Thesis
S586r
c.2

RELAÇÕES ENTRE ALGUNS FATÔRES CLIMÁTICOS COM CRESCIMENTO E RENDIMENTO DA CANA DE AÇÚCAR

Por

Telmo Carvalho Alves da Silva

RELAÇÕES ENTRE ALGUNS FATÔRES CLIMÁTICOS COM CRESCIMENTO E RENDIMENTO DA CANA DE AÇÚCAR

Por

TELMO CARVALHO ALVES DA SILVA

ORTON MEMORIAL
LIBRARY
1 AGO 1969
IIAS

Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas da OEA

Centro de Ensino e Investigação

Turrialba, Costa Rica

Julho, 1969

Thesis
S586r
c. 2

BIBLIOTECA CONMEMORATIVA
ORTON
INSTITUTO INTERAMERICANO DE
CIENCIAS AGRICOLAS
37102
TURRIALBA, COSTA RICA

RELAÇÕES ENTRE ALGUNS FATÔRES CLIMÁTICOS COM CRESCIMENTO E RENDIMENTO DA CANA DE AÇÚCAR

ORTON MEMORIAL
LIBRARY
1 AGO 1969
Tese
IICA S

Apresentada ao Conselho da Escola para Graduados
como requisito parcial para obter o grau

de

Magister Scientiae

no

Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas da OEA

APROVADA: _____ Conselheiro
Gilberto Páez, Ph.D.

_____ Comitê
Edilberto Camacho, M.A.

_____ Comitê
Levy Cruz, M.S.

_____ Comitê
Fausto Maldonado, M.S.

Julho, 1969

À memória de meus pais

Aos meus irmaõs

À minha esposa

AGRADECIMENTOS

O autor deixa patente os seus maiores agradecimentos ao Conselheiro Principal, Dr. Gilberto Páez, emérito professor e incansável orientador, cuja cultura e reto sentido do dever enrigessem sobremaneira os alicerces da Instituição.

Ao Dr. Hans Trojer, sob cuja orientação se iniciou este trabalho.

Aos demais membros do seu Comitê Conselheiro, Professôres Levy Cruz, Edilberto Camacho e Fausto Maldonado pelo constante apoio, valiosas sugestões e cuidadoso julgamento da tese.

Aos colegas e amigos que com seu estímulo e apoio facilitaram a consecução desta tese.

À Sociedad Hacienda Juan Viñas, pelas facilidades proporcionadas no levantamento dos dados.

Ao Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas e à Universidade Rural do Estado de Minas Gerais, pela oportunidade da concretização dêste curso.

BIOGRAFIA

O autor nasceu na cidade da Campos, Estado do Rio de Janeiro, Brasil, em 13 de novembro de 1931.

Seus estudos universitários foram realizados na Escola Superior de Agricultura da Universidade Rural do Estado de Minas Gerais, em Viçosa, graduando-se Engenheiro Agrônomo em 1954.

Trabalhou como Supervisor Agrícola da Associação de Crédito e Assistência Rural de Minas Gerais, de 1955 a 1957. Ingressou nêste ano na Universidade Rural de Minas Gerais como Instrutor de Ensino, passando em seguida a Professor Assistente da Cadeira de Mecânica, Máquinas e Motores Agrícolas, até 1961. A partir daí seguiu, na mesma Instituição, como Professor Assistente de Agricultura Geral até 1966, desempenhando, desde então, o cargo de Professor Adjunto da referida Cadeira.

Tem cursos de especialização na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, da Universidade de São Paulo, no Centro de Treinamento Básico em Conservação de Solo e Água da Divisão de Engenharia e Mecânica da Agricultura do Estado de São Paulo e no Centro Panamericano de Pesquisas em Recursos Naturais, do Rio de Janeiro.

Realizou estudos pósgraduados na Universidade Rural de Minas Gerais (Viçosa).

Ingressou no Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas em outubro de 1967, como estudante graduado, permanecendo até julho de 1969, mediante uma bolsa concedida pela mesma Instituição.

CONTEÚDO

RELAÇÃO DE QUADROS

LISTA DE FIGURAS

1. INTRODUÇÃO

O cultivo da cana de açúcar, de importância primordial em um grande número de países, se destaca também em Costa Rica como uma florescente e importante atividade agrícola, reflexo de um crescente volume do comércio interno e externo do açúcar.

Dentro as principais regiões produtoras nacionais se situa a de Juan Viñas, cuja usina aí instalada, absorvendo a produção canavieira da região, processou, na última safra, a apreciável cifra de 100.395,790 toneladas de cana, a que corresponderam 223.970 quintais de açúcar.

Considera-se o clima como um dos três fatores naturais da produção agropecuária, o mais ativo e que afeta, profundamente, o comportamento dos outros dois: solo e planta. Quanto ao solo, se pode dizer que é afetado en suas propriedades físicas, químicas, mecânicas e biológicas. Em relação às plantas se sabe que são influenciadas em cada etapa de seu crescimento e desenvolvimento pelas condições do ambiente climático, podendo-se afirmar que a dita influência se extende desde antes do plantio até depois da colheita. Segundo Nuttonson (23), a viabilidade de um determinado cultivo em uma área, a duração das diversas fases do seu ciclo de vida, a própria fisiologia da planta, sua susceptibilidade ou resistência às enfermidades, o contrôle destas, as características qualitativas e quantitativas da produção e, lògicamente, sua economia, são fatôres dependentes e diretamente relacionados às condições climáticas. Da mesma forma Shaw (26) encara o problema, afirmando que os efeitos não climáticos são usualmente de pouca importância quando comparados com os

climáticos, no que respeita às informações fenológicas.

No caso particular da cana de açúcar se reconhece, por inúmeras experiências anteriores (3, 7, 12, 13, 17), a decisiva influência de determinados elementos climáticos sôbre as diferentes fases do seu ciclo e, em especial, sôbre a maturação, quando se acelera a produção e acumulação da sacarose pela planta, o que torna claro o significado dessa etapa.

Em vista do anteriormente expôsto, se julga que o estudo de algumas relações clima-cana em Juan Viñas poderá constituir-se, e isso almejamos com este trabalho, em um aporte positivo, ainda que modesto, a um melhor manejo do mencionado cultivo na região.

1.1. O problema

A cana de açúcar, como qualquer outro cultivo, tem exigências meteorológicas e climáticas que satisfaçam suas necessidades de crescimento e desenvolvimento. Por outro lado, desde que existam condições ecológicas para a sua implantação em uma dada área, verifica-se que os elementos do clima atuarão de distinta forma, graduando seu comportamento e determinando uma série de possibilidades, desde um máximo até um mínimo de rendimento cultural.

Sabe-se que o valôr comercial da cana deriva da preponderância da sacarose como constituinte do caldo da planta madura, e que os níveis obtidos dêsse açúcar flutuam, principalmente, segundo o transcurso do determinados elementos climáticos, sobretudo na fase precedente à colheita. A limitação de trabalhos relacionados com o es-

tudo de tendência das relações clima-rendimento através do tempo, e particularmente nas proximidades da colheita torna necessária uma investigação mais cuidadosa do assunto, dado, sobretudo, à sua importância indiscutível. O conhecimento da magnitude dessa fase e da ação específica de cada elemento dentro dela será de suma valia para uma melhor planificação dos cultivos, com o que poder-se-ia alcançar valores superiores de produção, o que tem, em verdade, um significado econômico.

1.2. Objetivos

Os objetivos dêste estudo são:

1.2.1. Investigar o efeito específico de alguns elementos climáticos sôbre o rendimento da cana de açúcar em Juan Viñas.

1.2.2. Determinar a velocidade de alongamento da cana sob a influência de alguns fatores climáticos.

1.2.3. Elaborar a curva de crescimento da cana (em altura), em função do tempo, naquela região.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Sabe-se que a base fundamental da fisiologia vegetal é a chamada função fotosintética, que combinando anidrido carbônico do ar com água e energia radiante (luz e temperatura), transforma esta em energia química (açúcares). Em função disso ocorrem os outros processos vitais, necessários à formação dos diferentes tecidos e ao desenvolvimento geral das plantas, vindo daí o fato da luz ser um dos fatores fundamentais do crescimento (22, 31, 32). Na cana, o que interessa é que o açúcar produzido nos primeiros estágios do grande período de crecimento seja utilizado na elaboração de novos tecidos, o que assegurará um bom rendimento em pêso. Uma vez alcançada essa etapa, é conveniente u'a máxima redução no processo de crescimento, com o que se visa a acumulação da sacarose elaborada, em máxima porcentagem, garantindo, portanto, uma bôa qualidade (2, 30).

Era geralmente aceito que, no caso da cana de açúcar, a composição química dos solos jogava um papel de importância definitiva no êxito do desenvolvimento de um cultivo. De uma época relativamente recente para cá se tem demonstrado que, em realidade, as condições climáticas, principalmente através dos elementos luz, umidade e temperatura, parecem desempenhar uma função muito mais atuante (6, 7, 8, 12, 18, 23). Clements (1) por exemplo, anota que a ação do clima é decisiva para o sucesso de um cultivo de cana, sobretudo no que respeita à fase de maturação e últimas etapas do período de crescimento, quando este começa a restringir-se.

2.1. Algumas características do cultivo

A cana de açúcar é uma gramínea perene, do gênero saccharum, típica planta de climas tropicais e sub-tropicais, sendo, possivelmente originária do sudeste asiático.

Em sua composição (2, 20, 21, 30), a parte que interessa à industria é a haste ou colmo quando maduro, sadio, recentemente cortado, isento de raizes, folhas, terra e palmito. O colmo é constituído por fibra e caldo, numa proporção variando de 86-92% de caldo para 8-14% de fibra. Esta representa a matéria sêca insolúvel da cana enquanto o caldo é constituído por uma solução de açúcares, com uma proporção de água oscilando de 75-82% e, sólidos totais, de 18-25%. Estes, por sua vez, estão constituídos por sacarose (14-24%) e impurezas (1-2,5%). As impurezas são as matérias dissolvidas que não a sacarose, como gomas, cêras, matérias corantes, produtos azotados, açúcares redutores originais ou decorrentes da inversão da sacarose. Essas impurezas dificultam a cristalização da sacarose e levam consigo, no mel final, parte do açúcar.

Considera-se que o ciclo vegetativo da cana compreende, bàsicamente, três períodos distintos: perfilhamento, grande período de crescimento e maturação (2, 30). O perfilhamento vai desde a germinação até a completa formação da touceira, o que ocorre em um período que varia de 3 a 5 meses. De acordo com Barnes (2), êsse período afeta profundamente a produtividade do cultivo, e que os elementos do clima (luz e temperatura) exercem maior influência sôbre êle, contribuindo para a formação de um "stand" uniforme e de uma matura-

ção ao mesmo tempo.

De acordo com Van Dillewijn (30), o crescimento da cana, bem como de suas partes constituintes não ocorre em uma taxa uniforme. Iniciase muito baixo logo após a germinação, sendo incrementado gradualmente até um máximo, quando é seguido de gradual decréscimo. Quando este decréscimo da curva de crescimento atinge zero ou suas proximidades, a produção e o consumo estão em equilibrio.

O grande período de crescimento, de duração variável segundo as características climáticas de cada área, é o responsável pelo alongamento dos colmos. Durante essa fase, um fator importantíssimo é o adequado suprimento de água, mormente em sua primeira metade (8, 30). Segue a êsse período, a maturação, largamente controlada pelas condições climáticas, coincidindo, em geral, com a estação sêca ou fria do ano e se extendendo por um período variável, até cinco ou mais meses (2, 4, 12, 13, 19, 30).

Em uma descrição das limitações ecológicas da cana, Ochse (24) menciona que ela é cultivada comercialmente desde os 30° de latitude norte aos 30° de latitude sul, em regiões onde a precipitação flutua de 1000-3000 mm anuais, distribuídos favorávelmente. Quanto aos solos, conclui que a cana pode ser cultivada com êxito em quase todos os tipos, sobretudo nos de bôa estrutura e fertilidade. Acentua que numa zona específica, a topografia e a precipitação determinariam, até certo ponto, o melhor tipo de solo.

Barnes (2) da mesma maneira menciona que a cana pode se desenvolver bem em uma grande variedade de solos, desde os mais leves aos

mais pesados com, evidentemente, tratamentos diferentes em cada caso.

Seguindo a mesma ordem de pensamento, Klages (16) afirma que a cana crescerá em distintos solos, sendo que os melhores devem ter a habilidade de reter umidade e devem ser profundos e friáveis, com bôa drenagem.

No caso da temperatura, de um modo geral se aceita que o limite mínimo está entre 15-19° C; o ótimo, entre 28-35° C e o máximo, em torno de 47°C. Conclui-se que os lugares que dispõem de temperatura médias cujas oscilações se achem dentro do ótimo considerado, são os mais favoráveis para um crescimento satisfatório dos colmos. Não obstante, há que notar que a temperatura ótima do crescimento não é, de nenhuma forma, a mais favorável para o desenvolvimento geral da planta, já que o veloz consumo dos materiais produzidos, em um rápido crescimento, origina, no comum, plantas débeis que as propagadas em temperaturas menores (5, 15, 19, 20, 25).

No que toca às exigências térmicas da cana, se nota alguma discrepância entre os autores. Krishnamurthi, por exemplo, citado por Papadakis (25) menciona que o crescimento da cana se inicia a 20°C e aumenta progressivamente até o máximo de 31°C, detendo-se à temperatura média de 18°C. Segundo Ryker e Edgerton, também citados por Papadakis, a temperatura mínima para o crescimento é de 12°C - 14°C, de acordo com a variedade.

As demandas de água no solo guardam íntima relação com as três fases que caracterizam o ciclo biológico da cana (33): nos primeiros meses, dotações limitadas de água; durante o período do grande

crescimento, no qual se decidem os rendimentos, são necessários consideráveis volumes de água, que devem assegurar um gráu próximo a 80% da capacidade de retenção do solo; na última etapa, na qual se inicia o refinamento dos sucos, a provisão de água deve limitar-se a preservar o dessecamento.

