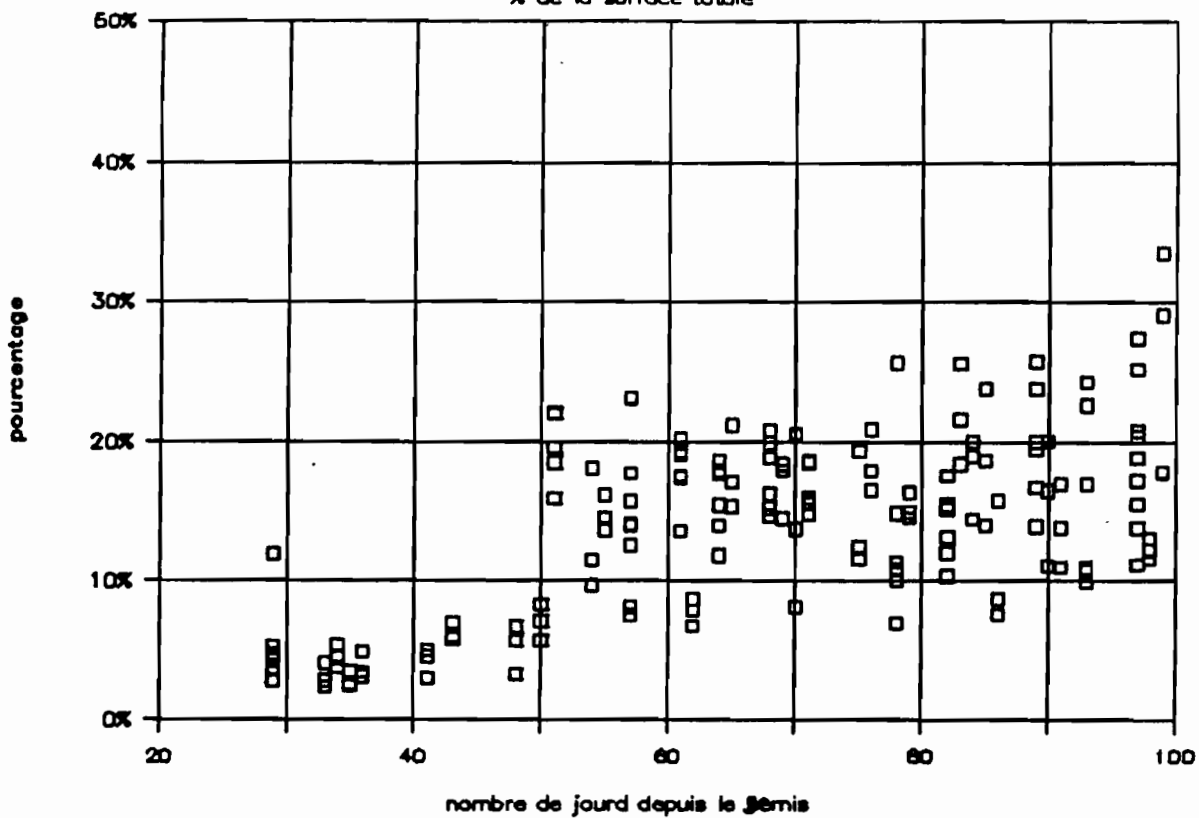
SURFACE FOLIAIRE DU MAIS (par pied)

estimée a partir des feuilles 7, 10, 13

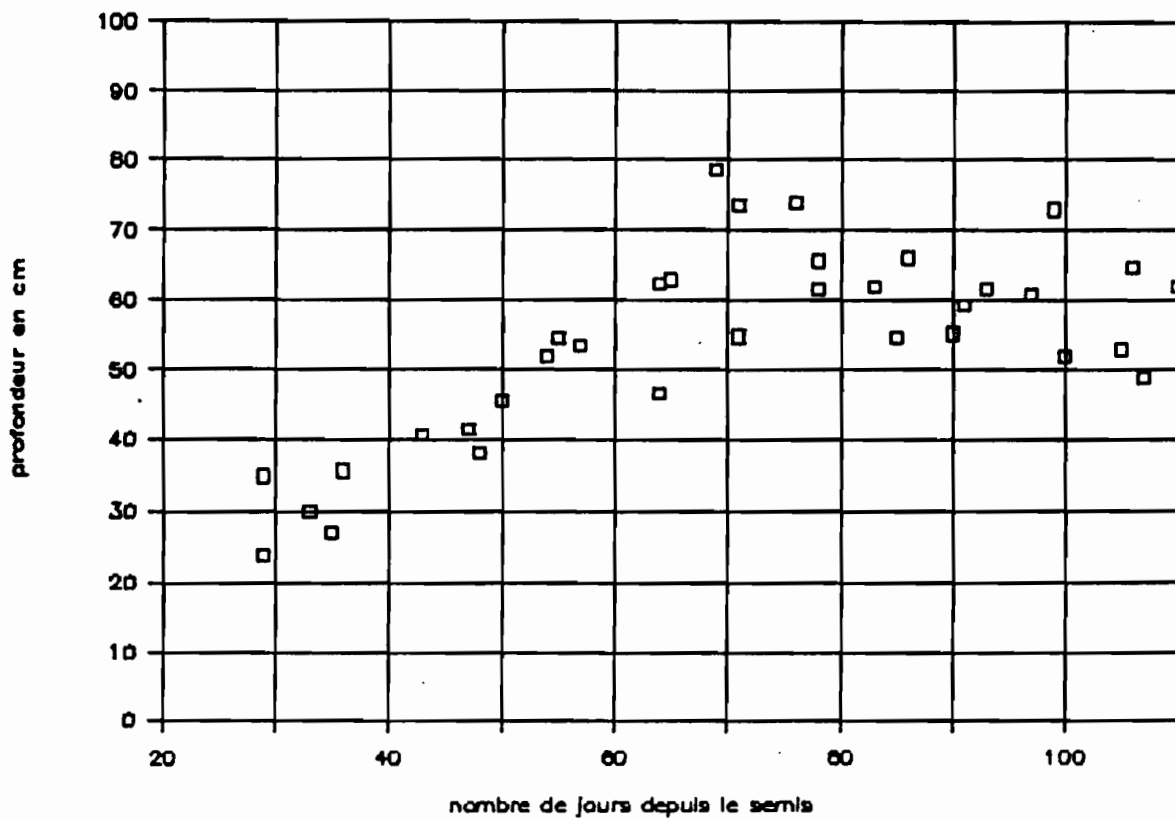


SURFACE DE LA TIGE

% de la surface totale

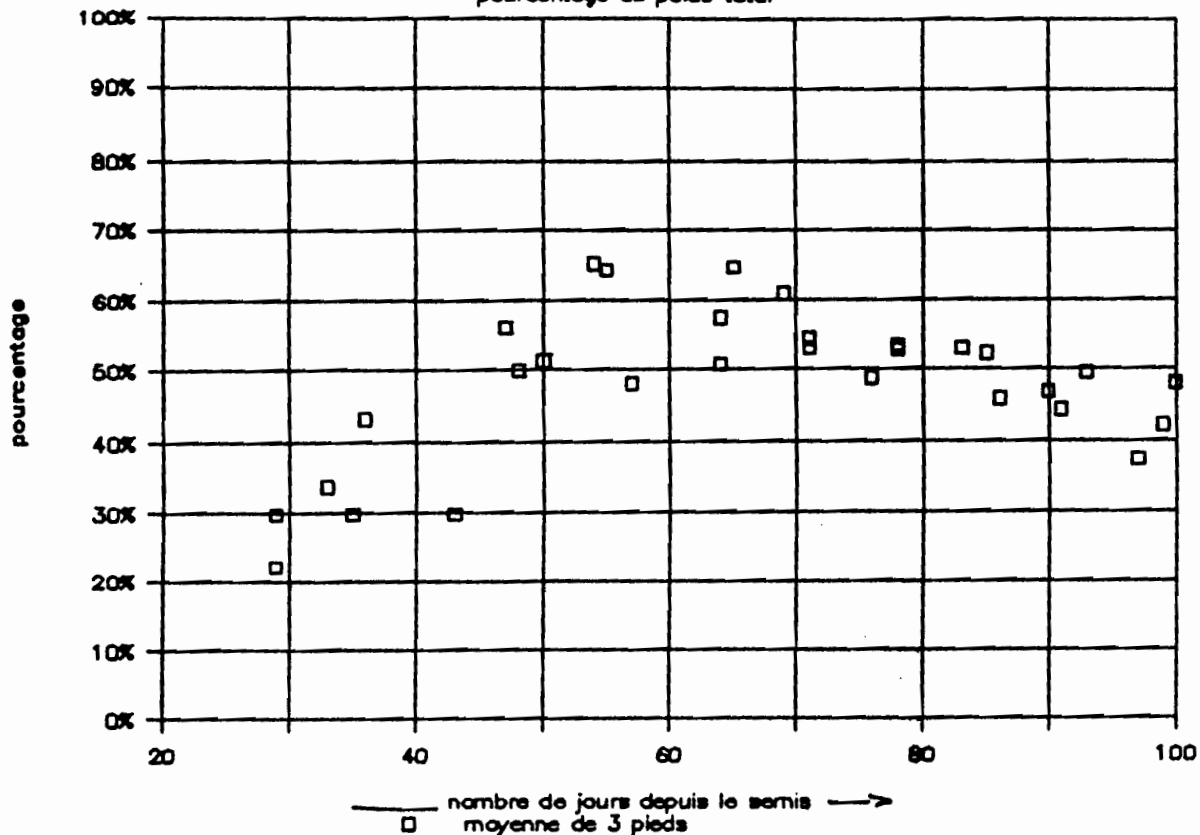


PROFONDEUR MAXIMALE DES RACINES



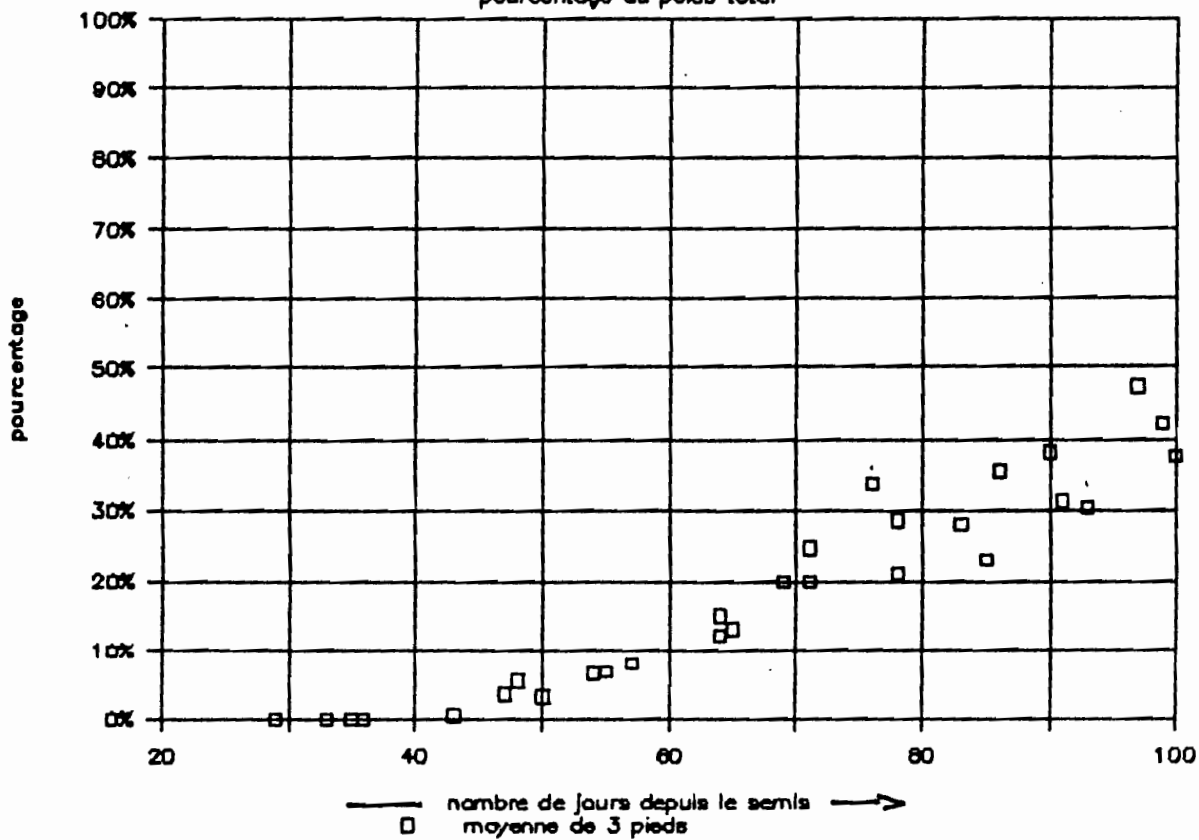
POIDS DE LA TIGE

pourcentage du poids total



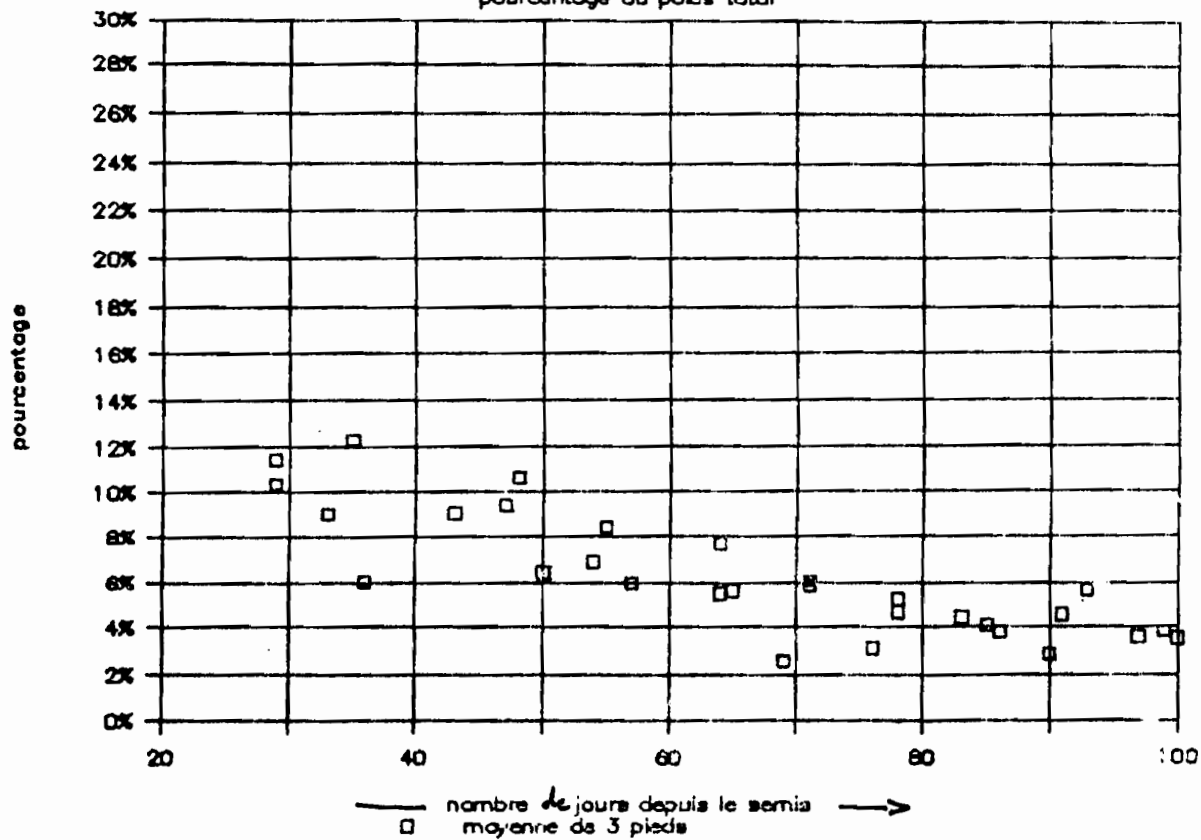
POIDS DES FLEURS ET DES FRUITS

pourcentage du poids total



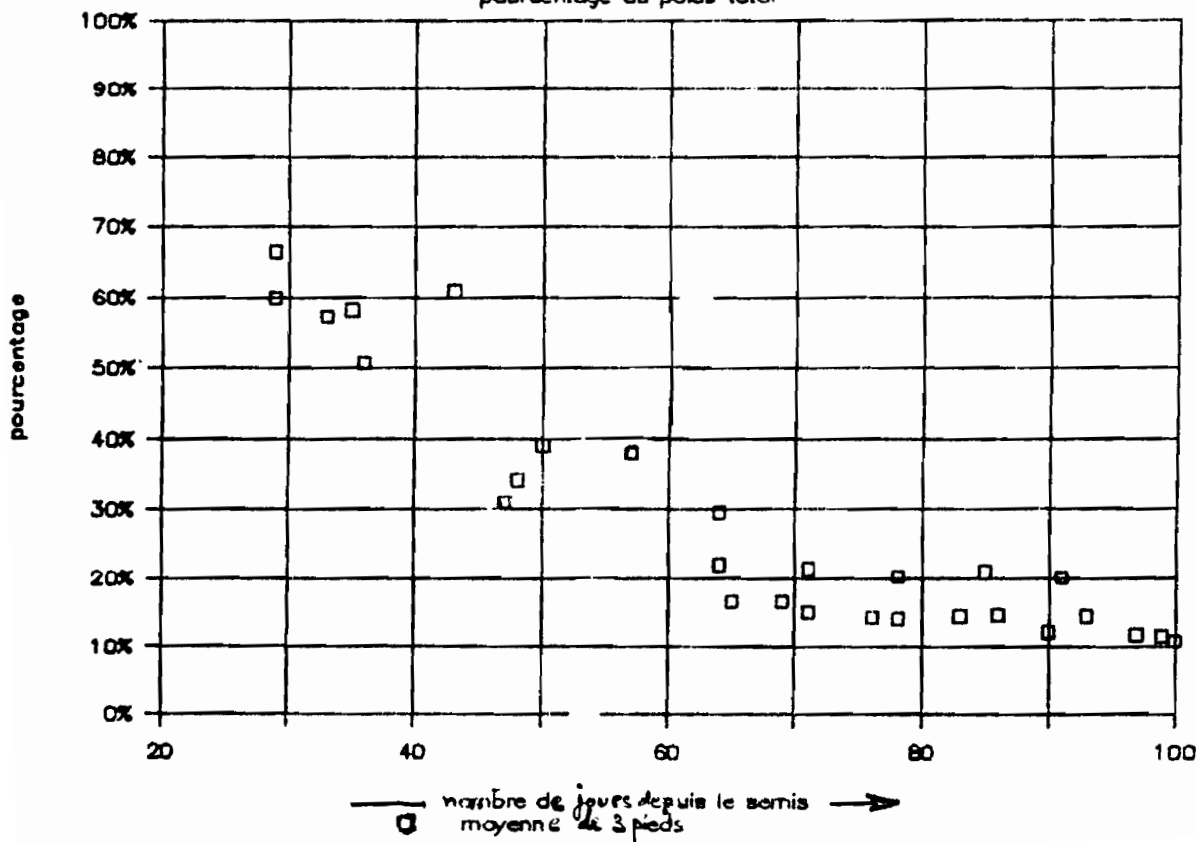
POIDS DES RACINES

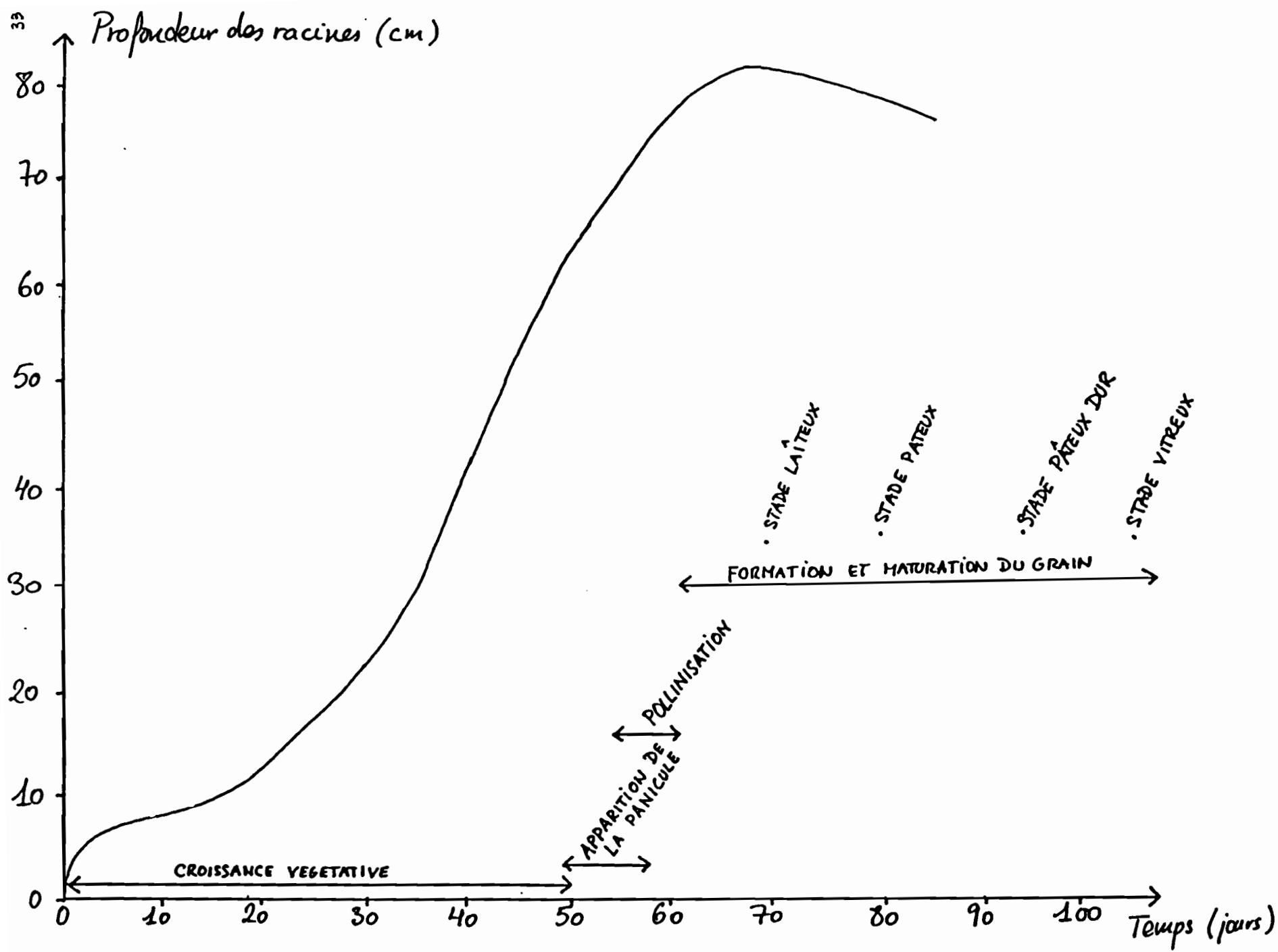
pourcentage du poids total



POIDS DES FEUILLES

pourcentage du poids total





CROISSANCE RACINAIRE ET STADES
PHENOLOGIQUES DU MAÏS (S.ROBIN)

A N N E X E 2.1

Cartographie pédologique des unités d'étude.

Annexe 2.1 : CARTOGRAPHIE PEDOLOGIQUE DES UNITES D'ETUDE

1 Parcelle expérimentale de la pépinière "Julio Canales"

Localisation : Cofradia, Managua, III Région
 Coordonnées : 12° 08' Lat N, 86° 07' 45" Long O
 Altitude : 60 m
 Topographie : plaine
 Végétation : Culture de maïs
 Roche-mère : Dépôts pyroclastiques stratifiés
 Drainage : moyen
 Erosion : moyenne

Le lever de la carte des sols s'est effectué au 1/500, avec des sondages à la tarière ayant une profondeur moyenne de 1,80 m.

Trois unités de sols ont été reconnues. Les principaux critères de définition de ces unités ont été basés sur la différenciation des horizons potentiellement explorables par les racines de maïs et sur la profondeur d'apparition d'un tuff d'origine volcanique, qui s'apparente beaucoup au "talpetate".

Selon le "Soil survey of the pacific region of Nicaragua", la pépinière se trouve entièrement comprise dans la série "Cofradia".

Les sols de cette série sont modérément profonds, bien drainés, de texture limono-sableuse reposant sur un horizon cimenté par de la silice ("hardpan" ou "duripan"), formé à partir d'une dissolution et d'une recristallisation de la silice dans le profil. Ce "duripan" se rencontre entre 60 et 100 cm de profondeur. Les sols sont dérivés de dépôts de cendres volcaniques et se rencontrent sur un relief plat, très légèrement ondulé, correspondant à des plaines alluviales.

Un profil situé dans un champ à un kilomètre au nord du village de Cofradia a été décrit à cette occasion.

- 0 - 26 cm : horizon A; brun gris très obscur 10 YR 3/2 frais, brun 10 YR 5/3 sec; limono-argileux (franco); structure granulaire fine et moyenne; légèrement dure, friable, légèrement plastique et adhérent; nombreuses racines très fines; nombreux pores intersticiels fins; pH 6.6; limite très nette et uniforme.
- 26 - 64 cm : horizon C1; brun foncé 7.5 YR 3/2 frais, brun 10 YR 5/3 sec; sablo-limoneux (franco arenoso); structure granulaire fine et moyenne, peu marquée; tendre, très friable, non plastique et non adhérent; nombreuses racines très fines; nombreux pores intersticiels fins; pH 7.1; limite nette et uniforme.
- 64 - 83 cm : horizon C2si; brun grisâtre très sombre 10 YR 3/2 frais brun clair 10 YR 6/3 sec; sablo-limoneux (franco arenoso); structure massive; dure à légèrement dure, ferme, non plastique et non adhérent; peu de racines; nombreux pores; pH 7.0; limite très nette et uniforme.

Cet horizon contient environ 25 % de "durinodules", ayant une forme de blocs sub-angulaires moyens à gros, qui sont légèrement cimentés par de la silice. Les "durinodules" sont modérément perméables à l'eau, et sont rarement pénétrés par les racines.

83 - 110 cm : horizon C3; brun gris très obscur 10 YR 3/2 frais, brun clair 10 YR 6/3 sec; sablo-limoneux (franco arenoso); structure massive; tendre, très friable, non plastique et non adhérent; quelques racines fines et très fines; très nombreux pores intersticiels fins; pH 7.1; limite diffuse et uniforme.

110 - 150 cm : horizon II C4; brun foncé 10 YR 3/3 frais, brun clair 10 YR 6/3 sec; limono-sableux (franco); structure massive; légèrement dure, friable, légèrement adhérent; quelques racines; nombreux pores; pH 7.3.

L'épaisseur de l'horizon A varie de 20 à 30 cm et a un taux en matière organique moyen. L'horizon II C4 n'est pas présent dans tous le secteur. Les textures des horizons superficiels et du sous-sol varient de limono-sableux (franco arenoso) à limono-argileux (franco limoso). Un second niveau induré, cimenté par de la silice, beaucoup plus dur et plus fortement cimenté que l'horizon C2si, se trouve dans l'horizon C3 dans quelques endroits.

Les données de laboratoires (Tableau n°1) montrent que le sol a un contenu modéré en matière organique depuis la surface jusqu'à 64 cm de profondeur, une forte teneur en calcium et magnésium interchangeables alors que celle en sodium est faible. La CEC est importante et la saturation en bases varie de 69 à 89 %. La capacité de rétention d'humidité disponible est assez forte. Tous les horizons possèdent de petites quantités d'allophanes. La teneur en phosphore et potassium assimilable va de moyen à fort.

