

**ANNUAL REPORT 1995**

**BIOMETRY UNIT**

**For internal circulation  
and discussion only**

**CIAT, November 1995**

## **Biometry Unit Personnel 1995**

**Head:** María Cristina Amézquita  
*Mathematical Statistician, MS and Adv. Dipl.*

**Statistical Consultants:**

Eloína Mesa, *Mathematical Statistician, MS*  
Myriam Cristina Duque, *Mathematician, BS, Spec.*  
Germán Lema, *Industrial Eng. BS, Spec.*

**Statistician-programmers:** (Financed by different CIAT's projects,  
starting January 2/95).

James Silva, *Statistician, BS*  
Leonardo Trujillo, *Statistician, BS*  
Eliana González, *Statistician, BS*

**Secretaries:** Andrea Alvarado Alzate (part-time)  
Olga Lucía Alvarez (part-time)

# Annual Report 1995

## Biometry Unit

### -Executive Summary-

November 3, 1995

#### Role. Functions

The Biometry Unit is a research-support Unit of advisory, training and methodological nature, dealing with Applied Statistics and Mathematics in support to CIAT's agriculture and environmental research. Functions include:

- \* Statistical/mathematical advice to CIAT researchers.
- \* Collaborative methodological studies with CIAT scientists.
- \* Training in biometrical methods/research data analysis to CIAT and selected groups of NARS researchers.
- \* Assistance to CIAT in defining center-wide standards for statistical software.
- \* Identification of areas of CIAT's research where external Biometrician Consultants could add useful contributions.

#### Highlights 1995

##### Activities planned and executed by the Unit, independently or in partnership with CIAT's Programs

- \* International Symposium in "Statistics in Agriculture and Environmental Research", and training courses previous to the Symposium. CIAT, June 5-9, 1995
- \* CIAT-PROCITROPICOS-NARS Methodological Workshop on agropastoral research. Santacruz, Bolivia, September 25-29, 1995
- \* Publication of RABAOC 5 years experimental results (1990-1994). Working Document No. 145, April 1995
- <sup>1</sup> RABAOC = Réseau de Recherche en Alimentation du Bétail en Afrique Occidentale et Centrale
- \* Training activities

##### Collaborative studies with CIAT's Programs and Units

###### Collaboration with Cassava

Study 1: **Optimizing genetic progress with the use of selection indexes in a cassava breeding program.**

*C. Iglesias and E. Mesa* (Methodology presented at 10th ISTRC meeting Brazil October 1994.)

Study 2: **Phenotypic plasticity and ontogenetic variation: A quantitative genetic study of *Manihot esculenta***

*Crantz, M. Bonierbale, P. Orson y E. Mesa* (in progress)

###### Collaboration with Rice

Study 3: **Analysis of blast resistance in rice comparing biotechnology methods with traditional breeding.** *M.C. Amézquita, C.P. Martínez, F. Correa-Victoria and G. Lema* (Proceedings, International Symposium on Statistics in Agriculture and Environmental Research. CIAT, June 5-9, 1995).

Study 4: **A mathematical model to describe Diffusion Patterns of Rice Commercial varieties in Colombia and Brazil.** *F. Cuevas, M.C. Amézquita, G. Lema* (Published in *Plant Varieties and Seeds*, 1995).

Study 5: **A methodology to determine the minimum evaluation period for disease-resistance characterization in rice.** *M.C. Amézquita, E. Guimaraes, G. Lema and F. Correa* (submitted for publication).

Study 6: **A logit model to evaluate genetic progress in disease resistance.** *M.C. Amézquita, E. Guimaraes, F. Correa, G. Lema* (Presented at the IX Int. Rice Conference for Latinamerica and the Caribbean. Goiás, Brazil, 21-25 March, 1994). Similar methodology has been applied for other studies in 1995

Study 7: **Predicción de pérdidas por competencia con malezas en el cultivo de arroz bajo el sistema de riego intermitente.** *A. Fisher, J. Flórez, E. Mesa* (en progreso)

#### Collaboration with Tropical Forages

Study 8: **Morpho-agronomic characterization of the *Brachiaria* collection.** *G. Keller-Grein, G. Lema, M.C. Amézquita* (in progress)

#### Collaboration with Beans

Study 9: **Análisis de genotipos de frijol de origen mejicano con datos provenientes de RFLP.** *S. Beebe, E. González, M.C. Duque*, (en progreso)

Study 10: **Diversidad de la virulencia de poblaciones de *Phaeoisaiopsis friseola* en América Latina y África.** *C. Jara, M. Pastor-Corrales, M.C. Duque* (en progreso)

Study 11: **Evaluación con cepas Andinas y Mesoamericana de *Phaeoisariopsis griseola* del vivero internacional de frijol 1994-1995.** *M. Pastor-Corrales, C. Jara, M.C. Duque*

Study 12: **Fuentes de resistencia a *P. griseola* en invernadero.** *M. Pastor-Corrales, C. Jara, M.C. Duque*

Study 13: **Importancia económica del daño causado por el minador *Liriomiza sativae* Blanhard (Dip: *Agromyzidae*) en frijol.** *C. Cardona, M. Cruz y M. C. Duque*

#### Collaboration with Tropical Lowlands

Study 14: **Phases of agropastoral research: Planning and Design considerations**  
*M.C. Amézquita* (presented at the Methodological Workshop on agropastoral research, Santacruz, Bolivia, Sept. 25-29, 1995)

Study 15: **Statistical analysis of an exploratory agropastoral experiment, for methodological decisions** *M.C. Amézquita, M. Chatel, E. Guimaraes, J. Silva, Y. Ospina* (Presented at the Methodological Workshop on agropastoral research. Santacruz, Bolivia, Sept. 25-29, 1995)

Study 16: **Weed population ecology with prototype sustainable cropping systems for the Colombian Llanos.**  
*E. Mesa, A. Fischer, J.I. Sanz* (in progress)

Study 17: **Caracterización de la sabana nativa en Carimagua (Llanos Orientales de Colombia).** *E. Mesa, G. Rippstein* (en progreso)

#### Collaboration with Hillsides

Study 18: **Cuantificación de la microfauna de suelos de laderas en la subcuenca del Río Cabuyal, en el Departamento del Cauca.** *R. Knapp, A. Feijoo, G. Lema* (en progreso)

