

Conservação da viabilidade da semente de cacau. II. Tipificação do fruto e descrição da semente e da germinação

Solange Faria Lua Figueiredo¹

Resumo

O cacau (*Theobroma cacao* L.) é um fruto indeiscente, do tipo bacóide drupissarcídio. Os da cultivar Comum apresentam forma elipsóide alongada, ápice obtuso, base truncada, superfície lisa, de cor verde passando ao amarelo-dourado quando maduros, tendo, em média, 40 sementes. As sementes da região central do fruto são ovaladas e maiores que as das extremidades, que são ligeiramente disformes. Aham-se envolvidas por uma polpa mucilaginosa espessa, esbranquiçada, ácida (pH 4), com células de conteúdo mucilaginoso glicídico, de natureza calósica, celulósica e péctica. A polpa tem origem endocárpica, não sendo considerada uma estrutura da semente. Não foi detectado o inibidor de germinação ácido absísico na polpa extraída de frutos verdes, verdoengos e maduros. O tegumento da semente é delgado e o endosperma, delgado e incolor, é sumamente reduzido. O embrião é constituído de dois cotilédones carnosos e ruminados e do eixo embrionário curto, eburneo, com epicótilo, hipocótilo e meristema da raiz. Para avaliar a viabilidade das sementes, realizaram-se o teste topográfico de tetrazólio e o de germinação. Pelo primeiro, constatou-se que as sementes eram viáveis e muito vigorosas, apresentando o eixo embrionário com tamanho normal, túrgido e colorido de vermelho brilhante, ligeiramente mais intenso nas regiões do epicótilo e meristema de raiz. No teste de germinação, as sementes foram colocadas em rolos de papel-toalha, umedecidos com 100 ml de água e mantidos em germinadores com fotoperíodo de 8 horas, temperatura ideal testada de 30 °C e umidade relativa de aproximadamente 100%. Constatou-se que a mucilagem e o tegumento retardaram a germinação. A germinação é epigéia. Há protrusão do eixo embrionário e surgimento da raiz primária a partir do meristema da raiz. O crescimento radicular é acelerado e as raízes secundárias são bem desenvolvidas. Há proporcionalidade entre a raiz e o hipocótilo. O epicótilo é visualizado entre as bases dos cotilédones, que se abrem, deixando livre o primeiro par de folhas alternas, oblongas, de base cuneiforme, ápice acuminado e venação camptódromo-broquidódroma. A 30, 25, 20-30 e 20 °C, houve 100% de germinação, embora a velocidade de germinação seja, respectivamente, decrescente. Conquanto a 35 °C se tenha acelerado a emissão do eixo embrionário, as raízes e o hipocótilo apresentaram-se escurecidos e necrosados.

Palavras-chave: *Theobroma cacao*, fruto, semente, germinação

Parte da tese apresentada à Universidade Federal do Rio de Janeiro para obtenção do grau de Mestre em Ciências Biológicas (Botânica) em 1983.

A autora agradece a prestimosa colaboração do Prof. Dr. Luiz Emygdio de Melo Filho, botânico do Museu Nacional do Rio de Janeiro.

¹ Departamento de Biologia Animal e Vegetal - Fisiologia Vegetal -, Instituto de Biologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 20.000, Rio de Janeiro, Brasil.

Conservação da viabilidade da semente de cacau. II. Tipificação do fruto e descrição da semente e da germinação

Solange Faria Lua Figueiredo¹

Resumo

O cacau (*Theobroma cacao* L.) é um fruto indeiscente, do tipo bacóide drupissarcídio. Os da cultivar Comum apresentam forma elipsóide alongada, ápice obtuso, base truncada, superfície lisa, de cor verde passando ao amarelo-dourado quando maduros, tendo, em média, 40 sementes. As sementes da região central do fruto são ovaladas e maiores que as das extremidades, que são ligeiramente disformes. Aham-se envolvidas por uma polpa mucilaginosa espessa, esbranquiçada, ácida (pH 4), com células de conteúdo mucilaginoso glicídico, de natureza calósica, celulósica e péctica. A polpa tem origem endocárpica, não sendo considerada uma estrutura da semente. Não foi detectado o inibidor de germinação ácido absísico na polpa extraída de frutos verdes, verdoengos e maduros. O tegumento da semente é delgado e o endosperma, delgado e incolor, é sumamente reduzido. O embrião é constituído de dois cotilédones carnosos e ruminados e do eixo embrionário curto, eburneo, com epicótilo, hipocótilo e meristema da raiz. Para avaliar a viabilidade das sementes, realizaram-se o teste topográfico de tetrazólio e o de germinação. Pelo primeiro, constatou-se que as sementes eram viáveis e muito vigorosas, apresentando o eixo embrionário com tamanho normal, túrgido e colorido de vermelho brilhante, ligeiramente mais intenso nas regiões do epicótilo e meristema de raiz. No teste de germinação, as sementes foram colocadas em rolos de papel-toalha, umedecidos com 100 ml de água e mantidos em germinadores com fotoperíodo de 8 horas, temperatura ideal testada de 30 °C e umidade relativa de aproximadamente 100%. Constatou-se que a mucilagem e o tegumento retardaram a germinação. A germinação é epigéia. Há protrusão do eixo embrionário e surgimento da raiz primária a partir do meristema da raiz. O crescimento radicular é acelerado e as raízes secundárias são bem desenvolvidas. Há proporcionalidade entre a raiz e o hipocótilo. O epicótilo é visualizado entre as bases dos cotilédones, que se abrem, deixando livre o primeiro par de folhas alternas, oblongas, de base cuneiforme, ápice acuminado e venação camptódromo-broquidódroma. A 30, 25, 20-30 e 20 °C, houve 100% de germinação, embora a velocidade de germinação seja, respectivamente, decrescente. Conquanto a 35 °C se tenha acelerado a emissão do eixo embrionário, as raízes e o hipocótilo apresentaram-se escurecidos e necrosados.

Palavras-chave: *Theobroma cacao*, fruto, semente, germinação

Parte da tese apresentada à Universidade Federal do Rio de Janeiro para obtenção do grau de Mestre em Ciências Biológicas (Botânica) em 1983.

A autora agradece a prestimosa colaboração do Prof. Dr. Luiz Emygdio de Melo Filho, botânico do Museu Nacional do Rio de Janeiro.

