

EFEITO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA PRODUTIVIDADE
DO FEIJOEIRO*

Effect of Rain on Yield of Beans

Flávio Bussmeyer Arruda**, Antonio Tubelis*** e Fernando José Lino do Nascimento***

RESUMO

Este trabalho estuda o efeito da precipitação pluviométrica sobre a produtividade final da cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), variedade "Rico 23".

A produtividade final mostrou-se correlacionada linearmente com os totais de precipitação acumulada em vários períodos do ciclo da cultura e no ciclo todo. Os melhores períodos para a previsão foram (10-30) e (20-70) dias após a sementeira, cujas equações são:

$$Y = 3,7 (P_{10-30}) + 43 \quad \pm 19 \text{ kg/ha}$$

$$Y = 6,9 (P_{20-70}) - 147 \quad \pm 22 \text{ kg/ha}$$

onde Y é a produtividade final em kg/ha, e (P_{10-30}) e (P_{20-70}) os totais de precipitação nos períodos (10-30) dias e (20-70) dias, respectivamente. A estimativa mais precoce foi obtido com o período (30-40) dias após a sementeira, cuja equação é:

$$Y = 66,0 (P_{30-40}) - 441 \quad \pm 177 \text{ kg/ha}$$

onde (P_{30-40}) é o total de precipitação no período (30-40) dias.

Os acréscimos de produtividade para cada aumento de precipitação de 1 mm para cada 10 dias de duração do período variaram no decorrer do ciclo da cultura, sendo máximos e iguais a 66,0 kg/ha no período (30-40) dias após a sementeira.

* Trabalho desenvolvido durante a vigência de Bolsa de Iniciação Científica concedida pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico ao primeiro autor.

** Engenheiro Agrônomo, Seção de Irrigação e Drenagem, Instituto Agrônomo, Campinas, São Paulo, Brasil.

*** Respectivamente, Professor Titular e Professor Assistente Doutor do Departamento de Ciências Ambientais, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Botucatu, São Paulo, Brasil.

SUMMARY

This work studies the effect of rain on yield of beans (*Phaseolus vulgaris* L.), variety "Rico 23".

The yield was shown linearly correlated with rain accumulated in several periods of the crop development cycle or in the whole cycle. The best periods for yield estimate were (10-30) and (20-70) days after sowing, which equations are:

$$Y = 3.7 (P_{10-30}) + 43 \quad \pm 19 \text{ kg/ha}$$

$$Y = 6.9 (P_{20-70}) - 147 \quad \pm 22 \text{ kg/ha}$$

where Y is the yield in kg/ha, and (P_{10-30}) and (P_{20-70}) are the rain totals in (10-30) and (20-70) day periods, respectively. The earliest estimate was obtained with the period (30-40) days after sowing, its equation being:

$$Y = 66.0 (P_{30-40}) - 441 \quad \pm 177 \text{ kg/ha}$$

where (P_{30-40}) is the total precipitation in (30-40) day period.

The yield increase per an increase in precipitation of 1 mm in each 10 days of period duration have varied through the crop cycle, the highest values being equal to 66.0 kg/ha in the (30-40) day period.

INTRODUÇÃO

O feijão é um dos produtos básicos da alimentação brasileira, sendo importante fonte de proteínas e tendo elevado significado sócio-econômico. Entretanto, esta cultura tem evoluído muito pouco no seu aspecto agrônômico, sendo os poucos trabalhos existentes concentrados no estudo das práticas culturais.

Os estudos sobre a fisiologia ecológica do feijoeiro são encontrados na literatura científica em pequeno número (5). São pouco conhecidos os efeitos dos elementos meteorológicos, como a precipitação pluviométrica, a temperatura do ar e do solo, a umidade do ar, etc..., sobre a produtividade da cultura.

Este trabalho constitui parte de uma série de estudos sobre a atuação dos principais fatores meteorológicos sobre a produtividade do feijoeiro. Será estudado o efeito da precipitação pluviométrica, pois tratando-se de planta de ciclo curto, a falta, o excesso ou a má distribuição daquele parâmetro levam a cultura ao fracasso.

