

TURRIALBA

REVISTA INTERAMERICANA DE CIENCIAS AGRICOLAS

VOLUMEN 29

TRIMESTRE JULIO-SEPTIEMBRE 1979

NUMERO 3

CODEN: TURRAB 29(3)157-233

<i>La sorción de carbaril en suelos determinada por técnicas espectrofotométricas y radiométricas (en inglés), Elizabeth Carazo, Kenneth A. Lord, Elza Flores Rüegg</i>	159
<i>Comparativo de herbicidas de pre y pos emergencia en el cultivo del tomate (en español), Luis Cerna Bazan, Arturo Rojas Vargas</i>	163
<i>Efectos de la lluvia sobre la dinámica del agua y del calor en el vellón de ovinos (en inglés), R.R. Vera, J.G. Morris</i>	169
<i>Características y composición química de las lluvias de los Andes occidentales de Venezuela (en español), U. Steinhardt, H.W. Fassbender</i>	175
<i>La materia orgánica del suelo en relación con la altitud en Colombia ecuatorial (en inglés), Earl B. Alexander, José Pichott</i>	183
<i>Digestibilidad de la materia seca de forrajes tropicales usando el método de solubilidad en pepsina-celulasa (en español), Martha Peña, Osvaldo Paladines</i>	189
<i>Composición química de los residuos de destilería del alcohol y su evaluación biológica en ratas y aves (en español), J. Ignacio Egaña, A.R. Ramírez Olga Klee, Luiz G. Elías, Roberto Gómez-Brenes, Ricardo Bressani</i>	195
<i>Valor de la yuca fermentada como reemplazo del maíz en raciones para ovinos (en inglés), S. A. Adeyanju</i>	203
<i>Funciones de producción en la actividad forestal y maderera en Costa Rica (en español), Juan Manuel Villasuso</i>	207
<i>Efectos de la humedad del suelo, del potasio y del nitrógeno sobre la absorción y el crecimiento de Coffea arabica L. (en inglés), A. J. Tesha, D. Kumar</i>	213
Comunicaciones:	
<i>Composición de la quinua cultivada en el Altiplano de Puno, Perú (en español), Mario Blasco Lamenca</i>	219
<i>Un estudio de la colección y mantenimiento del germoplasma de yucas silvestres, Manihot spp. (en inglés), Nagib M.A. Nassar</i>	221
<i>Potencial morfo genético de los entrenudos de Passiflora edulis var. flavicarpa y de P. mollissima en cultivo in vitro (en francés), Miguel J. Moran Robles</i>	224
Notas y comentarios	162, 168, 173, 174, 188, 194, 202, 206, 212
Reseña de libros	229



INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA

San José, Costa Rica

CR ISSN 0041 -- 4360

The sorption of carbaryl on soils determined by spectrophotometric and radiometric techniques*

ELIZABETH CARAZO**, KENNETH A. LORD***, ELZA FLORES RÜEGG****

RESUMO

Determinou-se o coeficiente de sorção do carbaril em dois tipos de solos, um rico e outro pobre em matéria orgânica, utilizando-se as técnicas de espectrofotometria e de cintilometria em líquido. Os resultados segundo os dois métodos analíticos foram concordantes, de modo geral. Os solos 1 e 1A, ricos em matéria orgânica, absorvem carbaril de maneira semelhante e com mais intensidade que os solos 2 e 2A, com conteúdo menor de matéria orgânica e maior de ferro e argila. Nos solos com alto teor de matéria orgânica, a sorção do 1-naftol é aproximadamente semelhante à do carbaril, porém é maior no mais ácido dos solos minerais.

Introduction

CARBARYL, the most widely used carbamate insecticide, is applied to important crops throughout the world. Government bans and restrictions on the uses of persistent pesticides have resulted in a greater reliance on less persistent compounds such as carbaryl, and this chemical also has the advantages of being effective against a wide range of insects and of having a low mammalian toxicity. In Brazil, many insect pests attacking fruit trees, grasses, vegetables and cereals are controlled with carbaryl (1).

Recently, carbaryl was included in systematic studies of the behaviour of pesticides on soils and the sorption coefficient of carbaryl in several soils reported (3). This paper extends this work on the sorption of carbaryl by soils, and compares two analytical methods, spectrophotometry and liquid scintillation counting, for the determination of carbaryl; assay by gas chromatography (2) could not be included for comparison because the materials were not available in this laboratory.

Materials

a) Insecticide

Carbaryl (1-naphthol N-methylcarbamate) was obtained from the Biological Institute, SP, and ran as a single spot by thin layer chromatography on silica gel using benzene: acetone (95:5) as eluent, being detected by spraying the plates with 1M NaOH in ethanol followed by exposure to Br vapours for a few seconds.

¹⁴C-carbaryl, labeled in the carbonyl position with a specific activity of 57 mCi/mmol, was supplied by the Radiochemical Centre, Amersham, United Kingdom, who quoted a radiochemical purity of 99 per cent as determined by reversed-phase thin-layer chromatography on silica gel coated with silicone oil (solvent system acetone: methanol: water 10: 20: 80) and by thin layer chromatography on silica gel using two solvent systems (hexane: acetone 4:1; chloroform: ethanol 1:1).

b) Soils

Samples of four soils (1, 1A, 2, 2A) were collected from experimental plots in the grounds of the Biological Institute, SP, Brazil. All soils were prepared by air drying and passing through a 2 mm sieve, and were kindly analysed by Dr. F. Grohmann from the Agronomic Institute, Campinas, SP, following the methods described by Moniz (4), Table 1. According to the Granulometric Classification of Campinas, soils 1 and 1A are classified as loam, and soils 2 and 2A

* Received for publication February 21st, 1979

** Agronomist, University of Costa Rica, San Jose, Costa Rica. Fellow of the International Atomic Energy Agency - IAEA. Present address - Agricultural Nuclear Energy Centre - CENA, P. O. BOX 96, Piracicaba, São Paulo, Brazil.

*** Seconded from Rothamsted Experimental Station, Harpenden, England. In Brazil, sponsored by the Government Bureau for International Economical and Technical Cooperation SUBIN of the Planning Secretary of the Republic Presidency of Brazil SEPLAN.

**** Scientific Research, Radioisotope Centre, Biological Institute, State Department of Agriculture, São Paulo, Brazil. Fellow of the Brazilian Council for Scientific and Technological Development - CNPq.

Table 1 —Soil characteristics (%).

Soil	1	1A	2	2A
%				
Total Fe ₂ O ₃	4.3	4.3	8.9	8.8
Free Fe ₂ O ₃	1.7	1.8	1.9	2.1
Carbon	7.5	7.5	0.5	0.5
Organic matter	13.1	13.1	0.9	0.9
Clay	36.0	35.0	64.0	62.0
Silt	15.0	16.0	12.00	12.0
Fine sand	27.0	34.0	21.0	23.0
Coarse sand	22.0	15.0	3.0	3.0
pH	4.85	5.07	4.90	5.20

as clay Free Fe₂O₃ was determined by dithionite extraction. The pH of the soils was measured in 1 M KCl using a glass electrode

c) Preparation of the solutions

1. Solutions of ¹⁴C-labelled carbaryl - Aliquots of benzene solutions containing labelled and unlabelled carbaryl were evaporated to dryness, and the compound redissolved in 200 ml water to yield solutions containing 1.25 and 20.0 μg/ml carbaryl with a specific activity of 590 dpm/ml.
2. Solutions of unlabelled carbaryl and 1-naphthol - The compounds were dissolved in water to give solutions containing 25 μg/ml.

Methods

a) Sorption of carbaryl

1. 10 ml of aqueous carbaryl solution were shaken for 24 hours with 1.0 g of soil and the mixture then left to equilibrate at room temperature for 24 hours. Each test contained four replicates, plus a control containing no carbaryl
2. The mixture was then centrifuged for 30 minutes at 3000 rpm and the amount of carbaryl in the supernatant assayed.

The distribution (K) of carbaryl between water and soils was calculated by

$$K = \frac{\text{conc in soil}}{\text{nc. in water}} = \frac{V(\alpha - c)}{w \cdot c} \text{ where:}$$

V = volume of aqueous solution (ml)

α = concentration before equilibrium (μg/ml)

c = concentration after equilibrium (μg/ml)

w = weight of soil (g)

b) Spectrophotometric assay of carbaryl

1. To a 5 ml aliquot of the aqueous supernatant was added 10 ml chloroform
2. The mixture was shaken for 2-3 minutes
3. After separation, 5 ml of the organic phase were evaporated to dryness using a gentle airstream. Extraction of carbaryl by this procedure from the aqueous supernatant was checked using the ¹⁴C-labelled compound and shown to be essentially quantitative.
4. The residue was dissolved in 5 ml water plus 0.5 ml 0.1 M Na OH solution.
5. The absorbance (of carbaryl hydrolysed to 1-naphthol) was determined at a wavelength of 330 nm, using a Perkin Elmer Coleman 46 UV-Visible Spectrophotometer, with the reference cell containing the solution obtained by the same procedure from the control in order to eliminate interference from other materials extracted from soil.

c) Radiometric assay of carbaryl

To 1.0 ml of the supernatant from soils containing ¹⁴C-labelled carbaryl were added 10 ml of scintillation cocktail (200 mg POPOP, 4 g PPO, 500 ml Triton-X and 500 ml toluence). Measurements of ¹⁴C-carbaryl were made in the Mark 1 model of a Nuclear Chicago Liquid Scintillation Spectrometer. Quench corrections were made by the channels ratio method, using an external standard. Each vial was counted for 40 min.

Results and discussion

The discovery of pesticides which could be synthesised in sufficient quantities for large scale agricultural use was soon followed by investigation aimed to make more and better use of these chemicals. It was recognised that even the most stable compounds only protected crops for limited periods of time and the use of highly toxic organophosphate insecticides immediately emphasised the risk of toxic residues on crops. These problems raised many questions which could only be answered by the development of methods of detecting and measuring small amounts of pesticides in crops and soils. Biological (toxicological) methods were first used because chemical methods either were not available or were not sufficiently sensitive to detect pesticides after field applications. However, more sensitive chemical methods were developed, at first using colour reactions alone and subsequently in conjunction with paper and thin layer chromatography. More recently,

Table 2.—Distribution coefficients (K) of carbaryl and 1-naphthol between water and soils, obtained by spectrophotometric and radio-metric techniques.

Soil	Absorbance (330 nm)		Liquid scintillation counting	
	Concentration 25 $\mu\text{g}/\text{ml}$		Concentration 1.25 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 20 $\mu\text{g}/\text{ml}$	
	1-naphthol	Carbaryl	Carbaryl	Carbaryl
1	11.5	12.4	16.9	13.0
1A	25.8	13.0	14.1	21.0
2	4.8	0.7	0.9	0.6
2A	1.2	2.8	2.0	1.9

Each value is the mean of 4 replicates

with the development of very sensitive and specific detectors, gas chromatography has been widely applied to the detection and measurement of traces (1 $\mu\text{g}/\text{g}$ and less) of pesticides in the environment.

However, pesticides must be extracted from soils, crops and foodstuffs before they can be analysed by these methods and frequently extracts contain substances which interfere with the identification and measurement of the small amounts (from 1 μg to 1 mg per kg) of pesticide present. Such interfering co-extractives must be separated from the pesticide before the analysis can be completed or an alternative assay procedure found which is not affected by the co-extractives. In view of these difficulties in measuring pesticide residues and because each chemical has a unique combination of physical and chemical properties, it is hardly surprising that many techniques including visible, ultraviolet, infrared and mass spectrometry, spectrofluorimetry, nuclear magnetic resonance, high-performance liquid chromatography and polarography have been used when and where they are available (6).

The carbamates present special analytical problems since usually they have neither intense characteristic absorption spectra nor specific and sensitive colour reactions, and they do not gas chromatograph readily without chemical modification. Carbaryl is a typical carbamate in these respects. It is readily degraded to give naphthol and methylamine, and assays of carbaryl utilising these hydrolysis products or their derivatives in colorimetric or gas chromatography procedures, together with methods employing gas chromatography of the parent compound or derivatives thereof retaining the carbamate group, have been reviewed by Kuhr and Dorough, (2).

The reagents and equipment available in this laboratory limited our choice of methods for assay of carbaryl to measurements of UV absorption and radio-isotopic assay using ^{14}C -labelled carbaryl. Both methods were used to measure the sorption of carbaryl on 4 local soils and the results are summarised in Table 2.

Two main types of soil, denoted 1 and 2 (Table 1), were used. The most obvious differences in composition were the higher organic matter content of soil 1 and the greater proportion of clay minerals and greater total Fe_2O_3 content of soil 2, although the free Fe_2O_3 contents of the two soils were similar.

The four samples of soil absorb carbaryl and naphthol to differing extents. The variation between the four replicates of each test was less than ± 4 per cent of the mean. Results obtained by the two methods of analysis are generally in good agreement, indicating that the two methods are measuring the same physical phenomenon. Significant degradation of carbaryl during the 24-hour period of the experiment is improbable (unpublished work). Sorption of carbaryl, as measured by liquid scintillation counting, is not greatly affected by the carbaryl concentration, suggesting a physical sorption process. In general, with sorption of pesticides on soils, distribution depends little on the concentration. Also, the sorption and desorption of pesticides is usually fairly rapid, and these processes are currently being investigated in these soils.

The soils 1 and 1A absorb carbaryl about equally and much more strongly than soils 2 and 2A which have lower organic matter and higher iron and clay contents, suggesting that organic matter plays an important part in the sorption of carbaryl in these soils. The sorption of non-ionised pesticides by soils is usually highly correlated with the organic matter content (5) and sorption onto soils of high organic matter content probably occurs predominantly on this soil fraction. Although the two organic soils (1 and 1A) sorb carbaryl about equally, the more alkaline mineral soil 2A (pH 5.20) sorbs carbaryl about 3 times more strongly than the other mineral soil 2 (pH 4.90). This suggests that whereas sorption of carbaryl on soil organic matter (compare soils 1 and 1A, pHs 4.85 and 5.07) is relatively unaffected by soil pH, the weaker sorption on soil minerals may be pH dependent and, being obscured by the greater sorption on organic matter, is not readily detected in highly organic soils.

On the high organic soils, 1-naphthol is sorbed to about the same extent as carbaryl, but it is more strongly sorbed than carbaryl on the more acid of the two mineral soils.

Acknowledgements

This work has been supported in part by the International Atomic Energy Agency award COS/7602, granted to Miss E. Carazo Rojas and by an Agreement with the Brazilian Government Bureau for International Economical and Technical Cooperation - SUBIN. The authors wish to thank Dr. Richard H. Bromilow for reading the manuscript and useful discussions.

Summary

The sorption coefficient of carbaryl in soil samples rich and poor in organic matter was determined using spectrophotometric and liquid scintillation counting techniques. Results obtained by the two methods of analysis were generally in good agreement. Soils 1 and 1A absorb carbaryl about equally and more strongly than soils 2 and 2A which have lower organic matter and higher iron and clay contents. On the high-organic soils, 1-naphthol is sorbed to about the same extent as carbaryl, but it is more strongly sorbed than carbaryl on the more acid of the two mineral soils.

Compendio

Se determinó el coeficiente de sorción de carbaril en muestras de dos tipos de suelos, con diferente contenido de materia orgánica. Se usaron para tal fin técnicas espectrofotométricas y de centelleo líquido.

Los resultados obtenidos por los dos métodos de análisis fueron satisfactorios. Los suelos 1 y 1A absorben carbaril de manera similar, y más fuertemente que los suelos 2 y 2A donde existe un bajo contenido de materia orgánica y contenidos altos de hierro y arcillas. En los suelos con alto contenido de materia orgánica, el 1-naftol es sorbido tanto como el carbaril,

pero es más fuertemente sorbido que el carbaril en el más ácido de los dos suelos minerales

Literature cited

- 1 GIANNOTTI, O, ORLANDO, A, PUZZI D., CAVALCANTE, R. D., and MELLO, E.J.R. Noções básicas sobre praguicidas - Generalidades e recomendações de uso na agricultura do Estado de São Paulo. O Biológico, 38 (8-9): 223-339, 1972.
- 2 KUHR, R.J. and DOROUGH, H.W. Carbamate Insecticides: chemistry, biochemistry and toxicology. Ohio: CRC Press Inc. 1976 301 p.
- 3 LORD, K.A., HELENE, C.G., DE ANDREA, M.M. and RÜEGG, E.F. Sorption and movement of pesticides on thin-layer plates of Brazilian soils. Arquivos do Instituto Biológico, São Paulo 45 (10): 47-52, 1978.
- 4 MONIZ, A.C. comp. Elementos de Pedología Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1975. 460 p.
- 5 WEED, S.B. and WEBER, J.B. Pesticide-organic matter interactions. In Pesticides in Soil and Water, Ed. Cuenze, W.D. Madison, Wisconsin, Soil Science Society of America, 1974 pp 39-66.
- 6 ZWEIG, G. ed. ANALYTICAL methods for pesticides, plant growth regulators and food additives. Vol. 1-7. New York, Academic Press, 1963-1973.

Notas y Comentarios

Aumentando la resistencia del algodón a los insectos

Conforme se vuelven más resistentes a los insecticidas, ciertos insectos del algodón, como los gusanos de la bellota (*Heliothis virescens* y *H. zea*), pueden ocasionar problemas severos a los productores. Un programa de control integrado que use una variedad de métodos reduce la oportunidad de que los insectos adquieran tolerancia o evadan el control.

Las variedades de plantas resistentes a los insectos constituyen una parte importante de este programa. Las variedades de algodón sin nectarios, glabras y ricas en gopipol son menos susceptibles al daño de insectos, según afirman Maurice J. Lukefarh, del Cotton Research Laboratory de Brownsville, Texas, y Ernesto Salgado, del Centro de Investigaciones de Tamaulipas (CIAT), México (*Agricultural Research*, November 1978).

En un programa cooperativo de algodón entre Estados Unidos y México, los científicos han logrado obtener dos cosechas por año, una en el Valle de Río Grande en Texas y otra en la zona de Tampico en México. Este programa ha permitido una evaluación crítica de características de algodones silvestres o ferales que podrían ser deseables para usarlos en algunas variedades cultivadas.

El carácter de ausencia de nectarios fue transferido de *Gossypium tomentosum*, un algodón silvestre de Hawaii. Lo

más valioso de esta característica es que reduce las poblaciones de insectos al privar a los adultos de *Heliothis* de una fuente de alimentos, lo que afecta su longevidad y fertilidad. Sin embargo, las mariposas de *Heliothis* son capaces de alimentarse lejos de sus lugares de postura de huevos debido a sus fuertes hábitos de vuelo, lo que reduce algo la eficacia del carácter de ausencia de nectarios.

Los algodones glabros han sido desarrollados para evitar a los insectos en los algodones comerciales. El setenta por ciento de los huevos de *Heliothis* son depositados sobre los puntos de crecimiento de las plantas, los que contienen 500 a 1000 pelos epidérmicos (o tricomas) por centímetro cuadrado. La ausencia de pelos da lugar a una reducción de 50 por ciento en la postura de huevos. A su vez, la reducción de huevos significa menos larvas.

Los algodones de alto contenido de gopipol produjeron una mortalidad de 50 por ciento de las larvas en el segundo y tercer instar. Los algodones normales tienen un contenido de gopipol de 0,05 por ciento en las yemas pero los algodones ricos en gopipol tienen un contenido de 1,2 por ciento.

En una prueba en Tampico en 1974, los algodones resistentes a *Heliothis* tuvieron rendimiento, más alto que el cultivar 'Stoneville 7A' en una proporción de tres a uno. De igual manera, en 1975, las líneas que tenían las tres características de resistencia cuatuplicaron los rendimientos de las variedades comerciales. Las variedades resistentes no sólo son altamente eficaces contra las poblaciones de *Heliothis*, sino que pueden alcanzar también altos rendimientos.

Comparativo de herbicidas de pre y pos emergencia en el cultivo del tomate* ————— LUIS CERNA BAZAN**, ARTURO ROJAS VARGAS**

ABSTRACT

In the field of "Chacra Vieja", Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú, an experiment was set up to compare the fitotoxicity and level of control of several herbicides against the common weeds during pre and post-emergence in tomato crop (Lycopersicon esculentum cv. 'Marglobe') at transplanting time

The herbicides tolerated by the crop, as measured by its low fitotoxicity and high yield of vegetative biomass were: metribuzin (pre and pos-emergence), pendimethalin (pre-emergence), fluorodifeno and inosebacetato (pos-emergente).

The control of the following graminæ Echinochloa colonum, Cenchrus echinatus and Leptochloa uninervia was outstanding with metribuzin (pre and pos-emergence), dinosebacetato (pos-emergence) and bentiocarbo (pre-emergence).

Among the dicotiledonea, the species Bidens pilosa was controled efficiently by metribuzin (pre and pos-emergence), bentazon and linuron (pos-emergence) and fluometuron (pre-emergence). The species Portulaca oleracea was controled efficiently by metribuzin (pre and pos-emergence), pendimethalin (pre-emergence) and linuron (pos-emergence)

The best herbicides, as measured by high yields, high tolerance and good weed control were metribuzin (pre and pos-emergence), dinosebacetato (pos-emergence) and pendimethalin (pre-emergence) which yielded 46860, 38979, 37312 and 35770 kg/ha, respectively

Introducción

ES conocida la importancia de la competencia de las malezas con el cultivo de tomate en cuanto a utilización de agua y luz (2), así como, por nutrimentos y espacio edáfico y aéreo (1). Además, las malezas demandan labores culturales que ocasionan pérdidas económicas para el productor, por lo cual las malezas son consideradas en la actualidad como un problema de especial interés, cuya solución permite elevar la productividad agrícola. En el presente trabajo de investigación se consideraron los siguientes objetivos:

a.- Encontrar el grado de control de las malezas infestantes en forma cuantitativa por los herbicidas estudiados

b.- Determinar el grado de fitotoxicidad, recuperación y rendimiento del tomate frente a los herbicidas probados

Materiales y métodos

Este estudio fue conducido en el fundo "Chacra Vieja", propiedad de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, ubicado en la parte baja del Valle Chancay, entre 6°40' y 6°42' de latitud sur, 79°56' de longitud oeste y a una altitud de 20 metros sobre el nivel del mar.

Según el Cuadro 1, se probaron 4 herbicidas en aplicación de pre-emergencia y 8 en aplicación post-emergente; dos testigos, uno enmalezado y el otro desmalezado con deshierbas manuales cada 20 días. Los productos en composición química fueron los siguientes:

* Recibido para publicación el 26 de enero de 1979.
** Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. 8 de octubre N° 637. Lambayeque, Perú.

Cuadro 1 — Tratamientos, dosis y épocas de aplicación. Fundo "Chacra Vieja". Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú 1977.

Clave	Nombre común producto activo	Nombre producto comercial	kg/ha Dosis producto comercial	Momento de aplicación	Días después del trasplante
Ftp	Fluometuron	Cotoran	3	pre-emergencia	4
Mep	Metribuzin	Sencor	1	pre-emergencia	4
Bet	Bentiocarbo	Saturn	8	pre-emergencia	4
Pep	Pendimethalin	Prowl	4	pre-emergencia	4
Mto	Metabenthiazuron	Tribunil	2	pos-emergencia	14
Dio	Dinosebacetato	Aretit	4	pos-emergencia	14
Lio	Linuron	Afalón	2	pos-emergencia	14
Beo	Bentazon	Basagran	3	pos-emergencia	14
Ffo	Fluorodifeno	Tok E-25	10	pos-emergencia	14
Pro	Prometrina	Gesagard	1,5	pos-emergencia	14
Fto	Fluometuron	Cotoran	1	pos-emergencia	14
Meo	Metribuzin	Sencor	1	pos-emergencia	14

Fluometuron.—N-(3 trifluorometilfenil)-N-N-dimetil urea.

metribuzin.—4-amino-6-tert-butil-3-metiltio-1, 2, 4, triazina-5-(4H)-on.

bentiocarb.—S-(4-clorobenzil)-N,N,-ditiol carbamato.

pendimethalin.—N-(1-etilpropil)-3,4-dimetil 1-2,6-dinitrobenzenamina.

metabenthiazuron.—1,3-dimetil-3 (2-bentiazolil urea) dinosebacetato.—2-sec-butyl-4,6-dinitro fenilacetato.

linuron.—3-(3,4-diclorofenil)-1-metoximetil urea.

bentazon.—3-isopropil-2,1,3,benzodiazinona (4)-2,2-dióxido.

fluorodifeno.—2,4 diclorofenil 4-nitrofenil éter.

prometrina.—2,4 bis (isopropilamino)-6-metiltio-S-triazina.

Para la conducción e interpretación de datos se utilizó el diseño de bloques completamente randomizados, con 4 repeticiones y con cálculos de análisis de variancia, pruebas de *F* y Duncan. Los herbicidas fueron aplicados con una bomba de mochila Flora con boquilla N° 15004, con un gasto aproximado de

Cuadro 2 — Abundancia y porcentaje de reducción de gramíneas Fundo "Chacra Vieja". Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú 1977.

Clave	Tratamientos	Promedios	*	% Reducción
Tec	Test enmalezado	22,50	a	0
Pro	Prometrina-pos	21,00	a	9
Beo	Bentazon-pos	17,50	a	22
Mto	Metabenthiuron-pos	17,50	a	22
Ffo	Fluorodifeno-pos	17,00	a	26
Fto	Fluometuron-pos	15,00	a	35
Pep	Pendimethalin-pre	11,50	b	48
Ftp	Fluometuron-pre	9,75	b	57
Lio	Linuron-pos	6,25	c	74
Dio	Dinosebacetato-pos	4,50	c	79
Mep	Metribuzin-pre	0,75	d	96
Bet	Bentiocarbo-pre	0,50	d	96
Meo	Metribuzin-pos	0,00	d	100
Ted	Test desmalezado	0,00	d	100

C.V. = 18,38 %

* En las columnas y con las pruebas de Duncan, aquellos tratamientos que muestran la misma letra son significativamente iguales entre sí

Cuadro 3.—Abundancia y porcentaje de reducción de *Bidens pilosa* y *Portulaca oleracea*. Fundo "Chacra Vieja", Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú. 1977.

<i>Bidens pilosa</i>				<i>Portulaca oleracea</i>			
Trat	Promedios	*	% Reducción	Trat	Promedios	*	% Reducción
Tec	82,25	a	0	Tec	75,50	a	0
Ffo	41,50	b	47	Beo	17,50	b	76
Pep	35,00	c	59	Dio	16,75	b	78
Fto	29,00	c	66	Pro	14,25	b	82
Pro	13,25	d	85	Mto	14,00	b	82
Bet	10,75	d	87	Ffo	13,25	b	83
Dio	8,00	e	91	Fto	12,00	c	84
Mto	6,75	e	92	Bep	10,75	c	86
Lio	5,75	f	93	Ftp	3,75	d	95
Ftp	5,25	f	94	Lio	2,00	d	97
Beo	3,00	g	96	Pep	1,25	e	99
Mep	1,25	h	99	Mep	0,25	e	100
Meo	0,00	h	100	Meo	0,00	e	100
C.V. = 12,8 %				C.V. = 10,9 %			

* En las columnas y con las pruebas de Duncan, aquellos tratamientos que muestran la misma letra son significativamente iguales entre sí.

260,5 l/ha y una presión constante de 30 libras por pulgada cuadrada.

La semilla empleada fue certificada y del cultivar 'Marglobe' y se aplicaron 100 kg de N/ha, considerando la urea (46%) como fuente nitrogenada y con aplicación fraccionada, 50% a los 15 días después del transplante y el resto en la prefloración (40 días).

Se dieron 4 riegos y el control fitosanitario de insectos y patógenos se hizo en forma oportuna.

La evaluación de abundancia se refirió al número de individuos de cada especie infestante dentro del surco central de cada parcela experimental. Los porcentajes de reducción se calcularon con los datos de abundancia, considerando como 0% al testigo enmalezado y a base de éste porcentaje se calcularon los otros tratamientos considerándose de 0-40% mal control, 41-60% regular, 61-90 bueno y 91-100 excelente.

Los datos de fitotoxicidad fueron tomados utilizando la escala de European Weed Research Council con grados y valores de 1-4 sin efectos adversos significativos, 5 promedio, 6-8 fuerte a muy fuerte y 9-10 muy tóxico y muerte total de plantas.

Resultados y discusión

Control de gramíneas. Las gramíneas infestantes fueron: *Echinochloa colonum*, *Cenchrus echinatus* y *Leptochloa uniuervia*.

Al examinar el Cuadro 2 encontramos poblaciones significativamente superiores con los tratamientos prometrina, bentazon, metabenthiazuron, flurodifeno y fluometuron, los mismos que no difieren con el testigo enmalezado implicando reducciones de solo 35 a 0%.

A continuación y con un comportamiento intermedio se muestran pendimethalin y fluometuron, mientras que reducciones muy significativas y por encima de 74% se lograron con linuron, dinosebacetato, bentiocarb y metribuzin. Este último en pre y post-emergencia sobresalió con 96 y 100% de reducción.

Control de dicotiledóneas. El control de las especies *Bidens pilosa* y *Portulaca oleracea* se consigna en el Cuadro 3, en base a comparaciones con el testigo

Cuadro 4.—Biomasa seca (g) y fitotoxicidad sobre el cultivo. Fundo "Chacra Vieja" Universidad Nacional Pedro Ruiz, Lambayeque, París, 1977.

Trats	Promedios de biomasa (g)	*	Trats	Promedios de fitotoxicidad (EWRC)	*
Ted	219,25	a	Tec	1,00	a
Meo	213,50	a	Ted	1,00	a
Pep	194,00	b	Meo	2,00	b
Mep	174,00	b	Mep	2,00	b
Pro	167,00	c	Pep	2,00	b
Dio	163,50	c	Ffo	2,00	b
Ffo	158,60	c	Dio	2,50	b
Fto	156,25	c	Fto	4,25	c
Beo	138,25	d	Pro	4,50	c
Lio	134,75	d	Lio	6,50	d
Tec	123,50	d	Beo	7,00	d
Bet	120,75	e	Bep	7,25	d
Mto	42,00	f	Mto	9,75	e
Ftp	20,25	g	Ftp	10,00	e
C.V. = 9,36 %			C.V. = 10,34 %		

* En las columnas y con las pruebas de Duncan, aquellos tratamientos que muestran la misma letra son significativamente iguales entre sí

enmalezado y de acuerdo a esto los tratamientos fluo-rodifeno-post, pendimethalin-pre y fluometuron-post, controlan incipientemente a *Bidens pilosa* mientras que, se comportan muy bien contra *Portulaca oleracea*, con 83, 99 y 84% de reducción, respectivamente.

Los otros tratamientos tienen controles técnicamente óptimos contra ambas especies; sin embargo se muestran sobresalientes el linuron-pos, fluometuron-pre y metribuzin en pre y pos-emergencia. Este último producto nos demuestra su amplio espectro de acción contra las gramíneas y dicotiledóneas referidas.

Biomasa y fitotoxicidad sobre el cultivo En concordancia con los datos y análisis del Cuadro 4, la producción de materia orgánica vegetativa es muy significativamente afectada con los tratamientos fluometuron-pre y metabentiazuron-pos debido a la acción tóxica sobre el cultivo (grados 9, 7, 5, y 10). Tales efectos adversos pero con menor grado (4,25 a 7,25) también se manifiestan con los productos linuron-pos, bentazon-post, bentiocarbo-pre, prometrina-post

y fluometuron-post. Mientras que como herbicidas tolerados y con óptimas producciones de biomasa se comportan el metribuzin en pre y post-emergencia, pendimethalin-pre, fluorodifeno-post y dinosebacetato-post.

Rendimiento Como consecuencia de los efectos adversos la fitotoxicidad y baja productividad biológica en materia orgánica los rendimientos aparecen nulos con fluometuron-pre y metabentiazuron-post (Cuadro 5) y se incrementan progresivamente de 8795 a 21066 kg/ha con bentazon-post, bentiocarbo-pre, linuron-pos, prometrina-post y fluometuron-post, pero mostrando siempre significativos porcentajes de reducción y con un comportamiento intermedio se presenta el fluorodifeno-post con 27837 kg/ha y 40,6% de reducción.

Entretanto como tratamientos sobresalientes aparecen metribuzin-post testigo desmalezado, metribuzin-pre, dinosebacetato-post y pendimethalin-pre con 46860,

Cuadro 5.—Porcentaje de producción y reducción en peso total de frutos comerciables. Fundo "Chacra Vieja", Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.

Tratamientos	Rendimiento kg/parcela	Rendimiento kg/ha	o	% Producción	% Reducción
Metribuzin-pos	56,23	46860,4	a	100,00	0,00
Test desmalezado	48,95	40797,9	b	87,06	12,94
Metribuzin-pre	46,77	38979,1	b	83,18	16,82
Dinosebace -pos	44,67	37312,5	c	79,62	20,38
Pendimethalin-pre	42,92	35770,8	c	76,33	23,67
Fluorodifeno-pos	33,40	27837,5	d	59,40	40,60
Fluometuron-pos	25,28	21066,6	e	44,95	55,05
Test. enmalezado	31,67	18058,3	f	38,53	61,47
Prometrina-pos	19,20	16005,5	f	34,15	65,85
Linuron-pos	14,19	11829,1	g	25,24	74,76
Bentocarbo-pre	10,91	9095,8	h	19,41	80,59
Bentazon-pos	10,55	8795,8	h	18,77	81,23
Metabentiazulron pos	0,00	0,0	i	0,00	100,00
Fluometuron-pre	0,00	0,00	i	0,00	100,00

C.V. = 6,04 %

* En las columnas y con las pruebas de Duncan, aquellos tratamientos que muestran la misma letra son significativamente iguales entre sí

40797, 38979, 37312 y 35770 kg/ha de tomate comerciable.

dinosebacetato post y pendimethalin pre con 46860, 38979, 37312 y 35770 kg/ha respectivamente.

Conclusiones

- a.- El control de las gramíneas *Echinochloa colonum*, *Cenchrus echinatus* y *Leptochloa uniuervia* es óptimo con metribuzin en pre y post-emergencia, dinosebacetato en post-emergencia y bentocarbo en pre-emergencia. La dicotiledónea *Bidens pilosa* es controlada eficientemente con metribuzin en pre y post-emergencia, bentazon y linuron en post-emergencia, fluometuron en pre-emergencia y metabentiazulron y dinosebacetato en post-emergencia. La especie *Portulaca oleracea* es excelentemente controlada por metribuzin en pre y post-emergencia, pendimethalin en pre-emergencia y linuron en pos-emergencia.
- b.- Los herbicidas con óptima tolerancia por el cultivo y al mismo tiempo con rendimientos sobresalientes fueron metribuzin en post y pre-emergencia,

Resumen

En las condiciones de Lambayeque, Perú en el Fundo "Chacra Vieja" de la Universidad Pedro Ruiz Gallo, se realizó un experimento para estudiar comparativamente la acción de fitotoxicidad y grado de control de malezas con diversos herbicidas en pre y pos-emergencia, en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* cv 'Marglobe') al transplante. De acuerdo a los resultados y análisis estadísticos se encontró lo siguiente:

Los herbicidas que se mostraron óptimamente tolerados por el cultivo debido a su baja fitotoxicidad y alta producción de biomasa vegetativa fueron metribuzin en pre y pos-emergencia, pendimethalin en pre-emergencia y fluorodifeno y dinosebacetato en pos-emergencia.

El control de las gramíneas *Echinochloa colonum*, *Cenchrus echinatus* y *Leptochloa unineruia* fue sobresaliente con metribuzin en pre y pos-emergencia, dinosebacetato en pos-emergencia y bentiocarbo en pre-emergencia.

De las dicotiledóneas, la especie *Biden pilosa* fue eficientemente controlada con metribuzin en pre y pos-emergencia, bentazon y linuron en pos-emergencia y fluometuron en pre-emergencia. La especie *Portulaca oleracea* fue excelentemente controlada por metribuzin en pre y pos-emergencia, pendimethalin en pre-emergencia y linuron en pos-emergencia.

Los herbicidas que sobresalieron en rendimientos por su alta tolerancia y buen control de malezas fue-

ron: metribuzin en pos y pre-emergencia, dinosebacetato en pos-emergencia y pendimethalin en pre-emergencia con 46860, 38979, 37312 y 35770 kg/ha, respectivamente.

Literatura citada

- 1 CUYQENDE, C. Mechanic of yield losses from weed competition. Agronomy Seminars 1964. Mimeog p. 1-3.
- 2 HELFGOTT, S y HOLLE, M. Control químico de malezas en cultivos de hortalizas en el Perú. Universidad Agraria La Molina 1973. Mimeog pp. 3-4.
- 3 HERTWIG, V. Manual de herbicidas, defoliantes, dissecantes e fitoreguladores. Sao Paulo. Edit. Agronomica Ceres, 1977 pp. 325-348.

Notas y Comentarios

Bacterias fijadoras del nitrógeno en el arroz

La incidencia natural de bacterias fijadoras del nitrógeno puede ser bastante más difundida de lo que imaginamos, según un trabajo realizado en el Instituto Internacional de Investigaciones del Arroz, en Filipinas. Iwao Watanabe y Wilfredo L. Barroquio han estado tratando de aislar bacterias de la superficie de las raíces del arroz y determinar si ellas fijan el nitrógeno del aire, y describen un método que parece que sorprende a mayor número de bacterias en el acto de fijar nitrógeno que lo que era posible previamente (*Nature*, vol 277, p. 565). Esto es hecho usando medios de cultivo con niveles bajos de nitrógeno fijado, es decir con amonio, extracto de levadura o aminoácidos. Concluyen que algunas bacterias fijadoras de nitrógeno es probable que no sean detectadas cuando se usa un medio de aislamiento libre de nitrógeno, debido a que requieren una fuente externa de nitrógeno para su crecimiento.

La productividad de un campo de arroz depende de la capacidad de algunas bacterias y algas azul-verdes de fijar el nitrógeno. Estos organismos pueden incorporar directamente el nitrógeno atmosférico para formar amoníaco, una forma de N utilizable por las plantas, proveyendo este nutrimento esencial para los cultivos que crecen en un suelo pobre.

Los investigadores tomaron plantas de arroz de un campo no fertilizado que no tenía ninguna fuente artificial de nitrógeno y cultivaron fracciones de bacterias del tallo, del suelo que rodeaba la raíz, y de dos capas de la superficie de la raíz, o rizoplano, en una base de agar que contenía glucosa, sales minerales no nitrogenadas, y extracto de levadura. Se probaron después colonias de cada fracción por su capacidad fijadora de nitrógeno. Esto se hizo aprovechando la particularidad de las bacterias que tienen la enzima fijadora del nitrógeno (llamada nitrogenasa) de reducir el acetileno a etileno.

Las bacterias aisladas del "rizoplano interno", esto es, aquellas más estrechamente asociadas con la superficie radical, mostraron el más alto nivel de actividad de nitrogenasa. Pero si ellas se cultivaban en un medio libre de nitrógeno, ni crecían ni producían enzimas. Sin embargo, pequeñas cantidades de fuentes de nitrógeno orgánico, tales como extracto

de levadura y aminoácidos dieron lugar a un buen crecimiento y una fijación activa. Watanabe y Barroquio pudieron identificar parcialmente su aislamiento como una bacteria aeróbica, saprófita, fijadora de nitrógeno, parecida al género *Azotobacter* en el que fue colocada originalmente la bien conocida fijadora de nitrógeno *Klebsiella pneumoniae*.