¹ Departamento de Biologia Animal e Vegetal - Fisiologia Vegetal -, Instituto de Biologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 20.000, Rio de Janeiro, Brasil.

Conservation viability of cacao seed. II. The fruit type and seed germination description

Abstract

Cacao (*Theobroma cacao* L.) is an indehiscent fruit of the drupisarcidic bacoidal type. The cv. Comum bears fruits with an elongated ellipsoid form, obtuse apex, garbled base, smooth surface, green to golden yellow when ripe, with an average of 40 seeds. The seeds at the central part of the fruit are larger than those in the extremities, which are slightly misshapen. They are involved in a thick, whitish, acidic (pH4), mucilaginous pulp, with cells of glycidic mucilaginous content of callosic, cellulose and pectic composition. The pulp is of endocarpic origin and is not considered a seed component. The germination inhibitor, abscisic acid was not detected in the pulp around the seeds extracted from green, near ripe, or ripe fruits. The tegument of the seed is thin, and the thin and colorless endosperm is extremely reduced. The embryo has two fleshy ruminant cotyledons and a short eburneous embryonic axis formed by the epicotil, hipocotyl, and root meristem. The viability of the seeds was evaluated by topographic tests with tetrazolium and germination tests. Tetrazolium tests showed that the seeds were viable and quite vigorous, with an embryonic axis of normal size, turgid and bright red, slightly more intense in the epicotylar and root meristem areas. For the germination tests the seeds were enrolled in towel paper moistened with 100ml of water and maintained in growth chambers with a photoperiod of 8 hours, ideal tested temperature of 30 °C and a humidity of approximately 100%. It was observed that the mucilage and the tegument delayed the process of germination. The germination is epigeous. The embryonic axis grows and breaks through the tegument developing the primary root from its root meristem. The root growth is accelerated and secondary roots are well developed. There is a proportionality between the roots and the hipocotyl. The epicotyl can be seen between the cotyledons when these separate showing the first pair of leaves, alternate, oblong, with cuneiform base, acuminate apex, and camptodromous-brochidodromous venation. The germination was 100% at the temperatures of 30, 25, 20-30, and 20 °C although the rate of germination decreased correspondingly. Though there was an acceleration of the emergence of the embryonic axis at 35 °C, the roots and hipocotyl were dark and necrotic.

Key words: *Theobroma cacao*, fruit, seed, germination.

Introdução

O cacau (*Theobroma cacao* L.) é geralmente propagado por sementes. Seria um processo relativamente simples se suas sementes, do tipo recalcitrante, não apresentassem problemas em relação à conservação de sua viabilidade. Praticamente não possuem nenhum período de descanso entre o amadurecimento e a germinação (Pyke, Leonard e Wardlaw, 1934). Grande é o interesse dos pesquisa-

dores sobre a preservação dessas sementes; no entanto, ainda são necessários alguns esclarecimentos quanto à morfologia do fruto, da semente e da plântula e estudos químicos sobre a mucilagem que envolve a semente, uma vez que a literatura se detém mais nos cotilédones, avaliando seu teor em óleos, proteínas e carboidratos.

Hardy (1961) e Chin e Roberts (1980) estudaram a morfologia do fruto e da semente. Dentre os estudos anatômicos, Ni-

chols (1964) analisou as diferentes fases do desenvolvimento do fruto, Duncan e Todd (1972) enfocaram os cotilédones e o eixo embrionário e Corner (1976), principalmente, o tegumento.

Holden (1959) sugeriu a presença de um inibidor na polpa que envolve as sementes de cacau, uma vez que seu extrato inibiu a germinação de sementes de mostarda. Tal inibição foi acentuada em extratos de polpa de sementes de frutos verdoengos. Não obteve êxito, no entanto, em isolar a substância. Swarbrick (1965) observou que sementes com polpa germinavam mais lentamente que aquelas sem polpa, sugerindo a presença de um agente inibidor da polpa.

Neste trabalho foi feita uma complementação dos estudos morfológicos do fruto e da semente, análise histoquímica da mucilagem que envolve a semente, pesquisa da presença do inibidor de germinação ácido abscísico na mucilagem, e estudo da fisiologia da germinação das sementes de cacau.

Materiais e Métodos

Utilizaram-se frutos de cacau da cultivar Comum, obtidos no Centro de Pesquisas do Cacau, no município de Ilhéus, Estado da Bahia. Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Análise de Sementes (LAS) da Estação Experimental de Itaguaí (EEI) da PESAGRO-RIO.

Estudou-se a morfologia do fruto e da semente. Realizaram-se testes histoquímicos com a polpa mucilagínosa que envolve a semente dos frutos verdes, verdoengos e maduros, utilizando-se os corantes vermelho-do-congo, vermelho-de-

rutênio e azul-de-anilina (Costa, 1978).

Para verificar a presença do inibidor ácido abscísico na polpa de sementes extraídas de frutos verdes, verdoengos e maduros, foram conduzidos ensaios cromatográficos, no Laboratório do Centro de Tecnologia Agrícola e Alimentar da EMBRAPA. Foram retiradas, manualmente, 100 g de polpa de sementes de cada tipo de fruto. De acordo com a metodologia de Burden e Taylor (1976), a polpa foi extraída com metanol 80%, contendo 5g/l de bicarbonato de sódio, em liquidificador e filtrada com sucção. O metanol foi evaporado a pressão reduzida e a amostra foi suspensa em água destilada e acidificada até pH 3,5 com ácido clorídrico 2N e extraída com éter etílico. Ao extrato etéreo adicionou-se sulfato de sódio anidro, filtrou-se e completou-se a secagem do éter em evaporador, a pressão reduzida. A seguir, o resíduo foi ressuspense em metanol e éter em partes iguais. A amostra e o ácido abscísico padrão foram analisados por cromatografia de camada fina, com sílica gel G, usando-se para solvente de desenvolvimento o acetato de etila e metanol (8:2) e revelando-se com sulfato cérico.

Em face de não haver nas Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 1980), nenhuma prescrição para sementes de cacau, utilizou-se, para os testes de viabilidade e umidade, a metodologia empregada pela equipe de pesquisadores do LAS para sementes com características semelhantes às de cacau. Nestes testes, foram utilizadas sementes de frutos verdoengos, não se levando em consideração sua posição ao longo da placenta. Para a retirada da polpa mucilagínosa, as sementes foram friccionadas manualmente em peneira

de arame, com serragem autoclavada.