REVISÃO DA LITERATURA

Uma revisão bibliográfica sobre a ecofisiologia do feijoeiro foi feita por FRANCO et alii (5). Citam que seriam de grande interesse estudos visando isolar os efeitos de fatores, como temperatura e umidade, que atuam durante o ciclo da cultura.

O feijoeiro apresenta a maior quantidade de raízes nos primeiros dez centímetros de solo e a quase totalidade delas nos primeiros vinte centímetros (6). Em função disso, uma boa produtividade só pode ser obtida com uma distribuição regular de chuvas ou com irrigações frequentes (4, 9). De maneira geral, a cultura só é produtiva quando há disponibilidade de água no solo no período que vai deste antes do florescimento até o estado leitoso dos grãos (10).

DUBETZ & MAHALLE (4) estudaram o efeito da restrição de água no solo, em três fases do ciclo vegetativo, sobre a produtividade do feijoeiro. A ocorrência de tensões de água no solo até 8 bar no período da floração afetou mais a produtividade do que nas fases de pré-floração e frutificação.

MİYASAKA et alii (8) recomendam a incorporação ao solo de matéria orgânica semi-decomposta, com a finalidade de atenuar os efeitos de uma possível distribuição irregular de chuvas.

DEMATTE et alii (3) verificaram que, em Monte Alegre do Sul, SP, o consumo médio diário de água pela cultura foi de 2,9 mm e o intervalo entre irrigações, mais conveniente, situou-se em torno de 9 dias.

BERNARDO et alii (1), estudando o efeito de três níveis de água no solo sobre a produção do feijoeiro, verificaram que a produção diminui quando a tensão máxima de água no solo variou de 0,50 a 0,75 atm.

MENEZES & PINTO (7) verificaram, para a Baixada Fluminense, que o total de chuva caída durante o ciclo da cultura do feijoeiro não influenciou sobre os rendimentos, os quais mostraram-se dependentes da intensidade da evapotranspiração.

Estudou-se, no presente trabalho, o efeito da precipitação pluviométrica, em períodos do ciclo vegetativo, sobre a produtividade final do feijoeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Dados de Produtividade - Os dados de produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) foram os obtidos por VIEIRA & ALMEIDA (12) em experimento de espaçamento de sementeira, conduzido nos campos experimentais da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa,

MG (20945'S; 42951'W.Grw.; 651 m), em solo plano ou levemente inclinado, argiloso e de fertilidade variável. Utilizou-se os dados para o espaçamento de 50 x 20 cm, com duas sementes por cova. As sementes eram de feijão preto, miúdo, "Rico 23", de crescimento in determinado e porte ereto.

As datas de sementeira, germinação e colheita e os dados de pro dutividade final estão contidos na Tabela 1.

Os dados fenológicos médios da variedade utilizada foram obti dos por VIEIRA (11).

Tabela 1. Produtividade e datas de plantio, germinação e colheita dos ensaios com feijoeiro.

ENSAIO	PRODUTIVIDADE (kg/ha)	PLANTIO	GERMINAÇÃO	COLHEITA
Seca 1961	255	14/03	20/03	26/06
Águas 1961/62	1.751	21/11	27/11	20/02
Seca 1962	310	16/03	23/03	05/07
Águas 1962/63	1.134	16/10	27/10	11/01

Dados Meteorológicos - Os dados de precipitação pluviométrica foram obtidos no Posto Meteorológico de Viçosa, instalado no cam pus da Universidade Federal.

Processamento dos Dados - O período de desenvolvimento da cul tura teve os seus dias numerados em sequência, considerando como o de número um o dia em que se fez a sementeira.

Foram considerados, ao longo do ciclo da cultura, 36 perí odos para a totalização da precipitação, que possuíam durações de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 ou 80 dias.

A precipitação pluviométrica, totalizada em cada um dos perí odos, foi correlacionada linearmente com a produtividade final do feijoeiro. As equações de regressão foram calculadas pelo mét odo dos quadrados mínimos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Condições Meteorológicas dos Ensaios - Os ensaios de campo de senvolveram-se dentro dos limites térmicos considerados como favo ráveis à cultura.