Este uso de un medio que contiene nitrógeno para aislar bacterias con actividad nitrogenasa podría conducir al descubrimiento de una capacidad fijadora de nitrógeno mucho más difundida de lo que se cree en la actualidad. Sin embargo, la meta de la ingeniería genética de implantar genes fijadores de nitrógeno en las plantas superiores (Cf. *Turrialba* 22:243, 23:127, 25:107) sigue siendo un sueño elusivo.

La producción de café en la Argentina

Hace unos quince años, se había intentado en Argentina, en forma aislada plantar cafetos en la región de Salta, a 1600 kilómetros al norte de Buenos Aires (cerca de la frontera boliviana), y los resultados habían sido alentadores.

Pasado este periodo de tanteo, se está proyectando una explotación industrial. Una empresa de Buenos Aires, distribuidora de café importado, ha instalado una plantación de cafetales en plena zona forestal, en el norte argentino.

Hay en explotación 1000 hectáreas, y otras 1000 ha están en proceso de preparación, lo mismo que un proyecto de establecimiento de una cooperativa de 12 000 ha, que está bien avanzado (AFP, sept. 1978).

Los resultados obtenidos con la variedad 'Santos' (de Brasil) son como prometedores. Se ha previsto un rendimiento de 1800 kg/ha de café a los tres años. La producción de café permitirá cubrir las necesidades del mercado argentino en unos cinco años. A los diez años, el país podrá exportar café, en compensación de las importaciones de café que habrá que mantener y asegurar al consumidor una variedad de gustos.

Por cuestiones climáticas, la caficultura se mantendrá en las regiones de Salta y Jujuy. Además, la escasez de mano de obra en estas regiones constituye un freno a su expansión.

The effects of rainfall on water and heat dynamics in the fleece of sheep*

R.R. VERA**, J.G. MORRIS**

RESUMO

Foram estudados sob condições de laboratório, os efeitos da intensidade da chuva, tempo de exposição à mesma e peso do velo sobre a quantidade d'água retida pelo velo de ovinos. O peso d'água retida aumentou rapidamente em forma assintótica. A taxa de retenção foi determinada pela intensidade da chuva. Um modelo não linear foi proposto e ajustado aos dados experimentais, a fim de representar ditas interações. É discutido o efeito da chuva sobre a taxa de perda de calor do animal.

Introduction

MANY environmental factors influence the energy balance of free-living animals. Several of these have been discussed, among others, by Blaxter (4) and Alexander (2). It is clear from their presentation, that the effect of rainfall on the heat exchange of domestic ruminants has been the least investigated of these factors. In sheep, it was found that there was a pronounced interaction between metabolic heat production and the effects of rainfall, fleece length and air temperature (15). Nevertheless, several additional problems relating to the heat exchange of sheep exposed to rain may be distinguished, namely: what is the rate of penetration by water in the fleece and factors affecting it, the total quantity of water a given fleece retains, how is the rate of heat exchange with the environment affected by the presence of water and, lastly, what is the dynamics of water and water vapour in the fleece.

An attempt was made to answer some of these questions through a limited number of experiments. Also a series of proposals regarding the modelling of the effects of rainfall on the heat expenditure of sheep is presented.

Materials and methods

The experiments described here were conducted in the laboratories of the Department of Animal Science, University of California, Davis.

Four adult, full fleeced sheep of Targhee breeding,

mean liveweight 57.3 ± 2.6 kg, were used. Two animals (numbers 1 and 2) were crossbreds, and two (3 and 4) were straightbreds. The latter had dense fleeces, while those of the crossbreds were open. The sheep were housed in a shed with an open front. Prior to each experiment, water and food were withheld for 48 h to minimize defecation and urination during the experimental period. Also, three other sheep of Targhee breeding with short fleeces were used to measure the maximum water holding capacity of the fleece.

Once every 10-15 days, each animal was exposed for a period of one hour, to artificial rain produced by a rain simulator (12). The rainfall simulator produced uniform drops whose size and terminal velocity closely approximated those of natural rainfall. The intensity of the rain was varied between successive experiments to cover the range of 5.77 to 13.26 cm.h⁻¹. Prior to each use, the simulator was calibrated by collecting all the rainfall produced over a period of 5 minutes. The water thus collected was measured volumetrically.

Each animal was weighed at the start and after 5, 15, 30 and 60 minutes of exposure to rain. Before each weighing, 4-5 minutes were allowed for drainage of excess water. The weight of water retained was calculated by difference. Four wool samples (one each from the back, both sides and the belly) were carefully clipped the same time intervals, and were dried for 24 h at 55°C close to the skin from an area of about 4 cm² at C. in an oven with forced air circulation.

At the end of this series of experiments, an estimate of the maximum water holding capacity of these four sheep, together with three others, was obtained by thoroughly spraying the animals with a hose. The difference between the weights before and after hosing was

* Received for publication February 20th, 1979.

** Department of Animal Science, University of California, Davis, CA 95616. Present address of Dr. Vera: Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, M. G., Brasil.

Table 1.—Water retained by the fleece in relation to time of exposure to, and intensity of, rain fall.

Time min	Intensity cm h ⁻¹	Water retained		Animal Nº
		% ^a	kg	
5	8.81	110.55	0.80	2
15		127.02	1.25	
30		172.46	1.48	
60		171.89	1.59	
5	12.62	147.92	1.14	2
15		169.79	1.59	
30		176.23	1.82	
60		290.30	1.93	
5	7.42	81.82	0.91	3
15		104.55	1.36	
30		117.85	1.59	
61		160.66	1.70	
5	5.77	84.11	0.57	3
15		97.05	1.25	
30		107.22	1.59	
53		137.18	2.16	
5	13.26	77.13	0.68	3
15		145.66	1.36	
30		202.20	2.04	
52		161.80	2.04	
5	6.83	71.70	0.91	4
15		105.70	1.59	
30		109.16	2.01	
61		172.90	2.84	
5	11.23	82.13	1.02	4
15		131.87	1.70	
30		137.49	2.38	
60		288.71	2.95	
5	6.22	58.51	0.68	1
15		80.40	1.14	
30		88.74	1.48	
60		138.85	1.70	
5	7.42	84.35	0.80	1
15		96.68	1.02	
30		133.72	1.36	
59		133.88	1.59	
5	10.87	120.05	0.91	1
15		155.28	1.59	
30		146.12	2.04	
55		148.50	2.04	

^a The mean initial (zero time) content of water was $9.17 \pm 0.69\%$

taken as the maximum amount of water retained in the fleece. The animals were shorn and the weight of the fleece recorded after completion of all the determinations.

The results were analyzed by standard statistical analysis and by non-linear least squares. For the latter, a computer program based on the algorithm of Nelder and Mead (13) was used. Also, a tentative mathematical model was developed to simulate the effects of rainfall on heat conductivity, water evaporation and heat removal from the fleece

Results and discussion

The results of the experiments made under simulated rainfall are summarized in Table 1. They show a clear pattern of a rapid initial increase in the amount of water retained, which then approaches an asymptotic value. The figures for water percentage in the fleece consistently overestimated the amount actually contained. The discrepancy was probably due to the arithmetic mean not weighing correctly the contribution of the four sites sampled.

To represent the experimental observations, the following model was proposed and fitted to the data,

$$Y = (1 - b \exp(-e \text{ TIME})) \quad [1]$$

where Y represents the actual weight or the percentage of water retained, TIME is the length (minutes) of the exposure to rain, and the letters "a", "b" and "e" are parameters. It was further assumed that the rate constant "e", in equation [1], is a linear function of the intensity of the rainfall (INSITY, cm h⁻¹) as follows,

$$e = c + d \text{ INSITY} \quad [2]$$

The above model was separately fitted to the pooled data of animals 1, 2 and 3 whose fleeces were much less compact than that of the fourth. The two groups are identified as "open" and "closed" respectively. The values of the parameters are listed in Table 2. No statistics are included in Table 2 for the parameters because convergence was poor when the "jack-knife" technique (11) was applied to the data.

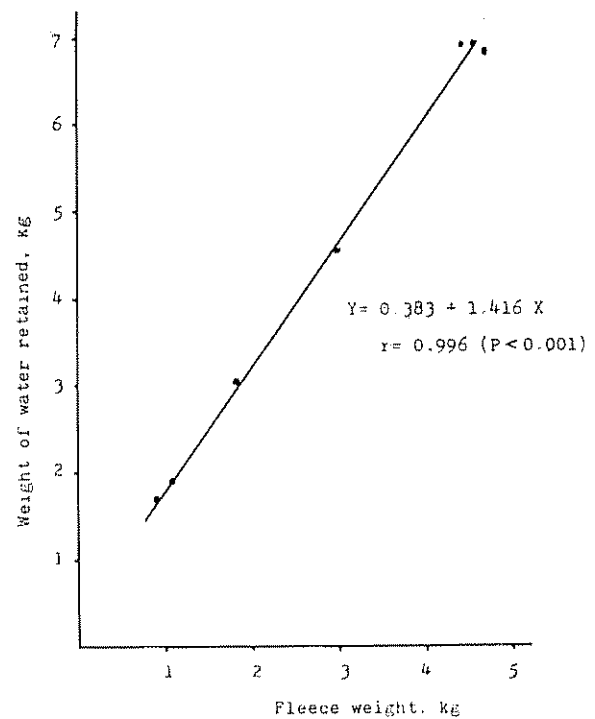


Fig 1—Water retention in sheep's coats, in relation to fleece weight.

The asymptotic parameter "a" in equation [1] appears to depend heavily on the type of fleece involved. In an attempt to identify the factors affecting this asymptotic water-holding capacity of the fleece, maximum weight of water retained by the coat was plotted against fleece weight. The fit in Figure 1 is unexpectedly good, and application of the equation to the range of fleece weights available, 0.91 to 4.73 kg, indicated that water holding capacity is 184-150 per cent of the corresponding fleece weights. The close relationship between fleece and water weights strongly suggests that between-animals differences should be accounted for not in terms of the apparent compactness of the fleece, but rather in terms of fleece weight. Therefore, model [1] was fitted to all the

Table 2.—Value of the parameters of equation [1].

Group	Dependent Variable	Parameters			
		a	b	c	d
Closed	Water weight	4.452	0.799	0.001482	0.001501
	Water %	406.61	0.770	-0.004174	0.001589
Open	Water weight	2.894	0.731	-0.002204	0.001888
	Water %	220.76	0.630	-0.02580	0.0005355

data, substituting the parameter "a" with a linear function of fleece weight (FLEWGT, kg) as follows:

$$Y = (a_1 + a_2 \text{ FLEWGT}) (1 - a_3 \exp (a_4 + a_4 \text{ INSITY) TIME}) \quad [3]$$

The model was fitted to the data, and the jackknife technique was used to calculate the statistics of the parameters. It was then observed that the parameter a_3 did not differ significantly from zero. It was therefore dropped from equation [3], and the modified model was re-fitted to the data. The resulting parameter values and their standard errors are shown in Table 3.

The above data and equations allow for the estimation of the amount of water retained in the fleece as a function of the intensity and duration of rainfall, and the weight of the coat. This in turn, can be used to estimate the effect of rain on the heat exchange of the animal with the surrounding environment, and its impact on the rates of metabolic heat production, if some further considerations are made. In effect a comprehensive treatment of these aspects should at least include the alteration in heat conductivity of the fleece, brought about by the presence of water, the processes of water evaporation and water vapour movement across the coat and the partition, and sources of heat required for drying the coat.

Although the change in heat conductivity of wool fibers when wet, has not been demonstrated explicitly in live animals, it is reasonable to assume that this is the case, as the thermal conductivity of water (6) is several orders of magnitude larger than that of the fleece (3). Thus, to calculate the thermal conductivity of the fiber-air-water assembly, an average of the conductivities of the components, weighted by their respective volumes, could be used as suggested by Hollies and Bogaty (9). Nevertheless, it should be realized that conductivity is also a function of air temperature and fleece length (16, 17).

The second aspect that needs to be considered is the rate of water vapour movement across the fleece and the sources of heat for vaporization. Contradictory views have been expressed as to the source of heat (7, 8, 10) but the experimental evidence provided by Alexander (1) suggests that both the atmosphere and the animal body contribute to the heat required for vaporization. The main unresolved problem in successfully modelling these processes, resides in partitioning the extent to which the skin and the surrounding atmosphere contribute heat, and determining the variables (e.g. air speed and temperature) that alter the above partition.

With only one exception, the movement of water vapour across the fleece has not been studied experimentally. Cena and Monteith (5) measured *in vitro*, and still air, the diffusion resistance for water vapour in the fleece, as a function of fleece length, and showed an asymptotic relationship between both variables. Using their data (read off their Figure 3), the following equation was derived:

Table 3.—Value of the parameters* and their standard error, in equation [3]

Parameters			
a1	a2	a3	a4
1.408	0.211	0.7962	-0.00556
±0.0145	±0.0048	±0.00259	±0.0000939

* Rounded-off as suggested by Norton (14)

$$RV = 2973.13 (1 - \exp(-0.0199 \text{ FLELEN})) \quad [4]$$

where RV is diffusion resistance, in sec.m^{-1} , and FLELEN is fleece length in mm. Although the fit is extremely good, use of equation [4] is limited by the fact it does not account for the effect of variable air speed. In this respect, evaporation follows laws identical to those governing convection (10). Thus, both convection and evaporation are proportional to the Reynolds number, and in consequence the convection coefficient and the coefficient of mass (water vapour) transfer (i.e. the inverse of RV) hold a constant ratio to each other regardless of air speed (10). This problem was investigated by calculating the convection coefficient HC from information readily generated from an existing model (16). The ratio of HC to the diffusion coefficient HD (inverse of RV, from (4)) was found to be related to fleece length as follows:

$$\text{HC/HD} = 0.3558 + 0.01964 \text{ FLELEN} \quad [5]$$

$$r = 0.94 \quad (P < 0.05)$$

Thus, the above set of formulae and concepts could be used to model the heat balance of a set fleece. The calculations involved thereafter have been extensively discussed by Cena and Monteith (5) and are not further described here. Their application is being currently investigated.

Acknowledgements

To Dr. M. Singer, Department of Soils and Plant Nutrition, University of California, Davis, for allowing the use of the rain simulator.

Abstract

The effects of simulated rainfall intensity, length of exposure to rainfall and fleece weight on the amount of water retained in the fleece of live sheep, was investigated under laboratory conditions. The weight of water retained increased rapidly towards a plateau. The rate of water retention depended on rainfall intensity. A non-linear model was proposed and

fitted to the data to represent the above interrelationships. The effect of rainfall on the rate of heat loss is discussed.

Resumen

Fueron estudiados en condiciones de laboratorio. los efectos de la intensidad de lluvia, tiempo de exposición a la misma y peso del vellón sobre la cantidad de agua retenida por el vellón de ovinos. El peso del agua retenida aumentó rápidamente en forma asintótica. La tasa de retención fue determinada por la intensidad de la lluvia. Un modelo no lineal fue desarrollado y ajustado a los datos experimentales, a fin de representar dichas interacciones. Es discutido el efecto de la lluvia sobre la tasa de pérdida de calor del animal

Literature cited

- 1 ALEXANDER, G. Heat production in newborn lambs in relation to type of birth coat *In* Australian Society of Animal Production, 1958. Proceedings 2:10-14
- 2 ———. Heat loss from sheep. *In* Monteith, J. I. and Mount, L. E., eds Heat Loss from Animals and Man. London: Butterworths 1974
- 3 ARMSTRONG, D. G., BLAXTER, K. I., CLAPPERTON, J. I., GRAHAM, N. McC and WAINMAN, F. W. Heat production and emission in two breeds of sheep. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 55:395-401 1960.
- 4 BLAXTER, K. I. The energy metabolism of ruminants London, Hutchinson 1962. 329 p
- 5 CENA, K and MONTEITH, J. I. Transfer processes in animal coats. III. Water vapour diffusion. Proceedings of the Royal Society of London B188: 413-423. 1972.

- 6 CRC HANDBOOK of Chemistry and Physics. Cleveland: The Chemical Rubber Co., 51st edition. 1970-71. 2365 p
- 7 FOURT, I. and HARRIS, M. Physical properties of clothing fabrics. *In* Newburgh, I. H., ed. Physiology of Heat Regulation and the Science of Clothing. Philadelphia: Saunders 1949.
- 8 HARDY, J. D. Heat transfer. *In* Newburgh, I. H., ed. Physiology of Heat Regulation and the Science of Clothing Philadelphia: Saunders. 1949.
- 9 HOLLIES, R. S and BOGATY, H. Some thermal properties of fabrics II The influence of water content. *Textile Research Journal* 35: 187-190 1965.
- 10 KERSIAKE, D. McC. The stress of hot environments Cambridge University Press 1972 316 p.
- 11 MILLER JR., R. G. An unbalanced jackknife *Annals of Statistics* 2 (5): 580-591 1974.
- 12 MUNN, J. R. Development and use of a portable rainfall simulator to determine erosion characteristics of several soils in the Lake Tahoe basin. M. S. Thesis, Davis, University of California, 1974.
- 13 NELDER, J. A. and MEAD, R. A simplex method for function minimization *Computer Journal* 7 (3): 308-313 1965.
- 14 NORTON, H. W. Opportunities and pitfalls in the mathematics of body-composition studies. *In* Body Composition in Animals and Man Washington, D.C.: National Academy of Sciences, Publication 1598, pp. 137-147. 1968
- 15 VERA, R. R. Energy transactions in sheep; a modelling approach Ph. D. Thesis University of California 1976. 255 p
- 16 ———, KOONG, L. J. and MORRIS, J. G. A model of heat flow in the sheep exposed to high levels of solar radiation *Computer Programs in Biomedicine* 4(3): 214-218. 1975.
- 17 ———, KOONG, L. J. and MORRIS, J. G. A model of the heat exchange of sheep with the environment. *Proceedings of the Western Society of Animal Production* 26: 41-51. 1975.

Notas y Comentarios

Industrias petroquímicas sin petróleo

El interés del público ante la posible escasez de petróleo se ha centrado en los combustibles derivados, que son importantes para el transporte, la producción de electricidad y la calefacción. Pero, también es grande la preocupación por los productos derivados del petróleo que hoy constituyen la base de las industrias químicas. Esas materias básicas van desde las más simples como el amoníaco y el metanol, hasta los aromáticos (benceno, tolueno y xilenos) y las olefinas: etileno, propileno y butadieno.

En la actualidad, las compañías petroquímicas están tratando de aprovechar los productos menos usados del petróleo: gasoil en lugar de nafta, gas natural en lugar de nafta, gases asociados (etano y otros), que se queman en los campos petroleros, en lugar del gas natural. Pero, ¿qué pasará cuando

estas maniobras no sean suficientes, cuando la producción de petróleo pase su pico en los novecientos noventa y los precios aceleren su alza? La respuesta complaciente es que los combustibles alternos (especialmente nucleares) aliviarán la presión sobre los hidrocarburos y sacarán de apuros a la industria química. El punto de vista alarmista es que la industria química quedará en el aire porque sus costosas fábricas consumidoras de petróleo no tendrán ya materias primas para funcionar.

¿Hidrocarburos o carbohidratos?

Ninguna de estas dos opiniones es correcta, pues una industria cuya razón de ser es la conversión de elementos naturales, debe ser capaz de buscar nuevas materias primas. Más precisamente, tendría que regresar a la química que abandonó hace 40 o 50 años. Porque el futuro encierra dos esperanzas, una verde, la otra negra. Los químicos se dedicaron a hacer productos químicos orgánicos a partir del petróleo y del gas debido a que era más fácil de manipular que el carbón. Ahora tienen que encontrar los medios de hacer que el carbón les sea tan útil como los usurpadores. Eso es la esperanza negra, como la llama *The Economist* (Survey "Chemicals", 7 de abril

de 1979). La esperanza verde consiste en fabricar productos químicos de "biomasa", esto es, de materia vegetal. El uso amplio de la tecnología de la fermentación (con o sin destilación subsiguiente) se apagó con la llegada del petróleo, como se apagó también la tecnología de la destilación de la hulla y otros procesos de transformación del carbón.

La preocupación debe ser si la industria ha pensado lo suficiente sobre los cambios necesarios para desarrollar la eficiente conversión de carbón y de biomasa para producir la gran diversidad de productos petroquímicos.

Hay una variedad de maneras de trabajar con carbón, pero en realidad todos son de dos categorías, gasificación y licuefacción. Al mezclar vapor de agua y oxígeno con carbón, se produce gas de síntesis, una mezcla de monóxido de carbono e hidrógeno. A partir de esto, la química convencional puede obtener metanol, etanol y etileno, o siguiendo otra ruta, formaldehído o ácido acético. Otro cambio pequeño permite producir más hidrógeno para hacer amoníaco. El proceso Fischer-Tropsch usa catalíticos metálicos para convertir el gas en olefinas, parafinas y alcoholes. Otra tecnología más reciente trabaja con metanol obtenido del gas de síntesis para reconstruir hidrocarburos. Pero la gasificación del carbón, aunque por el momento es la mejor forma de obtener productos químicos del carbón, en realidad es un proceso tosco, ya que significa romper moléculas complicadas y después volver a ensamblar las moléculas simples de monóxido de carbono y de hidrógeno en otro conjunto de moléculas complicadas.

La licuefacción del carbón es una alternativa, pero realmente implica hacer del carbón algo parecido al petróleo antes de comenzar las operaciones que ahora empiezan sin esa conversión. Así habrá que esperar una alza drástica en el precio del petróleo, comparado con el del carbón, antes de que sea comercialmente importante. A pesar de esto, algunos proyectos piloto que se han iniciado podrían disminuir el costo de este proceso de pretratamiento.

Un enfoque totalmente diferente para convertir el carbón sería la pirolisis descomponiéndolo al calentarlo en ausencia de oxígeno. El producto final de esta carbonización es el coque, pero rinde además suficiente gas, líquidos y alquitranes como para interesar a la industria química, especialmente si se liga al uso del coque por la industria del hierro y acero. Una variante de la pirolisis es la hidropirolisis en la que se mezcla carbón con hidrógeno bajo alta presión para producir metanol, aromáticos, alquitrán y coque. Lo interesante de la hidropirolisis es que podría también usarse para convertir llantas viejas, madera y basura urbana, con o sin emplear el carbón.

De vegetales a sustancias químicas

La materia vegetal puede también ser calentada, sometida a presión, o convertida por bacterias para producir materias primas para las industrias químicas, en forma líquida, sólida o gaseosa. Los productos resultantes se pueden usar también como combustible. En el momento actual, el trabajo práctico más avanzado sobre este proceso se está efectuando en Brasil (Cf. *Turrialba* 29: 20). Brasil tiene grandes cantidades de azúcar pero no suficiente cantidad de petróleo o gas. En 1975, el gobierno produjo un plan nacional de alcohol para subsidiar la producción de etanol de caña de azúcar, yuca y otros cultivos. Por el momento, el etano producido del azúcar a través del etanol no es competitivo, pero los brasileños piensan que lo será en la mitad de los novecientos ochenta. Para 1982-83, Brasil estará produciendo unos 3,7 mil millones de litros de alcohol (la producción en 1977 fue de 1,38 mil millones de litros) a partir de biomasa, después de una inversión total de mil millones de dólares. Para 1985, se espera que la producción llegue a 6 mil millones de litros. El uso más grande del etanol así obtenido es en la actualidad para ser mezclado con gasolina para disminuir el consumo de petróleo. Pero una proporción creciente del producto se está usando como materia prima para la industria petroquímica.

Al otro extremo de la industria azucarera, la firma británica Tate and Lyle ha comenzado una planta en Liverpool que usa azúcar para producir productos petroquímicos. La firma está pensando en los mercados inmediatos y en acumular experiencia en esta tecnología.

Uno de los problemas al trabajar a partir de cultivos como el azúcar es estar seguro de que sean lo suficientemente extensos como para abastecer los usos alimenticios e industriales. Se ha estimado que el Brasil podría entre otras cosas, necesitar aumentar sus rendimientos de azúcar y yuca diez veces para tener una industria química viable basada en ellos. Eso en sí mismo presenta un reto a la industria química. En primer lugar, significa aplicar insecticidas, herbicidas y otras sustancias para producir cosechas mayores. A largo plazo, significa el uso de bacterias especialmente seleccionadas para conseguir más productos de la fermentación de una cantidad dada de biomasa (Cf. *Turrialba* 29:174). La industria petroquímica convencional tiene por lo menos una década antes de que tenga que buscar seriamente nuevas materias primas. Más allá de esto, la industria estará compitiendo en un mercado tenso con usuarios de combustibles de petróleo y gas. Sólo el uso masivo de la energía nuclear aliviará esa presión. La industria química puede también recurrir a las esperanzas verde y negra. Pero estas serán valiosas para combustibles si la energía nuclear falla.

Aumentando la eficiencia de la fermentación alcohólica

Investigadores brasileños están tratando de mejorar el método de producir alcohol por fermentación del azúcar. Han obtenido cepas mutantes de levadura que hacen más eficiente el proceso (*New Scientist* 10 de mayo de 1979, p. 445). La preocupación de los brasileños no es producir bebidas rápida y eficientemente: más bien, cada vez consideran más al alcohol como sustituto de la gasolina, preparándose así para escaseces de petróleo.

Toda la gasolina distribuida en la enorme área urbana de Sao Paulo contiene ya 20 por ciento de alcohol, y la compañía municipal de teléfonos y telecomunicaciones tiene una flota de vehículos motorizados que operan con alcohol puro. Grandes áreas de tierras agrícolas se están reservando para caña de azúcar y yuca para proveer la materia prima para la fermentación (Cf. *Turrialba* 27: 226).

Metry Bacila y Jorge Horil, de la Universidad de São Paulo, han producido los mutantes exponiendo levaduras "tipo silvestre" ordinarias a ciertos agentes químicos, tales como el tinte acriflavina o al detergente sulfato dodecil de sodio. Estas indujeron una mutación permanente del DNA mitocondrial de manera que una enzima clave, la citocromo oxidasa, ya no es sintetizada. Los mitocondrios son inhibidos de llevar a cabo su función normal de agente oxidante, y esto aumenta el porcentaje que fermenta hacia el alcohol. Los investigadores mostraron que para la misma cantidad de azúcar consumida en la fermentación, los mutantes produjeron dos veces más alcohol que las células normales, aunque crecieron mucho más lentamente.

Publicaciones

Agricultura Técnica en México. El Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) de México ha puesto en circulación el número 1 del volumen 4 de la revista *Agricultura Técnica en México*, que había dejado de aparecer desde mediados de 1976. El presente número, que ha sido distribuido en febrero de 1979, cubre el período que va de julio de 1976 a diciembre de 1977; el número 2 cubrirá el período de enero a diciembre de 1978 y se anuncia que a partir de 1979 no habrá retrasos pues las autoridades del INIA han puesto su empeño en la regularización y mejoramiento de la revista. Le deseamos a esta revista que tenga éxito en su nueva época y deje atrás la vida accidentada que ha tenido: tiene ya 23 años pero sólo 4 volúmenes (el vol. 3 comprende de 1970 a 1976). La revista aparece con un nuevo formato y con varias innovaciones; el flamante número, de 121 páginas, contiene 9 artículos de investigación que tratan de experimentos sobre algodón, maíz, cocotero, aguacate, cártamo, frijol y sorgo. El director sigue siendo Ruben Hermesdorf.

Características y composición química de las lluvias de los Andes occidentales de Venezuela*

U. STEINHARDT**, H. W. FASSBENDER**

ABSTRACT

During one year the rainfall patterns in San Eusebio, northwestern Venezuela (cloud forest, 2300 m NN, 8° 37' N, 71° 21' W) was registered, rain water collected and analysed for chemical content.

During this period a total amount of 1576 rainfall was recorded, which is higher than the six years average of 1453 mm. Rainfall days were recorded per year, only 21 events exceeded 5 mm. The rainfall pattern is related to geographical position, altitude wind and clouds formation in the area.

The following chemical inputs with precipitation were measured (Kg/ha and year). N 9.9, P 1.1; S 11.8, Cl 59.4; Na 3.26; K 2.60; Ca 5.60, Mg 5.23; Al 2.43, H 0.81. As sources for chemical particulates and gases in the atmosphere are discussed. marine aerosols, gases from petrochemical industry and soil particulates from colian erosion.

Heavy metals reached a deposition with rainfall (g/ha and year) of: Mn 230, Fe 900, Cu 45, Zn 30, Pb 33 and Cd 8.6.

Introducción

EL agua es un elemento primordial en la vida de los organismos; la distribución de las lluvias y la humedad relativa del aire determinan la fisonomía de la vegetación y la distribución de los animales, desde los desiertos hasta los bosques pluviales tropicales. El agua es igualmente un factor decisivo en la formación de los suelos como medio de disolución y transporte. Por otro lado desempeña el agua un papel muy importante en la transferencia de los elementos químicos en la biosfera; a través de la transpiración y evaporación se transfiere el agua de la superficie terrestre a la atmósfera para formar nubes en función de la presencia de núcleos de condensación, los cuales son partículas de polvo o aerosoles de diferentes elementos o compuestos químicos; a través de las lluvias se transfieren nuevamente las aguas y los elementos químicos disueltos a la superficie terrestre. La transferencia del nitrógeno, como elemento nutritivo ha sido objeto de estudios anteriores (1, 7). La

medición de la transferencia de otros elementos químicos en asociación con la polución global y la adición de elementos nutritivos y tóxicos en los ecosistemas se ha incrementado en los últimos años, no sólo en áreas templadas (6, 11, 16, 24), sino también en áreas tropicales (10, 19).

Dentro de un programa de estudios de los ecosistemas forestales de la región occidental de los Andes de Venezuela, se realizaron mediciones de las lluvias y análisis químicos respectivos, cuyos resultados se presentan en este trabajo.

Materiales y métodos

Muestreo y registros pluviométricos

El estudio se realizó en el bosque "San Eusebio" (La Carbonera) de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de los Andes, localizada en la ladera noroccidental de la Sierra de Mérida (8° 37' norte, 71° 21' este, a una altura de 2300 msnm). Según la Figura 1, el lugar de muestreo está localizado al suroriente de Maracaibo (aproximadamente 200 km), de la región de explotación del petróleo en el lago de Maracaibo y de las orillas del mar del Caribe.

* Recibido para la publicación el 13 de marzo de 1979

** Instituto de Suelos y Nutrición Forestales de la Universidad de Göttinga. D-3400 Göttingen-Weende. Büsgenweg 2 República Federal de Alemania.

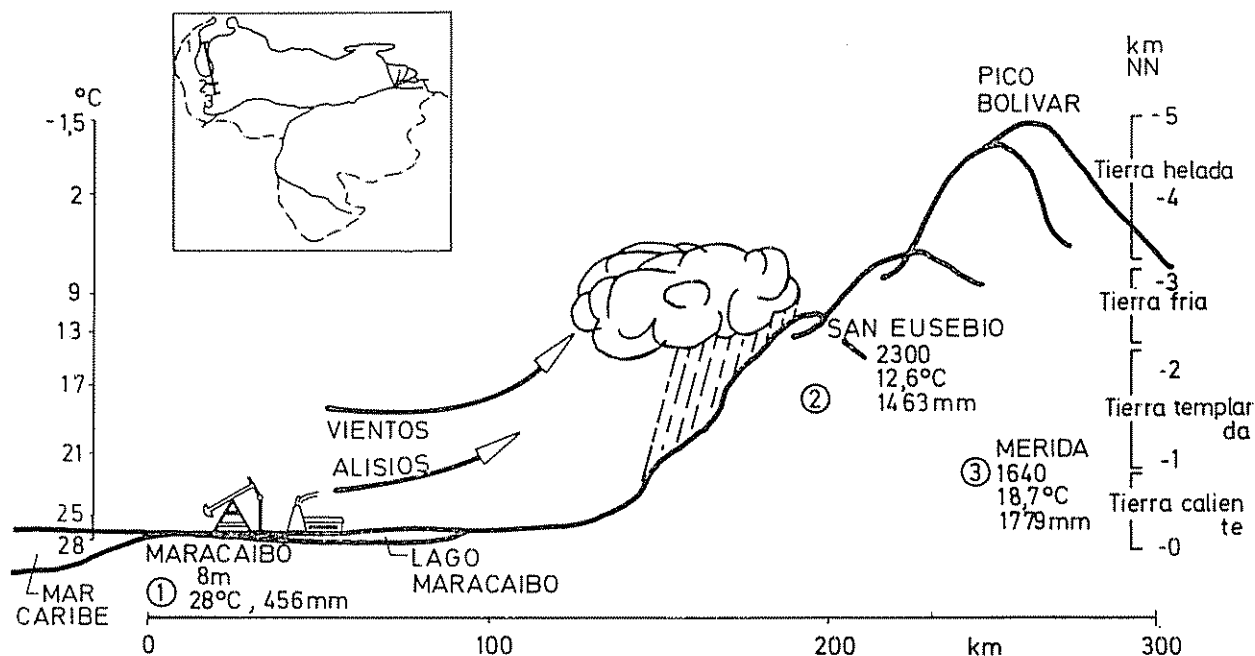


Fig. 1.—Representación esquemática del lugar de muestreo en "San Eusebio" (Regiones ecológicas y temperaturas adaptadas de Walter (27), datos de Maracaibo y Mérida (28))

Bajo la influencia de los vientos alisios, de la humedad relativa del aire y de las temperaturas reinantes se desarrolla una zona de nubes y nieblas entre 2000 y 3500 msnm; bajo éstas condiciones se ha establecido un bosque submontano nublado húmedo (8, 27). La zona del estudio se encuentra en el área de influencia de los vientos alisios surorientales, los cuales antes de llegar a la zona pasan por Curazao (Willhelmstaat), Aruba (San Nicolás) y Coro (El Cardon, Amuay) donde funcionan refinerías de petróleo con capacidad de más de 15 millones de toneladas por año.

En una parcela de tala rasa dentro del bosque se llevaron a cabo las mediciones pluviométricas entre diciembre 1973 y noviembre 1974 utilizando un pluviógrafo de Hellmann de registro semanal continuo. Como control de las mediciones y para la recolección de muestras de agua de lluvia se utilizaron 30 pluviómetros de material plástico que se observaron dos veces por semana; en los meses de mayor pluviosidad, más frecuentemente. Para la colección de las muestras se consideraron tres repeticiones, correspondiendo cada una a una línea de 10 pluviómetros a una distancia de 5 metros entre ellos. Las muestras colectadas se homogeneizaron y se guardaron congeladas hasta el momento del análisis.

Para el estudio de las interacciones entre los diferentes elementos químicos se colectaron 27 muestras de precipitaciones separadas de diferente intensidad.

Análisis químicos

Después de ser descongeladas las muestras mensuales de agua de lluvia se evaporó una alícuota de las

mismas lentamente en relación 10:1 utilizando una plancha eléctrica a 60°C y así poder hacer algunos análisis (N, P, Fe, Mn, Al). Los siguientes análisis se realizaron en los laboratorios del Instituto de Geografía de la Universidad de los Andes en Mérida utilizando los siguientes métodos:

- pH con un electrodo de vidrio en la muestra original
- N después de una digestión con $\text{Se-H}_2\text{SO}_4$ (Kjeldahl) y titulación con ácido bórico (2).
- P en la muestra evaporada 10:1 en forma de fosfomolibdato de amonio (2)
- Na y K con un espectrógrafo Zeiss PF 5 en las muestras originales.
- Ca y Mg por espectrofotometría de absorción atómica (Perkin Elmer 303), utilizando óxido de lantano para controlar interferencias.
- Fe, Mn, Zn y Al igualmente por espectrometría de absorción atómica pero en las muestras evaporadas 10:1.

Mezclando las tres repeticiones mensuales de las muestras de lluvia se prepararon muestras que fueron transportadas congeladas y directamente analizadas en el Instituto de Suelos y Nutrición Forestales de la Universidad de Gotinga en los siguientes elementos (9):

- Cl titrimétricamente como AgCl

Cuadro 1.—Lluvias mensuales en mm o l/m² (Dic 1973) en 6 años, y sus valores de pH y concentraciones en N, P, S, y Cl (mg/l).

	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	Suma Promedio	Cv %
1973/74	77,90	61,90	44,60	70,30	124,90	252,90	42,70	140,70	90,60	326,20	229,30	114,40	1576,40	
6 años	34,60	55,00	30,20	54,30	210,10	189,90	135,60	148,00	171,20	170,70	147,60	104,10	1453,30	
PH	4,23	4,01	4,35	4,61	6,21	3,85	3,96	4,30	3,93	4,76	4,81	4,78	4,55	
N	0,48	0,87	0,54	0,46	0,81	0,39	0,55	0,42	0,71	0,71	0,60	1,11	0,64	5,60
P	0,02	0,04	0,04	0,03	0,01	0,06	0,04	0,02	0,057	0,147	0,072	0,328	0,052	15,50
S	—	—	—	—	0,65	0,65	1,50	0,70	1,20	0,55	0,65	0,55	0,80	
Cl	—	—	—	—	8,51	3,28	2,23	5,67	8,53	1,86	2,75	3,19	4,50	

— S colorimétricamente con el Autoanalyser de Fa Technicon como complejo de Salicilato-nitroprusito.

— Pb, Cd y Cu por la espectrometría de absorción atómica con la cápsula de grafito de la Fa. Perkin-Elmer.

Las 27 muestras de aguaceros separados fueron analizadas en los laboratorios en Gottinga, Utilizando los métodos arriba indicados a excepción de: (9)

— N colorimétricamente después de una digestión con H₂SO₄ por el método de Kjeldahl como complejo de salicilato-nitroprusito.

— Fe y Al también colorimétricamente con el Autoanalyser como complejo de fenantrolina y alumina.

— Na y K por espectrometría de absorción atómica con el Perkin-Elmer 403

Cálculo de las tasas de transferencia de elementos nutritivos

Con las concentraciones encontradas se calcularon los valores promedios mensuales y su desviación estándar. En función de las concentraciones (mg/l o µg/l) y las cantidades de lluvia mensuales (l/m² o mm) se calcularon las tasas de transferencia de la atmósfera a la superficie terrestre y sus desviaciones estándar correspondientes.

Resultados y discusión

Régimen de lluvias

Las lluvias mensuales durante la época de medición están resumidas en el Cuadro 1 y representadas gráficamente en la Fig. 2. Durante esa época se registraron dos períodos de lluvias abundantes (abril/mayo y septiembre/octubre). Los mínimos de lluvias se registraron en febrero y junio respectivamente. La suma total

alcanzó 1576 mm. Comparando la distribución de las lluvias medidas en el promedio de 6 años (medido en diferentes lugares cerca de la parcela de tala rasa en la Reserva de San Eusebio) se constata que los meses de febrero y marzo son los de menor lluvia (Cuadro 1, Fig. 2). Los meses de mayo a septiembre no representan valores tan extremos; sin embargo tienen siempre un carácter perhúmedo (>100 mm). El promedio general de lluvias alcanza 1453 mm al año.

En el año de estudio se registraron en total 265 días con aguaceros, con valores extremos mínimos mensuales de 15 días con lluvia en febrero y junio y 28 días con lluvias en septiembre y octubre. La ocurrencia diaria de las lluvias se caracteriza por un inicio generalmente en las horas de la tarde con valores promedios diarios entre 2,3 y 7,6 horas, aunque existen días con dos aguaceros y períodos de lluvia o sequía continuos no regulares. Durante todo el año se registraron 21 chaparrones con lluvias mayores que 5 mm. Los valores extremos de lluvias alcanzaron 34,7 y 39,8 mm en un día.