A viabilidade das sementes foi inicialmente confirmada pelo teste topográfico de tetrazólio (Delouche et al., 1976). Não foram encontradas referências quanto à metodologia ou interpretação do referido teste para semente de cacau. A autora, após testes preliminares, dispensou o teste com os cotilédones, uma vez que sua tonalidade e sinuosidades mascaravam o resultado. O eixo embrionário foi isolado dos cotilédones, cortado longitudinalmente na região central e uma das metades imersa em solução de cloreto de 2,3,5 - trifenil-tetrazólio a 0,1%, por 24 horas, a 30 °C, no escuro. Após este período, a solução foi trocada por água destilada e o material, assim mantido, foi imediatamente avaliado, utilizando-se o critério de interpretação descrito por Liberal (1980). Foram realizadas duas repetições de 50 sementes.

Paralelamente, foram realizados os testes de germinação, com três repetições de 10 sementes, semeadas em rolos de papel-toalha, com a região hilar voltada para baixo. Cada rolo foi umedecido com 100ml de água destilada e colocado em germinadores com umidade relativa de aproximadamente 100% e fotoperíodo natural de 8 horas de luz. Para a determinação da temperatura ideal de germinação, sob condições laboratoriais, foram testadas as temperaturas constantes de 20, 25, 30 e 35 °C e alternada de 20-30 °C (16 h a 20 °C e 8h a 30 °C). Para os testes em que se acompanhou o desenvolvimento do processo germinativo e o de determinação da temperatura ideal, as leituras foram diárias e, para as demais, as leituras foram realizadas no sétimo

mo e décimo quarto dias após a semeadura ou, quando necessário, com intervalos regulares de sete dias.

A avaliação do conteúdo de umidade foi realizada de acordo com as prescrições das RAS (Brasil, 1980) pelo método de estufa a 105 ± 3 °C, que se destina a qualquer espécie de semente. Foram utilizadas duas repetições de cinco sementes inteiras. O teor de umidade foi expresso em porcentagem na base do peso úmido, cujo cálculo baseou-se na fórmula:

$$U = \frac{100 (P - p)}{P - t}$$

onde: U = % de umidade

P = peso inicial da amostra;

p = peso bruto final;

t = peso da tara (recipiente metálico com tampa).

Resultados

O cacau é um fruto indeiscente, do tipo bacóide drupissarcídio, curtamente pedunculado. A cultivar Comum apresenta frutos de forma elipsóide alongada, ápice obtuso, base truncada e superfície lisa, de cor verde, passando ao amarelodourado, quando maduros. Mede de 13 a 20 cm de comprimento e 6 a 10 cm de largura, pesando de 250 a 600g (Fig. 1). Apresenta, externamente, 10 arestas agrupadas em cinco pares, sendo cada par derivado de um carpelo e separado do vizinho por outro sulco. Estas saliências tornam-se menos profundas à medida que o fruto se desenvolve. O pericarpo, duro ao cortar, apresenta-se com 1,2 a 1,8 cm de espessura. O epicarpo apresenta epiderme colorida sob a qual se

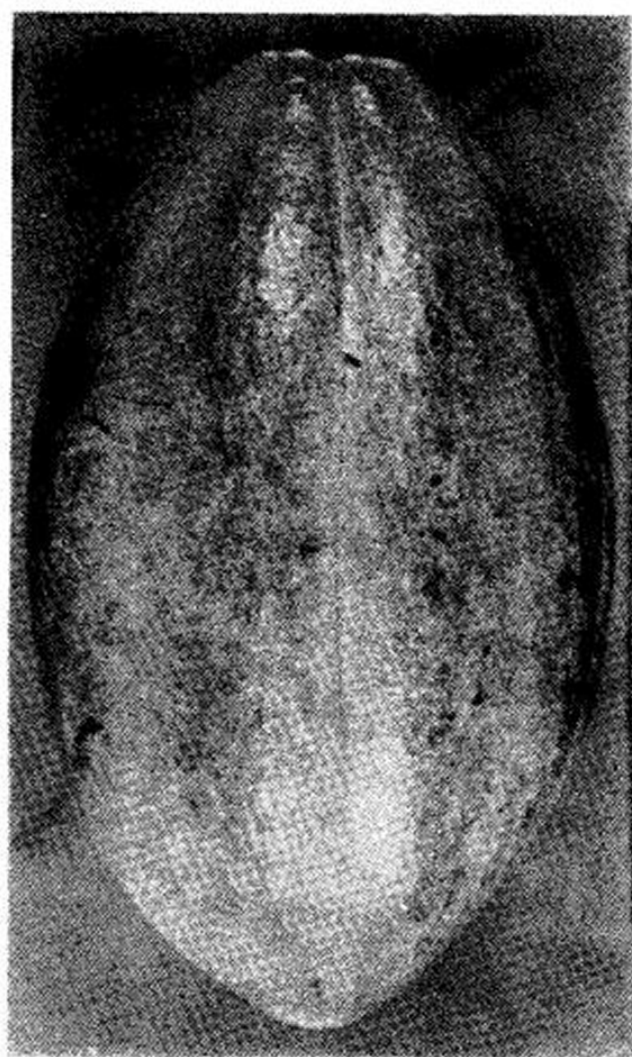


Fig. 1 - *Theobroma cacao* L. Cacau, fruto baccóide drupissarcídio.

encontra uma camada clara, consistente, carnosa, com células mucilaginosas. O mesocarpo, mais fino, é duro, esclerificado e o endocarpo apresenta-se consistente externamente e atetado internamente por uma camada amolecida mucilaginosa e esbranquiçada. O fruto é pentacarpelar, apresentando-se quando jovem pentalocular, com as cinco faces internas dos lóculos formando um pentágono interior. Esta simetria é perdida quando o fruto se desenvolve, apresentando, então, um único lóculo circular com ou sem vestígio dos septos. À coluna placentária, central, branca, prendem-se cinco fileiras

de sementes justapostas, havendo um espaço considerável entre elas e o pericarpo. Cada fruto possui de 20 a 60 sementes, com uma média em torno de 40.