A precipitação pluviométrica nos ensaios da "seca", conforme a Figura 1, foram menores que a nos ensaios das "águas", resultan do em menores produções para os primeiros. No ensaio da "seca" de

1962, a maior precipitação e sua melhor distribuição propiciaram maior produtividade que o ensaio da "seca" de 1961.

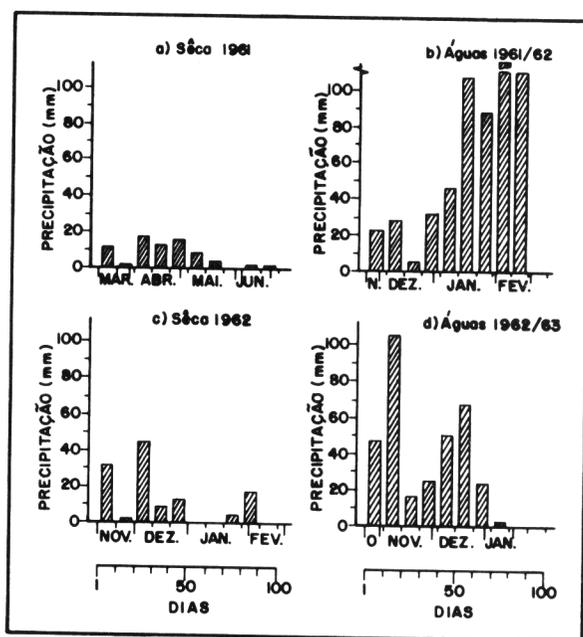


Figura 1. Histograma dos totais decendiais de precipitação durante os quatro ensaios com feijoeiro, em Viçosa-MG.

Quanto aos ensaios das "águas", as chuvas ocorreram em quantidade de suficiente e com boa distribuição. No ensaio de 1961/62, a maior concentração das precipitações na segunda metade do ciclo, propiciou alta produção, ao passo que no ensaio de 1962/63 a diminuição na precipitação durante a fase de frutificação provocou queda de produção.

O comportamento dos ensaios foi semelhante ao de culturas comerciais (8, 10, 11), indicando que os resultados deste trabalho podem ser generalizados.

Coefficientes de Correlação Linear entre a Produtividade e a Precipitação - Os períodos, cujos coeficientes de correlação linear

entre a produtividade final do feijoeiro e a precipitação pluviométrica foram significativos, são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2. Períodos cujos coeficientes de correlação linear "r", entre a produtividade final do feijoeiro e a precipitação pluviométrica, foram significativos.

NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA DE "r"	PERÍODOS (Dias)
0,1%	(10-80), (20-70)
1%	(0-80), (30-70), (40-70), (50-60) (50-60), (20-60), (30-60)
5%	(40-60), (30-40), (20-80) (30-80), (40-80), (10-70)

Aqueles resultados indicam que houve correlação linear entre a produtividade final do feijoeiro e a precipitação pluviométrica, tanto para períodos curtos: (50-60), (30-40), (40-60) dias, etc... como para períodos longos: (10-80), (20-70), (0-80) dias, etc... Essas correlações mostram que é possível prever-se a produtividade da cultura em função do seu regime de precipitações, totalizado no ciclo todo ou em parte dele.

O fato da produtividade estar correlacionada com a precipitação ocorrida no período (0-80) dias discorda da conclusão de MENEZES & PINTO (7), que verificaram que o total de chuva no ciclo da cultura não influiu no seu rendimento. Aquelles resultados entretanto estão de acordo com o censo de especialistas da cultura (8, 11) e, com os ensaios de irrigação (3) e de tensão de água no solo (1, 4).

A comparação dos períodos permite verificar que ocorreu correlação significativa sempre que o período considerado englobou os intervalos (30-40) e/ou (50-60) dias, os quais correspondem à pré-floração e início da frutificação.