Tableau n°1: Données de laboratoire de la série Cofradia
(US Sol Survey of Nicaragua, 1971)

Hz	Sable >2 %	Limon %	Argile 0.02< %	M.O. %	N Tot. %	C/N	pH	D. ap.	R. U. 1/3 atm	U. 15 atm	Allo- pha. pH
A	45	31	24	3.33	0.185	10	6.6	1.05	38	22	9.2
C1	58	31	11	1.60	0.098	9	7.0	0.92	35	17	9.3
C3	61	28	11	0.57	0.048	7	7.1	0.95	35	17	9.4
C4	30	57	13	0.80	0.053		7.3	0.93	52	20	9.4

Hz	Fe++ %	Cations interchangeable (en meq./100 gr de sol)					C.E.C.		SAT. BASES (en %)		P asim ppm	K asim ppm
		Ca	Mg	Na	K	H	Somme	NH4AO	Som.	NH4AO		
A	3.75	14	5.2	0.30	3.30	10.0	32.8	36.8	69	62	76	500
C1	3.12	20	8.4	0.35	3.25	6.2	38.3	35.2	84	91	50	500
C3	2.75	21	6.8	0.55	2.65	3.7	34.6	34.1	89	90	70	500
C4	3.20	22	7.6	0.70	3.25	11.2	45.2	37.6	75	90	67	500

La pépinière se trouve entièrement dans l'unité Cfa caractérisé par des sols sablo-limoneux, ayant des pentes de 0 à 1.5 % , où l'érosion est moyenne. Ces sols étaient cultivés en 1968 en coton, maïs, et prairies.

Selon la classification US, ces sols seraient des Entic Durandeps de la famille isohypermique de cendres moyennes.

Selon nos observations, ces sols peuvent être moyennement profonds (unité C), profonds (Unité B) et très profonds (Unité A). Un horizon induré, assez proche du "talpetate" que l'on a rencontré dans le reste du bassin versant sud du lac de Managua, est présent à des profondeurs variant de 40 (Unité C) à plus de 100 cm (Unité A). Son épaisseur peut aller de 20 à 40 cm. Il est généralement très altéré et fissuré, parfois à un point tel que l'on ne trouve plus que quelques morceaux épars. Ce "talpetate", peut être localement absent (unité A).

La capacité de rétention en eau est très élevée (Tableau n°2).

Tableau n°2 : Réserve Utile

Profondeur (en cm)	R.U. labo. (en mm)	R.U. Terrain (en mm)
0	15.60	-
30	29.85	61.39
50	26.76	26.06
70	25.20	22.22
100	54.74	30.49
130	32.60	22.02
140	5.60	-

Le drainage interne est très bon quoique l'on puisse observer à la saison des pluies un engorgement de surface correspondant à la formation d'une mince pellicule de battance qui apparaît d'autant plus

facilement que ces sols ont une texture argilo-limoneuse, une densité très basse (entre 0.85 et 1.20) et qu'ils sont compactés par les engins agricoles. Le pH tourne autour de 8. Le contenu en matière organique est fort, ainsi que celui de l'azote (voir tableau n°3).

Tableau n°3: Taux de Carbone organique, Azote et rapport C/N en fonction de la profondeur du sol.

Profondeur (en cm)	Carbone organique (en %)	Azote total (en %)	C / N
0	19.75	2.09	9.44
30	16.57	1.53	10.81
50	14.89	1.24	12.01
70	11.12	0.94	11.83
100	8.49	0.89	9.54
130	5.55	0.58	9.62
140	2.63	0.32	8.36

Actuellement nous ne disposons pas de tout les résultats des analyses physico-chimiques.

Les pentes sont de quelques pour-cent et l'érosion qui est surtout de type laminaire est d'intensité moyenne.

Le secteur étudié a servi pendant quelques temps de pépinière, puis est devenue plus ou moins une friche jusqu'à ce que nous nous en servions de domaine d'expérimentations.

Selon la classification CPCF, nous avons affaire à des sols bruns andosoliques à tuff volcanique moyennement profond à très profond.

En ce qui concerne l'utilisation actuelle de ce secteur comme parcelle d'expérimentation, nous recommandons de faire un labour très profond (40 cm), voire un sous-solage (60 cm), afin de faire disparaître certaine hétérogénéité de quelques horizons de surface, que l'on rencontre en particulier dans l'unité A1 et A2. Cette hétérogénéité est due en partie au labour réalisé avec des disques, généralement à une vitesse trop rapide, et en partie par des dépôts d'origine éolienne, et surtout alluvio-colluviale très récente (érosion laminaire).

D'autre part, il est très probable que l'unité C, parce que moins profonde et ayant un "talpetate" plus épais et moyennement fracturé, doit entraîner des différences dans la croissance de la végétation par rapport au reste de la parcelle. Il faudra donc en tenir compte lors de l'établissement, du suivi et de l'échantillonnage des cultures, et lors de l'installation des systèmes de mesure de l'humidité des sols.

2 Sabana Grande et Buenos Aires

Selon le "Soils survey of the pacific region of Nicaragua", élaboré par les Nord-Américains de 1968 à 1972, les séries de sols "Esquipulas" et "Zambrano" occupent notre secteur.

La série "Esquipulas" se caractérise par des sols profonds à modérément superficiels, bien drainés, bruns foncés, limoneux, dérivant d'anciens alluvions provenant des cendres volcaniques qui couvrent les montagnes bordant notre zone. Ces sols reposent sur des graviers de scories basaltiques. Leur perméabilité est modérée ainsi que leur capacité de rétention d'eau. La teneur en M.O. est moyenne en surface et faible en profondeur. Ces sols sont bien pourvus en bases. La teneur en potassium est moyenne, et la teneur en phosphore est faible.

Plus précisément, c'est l'unité de sols "Esquipulas b II" qui nous concerne. Celle-ci se trouve sur des pentes de 1.5 à 4 %, et présente des sols très profonds à profonds. L'érosion est faible.

La série "Zambrano" a des sols profonds à moyennement superficiels, bien drainés, reposant sur un niveau argileux brun rouge foncé qui se trouve lui-même sur un "hardpan" continu mais fragmenté.

En fait les deux unités que nous avons, correspondent à une association de sols qui porte le nom d'"association Zambrano" du fait de la prédominance de cette série sur les autres. Les sols de cette association peuvent ne pas avoir d'horizon argileux, dans ce cas la série est très proche de celle dite de "Nejapa". Parfois, le "hardpan" repose directement sur des fines couches de sables volcaniques cimentés.

En ce qui nous concerne, nous trouvons les unités de l'"association Zambrano c2" et "d2 III".

Les sols de l'"association Zambrano c2" sont modérément profonds, et reposent sur un "hardpan". Les pentes vont de 4 et 8% . Ces sols sont érodés. En 1968, 75 % étaient cultivés en coton et le reste en maïs.

Les sols de l'"association Zambrano d2 III" sont moyennement superficiels à superficiels, et se trouvent sur des reliefs ayant entre 8 et 15 % de pente. Ce sont des sols fortement érodés de 25 à 60 cm de profondeurs, reposant sur un "hardpan" ou sur des couches de sables volcaniques cimentés. 50 % de ces sols étaient cultivés en 1968 en coton, 30 % en maïs et le reste en prairie.

Selon la classification US, la série de sols "Esquipulas" appartient à l'ordre des inceptisols, au sous-ordre andept, au grand groupe eutrandedpt, sous-groupe tipic eutrandedpt, famille cendreux

Quant à la série Zambrano elle appartient à l'ordre des mollisols, sous-ordre ustoll, grand groupe durustoll, sous-groupe typic durustoll, famille fin, montmorillonitique.

Ces sols, situés sur un relief ondulé avec des pentes de 5 à 25%, ont une origine volcanique et alluvio-colluviale à la fois ancienne et très récente. Ils sont caractérisés par une texture limono-argileuse à limono-argilo-sableuse, une structure grumeleuse, une couleur brun très foncé, pour les sols profonds à très profonds qui se trouvent dans les fonds du vallon principal; une texture sableuse à limono-sableuse, une structure bouillante à grumeleuse très peu marquée, une couleur brun clair pour les sols superficiels situés en haut des reliefs et sur les contreforts. Dans les petites dépressions, et aux pieds des pentes, se trouvent des sols moyennement profonds, qui constituent en général des transitions rapides entre les deux types d'unités.

Selon nos observations, ces sols, situés sur un relief ondulé avec des pentes de 5 à 25%, ont une origine volcanique et alluvio-colluviale à la fois ancienne et très récente.

unité A1

Dans le fond du vallon principal, on trouve des sols très profonds (>1.50m) caractérisés par une texture limono-argilo-sableuse pour les 2 premiers horizons, puis limono-argileuse pour le A1 II, et au fur et à mesure que l'on approfondit, la texture devient de plus en plus sableuse. Parallèlement, la structure de grumeleuse passe à polyédrique angulaire puis de plus en plus bouillante. Enfin, la couleur de brun foncé, arrivé au A1 II devient noir, puis recommence à s'éclaircir de plus en plus. On trouve une séquence d'horizons type :

Ap/A1 I/ A1 II/ A2 II/ AB II/ B1 II/ (C) II/ C II

Les deux premiers horizons sont d'origine colluviale très récente, formé sous l'effet de l'érosion réactivée par la mise en culture de coton de ces terres fragiles et ont ainsi enterré le premier sol formé à partir de l'altération des sables volcaniques.

Unité A2

Au fond des dépressions les plus marquées, on retrouve la séquence précédente sans les 2 horizons de la surface qui sont d'apports colluviaux récents. Les caractéristiques de ces sols sont globalement les mêmes que celles précédemment décrites. Ce sont également des sols très profonds (>1.00m). Nous avons donc la séquence suivante:

Ap/ A1/ A2/ AB/ B1/ (C)/ C

Unité B

Dans les petites dépressions, et au pied des pentes, se trouvent des sols moyennement profonds, qui constituent en général des transitions entre les unités à sols profonds et celles à sols superficiels.

On retrouve presque la même séquence que précédemment mais simplifiée et où chaque horizon est beaucoup moins développé que dans les unités A1 et A2: Ap/ A/ B/ (C)/ C

Unité C

Ces sols sont superficiels (<40 cm). Ils sont situés en haut des reliefs et sur les versants des collines, voire au fond de vallons particulièrement érodés, comme c'est beaucoup le cas à Sabana Grande. La texture va de sableuse à limono-sableuse, la structure de bouillante marquée à grumeleuse très peu marquée, et la couleur est brun clair pour les horizons de surface et gris verdâtre pour ceux en profondeur. La séquence est la suivante: Ap/ A/ (C)/ C

Unité D

Le sommet des collines et certains versants n'ont plus qu'un sol de quelques cm d'épaisseur, qui ne correspond en fait qu'à la destructuration, lors des labours, des couches de sables plus ou moins fins et plus ou moins cimentés sous-jacents et qui constituent la roche mère altérée. Il faut noter que l'on trouve parfois ce type de sols dans le fond de vallons secondaires très érodés. La texture dans ce cas, est évidemment sableuse et la structure bouillante. La séquence est la suivante: (C)/ C

3 La Hondonada, El Guanacaste, La Escuela (Los Altos de Santo Domingo)

Trois mini-bassins versants expérimentaux ont été sélectionnés et cartographiés. Il s'agit des bassins "La Escuela" (1 Ha), "El Guanacaste" (2 Ha), et "La Hondonada" (1.5 Ha). De part leur situation les uns par rapport aux autres, leur faible surface et leur relief assez semblable, il nous a été possible de définir 5 grandes unités de sols, dont certaines sont sub-divisées en sous-unités.

Ces sols sont caractérisés par la présence d'un horizon induré, appelé localement "talpetate"(1), qui se trouve à différentes profondeurs, en fonction du paysage et des pentes.

Unité A

Ce sont des sols très profonds dans les fonds de vallons et les interfluves, où le "talpetate" est souvent absent ou extrêmement altéré, de texture argilo-limoneuse, de structure grumeleuse à polyédrique sub-anguleuse, avec une sur-structure massive, de couleur brun très foncé. Ils sont d'origine alluvio-colluviale, les particules transportées remplissant petit à petit les fonds de vallons.

La séquence de ces sols est la suivante: Ap/ A1 I/ A1 II/ C III

On peut parfois trouver un "talpetate" en profondeur au niveau du C III.

Unité B

Ce sont des sols moyennement profonds, reposant sur une couche de "Talpetate" et qui se trouvent dans les fonds de vallons secondaires et en bordure de fond de vallon principal. Souvent cette unité sert de zone de transition entre sols très profonds et sols superficiels. Toutefois, il arrive très souvent que la transition se fait sur quelques mètres, rendant impossible à cette échelle, une représentation graphique de cette unité.

La séquence est du type suivant:

Ap/ A1/ A1 II/ C II/ A III/ (C) III/ C III/ A IV/ C IV/ A V/ C V/

Les sols I correspondent à des dépôts alluvio-colluvionnaires, les II à une altération de matériaux volcaniques, les III au "talpetate" les IV aux lapillis et sables grossiers, les V à la palagonite

Unités C et unité D

Ces unités correspondent à des sols superficiels (unité C) à très superficiels (unité D). Ils sont situés en sommet de buttes et descendent parfois jusqu'au pied des pentes. Ils sont sablo-limoneux, peu structurés, et reposent sur un "talpetate" pouvant varier de 20 à 100 cm d'épaisseur, lequel repose sur une succession de dépôts de

1 Du Nahuatl "terre dure"

scories basaltiques, plus ou moins altérés et plus ou moins fins, qui s'intercalent avec de fines couches (0.5 à 3 cm d'épaisseur) de palagonite.

Unité C

Dans cette unité, nous distinguerons deux sous-ensembles C1 (micro-bassin versant "La escuela") et C2 (micro-bassins versants "La Hondonada" et El Guanacaste"). Ces profils sont caractérisés par la grande épaisseur du "talpetate" lequel est généralement lié à un tuff. Ces horizons indurés se rencontrent à une profondeur moyenne (40 cm) en ce qui concerne C1, et plus superficielle (20 cm) pour C2.

Unité D

Cette unité est divisée en 4 sous-unités. Toutes ont un niveau induré ("talpetate" reposant sur un tuff) qui est très proche de la surface (<15 cm), mais l'épaisseur du "talpetate" varie de 55 cm (D1) à 10 cm (D2). De plus la couche de tuff peut être parfois absente du profil (D4), alors que le reste du temps elle a une épaisseur d'environ 20 cm.

Selon le "Soils survey of the pacific region of Nicaragua", on ne rencontre dans ce secteur que la série de sols "Nejapa".

Cette série se caractérise par un pH neutre et une perméabilité modérée. Ils ont un horizon B cambique, qui a les mêmes caractéristiques que l'horizon de surface en ce qui concerne la couleur et le contenu en M.O. mais qui en diffère par une structure plus nette et un contenu en argile plus élevé. Cet horizon repose sur un niveau induré continue mais fracturé. Ce niveau d'une épaisseur variant de 30 à 90 cm, limite l'enracinement bien que les racines puissent passer au travers grâce à ces fissures. Sa perméabilité est moyenne a moyennement lente, et sa densité apparente est faible. Ces sols se sont développés sur des scories et des cendres volcaniques qui reposent sur des matériaux de même nature ou géologiquement cimentés. Ces sols ont des usages très variés: coton, maïs, prairie, horticulture, plantation d'arbres fruitiers, bananiers, etc...

L'unité "Nejapa c2 III", correspond a un sol argilo-limoneux, moyennement profond (40-60 cm) reposant sur un "hardpan", et se trouvant sur des pentes de 4 à 8 % . L'érosion est active, et les cultures de coton sont terrassées.

L'unité "Nejapa c3 IV", correspond a des sols argilo-limoneux, superficiels (25-40 cm) reposant sur un "hardpan", et où les pentes sont de 4 à 8 % . Ces sols ont perdu une bonne partie de l'horizon de surface sous l'effet de l'érosion, d'autant plus que 40 % de ces sols sont en coton, 30 % en maïs et sorgho et seulement 30% en paturages et café.

L'unité "Nejapa d2 IV", correspond a une association de sols. Dans ce cas, ils sont soit superficiels (25-40 cm) et reposent sur un "hardpan" fragmenté, soit ils sont très superficiels et de gros blocs de "duripan" se retrouvent en surface. Les pentes sont de 4 à 8 % . L'érosion y est donc très active. 20 % de ces sols sont en maïs et sorgho , 15 % en café, et le reste en paturages.

L'unité "Nejapa e2 VI", correspond à une association de sols similaire à l'association précédente (Nej. e2), mais dans ce cas, les pentes sont de 15 à 30 %. L'érosion y est moins active du fait du types de cultures pratiquées qui protègent le sols: 40 % de ces sols sont en café, 50 % en paturages et 10 % en maïs et bananiers..

Selon la classification US, les sols de cette série appartiennent à la famille limono-argileux, montmorrillonitique du sous-groupe duric haplustolls du grand groupe Haplustoll.

4 Santa Leonor (rédaction de la carte en cours)

Localisation : Pochocuape, Managua, III Région
 Coordonnées : 12o 04'30" Lat N, 86o 18' Long O
 Altitude : 400 m
 Topographie : interfluve entre deux collines, avec pentes très fortes à l'exutoire et moyenne en tête du bassin
 Végétation : Culture de maïs et haricots
 Roche-mère : Dépôts pyroclastiques stratifiés
 Drainage : fort
 Erosion : forte

Ces sols, situés sur un relief très marqué à l'exutoire (pentes supérieures à 75 %) et ondulé en tête de bassin (pentes de 7 à 20 %), sont d'origine volcanique. Ils sont caractérisés par une texture argilo-limoneuse à argilo-limono-sableuse, une structure grumeleuse en surface et polyédrique fondue en profondeur, une couleur brun très foncé, pour les sols superficiels à profonds qui occupent la majeure partie du bassin; on trouve dans le fond de vallon principal une texture limono-sableuse, une sur-structure polyédrique à structure grumeleuse, une couleur brun clair pour les sols superficiels situés en haut des reliefs et sur les contreforts. Dans les petites dépressions, et aux pieds des pentes, se trouvent des sols moyennement profonds, qui constituent des transitions rapides entre les deux types d'unités.

Si les unités de sols sont très proches de celles décrites à Sto. Domingo, il faut noter ici la présence de pierre ponce qui est altérée à différents degrés, et qui se trouve dans les horizons situés entre le "talpetate" et les lapillis.

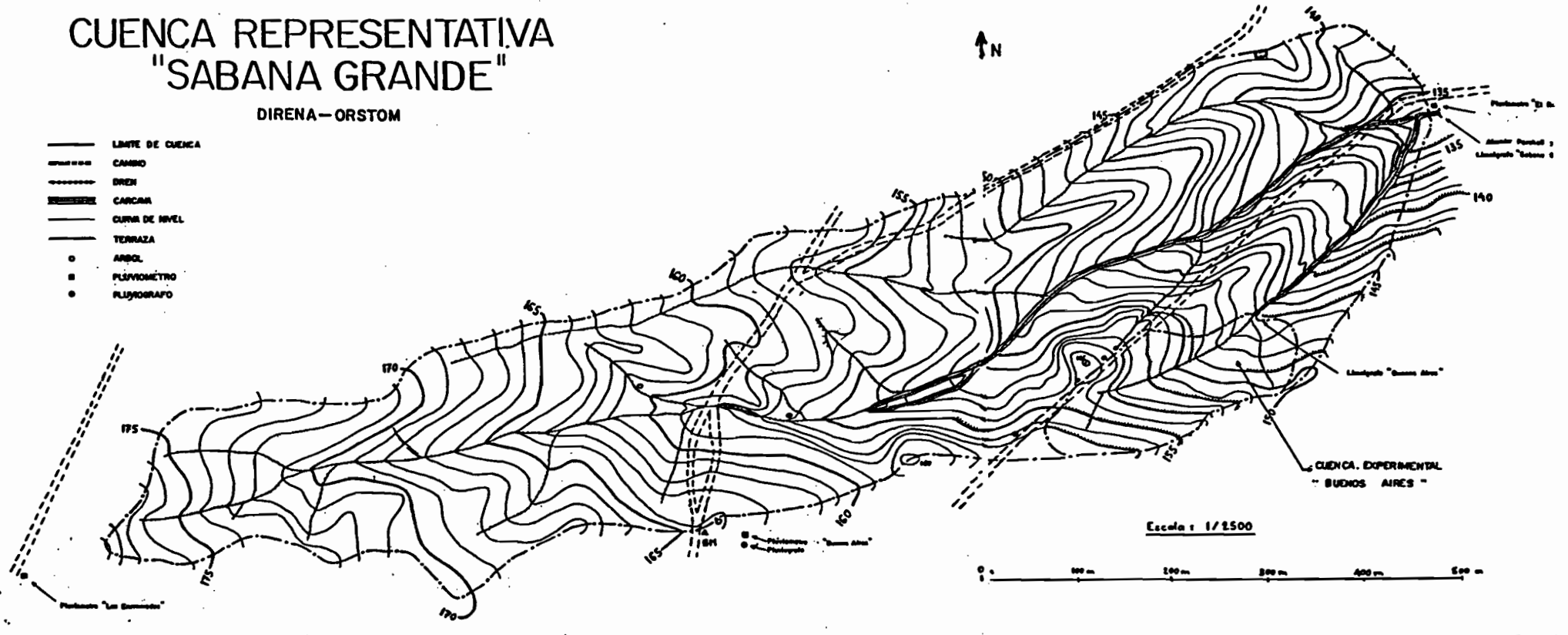
On rencontre un "talpetate" en surface des sols superficiels qui peut avoir plus de 50 cm d'épaisseur, par contre il est absent des sols très profonds qui sont en fait des sols alluvio-colluvionnaires.

CUENCA REPRESENTATIVA "SABANA GRANDE"

DIRENA-ORSTOM



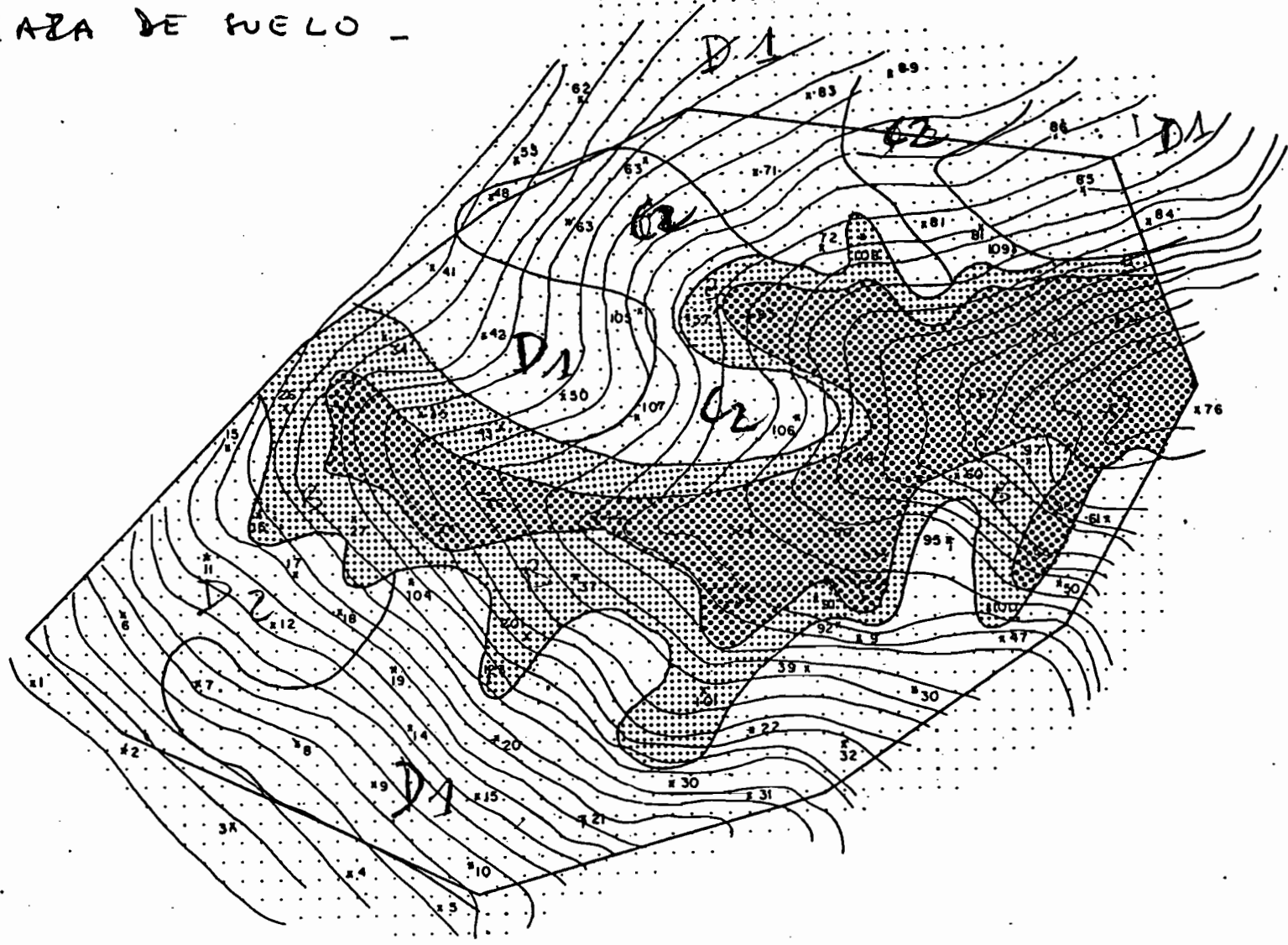
- LIMITE DE CUENCA
- CAMBIO
- DREN
- CARCAA
- CURVA DE NIVEL
- TERRAZA
- ARBOL
- PLUVIOMETRO
- PLUVIOGRAFO



MAPA DE SUELO
"SABANA GRANDE"



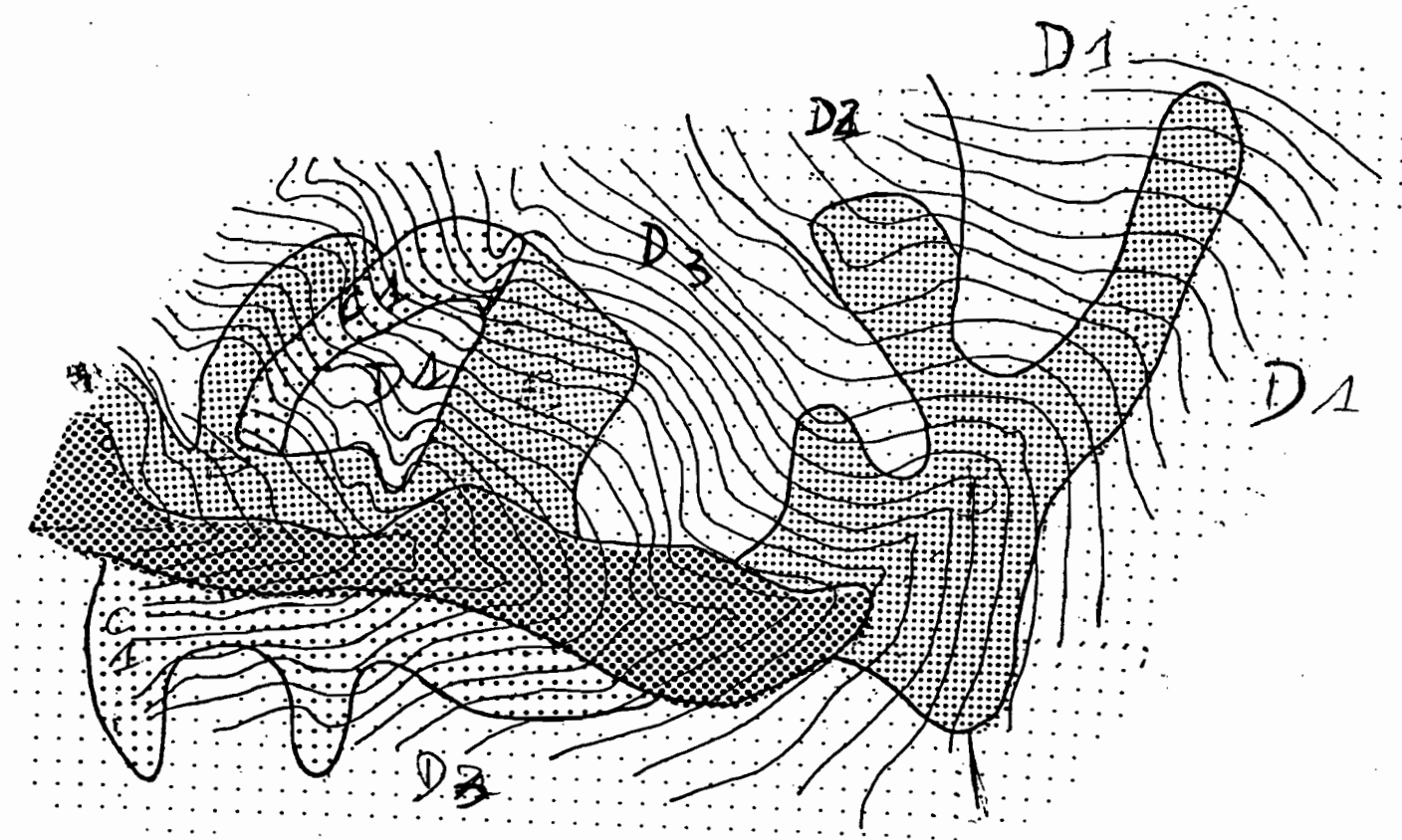
MAZA DE WUELO -



"SABANA GRANDE"