As sementes da região central do fruto são ovaladas com o hilo na extremidade alargada, possuem de 2 a 4 cm de comprimento por 0,9 a 2 cm de largura e 0,7 a 1,5 cm de espessura, com peso fresco variando entre 1 e 3 g. As das extremidades são de tamanho menor e ligeiramente disformes. Achar-se envolvidas por uma polpa espessa, esbranquiçada, ácida (pH 4), formada por células de conteúdo altamente mucilaginoso, glicídico, de natureza calósica (corada de azul pelo azul-de-anilina), celulósica (vermelha pelo vermelho-do-congo) e pécica (encarnada pelo vermelho-de-rutênio). Adirido à polpa, encontra-se um tegumento delgado, pálido-rosado, com visíveis feixes vasculares, orientados em direção ao hilo, tornando-se papiráceo e quebradiço com a secagem. A rafe é visível num dos bordos da semente. Internamente ao tegumento, observa-se um endosperma sumamente reduzido, aparecendo como uma membrana incolor, com pêlos cilíndricos pluricelulares, delgada, aderida ao cotilédone, insinuando-se e atetando todas as suas sinuosidades. O embrião é constituído do eixo embrionário e de dois cotilédones volumosos, carnosos, violáceos, ruminados, plano-convexos, com pêlos simples, cilíndricos e pluricelulares, de gosto amargo, compreendendo mais de 90% do tecido do embrião. As depressões de um cotilédone se encaixam perfeitamente nas saliências do outro e, sendo irregulares, dificultam sua separação. Os lobos basais abrigam completamente o eixo embrionário ficando expos-

ta apenas sua extremidade, protegida por uma pequena quantidade de endosperma. O eixo embrionário apresenta uma coloração ebúmea, é curto, de 6 a 7 mm de comprimento a 2 mm de largura, com forma cilíndrica, coberto por pêlos curtos, simples, pluricelulares e claros. É constituído de epicótilo, hipocótilo e meristema de raiz, constatado pela autora em estudos anatômicos preliminares (Fig. 2).

De acordo com a análise cromatográfica, não foi detectada a presença de ácido abscísico nas soluções de polpa de sementes extraídas de frutos verdes, verdoengos e maduros.

Pelo teste topográfico de tetrazólio, as sementes apresentavam-se com 99 a 100% de viabilidade e eram muito vigorosas. A interpretação do teste foi feita

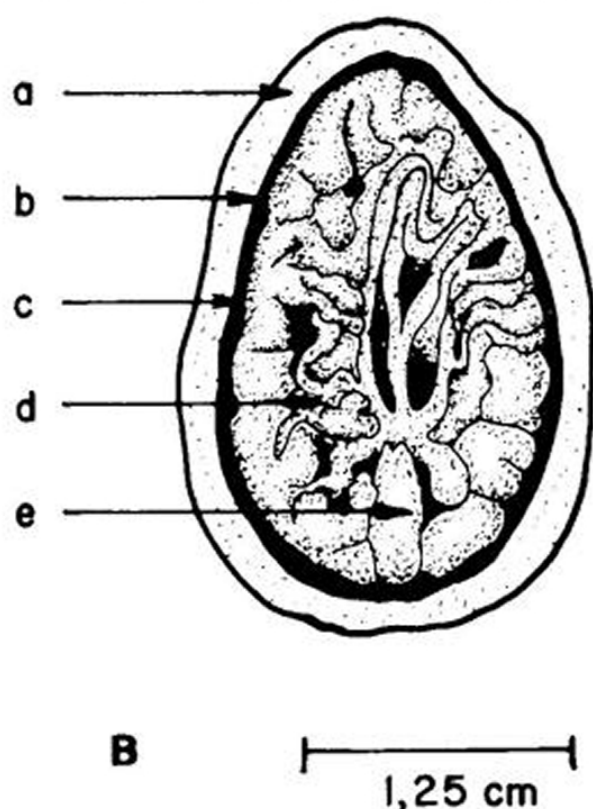


Fig. 2 - Corte longitudinal da semente de cacau com polpa mucilaginosa aderida; a-polpa; b-tegumento; c-endosperma; d-cotilédone; e-eixo embrionário;

em função da localização e tonalidade da coloração no eixo embrionário. Este permaneceu com seu tamanho normal, túrgido e totalmente colorido de vermelho brilhante, ligeiramente mais intenso na região do epicótilo e meristema da raiz. Nos cotilédones, a avaliação torna-se difícil devido à sua coloração antociânica, que se assemelha ao tom vermelho-rosado característico dos tecidos vivos. Em testes preliminares, constatou-se que o endosperma se corou de rosa escuro brilhante, caracterizando uma estrutura viva.

O processo germinativo descrito a seguir refere-se a sementes sem polpa e com tegumento, mantidas em germinador a 30 °C. O tegumento não oferece barreiras à embebição e, dois dias após a semeadura, se rompe em um semicírculo, próximo ao hilo, permitindo a emergência do eixo embrionário. Entre o terceiro e o quarto dias, irrompe a raiz primária, deixando uma cicatriz escurecida. O crescimento radicular é acelerado. Por volta do quinto dia, surgem raízes adventícias, sobretudo na região do hipocótilo próxima à raiz primária. Com 8 a 9 dias, as raízes secundárias estão bem desenvolvidas. Os cotilédones mantêm-se encerrados dentro do tegumento embora a raiz primária e o hipocótilo já estejam bem desenvolvidos e, por volta do décimo primeiro dia, guardam uma relativa proporcionalidade entre si. Caracterizando uma germinação epigéia, os cotilédones são carregados para cima, na maioria das vezes com o tegumento. Enquanto isso, o crescimento do epicótilo torna-se visível entre as bases dos cotilédones. Estes permanecem fechados, sobretudo na região apical, só se abrindo por ocasião da libe-

ração do primeiro par de folhas verdes e claras, que ocorre por volta do décimo quarto dia, quando então, o tegumento é liberado. A primeira folha é maior que a segunda e estão dispostas alternadamente, embora aparentem ser opostas. As folhas são oblongas, de base cuneiforme, ápice acuminado e venação camptódromo-broquidódroma (Fig. 3).