El origen y la distribución de las lluvias está estrechamente asociado a la posición geográfica de la región, la circulación planetaria de las masas de aire, la formación de vientos alisios en el mar del Caribe que ascienden en los flancos de los Andes formando nubes y nieblas que se descargan en las laderas y valles andinos. Así las lluvias anuales aumentan de 456 mm en Maracaibo a 1453 en San Eusebio y 1779 en Mérida (1) (Figura 1). La zona sur del mar del Caribe se encuentra en el flanco sudoccidental de la zona de presiones altas nordatlánticas y sus variaciones estacionales determinan el régimen de lluvias. En el "verano" (abril-noviembre) se registran vientos alisios ascendentes de velocidades medias desde las superficies de mares y suelos hacia la tropósfera que generan lluvias. En el "invierno" (noviembre-marzo) se localiza un centro de altas presiones en la región del estudio, la velocidad de ascenso de las masas de aire disminuye, muchas veces se producen inversiones y las lluvias disminuyen notablemente por la falta de formación de nubes (12). Un régimen muy similar de

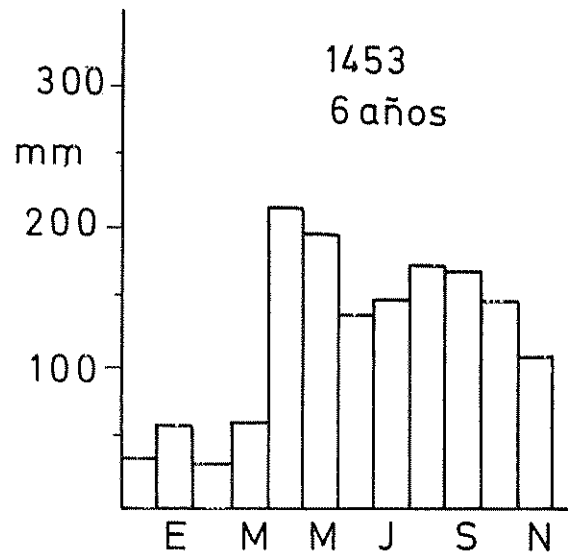
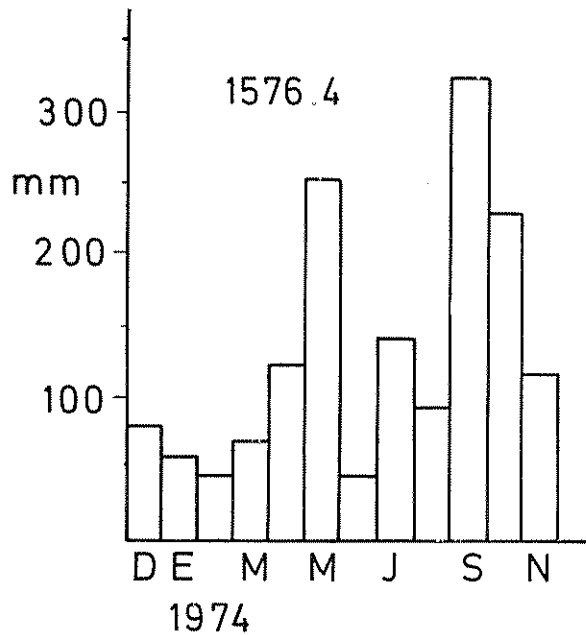


Fig. 2.—Lluvias mensuales en el año de mediciones (dic. 1973 - nov. 1974) y en promedio de 6 años.

lluvias fue observado por Hermann (12) en la Sierra Nevada de Santa Marta en la región nororiental de Colombia (aproximadamente 450 km al noreste de la región del presente estudio) con 351 mm en Santa Marta y un ascenso a 2500 mm en la Cuchilla de San Lorenzo (2100 msnm) y 1800 mm en el Pico de San Hilario (3500 msnm). Aquí igualmente se registran vientos alisios ascendentes en los Andes que determinan la distribución y cantidad de las lluvias.

Composición y deposición química con las Lluvias

Elementos no metálicos

Las concentraciones de los elementos N, P, Cl y S en las aguas de lluvia se presentan en el Cuadro 1, las tasas de deposición resultantes en el Cuadro 4.

Las concentraciones de N oscilan entre 0,39 y 1,11 mgN/l; en un promedio de 0,64 mg/l presentan un coeficiente de variación bajo (5,6%). La tasa de deposición anual de $9,9 \pm 0,56$ kg/ha y año queda dentro del marco de los valores encontrados en la literatura para áreas tropicales, los cuales oscilan entre 4,8 y 35,4 kg N/ha y año (Cuadro 4). Los valores de la literatura son muy variables ya que como fuente más importante del nitrógeno se consideran las descargas eléctricas de las nubes con formación de rayos dentro de los cuales se alcanzan tensiones eléctricas muy altas capaces de inducir la oxidación del nitrógeno atómico atmosférico (7, 14). En el área de estudio es factible que la quema de gases excesivos en la extracción del petróleo en las regiones del lago de

Maracaibo conlleve a la volatilización de gases nitrogenados que ascienden con los vientos ascendentes en los flancos de los Andes contribuyendo notablemente a los valores encontrados. De la industria petroquímica en El Cardon y Amuray (Coro) así como Curazao y Aruba resultan seguramente gases nitrogenados que influyen en los valores encontrados. Los valores encontrados en áreas templadas (Cuadro 4) (7, 16, 24) son generalmente más altos debido a la quema e incineración de materias primas de energía y calor (carbón, hulla, gas) las cuales presentan contenidos variables de nitrógeno.

Las concentraciones de fósforo son siempre bajas, a excepción de los meses de septiembre a noviembre;

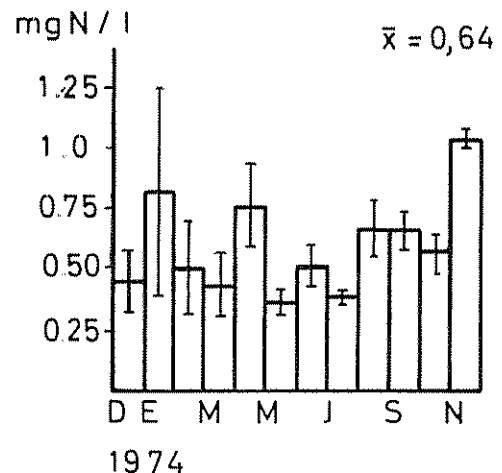


Fig. 3.—Concentraciones promedio mensuales de nitrógeno en las aguas de lluvia.

Cuadro 2.—Concentración de Na, K, Ca, Mg y Al en las muestras mensuales de lluvia (mg/l) y su coeficiente de variación (%)

	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	Promed	Cv%
Na	0,517	0,200	0,317	0,350	0,767	0,150	0,383	0,250	0,250	0,040	0,010	0,100	0,287	13,9
K	0,300	0,010	0,433	0,300	0,300	0,010	0,300	0,300	0,300	0,010	0,300	0,010	0,214	4,0
Ca	0,710	0,460	0,377	0,653	0,413	1,050	0,363	0,193	0,207	0,010	0,060	0,120	0,385	31,7
Mg	0,977	0,643	1,470	0,743	0,643	0,117	0,567	0,260	0,357	0,143	0,093	0,160	0,514	1,0
Al	0,150	0,067	0,153	0,023	0,060	0,060	0,177	0,180	0,243	0,117	0,250	0,403	0,157	7,2

ellos conllevan a un coeficiente de variación más alto (16 por ciento). La posibilidad de una contaminación de las muestras con polen, insectos u otros materiales biológicos no es muy probable ya que las tres repeticiones, provenientes cada una de 10 pluviómetros arrojan concentraciones similares. Sin embargo un error analítico rutinario no se puede controlar con los datos disponibles. La tasa de transferencia de P con $1,1 \pm 0,19$ kg/ha y año es relativamente alta en relación con los datos de la literatura (Cuadro 4).

Para los elementos S y Cl sólo se analizaron 8 muestras promedio mensuales; por ello no se indican en los Cuadros 1 y 4 las variaciones estadísticas correspondientes; para el cálculo de las tasas de transferencia en los meses no analizados, se tomaron las concentraciones promedio de los meses analizados (S=0,80; Cl=4,50 mg/l). Las concentraciones de S son bastante constantes, oscilando entre 0,55 y 1,50 mg S/l; la deposición correspondiente alcanza 11,8 kg S/ha y año. Valores comparativos de áreas tropicales casi no se encuentran en la literatura, los valores de Uganda (26) y Zaire (7) con respectivamente 7,6 y 4,6 kg S/ha y año son más bajos que los resultados obtenidos en éste estudio. Igualmente que para el N, se encuentran para el S en mediciones de climas templados valores más altos (Cuadro 4).

Las concentraciones de cloro son bastante variables, quedan entre 1,8 y 8,5 mg/l y con el promedio de

4,6 mg/l (Cuadro 1) y conllevan a una deposición de 59,4 kg Cl/ha y año. Este valor es relativamente alto al compararlo con los valores de la literatura. Varios autores consideran la formación de aerosoles de NaCl en la superficie del mar, los cuales son trasladados con las masas de aire y lavados con las lluvias (5, 7, 14, 25). De ello resulta que la deposición de cloro disminuye notablemente con la distancia de la costa, por ejemplo en Nueva Zelanda de 216 a 35 Kg Cl por ha y año al aumentar la distancia de la costa de 0,5 a 61 km. Sorprendente resulta sin embargo que en las mediciones realizadas en este estudio y en otros trabajos no se constata una relación Na : Cl como la existente en el cloruro de sodio (1,54) o en el agua de mar (1,8), aun cuando no se encuentre una correlación significativa entre ambos elementos. El análisis de correlación de las 27 muestras de agua de aguaceros separados indica más bien que el cloro guarda una correlación significativa con el hidrógeno ($r=0,757^{**}$) lo cual sugiere la hipótesis de que los ácidos utilizados en la industria petroquímica y la quema de gases excesivos en la explotación del petróleo pueden ser fuente de contaminación de la atmósfera.

La composición promedio aniónica de las aguas de lluvia llega a $178,82 \pm 64,5 \cdot \mu$ Mol/l y se distribuye en los elementos Cl, S y P en 69, 30 y 1 por ciento respectivamente. Los valores del nitrógeno total

Cuadro 3.—Concentraciones de los metales pesados (Mn, Fe, Cu, Zn, Cd y Pb, μ g/l) en las muestras mensuales de lluvia.

	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	Promedio	Cv %
Mn	17	10	10	10	101	10	130	10	30	10	10	10	22,00	1,90
Fe	87	57	77	67	40	30	160	27	103	40	70	87	70,00	11,30
Cu	—	—	—	—	2,10	1,90	0,77	4,60	6,00	3,70	2,40	0,87	2,79	
Zn	1,10	1,10	4,53	5,61	1,75	1,25	1,69	1,50	5,16	1,44	1,29	2,05	2,40	
Cd	—	—	—	—	0,96	0,55	1,35	0,65	1,00	0,25	0,23	0,48	0,68	
Pb	—	—	—	—	2,33	2,00	6,00	2,60	2,00	1,10	2,40	4,25	2,83	

Cuadro 4.—Tasas de deposición de elementos químicos (kg/ha y año) en San Eusebio en comparación con valores de la literatura.

Lugar.	País	N	P	S	Cl	Na	K	Ca	Mg	Al	H
San Eusebio	Venezuela	9,90	1,10	11,8	59,40	3,26	2,60	5,60	5,23	2,43	0,81
Variación estandar (\pm)		0,56	0,19			0,45	0,10	1,76	0,05	0,17	—
Santa Fe	Panamá (11)	—	0,95	—	—	30,70	9,50	29,30	4,86	—	—
Adiorodoumé	Costa Marfil (22)	21,20	2,30	—	—	—	5,50	30,00	7,00	—	—
Kade	Ghana (19)	14,00	0,42	—	—	—	17,50	12,70	11,33	—	—
Younde,	Camerun (4)	12,00	1,70	—	—	—	12,00	3,80	1,50	—	—
Samaru,	Nigeria (14)	4,80	—	—	—	61,11	37,20	1,00	2,95	—	—
Kampala	Uganda (26)	19,10	—	7,60	11,40	21,70	21,60	—	—	—	—
	Zaire (8)	6,4	—	4,60	3,50	1,70	2,00	3,90	1,07	—	—
	Gambia (23)	35,40	0,25	—	—	8,10	4,30	2,90	—	—	—
Manaos	Brasil (16)	10,00	0,30	—	—	—	—	3,7	3,0	—	—
El Verde	Puerto Rico (20)	14,00	—	—	—	135,10	—	33,60	26,28	—	—
Berkeley	USA (18)	2,00	0,81	14,51	5,81	6,60	1,72	2,20	0,33	—	0,06
Hubbar Brook	USA (19)	22,60	0,13	38,40	7,01	1,59	0,89	2,17	0,58	—	0,98
				$\pm 2,50$		$\pm 0,12$	$\pm 0,19$	$\pm 0,12$	$\pm 0,07$		
Solling	Alemania (29)	22,60	0,80	24,10	16,00	7,20	3,70	14,40	2,40	1,10	0,80

no se consideran en esta evaluación ya que sus formas amoniacales y orgánicas son más bien de carácter catiónico y ellos no fueron analizadas por separado.

Metales alcalinos, térreos y alcalinotérreos

Las concentraciones mensuales promedio encontradas para los elementos Na, K, Ca, Mg y Al se presentan en el Cuadro 2, las tasas de transferencia en el Cuadro 4. El orden encontrado en las concentraciones guarda la secuencia Mg, Ca, Na, K y Al; sin embargo, los coeficientes de variación son muy heterogéneos, variando entre 1,0 y 32 por ciento para el magnesio y el calcio. Las concentraciones y variaciones encontradas conllevan a una deposición de estos elementos relativamente pequeña. La deposición de Na con $3,26 \pm 0,45$ kg/ha y año es baja en relación con los valores de la literatura; en sitios más cercanos al mar como en El Verde, Puerto Rico (19) se han encontrado valores de hasta 125 kg/ha y año. La deposición del K con $2,6 \pm 0,10$ kg/ha y año es igualmente baja en comparación con los valores de la literatura. Las deposiciones de Ca y Mg se encuentran más bien dentro del rango normal encontrado en áreas tropicales. La deposición de Al con $2,43 \pm 0,17$ kg/ha y año es más baja que la de los elementos alcalinos y alcalinotérreos; un criterio de comparación no existe pues no existen datos en la literatura.

La interpretación de la secuencia de las concentraciones y tasas de deposición de éstos elementos es difícil. Sin duda la quema de gases en la explotación del petróleo es una fuente de aerosoles que contienen esos elementos. En la evaluación de las correlaciones entre elementos, basándose en las 27 muestras de aguaceros separados, se encontraron relaciones muy estrechas entre Na, K, Ca y Mg pero no así con Al. El Na correlaciona con K ($r = 0,805^{**}$) y con Ca ($r = 0,668^{**}$); el K con Ca ($r = 0,636^{**}$) y Mg ($r = 0,568^{**}$). Ello sugiere que la formación de polvos y aerosoles a partir de los suelos y rocas de la región en forma de una erosión eólica sea una fuente de esos elementos en las aguas de lluvia. Ello se ratifica por la circunstancia de que la región xerófila al norte del sitio de muestreo, por donde pasan los vientos alisios ascendentes, tiene una cobertura vegetal escasa; la mayor parte de la península de la Guajira y la región costera de los estados de Falcon, Coro y Zulia pertenecen a las formaciones de bosque seco espinoso, muy seco y seco tropical (8).

Metales pesados

Las concentraciones encontradas en las aguas de lluvia para los elementos Mn, Fe, Cu, Zn, Cd y Pb son relativamente pequeñas (Cuadro 3). Los coeficientes de variación para el Mn (1,9%), Fe (11,3%)

Cuadro 5.—Tasas de deposición de elementos pesados (g/ha y año) en San Eusebio en comparación con valores de literatura

Lugar	País	Mn	Fe	Cu	Zn	Pb	Cd
San Eusebio	Venezuela	230	900	15	30,3	33,5	8,6
Variación estandar		4	101				
Santa Fe	Panamá (11)	400	300	500	900	600	—
Berkeley	USA (18)	10	70	20	80	—	—
Indiana	USA (21)	—	—	164	983	814	8,2
Solling	Aleman (22)	200	900	233	—	527	17,1

y Zn (3,2%) son bajos, confirmando la homogeneidad de las muestras. Los elementos cobre, cadmio y plomo sólo fueron determinados en las muestras mezcladas de ocho meses; para el cálculo de las tasas de deposición en los meses no analizados, se utilizó el promedio correspondiente. Los promedios para Cu, Zn y Pb son comparables; esos elementos correlacionan entre ellos significativamente (Cu vs Zn $r = 0,622^{**}$; Cu vs Pb $r = 0,627^{**}$). Las concentraciones de cadmio son más bajas; este elemento correlaciona significativamente con el plomo ($r = 0,583^{**}$). Las tasas de deposición para Cu, Pb y Zn alcanzan 45, 33 y 30 g/ha y año son bajas en comparación con los valores encontrados en Panamá por Golley y colaboradores (10). Igualmente son los valores encontrados más pequeños que los encontrados en Alemania por Ulrich *et al.* (24). Sin embargo, y por la falta de valores comparativos, es difícil interpretar si la deposición encontrada, especialmente para Pb y Cd, representa una contaminación severa del ecosistema.

Valores de pH

El pH de las muestras analizadas oscila entre 3,83 y 6,21 y alcanza un promedio de 4,55 (Cuadro 1). De acuerdo con la Figura 4 no se puede encontrar una tendencia definida en el año de mediciones. La reacción de las aguas de lluvia se encuentra dentro del ámbito de mediana acidez. Mediciones del pH realizadas en aguas de lluvia en Manaos han arrojado valores comparables (21); en 43 muestras de la época de lluvia se encontró un valor promedio de pH de 4,65; en 10 muestras de la época de sequía un promedio de 4,54. Una explicación de las fuentes de hidrógeno en la atmósfera no es por ahora factible. Los valores de H correlacionan significativamente con el

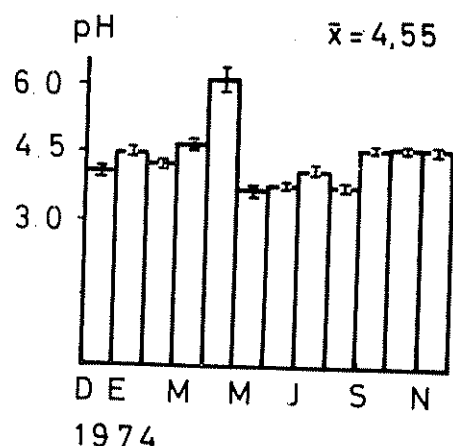


Fig. 4.—Valores mensuales promedio de pH en aguas de lluvia.

cloro ($r = 0,757^{**}$) y el azufre ($r = 0,386^{*}$); es probable que la formación y disociación del HCl y H_2SO_4 en las nubes sea una fuente importante del hidrógeno.

La suma de los cationes en las muestras del agua de lluvia alcanza un valor promedio mensual de $150 \pm 67 \mu \text{ Mol/l}$. En la distribución de los cationes juega el H un papel importante (31,6%), siguiendo Mg (27,6%), Al (14,8%), Ca (11,7%) y Na (8,0). Los otros cationes (K, Fe y Mn, etc.) contribuyen poco en la composición de las lluvias.

La tasa de deposición del hidrógeno es de 0,81 kg/ha y año. El efecto acidulante de este elemento es comparable con los efectos encontrados en regiones templadas (4). Los valores de H encontrados en los ecosistemas de Hubbardbrook, USA, (16) alcanzan un promedio de 10 años 0,98; para los ecosistemas del Solling, Alemania (25) se han registrado en 8 años valores promedios de 0,80 kg/ha y año. El impacto del H en los ecosistemas tropicales debe ser objeto de estudios futuros.

Resumen

Durante un año se observaron los regímenes de lluvia en la selva nublada de San Eusebio en los Andes de Venezuela (2300msnm, $8^{\circ} 37'$ norte, $71^{\circ} 21'$ este) y se analizaron las muestras correspondientes para determinar las tasas de deposición de diferentes elementos químicos en la región.

La suma total de las lluvias alcanzó 1576 mm en el año de estudio y se encuentra ligeramente bajo el promedio de 6 años de observaciones (1453 mm). En el año se registraron 265 días de lluvias y sólo 21 chaparrones con más de 5 mm de lluvia. El régimen pluvial está asociado directamente con la posición geográfica y altitudinal, los vientos alisios del mar del Caribe que ascienden en los flancos de los Andes y las temperaturas de condensación reinantes.

Los análisis químicos arrojaron los siguientes valores de tasas de deposición de elementos químicos (kg/ha y año): N 9,9; P 1,1; S 11,84 Cl 59,4; Na 3,26; K 2,60; Ca 5,6; Mg 5,23; Al 2,43 y H 0,81. Como fuente de esos elementos en la atmósfera, se consideran los aerosoles marinos y los provenientes de la quema de los gases excesivos en la explotación del petróleo y partículas de erosión cólica al norte de la región en estudio. Se discuten los valores en comparación con los encontrados en la literatura. Los elementos pesados alcanzaron las siguientes tasas de deposición (g/ha y año): Mn 230; Fe 900; Cu 45; Zn 30; Pb 33 y Cd 8,6.

Literatura citada

- 1 BARTHOLOMEW, W.V. y CLARK, F.E. Soil nitrogen. Madison, Wis 1965, 15 p.
- 2 BLACK, C.A. ed. Methods of soil analysis ASA- Monographs 9. Madison, Wis 1965, 1572 p.
- 3 BOYER, J. Cycles de la matière organique et des éléments minéraux dans une cacaoyère camerounaise. Café, Cacao, Thé 17: 3-23 1973.
- 4 DOCHINGER, I.S. y SELIGA, T.A. ed. Proceedings of the First International Symposium on acid precipitation and the forest ecosystem. Upper Darby, Pa. Northeast Forestry Experiment Station, General Technical Report NE-23, 1976 1074 p.
- 5 DYRSSEN, D. The changing chemistry of the oceans. Ambio (Succia) 1: 21-26 1972.
- 6 ELLENBERG, H. Integrated experimental ecology. Berlin, Springer Verlag, 1971 214 p.
- 7 ERIKSSON, E. Composition of atmospheric precipitation. I Nitrogen compounds. II Sulfur, chloride, iodine compounds. Tellus 4: 215-230, 280-303: 1952.
- 8 EWEL, J. J. y MADRIZ, A. Zonas de vida de Venezuela, Caracas, Ministerio de Agricultura y Cría, 1968. 264 p.
- 9 FASSBENDER, H.W. y AHRENS, E. Laborvorschriften und Praktikumsanleitung Göttingen Bodenkunde Berichte 7: 1-88 1977.
- 10 GOLLEY, F.B. *et al.* Mineral cycling in a tropical moist forest ecosystem. Athens. University of Georgia Press 1975. 248 p.
- 11 HEINRICHS, H. y MAYER, R. Distribution and cycling of major and trace elements in two Central European forest ecosystems. Journal of Environmental Quality 6:402-407 1977.
- 12 HERMANN, R. Zur regionalhydrologischen Analyse und Gliederung der nordwestlichen Sierra Nevada de Santa Marta (Kolumbien). Giessener Geographischen Schriften 23: 1-88 1971.
- 13 JONES, M.J. y BROMFIELD, A.R. Nitrogen rainfall at Samaru, Nigeria. Nature 227: 86. 1970.
- 14 JUNGE, C.E. Air chemistry and radioactivity. Academic Press, 1963. 382 p.
- 15 KLINGE, H. y FIITKAU, E.J. Filterfunktionen im Ökosystem des Zentralamazonischen Regenwaldes. Mitteilungen der deutschen Bodenkunde Gesellschaft 16:130-135 1972.
- 16 LIKENS, G.E. *et al.* Biogeochemistry of a forested ecosystem. New York. Springer 1977 146 p.
- 17 MAC COLL, J.G. y BUSH, D.S. Precipitation and throughfall chemistry in the San Francisco Bay area. Journal of Environmental Quality 7:352-357. 1978.
- 18 NYE, P.H. y GREELAND, D.J. Changes in the soil after clearing tropical forest. Plant and Soil 21: 101-110 1964.
- 19 ODUM, H.T. A Tropical rain forest. Washington, U.S. Atomic Energy Commission. 1970 s.n.
- 20 PARKER, G.R. *et al.* Metal distribution in forested ecosystems in urban and rural northwestern Indiana. Journal of Environmental Quality 7:337-342 1978.
- 21 REGENWASSERANALYSEN aus Zentralamazonien. Amazoniana 3: 186-198. 1972.
- 22 ROOSE, E.J. Influence du type de plante et du niveau de fertilisation sur la composition des eaux de drainage en climat tropical humide. Com. XIII. Journal de Hydraulique, 1974.
- 23 THORNTON, I. Nutrient content of rain water in the Gambia. Nature 205: 1025. 1965.
- 24 ULRICH, B. *et al.* Input, Output und interner Umsatz von chemischen Elementen bei einem Buchen und einem Fichtenbestand. Verhandlungen der Gesellschaft fuer Ökologie (Göttingen) 1976 pp. 17-28.
- 25 ULRICH, B. *et al.* Fracht an chemischen Elementen im Niederschlagswasser im Solling. Zeitschrift (en prensa). 1979.
- 26 VISSER, S.A. Chemical composition of rain water in Kampala, Uganda, and its relation to meteorological and topographical conditions. Journal of Geophysical Research 66:3754-3765. 1961.
- 27 WALTER, H. Die Vegetation der Erde. Stuttgart G. Fischer Verlag 1973. 743 p.
- 28 WALTER, H. y LIETH, H. Klimadiagramm Weltatlas. Jena, G. Fischer Verlag 1960. s.p.

Soil organic matter in relation to altitude in equatorial Colombia* ————— EARL B. ALEXANDER**, JOSE PICHOTT***

COMPENDIO

La influencia del dióxido de carbono atmosférico en el clima del mundo y su incremento debido a la quema de combustibles fósiles ha estimulado un interés mundial en el ciclo del carbono. Los suelos son importantes en este ciclo, porque mucho carbón orgánico es almacenado en ellos. En una región de Colombia con clima tropical húmedo, el carbón (método Walkley-Black) almacenado a un metro de profundidad en estos suelos (excluyendo el lecho superficial) fue del orden de 6,9 kg/m² a 600 m de altitud hasta 33,8 kg/m² a 3.700 m de altitud.

Una ecuación exponencial predice valores de 5,7 a 59,0 kg/m² entre el nivel del mar y 4.000 m de altitud ($r = 0,78$ para 16 muestras). A 25 cm de profundidad, los valores correspondientes son de 1,8 a 32,9 kg/m² ($r = 0,84$ para 31 muestras).

En los suelos, la relación carbono orgánico, a nitrógeno total se aumenta con el incremento de la altitud, pero con una aparente discontinuidad desde menor a 10 aproximadamente por debajo de 2.000 m hasta mayor de 12 por encima de los 2.000 metros de altitud. Esto implica discontinuidad en la relación entre carbono o nitrógeno o ambos y la altitud.

Introduction

THE global carbon cycle has attracted special interest due to the possible climatic implications of burning fossil fuels (3, 14). Large quantities of organic carbon are stored in soils. These quantities are not low in tropical soils (9), contrary to much popular opinion, and they increase considerably with altitude (10). Since previous studies have generally been confined to surface soils, we have compiled organic carbon contents to one meter depths in pedons sampled for soil characterization in an inventory of the soils of eastern Cundinamarca, Colombia. The resulting soil organic carbon-altitude relationships will allow more accurate estimates of carbon storage in the humid tropics.

Organic carbon data are compiled from soils in eastern Cundinamarca (Figure 1) because it is an area

of considerable relief lacking noticeable influence from volcanic ash. The soil organic carbon-altitude relationship is obscured in areas of abundant recent volcanic ash deposits (11)

Environmental Setting

In Colombia, the Andes Mountains are split into three distinct ranges separated by the Cauca and Magdalena Rivers (Figure 1). The Department of Cundinamarca straddles the eastern range, or Cordillera Oriental. Data from 31 freely drained pedons in the Medina-Río Guavio area of eastern Cundinamarca (Río Negro area excluded) were used to establish soil organic carbon-altitude relationships. This area is between 4° and 5° N latitude and altitudes range from approximately 300 meters on the Llanos Orientales, a very large plain east of the mountains, to 4000 meters on the crest of the Cordillera Oriental.

Geology In eastern Cundinamarca, the Cordillera Oriental consists predominantly of Mesozoic and older sedimentary and metamorphic rocks with lesser amounts of plutonic rocks and Tertiary sedimentary rocks

* Received for publication October 3rd, 1978

** Soil Scientist, Forest Service, USDA 630 Sansome Street, San Francisco, California, 94111. formerly FAO Technical Officer in Colombia.

*** Pedologist Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Carrera 30, N° 48-51, Bogotá, Colombia.



Fig 1.—A map of Colombia showing the location of eastern Cundinamarca (solid black) east of Bogotá

The Llanos Orientales are surfaced with Quaternary sediments. These are dissected adjacent to the Cordillera Oriental exposing Tertiary sedimentary rocks. Data used are from pedons over Cretaceous sandstones and shales and similar but softer Tertiary clastic sedimentary rocks, except for the highest and lowest pedons. The highest pedon is on till from clastic sedimentary rocks and some of the lowest pedons are in Quaternary alluvial fan deposits.

Climate Mean annual temperatures in Cundinamarca are related to altitude by the formula $T = 30 - 6A/1000$, where T is temperature in degrees Celsius and A is altitude in meters. However, temperatures in the Medina area average 1 degree higher than predicted by this formula (4). Therefore, mean annual temperatures range between 29°C on the Llanos Orientales, adjacent to the Cordillera Oriental, and 6°C on the crest of the Cordillera Oriental. Monthly means do not vary more than 1 or 2 degrees from the annual means.

Eidt (4) has compiled an isohyetal map showing annual precipitation decreasing with altitude from 170 cm in the Medina area to approximately 100 cm along the crest of the Cordillera Oriental. The annual distribution is bimodal, with maxima in April to May

and in October to November. Evapotranspiration decreases more than precipitation decreases with elevation; therefore, the drier localities are in isolated valleys rather than high in the mountains. Soil water deficits reflected in plant growth are appreciable only in the Rio Negro area of eastern Cundinamarca.

Espinal and Montenegro (5) mapped climatic (life) zones in Colombia. These are based on vegetation related to climate (6) and, since there are few weather recording stations in eastern Cundinamarca, may be better indicators of climate than the maps of Eidt (4). The life zones mapped in eastern Cundinamarca indicate a much wider range of precipitation (less than 100 to more than 400 cm/year) than does the isohyetal map of Eidt (4).

Vegetation. Broadleaf evergreen forest is the natural cover in most of the Medina-Rio Guavio area. Subalpine grasslands, called páramo, predominate above 3200 meters in drier areas and above 3300 meters in wetter areas. Most of the pristine forest has been cut, except in the rugged Farallones de Medina, and nearly all pedons sampled are in unimproved pastures or secondary woodlands.

At approximately 1800 to 2000 meters there are dramatic changes in surface soil horizons related to altitude, and possibly a change in the temperature lapse rate (4), but no obvious changes in vegetative cover. This last observations applies only to physiognomy, since we did not determine plant species compositions.

Table 1.—Upland soils representative of the Medina-Rio Guavio area of eastern Cundinamarca. Shallow soils, which are generally on slopes greater than 65%, are not included

Altitude m	Soil Temperature Regime	Soil Classes (13)
3200-4000	Isomesic ¹	Humitropepts, and Histic Tropaquepts and Tropaqueuds
2600-3300	Isomesic	Andic Humitropepts, sparse Troporthods
1800-2700	Isothermic	Typic and Andic Humitropepts
900-2000	Isothermic and Isohyperthermic	Typic Dystropepts and Typic Tropudults
300-1000	Isohyperthermic	Orthoxic Tropudults, Plinthic Tropudults on convave slopes, and Oxic Dystropepts

¹/ Isofrigid at 4000 meters

Table 2.—Some properties of soils in eastern Cundinamarca. Each of these soils is representative of one of the altitude zones in Table 1.

Horizon	Depth	Moist Color	Soil Texture	Volume Weight	Organic Carbon	C/N Ratio	pH
	cm			g/cm ³	%		
Fine-loamy, mixed, isomesic Andic Humitropept (3250 m).							
A11	0—5	10YR 2/1	loam		19.8	15	3.9
A12	5—30	10YR 2/1	loam	0.68	13.0	15	4.3
A13	30—60	10YR 2/1	cl	0.86	4.4	15	4.9
Cr1	60—80	N 9/0	weakly consolidated sandstone and shale				
Cr2	80 +	2.5YR 6/4 ^{1/}	weakly consolidated sandstone and shale				
Fine, mixed, isomesic Andic Humitropept (2750 m).							
A11	0—24	10YR 3/2	sic		8.2	15	5.1
A12	24—52	10YR 2/1	clay	0.8	3.4	13	5.0
B21	52—75	10YR 5/5	sicl	0.9	1.66	10	5.3
B22	75—90	10YR 6/6	clay	1.12	0.32	5	5.2
BC	90—115	10YR 6/6	cl		0.18	6	5.2
Cr	115—150+	N 9/0	weakly consolidated fine sandstone				
Coarse-loamy, mixed, isothermic Andic Humitropept (2250 m)							
A11	0—15	10YR 2/1	scl		12.4		4.9
A12	15—35	10YR 2/1	sl		8.4		4.7
A13	35—45	10YR 2/2	sl		4.8		5.6
B2	45—115	7.5YR 5/8	sl		1.76		5.3
C	115—130		ls				5.5
Fine, kaolinitic, isothermic Typic Tropudult (1875 m).							
A1	0—26	10YR 3/3	sicl		1.63		4.5
B1	26—37	10YR 5/6	cl		1.27		4.5
B2t	37—75	10YR 6/8	clay		0.62		4.9
B3	75—135		clay		0.35		5.2
R	135 +						
Fine, kaolinitic, isohyperthermic Orthoxic Tropudult (500 m).							
A1	0—3	10YR 4/3	scl		2.45	10	4.7
A3	3—8	2.5Y 5/4	cl		1.31	9	4.8
B1t	8—35	5YR 5/4	cl		0.86	9	4.9
B2t	35—80	5YR 5/6	cl		0.40	7	5.0
B3	80—120	2.5YR 5/6 ^{2/}	cl				
C	120—150+	variegated ^{3/}					

1/ Many, medium, irregular 7.5YR 5/6 mottles.

2/ Common, medium, soft to slightly hard 10R 3/4 to 4/6 mottles.

3/ Red mottles harder than in B3 horizon.

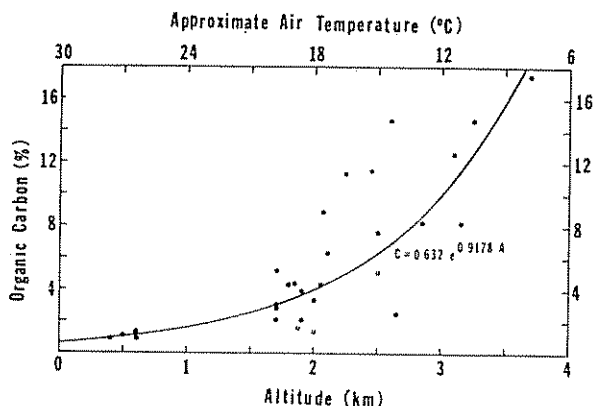


Fig. 2.—Percentages of organic carbon in surface soils (0-20 cm) of the Medina-Rio Guavio area in eastern Cundinamarca

Soils. The most representative soils of the Medina-Rio Guavio area are listed in Table 1. Other than the somewhat poorly drained Tropaquepts and Tropaquods, which appear to be major components of the subalpine grasslands, all of the more extensive soils are well drained. Histosols are common above 2000 meters altitude, but inextensive. Soils in Lithic subgroups of Dystropepts and Humitropepts are common on very steep slopes.

Soils with argillic horizons predominate at lower altitudes but are less prevalent with increasing altitude and absent above 2700 meters in humid areas. There is an abrupt change in epipedon characters at approximately 1800 to 2000 meters, which is common at the same altitude in other parts of Colombia where ever-volcanic ash is not too great an influence. Below 1800 meters ochric epipedons predominate and above 2000

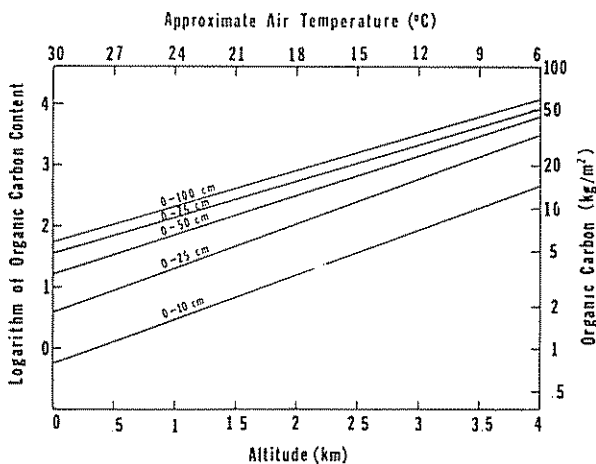


Fig. 3.—Weights of organic carbon (C) in meter squares to 0-10, 0-25, 0-50, 0-75, and 0-100 cm depths based on least squares estimates by equations of the form $\ln(C) = \ln(a) + b \cdot A$, where \ln is the symbol for Napierian logarithm and A is altitude. Soil volumes in cubic meters correspond to depths in meters; therefore 0.1, 0.25, 0.5, 0.75, and 1.0 cubic meters, where soil depths are measured perpendicular to slopes (1)

Table 3—Organic carbon in soils of eastern Cundinamarca.

Pedon Altitude m	Soil Organic Carbon Content 1/				
	kg/m ²				
	0-10 cm	0-25 cm	0-50 cm	0-75 cm	0-100 cm
3700	12.7	25.1	28.4	30.2	33.8
3250	9.8	21.5	32.4		
3150	6.0	14.3	23.1	26.0	28.8
3100	7.8	18.6	32.2	35.7	36.0
2750	5.7	14.0	20.8	24.7	25.5
2650	2.3	5.7	9.4		
2600	8.8	19.3	25.3	28.1	30.6
2500	4.1	9.0	13.5	17.5	
2500	6.5	12.4	16.1		
2450	8.0	20.1	40.2	57.2	61.1
2250	7.4	17.0	27.6	31.6	35.5
2100	4.4	11.0	18.0	23.6	23.1
2075	6.5	15.3	21.8	20.6	
2050	3.4	8.5	15.5		
2000	2.7	6.7	13.5	20.3	27.1
2000	1.3	3.0	5.1	9.4	9.6
1900	2.7	4.4	5.3	7.4	11.0
1900	3.7	7.2	9.4	10.7	12.0
1900	1.9	4.6	7.1	8.3	
1875	1.5	3.7	6.2	8.0	9.3
1850	3.6	7.8	11.4	14.4	
1800	3.4	8.5	15.5		
1700	2.5	6.2	8.5		
1700	4.1	9.1	12.0	13.8	
1700	1.9	4.7	7.8	10.5	13.3
1700	2.5	6.2	12.4	18.5	20.4
600	1.3	2.9	5.5	7.9	
600	1.4	2.9	4.9	6.5	8.0
600	1.2	2.6	5.2	6.7	6.9
500	1.5	3.1	5.0	6.5	
400	0.9	2.3	4.6	6.8	

1/ Organic carbon by Walkley-Black method (2, 8)

meters umbric epipedons predominate. The high altitude umbric epipedons are very friable with low bulk densities regardless of the influence of volcanic ash, although soils with appreciable deposits of recent volcanic ash have epipedons with similar properties at considerably lower altitudes.

Table 4.—The relation of soil organic carbon (C) to altitude (A) in eastern Cundinamarca as determined by regression analyses, assuming an exponential relationship, $C = a e^{bA}$. All of these regressions are highly significant ($p = 0.01$).