Detalles [ESCALA 1:1000]

- MAPA DE SUELO -



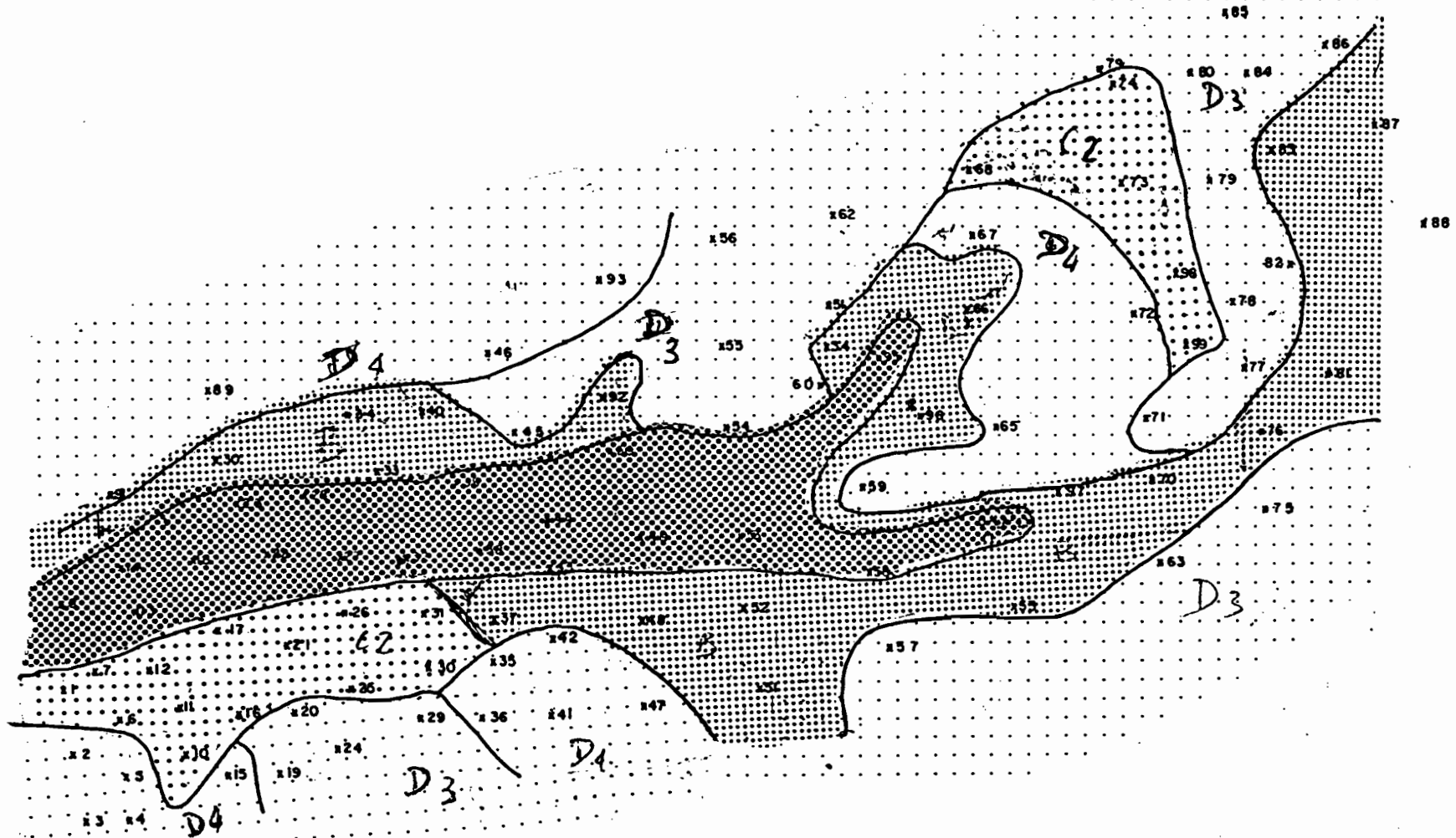
"Buenos Aires"

Detalles:

: | ESCALA : 1 : 1000 |

MAPA DE SUELO

"LA HONDONADA"



ESCALA: 1:1000

A N N E X E 2.2

Simulation de pluies.

Annexe 2.2 : SIMULATION DE PLUIES (en espagnol)

I - RESULTADOS DE LA CAMPAÑA DE SIMULACION DE LLUVIA DE 1988
EN LAS MICRO-CUENCAS "LA HONDONADA" (Sto. DOMINGO), BUENOS AIRES
(SABANA GRANDE), Y EL VIVERO JULIO CANALES (COFRADIA)

1 - SELECCION DE LAS PARCELAS

Se decidió comparar el comportamiento de diferentes unidades de suelos que habían sido mapeados en las micro-cuencas "La Hondonada", Sabana Grande y Cofradia con el fin de estudiar en particular, la influencia que puede tener un horizonte endurecido, llamado localmente "talpetate", sobre la hidrodinámica del agua en el suelo.

Cada tipo de suelo tiene sus características propias que hacen que respondan en cierta forma a la erosión. Por ejemplo, un suelo arenoso no tendrá el mismo comportamiento que un suelo arcilloso frente a la lluvia. Pero esta sensibilidad "natural" a la erosión, está modificada por otros factores tales como pendientes, usos, modos y tipos de cultivos, etc....

Se comprobó, que en gran parte, los coeficientes de pendiente están relacionados a las unidades de suelos.

Debido a la gran variedad de cultivos (tomates, cebollas, frijoles, maíz, pastos, arroz pluvial) tuvimos que comprobar con parcelas de diferentes tipos de preparación del suelo y estados de superficie (suelos desnudos, compactados y labrados durante la época anterior; suelos labrados a favor de la pendiente; en contra de la pendiente; en banco; recubierto por la vegetación) frente a las lluvias.

Las parcelas probadas no fueron aradas. Sin embargo, existe casi siempre, unas trazas de arado del ciclo anterior. Estas trazas tienen cierto papael en la circulación del agua.

El porcentaje de recubrimiento por la vegetación y por la arena, corresponden a porcentajes antes de las lluvias simuladas.

REF. PARCELA	UNIDAD SUELOS	PEND. %	COBE. VEGET %	COBE. PIEDR %	ESTADO DE LA SUPERFICIE DEL SUELO
SH 1	A	6	75	20	Suelo muy profundo, compacto, con 2 trazas de surco a favor de la pendiente, cubierto por vegeta.
SH 2	A	18	12	80	Suelo muy profundo, compacto, con 2 trazas de surco en contra pendiente, cubierto por arena
SH 3	A	18	17	70	Suelo muy profundo, compacto, con 2 trazas de surco en contra pendiente, cubierto por arena
SH 4	A	18	3	80	Suelo muy profundo, compacto, con 2 trazas de surcos en contra pendiente, cubierto por pedazos "talpetate"
SH 5	B	25	21	60	Suelo profundo, compacto, con 2 trazas de surcos en contra de la pendiente, cubierto por arena y por desechos vegetales
SH 6	B	25	12	83	Suelo profundo, compacto, con 2 trazas de surcos en contra de la pendiente, cubierto por arena y por desechos vegetales
SH 7	B	25	80	20	Suelo profundo, compacto, con 2 trazas de surcos en contra de la pendiente, cubierto por desechos vegetales
SH 8	D 3	8	1	60	Suelo superficial, compacto, sin trazas, antiguo banco de siembra de cebolla, a favor pendiente, desnudo
SH 9	D 3	8	1	50	Suelo superficial, compacto, sin trazas, antiguo banco de siembra de cebolla, a favor pendiente, desnudo
SH 10	D 3	17	1	60	Suelo superficial, compacto, antiguo banco de siembra de cebolla en contra de la pendiente con 2 canales de desagüe, desnudo
SH 11	D 3	17	1	75	Suelo superficial, compacto, antiguo banco de siembra de cebolla en contra de la pendiente con 2 canales de desagüe, desnudo
SH 12	D 3	20	1	20	Suelo superficial, compacto, antiguo banco de siembra de cebolla en contra de la pendiente con 2 canales de desagüe, desnudo

REF. PARCELA	UNIDAD SUELO	PEND. %	COBE. VEGET %	COBEE PIEDR %	ESTADO DE LA SUPERFICIE DEL SUELO
SH 13	D 3	20	1	15	Suelo superficial, compacto, antiguo banco de siembra de cebolla en contra de la pendiente con 2 canales de desagüe, desnudo
SH 14	D 3	25	1	25	Suelo superficial, compacto, antiguo banco de siembra de cebolla en contra de la pendiente con 2 canales de desagüe, desnudo
SH 15	A	6	3	15	Suelo muy profundo, compacto, con 1 traza de surco a favor de la pendiente, desnudo
SH 16	D 4	23	5	50	Suelo superficial, compacto, con 1 traza de surco a favor de la pendiente, cubierto por la arena
SH 17	C 2	27	10	80	Suelo superficial, compacto, sin trazas, banco a favor de la pendiente, cubierto por el talpetate
SH 18	C 2	27	0	85	Suelo superficial, compacto, sin trazas, banco a favor de la pendiente, cubierto por el talpetate
SG 1	C	8	95	5	Suelo superficial, compacto, con 2 trazas de surcos a favor de la pendiente, cubierto por desechos del cultivo anterior de maíz, parcela ubicada arriba de loma
SG 2	C	9	20	10	Suelo superficial, compacto, con 1 surco a favor de la pendiente, recubrimiento moderado, parcela ubicada arriba de loma
SG 3	C	8	50	35	Suelo superficial, compacto, con 2 trazas de surcos a favor de la pendiente, cubierto por desechos de maíz y arena, parcela ubicada arriba de una loma
SG 4	B	15	65	30	Suelo moderadamente profundo, compacto, 2 trazas de surcos a favor de pendiente, cubierto por desechos de maíz y arena, parcela ubicada en la vertiente de una loma
SG 5	B	15	70	10	Suelo moderadamente profundo, compacto, 2 trazas de surcos a favor de pendiente, cubierto por desechos de maíz y arena, parcela ubicada en la vertiente de una loma

REF. PARCELA	UNIDAD SUELO	PEND. %	COBE. VEGET %	COBEE PIEDR %	ESTADO DE LA SUPERFICIE DEL SUELO
SG 6	B	15	16	75	Suelo moderadamente profundo, compacto, 2 trazas de surcos a favor de pendiente, cubierto por desechos de maïs y arena, parcela ubicada en la vertiente de una loma
SG 7	B	25	18	65	Suelo moderadamente profundo, compacto, con 2 trazas de surcos en contra de la pendiente, descubierto parcela ubicada al bordo del dren secundario
SG 8	B	25	38	50	Suelo moderadamente profundo, compacto, con 1 traza de surcos en contra de la pendiente, descubierto después de haber quemado los desechos, parcela ubicada al bordo del dren secundario
SG 9	D	15	95	2	Suelo muy superficial, con capa de palagonita a 5 cm de prof., recubrimiento total por desechos de maïs, parte sup. del vertiente
SG 10	D	6	10	80	Suelo muy superficial, con capa de palagonita a 5 cm de prof., descubierto con presencia de arena parcela ubicada al tope de la loma
SG 11	A 2	10	80	10	Suelo profundo, con traza de un surco a favor de la pendiente, recubierto por desechos veg., parcela ubicada en el dren principal
COF 1	A	13	70	15	Suelos muy profundos, compactos pisoteados, pendiente moderada, cobertura vegetal muy fuerte
COF 2	A	10	60	20	Mismas características que COF 1
COF 3	B	5	1	10	Suelos muy profundos, compactos, con dos trazas de arado a favor de la pendiente, pendiente debil, sin cobertura vegetal
COF 4	B	7	1	5	Mismas características que COF 3

2 - MEDICIONES DE LA HUMEDAD DEL SUELO

Las mediciones se efectuaron con una sonda neutrónica SOLO 25, fabricada por NARDEUX.

Se hicieron sondeos según el esquema siguiente:

Cuadro # : Cronograma de sondeo

Numero de la simulación	Hora del sondeo	Numero de la simulación	Hora del sondeo
	5' antes to		5' antes t1
LLuvia Nº 1	to = 0	LLuvia Nº 2	t1 = 0
	to + 5 a 10'		t1 + 5 a 10'
	to + 30 a 45'		t1 + 30 a 45'
	to + 60'		t1 + 60'
	to + 120'		t1 + 120'
(a veces)	to + 180'	(a veces)	t1 + 180'

El índice de humedad de los suelos se determinó también, a partir de la fórmula matemática de KOEHLER, que permite calcular el IK a partir de la ecuación siguiente:

$$K_n = (IK_{n-1} + P_{n-1}) e^{-at}$$

Donde IK_n = valor del índice antes de la lluvia n

IK_{n-1} = valor del índice antes de la lluvia n-1

P_{n-1} = altura de la lluvia n-1

t = tiempo en fracción de días separando el fin de la lluvia n-1 del inicio de la lluvia n

a = coeficiente de ajuste.

3 - RESULTADOS BASICOS

PARCELA SH 1.1

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	20.0	0.0	20.0	0.0	0.0	0	---
20	130.0	43.3	25.8	17.5	41.9	1.4	3.3	7	---
15	90.0	22.5	0.0	22.5	20.9	1.6	7.0	6	---
15	60.0	15.0	0.0	15.0	12.4	2.6	17.4	12	---
15	40.0	10.0	0.0	10.0	10.0	0.0	0.3	2	---
95	70.0	100.8	45.8	65.0	105.2	5.6	5.1		---

PARCELA SH 1.2

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	20.0	0.0	20.0	0.0	0.0	0	---
15	130.0	32.5	8.9	23.6	27.4	5.1	15.7	20	---
15	90.0	22.5	0.0	22.5	18.4	4.1	18.2	15	---
15	60.0	15.0	0.0	15.0	13.9	1.1	7.1	6	---
15	40.0	10.0	0.0	10.0	10.0	0.0	0.1	2	---
90	66.7	100.0	28.9	71.1	89.7	10.3	10.3		---

PARCELA SH 2-1

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	20.0	0.0	20.0	0.0	0.0	0	---
15	130.0	32.5	3.3	29.3	27.3	5.2	15.9	25.0	---
15	90.0	22.5	0.0	22.5	16.7	5.8	25.9	22.0	---
15	60.0	15.0	0.0	15.0	11.3	3.7	24.5	17.0	---
15	40.0	10.0	0.0	10.0	8.0	2.0	20.1	9.0	---
90	66.7	100.0	23.3	76.8	83.3	17.3	17.3		---

PARCELA SH 2-2

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	2.6	17.4	9.5	10.5	52.4	27.0	---
15	130.0	32.5	0.0	32.5	12.3	20.2	62.0	82.0	---
15	90.0	22.5	0.0	22.5	11.0	11.5	51.1	46.0	---
15	60.0	15.0	0.0	15.0	6.8	8.2	54.4	35.0	---
15	40.0	10.0	0.0	10.0	5.7	4.3	42.8	17.0	---
90	66.7	100.0	2.6	97.4	45.4	57.3	57.3		---

PARCELA SH 3-1

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	20.0	0.0	20.0	0.0	0.0	0	---
15	130.0	32.5	9.8	22.8	27.8	4.7	14.4	27.0	---
15	90.0	22.5	0.0	22.5	17.9	4.6	20.4	22.0	---
15	60.0	15.0	0.0	15.0	11.6	3.4	22.4	15.0	---
15	40.0	10.0	0.0	10.0	9.8	0.2	1.7	0	---
90	66.7	100.0	29.8	70.3	87.2	12.8	12.8		---

PARCELA SH 3-2

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	16.0	4.0	19.7	0.3	1.4	5.0	---
15	130.0	32.5	0.0	32.5	20.2	12.3	37.9	62.0	---
15	90.0	22.5	0.0	22.5	13.5	9.0	39.8	37.0	---
15	60.0	15.0	0.0	15.0	10.2	4.8	32.3	22.0	---
15	40.0	10.0	0.0	10.0	8.1	1.9	18.7	10.0	---
90	66.7	100.0	16.0	84.0	71.7	28.4	28.4		---

PARCELA SH 4.1

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	20.0	0.0	20.0	0.0	0.0	0	---
15	130.0	32.5	1.1	31.4	32.4	0.1	0.2	0	---
15	90.0	22.5	0.0	22.5	22.4	0.1	0.4	0	---
15	60.0	15.0	0.0	15.0	14.8	0.2	1.1	2	---
15	40.0	10.0	0.0	10.0	9.9	0.1	0.9	2	---
90	66.7	100.0	21.1	78.9	99.6	0.5	0.5		---

PARCELA SH 4.2

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	16.3	6.4	19.6	0.4	1.8	2	27.7
15	130.0	32.5	0.0	32.5	26.7	5.8	17.8	32	19.9
15	90.0	22.5	0.0	22.5	21.1	1.4	6.3	6	19.4
15	60.0	15.0	0.0	15.0	14.6	0.4	2.5	2	15.5
15	40.0	10.0	0.0	10.0	10.0	0.0	0.0	1	0.0
90	66.7	100.0	13.6	86.4	92.1	7.9	7.9		82.4

PARCELA SH 5.2

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	18.1	1.9	19.7	0.3	0.7	3	---
15	130.0	32.5	0.0	32.5	25.5	7.0	21.6	22	---
15	90.0	22.5	0.0	22.5	19.4	3.1	13.9	14	---
15	60.0	15.0	0.0	15.0	14.4	0.6	4.1	4	
15	40.0	10.0	0.0	10.0	9.9	0.1	0.8	1	---
90	66.7	100.0	18.1	81.9	88.8	11.2	11.2		

PARCELA SH 6.1

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	12.0	8.0	19.9	0.1	0.3	2	---
15	30.0	32.5	0.0	32.5	28.9	3.6	11.0	60	---
15	90.0	22.5	0.0	22.5	20.5	2.0	8.7	19	---
15	60.0	15.0	0.0	15.0	14.1	0.9	6.0	9	
15	40.0	10.0	0.0	10.0	10.0	0.0	0.3	3	---
90	66.7	100.0	12.0	88.0	93.5	6.5	6.5		---

PARCELA SH 6.2

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	3.5	16.5	15.2	4.8	23.9	1	---
15	130.0	32.5	0.0	32.5	16.8	15.7	48.3	82	---
15	90.0	22.5	0.0	22.5	13.8	8.7	38.7	32	---
15	60.0	15.0	0.0	15.0	7.9	7.1	47.3	17	---
15	40.0	10.0	0.0	10.0	7.3	2.7	26.8	9	---
90	66.7	100.0	3.5	96.5	61.1	39.1	39.1		---

PARCELA SH 8.1

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	20.0	0.0	20.0	0.0	0.0	1	---
15	130.0	32.5	10.4	22.1	31.8	0.7	2.2	4	---
15	90.0	22.5	0.0	22.5	20.9	1.6	7.0	7	---
15	60.0	15.0	0.0	15.0	13.1	1.9	12.9	9	---
15	40.0	10.0	0.0	10.0	8.0	2.0	20.4	8	---
90	66.7	100.0	30.4	69.6	93.7	7.3	7.3		---

PARCELA SH 8.2

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	2.3	17.7	11.5	8.5	42.7	21	234.6
15	130.0	32.5	10.4	32.5	14.1	18.4	56.5	76	90.3
15	90.0	22.5	0.0	22.5	13.1	9.4	41.7	39	7.9
15	60.0	15.0	0.0	15.0	8.5	6.5	43.2	32	6.1
15	40.0	10.0	0.0	10.0	4.9	5.1	50.8	22	0.6
90	66.7	100.0	2.3	97.7	52.2	49.4	49.4		339.5

PARCELA SH 9.1

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	20.0	0.0	20.0	0.0	0.0	1	----
15	130.0	32.5	3.7	28.8	22.5	10.0	30.7	45	----
15	90.0	22.5	0.0	22.5	16.4	6.1	27.2	30	----
15	60.0	15.0	0.0	15.0	10.0	5.0	33.4	22	----
15	40.0	10.0	0.0	10.0	6.6	3.4	33.7	12	----
90	66.7	100.0	23.7	76.3	75.5	24.6	24.6		----

PARCELA SH 10.1

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	20.0	0.0	20.0	0.0	0.0	1	0.0
15	130.0	32.5	3.9	28.6	20.6	11.9	36.8	61	356.1
15	90.0	22.5	0.0	22.5	12.4	10.1	44.9	44	315.0
15	60.0	15.0	0.0	15.0	7.4	7.6	50.5	28	298.4
15	40.0	10.0	0.0	10.0	6.9	3.1	0.6	12	27.1
90	66.7	100.0	23.9	76.1	67.3	34.0	34.0		996.6

PARCELA SH 10.2

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	2.1	17.9	11.8	8.2	41.2	21	1226
15	130.0	32.5	0.0	32.5	12.9	19.3	60.3	85	393.6
15	90.0	22.5	0.0	22.5	12.2	10.3	46.0	42	149.2
15	60.0	15.0	0.0	15.0	7.8	7.2	47.7	30	91.3
15	40.0	10.0	0.0	10.0	6.6	3.4	33.8	12	6.1
90	66.7	100.0	2.1	97.9	51.3	48.8	48.8		1867

PARCELAS SH 11.1

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	13.1	6.9	19.7	0.3	1.7	3.0	---
15	130.0	32.5	0.0	32.5	24.8	7.7	23.8	35.0	---
15	90.0	22.5	0.0	22.5	14.1	8.4	37.1	35.0	---
15	60.0	15.0	0.0	15.0	9.3	5.7	38.2	25.0	
15	40.0	10.0	0.0	10.0	7.5	2.5	25.1	11.0	---
90	66.7	100.0	13.1	86.9	75.3	25.6	25.6		---

PARCELA SH 12.1

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	20.0	0.0	20.0	0.0	0.0	0	
15	130.0	32.5	32.5	0.0	32.5	0.0	0.0	0	
15	90.0	22.5	2.3	20.3	22.1	0.4	1.7	3	
15	60.0	15.0	0.0	15.0	14.5	0.9	3.3	3	
15	40.0	10.0	0.0	10.0	9.9	1.0	0.6	2	
90	66.7	100.0	54.8	45.3	99.1	24.6	24.6		207.9

PARCELA SH 12.2

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	20.0	0.0	20.0	0.0	0.0	0	---
15	130.0	32.5	1.1	31.4	32.4	0.1	0.2	0	---
15	90.0	22.5	0.0	22.5	22.4	0.1	0.4	0	---
15	60.0	15.0	0.0	15.0	14.8	0.2	1.1	2	
15	40.0	10.0	0.0	10.0	9.9	0.1	0.9	2	---
90	66.7	100.0	21.1	78.9	99.6	0.5	0.5		---

PARCELA SH 12.2

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	17.2	2.8	19.9	0.1	0.4	1	1
15	130.0	32.5	0.0	32.5	29.0	3.5	10.6	13	7
15	90.0	22.5	0.0	22.5	21.8	0.7	2.9	6	6
15	60.0	15.0	0.0	15.0	14.5	0.5	3.3	3	5
15	40.0	10.0	0.0	10.0	10.0	0.1	0.1	2	0
90	66.7	100.0	17.2	82.8	95.3	4.7	4.7		17

PARCELA SH 13.2

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	20.0	0.0	20.0	0.0	0.0	1	0
15	130.0	32.5	0.4	32.1	23.7	8.8	27.1	38	39
15	90.0	22.5	0.0	22.5	19.1	3.4	15.2	12	31
15	60.0	15.0	0.0	15.0	11.5	3.5	23.2	10	28
15	40.0	10.0	0.0	10.0	9.8	0.2	2.3	2	0
90	66.7	100.0	20.4	79.6	84.1	15.9	15.9		97

PARCELA SH 14.1

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	20.0	0.0	20.0	0.0	0.0	0	---
15	130.0	32.5	12.1	20.4	26.6	5.9	18.2	42	23
15	90.0	22.5	0.0	22.5	17.9	4.6	20.2	22	7
15	60.0	15.0	0.0	15.0	11.8	3.2	21.0	12	7
15	40.0	10.0	0.0	10.0	9.3	0.7	6.6	3	1
90	66.7	100.0	32.1	67.9	85.7	14.3	14.3		38

PARCELA SH 14.2

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	6.1	13.9	16.5	3.5	17.6	12	159
15	130.0	32.5	0.0	32.5	14.1	18.4	56.5	78	360
15	90.0	22.5	0.0	22.5	10.5	12.0	53.2	43	189
15	60.0	15.0	0.0	15.0	6.8	8.2	54.5	34	110
15	40.0	10.0	0.0	10.0	6.2	3.8	37.7	16	47
90	66.7	100.0	6.1	93.9	54.2	47.5	47.5		864

PARCELA SH 15.1

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	20.0	0.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	130.0	32.5	32.5	0.0	32.5	0.0	0.0	0.0	0.0
15	90.0	22.5	16.5	6.0	21.8	0.7	3.2	9.0	0.0
15	60.0	15.0	0.0	15.0	11.9	3.1	20.6	15.0	0.0
15	40.0	10.0	0.0	10.0	7.9	2.1	20.9	7.0	0.0
90	66.7	100.0	69.0	31.0	94.1	7.2	7.2		0.0

PARCELA SH 15.2

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	3.8	16.2	14.9	5.1	25.7	12	391
15	130.0	32.5	0.0	32.5	14.7	17.8	54.8	73	342
15	90.0	22.5	0.0	22.5	11.7	10.8	48.0	43	27
15	60.0	15.0	0.0	15.0	11.3	3.7	24.5	15	19
15	40.0	10.0	0.0	10.0	9.9	0.1	0.9	10	0
90	66.7	100.0	3.8	96.2	62.5	37.5	37.5		779

PARCELA SH 16.1

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	20.0	0.0	20.0	0.0	0.0	0	0
15	130.0	32.5	13.6	18.9	30.2	2.3	7.1	12	0
15	90.0	22.5	0.0	22.5	18.7	3.8	17.0	16	3
15	60.0	15.0	0.0	15.0	11.2	3.8	25.6	12	5
15	40.0	10.0	0.0	10.0	9.8	0.2	1.7	10	0
90	66.7	100.0	33.6	66.4	89.8	10.2	10.2		8

PARCELA SH 16.2

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	17.9	2.1	19.7	0.3	1.4	12	56
15	130.0	32.5	0.0	32.5	17.6	14.9	45.9	63	640
15	90.0	22.5	0.0	22.5	12.4	10.1	44.8	42	92
15	60.0	15.0	0.0	15.0	5.8	9.2	61.5	36	117
15	40.0	10.0	0.0	10.0	6.4	3.6	36.2	18	39
90	66.7	100.0	17.9	82.1	61.9	42.4	42.4		944

PARCELA SH 17.1

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	8.0	12.0	19.7	0.3	1.6	3	12
15	130.0	32.5	0.0	32.5	28.9	3.6	11.1	15	7
15	90.0	22.5	0.0	22.5	19.8	2.7	11.9	10	3
15	60.0	15.0	0.0	15.0	13.2	1.8	12.0	7	1
15	40.0	10.0	0.0	10.0	9.9	0.1	1.1	3	0
90	66.7	100.0	8.0	92.0	91.5	8.5	8.5		23

PARCELA SH 17.2

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	10.5	9.5	19.3	19.3	3.4	3	---
15	130.0	32.5	0.0	32.5	26.0	26.0	20.0	27	---
15	90.0	22.5	0.0	22.5	17.5	17.5	22.1	20	---
15	60.0	15.0	0.0	15.0	11.6	11.6	22.4	13	
15	40.0	10.0	0.0	10.0	9.1	0.9	8.8	8	---
90	66.7	100.0	10.5	89.5	83.6	16.8	16.8		---