Como complementação e embasamento aos dados acima apresentados, comparou-se ainda a germinação e o desenvolvimento de plântulas provenientes de sementes com polpa e de sementes sem polpa e sem tegumento. Observou-se que a presença da polpa mucilaginosa retardou o início da germinação e o desenvolvimento da plântula. Sementes sem polpa e sem tegumento germinaram mais rápido e desenvolveram-se em plântulas mais vigorosas, no mesmo período de tempo que sementes com tegumento (Quadro 1).

Nas temperaturas constantes de 20, 25 e 30 °C e alternada de 20–30 °C, a porcentagem final de germinação foi de 100%. No entanto, o completo desenvolvimento das plântulas foi atingido dentro de um menor período de tempo quando submetidas a 30 °C (Quadro 2). Embora a temperatura constante de 35 °C tenha favorecido a emissão do eixo embrionário mais rapidamente, aos cinco dias após a sementeira, a raiz primária e o hipocótilo mostravam-se escurecidos e necrosados. Plântulas provenientes de sementes germinadas a 30 °C apresentaram-se mais desenvolvidas que as das demais temperaturas estudadas num mesmo período de tempo. Observou-se que a presença do tegumento retardou o processo em todas as temperaturas (Fig. 4).

Dentre as sementes estudadas, consta-

tu-se que o teor de umidade das sementes com polpa foi de 51,19%, das sementes sem polpa e com tegumento de 46,30% e das sem polpa e sem tegumento de 42,39%.

Discussão

A tipificação do fruto de cacau é objeto de interpretações controversas. Nosti (1953) classificou-o como cápsula; Hardy (1961) e Costa (1978) como drupa. Nichols (1964), embora não o tenha classificado, sugeriu que, sendo a camada interna do pericarpo lignificada, pouca justificativa existe para que seja chamado de baga, classificação aplicada posteriormente por Keleny (1968) e Roth e Lindorf (1971). Na tentativa de se encontrar uma tipificação adequada, utilizou-se a classificação de Barroso (s.d.), que incluiu o cacau no tipo *bacóide* (fruto carnoso, indeiscente com um a muitos lóculos, com sementes envolvidas em polpa sucosa ou carnosa), do subtipo *drupisarcídio* (epicarpo de consistência firme, coriácea ou, às vezes, lenhosa, presença de anel de esclerênquima remanescente do meristema original, placentação axial e cavidade do fruto com conteúdo carnoso, brando ou sucoso).

Cheesman (1927), Nichols (1964) e Keleny (1968) indicaram que a polpa que envolve a semente origina-se de células da testa. Roth e Lindorf (1971), em seu estudo anatômico sobre o fruto e as sementes de cacau, concluíram que a maior parte do endocarpo se transforma na polpa do fruto, que envolve as sementes no estado adulto, estando a epiderme interna do endocarpo presa à epiderme externa da testa das sementes. Assinalaram, ainda, que os septos dos frutos se decom-

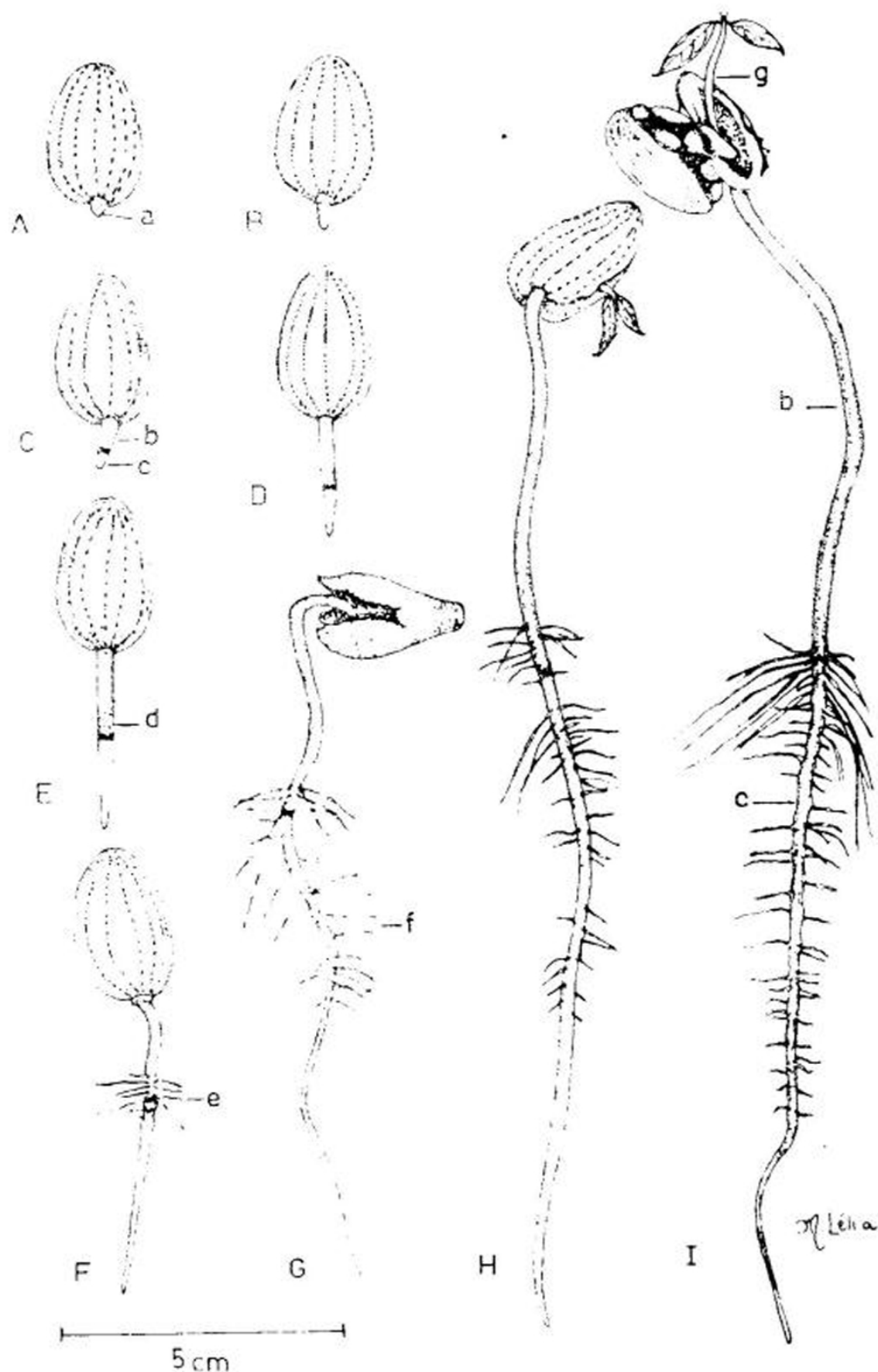


Fig. 3 – Desenvolvimento da plântula de cacau (A–H). a - eixo embrionário; b - hipocótilo; c - raiz primária; d - raízes adventícias incipientes; e - raízes adventícias; f - raízes secundárias; g - epicótilo.