#### Collaboration with Biotechnology

Study 19: **Análisis con AFLP de la Estructura Genética de la Colección Core de Frijol.** *M.C. Duque, D.O. González, S. Beebe y J. Thome* (Proceedings, International Symposium on Statistics and Environmental Research. CIAT, June 5-9, 1995)

Study 20: **Estudio de 80 Genotipos de diferentes especies del género *Brachiaria* mediante técnicas de AFLP.** *J. Thome, N. Palacio, M.C. Duque.* (Metodología similar al estudio anterior)

#### Collaboration with Virology

Study 21: **Estudio del comportamiento de Mosca Blanca en relación con variables de clima.** *F. Morales, C. Cardona, E. Mesa, L. Trujillo* (en progreso)

# CONTENT

## **1. The Biometry Unit: Role and Functions.**

## **2. Activities planned and executed by the Unit in 1995, independently or in partnership with CIAT's Programs.**

2.1 International Symposium on "Statistics in Agriculture and Environmental Research", held at CIAT, June 5-9, 1995.

2.2 CIAT-PROCITROPICOS-NARS Methodological Workshop on agro-pastoral research, held at Santacruz, Bolivia, September 25-29, 1995.

2.3 Publication of RABAOC<sup>1</sup> 5-years experimental results (1990-1994). Working Document No. 145, April 1995.

<sup>1</sup> RABAOC = Réseau de Recherche en Alimentation du Bétail en Afrique Occidentale et Centrale.

2.4 Training Activities.

## **3. Collaborative studies with CIAT's Programs and Units.**

Summary Table

3.1 Collaboration with Beans

3.2 Collaboration with Cassava

3.3 Collaboration with Rice

3.4 Collaboration with Tropical Forages

3.5 Collaboration with Tropical Lowlands

3.6 Collaboration with Hillsides

3.7 Collaboration with Biotechnology

3.8 Collaboration with Virology

## **4. Future Plans.**

# Annual Report 1995

## Biometry Unit

### 1. The Biometry Unit: Role and Functions

As a science-based institution, CIAT relies heavily on statistical and mathematical sciences and tools for research design and analysis of research results. The Biometry Unit is a research-support Unit of advisory, training and methodological nature dealing with Applied Statistics and Mathematics in the area of agriculture and environmental research.

Functions include:

- 1) Statistical/mathematical advice in experimental design, data analysis methodology, interpretation of results, their forecasting ability, and final presentation.
- 2) Collaborative methodological studies and data analysis projects with CIAT scientists, aimed at responding relevant questions of CIAT research.  
These studies utilize data generated by a given research project through the years, combine experimental results of a given research discipline, or combine data generated by various disciplines within a Program: a) to evaluate a research strategy and provide guidelines on future planning; b) to evaluate and recommend appropriate experimental designs/evaluation criteria/performance indicators/statistical analysis methodology for a given research; c) adopt or adapt statistical methods used in other areas of science to particular agricultural research problems of CIAT in the tropical developing world. Brief summaries of collaborative studies -which continued or started in 1995- in support to research projects, in the areas of Germplasm Development, Genetic Diversity, IPM and agroecosystems research, are presented in this report.
- 3) Development of software programs for end-users to implement specific statistical analysis methodologies. These are called 'MACROS'.
- 4) Training of personnel from CIAT's research programs and selected groups from NARD's, in biometrical methods and statistical data analysis techniques applied to their particular research needs.
- 5) Assistance to CIAT in defining center wide standards for statistical/mathematical software. Present standards include SAS/BASICS, SAS/STATS, SAS/ETS, SAS/IML, SAS/GRAPH, SAS/OR, GENSTAT, MSTAT, GLMM, and AGROBASE/4.
- 6) Identification of new areas of CIAT's research where external Biometrician Consultants could add useful contributions.

## 2. Activities planned and executed by the Unit in 1995, independently or in partnership with other CIAT's Programs.

### 2.1 International Symposium on "Statistics in Agriculture and Environmental Research", held at CIAT in June 5-9, 1995.

I am pleased to inform that Colombia accepted to be the host country for this International event. It was a Joint Meeting of the "Biometry Network for Central America, the Caribbean, Colombia and Venezuela" (4th Annual Meeting), the "Interamerican Statistical Institute" (IASI, 6th Annual Meeting) and the "National Symposium of Statistics". It was held in two phases:

- a) A Satellite Meeting at CIAT, June 5-9/95 with more than 180 participants, where three specific topics of high relevance to CIAT's and NARD's research were discussed through invited conferences and discussions sessions:
  - Statistical Methods in Environmental Research ("Environmetrics").
  - Statistical Methods in Biotechnology and Molecular Biology
  - Statistical Methods in Agricultural Epidemiology.
- b) The full Joint Meeting at Santa Marta, at "Pozos Colorados" Convention Center, June 11-15/95, with about 250 participants, where a wider variety of statistical topics were discussed.

The CIAT Biometry Unit was responsible for the organization and financial support for the Satellite Meeting. The Department of Statistics, Universidad Nacional de Colombia, was responsible for organizing the Plenary Meeting at Santa Marta. Biometricians and researchers from NARD's and commercial enterprises from Colombia and other Latinamerican and Caribbean countries were invited to attend. CIAT Principal Staff, associates and assistants interested in these scientific topics, also attended. There was simultaneous translation. An inscription fee of US \$ 70/person was established to partially cover operational costs. Institutions in Colombia and outside Colombia contributed as sources for financial support.

Given the present emphasis on conservation and enhancement of biodiversity, on understanding, monitoring and controlling epidemiological problems in agriculture, and natural resources conservation and monitoring, the role and application of modern developments in quantitative sciences, such as statistics and biometry, needs to be discussed. The "International Symposium on Statistics in Agriculture and Environmental Research", offered to participants the opportunity to do so.

22 Invited speakers and more than 180 participants (biometricians, researchers, university professors and students) from England, USA, Mexico, Central America and The Caribbean, Colombia, Venezuela, Brazil and Argentina, attended. This number included 76 CIAT's research personnel.

Scientific activities covered during the Symposium included a) two intense 3-day training courses--Spatial Variability Techniques and Statistics in Epidemiology--b) 22 invited conferences and discussion sessions and c) specialized consultancy sessions with some of the invited speakers.

This international event was organized by the CIAT Biometry Unit and co-sponsored by CIAT, COLCIENCIAS, ODA, ICETEX, FES, CENICANA and the Environment Division of the Mayor's office for Cali.

We trust that it helped the participants in their understanding and application of recent statistical methodological developments in the three selected research areas, in their continuous search for practical solutions to research problems.