PARCELA SH 18.1

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	0.0	20.0	20.0	0.0	0.0	0	0
15	130.0	32.5	0.0	32.5	30.8	1.7	5.3	7	
15	90.0	22.5	0.0	22.5	20.7	1.8	7.9	6	
15	60.0	15.0	0.0	15.0	13.9	1.1	7.6	5	
15	40.0	10.0	0.0	10.0	10.0	0.0	0.0	1	0.0
90	66.7	100.0	0.0	100.0	95.3	4.7	4.7		

PARCELA SH 18.2

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	11.9	8.1	19.7	0.3	1.4	2	21
15	130.0	32.5	0.0	32.5	21.8	10.7	33.0	42	---
15	90.0	22.5	0.0	22.5	16.0	6.5	29.0	22	---
15	60.0	15.0	0.0	15.0	10.8	4.2	28.2	18	
15	40.0	10.0	0.0	10.0	9.2	0.8	8.2	4	---
90	66.7	100.0	11.9	88.1	77.4	23.1	23.1		

PARCELA SG 1.2

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	0.0	20.0	18.2	1.8	9.0	4	---
15	130.0	32.5	0.0	32.5	15.9	16.6	51.0	60	---
15	90.0	22.5	0.0	22.5	13.7	8.8	39.3	36	---
15	60.0	15.0	0.0	15.0	10.5	4.5	30.2	17	---
15	40.0	10.0	0.0	10.0	9.5	0.5	5.2	9	---
90	66.7	100.0	0.0	100.0	67.7	32.4	32.4		---

PARCELA SG 2.1

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	20.0	0.0	20.0	0.0	0.0	2	0.0
15	130.0	32.5	4.1	28.4	29.5	3.0	9.1	13	6.7
15	82.8	35.9	0.0	22.5	20.5	2.0	8.8	10	37.7
15	62.6	15.6	0.0	15.0	13.7	1.3	8.6	7	10.5
15	41.4	11.0	0.0	10.0	9.7	0.3	.5	2	0.0
102	68.0	100.0	24.1	75.9	93.4	6.6	6.6		54.9

PARCELA SG 2.2

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	5.3	14.7	18.7	1.	6.5	5	52.2
15	130.0	32.5	0.0	32.5	10.9	21.6	66.4	97	141.0
15	90.0	22.5	0.0	22.5	5.4	17.1	76.2	58	159.6
15	60.0	15.0	0.0	15.0	5.1	9.9	66.3	34	136.7
15	40.0	10.0	0.0	10.0	6.7	3.3	32.7	11	22.2
90	66.7	100.0	5.3	94.7	46.8	54.1	54.1		511.7

PARCELA SG 3.1

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	0.0	20.0	19.7	0.3	1.7	2	31.1
15	130.0	32.5	0.0	32.5	14.9	17.6	54.2	83	19.9
15	90.0	22.5	0.0	22.5	10.2	12.3	54.5	50	15.3
15	60.0	15.0	0.0	15.0	6.3	8.7	58.0	35	16.9
15	40.0	10.0	0.0	10.0	6.8	3.2	32.4	10	6.3
90	66.7	100.0	0.0	100.0	57.8	44.0	44.0		89.5

PARCELA SG 3.2

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	0.0	20.0	16.4	3.6	18.2	5	27.3
15	130.0	32.5	0.0	32.5	8.0	24.5	75.4	102	23.4
15	90.0	22.5	0.0	22.5	7.0	15.5	68.9	62	1.7
15	60.0	15.0	0.0	15.0	3.8	11.2	75.0	45	9.2

PARCELA SG 4.1

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	0.0	20.0	18.5	1.5	7.7	4	26.6
15	130.0	32.5	0.0	32.5	11.	21.2	65.1	128	43.5
15	90.0	22.5	0.0	22.5	9.7	12.8	57.1	63	15.4
15	60.0	15.0	0.0	15.0	5.9	9.1	60.7	42	6.5
15	40.0	10.0	0.0	10.0	6.2	3.8	37.9	21	0.4
90	66.7	100.0	0.0	100.0	51.6	50.7	50.7		92.4

PARCELA SG 5.1

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K (%)	Rx mm/h	(gr)
30	40.0	20.0	0.0	20.0	19.7	0.3	1.3	1	0.0
15	130.0	32.5	0.0	32.5	25.2	7.3	22.6	38	0.0
15	90.0	22.5	0.0	22.5	13.5	9.0	40.0	38	0.0
15	60.0	15.0	0.0	15.0	8.1	6.9	45.8	25	0.0
15	40.0	10.0	0.0	10.0	7.0	.0	30.0	13	0.0
90	66.7	100.0	0.0	100.0	73.5	26.6	26.6		---

PARCELA SG 5.2

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K mm/h	Rx (gr)	
30	40.0	20.0	6.1	13.9	18.6	1.4	7.2	5	31.9
15	130.0	32.5	0.0	32.5	19.4	13.1	40.3	57	16.2
15	90.0	22.5	0.0	22.5	14.4	8.1	36.1	32	6.8
15	60.0	15.0	0.0	15.0	9.8	5.2	34.4	23	3.9
15	40.0	10.0	0.0	10.0	8.1	3.9	19.0	28	1.3
90	66.7	100.0	6.1	93.9	70.3	32.1	32.1		60.1

PARCELA SG 6.1

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K mm/h	Rx (gr)	
30	40.0	20.0	20.0	0.0	20.0	0.0	0.0	1	---
15	130.0	32.5	2.4	30.1	20.5	12.0	36.8	60	---
15	90.0	22.5	0.0	22.5	13.4	9.1	40.4	40	---
15	60.0	15.0	0.0	15.0	8.1	6.9	46.2	30	---
15	40.0	10.0	0.0	10.0	7.3	2.7	27.1	12	---

4 - RELACION LAMINA ESCURRIDA (Lr) EN FUNCION DE LA LLUVIA UTIL (altura de agua total del aguacero = Pu)

Por cada parcela, se gravan en el programa "statgraphic" los datos correspondiendo a la lámina escurrida (Lr) y a la lluvia útil (Pu) obtenido a partir del programa de procesamiento de los datos de simulación de lluvia.

Dicho programa de estadística da por cada parcela, y/o por un grupo de parcelas, la función matemática de relación entre Lr y Pu, así como la expresión gráfica de dicha función.

5 - RELACION ESCURRIMIENTO MAXIMUM (Rx) EN FUNCION DE LA INTENSIDAD DE LAS LLUVIAS (I)

Por cada parcela, se gravan en el programa "statgraphic" los datos correspondiendo al escurrimiento máxima (Rx) y a la intensidad de las lluvias (I) obtenido por simple lectura de los datos y de los gráficos del programa de procesamiento de los datos de simulación de lluvia.

Dicho programa de estadística da por cada parcela, y/o por un grupo de parcelas, la función matemática de relación entre Rx y I, así como la expresión gráfica de dicha función.

6 - INDICE DE HUMEDAD DEL SUELO (IK)

A partir de los datos de la pluviometría natural y simulada, se calculó el índice de humedad del suelo (IK) según la fórmula matemática de KOEHLER.

Gracias a los datos metrológicos dados por el pluviógrafo instalado por los hidrólogos del programa sobre la mini-cuenca experimental donde se realizaron las pruebas de simulación de lluvia, se pudo corregir el IK en función de las raras precipitaciones naturales que cayeron durante la campaña de simulación de lluvias.

Así, los 2 y 3 de mayo, fueron respectivamente de 9 y 31.5 mm de lluvias que cayeron. Además, las precipitaciones del 19 y 20 de mayo, fueron de 3 y 19 mm. Las lluvias del 24 de mayo, con una altura de 105 mm de agua pusieron el punto final a la campaña de simulación de lluvia.

Es importante notar que estas primeras lluvias, precoces para la época, influyeron muy poco sobre el grado de humedad del suelo. Por ejemplo, las lluvias del 2 y 3 de mayo hicieron pasar el valor del IK de 0 a 3.9 el 8 mayo, y a partir del 14 del mismo mes, este IK había vuelto a tomar el valor nulo.

CUADRO DE LOS VALORES DE LOS IK ANTES DE CADA SIMULACION DE LLUVIA

REF. LLUVIA	DIA DE LA PRUEBA	HORA INICIO LLUVIA	HORA FIN DE LLUVIA	INTENSIDAD DE LA LLUVIA	IK	Fn	Dr
S 1.1	18 DE FEB	10.45	12.15	100.0	0.0	>100	
S 1.2	19 DE FEB	14.40	16.10	100.0	57.7	20	
S 2.1	18 DE FEB	3.11	4.41	100.0	0.0	27	
S 2.2	19 DE FEB	8.21	9.51	100.0	69.2	18	
S 3.1	20 DE FEB	9.61	10.36	100.0	0.0	20	
S 3.2	21 DE FEB	8.39	10.09	100.0	63.2	15	

S 4.1	20 DE FEB	14.37	16.07	100.0	0.0	22	
S 4.2	21 DE FEB	14.37	16.07	100.0	62.6	17	
S 5.1	20 DE FEB	11.45	13.15	100.0	0.0	34	
S 5.2	21 DE FEB	11.28	12.58	100.0	62.9	17	
S 6.1	11 DE MAYO	12.04	13.50	100.0	0.0	25	
S 6.2	9 DE MAYO	16.20	18.06	100.0	2.3	13	
S 7.1	14 DE MAYO	13.10	15.00	100.0	0.0	30	
S 7.2	16 DE MAYO	8.45	10.45	100.0	55.4	20	
S 8.1	14 DE MAYO	15.10	16.43	100.0	0.0	27	
S 8.2	16 DE MAYO	11.09	12.55	100.0	54.2		
S 9.1	18 DE MAYO	15.33	17.18	100.0	0.0	50	
S 9.2	20 DE MAYO	12.37	14.22	100.0	49.2	20	
S 10.1	24 DE MAYO	16.35	18.21	100.0	0.0	20	
S 10.2	22 DE MAYO	12.51	14.38	100.0	8.0	19	
COF 1.1	24 DE MAYO	13.27	15.12	100.0	0.0	>100	
COF 1.2	23 DE MAYO	8.45	9.10	100.0	5.3	35	
COF 2.1	23 DE MAYO	11.25	13.10	100.0	0.0	>100	
COF 2.2	20 DE MAYO	12.37	14.22	100.0	49.2	30	
COF 3.1	20 DE MAYO	14.00	15.00	100.0	0.0	19	
COF 3.2	24 DE MAYO	16.35	18.21	100.0	27.1	7	
COF 4.1	22 DE MAYO	12.51	14.38	100.0	0.0	37	
COF 4.2	24 DE MAYO	13.27	15.12	100.0	49.7	11	
SH 1.1	24 DE MAYO	13.27	15.12	100.0	0.0	51	
SH 1.2	23 DE MAYO	8.45	9.10	100.0	5.3	30	
SH 2.1	23 DE MAYO	11.25	13.10	100.0	0.0	32	
SH 2.2	23 DE MAYO	8.45	9.10	100.0	5.3	3	
SH 3.1	23 DE MAYO	11.25	13.10	100.0	0.0	20	
SH 3.2	20 DE MAYO	12.37	14.22	100.0	49.2	45	
SH 4.1	24 DE MAYO	16.35	18.21	100.0	0.0	75	
SH 4.2	20 DE MAYO	12.37	14.22	100.0	49.2	20	
SH 5.1	24 DE MAYO	16.35	18.21	100.0	0.0		

SH 5.2	22 DE MAYO	12.51	14.38	100.0	8.0	20	
SH 6.1	24 DE MAYO	13.27	15.12	100.0	0.0	20	
SH 6.2	23 DE MAYO	8.45	9.10	100.0	5.3	10	
SH 7.1	23 DE MAYO	11.25	13.10	100.0	0.0		
SH 7.2	23 DE MAYO	8.45	9.10	100.0	5.3		
SH 8.1	23 DE MAYO	11.25	13.10	100.0	0.0	30	
SH 8.2	20 DE MAYO	12.37	14.22	100.0	49.2	5	
SH 9.1	24 DE MAYO	16.35	18.21	100.0	0.0	23	
SH 9.2	20 DE MAYO	12.37	14.22	100.0	49.2		
SH 10.1	20 DE MAYO	12.37	14.22	100.0	0.0	28	
SH 10.2	24 DE MAYO	16.35	18.21	100.0	27.1	5	
SH 11.1	22 DE MAYO	12.51	14.38	100.0	0.0	32	
SH 11.2	24 DE MAYO	16.35	18.21	100.0	27.1		
SH 12.1	22 DE MAYO	12.51	14.38	100.0	0.0	65	
SH 12.2	24 DE MAYO	16.35	18.21	100.0	27.1	20	
SH 13.1	22 DE MAYO	12.51	14.38	100.0	0.0		
SH 13.2	24 DE MAYO	13.27	15.12	100.0	49.7	20	
SH 14.1	23 DE MAYO	8.45	9.10	100.0	0.0	28	
SH 14.2	23 DE MAYO	11.25	13.10	100.0	4.3	13	
SH 15.1	23 DE MAYO	8.45	9.10	100.0	0.0	70	
SH 15.2	23 DE MAYO	11.25	13.10	100.0	4.3	12	
SH 16.1	20 DE MAYO	12.37	14.22	100.0	0.0	43	
SH 16.2	24 DE MAYO	16.35	18.21	100.0	27.1	25	
SH 17.1	22 DE MAYO	12.51	14.38	100.0	0.0	23	
SH 17.2	24 DE MAYO	13.27	15.12	100.0	49.7	18	
SH 18.1	23 DE MAYO	8.45	9.10	100.0	0.0	32	
SH 18.2	23 DE MAYO	11.25	13.10	100.0	4.3	20	

II - RESULTADOS PRELIMINARES DE LA CAMPAÑA DE SIMULACION DE Lluvia
EN LA MICRO-CUENCA "LA ESCUELA"

COMARCA DE LOS "ALTOS DE SANTO DOMINGO"
REGION III - NICARAGUA

1 - SELECCION DE LAS PARCELAS

Se decidió comparar el comportamiento de diferentes unidades de suelos que habían sido mapeados en la micro-cuenca "La Escuela" en Los Altos de Sto. Domingo, con el fin de estudiar en particular, la influencia que puede tener un horizonte endurecido, llamado localmente "talpetate", sobre la hidrodinámica del agua en el suelo.

Cada tipo de suelo tiene sus características propias que hacen que responden de cierta forma a la erosión. Por ejemplo, un suelo arenoso no tendrá el mismo comportamiento que un suelo arcilloso frente a la lluvia. Pero esta sensibilidad "natural" a la erosión, esta modificada por otros factores tales como pendiente, uso, modo y tipo de cultivos, etc...

Se comprobó, que en gran parte, los coeficientes de pendiente están relacionados a las unidades de suelos.

Debido a la gran variedad de cultivos (tomates, cebolla, frijoles, maíz, pastos, arroz pluvial) tuvimos que comprobar parcelas con diferentes tipo de cultivos, de preparación del suelo y estados de superficie (suelos desnudos, compactados y labrados durante la época anterior; suelos labrados a favor de la pendiente; en contra de la pendiente; en banco; recubierto por la vegetación) frente a las lluvias.

REF. PARCELA	LLUVIAS	UNIDAD SUELOS	PENDIENTE (%)	ESTADO DE LA SUPERFICIE DEL SUELO
DOM 1	1,2 y 3		6	Suelos no arados desde la última época de lluvia, compactos y desnudos
DOM 2	2 y 3		6	Suelos no arados desde la última época de lluvia, compactos y desnudos
DOM 3	2 y 3		15	Suelos arados por bueyes a favor de la pendiente durante la última época de lluvia, compactos, desnudos
DOM 4	2 y 3		13	Suelos arados por bueyes a favor de la pendiente (2 surcos) durante la última época de lluvia, sueltos desnudos
DOM 5	2 y 3		16	Suelos no arados desde la última época de lluvia, compactos, cobertura vegetal de 60 %
DOM 6		A N U		L A D A
DOM 7	2 y 3		-15	Suelos no arados desde la última época de lluvia, compactos, desnudos
DOM 8	2 y 3		-17	Suelos arados por bueyes a favor de la pendiente (2 surcos) durante

				la última época de lluvia, compactos y desnudos
DOM 9	2 y 3		16	Suelos no arados desde la última época de lluvia, compactos, desnudos
DOM 10	2 y 3		-16	Suelos arados por bueyes a favor de la pendiente (1 surco) durante la última época de lluvia, compactos, pisoteados y desnudos
DOM 11	2 y 3		-15	Suelos arados por bueyes a favor de la pendiente (1 surco) durante la última época de lluvia, compactos, 15 % de recubrimiento vegetal
DOM 12	2 y 3		21	Suelos arados por bueyes, contra la pendiente (1 surco) durante la última época de lluvia, compactos y desnudos
DOM 13	2 y 3		15	Suelos arados por bueyes a favor de la pendiente (2 surcos) durante la última época de lluvia, sueltos y desnudos, siembra de maíz con el pie
DOM 14	2		11	Suelos arados por bueyes, contra la pendiente (2 surcos) unos días antes de la simulación, sueltos desnudos, siembra de maíz con el pie
DOM 15	2		11	Suelos arados por bueyes a favor de la pendiente (2 surcos) antes de la prueba de simulación, sueltos y desnudos, siembra de maíz con el pie

2 - RESULTADOS PRELIMINARES

PARCELA DOM 1.1

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K	Rx mm/h	(gr)
140	62.6	146.1	0.0	146.1	142.2	3.9	2.6	0	0
140	62.6	146.1	0.0	146.1	142.2	3.9	2.6	0	0

PARCELA DOM 1.2

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K	Rx mm/h	(gr)
30	41.4	20.7	4.3	16.4	18.1	2.6	12.6	7	---
16	124.0	33.1	0.0	33.1	14.0	19.0	57.6	80	---
30	82.8	41.4	0.0	41.4	15.1	26.3	63.5	51	---
16	62.6	16.7	0.0	16.7	10.0	6.7	40.2	22	---
15	41.4	10.4	0.0	10.4	7.1	3.3	31.8	10	---
107	68.5	122.2	4.3	117.0	64.3	60.3	49.3		---

PARCELA DOM 1.3

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K	Rx mm/h	(gr)
29	41.4	20.0	7.9	12.1	17.1	2.9	14.3	11	---
16	124.0	33.1	0.0	33.1	14.5	18.6	56.3	80	---
26	82.8	35.9	0.0	35.9	11.9	23.9	66.7	53	---
15	62.6	15.6	0.0	15.6	4.8	10.8	69.0	40	---
16	41.4	11.0	0.0	11.0	4.6	6.4	57.9	22	---
102	68.0	115.6	7.9	107.7	53.0	65.0	56.2		---

PARCELA DOM 2.1

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K	Rx mm/h	(gr)
105	41.4	72.4	72.4	0.0	72.4	0.0	0.0	0	0
105	41.4	72.4	72.4	0.0	72.4	0.0	0.0	0	0

PARCELA DOM 2.2

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K	Rx mm/h	(gr)
30	41.4	20.7	20.7	0.0	20.7	0.0	0.0	0	0
15	124.0	31.0	2.1	28.9	28.5	2.5	8.0	11	0
30	82.8	41.4	0.0	41.4	39.6	1.8	4.3	6	0
15	62.6	15.6	0.0	15.6	15.4	0.3	1.7	3	0
15	41.4	10.4	0.0	10.4	10.4	0.0	0.0	1	0
105	68.1	119.1	22.8	96.3	114.6	4.5	3.8		0

PARCELA DOM 3.1

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K	Rx mm/h	(gr)
30	41.4	20.7	0.3	20.7	20.4	0.3	1.3	0	36
16	124.0	33.1	0.0	33.1	23.1	9.9	30.1	43	30
30	82.8	41.4	0.0	41.4	26.2	15.2	36.8	36	26
15	62.6	15.6	0.0	15.6	8.5	7.2	45.9	27	8
15	41.4	10.4	0.0	10.4	7.2	3.1	30.3	11	3
106	68.6	121.2	0.3	121.2	85.4	7.3	31.7		103

PARCELA DOM 3.2

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K	Rx mm/h	(gr)
35	41.4	24.2	4.6	19.5	17.6	6.6	27.1	18	61
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	-	-	49
15	124.0	31.0	0.0	31.0	16.7	14.3	46.0	(60)	129
30	82.8	41.4	0.0	41.4	21.4	20.0	48.3	46	83
15	62.6	15.6	0.0	15.6	7.2	8.4	53.9	34	10
15	41.4	10.4	0.0	10.4	5.4	4.9	47.7	19	7
110	67.0	122.6	4.6	122.6	68.3	54.7	51.9		338

PARCELA DOM 4.1

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Estur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K	Rx mm/h	(gr)
30	41.4	20.7	17.8	2.9	20.7	0.0	0.2	0	1
15	124.0	31.0	0.0	31.0	18.5	12.5	40.2	58	33
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	-	-	1
29	82.8	40.0	0.0	40.0	24.1	15.8	40.0	37	83
15	62.6	15.6	0.0	15.6	7.2	8.4	53.9	27	10
15	41.4	10.4	0.0	10.4	5.4	4.9	47.7	10	7
104	67.9	117.7	17.8	99.9	75.9	41.6	*36.4		134

PARCELA DOM 4.2

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Estur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K	Rx mm/h	(gr)
30	41.4	20.7	4.9	15.8	18.0	2.7	12.9	7	6
15	124.0	31.0	0.0	31.0	10.4	20.6	66.4	86	155
30	82.8	41.4	0.0	41.4	14.9	26.5	64.1	51	84
15	62.6	15.6	0.0	15.6	5.4	10.3	65.8	38	13
15	41.4	10.4	0.0	10.4	5.6	4.8	46.2	23	4
105	68.1	119.1	4.9	114.2	54.2	65.3	*54.8		262

PARCELA DOM 5.1

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K	Rx mm/h	(gr)
30	41.4	20.7	20.7	0.0	20.7	0.0	0.0	0	0
15	124.0	31.0	0.0	31.0	21.4	9.6	30.9	46	14
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	-	-	1
30	82.8	41.4	0.0	41.4	27.0	14.4	34.8	31	15
15	62.6	15.6	0.0	15.6	10.2	5.4	34.8	20	5
15	41.4	10.4	0.0	10.4	8.7	1.6	15.8	5	1
105	68.1	119.1	20.7	98.4	88.0	31.5	26.6		35

PARCELA DOM 5.2

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K	Rx mm/h	(gr)
25	41.4	17.3	7.2	10.1	16.1	1.2	6.8	1	25
15	124.0	31.0	0.0	31.0	14.7	16.3	52.5	67	26
31	82.8	42.8	0.0	42.8	20.6	22.2	51.8	42	21
15	62.6	15.6	0.0	15.6	7.8	7.8	49.8	39	60
15	41.4	10.4	0.0	10.4	6.6	3.7	35.8	19	5
101	69.5	117.0	7.2	109.9	65.9	60.5	51.7		137

PARCELA DOM 7.1

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K	Rx mm/h	(gr)
33	45.0	24.8	0.0	24.8	22.8	1.9	7.7	(10)	13
16	126.0	33.6	0.0	33.6	13.9	19.7	58.7	80	53
31	86.4	44.6	0.0	44.6	16.2	28.5	63.7	57	68
15	61.2	15.3	0.0	15.3	4.0	11.3	73.6	44	17
15	45.0	11.3	0.0	11.3	5.7	5.5	49.2	20	1
110	70.7	129.5	0.0	129.5	62.7	68.5	52.9		152

PARCELA DOM 7.2

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K	Rx mm/h	(gr)
45	45.0	33.8	2.3	31.5	14.3	19.5	57.7	32	71
15	126.0	31.5	0.0	31.5	3.6	27.9	88.6	115	123
31	86.4	43.2	0.0	43.2	7.7	35.5	82.1	70	178
15	61.2	15.3	0.0	15.3	2.5	12.8	84.0	49	26
15	45.0	11.3	0.0	11.3	3.9	7.3	65.2	35	29
120	67.5	135.0	2.3	132.8	32.0	106.1	78.6		427

PARCELA DOM 8.1

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K	Rx mm/h	(gr)
30	45.0	22.5	22.5	0.0	22.5	0.0	0.0	0	0
17	126.0	35.7	1.7	34.0	20.3	15.4	43.2	58	70
25	86.4	36.0	0.0	36.0	17.4	18.6	51.6	45	60
18	126.0	37.8	0.0	37.8	16.1	21.7	57.3	68	69
90	88.0	132.0	24.2	107.8	76.3	73.3	55.5		199

PARCELA DOM 8.2

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K	Rx mm/h	(gr)
31	45.0	23.3	2.8	20.4	13.9	9.3	40.0	21	15
15	126.0	31.5	0.0	31.5	10.8	20.7	65.6	(88)	49
30	86.4	43.2	0.0	43.2	14.0	29.2	67.7	57	52
15	61.2	15.3	0.0	15.3	4.2	11.1	72.8	42	11
15	45.0	11.3	0.0	11.3	5.7	5.5	49.2	27	5
106	70.5	124.5	2.8	121.7	48.6	76.1	61.1		132

PARCELA DOM 9.1

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K	Rx mm/h	(gr)
30	45.0	22.5	19.2	3.3	22.0	0.5	2.4	0	1
15	126.0	31.5	0.0	31.5	8.0	23.5	74.4	(100)	161
30	86.4	43.2	0.0	43.2	12.2	31.0	71.7	63	82
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	-	-	6
14	61.2	14.3	0.0	14.3	3.4	10.9	76.0	51	20
15	45.0	11.3	0.0	11.3	4.6	6.6	58.8	21	10
104	70.1	122.7	19.2	103.5	49.2	76.8	62.6		280

PARCELA DOM 9.2

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K	Rx mm/h	(gr)
30	45.0	22.5	1.9	20.5	10.7	11.8	52.4	30	20
15	126.0	31.5	0.0	31.5	3.9	27.6	87.5	110	200
30	86.4	43.2	0.0	43.2	8.6	34.6	80.0	68	92
15	61.2	14.3	0.0	14.3	2.8	12.5	81.5	47	15
15	45.0	11.3	0.0	11.3	3.9	7.3	65.3	32	7
105	70.7	123.8	1.9	121.8	30.0	94.8	76.6		334

PARCELA DOM 10.1

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K	Rx mm/h	(gr)
30	45.0	22.5	22.5	0.0	22.5	0.0	0.0	0	0
15	126.0	31.5	0.0	31.5	7.3	24.2	76.9	94	129
30	86.4	43.2	0.0	43.2	9.6	33.6	77.7	65	70
15	61.2	15.3	0.0	15.3	3.5	11.8	77.3	46	20
15	45.0	11.3	0.0	11.3	4.8	6.5	57.4	25	6
105	70.7	123.8	22.5	101.3	47.7	76.3	61.6		225

PARCELA DOM 10.2

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K	Rx mm/h	(gr)
30	45.0	22.5	1.7	20.8	13.4	9.1	0.0	20	13
15	126.0	31.5	0.0	31.5	11.1	20.4	64.7	88	75
30	86.4	43.2	0.0	43.2	15.0	28.2	65.3	58	78
15	61.2	15.3	0.0	15.3	4.0	11.3	74.1	43	16
15	45.0	11.3	0.0	15.3	4.8	6.4	57.2	28	7
105	70.7	123.8	1.7	122.0	48.2	76.6	61.9		189

PARCELA DOM 11.1

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K	Rx mm/h	(gr)
30	45.0	22.5	22.5	0.0	22.5	0.0	0.0	0	0
15	126.0	31.5	1.5	30.0	13.8	17.7	56.3	74	78
30	86.4	43.2	0.0	43.2	19.0	24.2	56.0	49	45
15	61.2	15.3	0.0	15.3	7.2	8.1	53.2	32	30
15	45.0	11.3	0.0	11.3	8.7	2.6	22.8	13	5
105	70.7	123.8	24.0	99.8	71.1	56.8	45.9		158

PARCELA DOM 11.2

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K	Rx mm/h	(gr)
30	45.0	22.5	0.0	22.5	19.2	3.3	14.6	11	10
15	126.0	31.5	0.0	31.5	9.3	22.2	70.4	89	87
30	86.4	43.2	0.0	43.2	17.3	25.9	59.9	50	41
15	61.2	15.3	0.0	15.3	6.0	9.3	61.1	36	13
15	45.0	11.3	0.0	11.3	8.3	3.0	26.6	12	6
105	70.7	123.8	0.0	101.3	60.0	65.0	52.5		157