Cotando-se em um gráfico cartesiano os valores do coeficiente de correlação linear para os períodos de 10 e 20 dias de duração em função da data média do período, obtém-se a Figura 2. A curva ajustada aos pontos representa o curso do coeficiente de correlação linear ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura. Como se depreende, o coeficiente de correlação entre a produtividade e a precipitação cresceu até o 40º dia de desenvolvimento da cultura. Na faixa do 40º ao 60º dia ocorreu uma estabilização no coeficiente de correlação, que assumiu valores máximos, e que coincidiu

com o período de floração e início de frutificação. Após o 60º dia, o coeficiente de correlação diminuiu, numa taxa menor que a taxa de aumento ocorrida nos primeiros 40 dias. Confirma-se, assim, a maior dependência da cultura em precipitação na fase de florescimento, como é citado por vários autores (4, 10).

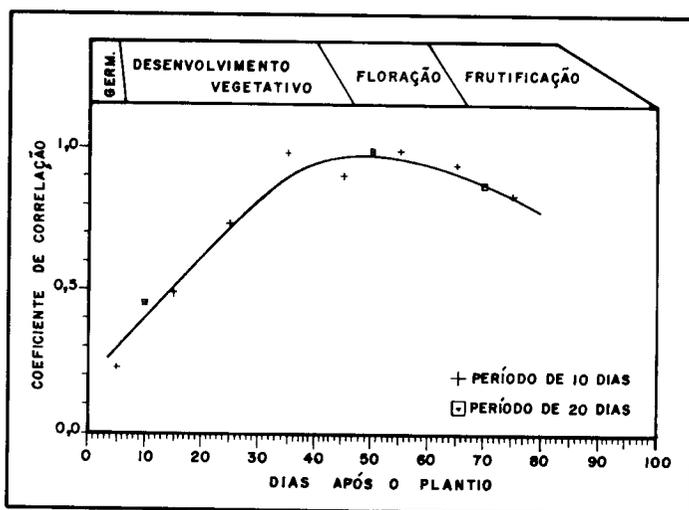


Figura 2. Variação do coeficiente de correlação linear entre a produtividade final e a precipitação, para períodos de 10 e 20 dias de duração, ao longo do ciclo da cultura do feijoeiro.

Equações Lineares de Regressão entre a Produtividade e a Precipitação - As equações lineares de regressão entre a produtividade final do feijoeiro e a precipitação pluviométrica, nos períodos em que o coeficiente de correlação foi significativo pelo menos a 5% de probabilidade, estão contidos na Tabela 3.

Os quinze períodos de totalização da precipitação pluviométrica permitem estimar a produtividade final do feijoeiro. As duas melhores equações são as dos períodos (10-80) e (20-70) dias, com desvios-padrão de 19 e 22 kg/ha, respectivamente. A equação que permite a estimativa mais precoce é a que utiliza o período (30-40) dias, o qual compreende a fase de diferenciação floral. As precipitações ocorridas antes desse período só foram significativas quando agrupadas em períodos longos, que terminavam do 60º dia em dian

te.

Tabela 3. Equações lineares de regressão entre a produtividade final do feijoeiro Y (kg/ha) e o total de precipitação pluviométrica P (mm), nos períodos do ciclo da cultura em que o coeficiente de correlação (r) foi significativo e desvio padrão das equações $S_{Y.X}$ (kg/ha).

PERÍODO (Dias)	$Y = m (P) + b$	$S_{Y.X}$	r	SIGNIFICÂNCIA DE r (%)
(10-80)	$Y = 3,7 (P) + 43$	19	1,00	0,1
(20-70)	$Y = 6,9 (P) - 147$	22	1,00	0,1
(0-80)	$Y = 3,6 (P) - 43$	47	1,00	1
(40-70)	$Y = 6,6 (P) + 158$	84	1,00	1
(30-70)	$Y = 6,1 (P) + 101$	88	1,00	1
(50-60)	$Y = 14,0 (P) + 219$	93	0,99	1
(50-70)	$Y = 7,8 (P) + 275$	143	0,99	5
(20-60)	$Y = 10,5 (P) - 382$	148	0,99	5
(40-60)	$Y = 10,2 (P) + 79$	148	0,99	5
(30-60)	$Y = 8,8 (P) + 9$	149	0,99	5
(30-40)	$Y = 66,0 (P) - 441$	177	0,98	5
(30-80)	$Y = 3,7 (P) + 251$	227	0,97	5
(20-80)	$Y = 3,9 (P) + 124$	234	0,96	5
(40-80)	$Y = 3,8 (P) + 296$	241	0,96	5
(10-70)	$Y = 5,1 (P) - 54$	264	0,95	5