## **2.2 CIAT-PROCITROPICOS-NARS Methodological Workshop on agro-pastoral research, held at Santacruz, Bolivia, September 25-29, 1995.**

**Background:** The Agro-pastoral Network was created 4 years ago as a response to the increasing importance and relevance of agro-pastoral research in the Savanna Ecosystem of Tropical America. Agro-pastoral research is conceived as a way to provide the farmer with economic alternatives as well as to maintain and better manage the natural resource base. The Agro-Pastoral Research Network now involves approximately 35 researchers from 4 Latinamerican countries (Bolivia, Brazil, Colombia and Venezuela) who meet once a year.

The Network members have expressed their need to standardize methodological aspects of agro-pastoral research, to allow the sharing and extrapolation of research results.

As a response to NARS needs, CIAT prepared in May 94 the proposal, "Methodological Standardization within the Agro-Pastoral Network", by M.C. Amézquita, J.I. Sanz, R.Thomas and M.A. Franco, whose objective was to hold a methodological workshop in late 95, to clearly define within the Agro-Pastoral research Network methodological aspects of:

- \* Experimental design
- \* Response variables to be measured



- \* Indicators of performance
- \* Statistical Methodology for data analysis
- \* Conceptualization of an Information System for the Agro-pastoral Network

to assure the sharing and extrapolation of research results.

The above proposal was presented, discussed and fully supported by PROCITROPICOS and NARS in two forums: (1) Meeting of PROCITROPICOS Directors, held in Caracas on Sept. 16/94 and (2) III Annual Meeting of the Agro-Pastoral Network, held in Barinas (Sep. 19-23/94).

The Methodological Workshop was held in September 25-29, 1995 in Santacruz, Bolivia, simultaneously with the 4th Annual Meeting of the Agropastoral Network. An Organizing Committee was nominated with members from NARS, PROCITROPICOS and CIAT.

The output of this Methodological Workshop was: a) A more focussed view of important concepts and methodologies to be implemented within the Agro-pastoral Network; and b) A series of methodological papers leading to concrete decisions to be implemented within the different types of agro-pastoral experiments. A CIAT-published book containing these contributions will be prepared in 1996 together with a Manual on Methodologies. These two publications are expected to be ready for the V International Meeting of the Agro-pastoral Research Network, to be held in Colombia in late 96.

### **2.3 Publication of RABAOC' 5-years experimental results 1990-1994 (Working Document No. 145, April 1995).**

RABAOC acronym in french stands for Réseau de Recherche en Alimentation du Bétail en Afrique Occidentale et Centrale. It is referred in English as the African Network for the evaluation of Tropical Forages (AFRNET).

This English and French 258-pages publication, was planned and executed as a joint responsibility between the CIRAD representant (B. Peyre de Fabrègues), the Tropical Forages Program Leader (P. Kerridge) and the Biometry Unit Head (M.C. Amézquita). African National Institutions researchers, main collaborators of the RABAOC Project, were co-authors of the publication.

It describes the history of the RABAOC Project, followed by a presentation of the experimental methodology for RABAOC trials, and a detailed explanation of the statistical analysis methodology adopted to analyze the 5-

years experimental results of RABAOC trials and its interpretation, to end-up with practical conclusions and research recommendations.

The complete set of results of the statistical analysis per site and across-site analysis conforms the body of the publication.

### **Statistical Methodology**

The RABAOC trials are multilocal agronomic evaluation experiments for forage ecotypes with potential for the African subhumid and humid shrubsavanna environment. 35 ecotypes were evaluated: 8 grasses, 21 herbaceous legumes and 6 woody legumes. In each experimental site, three independent experiments were conducted, one for grasses, one for herbaceous legumes and one for woody legumes. Each experiment was a split-plot design with 3 replications, where 'ecotypes' were assigned to main plots and 'age at cutting' (4, 8 and 12 week during the establishment phase and 3, 8, 9 and 12 week during the production phase) as sub-plots. The experimental period covers an establishment phase of 12 weeks after planting followed by 1, 2 or 3 years of observation, with two production periods per year. The production periods were defined as 12 weeks of growth following an uniformity cut, one during the maximum rainfall period, and one during the minimum rainfall period.

Data has been provided to CIAT from 10 of the 18 trials established. This information varying in degree of completeness, was incorporated into the RABAOC database and is sufficient to allow a comprehensive multilocal statistical analysis. In this publication, the methodology for the analysis of a single location and the multilocal statistical analyses is presented.

Independent analysis for grasses, herbaceous legumes and tree legumes were performed per location and across-locations.

The statistical methodology included: a) definition of establishment and production indicators; b) Statistical analysis and presentation of results per location; and c) multilocal statistical analysis.

This publication was presented and made available to participants at the 5th Annual Meeting of RABAOC, held in Lome, Togo, April 3-9, 1995.

## **2.4 Training activities**

Two 3-day training courses were offered to CIAT's research personnel, previous to the International Symposium on "Statistics in Agriculture and

Environmental Research" held at CIAT in June 5-9, 1995.

1. "Geostatistics and spatial variability techniques"
2. "Epidemiología Agrícola: Mediciones y sus análisis estadístico".

The course instructors were Dr. David Marx, Statistician from University of Nebraska, Lincoln, USA and Dr. Aurelio Pedroza, Epidemiologist from Chapingo University, Mexico. Both of them participated as Invited Speakers at the Statistics Symposium.

Course content was as follows:

### **Geostatistics and Spatial Variability Techniques**

- \* Descriptive statistics, random functions, stationarity
- \* Variography, variogram models, anisotropy
- \* GEOEAS, data screening, (SCATTER and POSTPLOT)
- \* Variogram preparation (PREVAR and VARIO)
- \* Interpolation methods, inverse distance, kriging
- \* Cross validation, plots and statistics
- \* Advanced geostatistics, nested structures, indicators of kriging, cokriging (CONREC)

### **Epidemiología Agrícola: Mediciones y sus análisis estadístico**

#### **Introducción**

- \* Función de enfoque de la Epidemiología Agrícola
- \* Importancia de la Epidemiología Agrícola
- \* Componentes Epidemiológicos: Patógeno-Hospedante-Clima

#### **Evaluación de la Enfermedad**

- \* Toma de datos: escala de calendario, escala fisiológica, escala fenológica
- \* Intensidad de la Enfermedad
- \* Parámetros de Confiabilidad