PARCELA DOM 12.1

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K	Rx mm/h	(gr)
30	48.2	24.1	24.1	0.0	24.1	0.0	0.0	0	0
15	124.0	31.0	0.4	30.6	22.8	8.2	26.6	(41)	121
30	82.4	41.2	0.0	41.2	25.7	15.5	37.7	36	284
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	-	36	3
15	67.7	15.8	0.0	15.8	11.2	4.6	29.4	23	40
15	48.2	12.1	0.0	12.1	9.8	2.3	18.8	10	5
105	70.3	124.1	24.5	99.6	93.6	31.1	25.2		453

PARCELA DOM 12.2

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur. maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K	Rx mm/h	(gr)
31	48.2	24.9	8.2	16.7	18.7	6.2	24.9	(20)	8
15	124.0	31.0	0.0	31.0	9.3	21.7	70.1	95	99
30	82.4	41.2	0.0	41.2	12.8	28.4	68.9	58	131
15	67.7	15.8	0.0	16.9	5.7	11.2	66.4	44	73
15	48.2	12.1	0.0	12.1	6.0	6.0	50.2	24	3
105	71.4	126.1	8.2	117.9	52.5	80.2	63.6		314

PARCELA DOM 13.1

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K	Rx mm/h	(gr)
30	48.2	24.1	24.1	0.0	24.1	0.0	0.0	0	0
15	124.0	31.0	1.7	29.3	15.6	15.4	49.8	66	116
30	82.4	41.2	0.0	41.2	14.2	27.0	65.8	56	99
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	-	-	34
15	67.7	16.9	0.0	16.9	5.4	11.5	68.0	46	40
15	48.2	12.1	0.0	12.1	5.8	6.2	51.6	23	12
105	70.2	125.3	25.8	99.5	65.1	61.5	48.9		301

PARCELA DOM 13.2

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K	Rx mm/h	(gr)
30	48.2	24.1	6.7	17.4	24.1	5.6	23.1	18	88
15	124.0	31.0	0.0	31.0	8.2	22.8	73.4	88	257
30	82.4	41.2	0.0	41.2	10.5	30.7	74.6	63	167
15	67.7	16.9	0.0	16.9	4.7	12.2	72.2	48	15
15	48.2	12.1	0.0	12.1	5.0	7.1	58.6	30	8
105	71.6	125.3	118.5	46.9	46.9	78.7	62.8		535

PARCELA DOM 14.1

Durac.	Inten.	Altura	Lluvia imbib.	Lluvia eficaz	Lámina infil.	Lámina escur.	Coef. escur.	Escur maxi	Eros.
(mn)	I (mm/h)	Pu (mm)	Pi (mm)	Pe (mm)	Li (mm)	Lr (mm)	K	Rx mm/h	(gr)
30	48.2	24.1	18.5	5.6	20.9	3.2	13.2	2	0
15	124.0	31.0	0.0	31.0	1.2	29.8	26.6	118	121
30	82.4	41.2	0.0	41.2	25.7	15.5	37.7	74	284
15	67.7	15.8	0.0	15.8	11.2	4.6	29.4	60	40
15	48.2	12.1	0.0	12.1	9.8	2.3	18.8	35	5
105	71.6	125.3	18.5	106.8	93.0	31.3	25.2		453

PARCELA DOM 15.1

Durac. (mn)	Inten. I (mm/h)	Altura Pu (mm)	Lluvia imbib. Pi (mm)	Lluvia eficaz Pe (mm)	Lámina infil. Li (mm)	Lámina escur. Lr (mm)	Coef. escur. K	Escur maxi Rx mm/h	Eros. (gr)
30	48.2	24.1	14.8	9.3	21.9	2.2	9.0	2	23
15	124.0	31.0	0.0	31.0	11.7	19.3	62.3	80	263
30	82.4	41.2	0.0	41.2	12.7	28.5	69.1	56	92
15	67.7	16.9	0.0	16.9	6.3	10.6	62.6	42	37
15	48.2	12.1	0.0	12.1	5.0	7.1	58.7	30	9
105	71.6	125.3	14.8	110.5	57.6	78.5	62.7		424

CUADRO DE LOS VALORES DE LOS IK ANTES DE CADA SIMULACION DE LLUVIA

REF. LLUVIA	DIA DE LA PRUEBA	HORA INICIO LLUVIA	HORA FIN DE LLUVIA	INTENSIDAD DE LA LLUVIA	IK
DOM 1.1	25 DE ABRIL	7.55	10.23	146.1	0.0
DOM 1.2	26 DE ABRIL	14.35	16.22	122.2	81.5
DOM 1.3	29 DE ABRIL	9.25	11.07	115.6	52.6
DOM 2.1	27 DE ABRIL	8.55	10.40	146.1	0.0
DOM 2.2	28 DE ABRIL	8.00	9.45	119.1	94.3
LLUVIA NAT	2 DE MAYO	21.00	22.30	9.0	0.0
LLUVIA NAT	3 DE MAYO	21.00	3.00	31.5	5.6
DOM 3.1	8 DE MAYO	9.10	10.56	121.2	4.4
DOM 3.2	10 DE MAYO	10.28	12.18	122.6	46.2
DOM 4.1	8 DE MAYO	15.35	17.20	117.7	4.4
DOM 4.2	11 DE MAYO	12.04	13.50	119.1	30.2
DOM 5.1	9 DE MAYO	16.20	18.06	119.1	2.3
DOM 5.2	11 DE MAYO	16.19	18.00	117.0	46.5
DOM 7.1	14 DE MAYO	13.10	15.00	129.5	0.1
DOM 7.2	16 DE MAYO	8.45	10.45	135	55.4
DOM 8.1	14 DE MAYO	15.10	16.43	130.9	0.2
DOM 8.2	16 DE MAYO	11.09	12.55	124.5	54.2

DOM 9.1	18 DE MAYO	15.33	17.18	122.7	0.0
LLUVIA NAT	19 DE MAYO	14.00	15.00	3.0	0.0
DOM 9.2	20 DE MAYO	12.37	14.22	123.8	49.2
LLUVIA NAT	20 DE MAYO	14.00	15.00	19.0	1.9
DOM 10.1	19 DE MAYO	11.35	13.20	123.8	0.0
DOM 10.2	21 DE MAYO	11.30	13.15	123.8	51.9
DOM 11.1	19 DE MAYO	14.15	16.00	123.8	0.0
DOM 11.2	21 DE MAYO	15.05	16.50	123.8	45.0
DOM 12.1	22 DE MAYO	9.05	10.51	124.1	8.7
DOM 12.2	24 DE MAYO	16.35	18.21	126.1	27.1
DOM 13.1	22 DE MAYO	12.51	14.38	125.3	8.0
DOM 13.2	24 DE MAYO	13.27	15.12	125.3	49.7
DOM 14.1	23 DE MAYO	8.45	9.10	16.7	5.3
DOM 15.1	23 DE MAYO	11.25	13.10	125.3	4.3
LLUVIA NAT	24 DE MAYO	20.00	5.00	105.0	3.5

RELACION Lr (Pu) PARA IK = 0, IK = 81.5 Y IK = 52.6
PARCELA DOM 1.1, DOM 1.2 Y DOM 1.3

Altura Pu (mm)		30	60	90	120
Lámina Ecurrida Lr (mm/h)	IK = 0				
	IK = 81.5	10	30	52	72
	IK = 52.6	**	**	**	**

RELACION Lr (Pu) PARA IK = 0 Y IK = 94.3
PARCELA DOM 2.1 Y DOM 2.2

Altura Pu (mm)		30	60	90	120
Lámina Ecurrida Lr (mm/h)	IK = 0	10	30	52	72
	IK = 94.3	**	**	**	**

RELACION Lr (Pu) PARA IK = 4.4 Y IK = 46.2
PARCELA DOM 3.1 Y DOM 3.2

Altura Pu (mm)		30	60	90	120
Lámina Escurrida Lr (mm/h)	IK = 4.4	10	30	52	72
	IK = 46.2	**	**	**	**

RELACION Lr (Pu) PARA IK = 4.1 Y IK = 30.2
PARCELA DOM 4.1 Y DOM 4.2

Altura Pu (mm)		30	60	90	120
Lámina Escurrida Lr (mm/h)	IK = 4.1	4	16	27	40
	IK = 30.2	9	29	39	66

RELACION Lr (Pu) PARA IK = 2.3 Y IK = 46.5
PARCELA DOM 5.1 Y DOM 5.2

Altura Pu (mm)		30	60	90	120
Lámina Escurrida Lr (mm/h)	IK = 2.3	3	13	20	32
	IK = 46.5	6	26	55	69

RELACION Lr (Pu) PARA IK = 0.2 Y IK = 55.4
PARCELA DOM 7.1 Y DOM 7.2

Altura Pu (mm)		30	60	90	120
Lámina Escurrida Lr (mm/h)	IK = 0.2	5	22	42	62
	IK = 55.4	2	9	19	29

RELACION Lr (Pu) PARA IK = 0.2 Y IK = 54.2
 PARCELA DOM 8.1 Y DOM 8.2

Altura Pu (mm)		30	60	90	120
Lámina Escurrida Lr (mm/h)	IK = 0.2	4	26	32	48
	IK = 54.2	14	32	56	67

RELACION Lr (Pu) PARA IK = 0 Y IK = 49.2
 PARCELA DOM 9.1 Y DOM 9.2

Altura Pu (mm)		30	60	90	120
Lámina Escurrida Lr (mm/h)	IK = 0	10	28	51	72
	IK = 49.2	19	45	68	92

RELACION Lr (Pu) PARA IK = 0 Y IK = 51.9
 PARCELA DOM 10.1 Y DOM 10.2

Altura Pu (mm)		30	60	90	120
Lámina Escurrida Lr (mm/h)	IK = 0	6	28	53	73
	IK = 51.9	13	34	53	73

RELACION Lr (Pu) PARA IK = 0 Y IK = 45
 PARCELA DOM 11.1 Y DOM 11.2

Altura Pu (mm)		30	60	90	120
Lámina Escurrida Lr (mm/h)	IK = 0	3	13	25	42
	IK = 45	6	18	34	52

RELACION Lr (Pu) PARA IK = 8.7 Y IK = 27.1
PARCELA DOM 12.1 Y DOM 12.2

Altura Pu (mm)		30	60	90	120
Lámina Escurrida	IK = 8.7	4	10	23	31
Lr (mm/h)	IK = 27.1	10	31	52	72

RELACION Lr (Pu) PARA IK = 8 Y IK = 49.7
PARCELA DOM 13.1 Y DOM 13.2

Altura Pu (mm)		30	60	90	120
Lámina Escurrida	IK = 8	4	18	38	60
Lr (mm/h)	IK = 49.7	*	**	**	**

RELACION Lr (Pu) PARA IK = 5.3
PARCELA DOM 14.1

Altura Pu (mm)		30	60	90	120
Lr (mm/h)	IK = 5.3	10	30	52	72

RELACION Lr (Pu) PARA IK = 4.3
PARCELA DOM 15.1

Altura Pu (mm)		30	60	90	120
Lr (mm/h)	IK = 4.3	10	30	52	72

A N N E X E 3.1

Etude des pluies annuelles sur
le Bassin Sud du lac de Managua.

1 ESTUDIO DE LAS LLUVIAS ANUALES EN LA CUENCA SUR DEL LAGO DE MANAGUA.

1.1 METODOLOGIA

1.1.1 Introducción.

La crítica de los datos pluviométricos consiste en la identificación por medio del análisis de los datos erróneos o dudosos presentes en los archivos. Los errores pueden ser de varios tipos.

- Errores debidos al observador; sucede a veces que por falta de responsabilidad, de cuidado, de formación o de control, el observador toma mediciones aproximadas, falsas o en lo peor de los casos inventadas.
- Errores debidos al dispositivo de medición de la precipitación. A pesar de su sencillez, un pluviómetro puede presentar defectos: fuga o probeta inadecuada. Un pluviógrafo puede descalibrarse.
- Errores de copia o de grabación de los datos: cada vez que se copian los datos de un formato a otro, o que se graban en un computador se pueden introducir errores, a veces muy importantes, por eso se evitará lo más posible de copiar varias veces los datos, y en el caso de una grabación en computadora, se hará a partir de las hojas de campo, sin omitir el control de la información grabada.

Algunos de estos errores presentan un carácter sistemático, otros son aleatorios.

La detección de los datos erróneos es muy importante para garantizar la validez y precisión de los estudios que se harán a partir de estos datos. Trabajando a escala de tiempo anual no podemos detectar todos los errores, pero por lo menos podemos identificar los problemas e incoherencias más fuertes.

La homogeneización de los datos de precipitación responde a otra preocupación del hidrólogo. Su objetivo es tratar de rectificar en lo posible los errores sistemáticos cometidos durante cierto período de observación en una estación que fue bien observada en el resto del tiempo. Si por alguna razón (observador que no mide las lluvias pequeñas, crecimiento de un árbol a proximidad del pluviómetro, probeta inadecuada, cambio de sitio del pluviómetro, etc...), los datos de lluvias son afectados de un error sistemático (que influye siempre de la misma forma), se puede buscar la relación entre los datos observados y lo que hubieran sido sin el error, y determinar así un coeficiente de corrección que permita rectificar el período afectado. Esa determinación del coeficiente de corrección se hace generalmente por comparación con una o varias estaciones cercanas, por el método conocido como "doble masa".

Por fin la extensión de los datos de precipitación anual es el intento de calcular en una estación valores de precipitación en años no observados o mal observados. Como en el caso de la homogeneización, la extensión es posible solamente por comparación con estaciones vecinas, teniendo datos de buena calidad en los períodos de la extensión, y teniendo un régimen de precipitación comparable. La extensión de datos de precipitación se hace generalmente por correlación lineal entre la estación a completar y las estaciones vecinas. La precisión y confiabilidad de los datos reconstituidos dependen de la fuerza de la correlación, generalmente expresada por el coeficiente de correlación.

1.1.2 Método del Vector regional de índices pluviométricos anuales.

Es un método de cálculo que proporciona una gran ayuda en las tres tareas definidas anteriormente y que son la crítica, la homogeneización y la extensión de las precipitaciones anuales. Fue desarrollado en ORSTOM por los investigadores G. HIEZ y Y. BRUNET MORET, la versión que utilizamos es la elaborada por BRUNET MORET. Está basada en la hipótesis que para una misma zona climática sometida a un mismo régimen de precipitaciones los totales pluviométricos anuales son pseudo-proporcionales, es decir que la razón entre los totales anuales de las estaciones de la zona tomadas 2 por 2 se conserva más o menos constante en el curso del tiempo, con una pequeña variación aleatoria cada año debida a la micro-repartición de las lluvias dentro de la zona (por ejemplo tal tormenta localizada afectó solamente a un grupo de estaciones, etc...).

La idea básica del vector regional de índices pluviométricos anuales es la siguiente: en vez de comparar dos por dos estaciones por correlación o doble masa como se hace en los métodos clásicos, vamos a elaborar a partir de los datos disponibles una estación ficticia que sea una especie de promedio de todas las estaciones de la zona, con cual vamos a comparar cada una de las estaciones.

¿Cómo construir esta estación ficticia?. La primera idea sería calcular para cada año los promedios de los datos anuales de las estaciones que tienen datos, y utilizar estos promedios como estación ficticia. Sin embargo, en el caso que tengamos en la misma zona estaciones con pluviometría anual fuerte y estaciones con menos pluviometría, este promedio va a dar más peso a las estaciones con más pluviometría, y nuestra estación ficticia será más representativa de estas que del resto de estaciones, por eso debemos eliminar este método.

Otra idea sería de normalizar los datos, dividiendo los datos de cada año en cada estación por la precipitación promedio observada en la estación.

Obtenemos así para todas las estaciones series de índices pluviométricos que tienen todas el mismo peso (el promedio de cada serie de índices vale 1). Si ahora hacemos los promedios de los índices pluviométricos para cada año, obtenemos una serie de índices que pueden caracterizar la pluviosidad de cada año en la zona (un índice mayor que uno indica una pluviometría excedentaria, y un índice inferior a uno, indica una pluviometría deficitaria en la zona).

Este método nos parece más correcto, pero todavía tiene una falla. En efecto en la realidad, las estaciones de una zona tienen períodos de funcionamiento dispares. Tal estación antigua se discontinuó, estaciones nuevas se implantaron poco a poco. Así dentro del período de estudio, la precipitación promedio en una estación de duración corta puede ser bastante diferente de lo que hubiera sido con una serie de observaciones completas durante todo el período. Por ejemplo, si una estación fué observada durante 10 años y que esos 10 años resultaron bastante húmedos (o excedentarios) la precipitación promedio en esta estación obtenida directamente por el cálculo va a ser sobre-estimada, puesto que no incluye los años más secos que no se observaron. Así aparece la necesidad de introducir la noción de precipitación promedio extendida al período de trabajo, que es la estimación del valor probable del promedio que se hubiera obtenido con observaciones continuas durante el período de estudio.

El método del Vector Regional de índices pluviométricos anuales esta basado sobre estas ideas sencillas. Si consideramos una zona del país con M estaciones y un período de estudio de N años, podemos buscar por el método de mínimos cuadrados cuales son los índices pluviométricos "regionales" anuales Z_i y las precipitaciones promedios extendidas que minimicen la sumatoria:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \left(\frac{P_{ij}}{\bar{P}_j} - Z_i \right)^2$$

donde: i = índice de año

j = índice de estación

N = número de años

M = número de estaciones

P_{ij} = precipitación anual observada en la estación j el año i

\bar{P}_j = precipitación promedio extendida al período de N años

Z_i = índice pluviométrico regional del año i

La resolución del problema es dificultada por el hecho que ciertos de los P_{ij} no fueron observados y faltan. Sin embargo, es posible mediante el uso de una computadora, por descomposición en un sistema de $(M-1)$ ecuaciones lineales a $(M-1)$ incógnitas.

La serie de los índices cronológicos Z_i se llama "Vector Regional de Indices Pluviométricos Anuales".

1.1.3 Utilización del Vector Regional para crítica de precipitaciones anuales.

El programa FORTRAN de cálculo del Vector Regional proporciona los coeficientes de correlación entre los datos observados en cada una de las estaciones y el Vector Regional. Si las estaciones consideradas pertenecen a una zona climática homogénea (sometida a las mismas influencias climáticas, estos coeficientes de correlación son generalmente elevados.

Un coeficiente de correlación más bajo en una estación que en las otras puede significar dos cosas:

- Esta estación está en las márgenes de la zona y está sometida a un clima un poco diferente.
- Esta estación contiene errores de observación.

Si esta estación está bien ubicada en el centro de la zona, la explicación probable es que tiene observaciones erróneas, así que un coeficiente de correlación bajo con el Vector Regional atrae la atención sobre una estación problemática.

La identificación de los años erróneos o dudosos es facilitada por el cuadro de la página cinco de la salida del programa, donde se presentan para cada estación las diferencias entre los índices pluviométricos regionales e índices pluviométricos realmente observados. Tomamos por ejemplo, un índice pluviométrico regional del año i igual a 1.41. Eso significa que a nivel de la zona de estudio, la precipitación fue excedentaria de un 41% en relación al promedio. Si en una estación j el promedio extendido al período de estudio es de 1250 mm, y el total de precipitación observado en el año i es de 1000 mm podemos calcular su índice pluviométrico observado en el año i : $I_{pi} = 1000 / 1250 = 0.8$, o sea un déficit de 20%. La diferencia al Vector Regional, es entonces de $0.8 - 1.41 = -0.61$. Tal diferencia al vector indica una subestimación de la precipitación en la estación j este año, y es casi seguramente un error de observación o de copia. Sin embargo, se puede admitir un cierto rango de diferencia entre el Vector Regional y los índices pluviométricos de las estaciones, dependiendo de la situación de la estación (central o marginal) y de los índices de las estaciones vecinas. Esas diferencias

son debidas a las lluvias localizadas que pueden haber afectado más o menos cierta estación. En regla general, las desviaciones al Vector Regional siguen una ley de GAUSS, y conociendo su desviación estandar S (dada por el programa), se pueden admitir más o menos,

100% de desviaciones superiores a $2 \times S$

1% de desviaciones superiores a $2.5 \times S$

Se ve así que cuando una desviación al Vector Regional pasa el límite de $2.5 \times S$, tiene mucha probabilidad de corresponder a un error en los datos, o por lo menos a un valor dudoso.

1.1.4 Utilización del Vector Regional para la extensión de precipitaciones anuales.

Los índices pluviométricos regionales del Vector pueden servir a la reconstitución de datos anuales no observados en el período de estudio. En efecto, por definición, el índice pluviométrico Z_i regional del año i es una especie de promedio de los índices pluviométricos de las estaciones observadas en el año i , y representa la esperanza matemática (valor más probable) de un índice pluviométrico P_{ji} no observado en la estación j el año i . Eso nos permite estimar el valor más probable para la precipitación P_{ji} de la manera siguiente:

$$P_{ji} = Z_i \times \bar{P}_j$$

Con P_{ji} = estimación de la precipitación anual en la estación j en el año i

Z_i = índice pluviométrico regional del año i

\bar{P}_j = promedio inter-anual extendido al período de estudio en la estación j

Para garantizar una buena estimación de la precipitación de una estación un cierto año, es necesario que se haya calculado el índice regional Z_i con un número suficiente de estaciones con observaciones este mismo año. El número de estaciones con datos necesarios para calcular un índice, debe ser al mínimo de orden de un cuarto del número total de estaciones.

En el caso contrario, la reconstitución de datos tendría menos certeza, y dependería mucho de la calidad y representatividad de las estaciones observadas en el año considerado.

En el caso que se pretenda usar los datos reconstituídos para un estudio frecuencial de lluvias anuales, puede ser importante cuando el número de datos a reconstituír es grande, considerar el hecho siguiente: cuando se reconstituyen datos por medio de métodos estadísticos, la varianza de la serie reconstituída es casi siempre

inferior a lo que hubiera sido con una serie de observaciones reales. En efecto, el método expuesto arriba asume que para cada año reconstituido, el índice pluviométrico de la estación es igual al índice pluviométrico regional. Pero en la realidad, no es así: el valor más probable para el índice pluviométrico de una estación es el índice regional Z_i , pero se observan desviaciones a este índice, de promedio nulo y de desviación estandar igual a S (ver 1.1.3), repartidas según una distribución de GAUSS. Es decir que si por ejemplo un valor reconstituido es de un 1500 mm un año i en una estación j de promedio 1200 mm, el valor realmente ocurrido tiene la misma probabilidad de haber sido 1450 mm que 1550 mm. Calculamos ahora el peso de este valor en la varianza de la estación j en los tres casos:

$$P_{ji} = 1500 \text{ mm: peso en la varianza} = \frac{(1500 - 1200)^2}{N \times (N-1)} = \frac{90\,000}{N \times (N-1)}$$

$$P_{ji} = 1450 \text{ mm: peso en la varianza} = \frac{(1450 - 1200)^2}{N \times (N-1)} = \frac{62\,500}{N \times (N-1)}$$

$$P_{ji} = 1550 \text{ mm: peso en la varianza} = \frac{(1550 - 1200)^2}{N \times (N-1)} = \frac{122\,500}{N \times (N-1)}$$

Vemos así que respecto al valor más probable de 1500, el valor 1550 se traduce por un aumento de la varianza de $32\,500 / N(N-1)$, cuando el valor equiprobable de 1450 se traduce por una reducción de varianza de solamente $27\,500 / N(N-1)$.

Esa asimetría en las variaciones de la varianza es responsable de la disminución de la varianza de la serie reconstituida mencionada antes. Los valores reconstituídos representan los valores más probables de las precipitaciones realmente ocurridas. Sin embargo, las precipitaciones realmente ocurridas presentan generalmente una pequeña desviación a los valores reconstituídos, con más o menos el mismo número de desviaciones positivas y negativas. Como el cálculo de la varianza da más peso a las desviaciones positivas para valores superiores al promedio de la serie y negativas para valores inferiores, así queda demostrado que la varianza de la serie realmente observada es superior a la varianza de la serie reconstituida.

Siendo la varianza un estimador de dispersión de los valores de una serie alrededor del promedio, su valor es muy importante para el estudio frecuencial de valores extremos. Así que antes de emprender un estudio frecuencial con una serie de lluvias anuales incluyendo valores estimados, es necesario rectificar esta serie de valores estimados para obtener un valor verosímil de la varianza.

La reconstitución de datos no observados se hace en este caso con la formula:

$$P_{ji} = (Z_i + \epsilon) \times \bar{P}_j$$

donde P_{ji} = lluvia anual a reconstituír el año i en la estación j

Z_i = índice pluviométrico del Vector Regional del año i

\bar{P}_j = promedio de la estación j extendido al período de estudio

ϵ = desviación al índice pluviométrico regional, tomado al azar en una distribución de GAUSS de promedio 0 y de desviación estandar igual a la desviación estandar calculada en el cuadro de diferencias al Vector Regional.

1.2 CRITICA DE LAS LLUVIAS ANUALES EN LA ZONA DE LA CUENCA SUR DEL LAGO DE MANAGUA

Hemos identificado en la Cuenca Sur y sus alrededores 26 estaciones pluviométricas con duración de observación variable de 83 años (GRANADA-Nicaragua Sugar States) a 8 años (MASAYA), entre los años 1897 y 1985. Se gravaron en computadora los datos diarios de las estaciones cuando pudimos conseguirlos. Para las estaciones mas antiguas, solo fue posible conseguir datos mensuales. En cuanto a los históricos de las estaciones, y las hojas de campo no fue posible obtenerlos, por eso no hemos podido profundizar el análisis como hubiera sido deseable.

Presentamos en la tabla 1 los datos anuales de las estaciones del estudio así como nos vinieron. Estos datos sirvieron de partida para la primera corrida del programa "Vector regional". El proceso de la crítica de los datos de precipitación con el Vector Regional es de tipo iterativo. Aunque el programa tiene un sistema para evitar dar mucho peso a valores muy afuera de rango, es bueno después de cada corrección o supresión de datos correr de nuevo el programa, cada modificación cambiando el "punto de equilibrio" del sistema de ecuaciones. Así a veces se ponen a luz tendencias que al inicio estaban escondidas.

1.2.1 Primer paso de la crítica

En una primer etapa, buscamos como eliminar o rectificar los datos que nos parecieron erróneos o incompletos. Presentamos en la tabla 2 las diferencias entre los índices pluviométricos observados en las estaciones y los índices regionales. En esa tabla aparecen subrayadas las diferencias que pasan 0.30 en valor absoluto, lo que indica una fuerte probabilidad de error. Revisamos después estación por estación los años que pueden presentar errores.

- GRANADA Nicaragua Sugar States: No. 069 005, 1897-1982.

* En 1945, el valor muy fuerte de la diferencia al Vector indica seguramente un error en los datos. Sin estar en posesión de los datos diarios ni del histórico de la estación, no podemos analizar más a fondo el problema, y tenemos que descartar el valor de este año.

* En 1980, la desviación al vector es tan fuerte que con toda seguridad podemos afirmar la incoherencia de este valor. No tenemos los datos diarios, pero los datos mensuales muestran muchas incoherencias. El total anual observado aparece de 3412 mm a pesar de tener los meses de julio y agosto faltantes. Por eso suprimimos este año del archivo.

* En 1982, el exámen de los datos nos indica que los meses de Junio, Julio y Agosto no tienen observaciones, así que el total del año es parcial. Faltando 3 meses de estación de lluvias, es difícil reconstituir lo que hubiera sido el total anual, así que descartamos este año.

* Los años 1950 y 1970 pueden ser dudosos, pero sin información sobre el histórico y los datos diarios, no podemos arriesgarnos a suprimirlos. En 1970 observamos que la lluvia fue también excedentaria en GRANADA-INA, lo que nos puede indicar una pluviometría más fuerte en la zona de Granada que en el resto de la zona, este año.

- GRANADA-INE No. 069054, 1963 - 1985

* En 1969, se observó una pluviometría muy deficitaria en relación al Vector y a las estaciones vecinas de Granada. El exámen de los datos diarios nos enseña un mes de Mayo faltante y un defecto de observaciones en Junio, lo que nos conduce a descartar el valor de este año.