Um importante exemplo da relação entre condições climáticas e idade da colheita da cana ocorre em Hawaii. Nessa região, a cana é cortada usualmente aos 24 meses, nas terras baixas; contudo, a 1300 m, a maturação do cultivo é dilatada até três anos. Na Africa Oriental, a idade média de um cultivo de cana a 1500 m de altitude, é acrescida de sete meses em relação a um outro cultivo ao nível do mar (2).

2.2. Relações do clima com crescimento e rendimento da cana de açúcar

A maturação da cana obedece a um processo fisiológico cuja perfeição depende, em alto gráu, das condições mesológicas que reinam enquanto ela se desenvolve. Quando a fase de maturação coincide com uma combinação adequada dos fatores externos, o conteúdo de sacarose chega ao seu máximo (3).

Segundo Spencer (27), a duração da temporada de crescimento até a colheita varia muito de uma região a outra. Na Luisiana, por exemplo, as condições exigem que se comece a cortar a cana depois de 7-8 meses de crescimento; em Cuba, Pôrto Rico e demais Antilhas, a média é de 10-12 meses; em Fiji e Australia, de 14-18 meses, enquan-

to em Hawaii e na Africa do Sul se permite que a maior parte da cultivo cresça durante um período igual ou maior a dois anos.

No que se refere à maturação da cana, Barnes (2) e Spencer (27) asseguram que ela depende de vários fatôres, dos quais o mais importante é a precipitação pluvial (quantidade e distribuição). Nos lugares onde se irriga, a maturação se controla mediante a regulação da quantidade de água a utilizar. Caso contrário, a cana madurece à medida que se aproxima a época sêca ou fria e, os rendimentos mais elevados de açúcar são obtidos em países onde ocorre um dilatado período sêco.

Ellis (11), estudando o comportamento da cana em relação à época de corte, em São Domingos, menciona que o crescimento da cana se desenvolve a uma taxa acelerada até um certo estágio, para baixar gradualmente, alcançando, eventualmente, um ponto onde se torna nulo. A última parte do período de crecimento coincide com o estágio de maturação, caracterizado por uma ascenção em brix, polarização e pureza do suco. Afirma ainda que a mais importante causa na queda dos rendimentos da cana resulta de uma concomitante alteração nas condições ecológicas do grande período de crescimento: condições favoráveis com condições desfavoráveis. Destaca também o fato de que a cana alcança seu máximo desenvolvimento vegetativo quando as condições, durante a fase inicial do período de crescimento, são ótimas.

Alexander (1), ao estudar o comportamento de duas variedades de cana em Pôrto Rico, no que se refere ao seu crescimento e produção

de sacarose, sob condições controladas de temperatura, luz e umidade, conclui que as variedades de tonelagem alta possìvelmente requerem condições frias (55-60°F), à maneira de estímulo, para alcançcar uma acumulação máxima de sacarose, enquanto que o frio talvez não seja essencial para as variedades de alto rendimiento em sacarose.

Em Hawaii, Clements (7), analisou o comportamento de uma variedade de cana em duas regiões de climas diferentes, com colheitas distintas; transportando o solo de uma a outra, e uniformizando as práticas culturais, verificou que o crescimento e produções agora se mantinham iguais. Declara então que os solos, por si mesmos, parecem ser uma causa mínima na variação das colheitas, naquelas condições.

Fogliata (12), citando Krishnamurthi, menciona que uma temporada sêca e fria, com uma temperatura média que oscile em torno de 15°C é a mais apropriada para a maturação. Conclui que essa temperatura é a básica, abaixo da qual o crescimento cessa, o que favorece o armazenamento de sacarose. Ao estudar o crescimento e maturação da cana em Tucuman e a relação entre ambos os processos, Fogliata (12) realizou medições semanais, durante quatro anos. Para alongamento, sempre encontrou correlação negativa com temperaturas mínimas e noturnas e, em menor medida, com a temperatura máxima. As correlações com precipitação e úmidade do solo foram sempre positivas. Considera que a quantidade total das precipitações anuais desempenha um papel decisivo na altura final dos caules. Quanto à maturação, encontrou uma forte associação inversa entre pureza e

temperatura, ocorrendo o mesmo com as chuvas, em apenas um ano. Com o brilho solar, a resposta foi sempre positiva.

Estudando, por alguns anos, o comportamento de algumas variedades de cana em Pôrto Rico, quanto ao teor de sacarose, Lugo López (18) concluiu que as variações que ocorriam, se bem que afetadas de certa forma pelos solos, se devia, principalmente, às condições climáticas. Menciona o fato de que a produção de sacarose variou na razão inversa da precipitação anual, sendo mais acentuada a diferença quando se considera sòmente o período de maturação. Diz ainda que as noites frias favorecem um aumento nos rendimentos em sacarose e que há uma relação direta entre a produção e acumulação dêsse açúcar e a quantidade de luz solar. Atribui à umidade relativa uma importância significante neste estudo, ao concluir que a uma maturação precoce corresponde u'a umidade relativa baixa. Destaca o fato de que em Pôrto Rico, como em outras áreas onde a temperatura não varia grandemente de ano a ano, o conteúdo de sacarose na cana não é tão influenciado pela temperatura como pela precipitação ou brilho solar.

Fogliata (13), analisando o efeito dos principais fatôres climáticos (1958-63) sôbre a maturação da variedade NCo. 310 (expressa em porcentagem de sacarose), em Tucuman, correlacionou estatisticamente determinados elementos do clima com o rendimento desse açúcar, obtido no mês de junho. Os cálculos foram feitos para cada mês anterior à colheita, a partir da brotação. Entre outras conclusões, menciona a existência de uma correlação positiva e significante para a luminosidade, no sexto, quarto, terceiro, segundo e primeiro meses

antes da colheita, sendo ao nível de 1% no terceiro e primeiro. A temperatura máxima (média) mensal apresentou correlação positiva e altamente significante, no sexto e terceiro meses precedentes à colheita, enquanto que na etapa de maturação a correlação da temperatura mínima média é negativa e altamente significante no primeiro mês prévio à safra. Em contrapartida, as precipitações não alcançaram respostas significativas, do ponto de vista estatístico, em nenhum mês, ainda que o coeficiente tenha sido sempre negativo.

Clements (8), em Hawaii, analisou estatísticamente o efeito de alguns fatôres que afetam a qualidade do suco da cana, tomando como medidas o brix, pureza e polarização do caldo. Dos elementos climáticos estudados, o mais destacado foi a temperatura mínima, com correlação negativa e altamente significante, considerada a partir do terceiro mês anterior à colheita.

Clements (6) em Hawaii, estudando a variedade Hw 31-1389 em dois lugares diferentes, correlacionou seu crescimento com diversos fatôres externos e internos, concluindo que a marcada diferença na produção entre os dois citados lugares se devia, sobretudo, à diferenças na intensidade de insolação.

Em Pernambuco, Brasil, Krutman (17), estudando o ciclo de crescimento da cana Co 331, estabeleceu interessantes correlações clima-crescimento. Entre elas, a temperatura máxima (média) com alongamento e temperatura mímina (média) com alongamento foram positivas e negativas, respectivamente, sendo significantes ao nível 5%. As demais, com precipitação, ventos e temperatura media, não foram significantes.

Harihara (15), ao investigar a influência dos dias-gráus sôbre o alongamento da cana, em Coinbatore, India, conclui que durante a fase inicial do grande período de crescimento os dias gráus têm efeito desfavorável; no meio daquele período a correlação é maior e, no final do crescimento, a ação dos dias-graus pràticamente não existe.

Yates (34), analisando o efeito da precipitação sôbre a qualidade da cana estabeleceu regressões entre os dois fatôres mencionados, considerando o total de chuva durante a semana de corte e nas outras anteriores a êle, até à quarta, consideradas individualmente. Encontrou um marcado efeito negativo entre a precipitação e a qualidade da cana, em todos os casos estudados.

Ao descrever aspectos ecológicos da cana, Wilsie (33) menciona que a insolação é fator importantíssimo no que respeita a produção, considerando que quando o número de horas sol é reduzido à metade do normal, o rendimento em sacarose pode baixar em igual proporção. Considera que o crescimento dos colmos varia diretamente com a temperatura, mencionando o caso de Hawaii onde estudos conduzidos por Clements (9) mostraram que a maturação da cana é retardada à medida que a altitude aumenta.

De acordo com Van Dillewijn (30), o rendimento em sacarose e a presença de açúcares redutores no caldo estão estreitamente vinculados à taxa de crescimento da cana. Considera que há uma relação inversa entre a taxa de crescimento do colmo e o rendimento de sacarose do caldo, pelo consumo dos produtos assimilados no crescimento. Segundo o mesmo autor, o crescimento da cana é retardado substancial

mente com a queda da temperatura média diária abaixo de determinados limites, admitindo que em temperaturas inferiores a 15°,5 C é pràticamente nulo, o que vem favorecer a acumulação de sacarose. Da mesma forma que a baixa na temperatura média diária, a limitação de umidade atua negativamente sôbre o crescimento, estimulando, em contrapartida, a acumulação de sacarose. De acordo com Dillewijn, a redução da umidade do solo não parece afetar, sobremaneira, o crescimento da cana, enquanto o seu teor estiver acima do "ponto de murcha".

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Localização da área de estudo

A área de estudo está definida, aproximadamente, pelas coordenadas 09°54' (latitude) e 83°35' (longitude), a uma altitude variando de 1150 m a 1350 m, em quais limites se desenvolve a maior parte dos canaviais da região. Ela se dispõe, por alguns quilômetros, ao longo da rodovia Turrialba-São José, sendo seus limites físicos mais importantes a quebrada Honda, a oeste, o canhão do río Reventazón, pelo sul e o río Turrialba, pelo norte e este. A área em questão (compreendendo 800 ha aproximadamente) vem a se constituir, a bem dizer, no extremo meridional da chamada Meseta Central, se extendendo sôbre parte do flanco inferior e ocidental do maciço dos vulcões Irazú e Turrialba.

3.1.1. Topografía

A área se caracteriza por uma topografía acidentada, como um todo, mas, em menor grau, na parte compreendida entre a rodovia a São José e o rio Reventazón. Pode-se considerar os declives, em sua maior parte, como moderados (menores que 25%) e sob o ponto de vista regional, uniformes. As áreas de declives excessivos, que constituem restrita parcela do conjunto, estão pràticamente livres do cultivo.

3.1.2. Solos

Os solos da região de estudo pertencem à chamada série Birrisito, descrita por Dondoli e Torres (10), originários de cinzas

vulcânicas depositadas sôbre camadas de lavas velhas. A espessura da camada de cinzas é variável, podendo alcançar alguns metros na parte menos erodida. O horizonte A é orgânico, negro, poroso e muito permeável, sendo o horizonte B_1 argilo-arenoso e amarelado, com um terceiro horizonte de transição ao material lávico.

Resumindo suas características, são solos de mediana fertilidade, alta permeabilidade, textura argilosa, estrutura granular e consistência plástica, alto teor em fósforo e potássio, alta relação carbono-nitrogênio e baixa capacidade de troca.

3.1.3. Clima local

Situada a aproximadamente 10° de latitude norte, portanto, na faixa de atuação das massas provenientes da ITC (Linha de convergência intertropical), a área de estudo apresenta um transcurso climático de onda dupla, segundo modêlo proposto por Trojer (28, 29). A precipitação média anual é de 3633 mm, cuja distribuição porcentual ao longo dos meses está explicita na Fig. 1. O início da época chuvosa em maio tem como causa a atuação mais vigorosa, nessa época, da circulação intertropical. O período climáticamente sêco principal se inicia em fins de dezembro ou janeiro e se extende até maio, com uma duração aproximada de quatro meses. A época chuvosa, como se mencionou, tem seu início em maio, sofrendo uma pequena interrupção em agôsto ou setembro e se extendendo até dezembro. O mês mais chuvoso em Juan Viñas é dezembro, com 14,5% da precipitação anual; o mais sêco é março, com apenas 4,0% da precipitação anual (14). Considera-se o segundo período relativamente sêco (agôsto-setembro) como

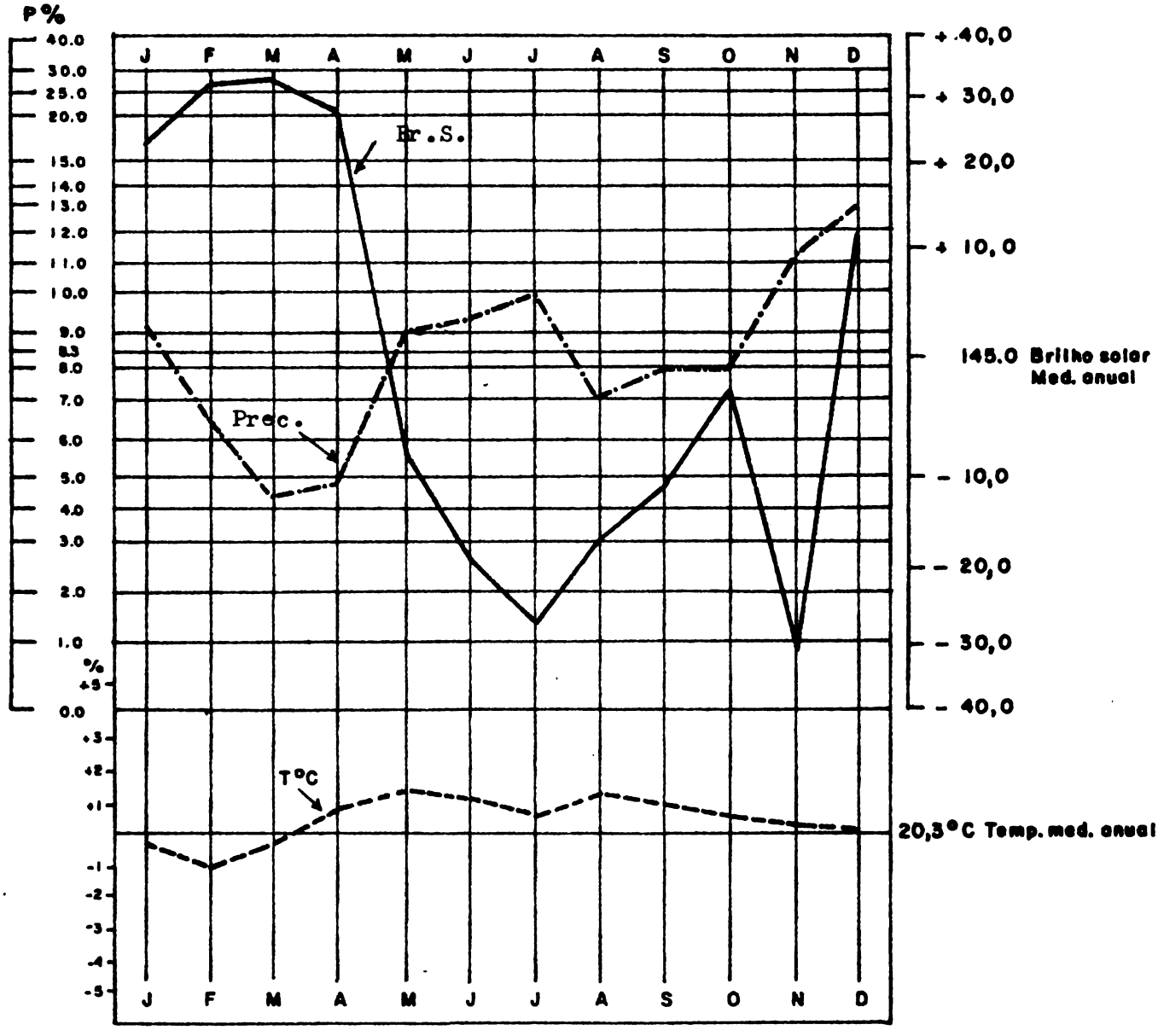

FIG. 1.- TRANSCURSO ANUAL DA PRECIPITAÇÃO (%), BRILHO SOLAR (horas) E TEMPERATURA (°C)

insignificante, não só por sua pequena intensidade e duração, como pelo fato de coincidir com uma época de relativamente baixa insolação (Fig. 1).