#### **Diseño de Experimentos y Técnicas de Muestreo en la Epidemiología**

- \* Diseño Experimental
- \* Interferencia entre parcelas
- \* Muestreo: técnicas de muestreo, toma de muestra

#### **Dinámica Temporal de Epidemias**

- \* Modelación: modelo Exponencial, modelo Monomolecular, modelo Logístico, modelo Gompertz, Area bajo la curva del progreso de la enfermedad

#### **Dinámica Espacial de Epidemias**

- \* Gradientes de dispersión: fuentes de inóculo, principios de Gregory, modelos, (ley de la potencia, exponencial), patrones espaciales
- \* Técnicas de evaluación espacial, trampeo, distribución de frecuencias,

índices de agregamiento, relación varianza/media, ley ponderada de Taylor, índice de Morisita, índice de Lloyd

#### **Evaluación de Pérdidas**

- \* Tipos de pérdidas
- \* Tipos de rendimiento
- \* Modelos, punto crítico, punto múltiple

Additionally, the Biometry Unit collaborated with the Biotechnology Unit in two training courses for latinamerican researchers: 1. "Curso de Biodiversidad" held at CIAT in September 1995, and 2. "A periodic course on "Statistical Analysis of Biotechnology data", which was offered in 3 occasions during 1995. Our participation involved conferences on categorical methods used in the analysis of molecular biology electrophoretic patterns.

As part of the courses , the user manual and software to perform specific statistical analysis for biotechnology research were presented in the document "Un programa SAS para análisis de Clasificación", by J. García, M. C. Duque, J. Thome, S. Xu and M. Levy.

### **3. Collaborative studies with CIAT's Programs and Units.**

The attached table summarizes the Biometry Unit collaboration with CIAT's research projects, organized by Program. The type of collaboration is indicated as C=statistical consultancy and methodological advise; A=data analysis implementation and interpretation; P=co-authorship in papers, reports, publications, etc.

Collaborative studies, of methodological nature, are described in more detail in this report.

### 3.1 Collaboration with Beans

Study 1: **Análisis de genotipos de frijol de origen mejicano con datos provenientes de RFLP.**

*S. Beebe, E. González, M.C. Duque, (en progreso)*

Con datos de 260 bandas obtenidas por RFLP sobre 181 genotipos de frijol elegidos aleatoriamente de la colección CORE y otros 90 del Banco de Germoplasma, se inició un estudio descriptivo que pretende descubrir e interpretar estructuras sugeridas por los datos. Técnicas de Análisis de Correspondencia Múltiple y de Análisis de Clasificación sobre una matriz de distancias genéticas, permitieron detectar una clara separación entre genotipos de origen Andino y de origen Mesoamericano, además, en un último grupo, la subdivisión en lo que podría llamarse Tropicales y Templados.

Además, se detectaron los "primers" de las bandas que permitieron realizar ésta clasificación en cada caso.

Adicionalmente, se realizaron los siguientes análisis:

- Estudio de los grupos en términos de variables morfológicas y bioquímicas con propósitos de verificación.
- Matrices de similitud y clasificación de los materiales con índices de Jaccard. Identificación de las bandas que por su ausencia o presencia definen los grupos.
- Estudio de la variabilidad genética mediante técnicas de remuestreo.

Como complemento al estudio anterior se realizó el proceso de selección de materiales de frijol para tratar de evaluar el efecto del tipo y cantidad de faseolina y lectina en la digestibilidad del frijol. Para ello se tomó de la base de datos de frijol el conjunto de variedades que tenían esta información disponible, se estudiaron estratos y se seleccionaron los genotipos que entrarán en el proceso de evaluación.

Study 2: **Diversidad de la virulencia de poblaciones de *Phaeoisariopsis friseola* en América Latina y Africa.**

*C. Jara, M. Pastor-Corrales, M.C. Duque (en progreso)*

Se utilizaron 12 cultivares diferenciales de frijol para evaluar la virulencia de 77 aislamientos provenientes de América Latina y Africa. Con evaluaciones entre los 10 y los 16 días después de siembra se obtuvo un perfil de la curva de progreso de infección, a partir de la cual se estimó un área, que conjuntamente con el nivel de daño final constituyeron las variables para la clasificación del aislamiento. La categorización de la virulencia se hizo con una función discriminante calibrada sobre el espacio muestral de la patogenicidad. La diversidad de las calificaciones obtenidas por los cultivares permitió la detección y cuantificación de las cepas, su unicidad, su distribución geográfica y su virulencia.

Study 3: **Evaluación con cepas Andinas y Mesoamericana de *Phaeoisariopsis griseola* del vivero internacional de frijol 1994-1995.**

*M. Pastor-Corrales, C. Jara, M.C. Duque*

Las 647 líneas de frijol correspondientes al vivero internacional de frijol de 1994 y 1995 fueron evaluadas por su comportamiento en términos de resistencia a mancha angular. Para ello se definieron 5 tratamientos: 1) mezcla de aislamientos 94b:PG3 y PG61; 2) aislamiento andino: PG3; 3) aislamiento mesoamericano: PG61; 4) mezcla de aislamientos de Darién: PG66, PG67, PG81, PG85 y PG24; 5) mezcla de aislamientos de Quilichao: PG1, PG3, PG15, PG32 y PG65, bajo un diseño en BCA con 4 evaluaciones de daño en el tiempo. Dada la naturaleza del ensayo no hay testigos únicos, por lo tanto, para cada uno de los tratamientos se definieron los propios.

Como metodología de análisis se siguió la siguiente:

a) **Estudio de los testigos - Criterios de evaluación de daño:**

- 1) Para cada día de evaluación se estudió la distribución de frecuencia de la variable daño, eligiendo el valor modal. Con todos los valores así seleccionados se determinó el comportamiento modal de los testigos y se calculó para ellos el **área bajo la curva modal de daño**. 2) Para cada repetición de los testigos se calcula el **área bajo la curva de daño**, y se hacen promedios. Se califica como **estable**, una variedad testigo donde coincidan los criterios 1 y 2. Con base en este conjunto se toma como punto de referencia para testigos susceptibles, a aquel que presente menos área bajo la curva y para los testigos resistentes el que presente mayor área entre los testigos resistentes del tratamiento.

b) **Estudio de las líneas.**

La definición del Índice de Susceptibilidad en el tratamiento  $i$  permite la clasificación relativa de las líneas de acuerdo con su comportamiento.

$$IS_i = \frac{\text{Área bajo la curva}_i}{\text{Área bajo la curva testigo susceptible}_i}, \quad i = \text{Tratamiento: } 1, 2, \dots, 5$$

La correlación entre los índices obtenidos para cada tratamiento permite ver el comportamiento de las mezclas frente a los tratamientos puros.