* En 1970 la desviación al Vector es muy buena (igual a 0.01) pero la desviación a los índices de las otras estaciones de GRANADA es fuerte. Sin poder determinar con toda certeza quién tiene la razón, hemos conservado este dato.

- GRANADA - INA No. 069030, 1959 - 1985

* En 1968, la desviación al Vector es de - 0.15, pero las desviaciones de las otras estaciones de GRANADA son de 0.11 y 0.21. Los datos enseñan una carencia de observación en el mes de Octubre. Estimando este mes a 327 mm el nuevo total anual es de 1746 mm.

* En 1970, la desviación al Vector parece fuerte. El exámen de los datos diarios que pudimos conseguir nos revela un error en la pluviometría de Agosto que es de 334 mm y no 554 mm. Eso disminuye el total del año de 200 mm, y vale ahora 1984 mm.

* En 1978, los meses de Junio, Julio y Agosto presentan valores incoherentes, por eso se suprimió el año.

- SAN DIONISIO (San Marcos) No. 059017, 1929 - 1985

Esta estación no presenta problemas. Pudimos conseguir los datos diarios antiguos de esta estación (en pulgadas) y difieren muy poco de los datos mensuales y anuales que teníamos con INE.

- INASAF (Granja Avícola San Francisco) No. 069007, 1925 - 1985.

* En 1933, la diferencia al Vector (0.50) nos pareció muy fuerte, por eso descartamos este año. Sería bueno tener las lluvias diarias de esta estación para investigar más a fondo lo que pasó.

* En 1943, la desviación al Vector aparece un poco fuerte pero posible, considerando que SAN DIONISIO presenta también este año una diferencia positiva.

- MASAYA No 069115, 1978-1985

Esta estación no presenta problema.

- LA PRIMAVERA (La Historia) No 069 046, 1963-1985.

No presenta problema.

- SANTA RITA del crucero (Las Cuchillas) No 069028, 1966-1984.

* En 1979, la presencia de dos períodos de 22 días y 32 días sin lluvia en Junio, Julio y Agosto indica una probable subestimación de la precipitación del año, lo que nos llevó a suprimirlo.

* En 1981, el año ha sido observado de manera parcial (Agosto a Diciembre faltantes) y hay que descartarlo.

* Este año nos llamó la atención sobre otros años en los cuales parece también que faltan meses de observación, grabados como sin lluvia. Podemos mencionar:

en 1977, falta Diciembre, nuevo total anual estimado en 730 mm.

en 1978, faltan Noviembre y Diciembre, nuevo total anual estimado de 1010 mm.

en 1982, falta Octubre a Diciembre, dato suprimido a pesar de su buena desviación con el vector.

en 1983, faltan Noviembre y Diciembre, nuevo total anual estimado a 1010 mm

- CASA COLORADA (El Crucero) No. 069047, 1963 - 1985

* En 1973, la lluvia es netamente deficitaria en relación al Vector. Sin embargo la misma situación se presenta en las estaciones vecinas (SAN DIONISIO y SANTA RITA), lo que nos

indica una precipitación deficitaria en toda esta zona y válida el valor observado en CASA COLORADA.

* En 1979, el mes de Junio (687 mm), parece muy sobre-estimado en relación a INASAF (lluvias de 120 mm y 137 mm que no aparecen en otras estaciones...).

Hemos estimado el mes de Junio a 350 mm con INASAF, y rectificado la lluvia anual a un valor de 2460 mm. No quisimos suprimir completamente este dato, ya que no teníamos muchas estaciones observadas en 1979.

- LAS JINOTEPES No. 060045, 1963 - 1979

* En 1969, el mes de Junio parece muy fuerte: 901.2 mm. Los valores observados en las estaciones vecinas para Junio son:

CASA COLORADA	:	488.1 mm
PRIMAVERA	:	550.8 mm
SAN ISIDRO	:	282.2 mm
ASOSOSCA	:	365.5 mm

Tal valor para el mes de Junio en Las Jinotepes parece poco probable, tal como la lluvia diaria de 209 mm registrada el 2 de Junio. Por eso descartamos este año. Sería bueno investigar en las hojas de campo de este mes para ver si no hubo errores de copia o de conversión al pasar de pulgadas a milímetros.

- SAN ISIDRO DE LA CRUZ VERDE, No. 069 048, 1963-1985

En el periodo 1974-1977, los datos de esta estación son incoherentes con las estaciones vecinas, así que tuvimos que suprimir este período.

- SAIMSA, No. 069104, 1967 - 1985

* En esta estación se presentan problemas por la confusión en los archivos entre períodos sin precipitación y períodos no observados, especialmente en los años antiguos. Sería bueno hacer una nueva grabación de esos datos a partir de las hojas de campo, si todavía existen.

* En 1967, los datos son incoherentes con las estaciones vecinas. La lluvia diaria máxima es de 26 mm, y todos los meses tienen valores muy por debajo de lo esperado en esta zona. Por eso se descartó en este año.

* En 1968, además de estar sin datos los meses de Enero a Abril y Diciembre, se da la misma situación que en 1967. El mes

de Junio por ejemplo, tiene un total de solamente 4 mm. Por eso se descartó este año.

* En 1969, los datos tienen orden de tamaño más lógico. Sin embargo, faltan los meses de Enero a Abril y Noviembre a Diciembre que fueron lluviosos en estaciones vecinas. Hemos estimado los datos faltantes a 94 mm con el Aeropuerto y el total anual es ahora de 1780 mm.

* En 1970, faltan también los meses de Enero, Febrero, Noviembre y Diciembre, lo que se traduce por una subestimación del total anual reflejada en la desviación al Vector de - 0.22. Hemos estimado los datos faltantes a 160 mm a partir del Aeropuerto, y el nuevo total anual es de 1060 mm.

* Los años 1971 y 1972 no tienen suficiente datos para considerarlos a nivel anual.

* En 1976 y 1978, no hemos encontrado una buena razón para descartar los valores a pesar de su desviación fuerte con el vector.

* En 1985, los datos parecen de nuevo subestimados y discutibles en comparación con el Aeropuerto A.C.S. y MASAYA, lo que nos inclina a descartarlos.

- PANALOYA No 069044, 1931-1950 y 1963-1985

Los años 1942, 1947 y 1968 presentan desviaciones al Vector un poco fuertes, lo que los hace aparecer como dudosos. Sin tener datos diarios no podemos decir mas. Es posible sin embargo que siendo PANALOYA una estación un poco marginal en el area de estudio, hace falta admitir desviaciones al Vector mas fuertes para ella que para las estaciones mas centrales.

- AEROPUERTO A.C.S. (Managua) No. 069027, 1958 - 1985

Presenta desviaciones al Vector un poco fuertes en 1960 y 1979 pero no presenta mayor problema.

- SANTA ROSA (Managua) No. 069 033, 1963 - 1972

No presenta mayor problema.

- RURD (Managua) No. 069 089, 1974 - 1985

Los datos de los archivos diarios del pluviómetro difieren notablemente de los datos encontrados en los archivos climatológicos (¿Pluviógrafo?), sobre todo en 1984.

Hemos decidido confiar en los archivos climatológicos, lo que suprime las desviaciones al Vector más fuertes observadas. Los cambios efectuados conciernen los años 1982 (nuevo total = 1274.7 mm), 1983 (nuevo total = 930.2 mm), 1984 (nuevo total = 1300.7 mm) y 1985 (nuevo total = 1248.2 mm).

- INE BY PASS (Managua) No. 069 114, 1975 - 1985

A pesar de que las lecturas no se hacen siempre cada día, esos datos son muy coherentes a nivel anual.

- PLANTEL DE CARRETERAS (Managua), No. 069 022, 1932 - 1981

Esa estación presenta sus desviaciones al vector más fuertes en 1936 y 1949, que no pudimos explicar.

- ASOSOSCA (Managua) No. 069 050, 1964 - 1985

En 1975, se presenta una desviación positiva al vector un poco fuerte. Sin embargo este año parece bien observado, ya que las estaciones vecinas presentan también desviaciones positivas (0.11 en el Plantel y 0.33 en Los Brasiles). Esta situación se interpreta como una pluviosidad más abundante en el Noroeste de la zona de estudio en 1975.

- LOS BRASILES - PRINZAPOLKA, 1968 - 1977, código MIDINRA 341111

Esta estación presenta muchos problemas, y la hemos considerado en nuestro estudio únicamente porque ofrece información sobre una zona donde no había otra información disponible (planicie Los Brasiles, al norte de Ciudad Sandino). Incluso su localización no está bien definida. Aparece en los archivos bajo varios nombres: Los Brasiles, Mateare, Prinzapolka.

En realidad, parece que existen dos estaciones diferentes. Una se llama Los Brasiles - Mateare, con datos en 1968 y 1973 - 1974, que no consideramos aquí. La otra se llama Los Brasiles - Hacienda Prinzapolka y es la que hemos estudiado.

* En 1968, los meses de Mayo y Junio son fuertemente subestimados en relación a las estaciones vecinas (¿observador principiante y mal capacitado quizás?).

El total Mayo + Junio es de: 87 mm en LOS BRASILES
 602.5 mm en LA ZOPILOTA
 465.5 mm en ASOSOSCA

Podemos intentar una recuperación del total anual de esta estación, reestimando las lluvias de Mayo y Junio a 534 mm, lo que nos da un total de 1531 mm.

* En 1971, los meses de Enero, Febrero, Marzo, Agosto y Diciembre están sin observación.

Durante esos meses, el total de lluvias observadas en las estaciones vecinas fué de 182.1 mm en LA ZOPILOTA y de 161.9 mm en ASOSOSCA así que podemos estimar el período sin observaciones en LOS BRASILES a 172 mm, y el total anual a 1061 mm.

* En 1973 y 1974, parece que hay confusión entre lluvias diarias observadas y sub-totales por períodos de 10 días. El 21-05-72 la lluvia de 87 mm representa el total de lluvia de los días anteriores, así como las lluvias de 14 mm del 11-07-74, de 59 mm del 21-07-74 y de 137 mm del 21-10-74. Las lluvias de 188 mm del 21-06-73, 248 mm del 21-07-73, y 211 mm del 21-05-74 no se explican exactamente por los cumules de las lluvias anteriores. Lo más probable es que son formadas de las lluvias del día 21 más el sub-total de los 20 días anteriores. Sin poseer las hojas de campo que nos hubieran permitido hacer una rectificación exacta, hemos estimado los totales anuales con el método siguiente:

Supresión de las lluvias de los días 11 y 21 iguales a los sub-totales.

Disminución (del valor del sub-total) de las lluvias del día 21 superiores al sub-total.

Obtenemos así una lluvia anual estimada de 1790 mm en 1973 y de 1517 mm en 1974.

* En 1975, la lluvia parece fuerte pero posible vista la situación en las estaciones vecinas que tienen también diferencias positivas al Vector Regional.

- NAGAROTE No. 069 085, 1968 - 1985

* En 1979, la desviación al Vector parece fuerte, pero sin datos en las estaciones vecinas, es difícil concluir. Sería bueno comprobar el total anual con las cartas pluviográficas si existen este año.

- MOMOTOMBO, No. 069 072, 1970 - 1983

No tiene problema.

- ZOPILOTA, No. 069 036, 1963 - 1984

* En 1973 - 1975, las fuertes desviaciones positivas al Vector Regional corresponden a un fenómeno regional (precipitaciones más fuertes en la zona norte).

* En 1980 - 1982, los datos de lluvias diarias son incoherentes con las estaciones vecinas y hemos descartado esos años.

- SAN FRANCISCO LIBRE, No. 069 025, 1956 - 1985.

No presenta mayor problema

Nota: El proceso de verificación seguido antes ilustra bien algunas reglas importantes:

- Se deben examinar todos los datos que presentan desviaciones fuertes al Vector, aunque una desviación fuerte no es siempre índice de error.

- Es mejor conservar un dato dudoso que tomar el riesgo de suprimir un dato válido.

- Cuando se estiman totales mensuales faltantes, la pluviometría estimada debe ser de peso ligero en el total anual, sino es preferible no considerar el año.

- Se pueden admitir desviaciones relativamente importantes al Vector, cuando las estaciones vecinas presentan desviaciones del mismo orden.

- Se pueden admitir desviaciones un poco más fuertes para las estaciones marginales de la zona, que pueden ser menos correlacionadas con el Vector Regional que las estaciones centrales.

1.2.2 Conclusiones de la crítica

Después de la primera crítica, se vuelve a correr el programa "Vector Regional" con los datos anuales modificados en el primer paso. A veces la segunda corrida hace surgir nuevos problemas que no se podían ver en la primera corrida.

En nuestro caso, gracias a la buena calidad general de los datos, no fué necesario empezar de nuevo el proceso de crítica, las

desviaciones al Vector Regional observadas después de la segunda corrida siendo aceptables (ver tabla 3).

Como mencionamos en la parte metodológica (ver 1.1.3) el criterio que podemos utilizar para juzgar de la aceptabilidad de las diferencias del Vector es su desviación estandar dada por el programa de cálculo. Esa desviación estandar era de 0.17 en la primera corrida, y bajó a 0.125 en la segunda corrida, indicando una dispersión menor a consecuencia de las correcciones que se hicieron.

Esas diferencias al Vector siguiendo una ley de GAUSS según las hipótesis sirviendo de base al método, se pueden admitir :

10% de diferencias inferiores a $-2 S$ o superiores a $2 S$.

1% de diferencias inferiores a $-2.5 S$ o superiores a $2.5 S$.

En nuestro caso, el número total de diferencias al Vector es de 598, y S es igual a 0.126.

Tenemos 38 diferencias inferiores a -0.25 ($-2 S$) o superiores a 0.25 ($2 S$), representado un porcentaje de 6.3% muy aceptable.

Tenemos 10 diferencias inferiores a -0.31 ($-2.5 S$) o superiores a 0.31 ($2.5 S$) representando un porcentaje de 1.6%, que es aceptable.

En conclusión, no pretendemos que hemos corregido todos los errores y reconstituído la verdad exacta. Sin embargo, pensamos haber logrado nuestro objetivo: corregir los errores más fuertes, y obtener series de lluvias anuales verosimiles.

1.3 HOMOGENEIZACION DE LAS PRECIPITACIONES ANUALES

La homogeneidad de los datos, una vez corregidos los errores más fuertes en la parte anterior, se puede estimar para cada estación con dos indicadores presentados en la tabla No. 4: El coeficiente de correlación con el Vector Regional y el test de homogeneidad. El coeficiente de correlación da una idea de la fuerza de la relación existente entre los datos de precipitación considerados en cada estación, y los índices regionales de precipitación correspondientes. El test de homogeneidad nos indica una probabilidad de tener o no errores sistemáticos en los datos de una estación.

1.3.1 Interpretación de los coeficientes de correlación

El coeficiente de correlación promedio entre todas las estaciones vale 0.893, lo que es un valor muy aceptable.

Los coeficientes de correlación r de las estaciones incluídas en la Cuenca Sur del Lago de MANAGUA andan generalmente entre 0.89 y 0.95 con algunos valores más bajos:

- LAS JINOTEPES, $r = 0.87$
- SAIMSA, $r = 0.79$
- AEROPUERTO A.C.S. $r = 0.84$
- LOS BRASILES, $r = 0.88$

Los coeficientes de las estaciones marginales son generalmente de orden de 0.85 a 0.92, como las estaciones de la zona Sur (GRANADA, MASATEPE, SAN MARCOS), de la zona Este (PONELOYA) o Norte (NAGAROTE, ZOPILOTA). Se presenta una excepción:

- Granada Planta Eléctrica, que presenta un coeficiente $r = 0.96$ muy alto, pero sobre una duración de 10 años puede ser un efecto del azar (efecto de muestreo).

El coeficiente de correlación con el Vector Regional puede servir de criterio de calidad de los datos: una estación presentando un coeficiente de correlación más bajo que las estaciones de su zona presenta generalmente una calidad de observación inferior, o una heterogeneidad debida a un cambio de sitio o un error sistemático afectando un período. Sin embargo, puede ocurrir que un coeficiente de correlación sea afectado por el azar (efecto de muestreo).

El bajo coeficiente de correlación observado en el AEROPUERTO A.C.S. es un poco sorprendente, como esa estación es sinóptica y tiene normalmente datos bien controlados. Parece debido a las

desviaciones fuertes al Vector observadas en 1960 y 1979. También puede presentar una heterogeneidad en el período 1965 - 1970, siendo deficitarios en relación al Vector todos esos años.

1.3.2 Interpretación del test de homogeneidad

El valor promedio del test de homogeneidad de 0.358 es un poco bajo, su valor más probable siendo de 0.5 a 0.6 cuando la homogeneidad está realizada.

La interpretación del test de homogeneidad para cada estación es la siguiente: El valor de la probabilidad de pasar el test puede variar ampliamente entre 0 y 1. Un valor de la probabilidad cerca de 0 puede ocurrir en una estación sin defecto de homogeneidad pero es poco probable, así que un valor de la probabilidad de pasar el test cerca de 0 indica casi siempre una heterogeneidad en los datos de una estación (cambio de sitio, error sistemático, etc...).

Las estaciones con probabilidades más bajas son: GRANADA Nicaragua Sugar States, SAN DIONISIO, INASAF, MANAGUA Plantel de carreteras, LAS JINOTEPES, SAN ISIDRO DE LA CRUZ VERDE.

Hemos dibujado (ver gráficos 1 y 2), las curvas de doble masa entre los índices pluviométricos del Vector Regional y los índices pluviométricos de las estaciones con probabilidades bajas de pasar el valor del test.

Se notan en efecto quiebras en las rectas de doble masa para esas estaciones. Sería posible a partir de los gráficos identificar períodos homogéneos (con sus puntos alineados) y aplicarles correcciones proporcionales a sus diferencias de pendientes, como es clásico en el análisis de doble masa. Sin embargo, preferimos no hacer este tipo de corrección sin tener en nuestras manos el histórico de cada estación, indispensable para confirmar las hipótesis de corrección.

1.4 EXTENSION DE LAS PRECIPITACIONES ANUALES

En esta parte, tratamos de extender los datos observados al período 1929 - 1985, es decir que estimamos los datos anuales que no se observaron, para reconstituír en cada estación una serie completa de datos la más verosímil posible. La precisión de los datos reconstituídos en una estación depende del coeficiente de correlación entre esta estación y el Vector: más fuerte es la correlación, mejor es la precisión de la reconstitución.

Hemos hecho dos tipos de reconstitución de datos faltantes:

- La primera utilizando la fórmula:

$$P_{ji} = Z_i \times \bar{P}_j \text{ donde}$$

P_{ji} = estimación de la precipitación del año i en la estación j

Z_i = índice regional de precipitaciones del año i .

\bar{P}_j = promedio de la estación j extendido al período de estudio.

Esa reconstitución nos da para cada año y estación el valor más probable de la precipitación anual.

- La segunda utilizando la fórmula $P_{ij} = (Z_i + \epsilon) \bar{P}_j$ donde ϵ es una desviación al índice Z_i tomada al azar en una distribución normal de promedio 0 y de varianza igual a la varianza de las desviaciones al Vector presentadas en la tabla no 3.

Este tipo de reconstitución tiene la ventaja de conservar un valor realista de la varianza de las series reconstituídas y permite utilizar esas series para el análisis frecuencial que será objeto de la parte siguiente.

Presentamos en la tabla 4 los promedios observados y extendidos para cada una de las estaciones, y en la tabla 5 las lluvias anuales observadas y reconstituídas por el primer método de reconstitución expuesto antes.

1.5 ANÁLISIS FRECUENCIAL DE LAS LLUVIAS ANUALES

El análisis frecuencial de las lluvias anuales en hidrología responde a la preocupación de calcular cuál es la probabilidad de obtener una lluvia anual de tal valor, o al revés, cuál es el valor de lluvia anual que corresponde a tal probabilidad. A fin de realizar cálculos probabilísticos para protección contra riesgos climáticos excepcionales (cálculo de embalses, protección contra inundaciones, etc.), el hidrólogo se interesa generalmente más en los valores extremos de las distribuciones, de recurrencia superior o igual a 10 años.

1.5.1 Definiciones

- Probabilidad (o frecuencia):

Es una cantidad de rango 0 a 1 expresando el número de chances que tenemos de ver realizado tal acontecimiento. Podemos expresarla como porcentaje. Ejemplo: tenemos una probabilidad de 0.20 (= 20%) de tener una lluvia inferior a 1000 mm en la estación X.

- Probabilidad (o frecuencia) al pasamiento o no pasamiento de un valor:

La probabilidad de no pasar un cierto valor es igual a uno menos la probabilidad de pasar este valor. Ejemplo: si la probabilidad de tener una lluvia inferior a 1000 mm. (no pasar el valor de 1000 mm) en la estación X es de 0.20, la probabilidad de tener una lluvia superior a 1000 mm (de pasar el valor de 1000 mm) es igual a $1 - 0.20 = 0.80$.

- Para tener cifras más ilustrativas, expresamos muchas veces la probabilidad de lluvias deficitarias (inferiores al promedio) en probabilidad al no pasar, y de lluvias excecantarias en probabilidad al pasar un cierto valor.

Ejemplo: imaginemos una estación X donde tenemos una probabilidad 0.10 de pasar un total anual de 1500 mm y 0.90 de pasar un total de 1000 mm. Diremos generalmente : tenemos una probabilidad de 0.10 (= 10% de chances) de no pasar 1000 mm, y 0.10 (= 10% de chances) de pasar 1500 mm.

- Recurrencia (o período de retorno):

Es el inverso de la frecuencia. Sí la frecuencia se refiere a valores anuales, la recurrencia se expresa directamente en años, e indica cada cuantos años puede ocurrir el acontecimiento según el cálculo de probabilidades.

Ejemplo: siguiendo con el ejemplo anterior: La frecuencia de pasar un total de 1500 mm en la estación X es $1 / 0.10 = 10$ años. La frecuencia de no pasar un total de 1000 mm en la estación X es $1 / 0.10 = 10$ años. Eso significa que según el cálculo de probabilidades, deberíamos pasar un total de 1000 mm cada 1.1 año (en promedio), o sea 9 años en 10 años.

Notamos que es más ilustrativo para una lluvia deficitaria de hablar de recurrencia de no pasar (el hecho de no pasar 1000 mm viene según el cálculo de probabilidades cada 10 años).

- Recurrencia húmeda y seca:

La recurrencia húmeda es la recurrencia del hecho de pasar un cierto valor excedentario.

La recurrencia seca es la recurrencia del hecho de no pasar un cierto valor deficitario.

- Frecuencia experimental (u observada):

Es la frecuencia calculada directamente a partir de una muestra (= una serie de N valores observados). Se calcula de la manera siguiente: se ordenan los valores de la muestra del más pequeño al más grande si se quieren frecuencias al no pasar o en orden inverso si se quieren frecuencias al pasar. Cada valor tiene su rango i variando de 1 a N. La frecuencia experimental se calcula generalmente con esta fórmula:

$$F_i = \frac{i - 0.5}{N}$$

con F_i = frecuencia experimental de pasar (o no pasar) el valor de rango i.

i = rango de valor

N = número de valores de la muestra (observadas).

- Población madre :

Es el conjunto de todos los acontecimientos objetos del estudio que se pueden observar.

Ejemplo: en el caso de lluvias anuales, la población madre de una estación es el conjunto de todos los totales anuales que han existido desde que se instaló en la estación el clima actual, y hasta que se produzca en la estación un cambio climático notable y durable. Los totales anuales de la lluvias observados durante este período constituyen una muestra. Dado el carácter relativamente reciente de las mediciones hidrológicas, frente a la estabilidad del clima que sin influencia del hombre cambia a escala de tiempo geológica, las muestras que tenemos en hidrología son siempre de tamaño muy pequeño en relación al tamaño de la población madre.

- Efecto de muestreo:

Hecho para una muestra de ofrecer una mala representatividad de su población madre, a causa de la variación aleatoria adentro de esta y del tamaño reducido de la muestra en comparación al tamaño de la población madre.

1.5.2 Metodología

El propósito del análisis frecuencial (o probabilístico) es, a partir de una muestra, de buscar la ley de distribución de la población madre, la única que nos interesa a nivel de probabilidad y de previsión. Podemos notar primeramente que más corta es la muestra y más imprecisión y riesgo de error vamos a tener en la determinación de los parámetros de la población madre. Por eso es deseable en el caso de estaciones de corta duración practicar la extensión de los datos a un período más largo (ver 1.4) a fin de aumentar la confiabilidad de la estimación de los parámetros de la población madre y disminuir el efecto de muestreo.

Existen muchas leyes de distribución de probabilidad aplicables a las series de datos que se presentan en hidrología.

Cada una tiene su campo de aplicación según el carácter que presentan las muestras.

Dos criterios importantes para determinar si una ley de probabilidad está en su campo de aplicación son:

- El coeficiente de asimetría g_1 de Fisher. Este coeficiente vale 0 si los valores de una muestra son repartidos de manera simétrica alrededor del promedio. Es negativo si hay más valores superiores que inferiores al promedio, y positivo en el caso contrario.

- El coeficiente de curtosis o aplastamiento g_2 de Fisher. Este coeficiente caracteriza la forma de la función de densidad de probabilidad. Es positivo si la forma es menos aplastada (más aguda) que una función de densidad de GAUSS, y negativo en el caso contrario.

La ley de GAUSS se ajusta bien a muestras donde g_1 y g_2 son cerca de 0.

Las leyes de GALTON y PEARSON, se ajustan a muestras con g_1 y g_2 positivas.

La ley de GUMBEL se ajusta a muestras con g_1 cerca de 1.14 o de -1.14 y g_2 cerca de 2.4.

La ley de GOODRICH admite valores de g_1 de -1 a 8 y de g_2 superiores a -0.3.

Notamos que la ley de GOODRICH es la única que admite valores negativos para g_1 y g_2 .

Hace falta añadir que para una buena adecuación es necesario que los coeficientes g_1 y g_2 sean en el rango permisible para cada ley, pero que esa condición no es suficiente. Es necesario además que g_1 y g_2 satisfagan a relaciones dependiendo de cada ley.

La hidrología no es suficientemente avanzada todavía para que se pueda determinar de manera conceptual, matemática, cuál ley va a ajustarse mejor a tal tipo de población madre (lluvias anuales, mensuales, diarias, etc.) en tal tipo de clima.

Por otra parte, en muchos casos los hidrólogos no tienen todavía muestras suficientemente grandes para conocer con certeza las leyes de las poblaciones madres.

Frente a esa situación, lo que hace el hidrólogo es ajustar a una muestra varias leyes que pueden estar en su campo de aplicación, y escoger la que más se ajusta como representativa de la población madre.

Existe a veces el peligro de equivocarse a causa del efecto del muestreo, y de ajustar una ley a una muestra cuando la población madre tiene otra ley.

Para minimizar este riesgo, se busca siempre una aplicación regional de una ley, es decir se toma como representativa la ley que en sitios de mismas condiciones dá generalmente la mejor adecuación.

La estimación de los parámetros de las leyes de probabilidad de las series anuales se hace por medio de un programa de cálculo en lenguaje FORTRAN, que permite ajustar hasta 10 leyes de

probabilidad diferentes a una muestra. Esa estimación de los parámetros de cada ley se hace por el método del máximo de verosimilitud que garantiza la mejor adecuación posible.

1.5.3 Aplicaciones a los datos del área de estudio

Hemos tratado de ajustar para los datos anuales de cada estación las leyes de GAUSS, GUMBEL, GALTON, PEARSON III, PEARSON V y GOODRICH. Las muestras consideradas en cada estación son constituídas de los datos observados durante el período 1929 - 1985, completados eventualmente por los datos reconstituídos por el método del Vector Regional. La reconstitución de datos faltantes se hizo con la fórmula $P_{ij} = (Z_i + \epsilon_i) \times P_j$ (ver 1.4), a fin de conservar un valor de la varianza de la muestra completada del mismo orden de tamaño que la varianza de los datos observados. Sin embargo, hemos tomado $\epsilon_i = 0$ para los años 1932, 1933 y 1946 que representan valores extremos susceptibles de afectar de manera importante la adecuación de las leyes.