Quanto à temperatura se observa, ainda pela Fig. 1, que sua oscilação média anual (aproximadamente 2,5°C) é sôbremaneira escassa, sendo maio o mês mais quente e, fevereiro, o de menor temperatura. A temperatura média anual é de 20,3°C, sendo a do mês mais quente 21,7°C e a do mês com a temperatura mais baixa, 19,2°C (fevereiro).

3.2. Obtenção de informações

3.2.1. Seleção das áreas e do material experimental

A área em cana da Sociedade Hacienda Juan Viñas está dividida em lotes, os quais serão as unidades de estudo. A seleção esteve condicionada às características físicas, à situação topográfica e à disposição geral na área, dentro de um padrão tal que os ditos lotes fôssem suficientemente representativos do conjunto. Além disso, deveriam ter idades diferentes, o necessário para cobrir todo um grande período de crescimento da cana, até à maturação. Dessa forma, foram selecionados, entre os disponíveis, vinte oito lotes da variedade Hw 44-3098 (supostamente a mais promissora na região) com idades compreendidas entre 5 e 21 meses. Em cada um destes se escolheu, ao acaso, cinco colmos, que foram etiquetados devidamente e submetidos a três medições (altura) periódicas, ao início de cada mês, a partir de março. Com isto se objetivava avaliar o alongamento dos caules no período supra citado.

3.2.2. Técnica de medição da cana

A técnica adotada nas medições de altura foi o procedimento padrão citada por Van Dillewijn (30), em que se mede a distância do colar da fôlha +1 à superficie do solo ou a um outro ponto pré-fixado. O deslocamento do colar dessa fôlha em um período determinado corresponde, evidentemente, ao crescimento do caule naquele lapso.

3.2.3. Dados de clima e de rendimento da cana

No que respeita ao clima, foram considerados dois elementos, julgados os principais para o fim do trabalho: precipitação e brilho solar. A temperatura, muitas vezes utilizada em trabalhos correlatos, não foi considerada, no caso presente, de importância significativa, já que se sabe que em Juan Viñas as condições térmicas sofrem poucas variações durante o ano (Fig. 1).

Tentou-se utilizar, como base do trabalho, inicialmente, os dados da estação do IICA, em Turrialba, sobretudo pelo maior número de elementos climáticos computados e maior confiabilidade, além do maior período de funcionamento, em relação à estação de Juan Viñas. Além disso, a proximidade física das duas localidades (mais ou menos sete quilômetros em linha reta) podia sugerir uma alta homogeneidade entre os diversos constituintes do clima. Sem embargo, as correlações estatísticas efetuadas, se bem que evidenciando uma alta coincidência e paralelismo no comportamento do brilho solar entre as duas estações, mostraram, ao contrário, que a temperatura e precipitação não seguem a tendência padrão de Turrialba. A respeito do brilho

solar, se conseguiu um limite de confiança suficientemente alto para o período comum de observações entre as duas localidades (1968-1969). Isto permitiu a projeção dos valôres obtidos em Turrialba, como variável de predição aos valôres para Juan Viñas, sôbre o período que abarca os três objetivos deste estudo (1962-68). No que toca à precipitação, não se pôde conseguir nenhuma projeção satisfatória para os efeitos de predizer os valôres de Juan Viñas. Os dados desse último elemento foram computados dos registros da Fazenda Rosemount, cuja localização na área e, também o largo tempo de funcionamento do seu pluviômetro (42 anos), lhe conferem grande valôr representativo.

Os dados referentes aos rendimentos da cana (sacarose, brix e pureza) foram extraídos dos registros da usina, compreendendo os valôres mensais em cada safra, desde 1962 a 1968.

Devido ao grande número de variedades de cana existentes em Juan Viñas, sem um predomínio acentuado de alguma delas, no momento, julgou-se conveniente a utilização, para os fins do objetivo 1 dêste trabalho, dos totais registrados, o que engloba, por conseguinte, o conjunto de variedades. Isto nos parece mais representativo da situação atual, revelando, ademais, tendências médias.

3.3. Análise estatística

3.3.1. Estudo da estrutura de relações entre alguns fatores climáticos e o rendimento da cana.

Os fatores climáticos compreenderam precipitação e brilho solar, e o rendimento da cana se expressou em porcentagem de sacarose,

brix e pureza. As relações entre esses elementos se evidenciaram por meio de correlações lineares, as quais representam as relações entre as cinco variáveis de resposta e tôdas as combinações possíveis.

As matrizes de correlação se estruturaram, em princípio, segundo a influência específica dos já mencionados elementos do clima sôbre o rendimento da cana, considerando-se individualmente, seus valôres mensais, do primeiro ao sexto mês imediatamente anteriores às colheitas, também estas tomadas por mês. Em seguida se elaborou u'a matriz total de correlações levando-se em conta, como base para os cálculos, a soma dos valôres das cinco variáveis, nos sete anos estudados. Finalmente foram confeccionadas cinco outras matrizes, representando, da mesma forma, o nível de correlação entre as variáveis estudadas, mas levando-se em conta, neste caso, a influência progressivamente acumulada dos elementos climáticos, nos seis meses precedentes à cada colheita mensal.

As matrizes de correlação estão dadas pela fórmula geral

$$R = D_{sii}^{-1/2} (X'X) D_{sii}^{-1/2}$$

donde:

R = matriz de correlação estimada

$(X'X)$ = matriz de momento de segunda ordem, ou seja, somas de quadrados e somas de produtos das variáveis.

$D_{sii}^{-1/2}$ = matriz diagonal, cujo componente constitue a raiz quadrada dos elementos inversos situados na diagonal de $(X'X)$.

3.3.2. Efeito simultâneo da precipitação e brilho solar sôbre o crescimento.

O efeito simultâneo dos elementos mencionados acima se investigou aportando uma regressão múltiple, do tipo quadrático, com a variável transformada por meio da raiz quadrada da precipitação e brilho solar acumulados. Especìficamente se utilizou o seguinte equação:

$$A = \beta_0 + \beta_1 \sqrt{Pac} + \beta_2 \sqrt{Bac} + \beta_{11} Pac + \beta_{22} Bac$$

donde:

A = crescimento total em altura

Pac = precipitação acumulada

Bac = Brilho solar acumulado

β_0 = constante que determina o corte do crescimento dado Pac = 0 e Bac = 0

$\beta_1 = \dfrac{\partial A}{\partial \sqrt{Pac}}$ = incremento do crescimento por unidade de raiz quadrada da precipitação acumulada

$\beta_2 = \dfrac{\partial A}{\partial \sqrt{Bac}}$ = Incremento do crescimento por unidade de raiz quadrada do brilho solar acumulado

$\beta_{11} = \dfrac{\partial^2 A}{\partial Pac}$ = razão de cambio de β_1

$\beta_{22} = \dfrac{\partial^2 A}{\partial Bac}$ = razão de cambio de β_2

3.3.3. Velocidade de alongamento da cana em função do tempo

A referida velocidade foi determinda através de um polinômio do segundo grau em tempo, cuja equação assim se representa:

$$A = \beta_0 + \beta_1 T + \beta_{11} T^2, \text{ sendo}$$

A = crescimento em altura

T = número de dias de crescimento

β_0 = constante que determina o corte do crescimiento dado $T = 0$

β_1 = incremento do crescimento por unidade de tempo

β_{11} = incremento do crescimento por unidade de tempo ao quadrado

Os dados foram processados em uma computadora eletrônica IBM - 1620.

Mais detalhes sôbre a análise se encontram no capítulo seguinte.

4. RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos neste estudo. Em primeiro lugar, se relaciona algumas formas de expressão do rendimento da cana em relação a alguns fatores climáticos; em seguida se detalha a velocidade de alongamento sob a influência dos mesmos elementos de clima; finalmente se descreve o crescimento da cana em altura, em função do tempo.

4.1. Estrutura de relações entre algumas formas de expressão do rendimento da cana com certos fatores climáticos.

4.1.1. Relações entre rendimento e valôres climáticos segundo a distância.

Nesta secção se intenta descrever as relações entre a porcentagem de sacarose, brix e pureza com os elementos do clima; precipitação e brilho solar (horas sol).

Quadro 1. Matriz de correlações ($\hat{R}$) entre porcentagem de sacarose (Y_1), brix (Y_2), pureza (Y_3), precipitação (X_1), e horas sol (X_2) do primeiro mês anterior à colheita.

$$\hat{R} = \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} Y_1 & Y_2 & Y_3 & X_1 & X_2 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 0,86 & 0,89 & -0,42 & 0,83 \\ & 1 & 0,77 & -0,13 & 0,78 \\ & & 1 & -0,34 & 0,79 \\ & & & 1 & -0,30 \\ & & & & 1 \end{bmatrix} \end{array} \begin{array}{c} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ X_1 \\ X_2 \end{array}$$

O Quadro 1 indica que as correlações lineares entre sacarose, brix e pureza são altas e positivas, enquanto a precipitação incide negativamente sôbre cada uma das citadas medidas de rendimento, mesmo que em níveis relativamente baixos. Por outro lado, a incidência do brilho solar sôbre a sacarose, brix e pureza é altamente positiva. Por último, temos uma correlação de menor importância, precipitação com horas sol que, como era de esperar, é negativa.

Quadro 2. Matriz de correlações ($\hat{R}$) entre porcentagem de sacarose, brix, pureza, precipitação e horas sol <u>do segundo mês</u> anterior à colheita.

$$\hat{R} = \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} Y_1 & Y_2 & Y_3 & X_1 & X_2 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 0,86 & 0,89 & -0,74 & 0,57 \\ & 1 & 0,77 & -0,45 & 0,76 \\ & & 1 & -0,54 & 0,67 \\ & & & 1 & -0,15 \\ & & & & 1 \end{bmatrix} \end{array} \begin{array}{c} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ X_1 \\ X_2 \end{array}$$

A observação do Quadro 2 nos demonstra que a incidência negativa da precipitação sôbre o rendimento em sacarose, brix e pureza incrementou consideràvelmente. Ocorreu o contrário em relação ao brilho solar, que aparentemente deprime seu efeito, em forma ligeira, sôbre os elementos solúveis, seguindo, todavía, a mesma tendência. A magnitude se alterou consideràvelmente, sobretudo em relação à precipitação com as outras variáveis.

Quadro 3. Matriz de correlações ($\hat{R}$) entre porcentagem de sacarose, brix, pureza, precipitação e horas sol do terceiro mês anterior à colheita.

$$\hat{R} = \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} Y_1 & Y_2 & Y_3 & X_1 & X_2 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 0,86 & 0,89 & -0,87 & 0,03 \\ & 1 & 0,77 & -0,83 & 0,34 \\ & & 1 & -0,81 & 0,27 \\ & & & 1 & 0,18 \\ & & & & 1 \end{bmatrix} \end{array} \begin{array}{c} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ X_1 \\ X_2 \end{array}$$

Como se vê no Quadro 3, a tendência das correlações entre precipitação com sacarose, brix e pureza é mantida, conforme ocorreu na segunda matriz, em relação à primeira, alcançando, agora, valôres bastante altos e negativos. Da mesma forma, no que toca às correlações com horas sol, a tendência se mantem idêntica, sendo sua magnitude, todavia, grandemente afetada, principalmente no caso da sacarose, quando o coeficiente de correlação pràticamente se iguala a zero. No caso particular da correlação horas sol com precipitação, nota-se um cambio de sinais (negativo a positivo), mantendo-se o coeficiente, todavia, com um valôr baixo e práticamente nulo.

As correlações entre a precipitação com as três medidas de rendimento já conhecidas, constantes do Quadro 4 seguem a mesma tendência observada anteriormente, ainda que com uma magnitude algo mais acentuada, permanecendo valôres negativos. No que respeita às correlações com horas sol, se nota uma alteração completa na magnitude dos

Quadro 4. Matriz de correlações ($\hat{R}$) entre porcentagem de sacarose, brix, pureza, precipitação e horas sol do quarto mês anterior à colheita.

$$\hat{R} = \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} Y_1 & Y_2 & Y_3 & X_1 & X_2 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 0,86 & 0,89 & -0,82 & -0,49 \\ & 1 & 0,77 & -0,99 & -0,29 \\ & & 1 & -0,97 & -0,44 \\ & & & 1 & 0,22 \\ & & & & 1 \end{bmatrix} \end{array} \begin{array}{c} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ X_1 \\ X_2 \end{array}$$

coeficientes e nos signos correspondentes, seguindo a tendência dos casos precedentes. A correlação entre precipitação e brilho solar se mantém com baixo nível, ainda positiva.