Depth	Organic Carbon	Number of Pedons	Constants		Coefficient of Determination	Doubling Altitude	Halving Temperature
			a	b			
cm	units	N			r^2	m	°C
0-10	kg/m ²	31	0.782	0.729	0.703	951	5.7
0-20	%	31	0.6321	0.9178	0.714	755	4.5
0-25	kg/m ²	31	1.780	0.729	0.714	951	5.7
0-50	kg/m ²	31	3.352	0.646	0.638	1073	6.4
0-75	kg/m ²	25	4.773	0.590	0.631	1175	7.0
0-100	kg/m ²	16	5.705	0.584	0.610	1187	7.1

Methods

Field. Soils were described and sampled by horizons. All data used are from freely drained soils on slopes less than 65% (33 degrees). Soil properties most pertinent to soil organic matter-altitude relationships are listed in Table 2.

Laboratory. All quantitative analyses of soil samples were done in the Soils Laboratory of the Departamento Agrológico, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". Organic carbon was determined by the Walkley-Black method and total nitrogen by the Kjeldahl method (12). A few samples were taken in cylinders to determine representative bulk densities.

Calculation. Organic carbon was compiled as percent in the upper 20 cm of soil and as kg/m² to depth of 10, 25, 50, 75, and 100 cm. Although volume samples were not taken from each pedon sampled, enough were taken from several pedons in the Medina-Rio Guavio area and other parts of Cundinamarca to confidently relate bulk density to soil organic matter content (percent by weight). Bulk densities of 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.2, and 1.5 g/cm³ corresponding to organic carbon contents of greater than 12, 6 to 12, 3 to 6, 1.5 to 3, 0.9 to 1.5, 0.6 to 0.9, and less than 0.6% were used in all calculations. No corrections were made for coarse fragments, but few of the soils sampled had many.

Results and discussion

Organic carbon contents of soils in eastern Cundinamarca increase with increasing altitude and decreasing temperature, just as has been reported for other areas by Jenny (9). The results for the Medina-Rio Guavio area of eastern Cundinamarca are summarized in Table 3 and shown graphically in Figures 2 and 3. Organic carbon contents are essentially exponential functions of altitude in the Rio Guavio-Medina area ($C = a e^{bA}$), just as in other areas (7).

Comparisons between data sets are facilitated by doubling altitudes and halving temperatures. The halving temperatures listed in Table 4 compare closely to values of 4.9 to 5.3 determined previously for surface soils in Colombia (9). Doubling altitudes are least for surface soils (0-25 cm), indicating that organic carbon differences are greater in surface than in subsoils. Also, doubling altitudes are less for results compiled in percent than for results compiled as weight in a unit volume (kg m⁻² depth⁻¹), because soil bulk densities (or volume weights) decrease with increasing altitude and organic carbon contents.

The slope of the exponential curve increases at a constant rate as altitude, and hence soil organic carbon, increases. Since soil organic carbon might not be expected to increase at the same rate indefinitely, we tried an equation of the form $C = a e^{bA} A^c$. The slope of this curve would decrease at high altitudes if the constant b were negative, but it was positive for all of

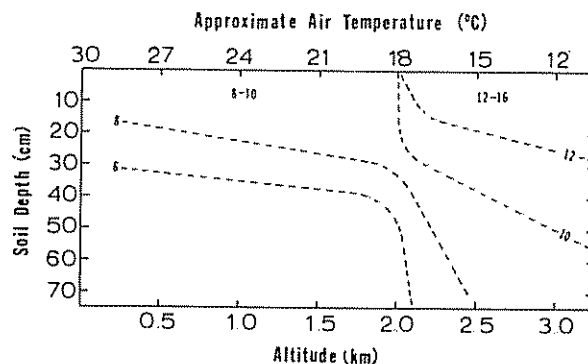


Fig. 4.—Organic carbon to total nitrogen ratios in relation to soil depth and altitude in eastern Cundinamarca, based on analyses of 72 horizon samples from 26 pedons. The diagram is truncated at 75 cm, due to low ratios (some less than 2) in the subsoil which are presumably due to substantial quantities of inorganic nitrogen as determined elsewhere (13).

the regression equations developed for the data of eastern Cundinamarca and the curves were practically coincident with the simple exponential curves

The exponential curves should not be extrapolated beyond 4000 m altitude, and they certainly will not be valid above the climatic snowline which is at approximately 5000 m altitudes in equatorial Colombia.

The organic carbon to total nitrogen ratios in soils of eastern Cundinamarca increase with altitude (Figure 4). There appears to be a discontinuity at about 2000 meters, although the data are not sufficient for anything more than a schematic representation of this concept. Either the soil organic carbon or the soil nitrogen contents, or both, may be discontinuously related to altitude. No definite discontinuity was detected for organic carbon, but one might be substantiated with more data.

Literature cited

1. ALEXANDER, E.B. Measurement of soil depths and horizon thicknesses *Soil Survey Horizons* 18 (1): 9-11 1977.
2. ALLISON, L.E. Organic carbon. In CA Black (ed.) *Methods of Soil Analysis. Part 2, Chemical and Mineralogical Properties*. Agronomy 9: 1367-1378. Madison, WI American Society of Agronomy, 1965.
3. BAES, C.F., Jr, GOELLER, H.E., OLSON, J.S., and ROTTY, R.M. Carbon dioxide and climate: the uncontrolled experiment. *American Scientist* 65: 310-320 1977.
4. EIDI, R.C. La climatología de Cundinamarca. *Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales Revista* 8: 489-503 1952.
5. ESPINAL T., I.S. and MONTENEGRO M., E. Formaciones Vegetales de Colombia. Bogotá, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", 1963 199 p.
6. HOLDRIDGE, L.R. Determination of world plant formations from simple climatic data. *Science* 105: 367-368. 1947.
7. JENNY, H. *Factors of Soil Formation*. New York McGraw-Hill, 1941 281 p.
8. ——— Causes of the high nitrogen and organic matter content of certain tropical forest soils. *Soil Science* 69: 63-69 1950.
9. ——— Comparison of soil nitrogen and carbon in tropical and temperate regions. *Missouri Agriculture Experiment Station, Research Bulletin* 765; 5-31. 1961.
10. ———, BINGHAM, F. and PADILLA SARA-VIA, B. Nitrogen and organic matter contents in equatorial soils of Colombia, South America. *Soil Science* 66: 173-186. 1948.
11. LEGARDA B., I., MORA T., E. and BLASCO L., M. Relaciones entre algunas características de los suelos y los pisos altitudinales de Nariño, Colombia. *Turrialba* 23: 97-103 1973.
12. SILVA M., F., OLARIE A., L.I., and MOITA DE MUÑOZ, B. *Métodos Analíticos del Laboratorio de Suelos*. Bogotá, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". 1963. 138 p.
13. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, SOIL CONSERVATION SERVICE, SOIL SURVEY STAFF. *Soil Taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. Washington, D.C., Agriculture Handbook N° 436. 1975 754 p.
14. WOODWELL, G.M., WHITTAKER, R.H., REINER, W.A., LIKENS, G.E., DELIWICHE, C.C., and BOTTIN, D.B. The biota and the world carbon budget. *Science* 199: 141-146 1978.
15. YOUNG, J.I. Inorganic soil nitrogen and carbon: nitrogen ratios of some Pacific Northwest soils. *Soil Science* 93: 397-404. 1962.

Notas y Comentarios

No hay daño en las vacas extrafértiles

El tratamiento para provocar la producción de óvulos extra no les hace ningún daño a las vacas, según un informe de la Animal Research Station, en Cambridge, Inglaterra. Los ganaderos estarán satisfechos de saber que esta nueva forma de obtener mayor número de genes superiores, que consiste en estimular a las vacas que tienen un útil acervo genético a producir múltiples óvulos y trasplantar los resultantes embriones en desarrollo a madres putativas, no causará daños a la fertilidad de las vacas posteriormente (*Veterinary Record*, vol. 104, p. 281).

Los biólogos ejecutan esta notable hazaña inyectando a una vaca con una hormona aislada de un equino (suero gonadotropina de yegua preñada), la que estimula el desarrollo

de los folículos del ovario. Inyectan entonces una sustancia química, cloprostenol, que hace que se rompan todos los folículos recién estimulados y que liberen todos sus óvulos juntos.

Dos días después se insemina a la vaca, y después de dejar que los óvulos se desarrollen por una semana, los colectan con un delicado lavado del útero. Estos embriones pueden entonces ser trasplantados a otras vacas, o ser congelados y almacenados en bancos de embriones, antes de su trasplante final al útero de su nueva madre adoptiva.

W. B. Christie, R. Newcomb, y I. E. A. Rowson superovularon 14 vaquillas hasta 10 veces en rápida sucesión, y las vacas respondieron con cosechas de hasta 19 óvulos en una sola ovulación. Al final del experimento las vacas fueron inseminadas después de su retorno a ciclos estrales normales. Más del 90 por ciento concibieron, la mayoría en dos inseminaciones.

Los ganaderos pueden tener ahora más confianza de que los centros de transferencia comercial de embriones que funcionan en el futuro serán eficaces y seguros.

Digestibilidad de la materia seca de forrajes tropicales usando el método de solubilidad en pepsina-celulasa*

MARTHA PEÑA**, OSVALDO PALADINES**

ABSTRACT

Six experiments were conducted in order to study the feasibility of predicting the dry matter digestibility of tropical forages from its solubility in a pepsine-fungal cellulase system. In vivo digestibility of dry mater at maintenance level of intake was predicted by pepsine-cellulase solubility with a standard error of $\pm 2.0\%$. Correlation was superior to 0.99. The comparison with in vitro digestibility showed equal precision for both methods.

Cellulase concentrations between 1 and 2% and sample size between 0.2 and 0.5 g did not affect the precision of the pepsine-cellulase method.

Introducción

EN muchos laboratorios la operación de la técnica de digestibilidad *in vitro* resulta difícil por la necesidad de tener animales fistulados para obtener el licor del rumen. El nuevo método de digestión por pepsina-celulasa (5, 6) reemplaza el licor del rumen por la enzima celulasa a la vez que mantiene la etapa de digestión proteica por pepsina. El laboratorio del CIAT ha empleado el método de digestibilidad *in vitro* (7) por varios años en forma satisfactoria, pero se creyó conveniente la sustitución por el método de celulasa. Adegbola y Paladines (1) encontraron, en un primer intento, buena correlación entre digestibilidad enzimática y digestibilidad *in vitro* de algunos forrajes tropicales. En este estudio se empleó una enzima de procedencia norteamericana (Worthington Biochemical Corporation), pero posteriormente Goto y Minson (3) sugirieron el empleo de la enzima japonesa Onozuka 55-P 1500 (que al ser más barata permite el empleo de mayores concentraciones

Donefer *et al.* (2) sugieron que la celulasa podría ser una alternativa en la determinación de la digestión de la materia seca estableciendo una buena relación entre digestibilidad *in vitro* y la solubilidad de los forrajes en solventes. Posteriormente, Jarrige *et al.* (4) encontraron muy buena correlación entre la digestibilidad *in*

vivo vs la digestión de la celulasa, y Jones y Hayward (5, 6) describieron una técnica de dos etapas en la cual 0,2 g de muestra fue incubada primero con pepsina ácida para remover el contenido celular y luego con una celulasa cruda producida de *Trichoderma viride*

Goto y Minson (3) emplearon el método de pepsina-celulasa para predecir la digestibilidad de la materia seca en forrajes tropicales, obteniendo correlaciones altamente significativas ($R = 0,937$) y una desviación estandar de la regresión de 2,7 unidades de digestibilidad.

En este trabajo se presentan los resultados de seis experimentos con el objeto de determinar: 1) la concentración adecuada de celulasa, 2) comparación de los métodos de digestibilidad *in vitro* y de solubilidad en pepsina-celulasa, 3) el tamaño de muestra más adecuado para un sistema rutinario de análisis.

Materiales y métodos

Forrajes

Las muestras de forrajes empleadas provenían de los trabajos de digestibilidad *in vivo* realizadas en el Programa de Ganado de Carne del CIAT. La digestibilidad fue determinada con ovinos machos 'africanos', ofreciendo el forraje a nivel aproximadamente de mantenimiento para evitar la selectividad en el material consumido en forma que la muestra que se someta a digestión en el laboratorio represente realmente lo que el

* Recibido para publicación el 25 de enero de 1979

** Asistente de investigación y jefe de la sección de utilización de pastos del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Apartado Aéreo 67-13. Cali, Colombia.

Cuadro 1.—Forrajes empleados en las pruebas de solubilidad en pepsina - celulasa y digestibilidad *in vitro*.

Descripción del forraje	Digestibilidad <i>in vivo</i> de la M. S. %	Experimento Nº
<i>Desmodium distortum</i> , planta	66,0	1 - 3
<i>Desmodium distortum</i> , hoja	75,0	4
<i>Stylosanthes guianensis</i> , maduro	51,4	2-4-5-6
<i>Desmodium distortum</i> , hoja + peciolo	71,2	5 - 6
<i>Desmodium distortum</i> , tallo	50,4	5 - 6
<i>Hyparrhenia rufa</i> , maduro, heno	30,0	2-4-5
<i>Digitaria decumbens</i> , heno	55,9	4-5-6
<i>Cynodon nlemfuensis</i> , var. robusta, maduro	41,3	4
<i>Cynodon nlemfuensis</i> , var. robusta, joven	56,2	4
<i>Cynodon nlemfuensis</i> , var. nlemfuensis joven	54,3	4
<i>Cynodon dactylon</i> , var. aridus, maduro	42,1	4
<i>Cynodon dactylon</i> , var. aridus, joven	57,1	4
<i>Digitaria transvala</i> , joven	56,2	4
Pradera nativa de los Llanos Orientales, heno	31,4	4-5-6

Cuadro 2.—Solubilidad en pepsina - celulasa de *Desmodium distortum* bajo cuatro concentraciones enzimáticas

Concentración	Solubilidad	Desviación estándar entre cuadruplicados
%	%	
1,5	51,8	1,28
2,0	52,0	1,47
2,5	52,0	1,51
3,0	49,9	2,81

Las diferencias entre concentraciones no son significativas ($P > 0,05$)

animal consumió. En el Cuadro 1 se describen los forrajes empleados anotándose los experimentos en los cuales fueron usados.

Todas las muestras fueron molidas en molino de laboratorio Wiley empleando criba de 1 mm. de diámetro.

Métodos de laboratorio

El método de solubilidad por pepsina-celulasa fue el mismo descrito por Jones y Hayward (6) con la modificación de la celulasa Onozuka 55 (P-1500) seguida por Goto y Minson (3). El método finalmente establecido en nuestro laboratorio es el siguiente: muestras de 0,2 g del forraje son incubadas en tubos plásticos de 50 ml de capacidad a 39°C por 48 horas con 20 ml de ácido clorhídrico 0,1 N que contiene pepsina (1:10 000) al 0,2%. Luego de 48 horas el sobrenadante se remueve con tubos filtrantes de absorción con ampollita de filtración de vidrio aglomerado. Se añaden luego 20 ml. de la solución de enzima al 1,5% y los tubos

Cuadro 3.—Solubilidad en pepsina-celulasa de dos forrajes tropicales bajo cuatro concentraciones enzimáticas

Especie	Concentración de celulasa				
	0,5%	1,0%	1,5%	2,0%	\bar{x}
<i>Stylosanthes guianensis</i>	43,9 ± 2,3 ^{a/}	45,0 ± 1,7	47,2 ± 2,0	44,0 ± 1,8	45,0 ^{b/}
<i>Hyparrhenia rufa</i>	22,6 ± 1,0	25,8 ± 0,7	23,4 ± 1,1	26,9 ± 0,9	24,7
Promedio	33,3	35,4	35,3	35,5	34,9

a/ Desviación estándar entre cuadruplicados dentro de los tratamientos.

b/ Las diferencias entre especies son significativas ($P < 0,01$) pero no son significativas las diferencias entre concentraciones ni la interacción especies X concentración ($P < 0,1$).

Cuadro 4.—Solubilidad en pepsina-celulasa de *Desmodium distortum* bajo cuatro concentraciones enzimáticas

Concentración	Solubilidad	Desviación estándar entre cuadruplicados
%	%	
1,0	50,5 a	1,62
1,5	55,5 b	0,85
2,0	52,2 a	3,07
2,5	55,2 b	0,72

Promedios con letras diferentes difieren significativamente al nivel de 1%

se incuban por 48 horas a 39°C, agitándose dos veces por día. El contenido del tubo es luego filtrado por succión en filtros de vidrio aglomerado, lavándose dos veces con agua fría, secándose a 105°C y pesándose. El residuo seco corresponde a la materia seca no digerida. Si se desea obtener la solubilidad de la materia orgánica se debe sustituir en la última filtrada los filtros de vidrio aglomerado por crisoles Gosh provistos de

lana de vidrio los cuales pueden ser calcinados en horno mufla a 500°C.

El método de digestibilidad *in vitro* es el mismo descrito por Tilley y Terry (9) y modificado por Moore y Dunham (7). En todos los experimentos se mantuvo constante el método de análisis, variando solamente la parte correspondiente al estudio

Experimento N° 1

Este experimento tuvo por objeto estudiar el efecto de 4 concentraciones de celulasa: 1,5, 2,0, 2,5 y 3,0% sobre la solubilidad pepsina-celulasa en una muestra de *Desmodium distortum*. La prueba se hizo por tubos cuadruplicados

Experimento N° 2

Se probaron 4 concentraciones de enzima en dos muestras de forraje. Las concentraciones fueron 0,5, 1,0, 1,5 y 2,0% de celulasa. Se emplearon cuatro tubos por tratamiento.

Experimento N° 3

En el mismo forraje del experimento N° 1 se probaron concentraciones de celulasa de 1,0, 1,5, 2,0 y 2,5%. Se usaron cuadruplicados

Cuadro 5.—Digestibilidad *in vivo* y solubilidad en pepsina-celulasa bajo dos concentraciones enzimáticas de once forrajes tropicales.

Especie	Digestibilidad <i>in vivo</i>		Solubilidad en pepsina-celulasa			
			Concentración 1.5%		Concentración 2.0%	
	%	D. E. a/	%	D. E. b/	%	D. E. b/
<i>D. decumbes</i> , heno maduro	55,9	2,0	42,1	2,2	45,0	1,5
<i>C. nlemfuensis</i> , var. robusta, maduro	41,3	1,7	41,0	1,7	40,0	1,0
<i>C. dactylon</i> , var. aridus, maduro	42,1	2,0	33,6	0,5	33,5	1,8
<i>C. nlemfuensis</i> , var. robusta, joven	56,2	0,9	48,9	0,4	55,7	1,2
<i>C. dactylon</i> , var. aridus, joven	57,1	2,1	55,6	0,1	54,5	0,4
<i>C. nlemfuensis</i> , var. nlemfuensis, joven	54,3	1,1	44,8	0,6	45,4	0,1
<i>D. distortum</i> , hoja	75,0		74,5	0,4	72,7	0,9
<i>Hyparrhenia rufa</i> , heno maduro	30,0	3,6	29,0	1,0	28,7	1,1
<i>S. guianensis</i> , maduro	51,4	2,7	50,7	2,3	51,7	0,1
<i>Digitaria transvala</i> , joven	56,2	2,4	45,2	3,1	44,3	2,9
Pradera nativa, heno	31,4	2,9	28,9	0,8	26,4	4,0
Promedio	50,1	13,0 ^{c/}	44,9	13,0 ^{c/}	45,3	13,4 ^{c/}

a/ D. E. = Desviación estándar entre animales (generalmente 4-6 animales)

b/ D. E. = Desviación estándar entre duplicados.

c/ Desviación estándar entre medias de especies.

Cuadro 6.—Relación entre digestibilidad *in vivo* y solubilidad en pepsina-celulasa de 11 forrajes tropicales, bajo dos concentraciones enzimáticas.

Concentración	Regresión			R ²
	Pendiente	Intercepta	S y. x	
1,5	0,920	8,74	1,5	0,995
2,0	0,909	8,90	1,8	0,991

Experimento Nº 4

Este experimento tuvo por objeto relacionar la solubilidad pepsina-celulasa con la digestibilidad *in vivo* de forrajes que incluyeron dos leguminosas y nueve gramíneas. Se probaron además concentraciones de celulasa de 1,5 y 2,0%, formando un factorial de 2 x 11, con tubos duplicados.

Experimento Nº 5

Este experimento comparó la precisión de los métodos de digestibilidad *in vitro* y solubilidad pepsina-celulasa para predecir la digestibilidad *in vivo* de seis forrajes tropicales (3 leguminosas y 3 gramíneas); cada tratamiento se repitió en cuatro tubos y a su vez el experimento se repitió cuatro veces en cuatro semanas consecutivas.

Experimento Nº 6

Este experimento tuvo por objeto determinar el efecto del peso de la muestra sobre la solubilidad y la interacción con la concentración de la celulasa. Se usaron cinco forrajes, tres tamaños de muestra: 0,20, 0,35 y 0,50 g y concentraciones de 1,5 y 2,0% de celulasa. Se emplearon tubos duplicados y el experimento se repitió tres veces en tres semanas consecutivas.

Resultados

Experimento Nº 1

El Cuadro 2 presenta los resultados obtenidos con cuatro concentraciones de celulasa sobre la solubilidad de *D. distortum*. Las desviaciones estándar entre tubos dentro de una misma concentración fueron bajas y no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos.

Experimento Nº 2

En el Cuadro 5 se presentan los promedios de solubilidad bajo dos concentraciones de enzima y la digestibilidad *in vivo* de los forrajes analizados, y el Cuadro 6 contiene el resumen de la regresión de digestibilidad *in vivo* en solubilidad pepsina-celulasa para las dos concentraciones. Las regresiones son altamente significativas ($P < 0,001$), y las correlaciones sobre 0,99 y las desviaciones de la regresión bajas. No hubo diferencias entre las pendientes para concentraciones de 1,5 y 2,0% de celulasa.

Experimento Nº 3

El Cuadro 3 presenta los promedios de solubilidad de una leguminosa y una gramínea con cuatro concentraciones de celulasa. Las diferencias entre especies fueron altamente significativas ($P < 0,001$), como era de esperarse, pero no hubo diferencias debido a la concentración de la celulasa ni fue significativa la interacción entre concentración y especie.

Experimento Nº 4

En este experimento se encontraron diferencias significativas ($P < 0,01$) entre concentraciones. La prueba de Dunçan indicó que la solubilidad obtenida con concentraciones de 1,5 y 2,5% fueron iguales y significativamente superiores a 1,0 y 2,0% (Cuadro 4).

Cuadro 7.—Relación entre digestibilidad *in vivo* de seis forrajes tropicales (3 gramíneas y 3 leguminosas) y dos métodos de predicción de la digestibilidad

Corrida	Solubilidad en pepsina-celulasa			Digestibilidad <i>in vitro</i>		
	Pendiente	D. E. de la pendiente	R ²	Pendiente	D. E. de la pendiente	R ²
1	0,923	0,093	0,95	0,971	0,114	0,95
2	0,868	0,087	0,95	1,133	0,134	0,94
3	0,874	0,087	0,97	1,079	0,130	0,91
4	0,869	0,086	0,97	0,984	0,115	0,97

Cuadro 8 —Precisión de dos métodos de laboratorio para predecir la digestibilidad *in vivo* de seis forrajes tropicales. Los valores corresponden a la regresión global de seis forrajes por cuatro corridas

Método	D. E. de la regresión	R ²
Solubilidad en pepsina - celulasa	3,42	0,96
Digestibilidad <i>in vitro</i>	4,02	0,95

Experimento N° 5

Los resultados de la regresión de digestibilidad *in vivo* en solubilidad en pepsina-celulasa y digestibilidad *in vitro* se presentan en el Cuadro 7. La prueba de homogeneidad de pendientes indicó que ellas son iguales dentro de cada método. La desviación estándar de la regresión para las cuatro corridas reunidas fue mayor en el método *in vitro* (Cuadro 8).

Experimento N° 6

El Cuadro 9 presenta los promedios de solubilidad de los cinco forrajes. No se encontraron diferencias significativas para peso de la muestra ni para concentraciones de celulasa.

Discusión

La serie de seis experimentos que se presentan en este trabajo se realizaron para determinar la factibilidad

Cuadro 9 —Solubilidad en pepsina - celulasa de cinco forrajes tropicales (3 leguminosas y 2 gramíneas) bajo dos concentraciones enzimáticas y tres tamaños de muestra ^{a/}

Tamaño de la muestra	Concentración de celulasa		
	1,5%	2,0%	\bar{X}
g	%		
0,20	49,4	47,9	48,7
0,35	45,8	49,3	47,6
0,50	47,4	48,5	48,0
\bar{X}	47,5	48,6	48,1

a/ No se encontraron diferencias significativas para los efectos de tamaño de la muestra ni concentración de la celulasa. Cada cifra representa el promedio de cinco especies, tres pruebas y duplicados en cada prueba

práctica de cambiar el método de estimación de la digestibilidad de los forrajes tropicales por incubación *in vitro* con licor del rumen, por considerarse que si se pudiera obviar el empleo de una animal donante del líquido ruminal, la práctica rutinaria en nuestro laboratorio de pastos sería más sencilla. Se estimó también que el empleo de una enzima, permitiría una mayor constancia en los resultados entre corridas por no depender de circunstancias diarias de alimentación del animal. Se creyó primero conveniente determinar cuál sería la concentración de celulasa más apropiada ya que Goto y Minson (3) han recomendado el empleo del 2% cuando se usa la enzima Onozuka. A esta concentración y con muestras de 0,5 g, se requiere 1,0 g de enzima por muestra, aproximadamente US\$ 0,20. En un laboratorio que analiza un número considerable de muestras, vale la pena disminuir el costo por este concepto.

En la mayoría de los casos se emplearon muestras por cuadruplicado para obtener una buena estimación de la precisión del método y usando la variación entre repeticiones como varianza del error, medir los efectos debidos a la concentración de celulasa. En los experimentos 1 y 3 se empleó la misma muestra de *D. distortum*

En el primero no hubo diferencia y las desviaciones estándar son bajas. En el experimento 3 la varianza fue mayor y las estimaciones de solubilidad menos precisas, encontrándose digestibilidades superiores a la digestibilidad *in vivo* del forraje. En el experimento 2 se probaron dos especies, una de gramíneas y otra de leguminosas para detectar posibles interacciones entre concentración y calidad del forraje, resultado negativa. Se decidió probar la precisión del método para predecir la digestibilidad de forrajes tropicales empleando concentraciones de 1,5 y 2,0% de celulasa en 9 muestras de gramíneas y 2 leguminosas de digestibilidad conocida al nivel de mantenimiento. No se encontraron diferencias para las dos concentraciones y es evidente que con las dos se puede predecir la digestibilidad con alta precisión (R² = 0,99) y un error inferior a 2,0%.

Goto y Minson (3) han recomendado el empleo de 0,5 g de muestra para análisis, sin embargo, Jones y Hayward (6) encontraron que con 0,2 g de muestra se obtenía alta precisión, tratándose de forrajes de clima templado. Adicionalmente, la cantidad de celulasa aumenta y proporcionalmente con el tamaño de la muestra.

Con 0,2 g de muestra y 1,5% de solución de celulasa se emplearía 0,3 g de celulasa por muestra en lugar del 1,0 g. En la comparación realizada entre tamaños de muestra de 0,20, 0,35 y 0,50 g no se encontraron diferencias significativas a concentraciones de celulasa de 1,5 y 2,0% lo cual indica que es factible emplear 0,2 g de muestra y la solución de celulasa al 1,5%.

Finalmente la comparación de los métodos de digestibilidad *in vitro* y de solubilidad en pepsina-celulasa no arrojó diferencias significativas entre métodos y aún cuando la precisión del método de pepsina-celulasa es numéricamente mejor que digestibilidad *in vitro*, no fue estadísticamente diferente

La conclusión de esta serie de experimentos es que se puede predecir adecuadamente la digestibilidad *in vivo* de los forrajes tropicales empleando el método de solubilidad en pepsina-celulasa, en muestras de 0,2 g y concentración de 1,5% en la solución de celulasa. El método descrito se aplica solamente cuando se emplea la celulasa indicada. Si se desea emplear otra fuente de celulasa es conveniente antes determinar la concentración más adecuada.

Resumen

Se realizaron seis experimentos para estudiar el método de solubilidad en pepsina-celulasa para predecir la digestibilidad *in vivo* al nivel de mantenimiento de forrajes tropicales y determinar la concentración adecuada de la celulasa y el tamaño máximo de muestra del forraje. Los resultados indicaron que se puede emplear concentraciones entre 1,0 y 2,0% de celulasa con igual precisión y que el tamaño de la muestra, entre 0,2 y 0,5 g, no afecta los resultados.

La digestibilidad *in vivo* de once muestras de forrajes tropicales y su solubilidad en pepsina-celulasa fueron correlacionadas a nivel superior al 0,99 con una desviación estándar de la regresión inferior al 2,0%. La comparación de este método con el método de digestibilidad *in vitro* indicó que se puede obtener igual precisión en las estimaciones con los dos métodos.

Agradecimiento

Los autores agradecen la colaboración del Dr. Juan Ospina de la Unidad de Biometría del CIAT en los análisis estadísticos.

Notas y Comentarios

Los reguladores de crecimiento bajo control

Uno de los trabajos presentados en Honolulu ante la reunión conjunta de la American Chemical Society y la Sociedad Química de Japón (abril de 1979) dio cuenta de trabajos para controlar los estímulos a plantas.

Desde el trigo hasta las piñas, el papel de los reguladores del crecimiento vegetal en la producción agrícola se está expandiendo. Tales compuestos son usados para promover un crecimiento, floración y producción de frutos lentos, para obtener un mayor volumen a final de cuentas. Sin embargo, los productos químicos producidos por técnicas sofisticadas se aplican a los cultivos, por lo general, mediante un método de aspersión que no ha cambiado en 20 años, afirmó G. G.

Allan, de la Universidad de Washington, ante la sección de polímeros de la reunión de químicos. Debido a que el momento y la dosis de los reguladores vegetales son a menudo cruciales para su efecto, Allan sostiene que las sustancias necesitan sistemas de aplicación de liberación controlada para alcanzar su potencial práctico pleno.

Literatura citada

1. ADEGBOLA, A y PALADINES, O Prediction of the digestibility of the dry matter of tropical forages from their solubility in fungal cellulase solutions. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 28: 775-785 1977.
2. DONEFER, E., CRAMPTON, E. W y LLOYD, I. E. The prediction of digestible energy intake potential (NVI) of forages using a simple *in vitro* technique. *Proceedings of the Xth International Grassland Congress, Helsinki, Finland 1963.* pp 442-445.
3. GOTO, I. y MINSON, D. J. Prediction of the dry matter digestibility of tropical grasses using a pepsin - cellulase assay. *Animal Feed Science and Technology* 2 (3): 247-253 1977.
4. JARRIGE, P., THIVAND, P. y DEMARQUILY, C. Development of a cellulolytic enzyme digestion for predicting the nutritive value of forages. *Proceedings XI International Grassland Congress Queensland, Australia 1970* p 762.
5. JONES, D. I. H. y HAYWARD, M. V. A cellulase digestion technique for predicting the dry matter digestibility of grasses. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 24: 1419-1426 1973.
6. JONES, D. I. H. y HAYWARD, M. V. The effect of pepsin pre-treatment of herbage on the prediction of dry matter digestibility from solubility in fungal cellulase solutions. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 26: 711-718 1975.
7. MOORE, J. y DUNHAM, D. G. Procedure for the two-stage *in vitro* organic matter digestion of forages (Revised), Department of Animal Science University of Florida, Gainesville, (Mimeographed) 1971.
8. MOORE, E. y MOOT, G. O. Structural inhibitors of quality in tropical grasses. *In* CSSA, Special Publication, Madison, Wisconsin. Crop Science Society of America. 1973 pp. 53-98.
9. TILLEY, J. M. A. y TERRY, R. A. A two-stage technique for *in vitro* digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society* 18:104-111 1963.

El Dr Allan es un colaborador de Turrialba, en cuyas páginas aparecieron por primera vez algunas de sus investigaciones sobre el barrenador de los brotes de *Cedrella* (Cf Turrialba 20:478). Informó en Honolulu sobre el primer sistema para la liberación controlada de una sustancia estimuladora del crecimiento. El crecimiento del pino (*Pinus taeda*) y el abeto (*Pseudotsuga taxifolia*) fue incrementada en un período de ocho años por una auxina adherida a fragmentos de corteza del tronco. Los microorganismos descomponen lentamente la corteza, liberando el ingrediente activo. Originalmente, Allan no intentaba estimular el crecimiento vegetal, sino desarrollar un herbicida a largo plazo para usarse en los plantíos de coníferas en proyectos de reforestación. Sin embargo, en sus investigaciones Allan encontró que el herbicida a base de auxina no sólo prevenía el crecimiento de malezas, sino que estimulaba sustancialmente las ganancias en altura y diámetro de los árboles tanto en suelos ricos como en pobres.

En pruebas de campo, en cooperación con las autoridades del estado de Washington, los científicos han tratado ya medio millón de plántulas con una sola aplicación de auxina aprisionada. Calculan que el costo es de cinco centavos de dólar por árbol, y esperan que los expertos forestales encuentren que el tratamiento representa una inversión meritoria.

Composición química de los residuos de destilería del alcohol y su evaluación biológica en ratas y aves^{*1/}

J. IGNACIO EGAÑA**, A. R. RAMIREZ***, OLGA KLEE†, LUIZ G. ELIAS††
ROBERTO GOMEZ-BRENES††, RICARDO BRESSANI††

ABSTRACT

The present paper deals with the chemical analyses and nutritive evaluation in rats and chicks of distillers residues. The chemical determinations demonstrated the product to be high in crude protein (87.8%), phosphorus and calcium, and low in fiber and ether extract content. The limiting amino acids were the sulfur-containing ones.

Biological assays of PER in rats showed that distillers residues alone resulted in a very low PER (0.40), while values of 1.33, 1.63 and 1.38 were obtained when the diet was supplemented with 0.1, 0.2 and 0.3 per cent of methionine, respectively. The casein value was 2.50.

Studies with pullets showed that there was no significant difference when in a control ration of corn and soybean meal the protein provided by the latter was replaced by 25, 50 and 75 per cent of distillers residues protein. The feed conversion figures were 2.2, 2.2, 2.6, 2.7 and 3.4 for the control diet and the rations where distillers residues provided 25, 50, 75 and 100 per cent of the protein, respectively. The blood serum uric acid values increased as distillers residues increased in the ration, and this increase was highly significant when the ration contained 15 per cent or higher levels of residues. These levels also resulted in large hemorrhages in kidneys, liver, spleen and proventriculus in the chicks.

Recommendations are made regarding the use of the distillers by-product in animal nutrition and on the necessity of carrying out further research on the product.

Introducción

EN los países de Centroamérica el desarrollo de la producción de proteína animal proveniente de las especies monogástricas se ve seriamente limitado, a causa de la competencia que se establece entre el hombre y estas especies por los ingredientes comúnmente utilizados en sus raciones, en particular las fuentes tradicionales de energía. Como ejemplo puede citarse el maíz, el cual constituye tanto el alimento básico de la dieta del humano como la parte mayoritaria de las dietas de los monogástricos.

Un problema igualmente grave ocurre con los concentrados proteicos de origen vegetal, ya que, a excepción de la harina de algodón, no existe una disponibilidad constante de estos productos en el transcurso

* Recibido para su publicación el 1º de diciembre de 1978

1/ Este estudio fue realizado en forma cooperativa con la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala y el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), gracias a los aportes de la Research Corporation con sede en Nueva York (Subvención INCAP N° 740) y del International Development Research Centre, con sede en Ottawa, Canadá (Subvención INCAP N° 840)

** Graduado del Curso de Postgrado en Ciencia de Alimentos y Nutrición Animal, Centro de Estudios Superiores en Nutrición y Ciencias de Alimentos (CESNA), Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-INCAP

*** Jefe del Laboratorio de Bromatología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala

† Estudiante de 5º Año de la Carrera de Zootecnista, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala

†† Científicos y Jefe, respectivamente, de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Apartado Postal 1188, Guatemala, C. A.

del año. Ante esta situación, la industria de aves y cerdos depende, para la elaboración de sus concentrados, de ingredientes importados, como por ejemplo la harina de soya, con el consiguiente aumento de los costos de producción; asimismo, la dependencia de las industrias nacionales de productos de origen animal respecto a la disponibilidad y precio establecidos por el mercado internacional, constituye un poderoso factor limitante a su desarrollo.

Como una de las posibles soluciones a este problema está la utilización de los recursos proteínicos provenientes de la proteína unicelular (PUC) de *Saccharomyces cerevisiae* existente en los residuos de destilería del alcohol. Esta levadura se ha utilizado desde la antigüedad en la producción de bebidas alcohólicas y en la fabricación del pan.

Sin embargo, no fue sino hasta la Segunda Guerra Mundial cuando se incorporaron estas levaduras en cantidades apreciables a la dieta del humano y de especies animales. Von Loesecke (21) cita que en Estados Unidos, durante 1945, se produjeron 4940 toneladas de levadura de cerveza para consumo humano y animal. Actualmente, ante la creciente escasez mundial de fuentes proteicas, se ha investigado la utilización de las PUC, ya que pueden ser una solución parcial a este problema (8).

El contenido de proteína de la levadura *Saccharomyces* fluctúa entre 37 y 53 por ciento, dependiendo del proceso de producción y purificación del microorganismo (14).

La proteína de origen unicelular se caracteriza por ser deficiente en aminoácidos azufrados, pero contiene niveles elevados de lisina, por lo que se ha usado en nutrición humana y animal para complementar la proteína proveniente de los cereales. Bressani (4) señala que aproximadamente el 80 por ciento del total del nitrógeno presente en las PUC es de origen proteico; el restante es aportado principalmente por las bases nitrogenadas, cuyo metabolismo resulta en la formación de ácido úrico, el cual, en niveles excesivos, es tóxico para el organismo. Además, las levaduras son buenas fuentes de vitaminas del complejo B, pero no de las vitaminas liposolubles.

En el presente trabajo se evaluó la composición química y el valor nutritivo de los residuos de destilería del alcohol en ratas y pollas.

Materiales y métodos

Los residuos de destilería del alcohol provienen de la fermentación de un sustrato, generalmente melaza, en presencia de levaduras *Saccharomyces cerevisiae*. Una vez efectuada la destilación del alcohol, queda un caldo con aproximadamente 3 por ciento de materia seca, formado por restos de sustrato y por las levaduras, y el cual debe ser deshidratado. Los residuos de destilería empleados en el presente trabajo fueron obtenidos comercialmente en la República de El Salvador.

Análisis químicos

Se realizó el análisis químico proximal y se determinó el contenido de calcio y fósforo de los residuos siguiendo los métodos establecidos por la AOAC (1). Además, se cuantificó su composición aminoacídica en un autoanizador de aminoácidos Technicon (R), a partir de un hidrolizado de residuos de destilería con HCl 6N. El triptófano fue determinado microbiológicamente a partir de un hidrolizado alcalino con NaOH 10N de los residuos.

Evaluación biológica

Esta se realizó con ratas y pollas en crecimiento. En ratas, se evaluó la calidad de la proteína de los residuos de destilería por medio del índice de eficiencia proteica (IEP),* tanto en el producto natural como en el suplementado con niveles de DL-metionina de 0,1, 0,2 y 0,3 por ciento de la dieta, respectivamente. Como proteína de referencia se utilizó la caseína.