Presentamos en la tabla No. 6 los resultados obtenidos. Podemos constatar:

- Los coeficientes de asimetría reconstituídos son generalmente de orden de los observados, lo que indica que la reconstitución de datos respeta bien la ley de distribución en cada estación. Las diferencias más importantes se observan en las estaciones de corta duración de observación, y en este caso el valor reconstituído es probablemente más representativo que el valor observado (fuerte efecto de muestreo con duración de observación corta).

- Los coeficientes de asimetría van de valores de 0 a 0.1 en las estaciones de baja altitud y menor pluviometría a valores de 0.3 a 0.5 en las estaciones de mayor altitud y pluviometría más fuerte (con excepción notable de CASA COLORADA que tiene un coeficiente de asimetría bajo a pesar de ser la estación más alta y más lluviosa).

- A consecuencia, la ley de GAUSS se ajusta muy bien a la mayoría de las estaciones de altitud y pluviometría menores, mientras el resto de estaciones sigue más bien leyes asimétricas como la de GALTON y PEARSON III, siempre con excepción de CASA COLORADA.

- Esa diferencia de régimen entre estaciones de la zona de estudio nos lleva a introducir una reserva sobre el trabajo que hemos hecho con el Vector Regional de índices pluviométricos. En efecto, el campo de aplicación normal del Vector Regional consiste en zonas homogéneas desde el punto de vista climático, y nuestra zona no es realmente homogénea si admite leyes diferentes para la distribución de las lluvias anuales. Sin embargo, considerando que las variaciones del coeficiente g_1 de asimetría son finalmente de poca amplitud (0 a 0.5), que las estaciones de régimen especial son pocas (3) y que la estación de CASA COLORADA sigue un régimen igual a la mayoría de las estaciones a pesar de

su altitud y pluviometría altas, podemos aceptar el método utilizado.

Los resultados obtenidos nos permiten dibujar mapas de isoyetas anuales de recurrencia 2 años, 10 años secos y 10 años húmedos, presentados en anexo.

Es interesante comentar el análisis frecuencial del mismo Vector Regional, (serie de índices pluviométricos anuales) que no es puntual como una estación pluviométrica, sino que representa la pluviometría de toda la zona en su conjunto. Este análisis nos permite afectar recurrencias a la pluviometría de la zona de estudio para los años más remarcables:

AÑO	VECTOR	FRECUENCIA
1933	1.65	Más de 100 años
1946	0.38	Más de 100 años
1972	0.51	Entre 20 y 50 años

Tabla No 1 DATOS DE PRECIPITACIONES ANUALES en millimetros
(No corregidos)

Año	Estaciones					
	069005 GRANADA Sugar States	069010 GRANADA Planta Electrica	069007 INASAF Avicol Sn Franc	069022 MANAGUA Plantel de Carret	069013 PANALOYA	069017 SAN DIONISIO
1929	1742		1614			1440
1930	980	982	1022			834
1931	1954	1844	2694		1184	1947
1932	1935	1811	2575	1784	1210	2005
1933	2103	2159	3730	1787	1742	2484
1934	1237	948	1613	1117	1022	1630
1935	1614	1616	2119	1259	1530	1809
1936	1301	1302	1603	1483	1055	1385
1937	1843	1593	1879	1123	1177	1521
1938	1826	1551	1466	1147	1084	1568
1939	1164	862	1267	677	653	1080
1940	1307		1809	1076	856	1318
1941	1154		1210	885	1057	909
1942	1473		2207	1254	1646	1622
1943	1175		2805	887	1003	1472
1944	1188		1489	877	831	1156
1945	585		1902	1284	1012	1580
1946	389		917	408	301	861
1947	1247		1231	1104	1170	989
1948	1152		1852	1190	1043	1319
1949	1184		1679	1409	894	1087
1950	1260		2389	1492	1167	1691
1951			1381	1187		999
1952			1511	1263		1424
1953			1539	799		1295
Prom		1467				

Tabla No 1-a DATOS DE PRECIPITACIONES ANUALES en millimetros
(No corregidos)

Año	Estaciones							
	069005 GRANADA Sugar States	069054 GRANADA INE	069030 GRANADA INA	069049 MASATEPE	069017 SAN DIONISIO	069007 INASAF	069115 MASAYA	069046 LA PRIMAVE- VERA
1954	1709				1603	2492		
1955	1827				1699	2413		
1956	1421				1035	1256		
1957	1062				700	971		
1958	1523				1321	1687		
1959	1146		1204		844	1080		
1960	1772		1822		1980	2461		
1961	1058		1112		1345	1658		
1962	1459		1550		1253	1229		
1963	860	912	919		1269	1438		1112
1964	1406	1527	1424	1876	1358	1464		1396
1965	1498	1237	1268	1068	887	933		1201
1966	1783	1735	1527	1848	1522	1638		1710
1967	1042	1070	968	1175	1081	1250		1073
1968	1861	2077	1419	1832	1545	1775		1467
1969	2032	1356	1818	2068	1847	1988		2204
1970	2138	1761	2184	2154	1621	1671		1690
1971	1897	1782	1736	1702	1507	1460		1486
1972	771	758	499	1120	972	862		727
1973	1644	1937	1583	1986	1837	1865		1884
1974	1193	1107	1069	1500	1411	1487		
1975	1424	1267	1383	1466	1410	1550		
1976	1139	1154	1091	826	720	656		858
1977	1055	990	1020	914	953	1029		871
1978	1286	1215	1909	1092	1189	1246	1114	1249
1979	1834	1918	1513		1724	2055	1694	
1980	3412	1836	1670	1457	1253	1359	1388	1442
1981	1361	1739	1550	1527	1369	1420	1709	1496
1982	615	1663	1360	1660	1828	1968	1531	1604
1983		1287	1085	1285	1063	1010	1154	1268
1984		1485		1447	1501	1190	1337	
1985		1296	1285	1223	1403	1520	1234	1235
Prom	1432	1470	1383	1487	1377	1630	1395	1368

Tabla No 1-b DATOS DE PRECIPITACIONES ANUALES en milímetros
(No corregidos)

Ano	Estaciones							
	069028	069047	069045	069048	069104	069044	069027	069033
	SANTA RITA CRUCERO	CASA COLORADA	LAS JINOTEPES	SAN ISIDRO CRUZ VERDE	SAIMSA	PANALOYA	AGUSTO CESAR SANDINO	SANTA ROSA
1954								
1955								
1956								
1957								
1958							1433	
1959							875	
1960							1320	
1961							965	
1962							1219	
1963		1427	1041	1013		774	763	839
1964		1645	1524	1497		1152	1426	1486
1965		1466	1323	1035		858	769	788
1966	1521	2196	1844	1692		1377	1364	1410
1967	1024	1416	1035	1154	459	795	824	
1968	1810	2283	1332	1726	727	1543	1294	1389
1969	1672	2425	2450	1645	897	1257	1076	1274
1970	1485	1708	1493	1322		1178	1319	1293
1971	1451	1700	1072	1449		534	670	664
1972	810	798	804	577	1592	1387	1628	
1973	1353	1698	1651	1474	855	771	869	
1974	1151		977	579	957	845	1365	
1975	1294		1186	1018	1066	590	745	
1976	808		503	519	683	630	816	
1977	717	816	668	271	1200	871	1015	
1978	964	1092	808	966	1583	1105	1059	
1979	1107	2800	1508		1155	1256	1376	
1980	1241	1562			1344	958	1286	
1981	466	1828			1363	866	1353	
1982	1362	2073			957	682	806	
1983	904	1009		978	1061	1203	1070	
1984	1223	1306		1375	762	994	1244	
1985		1530						
Prom	1177	1639	1248	1127	1079	1036	1118	1172

Tabla No 1-c DATOS DE PRECIPITACIONES ANUALES en millimetros
(No corregidos)

Año	Estaciones								
	069089 RURD	069114 BY PASS	069022 MANAGUA PLANTEL CARRETERA	069050 ASOSOSCA	069333 LOS BRASILES	069085 NAGAROTE	069036 LA ZOPILOTA	069025 SAN FRAN- CISCO LIBRE	069072 MOMOTOMBO
1954			1638						
1955			1577						
1956			921					1094	
1957			958					971	
1958			1379					1215	
1959			805					852	
1960			1669					1791	
1961			1058					1208	
1962			1118					1043	
1963			717				1214	1015	
1964			1169	1252			912	1338	
1965			882	897			1040	694	
1966			1148	1272			1546	1357	
1967				794			820	584	
1968			1378	1383	1084		1418	1370	
1969			1737	1784	1798		1677	1761	
1970			1299	1320	1497		1398	1424	1543
1971			964	957	889	1173	1122	1278	1413
1972			459	542	520	547	450	308	739
1973	977		1679	1544	2206	1951	1904	1417	1926
1974	1157	1370	995	1004	1938	1522	1385	1107	1611
1975	836	745	1311	1533	1802	1597	1520	1321	
1976	802	696	525	647		613	591	685	
1977	971	1048	555	675	708	964	978	632	
1978		1234	842	844		968	946	924	1183
1979	1176	1162	1136	1312		2064		1338	
1980	1294	1118	1168	1253		1276	679	1158	1184
1981	1178	1351	1155	1137		1329	327	1531	
1982	940	869		1514		1458	923	1288	
1983	1994	1201		771		925	889	870	1180
1984	1188	1187		768		1138	1055	933	
1985				922		1457		1105	
Prom	1088	1089	1137	1096	1358	1265	1159	1120	1348

Tabla No 2

DESVIACIONES AL VECTOR REGIONAL
(Datos originales)

Año	Estaciones					
	VECTOR	069005 GRANADA Sugar States	069030 GRANADA INA	069010 GRANADA Planta Electrica	069017 SAN DIONISIO	069007 INASAF
1929	1.07	0.13			-0.02	-0.11
1930	0.67	0.01		0.10	-0.06	-0.06
1931	1.40	-0.05		0.04	0.02	0.20
1932	1.46	-0.12		-0.04	0.01	0.08
1933	1.72	-0.26		-0.03	0.10	<u>0.50</u>
1934	0.92	-0.06		-0.18	0.28	0.04
1935	1.22	-0.10		0.04	0.10	0.04
1936	0.99	-0.09		0.03	0.02	-0.04
1937	1.15	0.13		0.10	-0.03	-0.03
1938	1.13	0.14		0.08	0.02	-0.26
1939	0.71	0.10		-0.04	0.08	0.04
1940	0.95	-0.04			0.02	0.13
1941	0.75	0.05			-0.09	-0.03
1942	1.22	-0.20			-0.04	0.09
1943	0.92	-0.11			0.15	<u>0.32</u>
1944	0.83	0.00			0.02	0.06
1945	1.08	<u>-0.67</u>			0.08	0.05
1946	0.38	-0.11			0.25	0.17
1947	0.84	0.03			-0.11	-0.10
1948	1.03	-0.23			-0.06	0.07
1949	0.89	-0.06			-0.09	0.11
1950	1.22	<u>-0.35</u>			0.02	0.20
1951	0.86				-0.13	-0.04
1952	1.02				0.03	-0.12
1953	0.86				0.09	0.08
1954	1.32	-0.13			-0.15	0.16
1955	1.33	-0.06			-0.09	0.10
1956	0.85	0.14			-0.09	-0.10
1957	0.70	0.04			-0.19	-0.12
1958	1.08	-0.03			-0.12	-0.08
1959	0.73	0.07	0.14		-0.11	-0.09
1960	1.40	-0.17	-0.08		0.05	0.06
1961	0.90	-0.17	-0.09		0.08	0.09
1962	0.99	0.02	0.14		-0.07	-0.26

Tabla No 2-a

DESVIACIONES AL VECTOR REGIONAL
(Datos originales)

Año	VECTOR	Estaciones					
		069005 GRANADA Sugar States	069054 GRANADA INE	069030 GRANADA INA	069049 MASATEPE	069017 SAN DIONISIO	069007 INASAF
1963	0.78	-0.18	-0.17	-0.11		0.16	0.08
1964	1.09	-0.12	-0.07	-0.06	0.16	-0.10	-0.22
1965	0.79	0.25	0.04	0.13	-0.08	-0.14	-0.24
1966	1.23	0.01	-0.07	-0.12	0.00	-0.12	-0.26
1967	0.75	-0.03	-0.04	-0.05	0.03	0.04	-0.01
1968	1.18	0.11	0.21	-0.15	0.05	-0.05	-0.12
1969	1.41	0.00	<u>-0.50</u>	-0.08	-0.02	-0.05	-0.22
1970	1.17	<u>0.32</u>	0.01	<u>0.42</u>	0.28	0.02	-0.17
1971	1.11	0.05	0.01	0.09	0.03	-0.01	-0.24
1972	0.51	0.01	0.06	0.10	0.24	0.20	0.00
1973	1.35	0.01	0.03		-0.02	-0.01	-0.24
1974	0.87	-0.12	-0.13		0.13	0.16	0.01
1975	1.04	-0.21	0.12		0.06	-0.01	-0.12
1976	0.61	-0.03	0.03		-0.05	-0.08	-0.22
1977	0.62	0.00	0.07		-0.01	0.08	-0.01
1978	0.82	0.04	0.05		-0.08	0.06	-0.07
1979	1.19	0.11	-0.29			0.07	0.03
1980	1.05	<u>0.80</u>	0.12		-0.07	-0.13	-0.24
1981	1.01	-0.08	0.08		0.01	-0.01	-0.17
1982	1.11	-0.27	0.03		-0.01	0.22	0.05
1983	0.77	-0.10	-0.08		0.09	0.01	-0.17
1984	0.99	0.19	-0.08		-0.02	0.11	-0.28
1985	0.95	0.03	0.11		0.13	0.08	-0.04

Tabla No 2-b

DESVIACIONES AL VECTOR REGIONAL
(Datos originales)

Año	Estaciones				
	VECTOR	069044 PANALOYA	069027 A.C.S Aeropuer	069022 MANAGUA PLANTEL CARRETERA	069025 SAN FRANCISCO LIBRE
1929	1.07				
1930	0.67				
1931	1.40	-0.24			
1932	1.46	-0.27		0.10	
1933	1.72	-0.01		-0.16	
1934	0.92	0.09		0.06	
1935	1.22	0.28		-0.12	
1936	0.99	0.04		0.30	
1937	1.15	0.01		-0.17	
1938	1.13	-0.07		-0.13	
1939	0.71	-0.07		-0.12	
1940	0.95	-0.11		-0.01	
1941	0.75	0.28		0.02	
1942	1.22	<u>0.39</u>		-0.13	
1943	0.92	<u>0.06</u>		-0.15	
1944	0.83	-0.01		-0.06	
1945	1.08	-0.09		0.04	
1946	0.38	-0.08		-0.02	
1947	0.84	<u>0.31</u>		0.13	
1948	1.03	-0.01		0.01	
1949	0.89	-0.08		<u>0.35</u>	
1950	1.22			0.08	
1951	0.86			0.17	
1952	1.02			0.09	
1953	0.86			-0.16	
1954	1.32			0.11	
1955	1.33			0.05	
1956	0.85			-0.04	0.09
1957	0.70			0.14	0.14
1958	1.08		0.13	0.12	-0.04
1959	0.73		0.01	-0.03	0.00
1960	1.40		-0.28	0.06	0.14
1961	0.90		-0.08	0.03	0.14
1962	0.99		0.05	-0.01	-0.09

Tabla No 2-c

DESVIACIONES AL VECTOR REGIONAL
(Datos originales)

Año	ESTACIONES						
	VECTOR	069115 MASAYA	069046 LA PRIMAVERA	069028 SANTA RITA Crucero	069047 CASA COLORADA	069045 LAS JINOTEPES	069048 SAN ISIDRO DE LA CRUZ VERDE
1963	0.78		0.02		0.08	0.05	0.05
1964	1.09		-0.11		-0.11	0.12	0.13
1965	0.79		0.06		0.08	0.26	0.05
1966	1.23		-0.02	0.01	0.08	0.24	0.15
1967	0.75		0.01	0.08	0.09	0.07	0.19
1968	1.18		-0.14	0.30	0.19	-0.12	0.23
1969	1.41		0.15	-0.04	0.04	<u>0.55</u>	-0.07
1970	1.17		0.03	0.05	-0.15	0.02	-0.09
1971	1.11		-0.06	0.08	-0.10	0.26	0.07
1972	0.51		0.00	0.15	-0.04	0.13	-0.04
1973	1.35		-0.02	-0.25	<u>-0.34</u>	-0.04	-0.15
1974	0.87			0.07		-0.09	<u>-0.40</u>
1975	1.04			0.02		-0.10	-0.21
1976	0.61		0.00	0.05		-0.21	-0.18
1977	0.62		0.00	-0.03	-0.13	-0.09	<u>-0.40</u>
1978	0.82	0.01	0.07	-0.03	-0.16	-0.17	-0.03
1979	1.19	0.07		-0.29	<u>0.48</u>	0.01	
1980	1.05	-0.02	-0.03	-0.03	-0.12		
1981	1.01	0.26	0.04	<u>-0.63</u>	0.08		
1982	1.11	0.02	0.02	0.00	0.12		
1983	0.77	0.09	0.13	-0.03	-0.17		0.03
1984	0.99	0.00		0.01	-0.21		0.13
1985	0.95	-0.03	-0.07		-0.03		

Tabla No 2-d

DESVIACIONES AL VECTOR REGIONAL
(Datos originales)

Año	Estaciones						
	VECTOR	069104 SAIMSA	069044 PANALOYA	069027 A.C.S Aeropuert	069033 SANTA ROSA	069089 RURD	069114 BY-PASS
1963	0.78		-0.02	-0.13	0.00		
1964	1.09		0.04	0.12	0.28		
1965	0.79		0.05	-0.14	-0.06		
1966	1.23		0.12	-0.07	0.07		
1967	0.75	<u>-0.34</u>	0.02	-0.05			
1968	1.18	<u>-0.52</u>	<u>0.33</u>	-0.08	0.11		
1969	1.41	0.12	-0.16	-0.25	-0.10		
1970	1.17	<u>-0.35</u>	0.07	-0.25	0.01		
1971	1.11		0.05	0.01	0.09		
1972	0.51		0.01	0.06	0.10		
1973	1.35	0.09	0.01	0.03			
1974	0.87	-0.10	-0.12	-0.13		0.03	
1975	1.04	-0.17	-0.21	0.12		-0.05	0.14
1976	0.61	<u>0.36</u>	-0.03	0.03		0.11	0.04
1977	0.62	0.00	0.00	0.07		0.07	-0.02
1978	0.82	0.27	0.04	0.05		0.02	0.09
1979	1.19	0.24	-0.11	<u>-0.29</u>			-0.13
1980	1.05	-0.01	0.18	0.12		-0.04	-0.05
1981	1.01	0.20	-0.08	0.08		0.09	-0.05
1982	1.11	0.11	-0.27	0.03		-0.11	0.05
1983	0.77	0.10	-0.10	-0.08		0.04	-0.02
1984	0.99	-0.03	0.19	-0.08		<u>0.72</u>	0.04
1985	0.95	-0.26	0.03	0.11		0.07	0.08

Tabla No 2-e

DESVIACIONES AL VECTOR REGIONAL
(Datos originales)

Ano	Estaciones						
VECTOR	069022 MANAGUA PLANTEL CARRETERA	069050 ASOSOSCA	069333 LOS BRASILES	069085 NAGAROTE	069072 MOMOTOMBO	069036 LA ZOPILOTA	069025 SAN FRANCISCO LIBRE
1963	0.78	-0.15				0.28	0.10
1964	1.09	-0.07	0.05			-0.30	0.06
1965	0.79	-0.02	0.03			0.11	-0.19
1966	1.23	-0.23	-0.08			-0.04	-0.07
1967	0.75		-0.03			0.05	-0.25
1968	1.18	0.03	0.09	<u>-0.35</u>		0.05	0.00
1969	1.41	0.11	0.23	<u>-0.04</u>		0.05	0.11
1970	1.17	-0.03	0.04	-0.03		-0.01	0.06
1971	1.11	-0.27	-0.23	<u>-0.43</u>	-0.23	-0.05	-0.14
1972	0.51	-0.11	-0.02	<u>-0.12</u>	-0.10	0.04	-0.12
1973	1.35	0.11	0.06	<u>0.33</u>	0.11	0.09	0.30
1974	0.87	0.00	0.05	<u>0.60</u>	0.27	<u>0.34</u>	<u>0.33</u>
1975	1.04	0.11	<u>0.36</u>	<u>0.33</u>	0.16		<u>0.28</u>
1976	0.61	-0.15	-0.02		-0.15		-0.09
1977	0.62	-0.13	0.00	-0.08	0.10		0.23
1978	0.82	-0.08	-0.04		-0.09	0.07	0.01
1979	1.19	-0.20	0.01		<u>0.35</u>		-0.04
1980	1.05	-0.03	0.10		-0.09	-0.16	<u>-0.46</u>
1981	1.01	-0.01	0.02		-0.02		<u>-0.73</u>
1982	1.11		0.27		-0.03		<u>-0.32</u>
1983	0.77		-0.06		-0.08	0.12	0.00
1984	0.99		-0.29		-0.14		-0.08
1985	0.95		-0.10		0.14		0.00

tabla No 3

DESVIACIONES AL VECTOR REGIONAL
(Datos corregidos)

Ano	Estaciones				
	VECTOR	069005 GRANADA Sugar States	069030 GRANADA INA	069010 GRANADA Planta Electrica	069017 SAN DIONISIO
1929	1.09	0.15			-0.05
1930	0.67	0.03		0.09	-0.07
1931	1.42	-0.02		0.01	0.00
1932	1.47	-0.09		-0.07	-0.01
1933	1.65	-0.15		0.02	0.15
1934	0.96	-0.07		-0.23	0.23
1935	1.24	-0.08		0.02	0.08
1936	1.00	-0.07		0.01	0.01
1937	1.16	0.16		0.08	-0.05
1938	1.14	0.17		0.06	0.00
1939	0.72	0.12		-0.05	0.07
1940	0.96	-0.02			0.00
1941	0.76	0.06			-0.10
1942	1.23	-0.18			-0.05
1943	0.97	-0.13			0.10
1944	0.84	0.01			0.00
1945	1.11				0.04
1946	0.38	-0.10			0.24
1947	0.85	0.04			-0.13
1948	1.00	-0.17			-0.04
1949	0.90	-0.05			-0.11
1950	1.22	-0.32			0.01
1951	0.87				-0.14
1952	1.02				0.01
1953	0.87				0.07
1954	1.34	-0.12			-0.17
1955	1.35	-0.04			-0.11
1956	0.86	0.16			-0.10
1957	0.71	0.05			-0.20
1958	1.09	0.00			-0.13
1959	0.74	0.08	0.16		-0.12
1960	1.41	-0.14	-0.06		0.03
1961	0.91	-0.15	-0.08		0.07
1962	1.00	0.05	0.16		-0.08

Tabla No 3-a
DESVIACIONES AL VECTOR REGIONAL
(Datos originales)

Año	Estaciones					
	VECTOR	069007 INASAF	069044 PANALOYA	069027 MANAGUA Aeropuerto A. C. S.	069022 MANAGUA Plantel Carreteras	069025 SAN FRANCISCO LIBRE
1929	1.09	-0.11				
1930	0.67	-0.05				
1931	1.42	0.23	-0.25			
1932	1.47	0.10	-0.28		0.09	
1933	1.65		0.06		-0.08	
1934	0.96	0.03	0.04		0.02	
1935	1.24	0.06	0.27		-0.13	
1936	1.00	-0.02	0.04		0.30	
1937	1.16	-0.01	0.00		-0.17	
1938	1.14	-0.24	-0.07		-0.13	
1939	0.72	0.06	-0.07		-0.12	
1940	0.96	0.15	-0.12		-0.01	
1941	0.76	-0.02	0.27		0.01	
1942	1.23	0.12	0.38		-0.13	
1943	0.97	0.30	0.01		-0.19	
1944	0.84	0.07	-0.02		-0.07	
1945	1.11	0.05	-0.11		0.02	
1946	0.38	0.18	-0.09		-0.02	
1947	0.85	-0.10	0.30		0.12	
1948	1.00	0.14	0.03		0.05	
1949	0.90	0.13	-0.02		0.34	
1950	1.22	0.24	-0.08		0.09	
1951	0.87	-0.03			0.17	
1952	1.02	-0.10			0.09	
1953	0.87	0.10			-0.17	
1954	1.34	0.19			0.10	
1955	1.35	0.12			0.03	
1956	0.86	-0.09			-0.05	0.07
1957	0.71	-0.11			0.14	0.12
1958	1.09	-0.06		0.12	0.12	-0.06
1959	0.74	-0.08		0.00	-0.03	-0.01
1960	1.41	0.09		-0.30	0.05	0.11
1961	0.91	0.11		-0.09	0.02	0.12
1962	1.00	-0.24		0.03	-0.01	0.11

Tabla No 3-b

DESVIACIONES AL VECTOR REGIONAL
(Datos originales)

Ano	Estaciones						
	VECTOR	069005 GRANADA Sugar States	069054 GRANADA INE	069030 GRANADA INA	069010 GRANADA Planta Electrica	069115 MASAYA	069049 MASATEPE
1963	0.76	-0.14	-0.17	-0.08			0.17
1964	1.08	-0.07	-0.10	-0.02		0.16	-0.09
1965	0.78	0.29	0.02	0.16		-0.07	-0.13
1966	1.20	0.07	-0.09	-0.07		0.02	-0.09
1967	0.76	-0.02	-0.08	-0.04		0.01	0.02
1968	1.21	0.12	0.13	0.09		0.00	-0.09
1969	1.38	0.07		-0.03		-0.02	-0.04
1970	1.15	0.38	-0.02	0.33		0.27	0.03
1971	1.03	0.32	0.11	0.26		0.09	0.06
1972	0.51	0.04		-0.14		0.23	0.20
1973	1.31	-0.13	-0.06	-0.13		0.01	0.03
1974	0.86	-0.01	-0.15	-0.07		0.13	0.16
1975	1.07	-0.05	-0.25	-0.04		-0.10	-0.04
1976	0.59	0.23	0.15	0.22		-0.04	-0.07
1977	0.63	0.13	0.01	0.13		-0.02	0.07
1978	0.79	0.13	-0.01		0.00	-0.07	0.07
1979	1.20	0.11	0.03	-0.08	0.00		0.05
1980	0.99		0.19	0.25	-0.01	-0.03	-0.08
1981	1.04	-0.07	0.08	0.11	0.17	-0.03	-0.04
1982	1.13		-0.06	-0.12	-0.05	-0.04	0.20
1983	0.75		0.07	0.05	0.06	0.09	0.02
1984	0.94		0.01		0.01	0.01	0.15
1985	0.94		-0.11	0.01	-0.07	-0.14	0.08

Tabla No 3-c

DESVIACIONES AL VECTOR REGIONAL
(Datos originales)

Año	VECTOR	Estaciones						
		069007 INASAF	069046 LA PRIMAVERA	069028 SANTA RITA	069047 CASA COLORADA	069045 LAS JINOTEPES	069048 SAN ISIDRO DE LA CRUZ VERDE	069104 SAIMSA
1963	0.76	0.12	0.02		0.09	0.09	0.02	
1964	1.08	-0.18	-0.10		-0.10	0.17	0.07	
1965	0.78	-0.21	0.06		0.10	0.30	0.02	
1966	1.20	-0.20	-0.01	0.00	0.11	0.31	0.10	
1967	0.76	0.00	-0.02	0.04	0.08	0.08	0.12	
1968	1.21	-0.12	-0.19	0.22	0.15	-0.12	0.12	
1969	1.38	-0.17	0.16	-0.06	0.07		0.12	0.10
1970	1.15	-0.13	0.30	0.02	-0.13	0.07	-0.13	-0.27
1971	1.03	-0.14	0.00	0.11	-0.02	-0.16	0.08	
1972	0.51	0.02	0.00	0.13	-0.03	0.15	-0.07	
1973	1.31	-0.17	0.01	-0.24	-0.29	0.04	-0.17	0.02
1974	0.86	0.05		0.04		-0.06		-0.15
1975	1.07	-0.12		-0.05		-0.10		-0.27
1976	0.59	-0.19	0.01	0.05		-0.18		0.30
1977	0.63	0.00	-0.02	-0.05	-0.14	-0.08		-0.06
1978	0.79	-0.03	0.08	0.00	-0.14	-0.13	-0.05	0.21
1979	1.20	0.06			0.27	0.03		0.12
1980	0.99	-0.16	0.01	-0.02	-0.06			-0.03
1981	1.04	-0.17	0.00		0.05			0.08
1982	1.13	0.07	-0.02		0.10			0.00
1983	0.75	-0.14	0.13	0.04	-0.15		0.00	0.04
1984	0.94	-0.21		0.02	-0.16		0.12	-0.06
1985	0.94	-0.01	-0.08		-0.03			