Se utilizó una definición similar para Índice de Resistencia. Se definieron como resistentes las variedades con  $IR_1 \leq 1$  y como susceptibles si  $IS_i > 1$ . Un Cluster Análisis sobre las áreas bajo la curva de cada variedad en los 5 tratamientos permitió estudiar la estabilidad en las respuestas.

Study 4: **Fuentes de resistencia a *P. griseola* en invernadero**  
*M. Pastor-Corrales, C. Jara, M.C. Duque*

Con 76 líneas provenientes del Vivero Internacional de resistencia a mancha angular (BALSIT) y otras del banco de germoplasma, se formó un conjunto de 212 líneas a ser probadas frente a 9 aislamientos que cubren todo el espectro de patogenicidad. Estos 9 aislamientos son: 2 andinos, 4 mesoamericanos y 3 africanos.

El objetivo es identificar líneas resistentes o intermedias al mayor número de aislamientos, con el propósito de identificar fuentes de resistencia. De cada línea se sembraron 2 potes



con cuatro plantas cada uno, en las cuales se hicieron 4 evaluaciones en el tiempo. Como variables de respuesta se tomaron el área bajo la curva de infección, la evaluación 3, la 4 y el promedio de las evaluaciones 3 y 4. Además de la clasificación del material se pretendió determinar la mejor época de evaluación al correlacionar las distintas evaluaciones con el valor del área. Se definió para cada línea su estado así: R si la evaluación  $\leq 3$ , IS<sub>i</sub>  $3 <$  evaluación  $\leq 6$  y S si evaluación  $> 6$  serán.

### **Estudio de Diversidad de *P. griseola* - Santander de Quilichao.**

Con metodología similar al ensayo de fuentes de resistencia se condujo este con 8 evaluaciones en el tiempo. Buscando no solo la respuesta en términos de la clasificación de material vegetal, sino la orientación sobre la o las mejores fechas de evaluación.

#### **Study 5: Importancia económica del daño causado por el minador *Liriomiza sativae* Blanhard (Dip: *Agromyzydae*) en frijol.**

*C. Cardona, M. Cruz y M. C. Duque*

Asesoría en el diseño y análisis de los ensayos: 1) de campo con tratamientos definidos por diferentes medios de control. 2) de invernadero con tratamientos conformados por niveles de infestación. 3) en campo para el estudio fenológico del insecto (Parcelas sin tratamiento donde se evalúan huevos, larvas, pupas, parasitismo y área minada por el insecto).

Los ensayos permitieron evaluar la magnitud de las pérdidas causadas por el ataque del insecto en parcelas sin control, y la eficacia de las alternativas de control evaluadas.

## **3.2 Collaboration with Cassava**

#### **Study 6: Optimizing genetic progress with the use of selection indexes in a cassava breeding program.**

*C. Iglesias and E. Mesa* (Presented at 10th ISTRC meeting Brazil October 1994.)

Information generated during 10 years in cassava breeding programs for different ecosystems in Colombia was used to define selection indexes that maximize genetic progress in productivity of dry matter. A four-step procedure was employed: 1) The variables to be included in the index were determined using stepwise procedure and factor analysis. Variables found as highly determinant were: harvest index, number of commercial roots, branching index, plant height and leaf retention. 2) Heritability was estimated from a weighted regression analysis of traits evaluated on the same genotype in consecutive years. With the exception of number of commercial roots and leaf retention, other component traits presented heritability higher than 0.50. 3) Three methodologies were employed to derive a selection index maximizing the expected genetic gain: Free Weights (Elston), Base Index (Williams) and Modified Base Index (Smith). All indexes assigned higher weights to branching index and plant height. Greater emphasis should be given to the enhancement of biomass, maintaining an adequate plant architecture. 4) Actual genetic progress has been

based on a more increased root production and harvest index. Selection indexes provided a more balanced criteria for improving the potential of cassava dry matter production.

Study 7: **Phenotypic plasticity and ontogenetic variation: A quantitative genetic study of *Manihot esculenta* Crantz**

*M. Bonierbale, P. Orson y E. Mesa (en progreso)*

Objetivo: Determinar diferencias de heredabilidad, variación fenotípica y genética para Palmira (suelo rico) y Quilichao (suelo pobre) en cuanto al desarrollo, crecimiento, rendimiento y características de fotosíntesis de 357 genotipos incluyendo 24 padres y 29 cruces.

Metodología de Análisis Estadístico:

Cálculo de heredabilidad usando regresión de padres e hijos

Cálculo de heredabilidad usando matriz de covarianza

Cálculo de varianzas fenotípicas y genéticas

Comparación de las dos formas de estimar heredabilidad.

(Los resultados forman parte de una tesis de doctorado).

### 3.3 Collaboration with Rice

Study 8: **Analysis of blast resistance in rice comparing biotechnology methods with traditional breeding.**

*M.C. Amézquita, C.P. Martínez, F. Correa-Victoria and G. Lema (Proceedings, International Symposium on Statistics in Agriculture and Environmental Research. CIAT, June 5-9, 1995).*

The relatively recent developments on statistical methods for the analysis of categorical variables allows parameter estimation and hypothesis testing of linear models on functions of response frequencies. A particular case is the Logit Model, which uses as dependent variable the logit function, expressed as  $\ln(\pi/1-\pi)$ , where  $\pi$  is the proportion of success on a binary variable, and external factors as independent variables. The purpose of this paper is to illustrate an application of the logit model to compare biotechnology methods (Anther Culture) with the traditional breeding method (the Pedigree Method) in their efficiency to generate rice lines with stable resistance to blast, the most important disease of rice worldwide. An initial number of 17917 F<sub>2</sub> plants submitted to selection for blast resistance through the Pedigree Method (PM), together with 441 and 740 lines obtained by anther culture methods (AC-F<sub>2</sub> and AC-R<sub>2</sub>) respectively, were evaluated for blast resistance and resistance stability. The analysis confirms that AC was more efficient than PM across cross-types in generating blast resistant lines; in terms of resistant stability, AC was superior to PM only on a given cross-type. Model assumptions are discussed in the light of this particular study. General recommendations of methodological nature are made tending to guarantee valid statistical inferences.