Quadro 5. Matriz de correlações ($\hat{R}$) entre porcentagem de sacarose, brix, pureza, precipitação e horas sol do quinto mês anterior à colheita.

$$\hat{R} = \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} Y_1 & Y_2 & Y_3 & X_1 & X_2 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 0,86 & 0,89 & -0,47 & -0,89 \\ & 1 & 0,77 & -0,58 & -0,89 \\ & & 1 & -0,57 & -0,91 \\ & & & 1 & 0,45 \\ & & & & 1 \end{bmatrix} \end{array} \begin{array}{c} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ X_1 \\ X_2 \end{array}$$

Quebrando a tendência que vinha sendo observada desde o início, as correlações expostas no Quadro 5, entre precipitação e sacarose,

brix e pureza sofrem um decréscimo acentuado, mantendo-se, todavia, com valôres negativos e próximos. Em contraposição, no que respeita ao brilho solar, a alteração na tendência observada no Quadro 4 é grandemente incrementada, atingindo valôres proximos a 1, embora negativos. A correlação entre precipitação e horas sol alcança um nível mais elevado, mantendo-se positiva.

Quadro 6. Matriz de correlações ($\hat{R}$) entre porcentagem de sacarose, brix, pureza, precipitação e horas sol do sexto mês anterior à colheita.

$$\hat{R} = \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} Y_1 & Y_2 & Y_3 & X_1 & X_2 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 0,86 & 0,89 & 0,19 & -0,66 \\ & 1 & 0,77 & 0,02 & -0,76 \\ & & 1 & 0,30 & -0,28 \\ & & & 1 & 0,18 \\ & & & & 1 \end{bmatrix} \end{array} \begin{array}{c} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ X_1 \\ X_2 \end{array}$$

As correlações entre precipitação e sacarose, brix e pureza, mencionadas no Quadro 6, são grandemente afetadas neste caso, distanciando-se dos valôres registrados no Quadro 5, passando tôdas a negativas. Entre horas sol e as medidas consideradas, novamente se observa uma alteração no sentido da tendência. Os coeficientes continuam negativos, mas em magnitudes inferiores ao do caso precedente. Da mesma forma se altera a posição da correlação horas sol e precipitação, mantendo-se positiva, mas com valôr baixo.

Quadro 7. Matriz total de correlações entre porcentagem de sacarose, brix, pureza, precipitação e horas sol.

$$\hat{R} = \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} Y_1 & Y_2 & Y_3 & X_1 & X_2 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 0,62 & 0,66 & -0,12 & 0,31 \\ & 1 & 0,62 & -0,27 & 0,18 \\ & & 1 & -0,26 & 0,12 \\ & & & 1 & -0,31 \\ & & & & 1 \end{bmatrix} \end{array} \begin{array}{c} \\ Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ X_1 \\ X_2 \end{array}$$

O quadro em questão representa, a bem dizer, uma situação média das correlações descritas anteriormente, com a influência de cada mês se fazendo presente nos valôres obtidos. Observa-se então que os níveis de correlação entre precipitação com sacarose, brix e pureza se encontram baixos e negativos, como era de esperar. Em contraposição, a incidência do brilho solar sôbre as três medidas citadas é positiva, mas em baixos níveis. Da mesma forma, o coeficiente entre brilho solar e precipitação tem um valôr baixo sendo, no entanto, negativo.

4.1.1.1 <u>Mudança na magnitude e direção da correlação segundo a distância dos valôres climáticos</u>.

Nesta secção se resume os resultados obtidos nos quadros de correlações apresentados anteriormente, excetuando as correlações totais. Os valôres das correlações (coeficientes) sacarose-precipitação, sacarose-brilho solar, brix-precipitação, brix-brilho solar,

pureza-precipitação e pureza-brilho solar foram expressados em função dos valôres climáticos (tomados mensalmente), segundo a distância. As correlações antes citadas declinaram, pela ordem, na proporção de -0,7408 e -0,7291 (Fig. 2), -0,3832 e -0,9643 (Fig. 3), -0,7423 e -0,9194 (Fig. 4), considerando-se a separação de um mês, a partir da colheita. No entanto, êsse decaímento das correlações não é proporcional à unidade de distância mensal, tendendo a mudar de direção, para cada mês de distância, no razão de 0,05375, 0,12178, 0,00054, 0,1386, 010619 e 0,1434, respectivamente para as correlações sacarose-brilho, sacarose-precipitação, brix-brilho, brix-precipitação, pureza-brilho e pureza-precipitação.

4.1.2. Relação entre rendimento e valôres climáticos acumulados

Nesta secção se investiga o efeito acumulativo dos fatores climáticos considerados na secção 4.1.2. Todos os cálculos são idênticos aos da secção anterior, com a diferença de que os valôres climáticos se consideram como acumulados segundo a distância mensal.

Um exame do Quadro 7 nos indica, a exemplo do que consta do quadro 1, uma correlação alta e positiva entre os três indicadores de rendimento. Como era de esperar, a precipitação incide negativamente sobre as citadas medidas, em valôres relativamente medianos. No caso particular da correlação horas sol-precipitação, verificou-se um nível baixo e negativo.

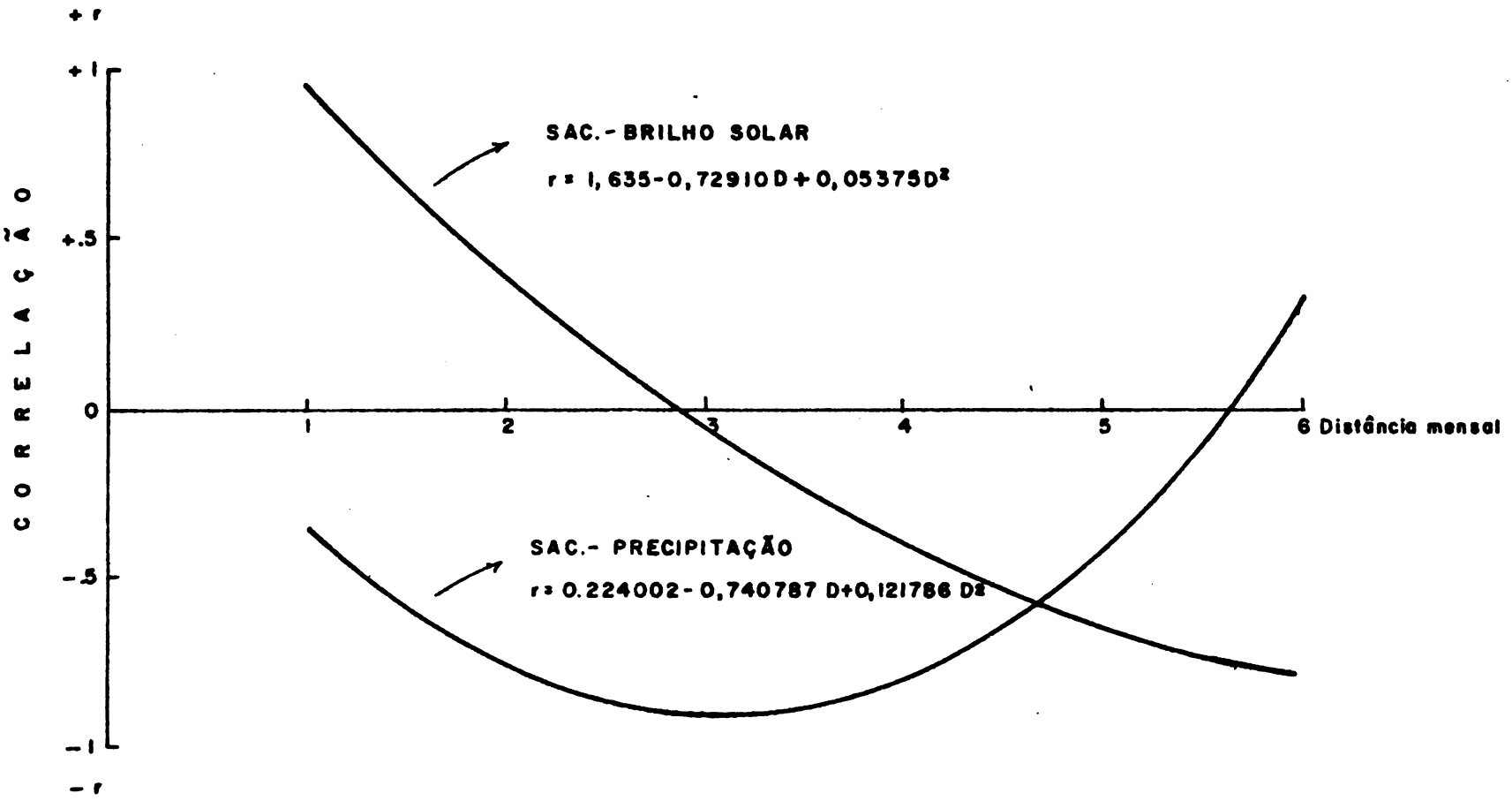

FIG. 2.- VARIAÇÃO ESPACIAL DA CORRELAÇÃO SACAROSE-PRECIPITAÇÃO E SACAROSE-BRILHO SOLAR EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA DA INCIDÊNCIA CLIMÁTICA.

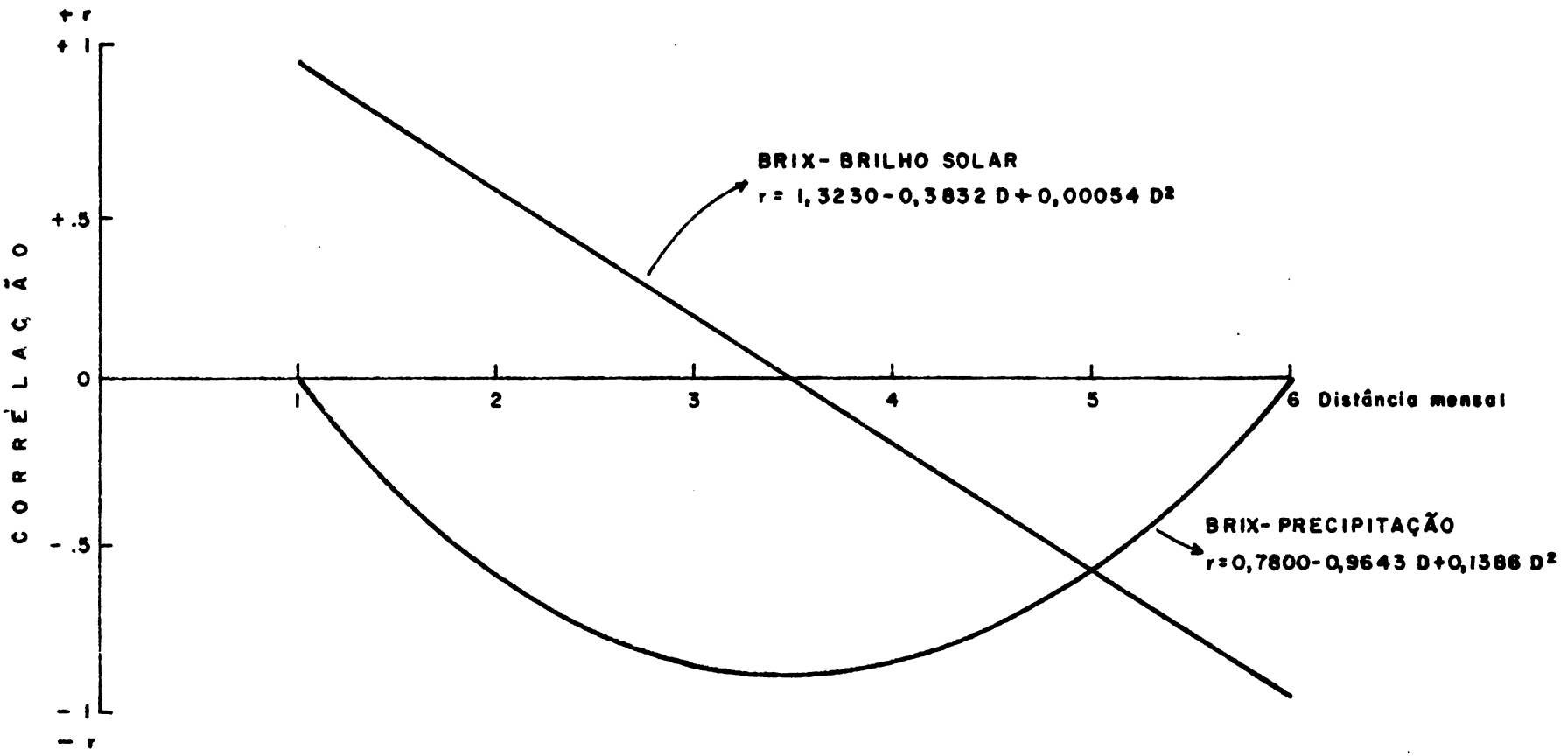

FIG. 3.- VARIAÇÃO ESPACIAL DA CORRELAÇÃO BRIX-PRECIPITAÇÃO E BRIX-BRILHO SOLAR EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA DA INCIDÊNCIA CLIMÁTICA.