Tabla No 3-d

DESVIACIONES AL VECTOR REGIONAL
(Datos originales)

Ano	VECTOR	Estaciones					
		069044 PANALOYA	069027 MANAGUA Aeropuerto A. C. S.	069033 MANAGUA SANTA ROSA	069089 MANAGUA RURD	069114 MANAGUA BY-PASS	069022 MAMAGUA PLANTEL DE CARRETERA
1963	0.76	0.00	-0.12	0.00		-0.13	
1964	1.08	0.05	0.12	0.27		-0.05	0.06
1965	0.78	0.06	-0.13	-0.06		0.00	0.03
1966	1.20	0.15	-0.05	0.08		-0.19	-0.06
1967	0.76	0.02	-0.07				-0.04
1968	1.21	0.31	-0.12	0.05		0.00	0.05
1969	1.38	-0.13	-0.23	-0.10		0.14	0.24
1970	1.15	0.09	-0.24	0.01		-0.01	0.05
1971	1.03	0.12	0.08	0.14		-0.19	-0.16
1972	0.51	0.02	0.05	0.09		-0.11	-0.02
1973	1.31	0.06	0.06			0.17	0.09
1974	0.86	-0.11	-0.13		-0.05	0.01	0.05
1975	1.07	-0.24	0.08		-0.11	0.11	0.32
1976	0.59	-0.01	0.04		0.11	0.05	-0.13
1977	0.63	-0.01	0.06		0.04	-0.03	-0.14
1978	0.79	0.06	0.06		0.02	0.11	-0.05
1979	1.20	-0.12	-0.31			-0.14	-0.20
1980	0.99	0.24	0.16		-0.02	0.00	0.03
1981	1.04	-0.10	0.04		0.04	-0.08	-0.03
1982	1.13	-0.28	0.01		-0.07	0.03	0.24
1983	0.75	-0.09	-0.08		0.02	-0.01	-0.06
1984	0.94	0.24	-0.04		0.14	0.09	-0.24
1985	0.94	0.03	0.11		0.10	0.08	-0.11

Tabla No 3-e

DESVIACIONES AL VECTOR REGIONAL
(Datos originales)

Año	Estaciones					
	VECTOR	069033 LOS BRASILES	069085 NAGAROTE	069072 MOMOTOMBO	069036 LA ZOPILOTA	069025 SAN FRANCISCO LIBRE
1963	0.76				0.24	0.10
1964	1.08				-0.33	0.06
1965	0.78				0.07	-0.19
1966	1.20				0.07	-0.05
1967	0.76				-0.09	-0.27
1968	1.21	-0.02			-0.05	-0.04
1969	1.38	0.01			-0.01	0.12
1970	1.15	0.01		-0.03	0.00	0.06
1971	1.03	-0.21	-0.16	-0.01	-0.11	0.05
1972	0.51	-0.11	-0.10	0.02	-0.14	-0.25
1973	1.31	0.08	0.15	0.08	0.26	-0.10
1974	0.86	0.31	0.28	0.30	0.27	0.08
1975	1.07	0.33	0.13		0.18	0.05
1976	0.59		-0.13		-0.10	-0.01
1977	0.63	-0.08	0.10		0.18	-0.09
1978	0.79		-0.07	0.06	-0.02	-0.01
1979	1.20		0.34			-0.06
1980	0.99		-0.04	-0.14		-0.01
1981	1.04		-0.05			0.26
1982	1.13		-0.04			-0.04
1983	0.75		-0.06	0.10	-0.03	-0.02
1984	0.94		-0.09		-0.07	-0.15
1985	0.94		0.15			0.00

Tabla No 4

PROMEDIOS, TEST DE HOMOGENEIDAD Y COEFICIENTES DE CORRELACION OBTENIDOS CON EL VECTOR REGIONAL

CODIGO	ESTACION	PROMEDIO OBSERVADO	PROMEDIO ESTIMADO por el VECTOR	VALOR del TEST Homog.	COEFICIENTE DE CORRELACION
069005	NICARAGUA SUGAR STATES	1425.6	1398.3	0.016	0.865
069054	GRANADA INE	1475.9	1554.3	0.375	0.866
069030	GRANADA INA	1367.3	1345.8	0.904	0.855
069010	GRANADA Planta Electrica	1466.8	1291.5	0.318	0.962
069049	MASATEPE	1486.8	1514.6	0.111	0.910
069017	SAN DIONISIO	1376.9	1374.1	0.009	0.919
369007	INASAF	1592.4	1636.1	0.000	0.884
069115	MASAYA	1395.2	1411.7	0.561	0.892
069046	LA PRIMAVERA	1367.6	1434.8	0.878	0.955
069028	SANTA RITA Crucero	1224.5	1269.9	0.576	0.927
069047	CASA COLORADA	1621.8	1676.7	0.312	0.890
069045	LAS JINOTEPES	1173.1	1222.5	0.015	0.867
069048	SAN ISIDRO DE LA CRUZ VERDE	1278.7	1301.6	0.068	0.923
069104	SAIMSA	1189.7	1202.3	0.339	0.792
069044	PANALOYA	1035.7	1018.4	0.415	0.846
069027	A.C.S Aeropuerto	1182.2	1187.2	0.386	0.842
069033	SANTA ROSA	1171.9	1100.4	0.599	0.921
069089	RURD	1087.9	1201.5	0.741	0.902
069114	BY PASS	1089.1	1165.8	0.135	0.920
069022	MANAGUA PLANTEL DE CARRETERAS	1137.4	1139.4	0.116	0.911
069050	ASOSOSCA	1096.1	1102.0	0.511	0.921
069333	LOS BRASILES	1358.2	1289.5	0.091	0.879
069085	NAGAROTE	1265.3	1336.3	0.506	0.902
069072	MOMOTOMBO	1347.5	1385.4	0.337	0.874
069036	LA ZOPILOTA	1159.0	1218.9	0.418	0.861
069025	SAN FRANCISCO LIBRE	1120.3	1176.4	0.578	0.923
Valores promedios				0.358	0.893

Tabla No 5-1 DATOS DE PRECIPITACIONES ANUALES en milímetros
(corregidos y completados)

Año	Estaciones							
	069005 GRANADA Sugar States	069054 GRANADA INE	069030 GRANADA INA	069010 GRANADA planta electrica	069115 MASAYA	069049 MASATEPE	069017 SAN DIONISIO	069007 INASAF
1929	1742	1700 *	1472 *	1412 *	1544 *	1656 *	1440	1614
1930	980	1046 *	906 *	982	950 *	1020 *	834	1022
1931	1954	2202 *	1906 *	1844	1999 *	2145 *	1947	2694
1932	1935	2289 *	1982 *	1811	2079 *	2230 *	2005	2575
1933	2103	2568 *	2224 *	2159	2333 *	2503 *	2484	2704 +
1934	1237	1491 *	1291 *	948	1355 *	1453 *	1630	1313
1935	1614	1920 *	1662 *	1616	1744 *	1871 *	1809	2119
1936	1301	1555 *	1347 *	1302	1413 *	1516 *	1385	1603
1937	1843	1800 *	1559 *	1593	1635 *	1754 *	1521	1879
1938	1826	1767 *	1530 *	1551	1605 *	1721 *	1568	1466
1939	1164	1113 *	963 *	862	1011 *	1084 *	1080	1267
1940	1307	1487 *	1288 *	1236 *	1351 *	1449 *	1318	1809
1941	1154	1187 *	1028 *	986 *	1078 *	1157 *	909	1210
1942	1473	1918 *	1660 *	1593 *	1742 *	1869 *	1622	2207
1943	1175	1512 *	1309 *	1256 *	1373 *	1433 *	1472	2805
1944	1188	1301 *	1127 *	1081 *	1182 *	1268 *	1156	1489
1945	1550 +	1723 *	1491 *	1431 *	1564 *	1678 *	1580	1902
1946	389	595 *	515 *	495 *	541 *	580 *	861	917
1947	1247	1317 *	1141 *	1095 *	1196 *	1284 *	989	1231
1948	1152	1549 *	1342 *	1287 *	1407 *	1510 *	1319	1852
1949	1184	1396 *	1209 *	1160 *	1268 *	1361 *	1087	1679
1950	1260	1899 *	1644 *	1578 *	1724 *	1850 *	1691	2389
1951	1218 *	1354 *	1172 *	1125 *	1230 *	1319 *	999	1381
1952	1430 *	1590 *	1377 *	1321 *	1444 *	1549 *	1424	1511
1953	1217 *	1353 *	1171 *	1124 *	1228 *	1318 *	1295	1582 +
1954	1709	2079 *	1800 *	1728 *	1888 *	2026 *	1603	2492
1955	1827	2099 *	1817 *	1744 *	1906 *	2045 *	1699	2413
1956	1421	1329 *	1151 *	1104 *	1207 *	1295 *	1035	1256
1957	1062	1097 *	949 *	911 *	996 *	1068 *	699 +	971
1958	1523	1692 *	1465 *	1406 *	1537 *	1649 *	1321	1687
1959	1146	1145 *	1204	951 *	1040 *	1116 *	844	1080
1960	1772	2193 *	1822	1822 *	1992 *	2137 *	1980	2461
1961	1058	1408 *	1112	11170 *	1279 *	1372 *	1345	1658
1962	1459	1547 *	1560	1285 *	1405 *	1507 *	1253	1229

* = Completados + = Corregidos

Tabla No 5-1a DATOS DE PRECIPITACIONES ANUALES en millímetros
(corregidos y completados)

Año	Estaciones							
	069005 GRANADA Sugar States	069054 GRANADA INE	069030 GRANADA INA	069010 GRANADA Planta electrica	069115 MASAYA	069049 MASATEPE	069017 SAN DIONISIO	069007 INASAF
1963	860	912	919	982 *	1073 *	1151 *	1279 +	1438
1964	1406	1527	1424	1392 *	1521 *	1876	1358	1464
1965	1498	1237	1268	1006 *	1100 *	1067 +	887	933
1966	1783	1735	1527	1553 *	1698 *	1847 +	1522	1638
1967	1042	1070	968	986 *	1078 *	1175	1081	1250
1968	1861	2077	1746 +	1562 *	1707 *	1832	1545	1775
1969	2032	2146 +	1818	1783 *	1949 *	2068	1847	1988
1970	2138	1761	1984 +	1483 *	1621 *	2154	1621	1671
1971	1897	1782	1736	1335 *	1459 *	1702	1507	1460
1972	771	792	499	658 *	720 *	1120	972	863 +
1973	1644	1937	1583	1687 *	1844 *	1986	1837	1865
1974	1193	1107	1069	1114 *	1218 *	1500	1411	1487
1975	1424	1267	1383	1381 *	1509 *	1466	1410	1550
1976	1139	1154	1091	761 *	832 *	825 +	720	656
1977	1055	990	1020	808 *	883 *	914	953	1029
1978	1286	1215	1065 +	1022 *	1114	1092	1189	1246
1979	1834	1918	1513	1551 *	1694	1819 *	1724	2055
1980	1390 +	1836	1670	1824 *	1388	1457	1253	1359
1981	1361	1739	1550	1344 *	1709	1527	1369	1420
1982	1585 +	1663	1360	1464 *	1531	1660	1828	1968
1983	1056 *	1287	1085	975 *	1154	1285 +	1063	1010
1984	1315 *	1485	1266 *	1215 *	1337	1447	1501	1190
1985	1318 *	1296	1285	1218 *	1234	1223	1403	1520
Prom	1398	1554	1346	1292	1412	1515	1374	1636

* = Completados + = Corregidos

Tabla No 5-2 DATOS DE PRECIPITACIONES ANUALES en milímetros
(corregidos y completados)

Año	Estaciones								
	069046 LA PRIMAVERA	069028 SANTA RITA Crucero	069047 CASA COLORADA	069045 LAS JINOTEPES	069048 SAN ISIDRO DE LA CRUZ VERDE	069104 SAIMSA	069044 PANALOYA	069027 MANAGUA Aeropuerto A. C. S.	069033 SANTA ROSA
1929	1569 *	1389 *	1833 *	1337 *	1423 *	1315 *	1114 *	1298 *	1203 *
1930	966 *	855 *	1129 *	823	876 *	809 *	686 *	799 *	741 *
1931	2032 *	1799 *	2375 *	1731 *	1844 *	1703 *	1184 *	1682 *	1559 *
1932	2113 *	1870 *	2469 *	1800 *	1917 *	1770 *	1210	1748 *	1620 *
1933	2371 *	2098 *	2770 *	2020 *	2151 *	1987 *	1742	1962 *	1818 *
1934	1377 *	1219 *	1609 *	1173 *	1249 *	1154 *	1022	1139 *	1056 *
1935	1772 *	1569 *	2071 *	1510 *	1608 *	1485 *	1530	1466 *	1359 *
1936	1436 *	1271 *	1678 *	1223 *	1302 *	1203 *	1055	1188 *	1101 *
1937	1662 *	1471 *	1942 *	1416 *	1507 *	1392 *	1177	1375 *	1274 *
1938	1631 *	1443 *	1906 *	1389 *	1479 *	1367 *	1084	1349 *	1251 *
1939	1027 *	909 *	1200 *	875 *	932 *	861 *	653	850 *	788 *
1940	1373 *	1215 *	1604 *	1170 *	1246 *	1151 *	856	1136 *	1053 *
1941	1096 *	970 *	1281 *	934 *	994 *	918 *	1057	907 *	840 *
1942	1770 *	1567 *	2069 *	1508 *	1606 *	1483 *	1646	1465 *	1358 *
1943	1396 *	1235 *	1631 *	1189 *	1266 *	1170 *	1003	1155 *	1071 *
1944	1201 *	1063 *	1404 *	1024 *	1090 *	1007 *	831	994 *	921 *
1945	1590 *	1407 *	1858 *	1355 *	1442 *	1332 *	1012	1316 *	1220 *
1946	550 *	486 *	642 *	468 *	499 *	461 *	301	455 *	421 *
1947	1216 *	1076 *	1421 *	1036 *	1103 *	1019 *	1170	1006 *	933 *
1948	1430 *	1266 *	1671 *	1219 *	1297 *	1198 *	1043	1183 *	1097 *
1949	1289 *	1141 *	1506 *	1098 *	1169 *	1080 *	894	1067 *	989 *
1950	1753 *	1551 *	2048 *	1493 *	1590 *	1469 *	1167	1450 *	1344 *
1951	1250 *	1106 *	1460 *	1065 *	1134 *	1047 *	887 *	1034 *	959 *
1952	1467 *	1299 *	1715 *	1250 *	1331 *	1230 *	1042 *	1214 *	1126 *
1953	1249 *	1105 *	1459 *	1064 *	1133 *	1046 *	886 *	1033 *	958 *
1954	1919 *	1699 *	2243 *	1635 *	1741 *	1608 *	1362 *	1588 *	1472 *
1955	1938 *	1715 *	2264 *	1651 *	1758 *	1624 *	1375 *	1603 *	1486 *
1956	1227 *	1086 *	1434 *	1045 *	1113 *	1028 *	871 *	1015 *	941 *
1957	1012 *	896 *	1183 *	862 *	918 *	848 *	718 *	838 *	776 *
1958	1562 *	1382 *	1825 *	1331 *	1417 *	1309 *	1109 *	1433	1198 *
1959	1057 *	935 *	1235 *	900 *	959 *	886 *	750 *	875	811 *
1960	2024 *	1792 *	2366 *	1725 *	1836 *	1696 *	1437 *	1320	1553 *
1961	1300 *	1151 *	1519 *	1108 *	1179 *	1089 *	923 *	965	997 *
1962	1428	1264 *	1668 *	1216 *	1295 *	1196 *	1013 *	1219	1095 *

* = Completados + = Corregidos

Tabla No 5-2a DATOS DE PRECIPITACIONES ANUALES en milímetros
(corregidos y completados)

Año	Estaciones								
	069046 LA PRIMAVERA	069028 SANTA RITA Crucero	069047 CASA COLORADA	069045 LAS JINOTEPES	069048 SAN ISIDRO DE LA CRUZ	069104 SAIMSA	069044 PANALOYA	069027 A.C.S Aeropuert	069033 SANTA ROSA
1963	1122	965 *	1427	1041	1013	914 *	774	763	839
1964	1396	1369 *	1645	1524	1497	1296 *	1152	1426	1486
1965	1201	989 *	1466	1323	1035	937 *	858	769	788
1966	1710	1521	2196	1844	1692	1446 *	1377	1364	1410
1967	1073	1024	1416	1035	1154	918 +	795	824	840 *
1968	1467	1810	2283	1332	1726	1454 +	1543	1294	1389
1969	2204	1672	2425	1688 +	1645	1780 +	1271	1363	1406
1970	1690	1485	1708	1493	1322	1060 +	1257	1076	1274
1971	1486	1451	1700	1072	1449	1243 *	1178	1319	1293
1972	727	810	798	804	577	613 *	535 +	670	664
1973	1884	1353	1698	1651	1474	1592	1387	1628	1437 *
1974	1238 *	1151	1447 *	977	1123 +	855	771	869	949 *
1975	1534 *	1294	1792 *	1186	1391 *	957	845	1365	1176 *
1976	858	808	988 *	503	767 +	1066	590	745	648 *
1977	871	730 +	816	668	814 +	683	630	816	688 *
1978	1249	1110 +	1092	808	966	1200	871	1015	871 *
1979	1723 *	1525 +	2460 +	1508	1563 *	1583	1105	1059	1321 *
1980	1442	1241	1562	1215 *	1294 *	1155	1256	1376	1094 *
1981	1496	1321	1828	1272 *	1354 *	1344	958	1286	1145 *
1982	1604	1440 +	2073	1386 *	1476 *	1363	866	1353	1247 *
1983	1268	1010 +	1009	923 *	978	957	682	806	831 *
1984	1350 *	1223	1306	1150 *	1375	1061	1203	1070	1035 *
1985	1235	1197 *	1530	1152 *	1227 *	1133 +	994	1244	1037 *
Prom	1435	1270	1677	1223	1302	1202	1018	1187	1100

* = Completados + = Corregidos

Tabla No 5-3 DATOS DE PRECIPITACIONES ANUALES en millimetros
(Corregidos y completados)

Año	Estaciones								
	069089 RURD	069114 BY-PASS	069022 MANAGUA PLANTEL CARRETERA	069050 ASOSOSCA	069333 LOS BRASILES	069085 NAGAROTE	069072 MOMOTOMBO	069036 LA ZOPILOTA	069025 SAN FRANCIS LIBRE
1929	1314 *	1275 *	1246 *	1205 *	1410 *	1461 *	1515 *	1333 *	1286 *
1930	809 *	785 *	767 *	742 *	868 *	900 *	933 *	821 *	792 *
1931	1702 *	1651 *	1614 *	1561 *	1826 *	1893 *	1962 *	1726 *	1666 *
1932	1769 *	1717 *	1784	1623 *	1899 *	1968 *	2040 *	1795 *	1732 *
1933	1985 *	1926 *	1787	1821 *	2131 *	2208 *	2289 *	2014 *	1944 *
1934	1153 *	1119 *	1117	1057 *	1237 *	1282 *	1329 *	1170 *	1129 *
1935	1484 *	1440 *	1259	1361 *	1593 *	1651 *	1711 *	1506 *	1453 *
1936	1202 *	1167 *	1483	1103 *	1290 *	1337 *	1386 *	1220 *	1177 *
1937	1391 *	1350 *	1123	1276 *	1493 *	1548 *	1604 *	1412 *	1362 *
1938	1366 *	1325 *	1147	1253 *	1466 *	1519 *	1575 *	1385 *	1337 *
1939	860 *	835 *	677	789 *	923 *	957 *	992 *	873 *	842 *
1940	1150 *	1116 *	1076	1055 *	1234 *	1279 *	1326 *	1166 *	1126 *
1941	918 *	890 *	885	842 *	985 *	1021 *	1058 *	931 *	898 *
1942	1482 *	1438 *	1254	1360 *	1591 *	1649 *	1709 *	1504 *	1451 *
1943	1169 *	1134 *	887	1072 *	1254 *	1300 *	1348 *	1186 *	144 *
1944	1006 *	976 *	877	923 *	1080 *	1119 *	1160 *	1021 *	985 *
1945	1331 *	1292 *	1284	1221 *	1429 *	1481 *	1535 *	1351 *	1304 *
1946	460 *	447 *	408	422 *	494 *	512 *	531 *	467 *	451 *
1947	1018 *	998 *	1104	934 *	1093 *	1133 *	1174 *	1033 *	997 *
1948	1198 *	1162 *	1190	1099 *	1285 *	1332 *	1381 *	1215 *	1173 *
1949	1079 *	1047 *	1409	990 *	1158 *	1201 *	1245 *	1095 *	1057 *
1950	1468 *	1424 *	1492	1346 *	1575 *	1632 *	1692 *	1489 *	1437 *
1951	1047 *	1015 *	1187	960 *	1123 *	1164 *	1207 *	1062 *	1025 *
1952	1229 *	1192 *	1263	1127 *	1319 *	1367 *	1417 *	1247 *	1203 *
1953	1046 *	1014 *	799	959 *	1122 *	1163 *	1206 *	1061 *	1024 *
1954	1607 *	1559 *	1639	1474 *	1725 *	1787 *	1853 *	1630 *	1574 *
1955	1623 *	1574 *	1577	1488 *	1741 *	1805 *	1871 *	1646 *	1589 *
1956	1027 *	997 *	921	942 *	1103 *	1143 *	1185 *	1042 *	1094
1957	848 *	822 *	958	777 *	910 *	943 *	977 *	860 *	971
1958	1308 *	1269 *	1379	1200 *	1404 *	1455 *	1508 *	1327 *	1215
1959	885 *	859 *	805	812 *	950 *	984 *	1020 *	898 *	852
1960	1695 *	1645 *	1669	1555 *	1819 *	1885 *	1955 *	1720 *	1791
1961	1089 *	1056 *	1058	999 *	1168 *	1211 *	1255 *	1105 *	1208
1962	1195 *	1160 *	1118	1097 *	1283 *	1330 *	1378 *	1213 *	1043

* = Completados + = Corregidos

Tabla No 5-3a DATOS DE PRECIPITACIONES ANUALES en milímetros
(Corregidos y completados)

Año	Estaciones								
	069089 MANAGUA RURD	069114 MANAGUA INE BY PASS	069022 MANAGUA PLANTEL CARRETERA	069050 ASOSOSCA	069333 LOS BRASILES	069085 NAGAROTE	069072 MOMOTOMBO	069036 LA ZOPILOTA	069025 SAN FRANCIS LIBRE
1963	913 *	886 *	717	838 *	980 *	1016 *	1053 *	1214	1015
1964	1295 *	1256 *	1169	1252	1390 *	1440	1493 *	912	1338
1965	936 *	908 *	882	897	1004 *	1041 *	1079 *	1040	694
1966	1445 *	1402 *	1148	1262	1551 *	1607 *	1666 *	1546	1357
1967	918 *	890 *	870 *	794	985 *	1021 *	1058 *	820	584
1968	1453 *	1410 *	1378	1383	1531 +	1616 *	1418	1370	1737
1969	1659 *	1610 *	1737	1784	1798	1845 *	1913 *	1677	1761
1970	1380 *	1339 *	1299	1321	1497	1535 *	1543	1398	1424
1971	1242 *	1205 *	964	957	1061 +	1173	1413	1122	1278
1972	612 *	594 *	459	542	520	547	739	450	308
1973	1569 *	1523 *	1679	1544	1790 +	1951	1926	1904	1417
1974	977	1006 *	995	1004	1517 +	1522	1611	1385	1107
1975	1157	1370	1311	1533	1802	1597	1481 *	1520	1321
1976	836	745	525	647	760 *	613	816 *	591	685
1977	802	696	555	675	708	964	867 *	978	632
1978	971	1048	842	844	1021 *	968	1183	946	924
1979	1443 *	1234	1136	1312	1548 *	2064	1663 *	1464 *	1338
1980	1176	1162	1168	1253	1282 *	1276	1184	1212 +	1158
1981	1294	1118	1155	1137	1341 *	1329	1441 *	1268 +	1531
1982	1275 +	1351	292 *	1514	1462 *	1458	1570 *	1382 +	1288
1983	930 +	869	860 *	771	973 *	925	1180	889	870
1984	1301	1201	1072 *	768	1213 *	1138	1303 *	1055	933
1985	1248 +	1187	1074 *	922	1216 *	1457	1306 *	1149 *	1105
Prom	1202	1166	1139	1102	1290	1336	1385	1219	1176

* = Completados + = Corregidos

Tabla No 6 : ESTUDIO PROBABILISTICO DE LAS LLUVIAS ANUALES

Codigo	Estación	COEFICIENTES ASIMETRIA		LEY	LLUVIAS ANUALES PARA LAS RECURRENCIAS EN ANOS						
		Observado	Reconst.	Escogida	(Periodo seco)			(Periodo Humedo)			
					100	50	10	2	10	50	100
069005	NICARAGUA SUGAR STATES	-0.101	0.057	GAUSS	543	642	924	1392	1859	2141	2241
069054	GRANADA INE	0.053	0.012	GAUSS	630	741	1056	1578	2101	2415	2527
069030	GRANADA INA	-0.364	0.014	GAUSS	522	625	917	1401	1885	2176	2279
069010	GRANADA Planta Electrica	-0.068	0.021	GAUSS	480	574	843	1289	1735	2003	2098
069049	MASATEPE	0.054	0.023	GAUSS	548	658	972	1493	2013	2327	2438
069017	SAN DIONISIO	0.337	0.347	PEARSON	648	718	934	1353	1851	2192	2320
369007	INASAF	0.426	0.481	PEARSON	712	786	1031	1550	2260	2771	2968
069115	MASAYA	0.241	0.023	GAUSS	463	575	890	1413	1937	2252	2364
069046	LA PRIMAVERA	0.287	0.380	GALTON	621	697	932	1396	1972	2384	2543
069028	SANTA RITA Crucero	0.121	0.142	GALTON	572	639	973	1244	1731	2073	2204
069047	CASA COLORADA	0.080	0.016	GAUSS	590	714	1068	1655	2242	2596	2721
069045	LAS JINOTEPES	-0.013	-0.066	GAUSS	425	521	792	1243	1693	1964	2060
069048	SAN ISIDRO DE LA CRUZ VERDE	-0.437	0.083	GAUSS	573	661	910	1324	1737	1986	2074
069104	SAIMSA	0.380	0.124	PEARSON	485	554	763	1160	1620	1931	2046
069044	PANALOYA	0.094	0.140	GAUSS	369	446	666	1031	1396	1616	1693
069027	A.C.S Aeropuerto	-0.100	0.030	GAUSS	464	547	783	1175	1567	1803	1887
069033	SANTA ROSA	-0.649	0.123	GAUSS	402	484	716	1100	1485	1716	1798
069089	RURD	-0.254	0.114	GAUSS	449	538	790	1209	1627	1880	1969
069114	BY PASS	-0.588	0.075	GAUSS	422	513	768	1191	1615	1870	1960
069022	MANAGUA Plantel de carreteras	-0.032	0.047	GAUSS	359	450	710	1140	1570	1830	1921
069050	ASOSOSCA	0.199	0.129	GAUSS	356	448	708	1140	1572	1832	1924
069333	LOS BRASILES	-0.737	0.000	GAUSS	423	519	789	1237	1686	1956	2051
069085	NAGAROTE	0.141	0.161	GAUSS	464	569	867	1362	1857	2155	2260
069072	MOMOTOMBO	-0.061	0.070	GAUSS	580	676	949	1401	1853	2125	2221
069036	LA ZOPILOTA	0.074	0.109	GAUSS	436	527	784	1211	1638	1895	1986
069025	SAN FRANCISCO LIBRE	-0.240	-0.018	GAUSS	340	491	752	1184	1616	1877	1969