Para esta evaluación se usaron ratas blancas de la raza Wistar, de 21 días de edad, provenientes de la colonia animal del INCAP. Todos los grupos experimentales estuvieron formados por 4 machos y 4 hembras. El alimento y el agua fueron ofrecidos *ad libitum* durante todo el período experimental, que fue de 28 días; se llevó un control semanal del consumo de alimento y ganancia de peso.

Las dietas en estudio (Cuadro 1) estuvieron formadas, además de la proteína y almidón de maíz, por 5 por ciento de aceite de semilla de algodón, 4 por ciento de mezclas de minerales (9), 1 por ciento de aceite de bacalao y 5 por ciento de solución completa de vitaminas (6).

En aves, se evaluó el valor nutritivo de los residuos de destilería. Para esto se utilizaron en raciones de pollas de reemplazo, en las cuales dichos residuos sustituyeron la proteína aportada por harina de torta de soya. La composición de las dietas se describe en el Cuadro 2.

En esta parte del estudio se utilizaron 125 pollas de raza Warren, de 4 días de edad, las cuales se distribuyeron en un diseño completamente al azar en 5 grupos de 25 pollitas cada uno.

Durante los primeros 10 días de experimentación las pollitas se alojaron en baterías metálicas provistas de luz infrarroja como fuente de calor. A partir del undécimo día se trasladaron a jaulas de 5 aves cada una.

Como dieta testigo se utilizó una dieta de acuerdo con los requerimientos establecidos por el NRC (12) en que la proteína provino principalmente de soya; ésta se sustituyó por 25, 50, 75 y 100 por ciento de proteína proveniente de residuos de destilería, los que constituyen en peso 7,5, 15,0, 22,5 y 30 por ciento de la ración, respectivamente. El alimento y el agua fueron ofrecidos diariamente *ad libitum* durante el período experimental, que fue de seis semanas.

* IEP = aumento en peso/proteína ingerida (1)

Cuadro 1.—Composición porcentual de las dietas evaluadas en ratas (g/100 g de dietas).

Ingredientes	Dietas				
	I	II	III	IV	V
Caseína	12,0	—	—	—	—
Levadura	—	24,9	24,9	24,9	24,9
Almidón de maíz	78,0	65,1	65,0	64,9	64,8
Aceite de algodón	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Aceite de bacalao	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Minerales	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
DL-metionina	—	—	0,1	0,2	0,3
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Vitaminas ml/100 g*	5	5	5	5	5
Proteína, %	11,4	10,2	10,3	10,0	10,3

* Manna y Hauge (9).

La evaluación de este experimento se hizo semanalmente llevando un registro de la ganancia de peso, consumo de alimento e índice de conversión del mismo.

Al final de la fase experimental se escogieron al azar tres aves por tratamiento, de las cuales se obtuvo

una muestra de sangre por punción cardíaca, a fin de determinar los niveles séricos de ácido úrico por el método de Folin-Wu. Posteriormente estas mismas aves fueron sacrificadas tomándose muestras de bazo, hígado, proventrículo y riñones con el objeto de detectar, a través de cortes histológicos, posibles lesiones en estos órganos.

Cuadro 2.—Composición porcentual de las dietas utilizadas para evaluar los residuos de destilería en pollas de reemplazo.

Ingredientes	Dietas				
	I	II	III	IV	V
Maíz	65,0	64,0	63,0	62,0	61,0
Harina de soya	26,0	19,5	13,0	6,5	—
Harina de levadura	—	7,5	15,0	22,5	30,0
Harina de carne	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Harina de hueso	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Carbonato de calcio	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Sal yodada	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Vitaminas*	0,25	0,25	0,25	0,50	0,25
Antibióticos**	0,50	0,50	0,50	0,25	0,50
Metionina	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Lisina	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Total	100,0	100,0	100,00	100,0	100,0

* PREMIX - 100 (Pfizer)

** Aurofac: 35 g oxitetraciclina por kilo.

Cuadro 3.—Análisis químico proximal de los ingredientes utilizados en las diferentes dietas (g/100 g de materia seca).

Ingredientes	Agua	Mat	Extracto etéreo	Fibra cruda	Proteína (N x 6,25)	Cenizas	Extracto libre de nitrógeno
Maíz amarillo	9,7	93,0	2,1	1,1	8,9	1,5	86,4
Harina de soya	5,0	86,0	1,2	3,3	45,6	5,3	44,6
Residuos de destilería	14,0	95,0	0,8	4,0	40,0	12,0	43,2
Harina de carne	7,0	90,3	12,1	0,0	51,3	33,0	3,5

Para el análisis estadístico se utilizó la prueba de rangos múltiples de Duncan.

Resultados

Composición química

En el Cuadro 3 se presentan los resultados obtenidos en cuanto a la composición química de los residuos de destilería del alcohol. El contenido de proteína (N x 6,25) fue de 37,8 por ciento y el de extracto libre de nitrógeno, de 44,1 por ciento. Los contenidos de extracto etéreo y fibra cruda fueron bajos, y alcanzaron valores de 0,9 y 3,4 por ciento, respectivamente. El tenor de cenizas fue de 11,3 por ciento y resalta en ellas el alto contenido en calcio y fósforo, como también la adecuada relación entre estos dos elementos minerales.

El contenido de aminoácidos esenciales se detalla en el Cuadro 4. Al comparar estos valores de aminoácidos esenciales con los de la proteína de referencia FAO-OMS (1973), se desprende que sus primeros aminoácidos limitantes son los azufrados. El resto de aminoácidos se encuentra en cantidades relativamente adecuadas.

Ensayo biológico en ratas

Los resultados de la evaluación de la calidad proteica de los residuos de destilería del alcohol con y sin suplementación de metionina, como también los obtenidos para la dieta de caseína, se muestran en el Cuadro 5. Se observa que el IEP de los residuos fue bastante bajo y alcanzó un valor de 0,40, el cual aumentó significativamente al adicionar metionina, llegando a valores de 1,33, 1,63 y 1,38 cuando se suplementó con niveles de 0,1, 0,2 y 0,3 por ciento de metionina, respectivamente. La mayor respuesta ($P < 0,01$) a la metionina se obtuvo cuando ésta se agregó en un 0,2 por ciento de la ración, no diferenciándose los niveles de suplementación de 0,1 y 0,3 por ciento de metionina, respectivamente. El IEP 2,50 obtenido para la dieta de caseína fue significativamente mayor ($P < 0,01$) que el obtenido con las dietas que contenían residuos de destilería del alcohol suplementadas con cualquiera de los niveles usados de metionina.

Ensayo biológico en pollas

Los resultados obtenidos en el experimento con pollas de reemplazo se muestran en el Cuadro 6. La ganancia de peso durante las seis semanas fue de 471 g para la dieta control de maíz-soya, la cual no difirió significativamente ($P < 0,01$) de las dietas en que se sustituyó el 25, 50 y 75 por ciento de la proteína aportada por la harina de soya, por residuos de destilería, alcanzando ganancias de peso de 452, 463 y 448 g para las dietas con 7,5 15 y 22,5 por ciento de residuos, respectivamente. En la dieta en que se

Cuadro 4.—Contenido de aminoácidos de los residuos de destilería, soya y de la proteína de referencia FAO-OMS (1973).

Aminoácidos	Residuos de destilería		Soya*	Proteína FAO-OMS
	g/100 g de muestra	g/16 g N	g/16 N	g/16 N
Arginina	0,997	2,30	6,80	—
Histidina	0,446	1,16	2,80	—
Lisina	1,451	3,77	6,32	5,44
Leucina	2,011	5,21	7,71	7,04
Isoleucina	1,479	3,83	5,37	4,00
Metionina	0,030	0,21	1,34	—
Cistina	0,320	0,83	1,78	3,52
Fenilalanina	0,945	2,45	4,94	6,08
Tirosina	0,637	1,65	3,31	—
Treonina	0,930	2,49	3,94	4,00
Triptofano ^a	0,266	0,689	1,38	0,96
Valina	1,008	4,17	5,25	4,96

* Según Orr y Watt (13)

^a Determinado microbiológicamente

Cuadro 5.—Evaluación del índice de eficiencia proteica de caseína de residuos de destilería del alcohol natural con y sin suplemento con diferentes niveles de metionina (en ratas).

Dietas	Peso (g)		Aumento promedio de peso (g)	Consumo (g)		Índice de eficiencia proteica
	Promedio inicial	Promedio final		Promedio de dieta	Promedio de proteína	
Residuos	52,0	61,0	9,4	27,4	28	0,4 ^d
Residuos + 0,1% DL-metionina	52,0	97,0	45,0	325	3,4	1,33 ^c
Residuos + 0,2% DL-metionina	52,0	105,0	53,4	343	3,4	1,63 ^b
Residuos + 0,3% DL-metionina	52,0	94,0	42,1	316	3,2	1,38 ^c
Caseína	52,0	160,0	108,1	406	4,6	2,5 ^a

a, b, c, d: letras diferentes, difieren estadísticamente (P<0,01).

sustituyó completamente la harina de soya se produjo una menor (P<0,01) ganancia de peso, que fue de 387 g.

El consumo de alimento, que para la dieta control fue de 1.076 g durante las 6 semanas, aumentó cuando se incluyeron los residuos en cantidades superiores al 15 por ciento, obteniéndose consumos de 1.018, 1.236 y 1.326 g para las dietas con 7,5, 15, 22,5 y 30 por ciento de residuos de destilería, respectivamente.

El índice de eficiencia de conversión del alimento fue 2,2, para la dieta control; dicho índice se mantuvo sin variaciones al sustituir 25 por ciento de la proteína aportada por soya, pero aumentó a 2,6, 2,7 y 3,4 al sustituir 50, 75 y 100 por ciento de la proteína aportada por soya por residuos de destilería.

Los niveles de ácido úrico (mg/100 ml) en plasma fueron de 2,6 para la dieta control, y aumentaron en forma proporcional a la inclusión de residuos de destilería en la ración, alcanzando valores de 3,4, 3,9, 4,9 y 5,9 para las dietas con 7,5, 15, 22,5 y 30 por ciento de residuos de destilería en la ración. Los aumentos fueron altamente significativos cuando se usaron niveles superiores a 15 por ciento de residuos de destilería en la ración.

Los análisis histopatológicos de bazo, hígado, proventrículo y riñones mostraron que estos órganos eran normales en las aves que fueron alimentadas con niveles de hasta 15 por ciento de residuos de destilería en la ración, a diferencia de los niveles de 22,5 y 30 por ciento con los cuales se encontraron hemorragias grandes en los riñones.

Cuadro 6.—Promedios de peso inicial, peso final, ganancia de peso, consumo de alimento y eficiencia de conversión de las diferentes dietas evaluadas en en pollas (g).

Dieta	Peso		Promedio ganancia de peso (g)	Promedio de consumo de alimento (g)	Índice de eficiencia de conversión*
	Promedio inicial (g)	Promedio final (g)			
I	36	507	471 ^a	1076	2,2
II	36	488	452 ^a	1018	2,2
III	36	499	463 ^a	1236	2,6
IV	36	484	448 ^a	1326	2,7
V	36	423	387 ^b	1326	3,4

* Índice de eficiencia de conversión del alimento = $\frac{\text{consumo de alimento (g)}}{\text{ganancia de peso (g)}}$

a, b: letras diferentes, difieren estadísticamente (P<0,01).

Discusión

Los datos de composición química proximal concuerdan con aquéllos de los cuales informaron Lescano y Elías (7) para este mismo producto, pero son inferiores en lo que a contenido proteico se refiere, de acuerdo con los resultados de otros autores (2, 19), quienes trabajaron con levadura obtenida en forma pura.

La composición aminoacídica de la proteína de los residuos de destilería mostró que sus primeros aminoácidos limitantes son los azufrados. Estos datos corroborean los resultados de otros investigadores a este respecto (2, 10). La treonina no se cita como un aminoácido limitante en la levadura *Saccharomyces*, sin embargo, se ha informado de la deficiencia de este aminoácido en la levadura *Torula* (5).

Al comparar el contenido individual y total de aminoácidos presentes en los residuos de destilería con los de la proteína de la soya y la proteína de referencia FAO-OMS (1973), se observa que en los residuos el contenido de aminoácidos fue menor al presente en la soya y en la proteína FAO, a pesar de no presentar diferencias tan grandes en el contenido de proteína total ($N \times 6,25$). Esto se debe a que sólo el 80 por ciento del nitrógeno es proteico, correspondiendo de 8 a 13 por ciento a purinas y 4 por ciento a pirimidinas (4).

La evaluación proteica efectuada en ratas mostró que la proteína es pobre en calidad, ya que alcanzó un IEP de sólo 0,40. Esta cifra es inferior a la citada por Bressani (4), pero coincide con las de Truhaut y Ferrando (16), y Bello *et al.* (2), quienes obtuvieron rendimientos muy bajos en ganancia de peso en ratas.

La calidad de la proteína mejoró significativamente cuando se le agregaron niveles de metionina de hasta 0,2 por ciento de la dieta, alcanzando un EIP de 1,63, lo que corresponde al 65,2 por ciento del valor nutritivo de la caseína. Niveles de 0,3 por ciento de metionina en la dieta produjeron una baja del IEP, debida posiblemente, a un desequilibrio causado por este aminoácido.

Es importante destacar que, a pesar de suplementarse la proteína de los residuos de destilería con el aminoácido limitante, ésta no alcanzó los valores de IEP de la caseína. Esto podría deberse, parcialmente, al menor contenido de aminoácidos esenciales presentes en los residuos, pero es probable que la digestibilidad de la proteína de éstos sea menor que la de la caseína. Esta baja digestibilidad se debe, según Tannembaum (15), a una baja digestibilidad de la pared celular.

El ensayo de crecimiento en pollas mostró que los residuos de destilería pueden sustituir hasta un 50 por ciento de la proteína aportada por la harina de soya sin afectar el crecimiento, a pesar de que aumentan el consumo de alimento y el índice de eficiencia de conversión del mismo. Vogt (20) encuentra resultados similares en pollos de carne (broilers) al utilizar niveles de 2,4 por ciento de residuos de destilería, y otros autores (3, 11, 18), en cerdos en crecimiento y

engorde cuando se utilizan los residuos en bajos porcentajes.

Diversos autores (7, 16, 17) coinciden en que el nivel de PUC* no debe exceder del 15 por ciento de la ración, ya que niveles superiores disminuyen significativamente las ganancias de peso y la utilización del alimento. Valdivie (17) recomienda 13 por ciento de residuos de destilería en la ración como máximo, sin que se afecte el consumo y la aceptabilidad.

Se le atribuye a la levadura de cerveza un fuerte sabor amargo, lo que limitaría su aceptabilidad (21). Esta baja aceptabilidad no se presentó con los residuos de destilería, tanto en la evaluación en ratas como en pollas, ya que a medida que se aumentó el nivel de residuos de destilería, también se incrementó el consumo de la dieta.

Los niveles de ácido úrico encontrados en las pollas alimentadas con la dieta control son inferiores a aquéllos de que han informado otros autores para dietas similares, pero los niveles de ácido úrico plasmático mostraron una clara tendencia a aumentar a medida que se incrementó el porcentaje de residuos en la ración. Convendría, por lo tanto, realizar estudios más largos que abarquen toda la etapa productiva de estas especies, con el objeto de evaluar la presencia de factores toxicológicos presentes en las PUC.

Otra área de investigación necesaria en este producto es la evaluación de su digestibilidad y la forma en que, a través de un proceso tecnológico (secado en secador de rodos o autólisis), se puede mejorar el valor nutritivo de los residuos de destilería.

Resumen

El presente trabajo tuvo por objeto evaluar la composición química y el valor nutritivo de los residuos de destilería del alcohol en ratas y pollas. El análisis químico demostró que el producto contiene 37,8 por ciento de proteína cruda, es bajo en fibra y extracto etéreo, y alto en fósforo y calcio. Los aminoácidos limitantes demostraron ser los azufrados.

Ensayos biológicos de Índice de Eficiencia Proteínica (IEP) en ratas demostraron que este valor fue muy bajo (0,40) cuando se alimentó con el residuo de destilería. Sin embargo, los valores subieron a 1,33, 1,63 y 1,38 cuando se suplementó con 0,1, 0,2 y 0,3 por ciento de metionina, respectivamente. El valor de caseína en este caso fue de 2,50.

Estudios de crecimiento en pollas de reemplazo demostraron que no hubo diferencias significativas cuando en una dieta control de maíz y soya se sustituyó el 25, 50 y 75 por ciento de la proteína aportada por soya por los residuos de destilería. Los índices de eficiencia de conversión fueron de 2,2, 2,2, 2,6, 2,7 y 3,4 para la dieta control, y con sustituciones de proteína de soya por la de residuos de destilería en proporciones de 25, 50, 75 y 100 por ciento, respectivamente. Los valores de ácido úrico en el suero sanguíneo aumentaron a medida que aumentó la cantidad de residuos de destilería en la ración, siendo altamente

* PUC = proteína unicelular

significativos con respecto al grupo control cuando éstos alcanzaron niveles superiores a 15 por ciento de la ración. Estos niveles también resultaron en hemorragias extensas en los riñones, hígado, bazo y proventrículo de las aves.

Se hacen recomendaciones con respecto al uso de este subproducto en la alimentación animal, así como sobre la necesidad de efectuar más investigaciones al respecto.

Literatura citada

- 1 ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. Official Methods of Analysis of the AOAC 11th ed Washington, D.C., The Association. 1970 957 p.
- 2 BELLO, J., IARRALDE, J. y VILLANUEVA, R. Estudios sobre la calidad nutritiva de levaduras alimentos. 3. Influencia de algunos factores químicos y fisiológicos sobre la utilización de la levadura desecada de panadería (*Saccharomyces cerevisiae*) por el organismo animal. Revista de Nutrición Animal 12: 17-26 1974.
- 3 BOWMAN, G. L., y VEUM, T. L. *Saccharomyces cerevisiae* yeast culture in growing-finishing swine diets. Journal of Animal Science 37: 72-74 1973.
- 4 BRESSANI, R. The use of yeast in human food. In: Mateles, R. y Tannembaum, S. R., eds. Single-cell Protein. Cambridge, Mass., the MIT Press. 1968 pp. 90-121.
- 5 ELIAS, I. G. y BRESSANI, R. Valor nutritivo de la proteína de la levadura torula y como complemento de concentrados proteicos. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 20: 135-149 1970.
- 6 HEGSTED, D. M., MILLS, R. C., ELVEHJEM, C.A. y HART, E.B. Choline in the nutrition of chicks. Journal of Biological Chemistry 138: 459-466 1941.
- 7 LEZCANO, P. y ELIAS, A. Comportamiento de puercos alimentados con diferentes niveles de levadura *Saccharomyces* en sustitución de la harina de pescado en dietas de mieles. Revista Cubana de Ciencias Agrícolas 9: 311-317 1975.
- 8 LORD RITCHIE-CALDER. Importancia potencial de las nuevas fuentes de proteína. Boletín del Grupo Asesor en Proteína 6 (3): 2-7. 1976.
- 9 MANNA, L. y HAUGE, S. M. A possible relationship of vitamin B₁₂ to orotic acid. Journal of Biological Chemistry 202: 91-96 1973.
- 10 MILLER, S. A. Nutritional factors in single-cell protein. In: Mateles, R. y Tannembaum, S. R., eds. Single-cell Protein. Cambridge, Mass., the MIT Press 1968 pp. 79-89.
- 11 NEAS, B. y SHAGSVOLD, P. The nutritive value for growing pigs of single cell protein (*Saccharomyces cerevisiae*) produced from sulphite spent liquor. Acta Veterinaria Scandinavica 14: 160-167 1973 (Cf Nutrition Abstracts and Reviews 44: 293, Abstract 260-1 1974).
- 12 NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient Requirement of Poultry. Washington, D.C., National Research Council - National Academy of Sciences 1971.
- 13 ORR, M. I., y WATT, B. K. Amino acid content of foods. Washington, D.C., U.S. Department of Agriculture. 1957 41 p. (Home Economics Research Report N° 4).
- 14 PEPPLER, H. J. Industrial production of single-cell protein from carbohydrates. In: Mateles, R. y Tannembaum, S. R., eds. Single-cell Protein. Cambridge, Mass., The MIT Press 1968 pp. 229-242.
- 15 TANNEMBAUM, S. R. Factors in the processing of single-cell protein. In: Mateles, R. y Tannembaum, S. R., eds. Single-cell Protein. Cambridge, Mass., The MIT Press 1968 pp. 343-352.
- 16 TRUHAUT, R. y FERRANDO, R. Aspectos toxicológicos de las proteínas unicelulares utilizadas en la alimentación de animales. Boletín del Grupo Asesor en Proteínas 6 (4): 15-25 1976.
- 17 VALDIVIE, M. Levadura *Saccharomyces* obtenida como subproducto de la producción de alcohol sobre miel final en dietas para pollos de ceba. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 9: 341-345 1975.
- 18 VEUM, T. L. y BOWMAN, G. L. *Saccharomyces cerevisiae* yeast culture in diets for mechanically-fed neonatal piglets and early growing self-fed pigs. Journal of Animal Science 37: 67-71 1973.
- 19 VIÑARAS, R. y OCIO, E. Experimento de alimentación de cerdos en crecimiento-cebo con caldo de levadura de cerveza. Revista de Nutrición Animal 13: 73-89 1975.
- 20 VOGT, H. Dried brewer's yeast for fattening chickens. Archiv für Geflügelkunde 37: 236-237 1973 (Cf Nutrition Abstracts and Reviews 44: 995 Abstract 8357 1974).
- 21 VON LOESECKE, H. W. Controversial aspects: yeast in human nutrition. Journal of the American Dietetic Association 22: 485-493. 1946.

Notas y Comentarios

Continúa el debate sobre la sacarina

El periodo de gracia para la sacarina ha terminado. En octubre de 1977, el congreso de los Estados Unidos impuso una prórroga de 18 meses a una propuesta de la Food and Drug Administration (FDA) de que el edulcorante, que se cree causa cáncer de la vejiga, debería ser prohibido. La moratoria terminó el 23 de mayo. Para esta fecha, los políticos y hombres de negocios esperaban que hubiesen sido analizados tan extensamente los costos, riesgos o beneficios de la sacarina, que el debate estaría agotado. Lejos de ello

La prórroga de 18 meses no ha producido resultados concluyentes. Pensándolo bien, fue una locura esperar que se obtuvieran. La investigación sobre el cáncer es todavía muy tentativa. Queda mucho por comprender. Aunque los científicos son ahora capaces de identificar posibles causantes o promotores de cáncer entre los productos químicos, no pueden decir cuan riesgosos son en realidad. Las pruebas de laboratorio han mostrado que casi todos los productos químicos orgánicos son mutagénicos, capaces de provocar cambios en el material genético de las células. Pero su potencia puede variar en más de un millón. Por eso es que el estudio más influyente en el periodo de moratoria, producido por la National Academy of Sciences, confirmó que la sacarina debería ser considerada como una causa de cáncer pero no hizo ninguna solicitud para que fuera prohibida. Ciertamente, en marzo, un comité de la academia recomendó al congreso que su uso debería ser continuado. El riesgo, concluyó la academia, "es muy pequeño pero real".

¿Qué pensaron de esto los norteamericanos?, se pregunta *The Economist* (26 de mayo 1979). Durante 18 meses han vivido con signos en sus latas gaseosas dietéticas advirtiéndoles que se ha "determinado" que la sacarina causa cáncer en los animales de laboratorio. Pero nadie lo ha probado concluyentemente. Pueden haber más carcinógenos en el aire ordinario (por no hablar del aire de una fábrica, un salón de peinados, o un salón de comités del senado), que en una dieta bien fortificada con goma de mascar y gaseosas. La sacarina tranquiliza, aunque no ayude, a los que están a dieta y a los diabéticos. Hasta el consejo sobre salarios y estabilidad de precios ha terciado en el asunto, objetando que la prohibición propuesta por el FDA sobre la sacarina no toma en cuenta los costos de una prohibición para los diabéticos y los obesos.

El obstáculo legal que debe superar la sacarina es la llamada cláusula Delaney. Esta prohíbe que los aditivos a los alimentos sean considerados seguros si se encuentra que causan cáncer "cuando son ingeridos por el hombre o animales". En el presente estado del conocimiento, que encuentra agentes causantes del cáncer en todas partes, pero no puede medirlos, la cláusula Delaney presenta muchos obstáculos a la industria. Muchos de los que tienen dudas sobre la sacarina desearían ver que la cláusula se revise aún al costo de dejar pasar a la sacarina.

Además de dar tiempo (se esperaba) para un veredicto sobre la sacarina, la moratoria fue impuesta también para permitir que se desarrollase un sustituto. Desgraciadamente, el ritmo de la investigación científica no se mueve tan rápido. La aceptación de la sacarina por el público está establecida y es enorme. En los Estados Unidos se consumen más de 7 millones de libras por año, tres cuartas de eso en gaseosas dietéticas. Para tener éxito, cualquier reemplazo de la sacarina debe hacer su primera lucha en el mercado de los refrescos. Solamente una, la fructosa, parece tener esta capacidad al momento. Tres grandes firmas de gaseosas, Coca-Cola, Dr Pepper y Seven-up, comenzaron el año pasado a utilizar la fructosa, obtenida de jarabe de maíz, con gran

alarma de los productores de caña de azúcar (Cf. *Turrialba* 28: 116. 1978). Debido a que es casi dos veces más dulce que la sacarosa, la fructosa puede también reemplazar a la sacarina en alimentos bajos en calorías. Hasta ahora, parece perfectamente segura. Su desventaja es que, en forma cristalizada, es cuatro veces más cara que la sacarosa.

Otros sustitutos no han dado resultados. El aspartame, que es 200 veces más dulce que la sacarosa, está mantenido fuera del mercado, por lo menos durante el verano de los Estados Unidos. Es sospechoso de causar convulsiones en los niños. El sorbitol, que se usa ya en confites, y jarabes para la tos, se dice que causa daños en la sangre, y en los nervios de los diabéticos. El xilitol, un extracto de la corteza del abedul (*Betula*), importado de Finlandia, fue usado ampliamente en goma de mascar para evitar las caries dentales hasta que se descubrió que causaba tumores en la vejiga. La misma sacarosa, como es sabido, ha estado por largo tiempo en la lista negra.

Por consiguiente, es poco probable una prohibición total de la sacarina. Por el momento, no hay otra cosa para el adicto al dulce que no quiere engordar. El jefe de la FDA, Donald Kennedy, preferiría ver a la sacarina prohibida como aditivo arbitrario a los alimentos y vendida, por otra parte, como droga obtenible sin receta. El problema de la sacarina continúa sin solución.

Sustancias cítricas contra la mosca de la fruta

Aceites naturales que se encuentran en la cáscara de los cítricos, incluso naranjas, toronjas y limones, se ha encontrado que son altamente tóxicos a los huevos y larvas de la mosca de fruta del Caribe (*Anastrepha mombinpraeotans*) (*Agricultural Research* Vol. 27, Nº 4).

El descubrimiento resultó de estudios llevados a cabo para explicar diferencias en la resistencia a esta plaga entre la naranja y la toronja. Aunque la naranja es atacada ocasionalmente con éxito por la mosca del Caribe, la toronja (especialmente las variedades blancas) es algo vulnerable, dependiendo de su madurez. La toronja plenamente madura es bastante más susceptible que la fruta inmadura.

Luis Viñas, un estudiante graduado en la Universidad de Florida, en Gainesville, que trabaja bajo la dirección de Patrick Greany, encontró que mientras que las moscas ponían sus huevos con prontitud en todas estas frutas, la mayor parte de las crías morían. Pruebas posteriores mostraron que los aceites de la cáscara eran tóxicos tanto a los huevos como a las larvas.

Estudios subsecuentes han mostrado que un número de constituyentes del aceite de la cáscara son tóxicos y se están haciendo esfuerzos para determinar cuáles de ellos contribuyen más a la resistencia. Debido a que los aceites varían en composición según los cultivares, puede ser posible relacionar las diferencias en susceptibilidad con diferencias químicas específicas en los aceites. Además, se están haciendo análisis para determinar si las diferencias en el contenido de aceite de la cáscara y en la morfología de la cáscara influyen en la resistencia que exhiben varios cultivares de cítricos.

Se realizarán estudios adicionales con cooperadores internacionales para determinar el efecto de estas sustancias en otras especies aún más dañinas de mosca de la fruta, tales como la mosca del Mediterráneo (*Ceratitis capitata*). Esta plaga fue erradicada de Florida a un costo muy grande. Podría ser posible evitar o disminuir el control con insecticidas de estas especies donde ellas ocurran si se distribuyen variedades resistentes de cítricos entre los agricultores.

Se están haciendo estudios, en colaboración con P.L. Davis, para determinar si es posible desarrollar pruebas químicas que indiquen cómo aumenta la susceptibilidad y, en consecuencia, que señalen la fecha óptima para el recojo de los frutos. Los científicos esperan que sus resultados podrían conducir a reducir los costos y disminuir el impacto sobre el ambiente de los insecticidas usados contra varias moscas de la fruta.

Maize replacement value of fermented cassava in rations for sheep* ————— S. A. ADEYANJU**

COMPENDIO

Se alimentaron con raciones en las que la yuca fermentada reemplazó al maíz en niveles de 0, 20, 40 y 60 por ciento, en peso, durante 244 días, 24 ovinos West African Dwarf de 14 semanas de edad, en grupos de 12 carneros castrados y 12 corderos, con un peso inicial promedio de 15,68 kg. Se evaluaron los efectos sobre la digestibilidad de las raciones, crecimiento, canal y características económicas de los ovinos.

La ingestión y digestibilidad aparente de la proteína cruda, fibra cruda, extracto etéreo, extracto libre de nitrógeno, y nutrientes digestibles totales fueron significativamente más bajas en las raciones que contenían 40 y 60 por ciento de yuca fermentada que en cualquier otra ración. Tanto la eficiencia de la utilización de los alimentos como la tasa de crecimiento fueron deprimidas conforme aumentaba la yuca fermentada en las raciones. El por ciento de desecho, el largo de la canal, y la grasa abdominal fueron más bajos mientras que los riñones e hígado fueron más grandes al aumentar el nivel de yuca fermentada. Los aumentos de yuca fermentada en las raciones también produjeron mayores beneficios económicos comparados con la ración testigo.

Introduction

THE need to search for alternatives to cereal grains as energy source in livestock feeds caused by inadequate supply and, hence, extremely high prices of cereal grains in many parts of the world has led to the evaluation of cassava in livestock feeds. As an energy source, cassava yields 13 times more energy per hectare than maize or guineo corn (10). Furthermore, its ease of propagation, economy of production, relative freedom from pests and comparatively fewer storage problems compared with cereal grains make cassava an attractive proposition for energy source in livestock feeds.

The objectives of this study were to incorporate fermented cassava into rations for sheep and determine its effects on the intake, digestibility and efficiency of utilization of the rations and growth, carcass, organ and economic value for sheep.

Materials and methods

Cassava processing

Cassava root tubers purchased from farmers in the neighbourhood were subjected to a *lafunification* process* as follows: The unpeeled cassava tubers were washed to remove soil dirt before packing them into two 1000-litre fermentation tanks which had been filled with sufficient water to promote fermentation. The cassava tubers remained unpeeled to minimize the loss of cassava starch to the fermentation medium which usually occurs through desintegration when peeled cassava tubers have become softened in the process of fermentation. The fermentation tanks were left uncovered to avoid pressure building up inside them and fermentation was allowed to proceed uncontrolled for six days. Studies on microbial activities during the

* Received for publication October 8th, 1978.

** Department of Animal Science, University of Ife, Ile-Ife, Nigeria.

* This is one of the traditional methods of preparing cassava root into flour called *lafun* for human consumption in some of the Southern States of Nigeria.

Table 1—Composition of experimental rations (air-dry basis)

Ingredients (%)	Levels of fermented cassava (%)			
	0	20	40	60
Maize	60.0	40.0	20.0	0.0
Fermented Cassava ¹	0.0	20.0	40.0	60.0
Groundnut cake	10.0	10.0	10.0	10.0
Brewers' dried grains	20.0	20.0	20.0	20.0
Sugar cane molasses	4.0	4.0	4.0	4.0
Dicalcium phosphate	3.0	3.0	3.0	3.0
Bone Meal	2.0	2.0	2.0	2.0
Salt	0.5	0.5	0.5	0.5
Agricare ²	0.5	0.5	0.5	0.5

1 Contained on air-dry basis, 88.58% dry matter, 1.43% crude protein, 2.19% crude fibre, 0.75% ether extract, 3.05% ash, 81.16% NFE and 13.01 mg/kg HCN

2 A trace mineral-vitamin mix manufactured by Livestock Feeds Ltd., Lagos

fermentation process indicated that some species of yeasts, *Aspergillus*, *Pichia*, *Bacillus* and *Pseudomonas* were present in the fermentation tanks. The source of the *Aspergillus* species was traced to the soil from which the cassava root tubers were harvested

From the third day until the end of fermentation any cassava tubers which had become softened were withdrawn from the fermentation tanks. The peels were then removed and discarded while the remaining starchy pulps were loaded into jute bags on which dilapidated parts of motor vehicles were piled so as to squeeze out as much water as possible thereby expediting the process of sun-drying. After about 48 hours, the starchy pulps were removed from the bags and grated by hand on a concrete floor. During this process, the inner fibrous core was removed and discarded before the starchy pulp was spread out to sun-dry. The dried fermented cassava was then ground and stored ready for mixing the experimental rations (Table 1).

Feeding and management of experimental animals

Twenty-four 14-weeks old West African Dwarf sheep comprising 12 wethers and 12 lambs with an average initial body weight of 15.68 kg were divided into four groups of six equalized as to sex, mean weight and weight distribution among groups. The experimental rations were allotted randomly to the four groups of growing sheep which were fed *ad libitum* for a period of 224 days during which all animals had free access to water. Prior to this experiment the sheep had been dewormed with thiabendazole and this operation was repeated three months after the study had commenced. Records of feed intake and individual body weight changes were kept on weekly and bi-weekly basis, respectively.

During the last three weeks, two wethers were withdrawn from each treatment group and placed in metabolism cages for a digestibility study. They were each offered daily 90 per cent of the average daily feed intake of their respective treatment groups in the week prior to the metabolism trial and given free access to water. Any refused feed was weighed daily before the day's ration was put in the feeder. After an initial adjustment period of 7 days in the metabolism cages, faeces were collected daily from each animal for 10 days. The 10-day fecal samples were pooled into two 5-day composite samples for chemical analysis. Samples of the refused feed, experimental rations and feces drawn from the composite samples of each were then analyzed for proximate components by the methods of AOAC (1).

At the end of the experiment all animals were starved for 24 hours but water was provided. They were then weighed individually to obtain the final body weight. Operating market prices of feed ingredients used in the experimental rations and sheep were used to estimate feed costs and gross income. The wethers from each treatment group were slaughtered for carcass evaluation.

The data obtained were analyzed statistically using analysis of variance and Duncan's new multiple range test (13).

Results and discussion

Digestibility of experimental rations

Digestibility coefficients (Table 2) indicate consistent decrease in digestible crude protein, crude fibre, ether extract, nitrogen free extract and total digestible nutrients as the level of fermented cassava increased in the rations. Rations containing 40% or more fermented cassava were significantly ($P \leq 0.05$) inferior to others in digestibility of the proximate components of the rations studied. This depression in digestibility might

Table 2—Digestibility coefficients (%)

Feed components	Levels of fermented cassava (%)				S.E. Mean
	0	20	40	60	
Crude protein	91.38a	88.80a	74.96bc	65.41c	± 4.63
Crude fibre	75.28a	65.79ab	57.87b	54.85b	± 2.97
Ether extract	83.43a	91.03a	83.98b	79.82b	± 2.86
Nitrogen free extract	94.74a	91.41a	87.36ab	82.48b	± 1.79
Total digestible nutrients	81.20a	76.80ab	69.74bc	62.43	± 1.95

a, b, c Means with different letters within the same row are significantly ($P \leq 0.05$) different.

be due to the toxic effect (15) of the residual hydrocyanic acid in the fermented cassava rations on the microbial population in the rumen. Both their growth rate and, hence, breakdown of the feed components might have been hindered considerably. It has been observed (12) that ruminal ammonia concentration was lower in heifers fed rations supplemented with cassava meal, which also gained less weight, compared with those fed corn supplemented rations. Similar observations have been made (9) on dairy cows fed rations in which oats were replaced with tapioca.

Growth response

Table 3 presents the performance of sheep fed fermented cassava rations. Average body weight gains and final body weight decreased, however, non-significantly ($P \geq 0.05$), as fermented cassava increased in the rations. There were significant ($P < 0.05$) decreases in feed intake but non-significant ($P \geq 0.05$) decreases in feed required per kg body weight gain with increases in the dietary level of fermented cassava. The reduced growth rate might be due to reduced feed intake, poor digestibility and decreased efficiency of feed utilization as the level of fermented cassava increased. Many other workers (3, 4, 5, 10) have made similar observations on ruminants fed cassava meals.

Economic performance

Both the feed cost and estimated gross income (Table 3) decreased significantly ($P \leq 0.05$) while the

Table 3.—Performance of sheep fed fermented cassava rations.

Performance characteristics	Levels of fermented cassava (%)				S. E. Mean
	0	20	40	60	
Initial bwt. (kg)	15.53	15.68	15.68	15.84	± 1.07
Final bwt. (kg)	30.35	29.37	25.77	25.63	± 1.96
Body wt gain (kg)	14.82	13.69	10.09	9.80	± 1.19
Feed intake (kg)	109.28a	107.79a	103.52b	100.46b	± 0.42
Feed/kg bwt. gain (kg)	7.34	7.86	10.25	10.27	± 2.51
Feed cost (N) ¹	25.73c	21.06bc	16.09ab	11.62a	± 1.65
Gross revenue (N)	45.53	44.05	38.65	38.44	± 2.95
Revenue less feed cost (N)	19.80	22.99	22.56	26.82	± 1.78
Returns index ²	100	116	114	136	

1 Naira, the Nigerian currency, in which N1.00 = US 1.58

2 Revenue less feed cost for the control diet is 100.

a, b, c Means with different letters within the same row are significantly ($P \leq 0.05$), different

Table 4.—Carcass and organ characteristic of sheep fed fermented cassava rations

Characteristics	Levels of fermented cassava (%)				S. E. Mean
	0	20	40	60	
Slaughter wt (kg)	33.60	28.10	22.60	27.70	± 4.69
Carcass length (cm)	84.45	83.82	69.85	81.28	± 6.05
Dressing percent (%)	49.50	47.61	47.64	46.03	± 1.45
Visceral fat (% EBW ¹)	24.65b	15.71a	13.12a	12.45a	± 2.28
Hide (% EBW)	8.84	9.81	10.00	9.60	± 0.93
Liver (% EBW)	1.51	2.13	1.79	1.87	± 0.71
Heart (% EBW)	0.51b	0.49b	0.55a	0.58a	± 0.01
Kidney (% EBW)	0.27	0.36	0.38	0.44	± 0.12

a, b Means with different letters within the same row are significantly ($P \leq 0.05$) different

¹ Empty body weight

revenue less feed cost and the returns index increased with increases in the fermented cassava level. In spite of the decline in gross revenue which might be related to the depression in growth rate as fermented cassava increased in the rations, the increases in the returns index indicate greater economic benefit with increases in the corn replacement level of fermented cassava. Similar observations in economic gain from replacing cereals with cassava in diets for livestock have been reported by many others (2, 7, 8, 14)

Carcass and organ characteristics

Carcass and organ characteristics (Table 4) indicate non-significant ($P \geq 0.05$) decreases in slaughter weight, carcass length, dressing percent, but a significant ($P \leq 0.05$) decrease in visceral fat. Hide, liver and kidney, in contrast, became larger with increases in the level of fermented cassava. Hearts from chickens fed diets containing more than 20 per cent fermented cassava were also significantly ($P \leq 0.05$) larger than those fed the control diet (15). The general reduction in the carcass value as the fermented cassava level increased appears related to the final body weight of the sheep. Devendra and Lee Kok Choo (6) have reported highly significant ($P \leq 0.01$) correlations of mean live weight with heart girth, height at withers, body length and hip width in Kedah-Kelantan heifers fed diets supplemented with cassava.