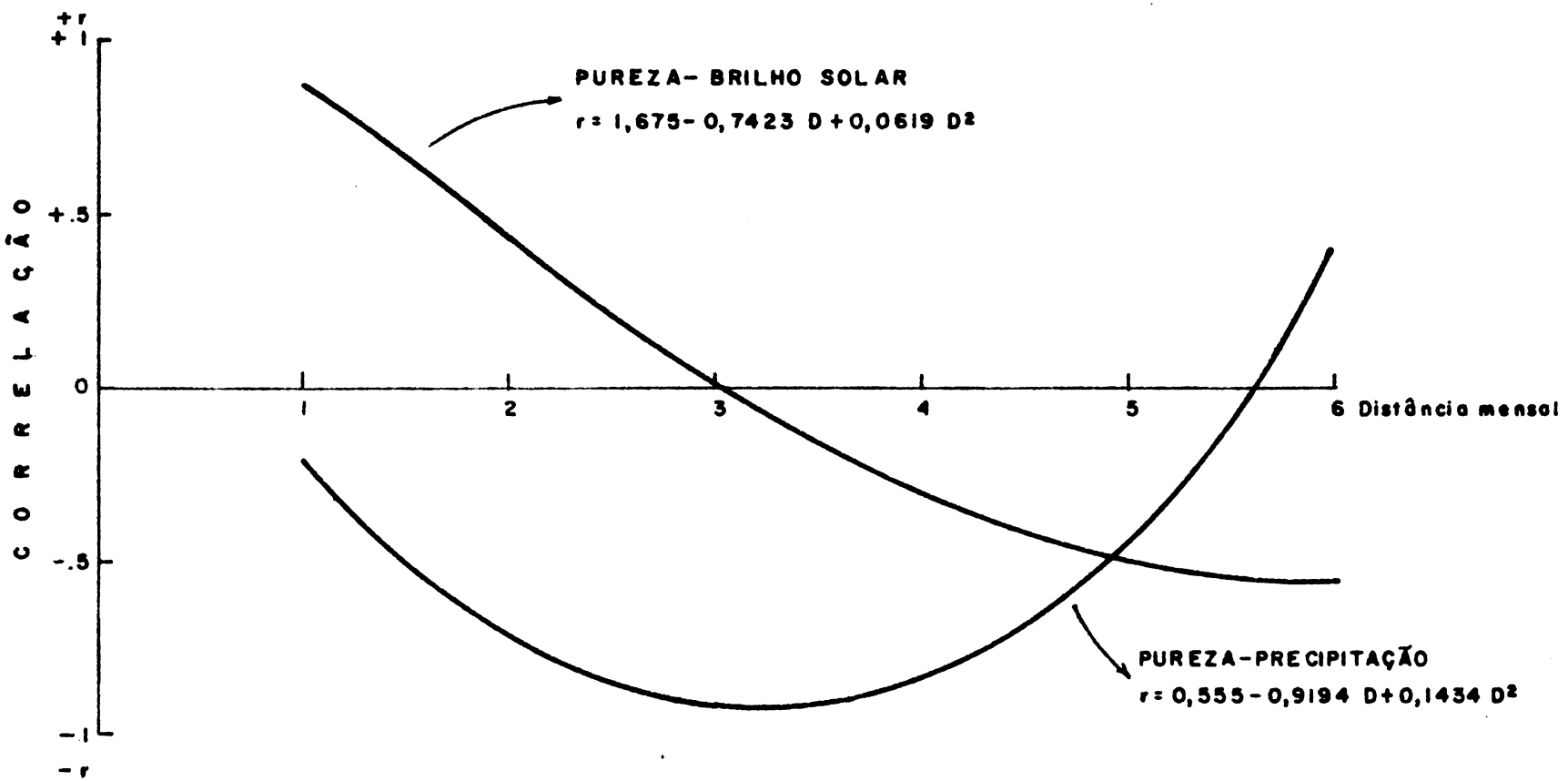

FIG. 4.- VARIAÇÃO ESPACIAL DA CORRELAÇÃO PUREZA-PRECIPITAÇÃO E PUREZA-BRILHO SOLAR EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA DA INCIDÊNCIA CLIMÁTICA.

Quadro 8. Matriz de correlações ($\hat{R}$) entre porcentagem de sacarose, brix, pureza, precipitação acumulada e brilho solar acumulado. (1º e 2º meses anteriores à colheita).

$$\hat{R} = \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} Y_1 & Y_2 & Y_3 & X_1 & X_2 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 0,86 & 0,89 & -0,66 & 0,78 \\ & 1 & 0,77 & -0,33 & 0,86 \\ & & 1 & -0,51 & 0,81 \\ & & & 1 & -0,28 \\ & & & & 1 \end{bmatrix} \end{array} \begin{array}{c} \\ Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ X_1 \\ X_2 \end{array}$$

Quadro 9. Matriz de correlações ($\hat{R}$) entre porcentagem de sacarose, brix, pureza, precipitação acumulada e brilho solar acumulado. (1º, 2º e 3º meses anteriores à colheita).

$$\hat{R} = \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} Y_1 & Y_2 & Y_2 & X_1 & X_2 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 0,86 & 0,89 & -0,81 & 0,62 \\ & 1 & 0,77 & -0,56 & 0,75 \\ & & 1 & -0,68 & 0,74 \\ & & & 1 & -0,21 \\ & & & & 1 \end{bmatrix} \end{array} \begin{array}{c} \\ Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ X_1 \\ X_2 \end{array}$$

O Quadro 9 nos mostra que os níveis de correlação entre horas sol com sacarose, brix e pureza sofreram uma pequena redução, ainda que permanecendo altos e positivos. Os valôres das correlações com a precipitação sofrem um incremento acentuado, mantendo-se, como era

de esperar, negativos. No que se refere à correlação horas sol-precipitação nota-se uma ligeira baixa en seu nível, permanecendo ainda negativa.

Quadro 10. Matriz de correlações ($\hat{R}$) entre porcentagem de sacarose, brix, pureza, precipitação acumulada e brilho solar acumulado (1º, 2º, 3º e 4º mêses anteriores à colheita).

$$\hat{R} = \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} Y_1 & Y_2 & Y_3 & X_1 & X_2 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 0,86 & 0,89 & -0,92 & 0,41 \\ & 1 & 0,77 & -0,74 & 0,67 \\ & & 1 & -0,66 & 0,54 \\ & & & 1 & -0,13 \\ & & & & 1 \end{bmatrix} \end{array} \begin{array}{c} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ X_1 \\ X_2 \end{array}$$

Seguindo as tendências já observadas no Quadro 9, em relação ao 8, os níveis de correlação entre horas e as medidas de rendimento, como se vê no Quadro 10 se mantêm decrescentes, positivas, mas, em valôres medianos. Da mesma forma a precipitação segue incidindo, negativamente, sôbre os indicadores citados, más, em níveis ainda superiores aos observados no Quadro anterior. A correlação horas sol e precipitação se mantém, por sua vez, negativa e mais deprimida em sua magnitude.

Quadro 11. Matriz de correlações ($\hat{R}$) entre porcentagem de sacarose, brix, pureza, precipitação acumulada e brilho solar acumulado (1º, 2º, 3º, 4º e 5º meses anteriores à colheita).

$$\hat{R} = \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} Y_1 & Y_2 & Y_3 & X_1 & X_2 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 0,86 & 0,89 & -0,95 & 0,10 \\ & 1 & 0,77 & -0,81 & 0,40 \\ & & 1 & -0,89 & 0,23 \\ & & & 1 & -0,05 \\ & & & & 1 \end{bmatrix} \end{array} \begin{array}{c} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ X_1 \\ X_2 \end{array}$$

O Quadro 11 indica que as correlações entre sacarose, brix e pureza com horas sol, seguindo tendência já observada nos casos precedentes, sofrem um decréscimo ainda mais acentuado. Sem embargo, permanecem positivos. Relativamente às correlações entre precipitação e os indicadores de rendimento, nota-se um incremento maior ainda em suas magnitudes, alcançando valôres altamente negativos. Finalmente, a correlação entre horas sol e precipitação permanece negativa, mas baixa, pràticamente igual a zero.

O Quadro 12 demonstra a continuação da tendência que vinha sendo notada, alcançando as correlações de horas sol com sacarose, brix e pureza seus níveis mais baixos, sendo que a relativa a sacarose e pureza se tornam negativas. Nota-se um estacionamento na tendência que ocorria com as correlações de precipitação, mantendo-se os níveis sempre muitos altos e negativos. A correlação horas sol-precipitação aparece com um valôr baixo e positivo.

Quadro 12. Matriz de correlações ($\hat{R}$) entre porcentagem de sacarose, brix, pureza, precipitação acumulada e brilho solar acumulado (1º, 2º, 3º, 4º, 5º e 6º meses acumulados).

$$\hat{R} = \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} Y_1 & Y_2 & Y_3 & X_1 & X_2 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 0,86 & 0,89 & -0,95 & -0,25 \\ & 1 & 0,77 & -0,85 & 0,05 \\ & & 1 & -0,83 & -0,10 \\ & & & 1 & 0,26 \\ & & & & 1 \end{bmatrix} \end{array} \begin{array}{c} \\ Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ X_1 \\ X_2 \end{array}$$

4.1.2.1. <u>Mudança em magnitude e direção da correlação segundo a distância dos valôres climáticos acumulados.</u>

Em seguida se apresenta um resumo dos resultados observados nas matrizes de correlação anteriormente expostas e interpretadas (Fig. 5, Fig. 6 e Fig. 7), as quais representam as tendências e medidas quantitativas das variações. Igualmente ao que foi mencionado no item 4.1.1.1., os valôres das correlações são considerados em função dos valôres climáticos (acumulados, neste caso), segundo a distância.

4.2. Alongamento da cana sob a influência da precipitação e brilho solar.

A velocidade de alongamento da cana em função dos citados elementos climáticos nos é dada pela equação expressa no item 3.3.2.

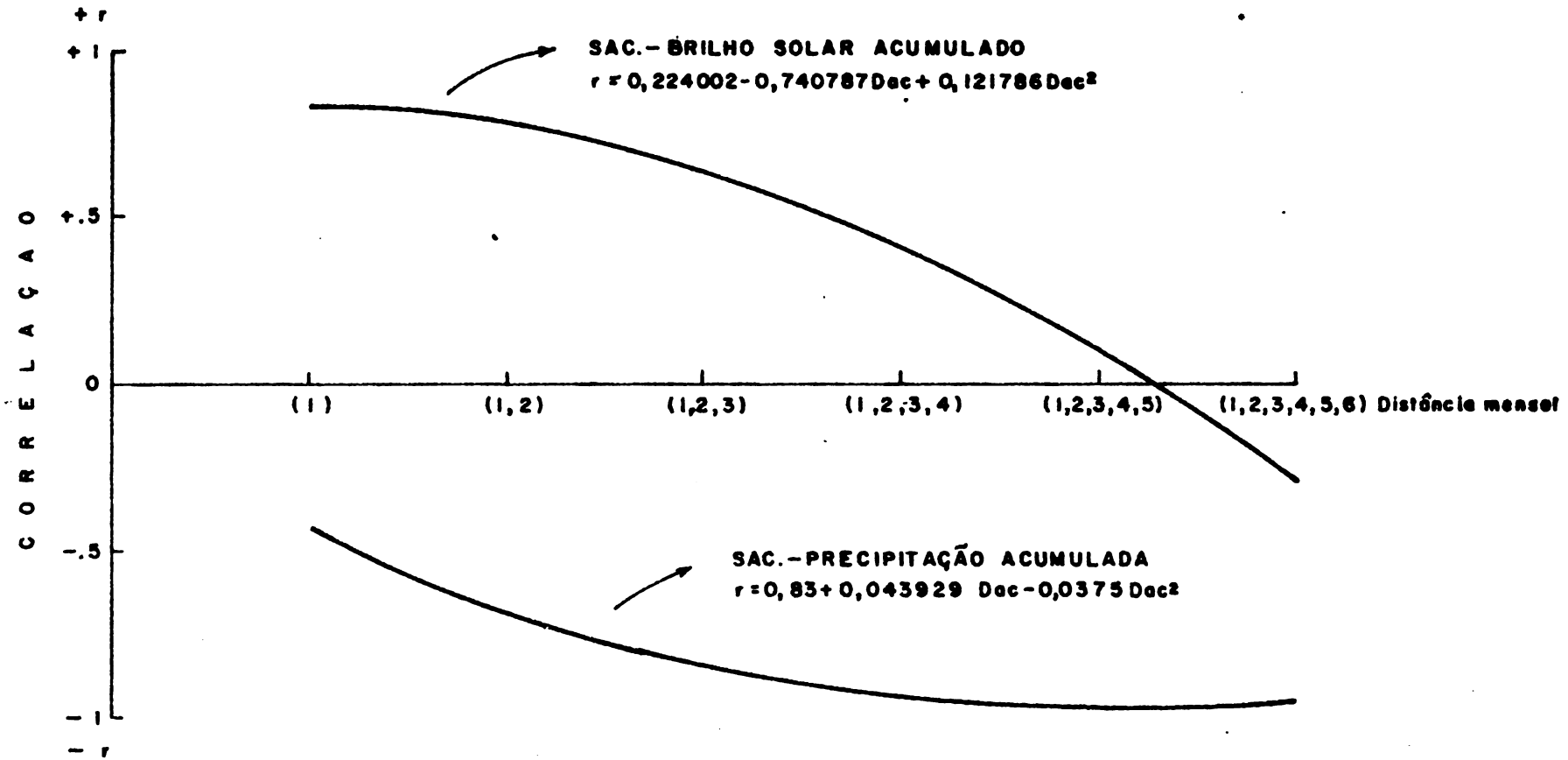

FIG. 5.- VARIAÇÃO ESPACIAL DA CORRELAÇÃO SACAROSE-PRECIPITAÇÃO (ACUMULADA) E SACAROSE-BRILHO SOLAR (ACUMULADO) EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA DA INCIDÊNCIA CLIMÁTICA.