Study 9: **A mathematical model to describe Diffusion Patterns of Rice Commercial varieties in Colombia and Brazil.**

*F. Cuevas, M.C. Amézquita, G.Lema* (Published in Plant Varieties and Seeds, 1995).

A three-phased segment regression model was found appropriate to describe the observed patterns in share of area planted in a 20-year period (1971-1990) of 9 irrigated rice varieties commercially released in Brazil and Colombia. The model quantifies the initial growing phase (parabolic phase), the period of stability (plateau) and period of decrease (negative exponential phase).

Study 10: **A methodology to determine the minimum evaluation period for disease-resistance characterization in rice.**

*M.C.Amezquita, E. Guimaraes, G. Lema and F. Correa* (submitted for publication).

12-semester data on blast resistance evaluation of 70 varieties is used as data source for this study. Various simulated lengths for the evaluation period are considered. Corresponding characterization parameters--mean disease-severity (M) and response to increased levels of disease pressure (b)--are used to statistically select the set of 'best varieties' within each period length. Each set is compared to the 'ideal best set' produced by the 12-semester period. Based on the value of a Similarity Coefficient between period lengths, the minimum evaluation period is established.

Study 11: **A logit model to evaluate genetic progress in disease resistance.**

*M.C.Amezquita, E. Guimaraes, F. Correa, G. Lema* (Presented at the IX Int. Rice Conference for Latinamerica and the Caribbean. Goiás, Brazil, 21-25 March, 1994)

A logit Model to analyze the 3-level categorical response variable (R=resistant, I=intermediate, S=susceptible), is utilized to quantify progress in blast resistance between 2 cycles of recurrent selection. The powerful CATMOD procedure of SAS is used. With an appropriate re-parametrization of the model, parameter estimates provide desired comparisons.

A similar methodology has been utilized in 1995 for the analysis of other recurrent selection experiments with upland rice.

Study 12: **Predicción de pérdidas por competencia con malezas en el cultivo de arroz bajo el sistema de riego intermitente**

*A. Fisher, J. Flórez, E. Mesa* (en progreso)

**Objetivos:** Establecer una metodología para definir umbrales de daño económico por competencia de malezas: 1) Definir un modelo que permita predecir la pérdida de rendimiento para diversos niveles de enmalezamiento. 2) Cuantificar el efecto de la época de emergencia de malezas con respecto a la competencia que ejerce sobre el cultivo.

**Información considerada:** El área de experimentación se dividió en tres parte iguales cada una de las cuales representa un período diferente de enmalezamiento: 15 y 30 días

después de la emergencia y un lote testigo. Dentro de cada lote se establecieron cinco parcelas correspondientes a cinco densidades de siembra de arroz las cuales fueron asignadas al azar a cada parcela. Para dos de los lotes se permitió la libre emergencia de malezas para los cinco niveles de densidad de siembra; el tercer lote se mantuvo siempre limpio y se consideró como lote testigo. Para cada densidad de siembra y en los tres lotes se consideraron puntos con diferente nivel de infestación de maleza. Bajo un criterio visual para los lotes con emergencia de maleza a los 15 y 30 días se consideraron 10 puntos, mientras que para el lote testigo sólo fueron necesarios 4 puntos.

Se estimó el porcentaje de cobertura de maleza con respecto al área total cubierta por la maleza + el cultivo, el número de tallos el área foliar y el peso seco tanto para malezas como para el cultivo.

**Metodología Estadística:** Se ajustaron modelos que permiten explicar el rendimiento del cultivo en función de los niveles de infestación. Se consideraron diferentes formas de expresar el nivel de infestación de maleza, lo que hizo necesario ajustar un modelo para cada caso. Se consideró que el índice de área foliar, la materia seca ( $g/m^2$ ), el número de tallos/ $m^2$ , el área foliar relativa, la materia seca relativa, el número de tallos relativo y la cobertura visual son formas diferentes de expresar el nivel de infestación.

Se consideraron tres modelos en forma separada para cada una de las épocas en las cuales se realizó el ensayo (primero y segundo semestre de 1993) y para cada uno de los períodos de emergencia de malezas.

Los modelos considerados fueron:

Modelo 1. (R. Cousens 1985)

$$PR = \frac{i * D}{1 + i * [\frac{D}{a}]}$$

Modelo 2. (Kropff & Lotz 1992)

$$PR = \frac{i * D}{1 + [\frac{i}{a} - 1] * D}$$

Modelo 3. (R. Cousens 1987)

$$PR = \frac{i * D}{\exp [c * t] + i * \frac{D}{a}}$$

El Modelo 3 se consideró el más eficiente pues incluye en su fórmula el parámetro t, período de emergencia de las malezas, permitiendo ajustar un solo modelo para las dos épocas de emergencia.

### 3.4 Collaboration with Tropical Forages

Study 13: **Morpho-agronomic characterization of the *Brachiaria* collection**

*G. Keller-Grein, G. Lema, M.C. Amézquita* (in progress)

CIAT has the largest *Brachiaria* collection in the world comprising about 700 accessions from at least 23 known species. A morphologic and agronomic classifications of this collection are required for its effective utilization.

585 accessions of this collection have been evaluated in terms of 30 morphologic traits in the field of Quilichao experimental station. Parts of the collection have also been evaluated at other environments: Campo Grande, Brazil (163 accessions with 25 morphologic and 12 agronomic traits) and Carimagua, Colombia (186 accessions, 15 morphologic and 10 agronomic traits)

The purpose of this study to be initiated in November 95, is to perform a morphologic classification of the complete collection, using a set of traits which are stable across environments and non-correlated among themselves. Also, the study aims at detecting possible relations between the morphologic groups and environmental characteristics of the sites of origin of the accessions.

In addition, using those accessions that have been morpho-agronomically evaluated at Campo Grande and Carimagua, an agronomic classification will be performed to study possible relationships between both classification criteria.

### 3.5 Collaboration with Tropical Lowlands

Study 14: **Phases of agropastoral research: Planning and Design considerations**

*M.C. Amézquita* (presented at the Methodological Workshop on agropastoral research, Santacruz, Bolivia, Sept. 25-29, 1995)

When compared to short-cycle crop research in monoculture, to pastures research in monoculture or under grass-legume associations, or to soils research under one of the above production systems, agropastoral research presents additional complexities that justify special considerations in the planning and designing of experiments.