The results of this study suggest that fermented cassava could replace corn w/w up to 60 per cent in rations for sheep without significant depression in efficiency of feed utilization, growth rate but with increases in economic benefit.

Summary

Twenty-four 14-week old West African Dwarf sheep comprising 12 wethers and 12 lambs with an average initial body weight of 15.68 kg were fed rations in which fermented cassava replaced corn w/w at 0, 20, 40 and 60% levels, respectively for 224 days. The effect on digestibility of the rations, live performance, carcass and economic characteristics of the sheep were evaluated.

Feed intake and apparent digestibility of crude protein, crude fibre, ether extracts, nitrogen free extract and total digestible nutrients were significantly lower in rations containing 40 and 60 per cent fermented cassava than any other ration. Both efficiency of feed utilization and growth rate were depressed as fermented cassava increased in the rations. Dressing percentage, carcass length and abdominal fat were lower while the kidney and liver were larger with increases in the level of fermented cassava. Increases in fermented cassava in the rations also produced greater economic benefits compared with the control ration.

Literature cited

1. A.O.A.C. Association of Official Agricultural Chemists. Official methods of analysis (11th ed.) Washington D.C. 1094 p.
2. CARDOSO, R.M., CAMPOS, J., HILL, D. H. and de SILVA COELHO, J. F. Efeito de substituição gradativa de milho pela raspa de mandioca, na produção de leite. *Revista Ceres* 14: 308-328. 1968.
3. CARVALHO, A. R. I., FARIAS, M. S. and LOFGREEN, G. P. Molasses, cassava and cotton seed meal as supplements to fresh or ensiled sugar cane tops. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 2: 411-420. 1967.
4. CASTRO, M. E. D. and Da SILVA, J.F.C. Substituição do milho desintegrado com palha e sabugo pela de mandioca integral em rações para ruminantes. II Confinamento de bovinos. *Experientiae* 20: 204-216 — 1975.
5. CHICCO, C. F., CARNEVALLI, A. A., SCHULIZ, I. A., SCHULTZ, E. and AMMERMAN, C. B. Yuca y melaza en la utilización de la urea en corderos. *Asociación Latino Americana de Producción Animal* 6: 7-17. 1971.
6. DEVENDRA, C. and LEE KOK CHOO, I. Studies on Kedah-Kelantan cattle I. The effect of feeding increasing levels of tapioca (*Manihot utilissima* Pohl) *MARDI Research Bulletin* 4: 81-88. 1976.
7. ECHANDI, M. I. Valor de harina de hojas y tallos deshidratados de yuca la producción de leche. *Turrialba* 2: 166-169. 1952.
8. GOSTIJO, R. M., VIVELA, H., CARNEIOR, G. G., VIDGAL, G. T. and MIRANDA, J. J. F. Estudio comparativo entre raspa de mandioca lavada e milho desintegrado como fontes de energia, para engorda de novillos azebuados en confinamiento. *Arquivos Escola Veterinaria* 24: 27-31. 1972.
9. MATHUS, M. L., CAMPATH, S. R. and GHOSH, S. N. Studies on Tapioca in the concentrate mixture of dairy cows. *Indian Journal of Dairy Science* 22: 193-199. 1969.
10. OYENUGA, V. A. Nutrition value of cereal and cassava diets for growing and fattening. *British Journal of Nutrition* 15: 327-338. 1961.
11. SCHULIZ, I. A., CHICCO, C. F., SCHULTZ, E. and CARNEVALLI, A. A. Effect of different sources of energy (cassava, maize, rice and molasses) on utilization of high proportion of urea by cattle. *Agronomía Tropical (Maracay)* 20: 185-194. 1970.
12. SOWARDI, B., SASTRADIPRADJA, D., NASUTION, A. H. and HUTASOIT, J. H. The influence of corn and cassava meal supplementation on the feeding value of alang-alang (*Imperata cylindrica* (L.) Beauv) for Ongole grade heifers. *Malaysian Agricultural Research* 4: 123-130. 1975.
13. STEEL, R.G.D. and TORRIE, J. H. Principles and procedures of statistics. New York, McGraw-Hill, 1960. 481 p.
14. VALDIVIESO, C. A. and de ALBA, J. Uso del maíz y la harina de yuca en mezclas simples para criar terneras de lechería. *Turrialba* 8: 148-152. 1958.
15. VOGT, H. The use of tapioca meal in poultry rations. *World's Poultry Science Journal* 22: 113-125. 1966.

Notas y Comentarios

Publicaciones

Ciencias y Técnica en la Agricultura. Con este nombre el Ministerio de Agricultura de Cuba ha iniciado en 1978 la publicación de dos revistas semestrales de investigación. La primera tiene como subtítulo *Suelos y Agroquímica*, y tiene en su primer número cinco artículos sobre fertilizantes y análisis de suelos. La segunda *Protección de Plantas*. Tiene cuatro artículos sobre malezas, herbicidas y sobre sigatoka del plátano. La dirección es CIDA, Gaveta Postal 4149, La Habana

European Journal of Cell Biology. La revista alemana *Cytobiologie* se ha unido al selecto número de publicaciones que se están europeizando, y ha cambiado su nombre a *European Journal of Cell Biology*. Se trata de una revista que publica artículos de investigación sobre la estructura, función y organización macrocelular de células y componentes celulares. Se prefieren contribuciones sobre dinámica celular, diferenciación, bioquímica y biología molecular en relación con datos estructurales. A partir del volumen 19, número 1, abril 1979, la revista ha aparecido con el nuevo nombre. Ahora de tamaño 21 × 28 cm (el tamaño de *Turrialba*), los artículos se están publicando preferentemente en inglés (lo que también es una tendencia en la actualidad). Cada volumen se calcula que tendrá unas 340 páginas. El editor ejecutivo es Hans Rölta, de Stuttgart. La dirección es P.O. Box 40; Birkenwaldstrasse 44, D-7000 Stuttgart 1; Alemania.

Funciones de producción en la actividad forestal y maderera en Costa Rica* JUAN MANUEL VILLASUSO**

ABSTRACT

The paper analyzes, from the theory of production point of view, both forest exploitation and wood processing (saw mills) activities. Using cross section data from a survey conducted in 1976, several linear and Cobb-Douglas production functions are estimated.

The model used to explain forest exploitation activities defines the amount of timber extracted as a function of the number of working hours per month (labor) and the value of capital (machinery and equipment). The figure obtained for the production-elasticity of labor is 1.96 and 0.99 for the production-elasticity of capital. Thus, it is concluded that forest exploitation in Costa Rica is in the increasing returns stage since the sum of both elasticities is greater than one.

In the case of wood processing, the model considered includes three explanatory variables: number of workers, value of capital (machinery and equipment) and value of constructions. The elasticities of production computed were 0.72 for labor and 0.21 for capital. This means that diminishing returns are present in the wood processing activity.

Introducción

LOS recursos forestales constituyen una de las riquezas naturales más importantes de Costa Rica. Su importancia reside tanto en su valor ecológico como en su pertinencia económica y social.

El presente trabajo tiene como objetivo el contribuir en alguna medida a un mejor conocimiento de los aspectos económicos relacionado con esta actividad. Se analiza, desde el punto de vista de la teoría de la producción, la actividad de extracción y de procesamiento (aserrío) de madera. Se estiman funciones de producción lineales y del tipo Cobb-Douglas y se llegan a algunas conclusiones en cuanto a las elasticidades de producción.

Aspectos conceptuales

La teoría de la función de producción ha sido uno de los temas del análisis económico que mayor aten-

ción ha recibido por parte de los economistas, especialmente a nivel microeconómico en que se ha visto expuesta a diversas contrastaciones empíricas, con resultados bastante favorables.

La utilización de las funciones de producción empezó con los trabajos de Edgeworth, (5) con los análisis de las isocuantas de Johnson, (7) y posteriormente los de Frish (6) y Carlson (1). Estos autores refirieron sus análisis al equilibrio de la empresa y de la industria. También se utilizó la función de producción en el campo de la distribución de la renta donde jugaron papel importante los trabajos de Wicksteed, (11) Wicksell (10) y Johnson (7). Posteriormente Douglas (4) realizó las primeras investigaciones a nivel macroeconómico, ligadas a la teoría de la macrodistribución de la renta.

La función de producción se define como una relación técnica entre las cantidades aplicadas de factores y la cantidad de producto que de ello resulta. Es decir, esta función relaciona las cantidades de insumos que son empleadas con la cantidad de producto que se obtiene, suponiendo que se utiliza una determinada técnica, la cual es constante. Mientras no varíen las leyes naturales de la técnica, tampoco cambia la función de producción.

* Recibido para la publicación el 8 de marzo de 1979.

** Director del Instituto de Investigaciones en Ciencias Económicas de la Universidad de Costa Rica. Ciudad Universitaria. San José, Costa Rica.

En términos generales, la función de producción se puede expresar de la siguiente manera:

$$Q = f(N, K, I)$$

donde Q es la cantidad de producto, N es el factor trabajo (mano de obra), K es el capital (maquinaria, equipo e instalaciones) e I representa el recurso tierra (insumos naturales o materia prima empleados en el proceso productivo).

Esta función puede especificarse de diferentes maneras, desde la forma más simple en que se supone una relación lineal entre los factores empleados y el producto obtenido, o sea,

$$Q = C_0 + C_1 N + C_2 K + C_3 I$$

hasta relaciones más complejas en las que se incluyen valores exponenciales y logarítmicos de las variables y se suponen diferentes tipos de elasticidades de sustitución (CES, VES, Función de Leontieff, etc.). El modelo más conocido y utilizado de estimación de funciones de producción es el elaborado por Cobb y Douglas (2), el cual se define de la siguiente manera:

$$Q = CN^\alpha K^\beta$$

o lo que es lo mismo,

$$\log Q = \log C + \alpha \log N + \beta \log K$$

A esta función se le suele llamar función de Cobb-Douglas y la misma reúne una serie de condiciones y características que la hacen sumamente atractiva. Entre las características de la Cobb-Douglas merecen destacarse las siguientes:

- (i) Las elasticidades de la cantidad producida con respecto a los factores son constantes e iguales a los parámetros α y β (elasticidades de producción).
- (ii) No existe en esta función ningún valor asintótico o tope de la producción más allá del cual no se pueda aumentar la cantidad elaborada, pero la tasa de aumento descende a medida que se aumenta la cantidad aplicada de un factor.
- (iii) La suma de los parámetros α y β permite encontrar el tipo de rendimiento que se da en la producción. Así, si

$$\alpha + \beta < 1 \text{ Rendimientos decrecientes}$$

$$\alpha + \beta = 1 \text{ Rendimientos constantes}$$

$$\alpha + \beta > 1 \text{ Rendimientos crecientes}$$

- (iv) La productividad media y marginal son proporcionales entre sí, siendo el factor de proporcionalidad el exponente que los acompaña:

$$\text{Productividad Marginal del Trabajo} = \alpha \left(\frac{\text{Producto}}{\text{Factor Trabajo}} \right)$$

$$\text{Productividad Marginal del Capital} = \beta \left(\frac{\text{Producto}}{\text{Factor Capital}} \right)$$

- (v) La elasticidad de sustitución entre los factores es igual a uno

En el análisis que se presenta a continuación se estiman funciones de producción de tipo lineal y de Cobb-Douglas para los dos procesos productivos más importantes del sector forestal y maderero: la extracción y el procesamiento (aserrío) de maderas

Metodología empleada

Las cifras para las diferentes variables que se usaron en la estimación de las funciones provienen de una encuesta realizada por el autor (9) a los extractores de madera y a los aserraderos.

En el caso de los extractores, las entrevistas se llevaron a cabo en tres zonas geográficas del país: la zona de San Carlos-Sarapiquí; la zona Atlántica; y la región de Guanacaste-Puntarenas. Estos extractores fueron seleccionados en forma aleatoria con base en la lista de permisos de explotación vigentes, obtenida de la Dirección General Forestal. Primero se dividió la lista por regiones y luego se hizo la selección al azar. La encuesta a los aserraderos incluyó 23 entrevistas seleccionadas aleatoriamente con base en el Censo de 1974 elaborado por la Dirección General Forestal. Para la selección de la muestra se tomaron en cuenta dos criterios de estratificación: tamaño (volumen de producción) y localización geográfica.

Las cifras empleadas, por provenir de una encuesta, son de corte transversal, es decir, todas las observaciones provienen de un mismo instante en el tiempo.

El análisis empleado para estimar los parámetros fue el de regresión múltiple y el método fue el de Cuadrados Mínimos Ordinarios. Este método consiste en minimizar la suma de los cuadrados de las desviaciones de los valores observados de la variable dependiente con respecto a los valores correspondientes computados a partir de la línea de regresión (3, 8).

Modelos considerados

En el estudio se emplearon dos modelos para estimar las funciones de producción de los extractores y de los procesadores de madera respectivamente.

Extractores de Madera

El modelo general utilizado para este proceso productivo hace depender la cantidad extraída de madera (QE) de varias medidas del *factor trabajo*: número de trabajadores (TR), número de horas laboradas por mes (HM) y salarios pagados (SAL); y del *factor capital*: tamaño de la explotación (TEX), valor de la maquinaria (VM) y valor del equipo (VEQ)

$$QE = f (TR, HM, SAL, TEX, VM, VEQ)$$

Posteriormente, dos de estas variables fueron consideradas en forma conjunta, sea, KK (valor del capital) = VM + VEQ.

Las dos especificaciones de este modelo fueron, una de tipo lineal,

$$QE = c_0 + c_1 TR + c_2 HM + c_3 SAL + c_4 TEX + c_5 VM + c_6 VEQ$$

y otra en términos exponenciales que se transformaba en logaritmos para efectos estimativos:

$$\log QE = c_0 + c_1 \log TR + c_2 \log HM + c_3 \log SAL + c_4 \log TEX + c_5 \log VM + c_6 \log VEQ$$

Debe hacerse notar que aunque se emplearon diversas medidas de trabajo y capital estas eran excluyentes, de tal suerte que en cada estimación solo se empleaba una de ellas, vg. si se usaba el número de trabajadores (TR), no se incluían ni las horas trabajadas (HM) ni los salarios pagados (SAL), ya que la correlación entre estas variables es sumamente alta y podría causar problemas de multicolinealidad en las regresiones.

Procesadores de Madera

Al igual que en el caso de los extractores, para las procesadoras de madera se definió un modelo general que luego fue especificado en términos lineales y logarítmicos.

El modelo general indica que la cantidad procesada (QP) es función del número de trabajadores (TR), del número de horas trabajadas al mes (HM),

de los salarios pagados (SAL), del área edificada (EDI), del área de patios para almacenamiento (PATY), del valor de las instalaciones (VI), del valor de la maquinaria (VM), del valor del equipo y herramientas (VEQ) y de la cantidad comprada de madera (QBUY). De donde,

$$QP = f (TR, HM, SAL, EDI, PATY, VI, VM, VEQ, QBUY)$$

La ecuación lineal que se especificó a partir de este planteamiento, es la siguiente:

$$QP = c_0 + c_1 TR + c_2 HM + c_3 SAL + c_4 EDI + c_5 PATY + c_6 VI + c_7 VM + c_8 VEQ + c_9 QBUY$$

La ecuación logarítmica se expresa de la siguiente manera:

$$\log QP = \log C_0 + c_1 \log TR + c_2 \log HM + c_3 \log SAL + c_4 \log EDI + c_5 \log PATY + c_6 \log VI + c_7 \log VM + c_8 \log VEQ + c_9 \log QBUY$$

También en el caso de las procesadoras de madera se juntaron algunas variables. Así,

$$\text{Area Total (ATOT)} = \text{EDI} + \text{PATY}$$

$$\text{Valor del Capital (KK)} = \text{VM} + \text{VEQ}$$

En las regresiones no se utilizaron simultáneamente medidas de un mismo factor sea, TR, HM y SAL para medir el trabajo, ni tampoco medidas globales en conjunto con alguno de sus componentes, vg., ATOT y EDI ó KK y VM.

Como puede observarse, las ecuaciones logarítmicas son del tipo Cobb-Douglas (2). Debido a limitaciones de programación y computación, no fue posible estimar funciones del tipo CES (Elasticidad Constante de Sustitución) como era nuestra intención.

Definición y cuantificación de las variables utilizadas

Como se señaló anteriormente, las cifras para las variables que conforman los modelos provienen de la encuesta realizada con los extractores y con los procesadores (aserraderos) de madera (9). Se considera que estas cifras son bastante confiables por la forma en que se llevó a cabo la recopilación de las mismas.

A continuación se detallan cada una de las variables utilizadas:

- (TR) *Número de trabajadores*: Personas que laboran en el aserradero o en la extracción de madera en el momento en que se llevó a cabo la encuesta. Incluye tanto empleados administrativos como operarios, ayudantes y personal de otro tipo.
- (HM) *Número de horas trabajadas*: Promedio de horas trabajadas al mes en el aserradero o en la zona de extracción.
- (SAL) *Salarios pagados*: Total de salarios mensuales pagados por la empresa procesadora o extractora.
- (TEX) *Tamaño de la explotación*: Está expresado en términos de manzanas e incluye tan solo aquellas que están en explotación y no en el total de la finca.
- (EDI) *Área edificada*: Se cuantifica en metros cuadrados y constituye una medida de la disponibilidad de almacenamiento del aserradero.
- (PATY) *Área de patios*: Se mide también en metros cuadrados y constituye una medida de la disponibilidad de almacenamiento del aserradero.
- (VI) *Valor de las instalaciones*: Constituye una medida de parte del capital del aserradero. Está expresado en colones y la información representa una estimación hecha por el informante del valor actual de las instalaciones (edificios y terrenos).

- (VM) *Valor de la maquinaria*: Estimación del valor actual de la maquinaria, ya sea el aserradero o el extractor. Está medido en colones
- (VEQ) *Valor del equipo*. Al igual que las dos variables anteriores, constituye una estimación hecha por el informante. Incluye equipo y herramientas. Está medida en colones
- (QBUY) *Cantidad comprada de madera*: Promedio de pulgadas madereras que el aserradero compra mensualmente de los diversos tipos de madera
- (QE)/(QP) *Cantidad extraída / procesada*: Esta es la variable dependiente tanto en el caso de los extractores como en el de los aserraderos. Se mide en pulgadas mensuales (extraídas / procesadas)

Resultados

Funciones de Producción Estimadas para los Extractores de Madera

Después de probar diferentes combinaciones de variables a fin de obtener el mejor ajuste y la mayor significancia en los parámetros estimados, las dos ecuaciones obtenidas para los extractores, son las siguientes:

$$(E 1) \quad QE = -169363,28 + 823,947 \text{ HM} + 0,333 \text{ KK}$$

(1,96) (2,50)

$$R^2 = 0,624$$

$$DW = 1,593$$

$$(E 2) \quad \log QE = -11,594 + 1,9619 \log \text{ HM} +$$

$$0,9866 \log \text{ KK} \quad (2,62)$$

(3,51)

$$R^2 = 0,802$$

$$DW = 1,476$$

Si se analiza la ecuación (E 1) y (E 2) desde el punto de vista de interpretación estadística, se observa que los coeficientes de ambas regresiones resultan significativos a un nivel del cinco por ciento*. Los coeficientes de determinación con valores de 0,624 y 0,802 resultan también altamente significativos; y las pruebas de Durbin-Watson para ambas estimaciones indican que no existe autocorrelación entre los errores.

Interpretando los resultados obtenidos en la ecuación (E 1), se observa que tanto el signo de la variable "horas trabajadas" (HM), como el de la variable "capital" (KK) son positivos, indicando que existe una relación directa entre la cantidad extraída de madera y estos dos argumentos.

Adicionalmente, en base al valor de los coeficientes, puede afirmarse que un incremento de una unidad

en el número de horas trabajadas mensualmente, incrementaría en 823,9 unidades el número de pulgadas extraídas mensualmente. De igual forma, un incremento de una unidad en el valor del capital empleado, aumentaría la extracción de madera en 0,33 unidades

En cuanto a la ecuación (E 2), los parámetros estimados representan la elasticidad de producción de los factores, es decir, indican en cuanto se incrementará la producción (porcentualmente) ante un determinado aumento en la utilización del factor (también en términos porcentuales). Así, si el número de horas trabajadas mensualmente se incrementa en un uno por ciento, el número de pulgadas extraídas por mes aumentará en un 1,96 por ciento. Similarmente, un incremento de un uno por ciento en el valor del capital empleado, redundará en una elevación de un 0,99 por ciento en la extracción de madera

También se puede observar que los rendimientos en la extracción de madera son crecientes, ya que si se suman los coeficientes, se obtiene un valor de 2,9485, lo cual, obviamente, es mayor a uno. Esto significa que aumentos en las cantidades empleadas de factores producen incrementos más que proporcionales en la cantidad de madera extraída y viceversa.

A su vez, conociendo los valores de los parámetros, es posible estimar la productividad físico marginal de los factores para cualquier nivel de empleo de factores que se desee ya que, como se comentó antes:

$$PFM_t = 1,9616 \times \text{Producto Promedio de Trabajo}$$

$$PFM_k = 0,9866 \times \text{Producto Promedio del Capital}$$

Por último, vale la pena señalar que el ajuste de regresión que se logró en la ecuación (E 2) resultó mejor que el de la (E 1). Esto parece indicar que el proceso productivo de la extracción de madera no es lineal, sino más bien de tipo exponencial.

Funciones de Producción Estimadas para las Procesadoras (Aserraderos) de Madera

Las ecuaciones seleccionadas para explicar el comportamiento del proceso productivo del procesamiento (aserrío) de madera con las siguientes:

$$(P1) \quad QP = 46881,78 + 7496,668 \text{ TR} + 14,324 \text{ VI}$$

(6,09) (2,14)

$$R^2 = 0,742$$

$$DW = 2,169$$

$$(P2) \quad \log QP = 8,539 + 0,731 \log \text{ TR} + 0,216 \log \text{ VI}$$

(3,68) (2,48)

$$R^2 = 0,617$$

$$DW = 2,300$$

* Los números en paréntesis son los valores "t" calculados para los coeficientes de regresión

$$= 55992,75 + 7209,635 \text{ TR} + 0,362 \text{ KK}$$

(3,48) (1,98)

$R^2 = 0,706$
DW = 2,285

$$P = 11,437 + 0,698 \log \text{ TR} + 0,194 \log \text{ KK}$$

(2,91) (1,96)

$R^2 = 0,608$
DW = 2,043

$$= 39805,63 + 6134,802 \text{ TR} + 15,163 \text{ VI}$$

0,094 KK (2,98) (2,01)

1,86)

$R^2 = 0,737$
DW = 1,974

$$QP = 8,450 + 0,721 \log \text{ TR} + 0,216 \log$$

0,009 log KK (2,15) (1,84)

73)

$R^2 = 0,592$
DW = 2,295

el punto de vista estadístico, estas seis ecuaciones características similares a las de los ex-ces decir, los coeficientes resultan significati-iste de regresión también lo es, y la prueba 1-Watson indica que no hay autocorrelación errores

consideran las tres ecuaciones lineales (P1, en conjunto, se pueden derivar algunas con-interesantes:

aumentar en uno el número de trabajadores), la cantidad procesada de madera se incre-ta aproximadamente 7200 pulgadas mensua-

variación de un colón en el valor de las ins-ciones (VI), hace que la cantidad producida nodifique en alrededor de 15 pulgadas.

remento en el valor de la maquinaria y el ipo de un colón implican aumentos de aproxi-lamente 1,5 pulgadas mensuales procesadas

caso de las funciones del tipo Cobb-Douglas y P6), una primera conclusión que se detec-: los rendimientos son decrecientes, ya que en asos la suma de los coeficientes tienen valores s a la unidad.

$$= 0,947$$

$$= 0,892$$

$$= 0,946$$

ste sentido, merece enfatizarse la diferencia exis-tre estos resultados y los obtenidos para los es, para los cuales se determinó que los rendi-eran claramente crecientes.

o concerniente a las elasticidades de producción, factor trabajo ésta resultó ser de alrededor de ientras que para el factor capital asume valores

cercanos a 0,21. Es decir, la elasticidad de sustitución del trabajo es de 3/4 aproximadamente y de 1/4 para el capital

Estas cifras, no se alejan mucho de los resultados obtenidos por Douglas "cuando este no elimina la tendencia de las series cronológicas norteamericanas" y son bastantes similares a las obtenidas en Australia para los estados de Victoria y Nueva Gales del Sur (4) En el caso de las empresas procesadoras es también posible determinar la productividad físico marginal de los factores de producción, expresando ésta como el producto del coeficiente multiplicado por el producto promedio del factor.

Resumen

El trabajo analiza, desde el punto de vista de la teoría de la producción, la actividad de extracción y de procesamiento (aserrío) de madera Utilizando información de corte transversal proveniente de una encuesta realizada en 1976, se estiman funciones de producción lineales y del tipo Cobb-Douglas

El modelo empleado para explicar la extracción de madera hace depender la cantidad extraída del número horas laboradas por mes (trabajo) y del valor del capital (maquinaria y equipo). La cifra estimada para la elasticidad-producción del trabajo fue de 1,96, mientras que para el capital fue de 0,99. Consecuentemente, se concluye que la extracción maderera en Costa Rica se encuentra en al etapa de rendimiento crecientes ya que la suma de ambas elasticidades es mayor que uno.

En el caso del procesamiento maderero, el modelo para explicar la cantidad aserrada se plantea en función del número de trabajadores, del valor del capital (maquinaria y equipo) y del valor de las instalaciones. La estimación de las elasticidades-producción fue de 0,72 para el trabajo y de 0,21 para el factor capital, lo cual indica rendimientos decrecientes para esta actividad productiva.

Literatura citada

1. CARLSON, SUNE. A study on the pure theory of production. London, King and Staples, 1939. (Stockholm Economic Studies N° 9).
2. COBB, C.W. y DOUGLAS, P.H. A theory of production. American Economic Review, Spp 18 (128): 139-165. 1928.
3. CRAMER, J.S. Econometria empírica México, Fondo de Cultura Económica, 1973.
4. DOUGLAS, P.H. Are there laws of production? American Economic Review 38: 1-141 1948.
5. EDGEWORTH, F.Y. Mathematical physics London, Kegan Paul, 1881.

- 6 FRISCH, RAGNAR Las leyes técnicas y económicas de la producción. Barcelona, Sagitario, 1963.
- 7 JOHNSON, W.E. The pure theory of utility curves Economic Journal 23:118-135 1913
- 8 KLEIN, L.R. Introducción a la econometría Madrid, Aguilar, 1966
- 9 VILLASUSO, J.M. *et al.* El sector forestal y maderero en Costa Rica. San José, OFIPLAN, ACM, Fundación Interlogos, 1978
- 10 WICKSELL, KNUT Vorlesungen über Nationalökonomie Jena, 1913 pp 158-264.
- 11 WICKSIEED, P.H. An essay in the coordination of the laws of distribution London, Routledge Kegan Paul, 1894

Notas y Comentarios

Una tercera ruta en la fotosíntesis

Hasta ahora se había probado que el ciclo de la fotosíntesis seguía dos rutas separadas. Cuando la ruta del dióxido de carbono dentro de la planta fue estudiada, se descubrieron distintos procesos que resultaban de ciertas actividades fisiológicas y anatómicas. La mayor parte de las plantas, aquellas que viven en un ambiente balanceado sin tensiones excepcionales, toman el dióxido de carbono durante el día a través de los estomas foliares. De allí es transferido rápidamente a los cloroplastos en las células, donde es usado inmediatamente en la fotosíntesis. Esta ruta usa el "Ciclo Calvin" estándar, así llamado en homenaje a su descubridor y ganador del premio Nobel 1961, Melvin Calvin, y ha llegado a ser conocida como la "Ruta C₃", por ser un compuesto de tres carbonos, el ácido 3-fosfoglicérico (PGA), el primero detectable en la fotosíntesis.

Las plantas con una resistencia particularmente fuerte en condiciones áridas se encontró que no encajaban en este marco normal de C₃. En estas plantas hay una demora en la transferencia del dióxido de carbono porque es almacenado en cambio en ácidos orgánicos presentes en las plantas, tales como el ácido málico y el ácido oxaloacético, que tienen cuatro carbonos y que no figuran en el ciclo Calvin (Cf, *Turrialba* 21:4). Además, se encontró que los estomas actuaban al revés del modelo normal, y de esta manera las plantas eran capaces de evitar fuertes pérdidas por transpiración durante el día, y absorbían el dióxido de carbono durante la noche. A esta ruta se la denominó "Hatch-Slack" en honor a los dos científicos australianos que dilucidaron este proceso, y a las plantas se les llama ahora "plantas C₄" por el número de carbonos de los compuestos en los que se atrapa el CO₂ (Cf *Turrialba* 21:4).

Subsecuentemente, se encontró que algunas plantas podían seleccionar las rutas, ya sea la C₃ o la C₄, según las condiciones prevalentes (R. Adams *et al.* *The desert environment*, Architectural Press 1978, p. 39). Se ha visto que la opción escogida estaba estrechamente relacionada a la escasez de agua, alta temperatura o alta salinidad. Los que están realizando investigaciones en zonas áridas han dado más importancia a la capacidad de algunas plantas que hacen un uso más eficiente de la humedad disponible. La mayor eficiencia de las plantas C₄ (como maíz, sorgo y caña de azúcar) en el uso del agua está estrictamente relacionada a las funciones fisiológicas y químicas de la planta. El dióxido de carbono, atrapado de noche provoca una reacción de carboxilasa en la planta y es convertido en ácidos orgánicos. Al día siguiente, cuando los estomas están cerrados, el CO₂ es transferido a la ruta normal C₃ para ser usado en el resto de la planta. Esta capacidad de funcionar en respuesta directa al ambiente y así seleccionar la manera más apropiada de evitar los daños de un ambiente hostil ha recibido el nombre de "Metabolismo Ácido Crassuláceo" (en inglés CAM), debido a su descubrimiento inicial en la familia Crassulaceae (Briggs, W.R. Annual Reports of the Directors of the Department of Plant Biology Carnegie Institute, Stanford, Cal. 1973-1977).

Después de este trabajo inicial, realizado principalmente en la Universidad de California en Riverside, S.R. Szarek e I.P. Ting han publicado una revisión de la literatura que da cuenta de la ocurrencia del SAM en plantas (*The occurrence of CAM among plants, a review*. University of California Riverside, 1977). Hasta ahora, el CAM ha sido encontrado en una gimnosperma (*Welwitschia* del desierto de Namib), dos helechos y un número de familias de angiospermas: Agavaceae, Aizoaceae, Asclepiadaceae, Asteraceae, Bromeliaceae, Cactaceae, Crassulaceae, Cucurbitaceae, Labiatae, Liliaceae, Orchidaceae, Piperaceae, Portulacaceae y Vitaceae.

La evolución de las plantas C₄ y CAM está ahora recibiendo más atención ya que indica la jerarquía de las plantas en el ambiente árido. La mayor atención la están recibiendo las especies *Atriplex* y *Euphorbia*. Varios estudios parecen indicar que las plantas C₄ son las más primitivas, pues ellas no tienen especiales cualidades de resistencia a la sequía. El desarrollo de la ruta C₄ es el primer paso en el aislamiento de las funciones químicas de una planta de su habitat. Sin embargo, una vez que una planta ha evolucionado con una ruta C₄, queda restringida al ambiente árido particular. La evolución del proceso CAM, que da a la planta dos alternativas de ambiente, es por consiguiente el más reciente y más sofisticado desde el punto de vista evolucionario.

Un método simple para identificar plantas C₄ es el examen de la estructura celular de la hoja. Para reducir la transpiración y mejorar el aislamiento de las células internas húmedas de la atmósfera ardiente, las plantas C₄ han desarrollado la "anatomía Kranz" de células envainadas clorocromatóicas, en vez de las capas normales en palizada.

Todo esto tiene relevancia en relación con la competencia vegetal. Donde las condiciones son normales, y en particular donde hay un marco regular de lluvia que sostiene una población de plantas perennes, las plantas C₃ son las más comunes. Con un tipo cada vez más irregular de lluvia, las plantas C₄ gradualmente disminuyen, perdiendo su potencial de formar un dosel continuo que cubra sus raíces y ramas, y las plantas C₄ se apoderan de los espacios abiertos. Las plantas CAM aparecen cuando ocurre una aridez aumentada y el agua comienza a escasear. Aun cuando los mecanismos de las plantas C₄ y CAM son mucho más sofisticados, ellas tienen sólo un valor especial y restringido en las tierras áridas: cuando la humedad se incrementa, las plantas C₄ regresan gradualmente.

En la práctica, cualquier actividad, tal como el sobrepastoreo, que precipita la eliminación de las plantas C₃ de zonas áridas, deberá en su debido curso promover el establecimiento de plantas C₄ y eventualmente los CAM. Hablando en general (y excluyendo unas pocas suculentas y cactus) las plantas CAM no tienen ningún valor desde el punto de vista forrajero. Sin embargo son importantes en el sentido de que, una vez establecidos, pueden mejorar la estructura y estabilidad del suelo mediante la acción ligadora de sus raíces, y se suman al contenido de materia orgánica del suelo, ayudando así el retorno de las plantas C₄ y C₃. Esto podría facilitar la tarea de seleccionar las plantas para la restauración de tierras en zonas áridas, una vez que se provean condiciones razonablemente fértiles. El uso de la secuencia CAM → C₄ → C₃ resultaría en un más eficiente uso de recursos, y conduciría eventualmente al restablecimiento de la flora indígena de un territorio, sin las costosas técnicas involucradas en los procedimientos usuales de restauración de tierras.

Effects of soil moisture, potassium and nitrogen on mineral absorption and growth of *Coffea arabica* L.*1/

A. J. TESHA**, D. KUMAR**

COMPENDIO

Se estudió la absorción de NPK por plántulas de café en macetas con diferentes humedades de suelo en relación con los niveles de aplicación de estos minerales. La absorción de N y K no fue afectada hasta el 50 por ciento de la capacidad de campo pero fue retardada por un régimen más bajo de humedad del suelo. La absorción de fósforo no fue menor ni aun a la más baja humedad de suelo probada en la presente investigación. El nitrógeno y el potasio mostraron una interacción positiva mientras que se observó una interacción negativa entre N y P. La absorción estuvo bien relacionada con la cantidad de mineral aplicada.

El nitrógeno aumentó el crecimiento en extensión, área foliar así como también el número de nudos. El potasio produjo efectos similares en los dos primeros pero no en el número de nudos. Se notó crecimiento compensatorio después de que las plantas, mantenidas originalmente a una baja humedad de suelo, fueron ampliamente regadas. El nitrógeno actuó aditivamente al exhibir crecimiento compensatorio. Se mencionan las implicaciones prácticas de este trabajo.

Introduction

APLICATION of nitrogenic fertilizers to increase yield is a common practice throughout the world. Yield quite often does not reflect very well the amount of fertilizer applied to the soil, and on many occasions either there have been no increases in yield or insignificant increases only. This can result due to various causes but the efficiency of absorption of applied fertilizers can be an important one. There is no doubt that absorption is a complicated process, which depends upon various other factors other than just the amount.

Soil moisture is a major factor influencing the absorption of different minerals (22) and growth of plants (9, 13). For example, it is reported that N is absorbed slightly more at a moisture level a little lower than the field capacity (22). For K, the picture

is not clear. Some authors have reported higher rate of absorption of K (23, 30), others have observed lower rates of absorption as the moisture level is lowered below the field capacity (28, 30). For P similarly different views have been expressed.

The level of one mineral on its own absorption (17) and on the absorption of other minerals have always been the subject of study (19). On many occasions one mineral is found to antagonize the absorption of the other (1, 6, 27). There are also cases where one mineral is found to enhance the rate of absorption of the other (5, 7, 12, 15, 18, 19, 21, 24).

Absorption of minerals in relation to different levels of soil moisture and minerals must reflect in the growth of the plant. Moisture level by itself is a modifying factor of growth (10, 26). Absorption is a feature which is apparently specific to a particular plant species (2) and it is possible that information in this respect from other plants may not be applicable to coffee and therefore, this aspect needs to be investigated.

In the present work the absorption of nitrogen, potassium and phosphorus was studied in coffee seedlings at different levels of moisture, potassium and

* Received for publication January 4th, 1979

1/ This paper is published with the permission of Director of Research, Coffee Research Station, Ruiru, Kenya

** Coffee Research Station, P. O. Box 4, Ruiru, Kenya. Present address of the senior author is Department of Botany, University of Dar-es-Salaam, Dar-es-Salaam, Tanzania

nitrogen supplied to the pot soil. Growth measurements, in terms of extension growth, increase in node number and areas of individual leaves, were also carried out

Materials and Methods

Plants were raised from seeds of *Coffea arabica* L. cv 'K7' and planted in black polythene bags 27 × 10 cm lay flat. The potting medium contained a mixture of soil, farmyard manure and polystyrene granules. When the seedlings were about one year old, they were then transferred to 18 cm pots. Each pot contained approximately 1.5 kg (dry wt) of Kikuyu red loam soil. The soil used in these pots was collected from a locality which was poor in most of the essential mineral elements. On the basis of soil analysis, essential elements were supplemented to the pot soil. They were further treated to have two levels of N, three levels of K and three levels of moisture as given below:

Potassium levels:

Low	Medium	High
No additional K	2.75 KCL/pot	7.25g KCL/pot

Nitrogen levels:

Low N	High N
No additional N	10.25 g Ca(NO ₃) ₂ /pot

Moisture regimes:

High	Medium	Low
95 ± 5%	55 ± 5%	40 ± 5% of field capacity

Absorption rates were studied by carrying out soil and leaf analyses at intervals using Atomic Absorption and Auto-analyzer. Mineral losses, giving an estimate of rate of depletion and thus of absorption from the pot soil, were calculated by subtracting the final amount of a mineral from the initial after a period of time. Absorption rates given here only represent a comparative account for various elements studied.

Results

Potassium and phosphorus losses from the soil, between the 1st and the 4th month of treatment, are given in Table 1 and Table 2 respectively. In order to lower the number of samples for analysis, soil samples were taken from pots with the same treatment and combined together before analysis and therefore, the data could not be subjected to statistical analysis. From Table 1, it is apparent that when soil water was low loss of K was significantly reduced. However, it was not affected at the intermediate moisture regime. At high levels of soil K, there was more depletion from the soil indicating higher rate of absorption. When soil N was high, potassium was taken in by the plants in greater amount (Table 1).

Table 1.—Potassium losses from the soil, between the 1st and the 4th month of treatments, in relation to the levels of soil water, nitrogen and potassium, (amounts are in m.e. per cent).

Water	Nitrogen	Potassium			
		low	medium	high	mean
High	Low	0.00	0.81	0.45	0.42
	High	0.00	0.46	0.96	0.47
	Mean	0.00	0.64	0.71	0.45
Medium	Low	0.02	0.61	0.51	0.38
	High	0.01	0.58	1.07	0.55
	Mean	0.02	0.60	0.79	0.47
Low	Low	0.02	0.13	0.50	0.32
	High	0.00	0.14	0.72	0.29
	Mean	0.01	0.14	0.61	0.25

Table 2.—Phosphorus losses from the soil, between the 1st and the 4th month of treatments, in relation to the levels of soil water, nitrogen and potassium (amounts are given in parts per million).