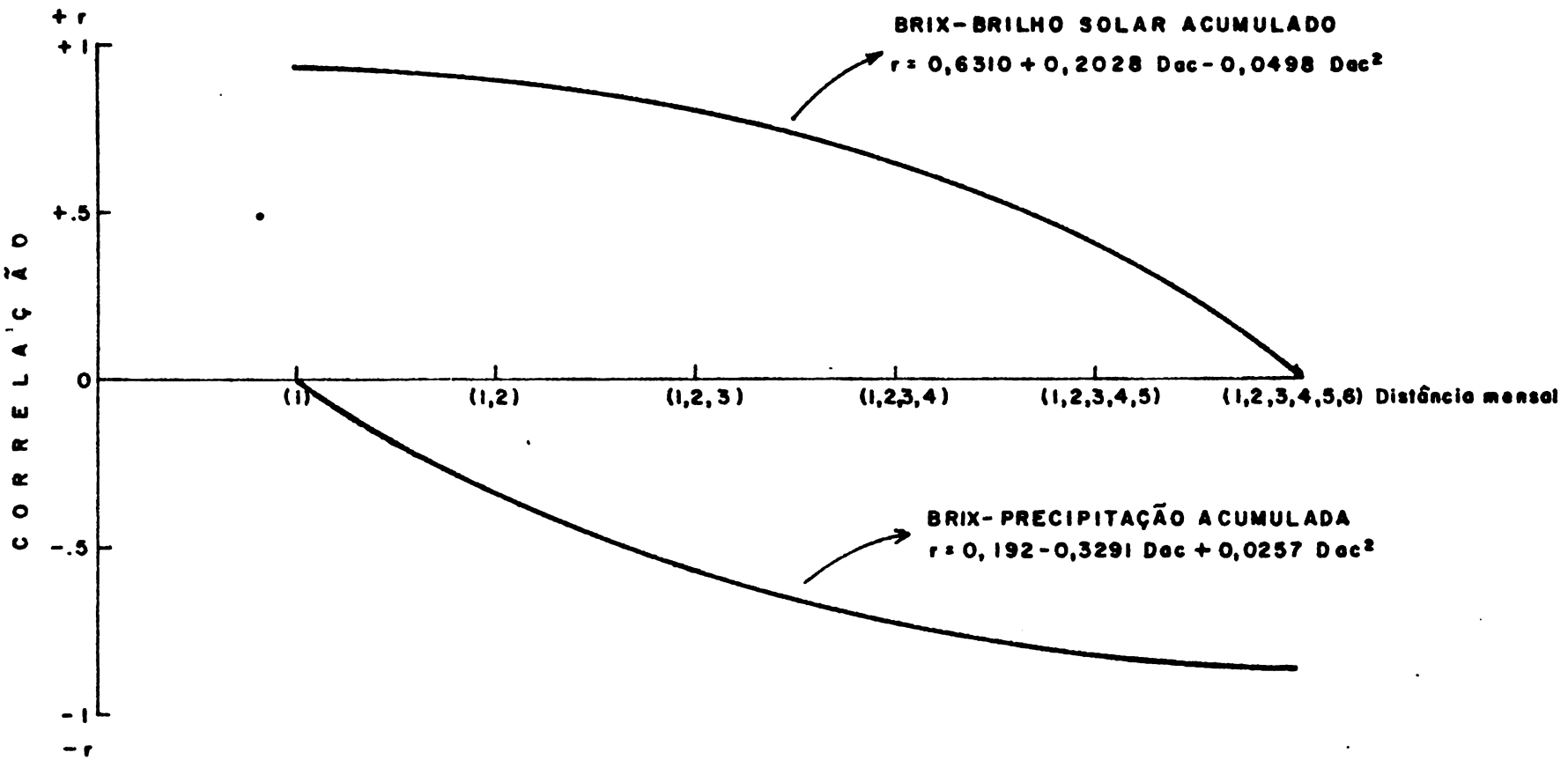

FIG. 6.- VARIAÇÃO ESPACIAL DA CORRELAÇÃO BRIX-PRECIPITAÇÃO (ACUMULADA) E BRIX-BRILHO SOLAR (ACUMULADO) EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA DA INCIDÊNCIA CLIMÁTICA.

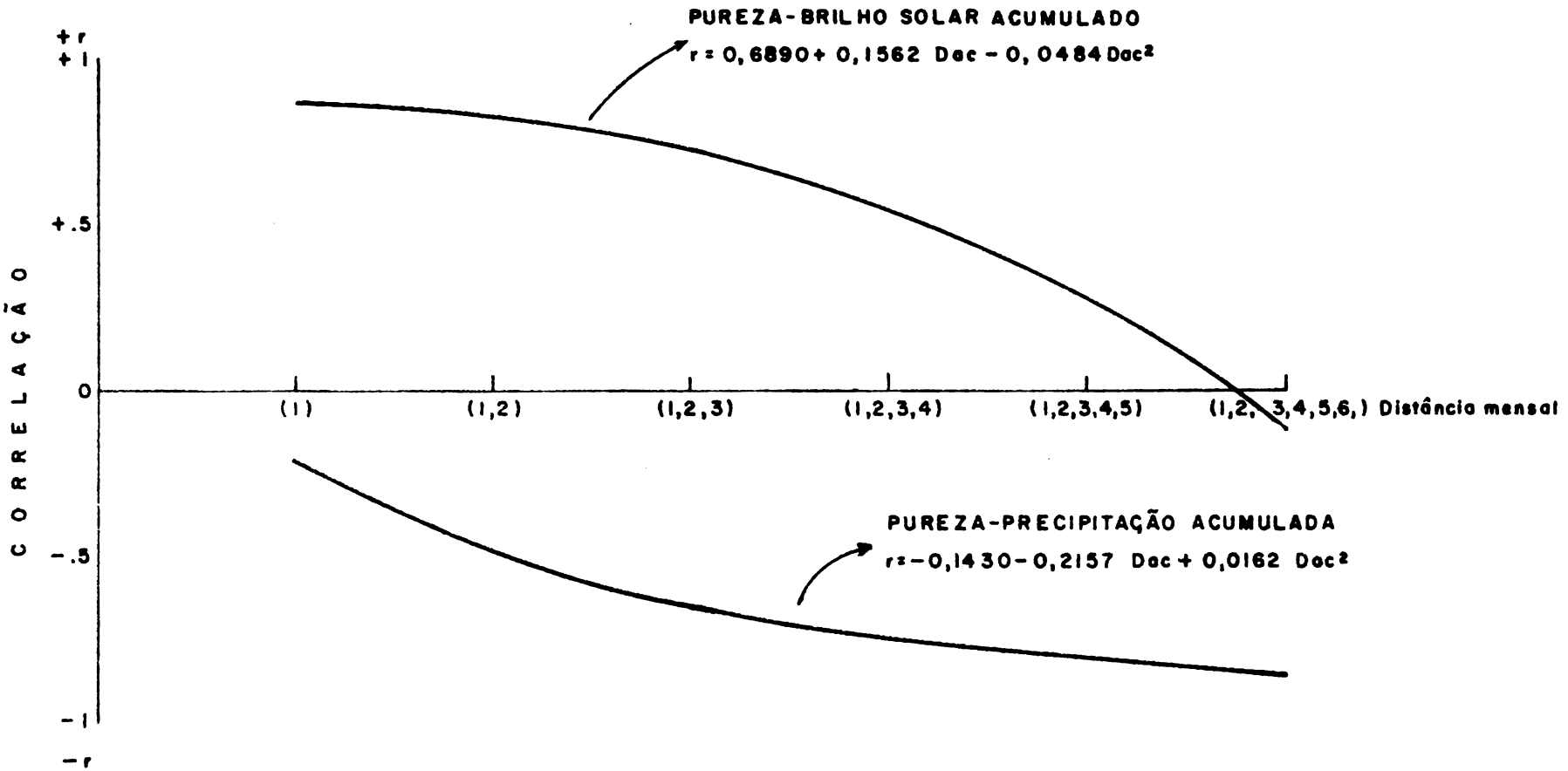

FIG. 7.- VARIAÇÃO ESPACIAL DA CORRELAÇÃO PUREZA-PRECIPITAÇÃO (ACUMULADA) E PUREZA-BRILHO SOLAR (ACUMULADO) EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA DA INCIDÊNCIA CLIMÁTICA.

O incremento da altura pela raiz quadrada da unidade de incremento da chuva acumulada é $\hat{\beta}_1 = -6,3293$ o quer dizer que o efeito de chuva excessiva em ausência de uma ação pronunciada da luz, é, por assim dizer, depressiva. Por outro lado, o brilho solar teve efeito positivo no incremento em altura da cana, com a razão de incremento $\hat{\beta}_2 = 16,9199$. Sem embargo, esses efeitos não foram constantes, sofrendo alterações na proporção de $\hat{\beta}_{11} = 0,06017$ e $\hat{\beta}_{22} = -0,162609$ para chuva e horas sol acumuladas, respectivamente.

A superficie de resposta obtida é de natureza tridimensional, representando as variações no crescimento em função das duas variáveis (Fig. 8). A dita superfície, como se vê, toma uma forma de sela, o que sugere a inexistência de máximo ou mínimo absolutos na função, mas, sim, condicionais, porquanto as derivadas segundas $\hat{\beta}_1$ e $\hat{\beta}_2$ têm sinais negativo e positivo, respectivamente.

4.3. Alongamento da cana em função do tempo

A velocidade de alongamento da cana através do tempo se pode observar na Figura 9. Quatro curvas de respostas se observam no dito gráfico, com cada amostra tomada em diferentes épocas. O número de meses considerado em cada amostra varia de 16 a 17. A definição de alongamento, neste estudo, começa no quinto mês, a contar da época de plantio. A razão disso é óbvia, já que o tempo transcorrido do plantio até o quinto mês é simplesmente um período de estabelecimento.

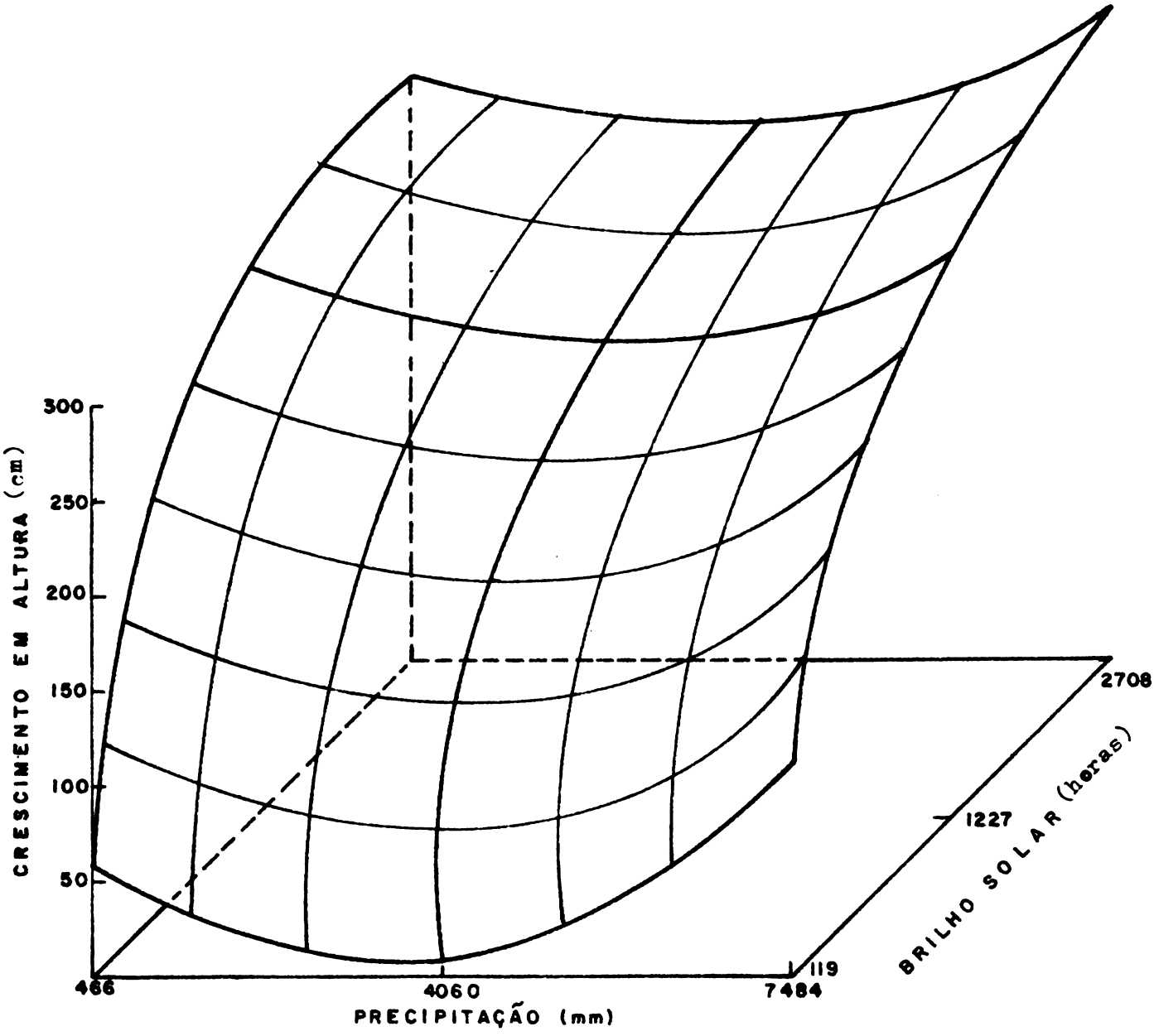

FIG. 8.- SUPERFÍCIE DE CRESCIMENTO EM FUNÇÃO DO BRILHO SOLAR E PRECIPITAÇÃO ACUMULADOS.