Pela equação de regressão para o período (0-80) dias pode-se avaliar o potencial de produtividade de uma região em função da precipitação média nos 80 dias de ciclo da cultura, como mostra a Tabela 4. Produtividade de 1.000 kg /ha necessitam de 300 mm de chuva no ciclo enquanto que 1.750 kg/ha requerem 500 mm. Essas elevadas necessidades de precipitação ocorrem pelo fato do sistema radicular do feijoeiro ser bastante superficial (6), o que condiciona um abaixo aproveitamento da precipitação. O aproveitamento será tanto maior quanto mais frequentes forem as precipitações, para o mesmo total de precipitação no período.

As equações de regressão da Tabela 3 também permitem calcular o total de água de irrigação, necessária na suplementação da precipitação ocorrida, para que se obtenha (ou mantenha) um determinado nível de produção. Desde que a alteração da produção pela irrigação suplementar pode ser determinada pelas equações de regressão, os custos da irrigação podem ser comparados com o retorno em ter

mos de aumento de produtividade.

A melhor época para o cultivo do feijoeiro em uma região pode ser ajustada ao regime pluviométrico através da equação da Tabela 3, bem como pode ser possível isolar o efeito pluviométrico nas produtividades obtidas sob diferentes regimes de chuvas.

Tabela 4. Produtividade final do feijoeiro em função da precipitação no ciclo da cultura, obtida pela equação $Y = 3,6 (P_{0-80}) - 43$.

PRECIPITAÇÃO (0-80) DIAS (mm)	PRODUTIVIDADE (kg/ha)
50	137
100	317
150	497
200	677
250	857
300	1.037
350	1.217
400	1.397
450	1.577
500	1.757

Variação da Produtividade por Efeito da Precipitação Pluviométrica - Os coeficientes angulares das equações de regressão da Tabela 3 representam a taxa de acréscimo da produção, em kg/ha, para cada milímetro de aumento no total de precipitação no período considerado. Esses valores representam a eficiência com que a precipitação recebida no período é convertida em produção.

Como os períodos tem durações diferentes, torna-se difícil à comparação das eficiências de conversão entre eles. Para eliminar esse inconveniente determinou-se uma unidade de precipitação para uso comum, que foi a de se utilizar 1 mm de precipitação para cada 10 dias de duração do período. Dessa maneira, os valores dos coeficientes angulares na Tabela 3 foram transformados no acréscimo da produção para cada aumento de precipitação de 1 milímetro para cada dez dias de duração do período, cujos valores estão inscritos na Tabela 5.

Os acréscimos de produtividade variaram de 66,0 a 14,0 kg/ha, indicando que a eficiência de utilização de precipitação no melhor período foi 471% maior do que no período menos eficiente.

Tabela 5. Acréscimos na produtividade do feijoeiro para cada aumento de precipitação de 1 milímetro para cada 10 dias de duração do período.

PERÍODO (Dias)	ACRÉSCIMO DE PRODUTIVIDADE (kg/ha)
(30-40)	66,0
(20-60)	42,0
(20-70)	34,5
(10-70)	30,6
(0-80)	28,8
(30-60)	26,4
(10-80)	25,9
(30-70)	24,4
(20-80)	23,4
(40-60)	20,4
(40-70)	19,8
(30-70)	18,5
(50-70)	15,6
(40-80)	15,2
(50-60)	14,0

A maior taxa de acréscimo de produtividade em função da precipitação ocorreu no período (30-40) dias, com uma taxa de 66,0 kg/ha. Isto significa que este foi o período em que a precipitação interferiu na produtividade de maneira mais intensa. Como pode ser visto na Figura 1, esse período coincide com a pré-floração, quando começam a se desenvolver os botões florais. Esse também é o período no qual a eficiência fotossintética é máxima, como verificaram BRANDES et alii (2). O segundo período em importância foi (20-60) dias, que abrange a parte final do desenvolvimento vegetativo até a fase de desenvolvimento das vagens, e que envolve o período anterior. É conveniente notar o que ocorre com o período todo de desenvolvimento da cultura (0-80) dias. Este aparece em primeiro lugar, em posição bastante superior aos demais períodos com coeficientes de correlação significantes.