Water	Nitrogen	Potassium			
		low	medium	high	mean
High	Low	7.0	13.0	5.0	8.3
	High	6.0	2.0	0.0	2.7
	Mean	6.5	7.5	2.5	5.5
Medium	Low	6.0	10.0	9.0	8.3
	High	5.0	7.0	0.0	4.0
	Mean	5.5	8.5	4.5	6.2
Low	Low	10.0	9.0	12.0	10.3
	High	0.0	3.0	10.0	4.3
	Mean	5.0	6.0	11.0	7.3

Phosphorus depletion from the soil did not seem to follow the trend of K (Table 2). There was a gradual increase in P loss with decreasing soil moisture. Leaf P concentrations were also roughly affected in the same way in relation to moisture regimes. The amount of soil K did not give any consistent picture as to the uptake of P, but it can be seen that when N was deficient, larger amounts of P were lost from the soil than when N in soil was high (Table 2).

From the leaf analysis data (Table 3) it can be seen that increasing the amount of soil nitrogen increased significantly the amount of leaf nitrogen, but there was no significant effect of water stress on the amount of N in leaves, although at the lowest moisture supply provided, slightly lower level of N was recorded in the leaf. There was no significant interaction between nitrogen and potassium.

Extension growth during the period of water stress.

A marked primary branch, second or third from the shoot tip, was measured during water stress treatments. Mean lengths of the branches after 12 week are given in Table 4, as percentage of the original length. Analysis of variance shows that nitrogen and potassium had highly significant effect on growth. Water stress significantly reduced extension growth. Considerable interaction occurred between nitrogen and water stress and between potassium levels and water, but there was no interaction between nitrogen and potassium levels. Pairwise analysis of the results is presented in Fig. 1

Table 3—Effects of soil nitrogen, potassium and water on total leaf nitrogen, as % dry matter. (Each number is a mean of 3 replicates).

Water	Nitrogen	Potassium			
		low	medium	high	mean
High	Low	1.93	1.97	2.26	2.05
	High	3.31	3.08	3.07	3.15
	Mean	2.62	2.53	2.67	2.60
Medium	Low	2.03	1.96	2.03	2.01
	High	3.09	3.10	3.15	3.11
	Mean	2.56	2.53	2.59	2.55
Low	Low	2.02	2.01	2.05	2.03
	High	2.80	2.63	2.98	2.80
	Mean	2.41	2.32	2.52	2.42

LSD (between any two treatments) ($P < 0.05$) = 0.50

Table 4—Effects of soil N and K and water on extension growth. (% increase in branch length).

Water	Nitrogen	Potassium			
		low	medium	high	mean
High	Low	6.30	9.45	21.59	12.44
	High	26.55	47.05	38.68	37.43
	Mean	16.43	28.25	30.13	24.94
Medium	Low	15.20	8.33	15.20	12.91
	High	29.58	22.98	58.43	37.00
	Mean	22.39	15.66	36.82	24.96
Low	Low	8.23	2.73	8.68	6.55
	High	10.23	7.30	12.28	10.27
	Mean	9.23	5.02	10.98	8.41

LSD (between any two treatments) ($P < 0.05$) = 13.54

Table 5—Increase in the number of nodes during water stress. The numbers represent means for 4 replicates.

Water	Nitrogen	Potassium			
		low	medium	high	mean
High	Low	0.50	0.25	0.50	0.42
	High	1.50	1.75	1.50	1.68
	Mean	1.00	1.00	1.00	1.00
Medium	Low	0.25	0.25	0.25	0.25
	High	1.25	1.50	1.50	1.42
	Mean	0.75	0.88	0.88	0.84
Low	Low	0.25	0.50	0.25	0.33
	High	0.50	0.75	0.75	0.67
	Mean	0.38	0.63	0.50	0.50

LSD (between any two treatments) ($P < 0.05$) = 0.80

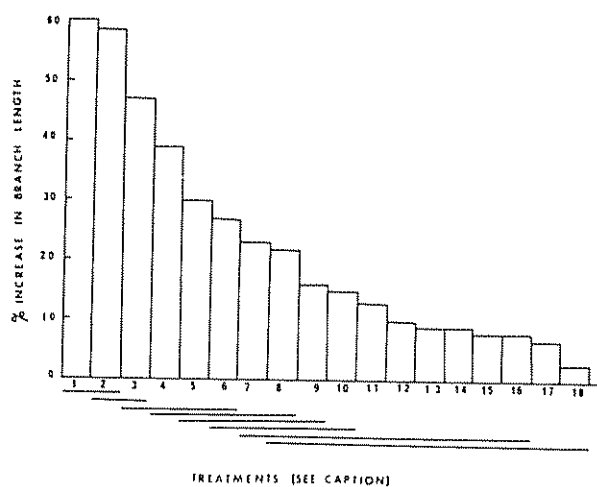


Fig 1.—The effects of nitrogen potassium and water stress on extension growth. The 18 treatments are arranged in order of decreasing growth values. The horizontal lines connect treatments that are not significantly different.

- 1 Medium H₂O-High K-High N
- 2 High H₂O-Medium K-High N
- 3 High H₂O-High K-High N
- 4 Medium H₂O-Low K-High N
- 5 High H₂O -Low K-High N
- 6 Medium H₂O- Medium K-High N
- 7 High H₂O - High K- Low N
- 8 Medium H₂O - Low K - Low N
- 9 Medium H₂O - High K - Low N
- 10 Low H₂O-High K-High N
- 11 Low H₂O-Low K-High N
- 12 High H₂O-Medium K- Low N
- 13 Low H₂O-High K-Low N
- 14 Medium H₂O- Medium K-Low N
- 15 Low H₂O - Low K - Low N
- 16 Low H₂O - Medium K - High N
- 17 High H₂O - Low K - Low N
- 18 Low H₂O - Medium K- Low N

Other components of yield—Number of nodes: The number of nodes was counted at the interval of 2 weeks for 12 weeks. Statistical Nitrogen had a highly significant effect on increase in the number of nodes. Water stress significantly reduced the node number. Potassium did not show any significant effect on the number of nodes. There was a significant interaction between nitrogen and moisture levels.

Leaf area. The youngest fully open leaf on the second or the third primary branch was measured at 2 week intervals. The final area of this leaf after 8 weeks, is shown in Table 6. For each treatment a mean of the leaf pair was found and four replicates were taken. Analysis of the leaf area data showed that nitrogen increased the area of individual leaves significantly ($P = 0.01$) and water stress reduced it significantly. Potassium levels had a significant effect

($P = 0.01$) on leaf area, the leaf area increased with increased soil potassium. There was no significant interaction between any two of the treatments.

Extension growth during recovery from water stress. Extension growth during this period, was estimated using the same labelled branches as those used in the experiment above. All the pots were then watered to the "high water" level. The increase in length was expressed as percentage of length before rewating. The measurements were taken after five weeks of treatment which are presented in Table 7. Analysis of variance showed that the original level of soil moisture very significantly ($P = 0.05$) affected growth during recovery from water stress in the sense that plants which had been continuously supplied with "high water" grew less than those which were first subjected to water stress and then watered. As was the case for growth during water stress period, nitrogen increased growth during the recovery also. Potassium did not make any significant contribution.

Discussion

Fertilization of soil to increase yield is an important aspect of crop management. The work described here throws some light in this direction. Yield recordings were not possible because the plants which were used in this work were too young to flower and have fruits. However, yield components, as they are called and which are the parameters reflecting yield, were measured.

Table 6.—The effects of soil N, K, and water on single leaf area. The numbers are means for four replicates (in cm²).

Water	Nitrogen	Potassium			
		low	medium	high	mean
High	Low	17.84	26.37	27.47	23.89
	High	42.47	36.56	48.51	42.51
	Mean	30.16	31.47	37.99	33.21
Medium	Low	16.66	18.24	24.36	19.75
	High	32.70	42.00	45.31	40.00
	Mean	24.68	30.12	34.84	29.88
Low	Low	12.36	14.78	18.62	15.25
	High	16.88	23.17	35.70	25.25
	Mean	14.62	18.98	27.16	20.25

LSD (between any two treatments) ($P < 0.05 = 12.68$)

Table 7.—The effects of soil N, K and original levels of soil moisture on extension growth during recovery from water stress. The values represent the % increase after the period of withholding water.

Water	Nitrogen	Potassium			
		low	medium	high	mean
Originally High	Low	0.00	4.70	4.67	3.12
	High	2.57	1.20	0.70	1.49
	Mean	1.29	2.95	2.69	2.31
Originally Medium	Low	0.27	0.53	2.03	0.94
	High	5.50	9.50	2.27	5.76
	Mean	2.89	5.02	2.15	3.35
Originally Low	Low	17.07	8.10	6.43	10.53
	High	25.17	25.27	17.47	22.64
	Mean	21.12	16.69	11.95	16.59

ISD (between any two treatments) ($P < 0.05$) = 10.70

Uptake of K and N was not affected at 50 per cent soil moisture level, but at the lowest level the absorption of these two elements was retarded. There was no effect of soil moisture regime on P absorption. Phosphorus absorption apparently increased slightly as the soil moisture level decreased. Richards and Wadleigh (22) concluded from their work on various major elements that decreasing water supply produced a definite increase in N concentration, a definite decrease in K concentration and a variable effect of P, Ca and Mg concentrations in the plant. Mederski (16) also noted lower percentages of P and K in plants subjected to water stress. Our results here agree for N but disagree for K and P. This may be related to plant specific differences (2, 25).

As far as the interaction among the elements was concerned it was found that in the presence of high soil N more K was taken in by the plant. Similar positive interaction of Ca on K accumulation has been observed previously (7, 11, 12, 15). Potassium has also been found to influence positively the absorption of N (8). In the present work P showed negative interaction with N in the sense that at a lower level of N more P was absorbed. Phosphorus has been found to interact negatively with Zn in some other work (1).

A clear picture of P uptake for varying levels of K could not emerge from this study. Concentration effect is quite marked. Thus, increasing levels of soil N and K resulted in greater accumulation of these elements in plants.

Nitrogen increased extension growth, leaf area as well as node number. Potassium influenced only the first two parameters but could not increase the number of nodes. Lack of interaction between the two elements apparently shows that they have a separate site of action and effect through independent means a particular process.

Stress affected all the parameters of growth adversely. Plants originally water stressed and therefore growing least rapidly, grew faster, when later they were amply watered, than those plants that received adequate water supply throughout. Also here plants which were receiving a higher supply of nitrogen grew more than the plants which were originally receiving low nitrogen. This clearly points out that although N was stored during the stress treatment, it could not produce any effect because of the lack of other conditions of growth such as a proper degree of turgidity. Potassium in this respect failed to produce any effect. Nitrogen affects hormone levels, especially of gibberellins (20). Browing (3) found that exogenous application of gibberellins before the rains enhanced the growth when the rains started. It may be assumed therefore that N by increasing the level of gibberellins and storing it in plants until a favourable turgidity level is achieved may have acted in the same way. Potassium has not been reported to affect the level of any hormone. This may be the reason why it failed to produce an effect similar to N.

The work described here casts some light on how different minerals are absorbed and how they affect the growth of coffee. From the present investigation it appears that N and K may be applied to soil together as they have been found to interact positively in their uptake, whereas P should be applied independently because of its negative interaction with N. Moisture level upto 50% of field capacity did not seem to affect absorption of the major elements although it affected some components of growth. Therefore, it is possible that by maintaining a right level of soil moisture growth periodicity, which is an important aspect of cropping regulation, may be achieved. It is also known from the previous work (14) that other synthetic processes such as photosynthesis are not very much affected at this moisture level. This way one can also economize on the crop water use. However, it is important that coffee trees should be sufficiently irrigated when growth is desired.

The recommendation from this work has been made from studies using potted plants only. Therefore, it should be deemed tentative until studies using field trees are completed, although Cannell (4) has concluded from his work that for most physiological behaviour coffee seedlings and young trees act alike.

Summary

Absorption of NPK by potted coffee seedlings was studied at different soil moistures and in relation to the application levels of these minerals. Various growth components were also measured.

Absorption of N and K was not affected upto 50% field capacity but at the lower soil moisture regime it was retarded. Phosphorus absorption was not lowered even at the lowest soil moisture tested in the present work. Nitrogen and potassium showed a positive interaction whereas a negative interaction was observed between N and P. Absorption was fairly well related to the amount of mineral applied.

Nitrogen increased extension growth, leaf area as well as the node number. Potassium produced similar effects on the first two but not on the node number. Compensatory growth was noted after the plants, originally maintained at low soil moisture, were amply watered. Nitrogen appeared to act additively in exhibiting compensatory growth. Practical implications of this work are mentioned.

Literature cited

- 1 BAUR, A. P. and Zn interaction. *Plant Analysis* 2: 161-193. 1971.
- 2 BROWN, J.C. Interaction involving nutrient elements. *Annual Review of Plant Physiology* 14: 92-106. 1963
- 3 BROWNING, G. Shoot growth in *Coffea arabica* L. Responses to rainfall when soil moisture status and gibberelins supply are not limiting. *Journal of Horticultural Society (Gt. Britain)* 50: 1-11. 1975.
- 4 CANNELL, M.G.R. Primary production, fruit production and assimilate partition in *Arabica* coffee. Annual Report, Coffee Research Station, Ruiru, Kenya 1971-72: 6-24. 1972.
- 5 DRAYCOTT, A.P. and DURRANT, M.J. Responses by sugar beet to potassium and sodium fertilizers, particularly in relation to soil containing little exchangeable potassium. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)* 87: 105-112. 1976.
- 6 EPSTEIN, E. The essential role of calcium in selective cation transport by plant cells. *Plant Physiology* 36: 437-444. 1961.
- 7 FALADE, J.A. Interrelationships between K, Ca, Mg nutrition in *Zea mays*. *Annals of Botany* 37: 345-353. 1973.
- 8 HELAL, M., KOCH, K. and MENGEL, K. Effect of salinity and potassium on the uptake of nitrogen and on nitrogen metabolism in young barley plants. *Physiologia Plantarum* 35: 310-313. 1975.
- 9 HASIO, T.C. *Environmental Biology*, ed. P. I. Altman, D.S. Dittmer Bethesda, Federal American Society for Experimental Biology. 1966. pp. 486-488.
- 10 HASIO, T.C. Plant responses to water stress. *Annual Review of Plant Physiology* 24: 519-570. 1973.
- 11 JACOBSON, L., MOORE, D.P. and HANNAPPEL, J. Role of Ca in absorption of monovalent cations. *Plant Physiology* 35: 352-358. 1960.
- 12 KAHN, J.S. and HANSON, J.B. The effect of Ca on K accumulation in corn and soybean root. *Plant Physiology* 32: 312-317. 1957.
- 13 KOZLOWSKI, T.I. *Water metabolism in plants*. New York, Harper, 1964.
- 14 KUMAR, D. and TIESZEN, LARRY I. Some aspects of photosynthesis and related processes in *Coffea arabica* L. *Kenya Coffee* 41: 309-315. 1976.
- 15 LAGGET, J.E., GALLOIOAY, R.A. and GAUNCH, H.G. Calcium activation of orthophosphate absorption by barley roots. *Plant Physiology* 40: 897-902. 1965.
- 16 MEDERSKI, H.J. Determination of internal water status of plants by beta ray gauging. *Soil Science* 92: 143-148. 1961.
- 17 MEIRI, A. Potassium and chloride accumulation and transport by excised maize roots of different salt status. *In Ion Transport in Plants* (Ed. W. P. Anderson), New York Academic Press, 1972.
- 18 MOUKHTAR, M.M., EL-LEBOUDI, A. and EL-KOUTSIA, T. Phosphate nutrition of plants as affected with the application of sodium salts. *Agriculture Research Review* 52: 87-97. 1974.
- 19 ORUKO, B.A. A comparison of the phosphorus and zinc status of soils from Kenya and Aberdeenshire. M.Sc. Thesis University of Aberdeen. 1976.
- 20 PHILLIPS, I.D.J. Apical dominance. *Annual Review of Plant Physiology* 26: 341-367. 1975.
- 21 PITMAN, M.G. The salt relations of beet-root tissue. Ph.D. Dissertation, Cambridge 1958.
- 22 RICHARD, L.A. and WADLEIGH, G.A. Soil water and plant growth. *In Soil Physical Conditions and Plant Growth* (Ed. B. T. Shaw) New York. Academic Press, 1952. pp. 73-251.
- 23 RICHTER, E. Über den Einfluss von Umwelbedingungen auf morphologische Struktur und physiologisches Verhalten von Getreidesorten verschiedener Dürresistenzgrade. Diss. Jena, 1952.
- 24 ROBERTSON, G.A. and LOUGHMAN, B.C. Responses to Boron deficiency: A comparison with responses produced by chemical methods of retarding root elongation. *New Phytologist* 73: 821-832. 1973.
- 25 RUSH, E.W. and EPSTEIN, E. Genotypic responses to salinity. Differences between salt sensitive and salt insensitive genotypes of the tomato. *Plant Physiology* 57: 162-166. 1976.
- 26 SLATYER, R.O. *Plant water relationships*. New York, Academic Press. 1967.
- 27 SPENCER, W.F. Effect of copper on yield and uptake of phosphorus and iron by citrus seedlings grown at various phosphorus levels. *Soil Science* 102: 296-299. 1966.
- 28 VAN DER PAAUW, F. Relations between the potash requirements of crops and meteorological conditions. *Plant and Soil*, 9: 254. 1958.
- 29 WALLACE, T. Potassium uptake in relation to soil moisture. *Internacional Potash Institute* (Berne), Congress, Madrid, 1958.
- 30 WERK, O. Untersuchungen zum Dürreeffekt II über den Kalium- und Calcium-gehalt feucht und trocken gezogener Pflanzen. *Flora (Jena)* 141: 312-353. 1954.

COMUNICACIONES

Composición de la quinua cultivada en el Altiplano de Puno, Perú*

Summary. Preliminary data indicate that quinua seed protein content ranges between 10 to 18%, the fat amounts to 4.5% and carbohydrates to 63%. Quinua is a poor soil-P extractant, and the N: P: K relation in the plant is 7,8:1:12,8. Using the traditional method of cropping (pulling out the whole plant), the N: P: K soil extraction by a normal crop is equivalent to 160:20:260 kg/ha

Introducción

El Proyecto Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas-Fondo Simón Bolívar (IICA-FSB) desarrollado por la Oficina del IICA en Perú, está dirigido a colaborar en el mejoramiento de los niveles alimenticios de la población peruana, en este caso mediante el fomento de los cultivos de la quinua (*Chenopodium quinoa*) y del tarhuí (*Lupinus mutabilis*) en la región altoandina de los Departamentos de Cuzco y Puno. Por lo que respecta a la quinua, el Proyecto IICA-FSB está demostrando su impacto beneficioso tanto en la investigación como en la producción, comercialización, y la agroindustria. En esta comunicación se presentan los resultados preliminares de los estudios hechos sobre la composición química de los granos de quinua y de la extracción de NPK por hectárea de una cosecha normal.

Importancia de la quinua

La quinua es importante (2, 4) para los pobladores del Altiplano Peruano desde épocas pre-colombinas, y su utilización, conjuntamente con la cañihua (*Chenopodium pallidicaule*), como fuente proteínica y energética en la alimentación de amplios sectores de la población, es un hecho conocido desde el Tahuantinsuyo a la fecha.

* Estudio realizado dentro del Proyecto IICA-Fondo Simón Bolívar. Oficina del IICA en el Perú

En la cosecha 1978-79 se sembraron en el Altiplano de Puno alrededor de 16.000 ha. dentro de las cuales hay un área nucleada de 4600 ha. influida directamente por el Proyecto IICA-FSB. Mientras que el promedio regional de la agricultura tradicional anda alrededor de los 450 kg/ha, el área nucleada superó los 700 kg/ha habiéndose llegado en Juliaca (550 ha) al promedio de los 1107 kg/ha

Localización del cultivo de la quinua

Dentro del Altiplano de Puno, la quinua se cultiva principalmente en las proximidades del Lago Titicaca, donde tiene mayores posibilidades de éxito, tanto porque los suelos influidos por sedimentos recientes son mejores como por la acción termorreguladora de las aguas lacustres que evitan oscilaciones fuertes en la temperatura, lo cual parece ser de importancia para el cultivo de la quinua. Algunos datos de la localización y climatología aparecen en el Cuadro 1.

Cuadro 1—Situación y clima del Altiplano de Puno.

	Puno	Juliaca	Azángaro
Lat. S	15°50'	15°29'	14°55'
Long. O	70°01'	70°09'	70°11'
Altitud m	3875	3824	3840
Lluvia mm/año	799	559	561
Temp. media °C	8,2	7,4	8,2
Media Mín. °C	2,6	-0,9	1,3
Media Max. °C	13,0	16,2	14,5

Ecología y Suelos

De acuerdo con la clasificación de Holdridge, (3) la mayor parte de la producción de quinua se sitúa en el bosque húmedo montano, porción del altiplano de Puno situado a unos 3850 m de altitud, alledaño al Lago Titicaca. Las lluvias se concentran en los meses iniciales y finales de cada año, quedando un período seco que va de mayo a septiembre, en el cual se dan las temperaturas más bajas. Según Aquize (1), las heladas son normales, aunque en las proximidades del Lago pueden presentarse hasta seis meses libres de heladas. Así mismo, las sequías son frecuentes por cuanto en un 30 por ciento de los 45 años de registro las precipitaciones han sido deficientes. Las sequías son más frecuentes en primavera, y dentro de la misma, al mes de octubre es el de más riesgo, 43 por ciento en los 45 años registrados.

Los suelos son inceptisoles, principalmente derivados de cenizas volcánicas de composición basalto-andesítica, dacitas y riolitas. Dominan los Vitrandeptos típicos en las áreas correspondientes al centro y sur del Lago Titicaca. En los límites más altos (4000 m o más) aparecen los Criandeptos. En el norte del Lago, en principio, se podría clasificar los suelos como Vitrandeptos Umbricos y Mólicos.

La textura es franca con tendencia a franco arenosa conforme se va avanzando hacia el sur del Lago. La reacción del suelo es errática, variando de pH 4,7 a 7,1, probablemente debido a sedimentaciones irregulares influenciadas por el Titicaca y los diferentes ríos afluyentes. El contenido de materia orgánica es aceptable en la parte norte lacustre para disminuir en dirección sur. Con excepciones, el contenido de nitrógeno es bajo (0,15%) y el fósforo (Olsen) deficiente. El contenido de potasio intercambiable muestra una gran variabilidad desde 1,10 a 0,14 me/100 g, pero en general, se presenta en dosis adecuadas. Lo mismo

Cuadro 2.—Composición química de la semilla de quinua (promedio).

	%		%
Humedad	12	Potasio	1,6
Proteína (a)	18	Calcio	0,3
Proteína (b)	10	Magnesio	0,2
Extr. Etéreo	4,5	Sodio	0,01
Fibra	5,1	Manganeso*	65
Cenizas	2,6	Cobre*	12
Extr. libre N	63	Hierro*	270
Fósforo	0,4	Zinc*	40

(a) y (b) máximo y mínimo encontrados * ppm

Cuadro 3.—Composición química de la planta de quinua.

	%					ppm				
	N	P	K	Ca	Mg	Na	Mn	Cu	Fe	Zn
Perigonio	1,82	0,23	4,51	0,82	0,50	390	90	12	788	46
Hojas	1,80	0,16	4,33	2,19	1,52	50	44	12	572	50
Tallos(a)	1,15	0,05	1,90	0,89	0,41	50	64	8	88	28
Tallo	0,71	0,04	1,60	0,60	0,21	90	72	6	94	46
Raíz	0,63	0,03	1,59	0,33	0,14	100	44	6	546	40

(a) Florales

ocurre con el calcio, 17,4 a 4,6 me/100 g, mientras que el contenido de magnesio intercambiable fluctúa entre 4,0 y 1,1 me/100 g.

Composición química de la quinua

En los Cuadros 2 y 3 se recogen los resultados preliminares. Para el caso de la planta se han tomado los resultados obtenidos con el promedio de las muestras de la Estación Experimental de Tahuaco (GIAG-Sur), del Instituto Nacional de Investigación Agraria. En una próxima publicación completa se incluirán todos los datos y el análisis estadístico, así como la diferenciación entre quinuas amargas (con saponina) y dulces.

Los resultados demuestran que la quinua cultivada en el Altiplano de Puno contiene promedios cercanos a 14 por ciento de proteína, 4,5 por ciento de grasa y 63 por ciento de carbohidratos. La concentración de elementos mayores en toda la planta sigue la constante de aumentar desde la raíz hacia la semilla (máximos de N y P), salvo la excepción de K en el perigonio o cubierta de la semilla. A su vez el comportamiento de Ca y Mg es similar entre sí acumulándose en las hojas. El Na se acumula en el perigonio y en las raíces. Por lo que respecta a los oligoelementos, y considerando los límites obtenidos para otras plantas, se podría decir que las concentraciones de Mn, Cu y Zn son normales, mientras que el Fe es relativamente alto en el perigonio, hojas y raíz.

Si los datos se confirman para todo el muestreo, destaca que la quinua es una planta pobre extractora de fósforo. Es un resultado de cierta lógica por cuanto, probablemente, por selección natural la quinua hubo de adaptarse a suelos pobres de fósforo. Debe recordarse que el tramo de la Cordillera Andina donde ocurre la mayor distribución de la quinua, es prominentemente volcánico, con el clásico problema de la baja disponibilidad del anión fosfato. Por el contrario, la

quinua extrae una elevada cantidad de potasio, lo cual también concuerda con la relativa abundancia de este catión en la Cordillera Andina. Así mismo, la quinua extrae una buena cantidad de nitrógeno. Aunque sólo se dispone de la determinación de N-total, por conocimiento de otras áreas similares, el N intercambiable no debe ser abundante, lo cual indicaría que el descanso del suelo, y a partir de la llegada de los españosoles, el cultivo de las habas, son prácticas tradicionales tendientes, entre otros efectos, a recuperar los niveles de nitrógeno.

La relación de N: P: K en una planta total de quinua es de 7,8: 1: 12,8. La práctica tradicional de remover íntegramente la planta de quinua del campo, aceptando para los cálculos la base de 10 000 kg de material vegetal/ha, equivale a la remoción del suelo de, por hectárea: 160 kg de nitrógeno, 20 kg de fósforo, y 260 kg de potasio, lo cual es un indicativo para el manejo de la fertilización y la rotación con otras plantas. Habida cuenta de cierta abundancia potásica en los suelos, la preocupación mayor en el ajuste de niveles debe incidir en el manejo del nitrógeno. Además se debe insistir en cambiar el hábito tradicional de arrancar las plantas por la siega, que permitiría devolver al suelo la raíz y parte del tallo (y el suelo que va pegado a la raíz), disminuyendo así la extracción de elementos nutritivos.

Resumen

Los datos preliminares obtenidos demuestran que la semilla de quinua contiene entre 10 y 18 por ciento de proteína, 4,5 por ciento de grasa y 63 por ciento de carbohidratos. La quinua es una planta extractora pobre de P, y la relación de N: P: K en la planta es 7,8: 1: 12,6. Utilizando el sistema tradicional de cosecha (arrancando toda la planta), la extracción de N: P: K del suelo por una cosecha normal equivale a 160: 20: 260 kg/ha.

31 de julio de 1979.

MARIO BLASCO LAMENCA*

* Especialista en Investigaciones Agrícolas. IICA-Zona Andina. Oficina en el Perú. Apartado 11185. Linco. Lima 14. Perú.

REFERENCIAS

1. AQUIZE, E. Climatología del cultivo de la quinua. In Curso de Quinua. Lima, IICA-Fondo Simón Bolívar. 1977. pp. 119-128.
2. GORBITZ, A. Importancia del cultivo de la quinua en el Perú. Lima, Estación Experimental La Molina. Informe Trimestral 4(3):23-25. 1955.
3. HOLDRIDGE, L. R. Ecología basada en zonas de vida. San José IICA. 1978. 216 p. (Serie Libros y Materiales Educativos N° 34).
4. TAPIA, M. El cultivo de la quinua en Los Andes. In II Convención Internacional de Quenopodiáceas. La Paz, IICA. Informes de Conferencias, Cursos y Reuniones N° 96. 1976. pp. 12-18.

A study of the collection and maintainance of the germplasm of wild cassavas, *Manihot* spp.*

Resumo. É preciso um esforço urgente para conservar os recursos genéticos de mandioca selvagem. As espécies selvagens estão continuamente diminuindo nos habitats naturais. O autor colecionou várias espécies selvagens e foram registradas as frequências destas espécies nos seus habitats naturais.

Experimentou-se diferentes metodos de preservar as espécies em coleção viva. Achou-se que o metodo de trasplantar plantas inteiras é mais eficiente. O metodo de enxertar ramos das espécies selvagens sobre mandioca, foi encontrado com potencial na preservação do germoplasma selvagem numa coleção viva.

The interest in wild species and primitive cultivars has been strengthened in the last few decades through FAO's work on genetic resources of crop plants. However, a little effort to preserve wild cassava species was made. So far as the author is aware, virtually no efforts are being made to preserve wild cassava germplasm. Probably the only trial in this field was that carried out by the late A. Veiga at Instituto Agronomico, Campinas, Brazil in the 1950's which included preserving a limited number of wild *Manihot* species in a living collection (8).

Through our program of evaluation of wild *Manihot* species for further use in cassava breeding, we showed some of the investigated species to have valuable characters such as abundant tuber formation with high protein content (6), low HCN content (7), tolerance to stress conditions (5). Trials to collect these wild species and maintain them in living collection were carried out.

Materials and Methods

Localities of wild *Manihot* species in State of Goias, Brazil were determined from Rogers and Appan monograph (8). Trips were made to these localities two times per year. Replications of trips to the same locality were followed to assure finding the species, because the majority of wild *Manihot* species native to Central Brazil are shrubby and have their vegetative parts die back to the ground surface in the dry season. Therefore, it is necessary to look for the species in both of the rainfall and the dry seasons. Seeds, cuttings or whole plants of wild *Manihot* species were planted in the germplasm collection land. Grafting scions of these species was performed onto stocks of cassava according to the technique of Mogilner *et al* (2). Twenty trials of grafting each wild species were made. The wild species maintained in the germplasm collection were hybridized with cassava. Hybrid seeds were planted in the following season.

* Supported in part by a grant from the International Development Research Center, Ottawa, Canada.

Table 1.—The occurrence of Wild Manihot species in their natural habitats.

Species	Localities reported on the last 20 years	Occurrence of the wild species in 1977-1978	Percentage of disappearance
<i>M. sparcifolia</i> Pohl	75 km N of Corumbá de Goiás on road to Niquelândia (1968)	—	
	x 60 km N of Corumbá on road to Niquelândia (1968)	—	100%
<i>M. falcata</i> Rogers & Appan	Campo near Aparecida de Goiás ca 50 km W of Brasília (1968)	+	0 0%
<i>M. violacea</i> Pohl	Circa 35 km E of Brasília (1964)	—	
	x 1 km N Sobradinho (1965)	—	
	Summit of Chapada de Contagem, 10 km E of Brasília (1965)	—	
	x Circa 15 km E of Brasília on road to Paranoá (1965)	—	100%
<i>M. divergence</i> Pohl	x 10 km E of Planaltina (1965)	—	
	Cerrado, circa 20 km N of Cristalina (1966)	—	
	x 75 km N of Cristalina on road to Brasília (1965)	—	
	x Córrego Itaquera, 30 km N of Formosa (1966)	—	
	x near waterfall, 24 km NW of Veadeiros on road to Cavalcante (1965)	—	
<i>M. pentaphylla</i> Pohl	x Campo near Aparecida, circa 50 Km W of Brasília (1965)	—	100%
	20 km NW Corumbá near road to Niquelândia (1968)	+	
<i>M. gracilis</i> Pohl	x Cerrado, circa 30 km SE of Goiás Velho (1966)	+	0 0%
	Circa 14 km S Corumbá (1965)	+	
	Aeroporto, Anápolis (1956)	—	
	Circa 3 km S Sobradinho (1966)	+	
<i>M. paviaefolia</i> Pohl	Cerrado circa 12 km W of Taguatingá on road to Brasília (1965)	+	
	Circa 20 km S of Brasília on road to Goiânia near Rio Melchoir (1965)	+	
	Circa 10 km NE of Brasília (1965)	—	
	Circa 20 km N Corumbá on road to Niquelândia (1968)	+	25%
	Circa 20 km NW of Corumbá de Goiás, near road to Niquelândia (1968)	+	
	x Summit of Serra Dourada, 20 km SE of Goiás Velho (1966)	+	
	Serra dos Pyreneos, municip Corumbá (1966)	+	0 0%
<i>M. oligantha</i> Pax	Campo and Cerrado circa 3 km N of Cristalina (1966)	—	
	x Cerrado circa 2 km N of Cristalina	+	50 0%
<i>M. tomentosa</i> Pohl	Cerrado circa 35 N of Formosa on road to São Gabriel (1966)	+	
	Córrego Itaquera, circa 30 km N of Formosa (1966)	—	0.0%
<i>M. attenuata</i> Muell	Chapada dos Veadeiros, circa 15 km W of Veadeiros (1966)	—	
	Circa 12 km NW of Veadeiros, road to Cavalcante (1965)	—	100 0%
<i>M. peltata</i> Pax	Cerrado circa 9 km S of Corumbá de Goiás	+	0 0%

Results and Discussion

Table 1 shows result of collecting different wild *Manihot* species from their natural habitats in state of Goiás. It is seen that some species such as *M. divergens*, *M. violacea* and *M. attenuata* are extremely rare and almost on the verge of extinction. The author failed in collecting any sample of these species from their natural habitats.

By experimenting with seed germination, no seeds germinated when 100 seeds from *M. tripartita*, *M. anomala*, *M. oligantha*, and *M. gracilis* were planted. Little information is available in the literature about the extreme difficulty of germination of wild *Manihot* species. The scattered and not well documented reports suggest that it is due to fisiological dormancy (1).

Whole plants of the above mentioned species have shown a little percentage of successfullness when they were transplanted from their natural habitats to the collection plots (Table 1). When scions from *M. pseudoglaziovii*, *M. dichotoma*, *M. tripartita*, *M. anomala* and *M. reptans* were grafted onto stocks of cassava, a number of successful plants were obtained, resulting in tuber-forming stocks and vegetative parts with wild habit shape (Fig. 1). The percentages of successfully grafted plants in these species were 55, 35, 25, 0.0 and



Fig. 1.—On left, scion of *M. pseudoglaziovii* grafted onto stocks of cassava cv. 'Catelo', on right, cv. 'Catelo' of the same age: 4½ months.

Table 2.—Result of transplanting wild *Manihot* species

Species	Nº of transplanted plants	Successfull growing plants	Percentage of Successfullnes
<i>M. falcata</i>	200	6	3%
<i>M. pentaphylla</i>	200	9	4.5%
<i>M. gracilis</i>	200	15	7.5%
<i>M. paviaefolia</i>	200	7	3.5%
<i>M. oligantha</i>	200	19	8.5%
<i>M. tomentosa</i>	200	2	1%
<i>M. peltata</i>	200	3	1.5%

45 respectively. Trials of reproducing these species by cuttings failed completely in obtaining any plant.

Crosses of wild *Manihot* species with cassava (Fig. 2) were fertile and gave a number of seeds (4). These seeds when planted gave a number of seedlings indicating a notable improvement of germination on wild cassava seeds. Hybrid seeds of cassava with *M. oligantha*, *M. anomala*, *M. tripartita* and *M. zenbneri* gave germination percentages of 12, 5, 4 and 9 respectively. Poor germination of hybrid seeds, in comparison to complete non-germinating wild species



Fig. 2.—On left, scion of *M. pseudoglaziovii* grafted onto stock of cassava cv. 'Catelo', on right a hybrid plant produced from interspecific cross between cassava cv. 'Catelo' and *M. oligantha* subsp. *nesteli*. Both of the same age: 4½ months.

seeds, may be attributed to that seed germination in wild cassava is genetically controlled. Probably cassava cultivars have had their genetic factors of dormancy eliminated by breeders through the years.

From the above results it can be concluded that preservation of wild *Manihot* species germplasm can be achieved vegetatively through transplanting whole plants from their natural habitats to the germplasm collection plots or by grafting scions from these wild species onto stocks of cassava. Preservation of such germplasm of wild species may continue through introducing their genes into native cultivars known by easy reproduction by seeds. This technique can be realized by hybridizing the wild species with these cultivars, and maintaining the produced hybrids by common vegetative means.

Summary

An urgent effort to conserve genetic resources of wild cassava is badly needed. Occurrence of wild cassava species in their natural habitats is diminishing day after day and a number of species are on the verge of extinction. Trials of collecting these wild species from their natural habitats were carried out. Frequency of their occurrence in these habitats is reported.

By experimenting with different ways of preserving these species, it was found that transplanting whole plants is the most efficient method of reproducing the sub-shrubby species. Grafting scions of wild shrubby species onto stocks of cassava was found to be another potential way of germplasm conservation.

Resumen

Es preciso un esfuerzo urgente para conservar los recursos genéticos de la yuca silvestre. Las especies silvestres están disminuyendo constantemente en sus habitats naturales, algunas de ellas en vía de extinción. Se coleccionaron varias de estas especies silvestres en sus habitats naturales y se registró la frecuencia en que ocurrían.

Se experimentó con diferentes métodos de preservar las especies en colección viva. Hallóse que el método de trasplantar plantas enteras es el más eficiente para reproducir las especies subarborescentes. El método de injertar ramas de especies silvestres arbustivas sobre la yuca se encontró con potencial en la conservación de germoplasma silvestre en una colección viva.

May 11th, 1979

NAGIB M. A. NASSAR*

* Professor of Genetics and Plant Breeding, Centro de Ciências Agrárias Universidade Federal de Paraíba, 58397 Areia, Brazil

REFERENCES

- MARTIN, F. W. Cytogenetics and plant breeding of cassava: A review. *Plant Breeding Abstracts* 46:909-910. 1976
- MOGHINER, I., PORTUGUEZ, A. J. D., GUTUZZO, A. D. and ACOSTA, J. A. Influence of *Manihot flabellifolia* as a scion on the formation of storage roots in *M. esculenta* as a stock. *Banplandia* 2:137-142. 1967
- NASSAR, NAGIB M. A. Wild *Manihot* species for cassava breeding. *Canadian Journal of Plant Science* 58:257-261. 1978.
- NASSAR, NAGIB M. A. Compatibility of cassava with four wild *Manihot* species from Central Brazil. *Turrialba* 28(3):93-94. 1978.
- NASSAR, NAGIB M. A. Some further wild *Manihot* species of potential value for cassava breeding. *Canadian Journal of Plant Science* 58:915-917. 1978.
- NASSAR, NAGIB M. A. and COSTA, C. Tuber formation and protein content in some wild *Manihot* species native to Central Brazil. *Experientia* 33:1304-1305. 1977.
- NASSAR, NAGIB M. A. and FITCHNER, S. Hydrocyanic content in some wild *Manihot* species native to Central Brazil. *Canadian Journal of Plant Science* 58:577-578. 1978.
- ROGERS, D. J., APPAN, S. G. Untapped genetic resources for cassava breeding. *Proceedings of the 2nd International Symposium on Tropical Roots and Tuber Crops* 1: 72-75. 1970.
- ROGERS, D. J. and APPAN, S. G. *Manihot, Manihotoideae* (Euphorbiaceae). New York, Hafner 1973. 272 p. (Flora Neotropica, Monograph 13)

Potentiel morphogénétique des entrenoeuds de *Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degener et *P. mollissima* Bailey en culture "in vitro"

Abstract. Morphogenetic potential of stem internodes from two passion flower plants, *P. edulis* var. *flavicarpa* and *P. mollissima* was proved when Nitsch's medium added with 2 mg/l of kinetin was used. Callus formation, starch accumulation, dedifferentiation and vessel formation are shown. Kinetin was the stimulating agent. This morphogenetic potential would be useful for vegetative multiplication in order to maintain the genetic characters of the mother plants.