Agropastoral research is characterized by: a) dealing with multiple components (soil, crop, pasture, animal) which apart from demanding their own specific research in genetic material and management practices, they interact among themselves; b) Long-term nature, as it pursues the increase of the productivity of a system with a perennial component (the pasture) together with the improvement of soil quality in the long run; c) Is a research field of multidisciplinary nature.

The paper describes five phases of agropastoral research: 1. Exploratory research; 2. Pastures establishment with crops; 3. Pasture renovation with crops; 4. Pasture -crops rotations and 5. Demonstration trials under commercial systems. Also, as a result of

literature review, the most important research hypothesis are stated. In the light of this, the paper discusses important aspects to be considered in the planning and design stages:

- \* Problem definition
- \* Experimental factors and levels. Control treatments
- \* Response variables
- \* Variability inherent to each component
- \* Variability in measurement techniques
- \* Experimental period length, frequency of evaluations
- \* Implications on the experimental design

Study 15: **Statistical analysis of an exploratory agropastoral experiment, for methodological decisions**

*M.C. Amézquita, M. Chatel, E. Guimaraes, J. Silva, Y. Ospina* (Presented at the Methodological Workshop on agropastoral research. Santacruz, Bolivia, Sept. 25-29, 1995)

Data source for this study corresponds to a 7-months rice-pastures multifactorial experiment conducted by the Rice Program at Villavicencio, Colombia. The statistical analysis was performed with the following methodological objectives:

- a) to identify the most important response variables to be measured in more advanced research stages (crop response variables and pasture response variables). b) To identify optimum evaluation periods. c) To identify those experimental factors which can be tested under short-duration satellite experiments, vs. those factors that need to be studied in long-term agropastoral experiments.

The analysis proved useful in identifying key factors, response variables and measurement periods. But more importantly, it showed the importance of making use of the information generated by exploratory short-duration experiments as a tool to guide more advanced agropastoral research.

Study 16: **Weed population ecology with prototype sustainable cropping systems for the Colombian Llanos**

*E. Mesa, A. Fischer, J.I. Sanz* (in progress)

**Objetivos:**

- a) Estudiar dinámica de las poblaciones de malezas relacionadas con el sistema de cultivo arroz-pastura, su manejo y relacionarlo con parámetros de suelo. b) Determinar qué especies de malezas se presentan, cómo es su ciclo y cómo se ven afectadas por la degradación del suelo en los diferentes sistemas. c) Establecer su importancia económica de acuerdo a su grado de competitividad.

El estudio se inició en Matazul en 1994 y se consideraran datos experimentales de 3 experimentos: EXPTO 1.: Tres niveles de fertilización (P, K, Zn y Cal) combinados con dos sistemas de cultivo (arroz en monocultivo y arroz + *Stylosanthes capitata*); EXPTO 2.: Dos sistemas de cultivo: arroz solo y arroz en asocio con especies forrajeras; EXPTO 3.: Diferentes formas de incorporar residuales en sabana nativa.

Se tomaron 10 cuadrantes de 0.5 m<sup>2</sup> por parcela en cada experimento. Dentro de cada uno se definieron 3 subparcelas que corresponden a controles de malezas: tradicional, con maleza y limpio. En cada caso se registraron las siguientes variables: rendimiento de arroz, densidad de maleza (número/m<sup>2</sup>) y cobertura.

### **Metodología Estadística: (sobre expto. 1 por ahora)**

La Abundancia Relativa (que es un promedio de la densidad relativa y la frecuencia relativa para un especie dada), fué analizada mediante Análisis Discriminante Canónico, el cual permite establecer cómo afectan los factores bajo estudio la composición relativa de las de malezas. Dada una variable de clasificación, el ADC deriva combinaciones lineales, las cuales cuantifican la variabilidad entre los niveles de la variable de clasificación. Los coeficientes de la variable canónica indican la contribución relativa de cada especie en la conformación de la misma.

Se encontraron 12 especies de malezas; el arroz en monocultivo desarrolló poblaciones de malezas que redujeron severamente el rendimiento de arroz. Se encontró que *Axonopus purpurii* y *Digitaria sanguinalis* fueron especies fuertemente asociadas con baja fertilidad mientras que *Centrosema pubescens* y *Paspalum multicanley* se asociaron con alta fertilidad.

Study 17:           **Caracterización de la sabana nativa en Carimagua (Llanos Orientales de Colombia)**  
E. Mesa, G. Rippstein (en progreso)

**Objetivos y Descripción:** a) Describir la estructura y composición florística de comunidades vegetales en Carimagua; b) estimar biodiversidad de las comunidades vegetales consideradas; c) plantear alternativas para el manejo y aprovechamiento sostenible del suelo y la vegetación.

**Análisis y Resultados:** 1) Descripción de vegetación: se encontraron 43 familias, 100 géneros y 158 especies. 2) Se realizó un Análisis de Correspondencia con la presencia/ausencia de cada una de las especies en las diferentes comunidades, el cual permitió identificar especies características en cada una de las comunidades; se observó que las comunidades con las mismas especies características corresponden a una agrupación por características físicas del suelo. 3) Se consideraron tres índices de diversidad: Simpson, Shannon y Estadística Q; los índices mostraron un comportamiento similar para este estudio, sin embargo, la Estadística Q, permite discriminar fácilmente la diversidad entre comunidades, mientras que los otros dos no. 4) Se identificaron comunidades con alta y baja biodiversidad, lo cual permite plantear estrategias de manejo.

### **3.6 Collaboration with Hillsides**

Study 18:           **Cuantificación de la microfauna de suelos de laderas en la subcuenca del Río Cabuyal, en el Departamento del Cauca.**  
R. Knapp, A. Feijoo, G. Lema (en progreso)



Los microinvertebrados tales como lombrices, coleópteros, hormigas, termitas, etc., juegan un importante papel en la regulación de los procesos del suelo por el intercambio de partículas orgánicas y minerales, principalmente por la excreción, además de que han desarrollado una digestión mutualística que les permiten digerir sustancias complejas como taninos, proteína, lignina, compuestos lignínicos, etc., que producen diversas y abundantes estructuras en los suelos, incidiendo directamente en su composición química y física.

**Objetivo:** Agrupar sitios con similar abundancia y biomasa de Unidades Taxonómica y caracterizar los grupos de acuerdo con los parámetros de suelo.