CONCLUSÕES

A confecção deste trabalho, analisando ensaios com feijoeiro, cultivados sob as condições meteorológicas reinantes em Viçosa-MG nos anos de 1961 a 1963, permitiu chegar às seguintes conclusões:

1. A produtividade final do feijoeiro mostrou-se correlacionada com o total de precipitação pluviométrica acumulada em diferentes períodos do ciclo de desenvolvimento da cultura ou no ciclo todo.

2. O coeficiente de correlação linear entre a produtividade final do feijoeiro e a precipitação aumentou da sementeira até o 40º dia de desenvolvimento da cultura, foi aproximadamente constante até o 60º dia, decrescendo posteriormente até o final do ciclo.

3. Os períodos cujo total de precipitação fornecem as melhores estimativas da produtividade são do 10º ao 80º dia e do 20º ao 70º dia após o plantio; a estimativa mais precoce é obtida com o período do 30º ao 40º dia.

4. A eficiência de utilização da precipitação pela cultura variou ao longo do ciclo, com o maior valor 66,0 kg/ha por mm/10 dias, ocorrendo no período (30-40) dias após o plantio.

LITERATURA CITADA

1. BERNARDO, S.; GALVÃO, J.D.; GUERRINI, H.; CARVALHO, J.B.- Efeito dos níveis de água no solo sobre a produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). *Seiva* 30(71):7-13, 1970.
2. BRANDES, D.; MAESTRI, M.; VIEIRA, C.; GOMES, F.R. - Efeito da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). III. Intercepção da luz e eficiência de conversão de energia solar. *Experientiae*, 15(1):23-30, 1973.
3. DEMATTE, J.B.I.; DEMATTE, J.D.I.; MIYASAKA, S.; ALMEIDA, L. D'A.; BULISANI, E.A.; IGUE, T.; ALVES, S. - Irrigação x adubação mineral x matéria orgânica em cultura de feijão. *Boletim Técnico*, Instituto Agrônomo, Campinas, 15:1-27, 1974.
4. DUBETZ, S. & MAHALLE, P.S. - Effect of soil water stress on bush beans *Phaseolus vulgaris* L. at three stages of growth. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 94:479-481, 1969.
5. FRANCO, C.M.; MIYASAKA, S.; INFORZATO, R. - Alguns aspectos da fisiologia ecológica do feijoeiro. In: SIMPÓ

- SIO BRASILEIRO DE FEIJÃO, 19, Campinas, 1971. *Anais...* Viçosa, Universidade Federal, 1972. p.109-118.
6. INFORZATO, R. & MIYASAKA, S. - Sistema radicular do feijoeiro em dois tipos de solos do Estado de São Paulo. *Braçanteia*, 22:477-481, 1963.
 7. MENEZES, D.M. & PINTO, M.M. - Influência do fator hídrico no desenvolvimento da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na Baixada Fluminense. *Pesq. Agronoc. Bras.*, 2: 383-389, 1967.
 8. MIYASAKA, S.; ALMEIDA, L.D'A.; BULISANI, E.A. - *Cultura do Feijão*. São Paulo, Sindicato Nacional da Indústria de Tratores, Caminhões, Automóveis e Veículos Similares. s. d. 48p.
 9. SMITTLE, D.A. - Response of snap bean to irrigation, nitrogen fertilization, and plant population. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 101:37-40, 1976.
 10. TOSELLO, R.N. - Irrigação de feijão. *O Agrônomo*, 15(3-4): 4-5, 1963.
 11. VIEIRA, C. - *O Feijoeiro comum: cultura, doenças e melhoramento*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1967, 220p.
 12. VIEIRA, C. & ALMEIDA, L.A. - Experimento de espaçamento de semeadura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Ceres*, 12 (70):219-228, 1965.