Introduction

La culture de cellules et de tissus a été conçue originellement comme un moyen de comprendre les phénomènes morphogénétiques et physiologiques. Plusieurs auteurs (3, 5, 8) ont étudié les modes de différenciation et attiré l'attention sur l'utilisation de ces techniques pour la propagation des plantes.

Les espèces fruitières de l'Amérique tropical constituent un matériel auquel ces techniques pourraient être appliquées, en raison de l'intérêt croissant porté à ces espèces. Les techniques *in vitro* constitueraient un outil important pour résoudre les problèmes posés par leur propagation.

Notre but est d'explorer le potentiel morphogénétique des entrenoeuds de *Passiflora edulis* var. *flavicarpa* et de *P. mollissima* cultivés *in vitro*, en vue d'étudier la propagation végétative de plantes sélectionnées de ces espèces.

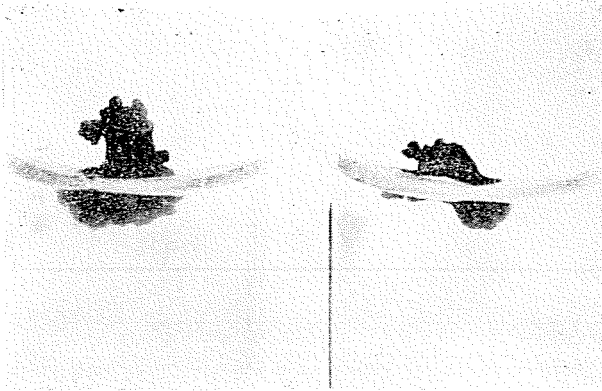


Fig. 1.—Cals formés aux deux extrémités (à gauche) ou à une extrémité (à droite), des segments, chez *P. edulis* var. *flavicarpa*.

Matériel et méthodes

Les entrenoeuds de *Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degener et de *P. mollissima* Bailey, ont été prélevés sur des plantes âgées de huit mois, cultivées en serre à la température de 25° C et à une humidité relative de 45%. Après leur prélèvement, les explantats ont été divisés en segments de 10 mm, plongés dans l'alcool éthylique (70%) pendant une minute, ensuite trempés dans l'hypochlorite de calcium à 4% pendant 5 minutes et rincés trois fois à l'eau désionisée stérile. La mise en culture a été faite sur le milieu de base de Nitsch (sans substances de croissance) (11) en présence de 2 mg/1 de cinétine. Les explantats ont été placés suivant leur géotropisme naturel. Le pH du milieu a été ramené à 5,8 par addition de NaOH N avant d'ajouter l'agar. Le milieu a été autoclavé à 115°C pendant 15 minutes. Les expériences ont été menées à la lumière avec une intensité de 3000 lux pendant 18 h/jour à la température de 25 ± 2°C et à une humidité relative de 65%. Les échantillons destinés aux observations cytomorphologiques ont été pris tous les trois jours, fixés dans le crafi et colorés à l'hématoxyline ou au fastgreen suivant la procédure décrite par Johansen (6) pour les préparations permanentes. Quant aux frottis réalisés à partir des pointes de racines de plantules régénérées, ils ont été colorés à l'acéto-orcéine.

Résultats

L'apparition d'un cal a été observée chez les deux espèces après environ six jours de culture; cette apparition pouvait se produire à une des extrémités du segment, aux deux extrémités et même en dehors des blessures produites par sectionnement (Fig. 1 et 2). Le contact direct avec le milieu n'était pas essentiel pour la formation de l'amas. Cependant, le début de formation de l'amas a été noté, lors des observations microscopiques, après trois jours de culture. La prolifération pouvait avoir lieu aux extrémités de la blessure



Fig. 2.—Cals formés dans la partie moyenne de l'explantat et racine régénérée à une extrémité du segment, chez *P. mollissima*.

ou dans la partie moyenne de l'explantat (Fig. 3); elle finissait par provoquer la rupture de l'épiderme.

Le développement de ces cals a débuté dans les tissus parenchymateux et a continué de façon active (Fig. 4) pendant les vingt premiers jours de culture.

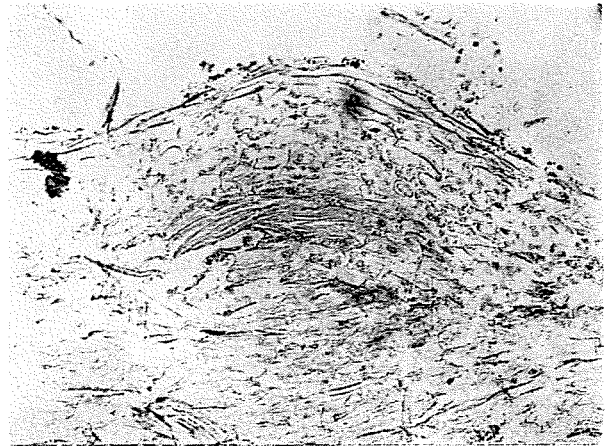


Fig. 5.—Prolifération dans la partie moyenne d'un explantat chez *P. edulis* var. *flavicarpa*.

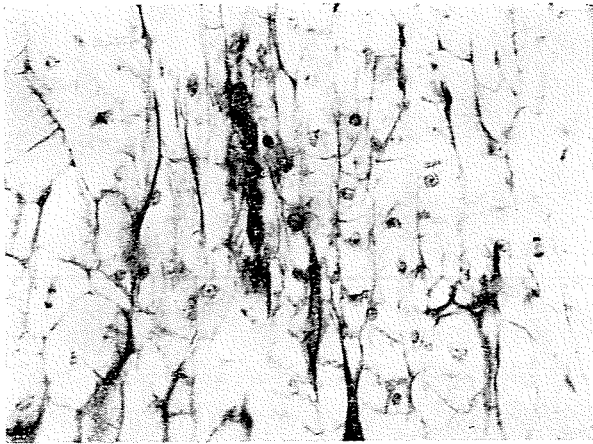


Fig. 4.—Zone de division chez *P. mollissima*.

L'apparition d'organes, racines ou pousses feuillées, a été observé lors du premier repiquage, après vingt jours de culture, sur le même milieu. Les différenciations se développaient à une extrémité du segment (Fig. 2) ou aux deux extrémités (Fig. 5), à l'intérieur ou hors du milieu de culture (Fig. 6). On pouvait observer plusieurs nouveaux organes sur le même explantat (Fig. 7). Les observations microscopiques ont

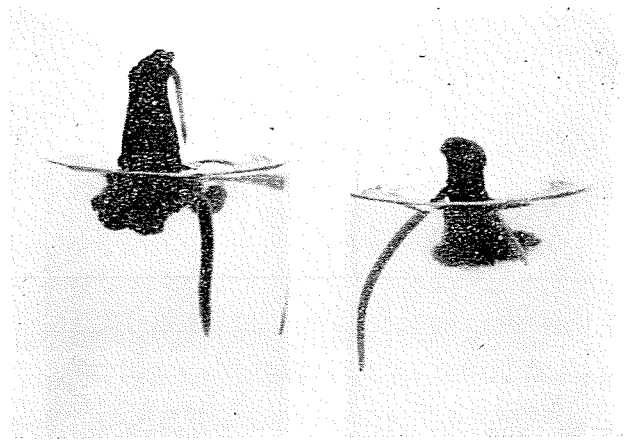


Fig. 5.—Différenciations aux deux extrémités du même segment chez *P. edulis* var. *flavicarpa*.

montré la présence de plusieurs zones de différenciation (Fig. 8) dans le même amas. Ultérieurement nous avons noté la présence de grains d'amidon et une différenciation des tissus vasculaires (Fig. 9).

Les organes formés (racines et pousses feuillées) ont été séparés et cultivés de façon à développer des plantules. Celles-ci se sont produites seulement (Figs.

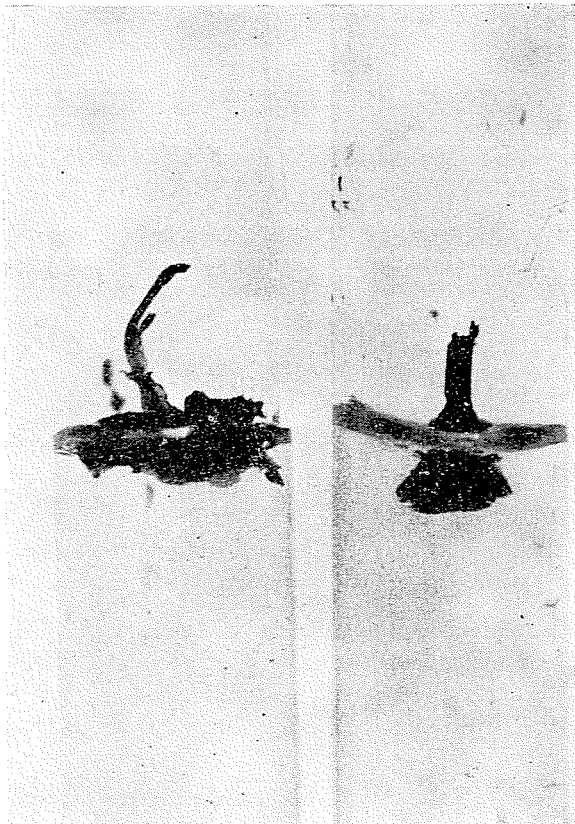


Fig. 6.—Différenciations à l'intérieur et en dehors du milieu de culture chez *P. edulis* var. *flavicarpa*.



Fig. 7.—Formation de plusieurs pousses feuillées sur un même explantat chez *P. edulis* var. *flavicarpa*.

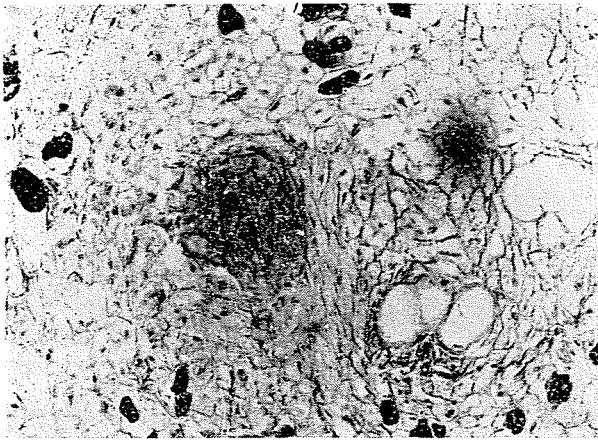


Fig. 8.—Plusieurs zones de différenciation dans le même cal chez *P. mollissima*.

10 et 11) si l'organe initialement formé était une pousse feuillée.

Les plantules régénérées avaient 18 chromosomes somatiques.



Fig. 10.—Plantule différencié à partir d'un cal chez *P. mollissima*.

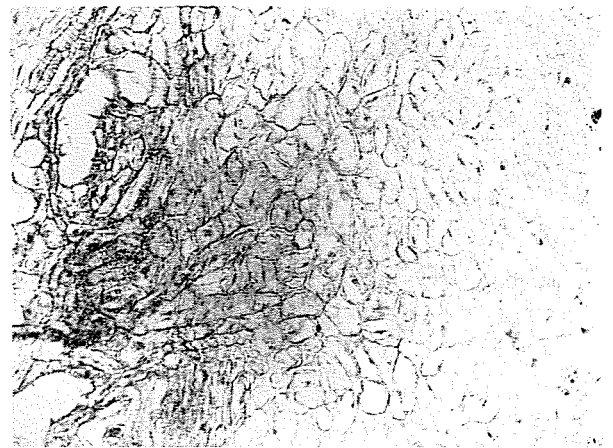


Fig. 9.—Présence de grains d'amidon et différenciation de tissu vasculaire, chez *P. mollissima*.

Discussion

La prolifération des tissus en culture, à partir de différents explantats, représente le premier stade conduisant à la formation d'un cal. Cette formation qui peut être propagée de façon indéfinie, a été notée par plusieurs auteurs chez des espèces fruitières. Le cal



Fig. 11.—Plantule régénérée et repiquée en terre, chez *P. edulis var. flavicarpa*.

préalablement observé était le point de départ pour la différenciation d'organes (2, 7, 10, 14) Dans nos essais, ce développement s'est poursuivi.

Le stade suivant est la division d'une cellule parenchymateuse, laquelle forme, après plusieurs divisions, un centre méristématique ou "méristemoïde". Skoog et Miller (12) affirment que les auxines et les cytokinines sont fondamentales pour la régulation de la croissance et du développement, et que le mode de développement dépend du rapport entre les quantités finales de ces deux types de substances. Dans nos expériences et pour les deux espèces, la seule addition de la cinétine a assuré la différenciation des plantules. Nous pensons, à cet égard, que la quantité d'auxine déjà contenue dans les plantes, au moment de commencer la culture, a été suffisante pour établir cet équilibre adéquat avec la cinétine. Bottino (1) mentionne que la capacité d'un tissu à former un cal dépend du stade original du tissu au moment du prélèvement et d'une interaction complexe de substances de croissance.

Thorpe et Murashige (13) font remarquer, chez *Nicotiana tabacum*, une corrélation étroite entre l'accumulation d'amidon et l'initiation de bourgeons; ils observent une diminution de la quantité d'amidon au cours de la différenciation. Par ailleurs, chez plusieurs espèces, ont été observées des zones de différenciation de tissu vasculaire: *Citrus limon* (8), *Citrus madurensis* (4), *Carica papaya* (14); Ces auteurs ont utilisé différentes substances de croissance. La coïncidence des grains d'amidon et des zones de différenciation de tissu vasculaire, dans nos préparations, indique l'action stimulante de la cinétine pour la formation de cals et pour la différenciation des pousses feuillées et des racines chez les deux espèces de *Passiflora* étudiées. Nakayama (10) avait seulement noté l'action caulogène de la cinétine chez *P. caerulea*.

Il faut préciser qu'il a été possible d'obtenir une plantule lorsque la première différenciation était une pousse feuillée. La différenciation préalable d'une racine ne nous a pas permis l'obtention de plantules.

Nous avons observé le même nombre chromosomique ($2n=18$) dans les méristèmes racinaires des plantules régénérées que dans les plantes d'origine.

Il peut être possible d'utiliser le potentiel morphogénétique des entrenœuds de *P. edulis* var. *flavicarpa* et de *P. mollissima* pour la multiplication végétative de ces espèces.

Résumé

Le potentiel morphogénétique des entrenœuds de *P. edulis* var. *flavicarpa* et de *P. mollissima* a été montré en utilisant le milieu de Nitsch, additionné de 2 mg/l de cinétine. La formation de cals, l'accumulation

d'amidon, la dédifférenciation et la formation de vaisseaux sont illustrés. La cinétine a agi comme agent stimulateur. Il serait possible d'utiliser ce potentiel pour la multiplication végétative, qui permet la conservation des caractéristiques génétiques des plantes mères.

Remerciements

Nous remercions M. le Professeur J. Bouharmont qui a bien voulu se charger de la lecture de ce manuscrit.

13 septembre 1978

MIGUEL J. MORAN ROBLIS
UNITE DE CYTOGENETIQUE
UNIVERSITE CATHOLIQUE DE LOUVAIN*

* Place Croix du Sud, 4; 1348 Louvain-la-Neuve, Belg que

RÉFÉRENCES

1. BOITINO, P. The potential of genetic manipulation in plant cell cultures for plant breeding. *Radiation Botany* 15: 1-16. 1975.
2. BOUZID, S. Quelques traits du comportement de boutures de *Citrus* en culture in vitro. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences (Paris)*. Série D 280: 1688-1692. 1975.
3. GAUTHERET, R. La culture de tissus végétaux; techniques et réalisations. Paris: Masson, 1959. 1863 p.
4. GRINBLAT, U. Differentiation of *Citrus* stem in vitro. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 97:599-603. 1972.
5. HUSSEY, G. In vitro methods of plant propagation. *Scientia Horticulturae* 27: 16-20. 1975.
6. JOHANSEN, D. Plant microtechnique. New York: Mc Graw Hill, 1940. 523 p.
7. MAPES, M. Tissue culture of Bromeliads. *The International Plant Propagators' Society* 23: 47-55. 1973.
8. MURASHIGE, T. Plant propagation through tissue culture. *Annual Review of Plant Physiology* 25:135-166. 1974.
9. MURASHIGE, T., NAKANO, R. et TUCKER, D. Histogenesis and rate of nuclear change in *Citrus* stem in vitro. *Phytomorphology* 17: 468-476. 1967.
10. NAKAYAMA, F. Cultivo "in vitro" de tejidos de *Passiflora caerulea*. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de la Plata* 42: 63-74. 1966.
11. NITSCH, J., NITSCH, C. et HAMON, S. 1968. Réalisation expérimentale de l'androgénèse chez divers *Nicotiana*. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances et Mémoires, Société de Biologie (Paris)* 162:369-372. 1968.
12. SKOOG, F. et MILLER, I. Chemical regulation of growth and organ formation in plant tissue cultured in vitro. *Symposia of the Society for Experimental Biology* 11:118-131. 1957.
13. THORPE, T. et MURASHIGE, T. Starch accumulation in shoot forming tobacco callus cultures. *Science* 160: 421-422. 1968.
14. YIE, S. and LIAW, S. Plant regeneration from shoot tips and callus of papaya. *In Vitro* 13: 564-568. 1977.

RESEÑA DE LIBROS

CAJUSTE, LENOM J. Química de suelos con un enfoque agrícola. Chapingo, México, Colegio de Postgraduados, 1977 248 p

No es muy frecuente la publicación de libros sobre este aspecto, al menos en español y en los países en desarrollo; por esta razón un libro nuevo sobre Química de Suelos generalmente es bien recibido

En conjunto, la obra que nos ocupa está bien concebida y puede cumplir con el objetivo que se indica al comienzo: "está dirigida sobre todo, a los estudiantes de nivel graduado en la especialidad de Química de Suelos". Pero al mismo tiempo aquí tal vez está lo que aparentemente es la principal falla del libro: en parte es una compilación de notas de algunos cursos dictados y esto se deja ver en la redacción de algunos capítulos que dan la impresión de ser un resumen de una explicación más detallada, tal como sucede con las notas de un curso

Por supuesto no todos los capítulos muestran este aparente defecto y hay cierta compensación en la bibliografía al final de cada capítulo, aporte adicional muy valioso que permite satisfacer muchas de las dudas que pudieran presentarse.

El libro se inicia con un capítulo de conceptos básicos de química. Su presencia se justifica porque ayuda a comprender muchos fenómenos químicos que ocurren en el suelo; además si consideramos que en ciertas facultades de agronomía no se profundiza en el campo de la Química ni se estudia a fondo la físico-química, es necesario contar con esto y podríamos sugerir inclusive una ampliación del capítulo a tenerse en cuenta en una edición futura

El segundo capítulo trata de ácidos y bases, parte muy importante asimismo, de la química y que encuentra aplicación en el campo edafológico. Al contrario del anterior, este capítulo explica cosas aparentemente sencillas, que sin embargo, muchas veces se olvidan o se pasan por alto. Cuenta también con una lista apropiada de referencias bibliográficas.

El capítulo tercero es un resumen corto pero muy interesante de los sistemas de análisis de suelos y de plantas. Se ha sabido condensar aquí nuevamente algo que sin corresponder estrictamente a la química del

suelo, está íntimamente relacionado con su estudio práctico.

El capítulo cuarto se refiere a las propiedades de intercambio iónico y también resume con claridad los conocimientos generales sobre este aspecto, aunque creemos útil que la sección dedicada al efecto del pH y del secado del suelo sobre la capacidad de intercambio de cationes sea ampliada para explicar las cargas dependientes del pH en suelos con materiales amorfos

El capítulo quinto se refiere a la salinidad y sodicidad en los suelos. Si bien el capítulo contiene una buena descripción de estos aspectos, la última sección sobre el estudio de los suelos con problemas de sales podría detallarse más, como aplicación práctica de la teoría explicada.

El capítulo más largo del libro es el sexto, dedicado a la acidez del suelo y el encalado. Es sobre todo esta segunda parte que se ha desarrollado con más detalle, dando una visión más completa del aspecto tratado

El capítulo séptimo se refiere a la materia orgánica y el nitrógeno del suelo y contrasta con el anterior en cuanto a su extensión. Esto es explicable pues ya se han descrito fenómenos, procesos y reacciones que involucran a la materia orgánica; sin embargo, algunas veces se remite al lector a la consulta de otras obras y la sección sobre el estudio del nitrógeno del suelo en América Latina se reduce a una simple enumeración de trabajos. Este capítulo debe ampliarse.

El capítulo octavo está dedicado al fósforo del suelo y como el siguiente, el potasio del suelo, son capítulos relativamente cortos, aunque bien desarrollados para los propósitos del libro.

El décimo capítulo, último del libro, se refiere al calcio, magnesio y azufre del suelo. El hecho de incluir los tres elementos tal vez hace que cada uno tenga un espacio reducido. A nuestro juicio debería separarse el azufre en otro capítulo y ampliarse el texto con respecto a estos elementos

Como se dijo al principio, el libro "Química de suelos con enfoques agrícola", es sin duda un buen aporte a la literatura en español sobre el tema. Sin embargo, como también se ha recalcado, el hecho de

presentarlo como tal y no como notas de clase exige mayor ampliación de algunos capítulos, principalmente para dar mayor énfasis al enfoque agrícola mencionado en el título.

FAUSTO MALDONADO
PROGRAMA REGIONAL PARA EL
DESARROLLO DEL SUR DEL ECUADOR
QUITO, ECUADOR

PROCEEDINGS CASSAVA Protection Workshop,
Cali, Colombia, CIAT 7-12 November, 1977 Cali,
Centro Internacional de Agricultura Tropical -
(CIAT) 1978. 244 p.

La yuca es un cultivo típicamente tropical; para más de 300 millones de personas del mundo en desarrollo, es un cultivo de primera importancia. La investigación reciente en yuca ha permitido ampliar tremendamente sus usos en alimentación animal, obtención de alcohol para vehículos automotores y en muchos campos más. Tradicionalmente se le ha considerado un cultivo rústico, poco afectado por plagas y enfermedades, lo cual no es cierto, pero debido en parte a esta suposición errónea es que la investigación en protección fitosanitaria de la yuca se ha descuidado. Una muestra de ello es el dato de J.C. Lozano quien en su contribución "Consideraciones Generales sobre Patología de la Yuca" afirma que no más de 20 científicos están actualmente trabajando en enfermedades de la yuca.

En el "Taller" sobre protección sanitaria de la yuca efectuado en la sede del CIAT en Cali, Colombia del 7-12 de noviembre de 1977, cuyas contribuciones, conclusiones y recomendaciones finales se recogen en el libro que se comenta, se tenían como objetivos: 1) describir la bio-ecología y distribución de las plagas y enfermedades de la yuca, 2) estimar las pérdidas de rendimientos actuales y futuros por cada una de las plagas y enfermedades, 3) describir las prácticas de control para cada plaga y formular estrategias para el desarrollo de un sistema de control integrado, 4) discutir los posibles problemas parasitarios que pueden surgir a medida que más áreas se cambian al monocultivo con variedades de alto rendimiento, y 5) definir las áreas donde más investigación se está necesitando.

Las contribuciones se dividieron en tres tipos: Generales (9 trabajos), Patología (7 trabajos) y Entomología (15 trabajos), que cubren la situación actual del conocimiento de casi todos los aspectos fitosanitarios de la yuca, las bases fisiológicas de las pérdidas de rendimiento debido a las plagas y los nuevos avances en el importante campo del almacenamiento de raíces frescas. De la cantidad de trabajo en cada especialización se deduce la mayor atención que reciben los problemas de insectos. Se cubren todos los aspectos del objetivo número 1 y 5 pero no en todos los problemas.

Se evidencia la escasez de datos confiables y de metodologías para la evaluación de pérdidas y umbrales de daño para las principales plagas y enfermedades, con lo que los objetivos 2, 3 y 4 siguen siendo prioritarios para el futuro. Unos 18 trabajos son revisiones que ponen al día el estado actual de cada tópico. Con 31 trabajos en total expuestos en 244 páginas es posible valorar el importante adelanto que en el campo sanitario de la yuca ha significado el evento que recoge este volumen. Las conclusiones y recomendaciones, son quizás, lo más importante del libro. Se destaca sin embargo la ausencia de contribuciones sobre el contexto socio-económico del cultivo de la yuca. Este es un componente básico que no podemos ignorar sin incurrir en serios problemas a la hora de poner en práctica nuevas tecnologías, como es el caso de programas de manejo integrado de plagas que por muy poco sofisticados que se diseñen, presuponen fácil acceso a la información, cierta planificación y coordinación regional. La ausencia de un índice por materias es una falta que no se siente mucho, por la naturaleza específica de la mayoría de las colaboraciones. En suma, una buena muestra de los importantes esfuerzos que hacen los investigadores del Trópico, en especial del CIAT, por mejorar la Tecnología de Yuca.

JOAQUIN FRANCISCO LARIOS
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
CIUDAD UNIVERSITARIA
SAN SALVADOR, EL SALVADOR

INTERNATIONAL COUNCIL OF SCIENTIFIC
UNIONS ABSTRACTING BOARD. International
Serials Catalogue. Part I. Catalogue. París, ICSU-
AB, 1978. 521 p.

La Oficina de Resúmenes Analíticos del Consejo Internacional de Uniones Científicas (ICSU-AB) ha publicado su anunciado catálogo internacional de publicaciones, que identifica más de treinta mil publicaciones periódicas de todo el mundo que son compendias y enumeradas por los servicios miembros de ICSU-AB. En adición, sirve como fuente de información bibliográfica al proveer, para cada título, el nombre completo y su abreviatura, país en que se edita, los números CODEN e ISSN, y una clave que indica cuáles Servicios de Documentación miembros del ICSU-AB analizaron cada publicación. Todo esto comprende el primer volumen. El segundo volumen será una concordancia entre ISSN y CODEN y vice-versa.

El hecho de haberse publicado poco después de la "Bibliographic Guide for Editors and Authors", publicada por la American Chemical Society (ACS) (Cf. *Turrialba* 25: 336), obliga a hacer comparaciones entre ambos libros. En primer lugar, los dos libros, a pesar de incluir mucho más títulos, contienen mucho menos

información sobre cada publicación individual que la que tenía la 'List of Periodicals' de *Chemical Abstracts* (1962). Esta tenía datos sobre abreviatura de los títulos, frecuencia de aparición, número de volúmenes a la fecha, la institución editora con su respectiva dirección, y localización de las revistas en una lista de 305 bibliotecas colaboradoras. Esta última lista, al mostrar cuántas bibliotecas la conservan en sus colecciones, puede servir como parámetro para evaluar una revista, como se propuso en 1964 por Szmant (Cf. *Fitotecnia Latinoamericana* 8(2): 23-29. 1972). Desafortunadamente, la ACS no ha incluido toda esta información en la 'Bibliographic Guide', en la que los datos son aún más escuetos que los del catálogo del ICSU-AB, pasando el grueso de la información (y otros datos adicionales) a una nueva publicación, 'Chemical Abstracts Service Source Index' (CASSI), que incluye ahora unos 40.000 títulos aparecidos desde 1830 hasta 1974, y tiene ahora 388 bibliotecas colaboradoras (326 en los Estados Unidos y 72 de otros países). Su precio, sin embargo, es bastante alto lo que lo hace poco útil para evaluaciones.

Una alternativa sería utilizar la lista de los Servicios de Documentación que son miembros del ICSU-AB que figuran en este catálogo. Estos servicios son 18 y comprenden algunos de los más importantes del mundo, aunque faltan los Commonwealth Agricultural Bureaux. Estos servicios incluyen especialidades como geología, astronomía, medicina, física y matemáticas. Así, para las revistas agrícolas, por ejemplo, Turrialba es analizada en 7 de estos centros, más que cualquier otra revista agrícola latinoamericana. Entre las revistas agrícolas en inglés, tenemos *J. Agric. Univ Puerto Rico* (6), *Agron. J.* (6), *Soil Sci* (7) *Planta* (7), *J. Econ. Entomol.* (7) y *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* (8) y como es lógico, aquellas revistas científicas generales que abarcan todo el espectro científico tienen los índices más altos. Así tenemos a *Science* (15), *Nature (London)* (14), *Naturwissenschaften* (14), *New Scientist* (10), *Recherche* (8), *Current Sci.* (10).

Si bien la *Bibliographic Guide* tiene una introducción amplia, con explicaciones sobre cómo se hacen los dos códigos bibliográficos para identificar publicaciones periódicas, el CODEN y el ISSN, y listas de los estándares bibliográficos publicados, tanto de ANSI como de ISO, *International Serial Catalogue* tiene un poco más de información. Tiene el CODEN y el número ISSN, el que no fue incluido en el BG. Tiene el nombre del país en que se edita la publicación y los servicios de documentación que compendian los artículos de las revistas.

Se nota, al respecto que los servicios que analizan mayor número de revistas son el *Biological Abstracts* (BIO), *Chemical Abstracts* (CAS), *Informascience* (INF) de Francia, y *Referativnyi Zhurnal* (RZH) de la Unión Soviética. En algunos casos, hay signos de interrogación en vez del país de origen de la publicación, por no estar seguros los editores, lo que es difícil explicar en el caso del *Bulletin of the Geological Survey of Japan* y las *Memoirs of the Geological Society of*

London, que tienen tres signos de interrogación cada uno. También merece mencionarse que el sistema CODEN aparentemente está más avanzado que el ISSN. No hemos encontrado revistas en el catálogo que no tengan su clave CODEN; en cambio, en cada página hay una docena de títulos que no tienen su número ISSN. Este número no pudo ser incluido en 1975 en el *Bibliographic Guide* porque el International Serial Data System (ISDS) aconsejó no usar en esta fecha los números ISSN hasta que fueran validados.

En resumen, una publicación útil, herramienta indispensable a documentalistas y editores de publicaciones científicas.

ADALBERTO GORBITZ
INSTITUTO INTERAMERICANO DE
CIENCIAS AGRICOLAS
SAN JOSE, COSTA RICA

DE RENZO, D.J. ed. European technology for obtaining energy from solid waste. Park Ridge, N.J., Noyes Data Corp., 1978 281 p. US \$ 39.

La producción de residuos urbanos o municipales sólidos es uno de los mayores problemas de los países industrializados pues hasta ahora no existen tecnologías óptimas para su reutilización. Las tasas diarias de producción de desperdicios urbanos en las grandes metrópolis varían entre 3 y 5 kg per cápita y así resultan 'montañas de basura' que hay que reutilizar o integrar en el medio ambiente. La práctica más común es la de la deposición ordenada; en los últimos años se han desarrollado tecnologías de incineración, compostización y producción de gases industriales. En 1950 se instalaron en Alemania, Francia y Holanda las primeras plantas de incineración para obtener energía. Actualmente existen (1975) 243 plantas de incineración en Europa occidental las cuales ganan energía con la combustión de basuras para producir electricidad, calentar el agua para usos domésticos, desecar fangos de purificación de aguas negras o inclusive activar la calefacción urbana. Estas tecnologías nuevas son hoy en día de capital importancia ya que la reutilización de residuos permitirá también una prolongación de las reservas de otras fuentes energéticas como el petróleo, gas y carbón, los cuales se están agotando rápidamente.

Los países de Europa occidental llevan el liderazgo en el desarrollo de tecnologías de combustión y el libro de D.J. de Renzo presenta una síntesis de los adelantos alcanzados en forma general en cada país y en función de ejemplos de plantas en Francia, Suiza, Dinamarca y Alemania. Aquí entra en detalle en estudios completos considerando detalles de los sistemas de recolección, selección, combustión, control de las emisiones, operación de las plantas y análisis económico.

Los esfuerzos realizados llevan a resultados satisfactorios; así de la combustión de una tonelada de desperdicios se gana energía equivalente a 0,2 m³ de petróleo. El problema actual de estas tecnologías es la

producción de una escoria sólida (especialmente a partir de botellas y productos de vidrio); por ello se viene trabajando en nuevos procesos pirolíticos y catalíticos para una reutilización óptima de los desperdicios

En el libro de Renzo encontrarán los lectores interesados una gran cantidad de informaciones actualizadas y ojalá que este libro esté a disposición de especialistas en planificación urbana; también en áreas metropolitanas tropicales y subtropicales, para sus consideraciones necesarias

HANS W. FASSBENDER
FACULTAD TÉCNICA FORESTAL
GOTINGA, ALEMANIA

SITTING, M. Fertilizer industry, processes, pollution control and energy conservation. Park Ridge, N. J., Noyes Data, 1979. 204 p. (Chemical Technology Review Nº 123; Pollution Technology Review Nº 55, Energy Technology Review Nº 36) US\$ 32

Existe una numerosa bibliografía sobre la producción de abonos químicos. Sin embargo, un volumen con énfasis en el control de la contaminación resultante de estos procesos es una novedad en la literatura tecnológica y refleja la preocupación creciente de mantener en los mínimos los productos contaminantes.

El volumen tiene 13 capítulos dedicados a cuatro campos amplios

En un capítulo introductorio amplio se da una vista general sobre la industria de fertilizantes químicos con estadísticas basadas en la producción y consumo, en los EEUU. Se analizan brevemente las tendencias de la industria de fertilizantes nitrogenados, fosforados y potásicos individualmente además de la producción de abonos mezclados y granulados.

El segundo capítulo, el más amplio del volumen, es el primero de la sección dedicado a procesos en la industria de fertilizantes y trata de los que se refieren a abonos nitrogenados.

En el tercer capítulo se estudian los procesos y operaciones unitarios de la manufactura de fertilizantes fosfatados y en el cuarto capítulo la pertinente a la preparación de abonos potásicos. El quinto capítulo se refiere a abonos mixtos y granulados y concluye la primera subdivisión grande del libro.

La segunda parte del volumen se dedica a la descripción de los residuos de diferentes tipos de estas industrias. Así, el sexto capítulo estudia los residuos acuosos, bien importantes de los diferentes procesos de manufactura de abonos.

En el séptimo capítulo se estudian los contaminantes atmosféricos resultantes de la producción de abonos nitrogenados y fosforados, ya que los de K no los producen. Se considera también la manufactura

de mezclas. El octavo capítulo, sobre residuos salinos, es muy breve ya que estos no son de mayor importancia en la manufactura de abonos.

En el noveno capítulo se inicia la tercera subdivisión principal del libro refiriéndose a control de la contaminación y el tratamiento de los residuos. Al ser los residuos acuosos los más importantes, se inicia con ellos el estudio en un capítulo muy completo.

El décimo capítulo se dedica a problemas de contaminación atmosférica y a la tecnología de su control. De nuevo, solamente se consideran productos de abonos de N y P por no presentar problemas la industria del K. Se considera en este capítulo también la producción de abonos mezclados y granulados. En el undécimo capítulo, otro muy corto, se termina esta sección discutiendo lo poco que hay pertinente a residuos salinos contaminantes.

En el penúltimo capítulo se discuten las consideraciones energéticas de las manufacturas de abonos, en conformidad con la tendencia moderna de la consideración de problemas energéticos por su costo aumentado. Se hacen diferentes recomendaciones interesantes referentes a posibilidades de un mejor uso de la energía tanto para la producción de abonos basados en N como de P y de mezclas.

En el último capítulo, se discuten la economía de la producción de abonos y los costos de la reducción de la contaminación. De nuevo el material usado es de los EEUU. Se presentan aquí diferentes alternativas de producción y análisis de costos, varios basados en informes de 1973.

Por desgracia el volumen no tiene un índice al final, lo que podría ayudar para hacer referencias cruzadas. El libro está escrito para ingenieros químicos o aquellos con conocimientos apreciables en este campo y presenta muchos puntos de vista nuevos.

Se recomienda el volumen a bibliotecas de facultades de ingeniería, a profesionales que trabajan o enseñan producción de fertilizantes y agencias nacionales que supervisan y controlan dichos procesos.

ELEMER BORNEMISZA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
CIUDAD UNIVERSITARIA
SAN JOSE, COSTA RICA

SCOTT, WILLIAM, Backyard beekeeping. Dorchester, England. Prism Press, 1977. 122 (£ 1.25).

This small book which could be considered a manual for beginning beekeepers, consists of four basic sections.

The first deals in some detail with the life of the colony, clearly describing the roles of the queen bee, the workers and the drones. The second section gives a simple description of how to go about choosing the best sites for the hives, and how to build your own equipment. The third section identifies some of the different diseases. However, with a little care, the

choice of a proper site and a strong colony, most diseases can be prevented. The last section lists a number of references where an interested person may obtain more detailed information. Several recipes are also provided, perhaps with the idea of indicating the range of uses for honey.

In general, the book is simple and to the point, although perhaps of more use to amateur beekeepers in temperate zones. In the tropics, bees tend to react differently to the differences in environmental conditions, although guidelines are given on how to recognize the different emotions and reactions of bees to the environmental settings in which they find themselves.

PETER ASPINALL
APARTADO 2568
SAN JOSE, COSTA RICA

STRATTON, J.M. y BROWN, J.H., edited by R. Whitlock. *Agricultural records A.D. 220-1977*. 2nd ed London, John Baker, 1978. 59 p. £ 4,95 net.

Este es un libro interesante, en el que se han anotado año a año, desde los registros más antiguos que se han encontrado (220 A.D.), datos sobre clima, rendimiento de cultivos, precios agrícolas y otros asuntos de importancia para la agricultura de Gran Bretaña. Constituyen estos datos los ladrillos con los que se hace la historia agrícola, los hechos cotidianos, poco espectaculares y prosaicos, con los que todo agricultor es familiar. Pero el libro no sólo es de interés para el

hombre de campo sino que también revela la influencia que tienen cosas tales como el clima y los rendimientos sobre la historia de un país. En 1789, por ejemplo, estalló la Revolución Francesa, y los registros muestran que en Inglaterra los agricultores tuvieron un invierno tardío, una primavera anormal, una cosecha más bien pobre y un serio brote de una enfermedad de los ovinos.

El estudio de la información indica que el factor clave es el clima prevalente en el momento del sembrío o poco después. Una vez que el sembrío ha germinado y macollado, el clima subsiguiente no importa mucho. Y así se pueden deducir las condiciones favorables y desfavorables, ya sean cereales de invierno, de primavera, o raíces y tubérculos.

El libro tiene su origen en uno que publicó Tomás Baker en 1883 y 1912. John Stratton lo puso al día, en la primera edición de "Agricultural Records", y ahora Ralph Whitlock lo ha llevado hasta 1977. Esta nueva edición incluye el resumen agrícola de *The Times* desde 1969 hasta 1977, y un cuadro con los precios agrícolas que se remonta a 1257. También tiene cuadros de lluvia anual cada 10 años desde 1947 a 1977.

Los datos desde 1947 muestran cómo la agricultura moderna depende menos del clima que en épocas anteriores. El clima parece influir poco en la tendencia ascendente de los rendimientos. Después de un promedio de 1908 kg/ha de trigo en 1947, el promedio subió a 2598 en 1948, y después el progreso ha sido constante. En 1950 el promedio fue de 2636 kg/ha, en 1960 había subido a 3565, y en 1965, a pesar de un verano húmedo, llegó a 4067 kg/ha. Lo mismo se puede decir de cebada, avena y la papa; esta última ha subido a 40 000 kg/ha. Parece que las variedades mejoradas, mejores fertilizantes, equipo adecuado para la cosecha y secadores eficientes de granos están, por fin, dando la ascendencia sobre el clima.