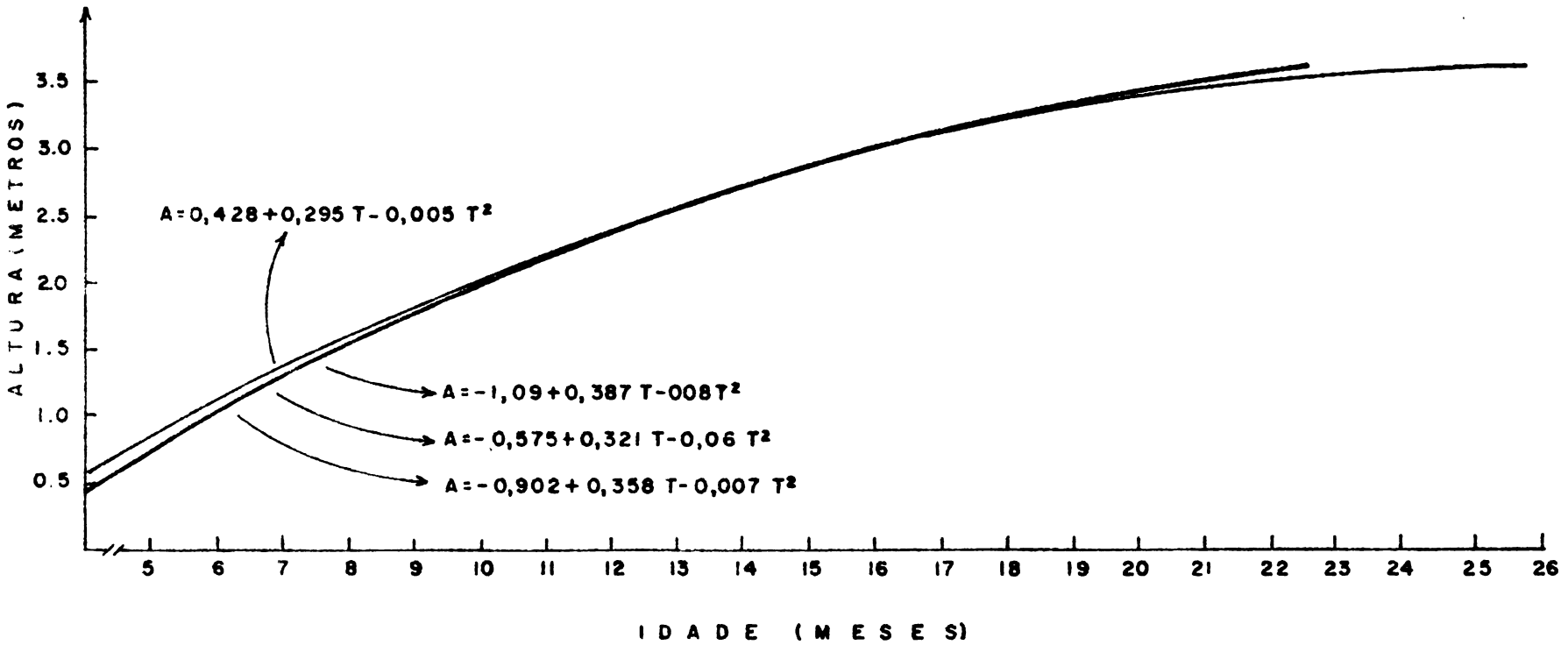

FIG. 9.— CURVAS DE ALONGAMENTO DA CANA EM FUNÇÃO DE TEMPO (4 CURVAS)

A curva de crescimento da Figura 9 indica que a velocidade de alongamento da cana é em média de 0,34, m / mês, todavia, o alongamento não é uma função linear do tempo, ou seja, o crescimento não é proporcional à idade. O fator de não proporcionalidade do crescimento está dado em β_{11} = -0,0065 m/mês. Isto sugere que o alongamento alcança seu valôr máximo em um ponto situado no eixo do tempo e que está dado por $\frac{d\hat{A}}{dT} = 0$.

O ponto de máximo alongamento ocorre entre os 22 e 27 meses, com u'a média ao redor de 25 meses, tempo no qual a cana alcançou a altura média de 3,69 m, para em seguida permanecer relativamente estacionária em torno da assíntota do crescimento máximo (3,69 m).

5. DISCUSSÃO

A influência do brilho solar e da precipitação sôbre a porcentagem de sacarose, brix e pureza da cana é um fato evidentemente notório. Ao incrementar-se o índice pluviométrico baixam os níveis dos três indicadores do rendimento. Esse fenômeno eco-fisiológico pode ser explicado, considerando que a água estimula o crescimento, se não incide, negativamente, outro fator limitante. É sabido que o crescimento é um processo fisiológico que requer consumo de energía. Conseqüentemente, para a sua consecução, o nível de sacarose sofre uma diminuição, permitindo assim que o conteúdo relativo de açúcares redutores incremente consideràvelmente.

A magnitude da relação entre teor de sacarose, brix e pureza e precipitação está demonstrada ser uma variável dependente da idade da cana. É interessante destacar a tendência bem definida da associação que tende a incrementar sua fôrça até o terceiro mês anterior à colheita, para, em seguida, declinar seu efeito paulatinamente, chegando a um nível próximo a zero, entre o quinto e sexto mês, prévios à colheita. Provàvelmente este fenômeno se deve ao fato de que o efeito da idade reduz, consideràvelmente, a habilidade da planta em responder aos fatores externos, sobretudo os climáticos, como no caso presente, à precipitação e brilho solar. Em vista disso se conclui, que ao incremento da idade, na fase final do ciclo biológico da cana, corresponde um gradual decréscimo na elaboração de matéria orgânica pela planta, limitando, consequentemente, o seu crescimento. Daí o fato de que no primeiro mês anterior à colheita, o

nível da correlação com a precipitação tenha sido negativo, mas relativamente baixo, o que demonstra o limitado efeito negativo daquele elemento. Do primeiro ao segundo mês houve um incremento considerável na magnitude da correlação, a qual alcança seu máximo negativo no terceiro mês, que se considera, em vista disso, o momento crítico quanto à incidência da precipitação na acumulação final da sacarose.

No desenvolvimento da curva de correlação, entre o terceiro e sexto mês (Figs. 2, 3 e 4), as magnitudes das associações baixas, até se aproximar de zero. Essa redução nos valôres das correlações se deve a que a cana ainda está atravessando seu período de crescimento, respondendo, portanto, aos estímulos da precipitação e consumindo, em vista disso, grande parte da sacarose elaborada. Êsse processo de assimilação lògicamente se acentua, à medida que se distância o período crítico da maturação, o que tende a tornar desprezível a correlação correspondente.

No estudo das relações clima-cana, ao se considerar as características climáticas tomadas mensalmente e de per si, se obtém, fora de dúvida, uma medida bem aproximada da fôrça daquela associação. No entretanto, a influência das referidas características, aparentemente não pode ser avaliada em toda a sua extensão, sob essas condições. Essa afirmativa se funda no conceito de que a ação do clima sôbre o crescimento a desenvolvimento das diferentes etapas do ciclo de um cultivo, se processa através do somatório de seus efeitos parciais e subsequentes, dentro, evidentemente, de determinados limites (5, 31, 32). Assim se julga que no caso presente, a ação progressiva

e acumulada do brilho solar e da precipitação sôbre o rendimento da cana, ao longo dos seis meses prévios ao corte, nos poderá fornecer indicações mais reais do grau de associação daqueles fatôres mencionados. Confirmando esse ponto de vista, autores como Fogliata (13) e Yates (34), em trabalhos correlatos, utilizaram os valôres acumulados de alguns elementos climáticos, muito embora o primeiro os tenha realizado em base à produção de um só mês (junho) e o segundo considerando períodos semanais, que abrangiam apenas um mês anterior à colheita.

No caso presente, ao se levar em conta o efeito acumulativo da precipitação (Figs. 5, 6 e 7), se verifica um deslocamento do já mencionado momento crítico para as proximidades do quinto mês anterior à colheita, continuando clara, todavia, a mesma tendência do caso anterior, ou seja, de uma redução gradual do efeito daquele elemento, à medida que progride a maturação, pelas mesmas razões já expostas.

Em resumo, o comportamento das associações rendimento-precipitação segue o seguinte modêlo:

1. O efeito da precipitação (de cada mês individualmente) sôbre os componentes de rendimento é de natureza negativa, se iniciando com um valôr próximo a zero, alcançando um máximo em tôrno do terceiro mês e declinando até o sexto, onde alcança, novamente, um valôr pràticamente nulo.
2. O efeito acumulativo da precipitação versus fatôres de rendimento se desenvolve inteiramente no quadrante negativo, partindo de um valôr quase nulo, para decair progressivamente até o sexto mês anterior à colheita.

No que se refere à influência do brilho solar sôbre o teor de sacarose, brix e pureza, também se comprova sua estreita dependência com a idade da cana. O exame da curva de correlação correspondente nos demonstra, de forma clara, a alta magnitude e efeito positivo do grau de associação das variáveis, quando se considera o primeiro mês precedente à colheita. A explicação dêsse fenômeno é óbvia, já que se sabe que a uma maior incidência da insolação sôbre a cana, na sua fase de maturação, ocasionando perda de água nos tecidos, corresponde sempre um maior acúmulo de sacarose. Ao contrário, à medida que nos afastamos do momento da colheita (com características favoráveis para tal), supostamente vamos encontrando condições outras, desfavoráveis à maturação e favoráveis ao crescimento vegetativo da planta, através, sobretudo, de um maior índice pluviométrico. Nessa etapa, u'a maior incidência do brilho solar viria somar-se às condições de estímulo ao crescimento, provocando u'a maior ativação da fotosíntese e, conseqüentemente, atuando de forma negativa sôbre a acumulação final da sacarose. Essa tendência está demonstrada neste estudo, ao verificarmos a redução do grau de associação do primeiro para o segundo mês, o qual é incrementado no terceiro mês, onde se iguala a zero, passando a negativo a partir daí.

O mesmo ocorre quando se considera o efeito acumulado do brilho solar. A curva, neste caso, segue, exatamente, a mesma tendência da anterior e sua justificativa aparentemente deve ser idêntica.

Pode-se então estabelecer o seguinte resumo do comportamento das associações rendimento-brilho solar:

1. O efeito positivo do brilho solar (tomado por mês) sôbre os componentes do rendimento declina ininterruptamente a partir do primeiro mês anterior à colheita até o sexto, alcançando um valôr nulo ao redor do terceiro mês.
2. O efeito acumulado do brilho solar sôbre as medidas de rendimento ocorreu, ao contrário do sucedido com a precipitação, no quadrante positivo, com um valôr inicial muito alto, para cair gradativamente até próximo a zero.

As assertivas feitas nos parágrafos anteriores são válidas, de certa forma, para análise da influência da precipitação e brilho solar no alongamento da cana. Assim é que o efeito dêsses elementos sôbre o crescimento está intimamente relacionado com a idade da planta, sendo função dela. Dessa forma, no início do seu ciclo vegetativo, a cana exige moderadas quantidades de água e alta insolação, com um crescimento sobremaneira lento. Ao completar o perfilhamento e durante a maior parte do grande período de crescimento (primeira metade, sobretudo), a cana, como em geral tôdas as gramíneas, tem necessidade de alta insolação e de substanciais volumes de água para satisfazer seu crescimento rápido, o qual começa a retardar-se a partir daí para, pràticamente, tornar-se nulo durante à maturação. Pode-se concluir então que o excesso de água em determinadas etapas do ciclo da cana, deve acarretar prejuízos sensíveis sôbre o seu crescimento e desenvolvimento. Assim se demonstrou que a ação de chuvas excessivas sôbre o crescimento (no seu chamado grande período), quando se fixa o efeito do brilho solar, atua negativamente

sôbre êle, o que é compreensível, já que a limitação de luz, prejudicando a síntese de hidratos de carbono será, fóra de dúvida, um obstáculo ao crescimento. Ao contrário, a incidência da insolação, fixada a precipitação em determinados limites, é um fator de estímulo ao crescimento, conforme também se comprovou pelos resultados.

A afirmativa de Dillewijn (30), de que o crescimento da cana e de suas partes constituintes não ocorre em uma taxa uniforme é plenamente satisfeita neste estudo. Verifica-se que o alongamento não é, em realidade, uma função linear do tempo ou da idade, e, sim, se inicia com um ritmo muito baixo após à germinação e é incrementado gradualmente até um máximo, o qual é seguido de um decréscimo relativo, alcançando um ponto onde se torna pràticamente nulo. Isto foi comprovado pelas curvas de respostas, sendo que a velocidade média do crescimento, de 0,34 m/mês, significa uma alta taxa de incremento em algumas determinadas fases, já que a consideração de um largo período do ciclo vegetativo incluiu, necessàriamente, lapsos de baixo índice de crescimento. A essa velocidade de alongamento corresponde uma aceleração negativa de -0,0065 m/mês, o que fornece às funções uma gradual redução em suas curvaturas.

Muito embora não se considerasse, ao início da realização dêste estudo, a possibilidade de um alcançe prático para o mesmo, um exame dos resultados conseguidos, nos sugere, não obstante, algumas considerações daquela ordem, ainda que preliminares.

Em vista disso, seria recomendável que em lugar de uma investigação à base de amostragem como a presente, assim realizada pela

múltiples limitações, especialmente de tempo, se instalasse experimento que permitisse avaliar, periòdica e paralelamente, o crescimento e rendimentos culturais da cana, durante um ciclo completo da principal ou principais variedades locais. O conhecimento interligado dessas relações, quando confrontado com os elementos fornecidos por êste estudo, permitiria uma planificação mais adequada das épocas de plantio, pela qual poder-se-ia concentrar a maior parte do corte em um período, supostamente o mais viável, que se extende desde janeiro até junho, conforme demonstram as correlações realizadas. O efeito pràticamente desprezível da precipitação, ainda que negativo, sôbre o rendimento da cana em sacarose, no que se refere ao primeiro mês anterior à colheita é a base fundamental dessas recomendações.

6. CONCLUSÕES

6.1 Em ausência de indicadores de rendimento, como porcentagem de sacarose e pureza, o brix pode ser tomado, para êsse fim, como uma medida confiável, por sua alta associação aos outros dois componentes citados.

6.2 As associações entre rendimento e os elementos climáticos (brilho solar e precipitação) constituem um parâmento dinâmico, que se altera com as etapas do ciclo vegetativo.

6.3 O efeito acumulativo dos elementos climáticos versus elementos do rendimento é aproximadamente paralelo, sendo que o efeito acumulado do brilho se situa no quadrante positivo e, o da precipitação, no quadrante negativo, observando-se que a máxima separação entre as curvas ocorre entre os (1º + 2º + 3º) e (1º + 2º + 3º + 4º) meses acumulados.

6.4 Sob as condições experimentais do presente trabalho, se conclui que a cana mantém seu crescimento até às proximidades dos dois anos de idade, ainda que muito mais acelerado até um ano e três meses, para em seguida declinar seu rítmo.

6.5 O balanço entre a precipitação e o brilho solar é um fatôr determinante do crescimento da cana.

RESUMO

O presente estudo foi levado a cabo em Juan Viñas, Município de Jiménez, Costa Rica. A área de estudo é de topografia relativamente homogênea, com uma altitude que varia de 1150 m a 1350 m e uma precipitação pluvial de 3633 mm, distribuídos durante os doze meses do ano. Há dois períodos relativamente sêcos: o primeiro, de janeiro a abril e o segundo, durante parte de agôsto e parte de setembro. A temperatura média anual é de 20,3°C e quase não apresenta flutuações durante o transcurso do ano.