põem total ou parcialmente com o desenvolvimento do fruto, já que o tecido ao redor dos lóculos se transforma na polpa. Corner (1976), ao descrever anatomicamente a semente, não fez referência à polpa como componente desta. No presente trabalho, a polpa foi considerada como um tecido originário do endo-

carpo e não com uma estrutura morfológica da semente. Esta conclusão baseou-se em estudos anatômicos anteriores, realizados pela autora, e que encontraram apoio na literatura.

A literatura não tem sido conclusiva quanto à interpretação de determinadas estruturas do embrião da semente de ca-

Quadro 1 - Desenvolvimento de plântulas de cacau provenientes de sementes, com polpa e sem polpa com e sem tegumento, a 30 ± 1 °C.

Dias após a sementeira	Comprimento das estruturas da plântula (cm)											
	Sementes com polpa			Sementes sem polpa com tegumento			Sementes sem polpa sem tegumento					
	r. pr.	hi.	ep.	e. em.	r. pr.	hi.	ep.	e. em.	r. pr.	hi.	ep.	
2	-	-	-	0,1	-	-	-	0,3-0,4	-	-	-	
6	1-2	0,8-1	-	-	2-4	1,3-1,6	-	-	4-8	1,5-2	-	
10	4-7	2-3	-	-	5-10	3-5	-	-	7-12	4-7	0,4-0,5	
14	8-13	4-7	-	-	9-14	6-12	0,6-0,7	-	14-16	6-13	3-6	
16	10-16	8-13	1-3	-	12-16	9-14	2-4	-	-	-	-	

e. em. - eixo embrionário

hi. - hipocótilo

r. pr. - raiz primária

ep. - epicótilo

Quadro 2 - Número de dias para a emissão do eixo embrionário e desenvolvimento completo da plântula e porcentagens médias de germinação de sementes com tegumentos (CT) e sem tegumento (ST), sob diferentes temperaturas. (porcentagem inicial de germinação: 100%).

Temperatura (°C)	Dias (número)					
	Emissão do eixo embrionário		Desenvolvimento completo da plântula		Germinação (%)	
	CT	ST	CT	ST	CT	ST
20	5	4	27	25	100	100
25	3	2	18	15	100	100
30	2	1	14	11	100	100
35	1	1	0	0	0 ^a	0 ^a
20-30	4	3	22	20	100	100

^a 100 de plântulas deterioradas, com raiz primária e hipocótilo necrosados.

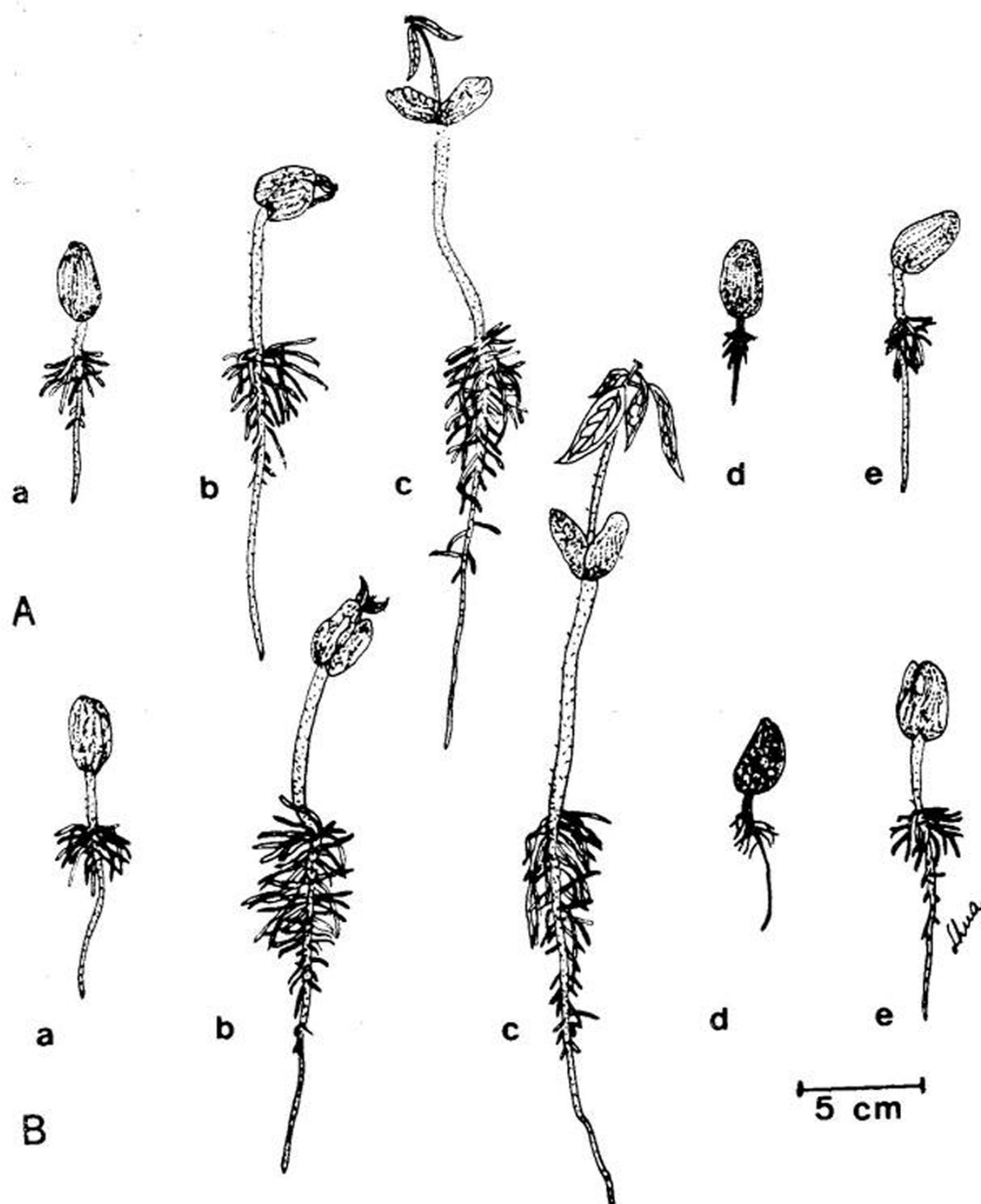


Fig. 4 – Plântulas de cacau 21 dias após a sementeira sob diferentes temperaturas; A-Desenvolvidas de sementes com tegumento; B-Desenvolvidas de sementes sem tegumento; a-20 °C; b-25 °C; c-30 °C; d-35 °C; e-20-30 °C.