El estudio se llevó a cabo en la época seca de 1994, entre Abril y Septiembre, en diez sitios seleccionados por el equipo de trabajo del Programa de Laderas del CIAT en el municipio de Caldoño, tomando en cada sitio 10 muestras en un volúmen de suelo de 25x25x30 cm. Se tomaron datos de 19 unidades taxonómicas (lombrices, hormigas, termitas, arácnidos, coleopteros, dípteros y otros) y los tipos de suelo (sitios) fueron: 1- Selva secundaria, 2- Sucesión de 40 años, 3-sucesión secundaria, 4-matorral con helecho, 5-cultivo estratificado, 6-cultivo de pino, 7-cultivo asociado, 8-pradera de Kikuyo, 9-pradera de Yaraguá, 10-pradera de *Brachiaria*.

Adicionalmente se obtuvieron datos de suelo de cada uno de estos 10 sitios con el fin de aportar en su caracterización.

**Análisis estadístico:** Se utilizó el Análisis de Componentes Principales para reducir la dimensionalidad del problema, resultando 2 factores que fueron usados como entrada al análisis de Conglomerados (Cluster Análisis), del cual se escogieron 3 grupos con un  $R^2 = 77\%$ .

El grupo 1 formado por el matorral de helecho y las praderas de Yaraguá y Kikuyo, presentan suelos franco-arenosos y con alta saturación de Aluminio en cuanto a características de suelo y gran presencia de hormigas y ausencia total de miriápodos y arácnidos, en lo que respecta a la fauna. El grupo 2 constituido únicamente por la Selva Secundaria se caracterizó por la presencia de abundantes comunidades de coleópteros y de termitas además de una alta presencia de carbono. El grupo 3 integrado por los Cultivos Estratificados, los de pino, los asociados, las sucesiones de más de 40 años, las secundarias y las praderas de *Brachiaria*, mostraron un dominio amplio de lombrices, con alto contenido de arena y bajo pH.

### 3.7 Collaboration with Biotechnology

Study 19: **Análisis con AFLP de la Estructura Genética de la Colección Core de Frijol**  
*M.C. Duque, D.O. González, S. Beebe y J. Thome* (Proceedings, International Symposium on Statistics and Environmental Research. CIAT, June 5-9, 1995)

La colección Core se propuso como un medio útil para el estudio y uso de la diversidad genética de grandes colecciones de germoplasma, ya que debe representar la mayor parte de la diversidad de la Colección de reserva. En consecuencia, la colección Core de frijol

silvestre se sometió a un análisis nuclear de DNA mediante técnicas de AFLP para determinar la estructura genética de las especies. Se logró alto grado de polimorfismo con esta técnica y avanzar un poco más que con el uso de isoenzimas. Se confirmó la existencia de los grandes grupos: Andino y Mesoamericano y surge el nuevo grupo del Norte de los Andes.

**Metodología Estadística:** La matriz de datos binarios obtenidos correspondientes a los 114 genotipos, evaluados en 203 bandas fue analizada bajo los lineamientos del Análisis de Correspondencia Múltiple, y como un complemento a la explicación de los grupos, se construyó la matriz de distancias genéticas que dice que permitieron la construcción de dendogramas donde se manifestó una alta concordancia con un patrón geográfico.

Study 20:           **Estudio de 80 Genotipos de diferentes especies del género *Brachiaria* mediante técnicas de AFLP.**  
*J. Thome, N. Palacio, M.C. Duque*  
(Metodología similar al estudio anterior)

### 3.8 Collaboration with Virology

Study 21:           **Estudio del comportamiento de Mosca Blanca en relación con variables de clima**  
*F. Morales, C. Cardona, E. Mesa, L. Trujillo* (en progreso)

**Objetivo:** Estudiar el comportamiento de la Mosca Blanca (MB), evaluando el número acumulado de adultos medidos cada 3 días, durante dos períodos: 1979-1984 y 1987-1994, en función del clima: precipitación, temperatura y humedad relativa, tomados en dos lotes: con frijol y sin cultivo.

Las hipótesis bajo estudio son: dos relacionadas con época de lluvia (H1= La lluvia fuerte hace que la MB disminuya; y H4= La lluvia moderada después de sequía prolongada, aumenta la población de MB) y dos relacionadas con época seca: (H3= La sequía prolongada, hace que la MB disminuya y H2= Si la lluvia disminuye, la MB aumenta)

**Análisis exploratorio inicial:** Se graficaron las series de tiempo para cada una de las variables consideradas, para cada uno de los ciclos y lotes en consideración. La precipitación y el número de MB presentan distribuciones asimétricas en todos los casos; el 90% de los conteos de adultos de MB presenta valores por debajo de 70 y 30 para los lotes con frijol y sin cultivo respectivamente. Con respecto a la precipitación, el 90% de los datos están por debajo de 10mm en los dos ciclos y para los dos lotes, indicando períodos de sequía.

Se definieron tres niveles de precipitación: sequía ( $\leq 2.5$ mm), lluvia moderada (2.5-10mm) y lluvia fuerte ( $> 10$ mm). Se consideró como 'período de sequía' aquel en el cual había como mínimo 10 días secos consecutivos.

Como resultado inicial del análisis exploratorio de las series de tiempo, se muestran en la tabla anexa, las probabilidades de ocurrencia (p) de cada una de las cuatro hipótesis.

CICLO	LOTE	H1		H2		H3		H4	
		N	P	N	P	N	P	N	P
1979-1984	<b>Con Frijol</b>								
	Exitos	14	74	21	48	14	33	14	61
	Total	19	100	43	100	43	100	23	100
1979-1984	<b>Sin cultivo</b>								
	Exitos	14	78	26	68	11	28	9	47.4
	Total	18	100	38	100	38	100	19	100
1987-1994	<b>Con Frijol</b>								
	Exitos	13	35	41	56	33	45	18	51
	Total	37	100	73	100	74	100	35	100

N= Número total de períodos considerados para verificar la hipótesis correspondiente.  
P= Probabilidad de ocurrencia de la hipótesis

Utilizando la información de los períodos de sequía únicamente, se planea ajustar modelos que describan el comportamiento de MB en función del número de días secos y de humedad relativa con el fin de determinar umbrales de daño y dar recomendaciones de control.

#### 4. Future Plans

In response to the needs of CIAT's research Programs and Units, the Biometry Unit efforts in 1996 will be focussed on the following aspects: a) Methodological aspects of agro-pastoral research; b) Environmetrics, that is the quantitative analysis of environmental impact, trends and monitoring of environmental intervention studies; c) Genetic Diversity studies, including field data and biotechnology/molecular biology analysis and d) Quantitative analysis of population dynamics