A maturação da cana, e consequentemente os níveis finais de sacarose, obedecem a um processo fisiológico que depende, principalmente, das condições ambientais que prevelacem durante seu crescimento e desenvolvimento, sobretudo das condições climáticas durante a última etapa do ciclo vegetativo. Como se pretendia avaliar a influência dos fatôres climáticos no crescimento e rendimento da cana de açúcar em Juan Viñas, foram formulados os seguintes objetivos: Investigar o efeito específico de alguns elementos climáticos no rendimento da cana; Determinar o efeito dêsses mesmos elementos no ritmo de alongamento da cana; Traçar a curva de crescimento (em altura) da cana em função do tempo.

Os fatôres climáticos considerados foram precipitação e brilho solar. Como componentes do rendimento se usaram a porcentagem de sacarose na cana, brix e pureza.

Os resultados revelaram que as relações entre os cinco elementos citados (climáticos e de rendimento) dependem estreitamente da

idade da cana. Destaca-se a tendência bem definida da associação dos componentes do rendimento com a precipitação, durante os três meses anteriores à colheita. Depois do terceiro mês, o efeito diminue paulatinamente, até pràticamente desaparecer no sexto mês. Quanto ao brilho solar, as curvas de correlação mostraram uma alta magnitude e um efeito positivo do grau de associação das variáveis durante o mês anterior ao corte da cana, os quais diminuiram em forma quase linear, até o terceiro mês, quando se tornaram negativos e decrescentes até o sexto mês.

Ao considerar o efeito acumulativo dos elementos climáticos se nota uma interessante homogeneidade nas curvas correspondentes ao rendimento. Constata-se que os efeitos da precipitação são negativos e crescentes. Quanto a influência acumulativa do brilho solar se nota uma tendência decrescentes das correlações, com um valor alto e positivo no primeiro mês, até alcançar um valor próximo a zero no sexto, sempre positivo.

Ao considerar simultaneamente o efeito da precipitação e do brilho solar sôbre o alongamento, se observa também uma íntima relação com a idade da planta. A equação de regressão múltiple mostra que, em ausência de uma ação pronunciada da luz, o efeito de uma chuva excessiva é depressivo; e que quando a precipitação se mantém em um limite determinado, a insolação é um estímulo ao crescimento.

O alongamento da cana em função do tempo ocorreu a um rítmo de crescimento médio de 0,34 m/mês. A função não é linear, já que há uma aceleração negativa de 0,0065 m/mês. Sob as condições experimentais, a cana se mantem em crescimento até a idade de dois anos aproximadamente, com um ritmo máis acelerado durante os primeiros 13 meses.

RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo en Juan Viñas, Cantón de Jiménez, Costa Rica. El área de estudio es de topografía relativamente homogénea, con una altura que varía de 1150 m a 1350m y una precipitación pluvial de 3633 mm, distribuídos durante los 12 meses del año. Hay dos períodos relativamente secos: el primero, de enero a abril y el segundo, durante parte de agosto y parte de setiembre. La temperatura media anual es de 20,3°C, y casi no presenta diferencias durante el transcurso del año.

La maduración de la caña, y consecuentemente los niveles finales de sacarosa, obedecen a un proceso fisiológico que depende, principalmente, de las condiciones ambientales que prevalecen durante su crescimiento y desarrollo, mayormente las condiciones climáticas durante la última etapa del ciclo vegetativo. Se pretendía evaluar la influencia de los factores climáticos en el crecimiento y rendimiento de la caña de azúcar en Juan Viñas y para ello se formularon los siguientes objetivos: Investigar el efecto específico de algunos elementos climáticos en el rendimiento de la caña de azúcar; determinar el efecto de esos mismos elementos en el ritmo de elongación de la caña; y trazar la curva de crecimiento (en altura) de la caña en función del tiempo.

Los factores climáticos considerados fueron precipitación y brillo solar. Como componentes del rendimiento se usaron el porcentaje de sacarosa en la caña, brix y pureza.

Los resultados revelaron que las relaciones entre los cinco elementos citados (climáticos y de rendimiento) dependen estrechamente de la edad de la caña. Se destaca la tendencia bien definida de la asociación de los componentes del rendimiento con la precipitación durante los tres meses anteriores a la cosecha. Después del tercer mes, el efecto disminuye paulatinamente, hasta prácticamente desaparecer en el sexto mes. En cuanto al brillo solar, las curvas de correlación mostraron una alta magnitud y un efecto positivo del grado de asociación de las variables durante el mes anterior a la corta de la caña, los cuales disminuyeron en forma casi lineal, hasta el tercer mes, cuando se tornaron negativos y decrecientes hasta el sexto mes.

Al considerar el efecto acumulativo de los elementos climáticos se nota una interesante homogeneidad en las curvas correspondientes al rendimiento. Se constata que los efectos de la precipitación son negativos y crecientes. En cuanto a la influencia acumulativa del brillo solar se nota una tendencia decreciente de las correlaciones, con un valor alto y positivo en el primer mes, hasta alcanzar un valor cercano a cero en el sexto, siempre positivo.

Al considerar simultáneamente el efecto de la precipitación y el brillo solar sobre la elongación, se observa también una íntima relación con la edad de la planta. La ecuación de regresión múltiple muestra que, en ausencia de una acción pronunciada de la luz, el efecto de una lluvia excesiva es depresivo; y que cuando la precipitación se mantiene en un límite determinado, la insolación es un

estímulo de crecimiento.

La elongación de la caña en función del tiempo ocurrió a un ritmo de crecimiento medio de 0,34 m/mes. La función no es lineal, ya que hay una aceleración negativa de 0,0065 m/mes. Bajo las condiciones experimentales, la caña se mantiene en crecimiento hasta la edad de dos años aproximadamente, con un ritmo más acelerado durante los primeros trece meses.

SUMMARY

This research was carried out in Juan Viñas, Costa Rica. The area of study presents a relatively homogeneous topography, with an altitude varying from 1150 m to 1350 m above sea level, and an average rainfall of 3633 mm, distributed during the 12 months of the year.

There are two relatively dry periods: the first one extending from January to April, and the second one, from part of August through to part of September. The average annual temperature is 20,3°C, with very slight fluctuations during the year.

The ripening of sugar cane, and consequently the final levels of saccharose yields are controlled by a physiological process which depends mainly on the climate factors prevailing during the growth and development period. Especially important to such yield is the last stage of the vegetative cycle. The objectives of the study, which are aimed at the evaluation of the effect of the climate on the growth and yield of sugar cane in Juan Viñas, were the following: 1) to investigate the specific effect of some climatic factors on the yield of the sugar cane; 2) to determine the effect of the same factors on the rate of growth in lenght of the plant; 3) to draw the growth curve as a function of time.

The climatic factors considered were rainfall and sunshine. Percentage of saccharose in the sugar cane, brix and purity were used as yield components.

The results obtained showed that the relationship among the five elements (climatic and of yield) depend largely on the age of the plant. The correlations between yield components and rainfall show a marked tendency to increase during the three months previous to harvest. After the third month, the effect is gradually reduced until it practically disappears in the sixth month. As to sunshine, the correlation curves show a high magnitude and a positive effect on the degree of association of the variables during the month previous to the harvest. They decreased almost linearly up to the third month, when they became negative, and continue decreasing up to sixth month.

When the cumulative effect of the climatic elements is considered, an interesting homogeneity among yield curves is noticed. The effects of the rainfall are negative and increasing. As to the cumulative influence of the sunshine, a decreasing tendency of the correlations is observed, with a high positive value for the first month and decreasing to nearly zero in the sixth month, still remaining positive.

Considering simultaneously the effect of the rainfall and sunshine on the growth in height, a close correlation with the age of the plant is also observed. The multiple regression equation shows that when there is not a well marked action of sunlight, then excessive rain becomes depressive upon height growth. When the rainfall is maintained at determined limits, sunlight stimulates growth of the plant.

The average growth in lenght of the sugar cane as a function of time, was 0.34 m per month. It is a non linear function since at Juan Viñas it is affected by a negative aceleration of 0.0065 m per month. Under the conditions of the area of study, sugar cane grows for approximately two years, with a more accelerated growth rate during the first 13 months.

LITERATURA CITADA

1. ALEXANDER, A. G. e SAMUELS, G. Controlled-temperature studies of growth, enzymology, and sucrose production by two sugarcane varieties in Puerto Rico. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 52(3):204-217. 1968.

2. BARNES, A. C. The sugar cane. London, Leonard Hill, 1964. 456 p.

3. BORDEN, R. J. Cane growth studies factors which influence yields and composition of sugar cane. Hawaiian Planters' Record 45:241-263. 1941.

4. CAMARGO, A. P. e ORTOLANI, A. A. Clima das zonas canavieiras do Brasil. In Cultura e adubação da cana açúcar. São Paulo. Instituto Brasileiro de Potassa. 1964. pp. 121-137.

5. CHANG, J. Climate and agriculture: an ecological survey. Chicago, Aldine Publishing, 1968. 304 p.

6. CLEMENTS, H. F. Integration of climatic and physiologic factors with reference of the production of sugar cane. Hawaiian Planters' Record 44(1):201-233. 1940.

7. _____, SHIGEURA, G. e AKAMINE, E. K. Factors affecting the growth of sugar cane. Hawaii Agricultural Experiment Station. Technical Bulletin no. 18. 1952. 90 p.

8. _____. Quality in Hawaiian sugar cane. Hawaii Agriculture Experiment Station. Notes no. 115. 1958. 25 p.

9. _____. Influencias ambientales en el crecimiento de la caña de azúcar. El Rodeo, Estación Experimental de caña de azúcar, Occidente. Boletín 53. 1963. pp. 485-501.

10. DONDOLI, C. B. e TORRES, J. A. Estudio geoagronómico de la región oriental de la Meseta Central. San José, Ministerio de Agricultura e Industrias, 1954. 180 p.

11. ELLIS, T. O., ROHRIG, P. E. e ARCENEAUX, G. Production and quality of sugar cane in relation to date of reaping after a crop period of one year at Central Romana. In Meeting of British West Indies Sugar Technologists, Jamaica, Agôsto 27 a setembro, 9, 1960. Proceedings. Demarara, B.G. Lithographic, 1960? pp. 73-79.

12. FOGLIATA, F. A. Influencias ambientales en la maturación de la caña de azúcar en Tucumán, Argentina. Revista Industrial y Agrícola de Tucumán (Argentina) 43(1):1-14. 1965.

13. _____ e DIP, R. A. Crecimiento y maturación de la caña de azúcar en Tucumán. Revista Industrial y Agrícola de Tucumán (Argentina) 45(3):57-94. 1968.

14. HARIHARA, P. S. et al. Influence of day-degrees on the elongation of sugarcane. Indian Sugarcane Journal 9(4):212-216. 1965.

15. INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS. Inventario de recursos del cantón de Turrialba, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. (Em preparação)

16. KLAGES, K. H. W. Ecological crop geography. New York, MacMillan, 1942. 615 p.

17. KRUTMAN, S. Do crescimento da cana de açúcar em condições naturais e sob irrigação. Instituto Agronômico do Nordeste, Pernambuco, Brasil. Boletim Técnico no. 17. 1962. 29 p.

18. LUGO-LOPEZ, M. A. e CAPO, B. G. The effect of weather and climate on the sucrese content of sugarcane. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 38(4):149-169. 1954.

19. MC ILROY, R. J. An introduction to tropical cash crops. Nigeria, Ibadan University Press, 1963. 163 p.

20. MALAVOLTA, E. et al. Cultura e adubação de cana de açúcar. São Paulo, Instituto Brasileiro de Potassa. 1964. 368 p.

21. MARIOTTI, J. A. e FOGLIATA, F. A. Determinación de brix con refractometro de campo y su relación con otros caracteres de la caña de azúcar. Revista Industrial y Agrícola de Tucumán (Argentina) 44(2):17-34. 1967.

22. MEYER, B. S., ANDERSON, D. B. e BOHNING, R. H. Introducción a la fisiología vegetal. Buenos Aires, Editorial Universitaria de Buenos Aires, 1966. 579 p.

23. NUTTONSON, M. Y. The role of bioclimatology in agriculture with especial reference to the use of thermal and phototermal requirements of pure-line varieties of plants as a biological indicator in ascertaining climatic analogues (Homoclimes). International Journal of Bioclimatology and Biometeorology 1:1-8. 1957.

24. OCHSE, J. J. et al. Cultivo y mejoramiento de plantas tropica- y subtropicales. México, Centro Regional de Ayuda Técnica, 1965. 2 v., 1535 p.

25. PAPADAKIS, J. Ecología de los cultivos. Traducción por Alberto Soriano. Buenos Aires, Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1954. 461 p.

26. SHAW, R. H. Ground level climatology. American Association for the Advancement of Science. Publication no. 86. 1967. 395 p.

27. SPENCER, M. Manual del azúcar de caña. Traducción por Mario G. Menocal. Barcelona, Montaner y Simón, 1967. 940 p.

28. TROJER, H. Algunas características agroclimatológicas del trópico americano. In Reunión Internacional sobre Problemas de la Agricultura en los Trópicos Húmedos de América Latina. Lima, 1966. 22 p.

29. _____. Introducción a la meteorología y climatología agrícola tropical. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1967. p. (Mimeografiado)

30. VAN DILLEWIJN, C. Botany of sugarcane. Waltham, Mass, The Chronica Botanica, 1952. 358 p.

31. VITKEVICH, V. I. Agricultural meteorology. Translated from Russian. Washington, National Science Foundation, 1963. 319 p.

32. WANG, JEN-HU. Agricultural meteorology. Milwankel, Wisconsin, Pacemaker Press, 1963. 693 p.

33. WILSIE, C. P. Crop adaptation and distribution. San Francisco, W. H. Freeman, 1962. 448 p.

34. YATES, R. A. Cane quality in British Guiana: the effect of rainfall and yield of cane on cane quality and cost of production, on certain east coast estates. In Meeting of British West Industry Sugar Technologists, Antigua, November 18-22, 1957. Proceedings. Demerara, B.G. Lithographic, 1957? pp. 73-79.