cau. Crocker e Barton (1957) consideraram o embrião das Angiospermae constituído de cotilédones (um ou dois), hipocótilo e epicótilo ou plúmula e que a região inferior de crescimento no hipocótilo pode se apresentar como uma raiz primária definida, chamada, algumas vezes, de radícula, ou como uma massa meristemática de células que só se diferenciam durante o processo de germinação. Nosti (1953), Hardy (1961), Jiménez (1963) e Ibañez (1964) não incluíram os cotilédones como constituintes do embrião da semente de cacau, entretanto, Quatrecasas (1964) considerou-o como sendo formado pelos cotilédones, radícula e plúmula, enquanto Costa (1978) como formado pelos cotilédones, hipocótilo com radícula e plúmula. Duncan e Todd (1972), após estudo anatômico do embrião não concordaram com a interpretação de Cuatrecasas (1964), julgando o termo "radícula" impróprio para as sementes de cacau. Determinaram que o embrião constitui-se de dois cotilédones e do eixo embrionário, formado pelo epicótilo, com dois primórdios foliares; hipocótilo caracterizado pela região entre o nó cotiledonar e o meristema da raiz e pelo meristema da raiz, coberto pela capa protetora do meristema da raiz. Diante da análise da terminologia e conceitos empregados, utilizou-se, no decorrer deste trabalho, o termo eixo embrionário para a estrutura que se caracteriza pela presença do epicótilo, hipocótilo e meristema da raiz.

O ácido abscísico é reconhecido como um potente inibidor da germinação (Addicott e Lyon, 1969; Milborrow, 1974; Devlin, 1975; Burden e Taylor, 1976; Meyer, Anderson e Bohning, 1976). Em-

bora já tenha sido isolado em sementes de pêssego (Lipe e Crane, 1966), uva (Addicott e Lyon, 1969) e alface (Coelho, 1980), neste ensaio não foi detectado na polpa das sementes, o que, no entanto, não afasta a possibilidade de sua presença em outra parte do fruto ou na semente, bem como a presença de uma outra substância inibidora. Esta suposição baseia-se nos experimentos de Mumford e Brett (1982), os quais demonstraram que extratos concentrados do endocarpo e da testa da semente inibiram a germinação de sementes de agrião, sem prejudicar sua viabilidade.

Dentre os testes de viabilidade empregados para estimar o poder germinativo de um lote de sementes, o tetrazólio é o que revela resultados mais rápidos. Durante o processo respiratório da semente, os ions de hidrogênio são transferidos, pela ação biocatalizadora do complexo enzimático, das desidrogenases para o tetrazólio, que atua como receptor de hidrogênio. O sal de tetrazólio, incolor, é então reduzido a formazana, um produto insolúvel, vermelho e não difusível, que distingue os tecidos vivos, coloridos, que respiram, daqueles mortos, que mantêm sua coloração normal (Delouche et al., 1976; Grabe, 1976; Liberal, 1980).

Pyke, Leonard e Wardlaw (1934) empregaram os termos cotilédones e radícula e Nosti (1953), Cuatrecasas (1964), Barton (1965) e Mumford e Brett (1982), os termos cotilédones, hipocótilo e radícula para as estruturas constituintes da plântula no início do processo germinativo das sementes de cacau. Esau (1974), International Seed Testing Association (1976) e Font Quer (1977) caracterizaram a radícula como sendo uma raiz em-

brionária ou rudimento radicular do embrião nas plantas superiores, enquanto na literatura botânica corrente encontra-se indiscriminadamente o termo radícula para caracterizar a pequena raiz da plântula. Neste trabalho, durante a descrição do processo germinativo, no segundo dia após a semente, considerou-se ainda como eixo embrionário a estrutura que emergiu da semente, já que não foi constatada nenhuma alteração morfológica visível, exceto o aumento em comprimento do eixo. Entre o terceiro e o quarto dias, ocorreu o rompimento da capa protetora do meristema radicular, deixando visível uma cicatriz escurecida (anel), surgindo, então, a raiz primária que se diferenciou do meristema da raiz.

Resultados aproximados aos encontrados neste experimento quanto à temperatura ideal de germinação (100% de germinação entre 20 e 30 °C) foram obtidos por Pyke (1935) com temperaturas de 21 a 32 °C, Hunter (1959) de 24 a 30 °C e Barton (1965) de 20 a 30 °C. No entanto, 30 °C foi considerada a ideal, uma vez que proporcionou o número máximo de plântulas no menor período de tempo.

Conclusões

A análise e a interpretação dos dados obtidos durante a pesquisa permitiram que se tirassem as seguintes conclusões:

1. O cacau é um fruto do tipo bacóide drupissarcídio.

2. A polpa mucilaginosa que envolve a semente tem origem endocárpica, não sendo considerada uma estrutura da semente. É glicídica, de natureza calósica, celulósica e péctica.

3. Não foi detectada a presença do inibidor de germinação ácido abscísico na polpa envolvente de sementes extraídas de frutos verdes, verdoengos e maduros.

4. Pelo teste topográfico de tetrazólio, as sementes viáveis e muito vigorosas apresentavam o eixo embrionário de tamanho normal, túrgido e totalmente colorido de vermelho brilhante, ligeiramente mais intenso na região do epicótilo e meristema da raiz.

5. A germinação é epigéia. A primeira estrutura que emerge é o eixo embrionário e a raiz primária se diferencia do meristema da raiz. O crescimento radicular é acelerado e proporcional ao hipocótilo. Com a liberação do hipocótilo, após a abertura dos cotilédones surge o primeiro par de folhas alternas, oblongas, de base cuneiforme, ápice acuminado e venação camptódromo-broquidódroma.

6. A temperatura de 30 °C permitiu o completo desenvolvimento da plântula dentro de um menor período de tempo. Embora a 35 °C tenha ocorrido maior velocidade na emissão do eixo embrionário, a raiz primária e o hipocótilo se tornam escurecidos e necrosados.

Literatura Citada

- ADDICOTT, F.T. and LYON, J.L. 1969. Physiology of abscisic acid and related substances. *Annual Review of Plant Physiology* 20:139-164.
- BARROSO, G.M. s.d. *Morfologia dos frutos e sementes de dicotiledôneas aplicada à sistemática*. s.l., s.e. s.p.

- BARTON, L.V. 1965. Viability of seeds of *Theobroma cacao* L. Contributions. Boyce Thompson Institute for Plant Research 23 (4): 109–122.
- BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO VEGETAL. 1980. Regras para análise de sementes. Brasília. 188p.
- BURDEN, R.S. and TAYLOR, H.F. 1976. Xantoxin and abscisic acid. Pure and Applied Chemistry 47:203–209.
- CHEESMAN, E.E. 1927. Fertilization and embryogeny in *Theobroma cacao* L. Annals of Botany 41 (161): 107–126.
- CHIN, H.F. and ROBERTS, E.H. 1980. Recalcitrant crop seeds. Kuala Lumpur, Malaysia, Tropical Press. 151p.
- CLARK, S.M. and SCOTT, D.J. 1982. Effect of carboxin, benomyl and captan on the germination of wheat during the post-harvest dormancy period. Seed Science and Technology 10 (1):87–94.
- COELHO, R.C. 1980. Efeitos de substâncias reguladoras de crescimento sobre a dormência de sementes de alface. (*Lactuca sativa* L.) Tese. Viçosa, MG., Brasil, Universidade Federal de Viçosa. 94p.
- CORNER, E.J.H. 1976. The seeds of dicotyledons. Cambridge, Cambridge University Press. v.1., p.265.
- COSTA, A.F. 1978. Farmacognosia. 2 ed. Lisboa, Calouste Gulbenkian v.2, pp.48, 90–92, 742–747.
- CROCKER, W. and BARTON, L.V. 1957. Physiology of seeds; an introduction to the experimental study of seed and germination problems. Waltham, MA, USA, Chronica Botanica. 267p.
- CUATRECASAS, J. 1964. Cacao and its allies. A taxonomic revision of the genus *Theobroma*. Contributions from the United States National Herbarium 35 (6):379–614.
- DELOUCHE, J.C. et al. 1976. O teste de tetrazólio para viabilidade da semente. Brasília, AGIPLAN. 103p.
- DEVLIN, R.M. 1975. Fisiologia vegetal. Barcelona, Omega. 468p.
- DUNCAN, E.J. and TODD, A.W. 1972. Structure of the mature embryo of *Theobroma cacao* L. Annals of Botany 36 (148):939–945.
- ESAU, K. 1974. Anatomia das plantas com sementes. São Paulo, Edgard Blucher. pp. 6–15.
- FONT QUER, P. 1977. Diccionario de botánica. Barcelona, España, Labor. 1244p.
- GRABE, D.F. 1976. Manual do teste de tetrazólio em sementes. Brasília, Ministério da Agricultura. 85p.
- HARDY, F. 1961. Manual de cacao. Turrialba, Costa Rica, IICA. 395p.
- HOLDEN, E.M. 1959. Studies on cacao enzymes. In Tafo, Ghana. WACRI. Annual Report 1957–58. Tafo. pp. 65–66.
- HUNTER, J.R. 1959. Germination in *Theobroma cacao* L. Cacao (Costa Rica) 4(4):1–8.
- IBÁÑEZ, M.L. 1964. Role of the cotyledon in sensitivity to cold of cacao seed. Nature 201 (4917):414–415.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. 1976. International rules for seed testing. Seed Science and Technology 4(1):3–49.

- JIMÉNEZ S., E. 1963. Retardamiento de la germinación de semilla de cacao por medio de azúcares. *Turrialba (Costa Rica)* 13:231-233.
- KELENY, G.P. 1968. Storage, transport and packaging of cacao seed. *Coffee and Cacao Journal* 11(5/6):68-70.
- LIBERAL, O.H.T. 1980. O teste de tetrazólio e suas aplicações. Itaguaí, RJ, Brasil, PESAGRO. 7p. (datilografado).
- LIPE, W.N. and CRANE, J.C. 1966. Dormancy regulation in peach seeds. *Science* 153(3735) 541-542.
- MEYER, B.S., ANDERSON, D.B. y BOHNING, R.H. 1976. Introducción a la fisiología vegetal. 4 ed. Buenos Aires, EUDEBA. 579p.
- MILBORROW, B.V. 1974. The chemistry and physiology of abscisic acid. *Annual Review of Plant Physiology* 25:259-307.
- MUMFORD, P.M. and BRETT, A.C. 1982. Conservation of cacao seed. *Tropical Agriculture (Trinidad and Tobago)* 59(4):306-310.
- NOSTI, N., J. 1953. Cacao, café y té. Barcelona, España, Salvat. pp. 1-374.
- NICHOLS, R. 1964. Studies of fruit-development of cacao (*Theobroma cacao* L.) in relation to cherville wilt. I. Development of the pericarp. *Annals of Botany* 28(112):618-635.
- PYKE, E.E. 1935. On the germination of cacao beans with special reference to storage and transport problems. In St. Augustine, Trinidad. Imperial College of Tropical Agriculture Annual Report on Cacao Research, 4th, 1934. St. Augustine. pp 33-40.
- , LEONARD, E.R. and WARDLAW, C.W. 1934. On the viability of cacao seeds after storage. *Tropical Agriculture (Trinidad and Tobago)* 11(12):303-307.
- ROTH, I. y LINDORT, H. 1971. Desarrollo y anatomía del fruto y de la semilla de *Theobroma cacao* L. *Acta Botanica Venezuelica* 6(1/4):45-52.
- SWARBRICK, J.T. 1965. Storage of cocoa seeds. *Experimental Agriculture* 1:201-207.

