

TURRIALBA

REVISTA INTERAMERICANA DE CIENCIAS AGRICOLAS

VOLUMEN 42

TRIMESTRE JULIO—SEPTIEMBRE 1992

NUMERO 3

CODEN: TURRAB 42(3):287-420

Calidad del cacao en cuatro zonas cacaoteras de Costa Rica E. Cubero, G. Enriquez, A. Hernández, T. Rodríguez	287
Efecto de la altitud sobre el proceso de fermentación. E. Cubero, G. Enriquez, A. Hernández, T. Rodríguez	294
General morphology, growing conditions and development of fiber filaments in lechuguilla (<i>Agave lechuguilla</i> Torr.). R.K. Maiti, M.G. Garza de la Riba	299
Morfología e desenvolvimento das plântulas de <i>Inga fagifolia</i> e <i>I. uruguensis</i> . M.T. Oliveira, C.M. Beltrati	306
Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on the mixed cropping of maize and beans. G.J.M. Gallotti, L. Zambolim, Cl. Vieira	314
Determinación de la variación isoenzimática en progenies de <i>Eragrostis curvula</i> (Schrad.) Nees. N. Guzmán, M. Di Renzo, M. Poverene	321
Aspects of leaf nitrogen metabolism in two cultivars of tomato under water deficit. M. Castrillo, D. García	327
Compuesto de amplia base genética de maíz tropical. I. Respuesta a la selección. R.E. Preciado	334
Compuesto de amplia base genética de maíz tropical. II. Variación en las familias. R.E. Preciado	341
Método de laboratório para avaliação da resistência genética de <i>Coffea</i> spp. a <i>Perileucoptera coffeella</i> . O. Guerreiro Filho, H.P. Medina Filho, A. Carvalho	348
Respuesta de tres híbridos comerciales de maíz a la inoculación con <i>Ascospiillum</i> . I. García de Salamone, M.A. Monzón de Asconegui, M. Zawosnik, M. Zanchetti	359
Variabilidad espacial de un suelo bajo vegetación de <i>Prosopis</i> sp. O.A. Bachmeier, E. Buffa	365
Viabilidade das sementes de <i>Tibouchina urvilleana</i> (DC) Cogn. (Melastomataceae). K.H. Kraemer, A.N. Kämpf, M.E. Alves Aquila	371
Biochemical markers of variety in <i>Cocos nucifera</i> L. from Yucatan. B. Canto-Canché, E. Quintal-Salazar, M.A. Villanueva	375
Correlações fenotípicas entre caracteres não destrutíveis e palmito em pupunheiras. M.L. Alves Bovi, L.A. Saes, G. Godoy Junior	382
Reproducción sexual y partenogénica de <i>Cephalonomia stephanoderis</i> Betrem en Laboratorio. F. Infante, J.F. Barrera, J. Gómez, A. Castillo, W. de la Rosa	391
Solid and fluid sugarcane fertilization in Brazil. L.C.F. da Silva, A.A. Rodella, J.O. Filho, P.H.C. Luz	397
Eight year results from provenance trials of <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , <i>P. oocarpa</i> and <i>P. tecunumanii</i> in the Valle del Cauca, Colombia. J.A. Wright	401
Notas Técnicas	
Hospederos alternos en pentatómido: Implicaciones en el manejo de plagas. E. Daza, A. Pantoja	408
Efecto de los protozoarios sobre la nodulación en frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>). O. Acuña, C. Ramírez	411
Observaciones preliminares sobre la diseminación del caldén (<i>Prosopis caldenia</i> Burk). R. Peinetti, C. Cabezas, M. Pereyra, O. Martínez	415
Reseñas de libros	358, 381, 390, 396, 418



INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA

San José, Costa Rica

CR ISSN 0041 - 4360

Efecto de la Altitud sobre el Proceso de Fermentación¹

E. Cubero*, G. Enríquez*, A. Hernández*, T. Rodríguez*

ABSTRACT

Sixteen samples were taken of four cocoa varieties, two of "fine" and two of "bulk" cocoa, both fermented and unfermented. The samples were from two different altitudes. Ten chemical analyses were used to determine the effect of altitude on the fermentation. The samples from 40 masl showed more severe changes than those from 600 masl, except for pH and total acidity. The room temperature at altitudes near sea level helped to reach higher temperatures during fermentation, which could also be maintained longer than the temperatures reached at higher altitudes. Chemical reactions and other changes during fermentation were shown to be more rapid.

INTRODUCCION

La fermentación es indispensable para obtener una buena calidad de cacao procesado. En efecto, un chocolate elaborado a partir de almendras no fermentadas se caracteriza por una fuerte astringencia, y una ausencia de aroma; mientras que el elaborado a partir de almendras fermentadas se caracteriza por una débil astringencia, una amargura aceptable y un sabor bien desarrollado (4).

Se conoce poco sobre el ambiente y los efectos genéticos en la química de la semilla, lo que significa cualquier diferencia en la fermentación (11).

Phillips, citado por Pardo (15), observó, en dos épocas de cosecha, diferencias en la velocidad de calentamiento del cacao durante las fermentaciones. Allison y Kenten, también citados por Pardo (15), demostraron que el mayor incremento de temperatura logrado con el cacao de la cosecha principal, no era debido a la

COMPENDIO

Se recolectaron 16 muestras de cacao, de cuatro genótipos diferentes, dos acriollados y dos forasteros, fermentados y sin fermentar, procedentes de dos diferentes altitudes sobre el nivel del mar; se les aplicaron diez análisis químicos con el fin de determinar el efecto producido por la altitud sobre la fermentación. Los cambios más marcados durante la fermentación se presentaron en las muestras correspondientes a 40 metros sobre el nivel del mar, excepto para el pH y la acidez total. La temperatura del ambiente de las zonas en altitudes cercanas al nivel del mar favorecen una temperatura mayor durante el proceso de fermentación, el cual se produce antes que en zonas más altas, y se mantienen por más tiempo; eso permite que las reacciones y cambios a 40 msnm sean más rápidas.

temperatura ambiental, sino a un mucílago más húmedo, consecuencia de una precipitación mayor durante el desarrollo de la mazorca.

Romeu (17) detectó una variación en la acidez de las almendras, que dependió no sólo de la época de cosecha y fermentación, sino también del lugar de procedencia del cacao.

La escasez de agua o de nutrimentos en el suelo puede variar la composición bioquímica de los cotiledones (10). La deficiencia de cobre puede disminuir la formación de la enzima polifenoloxidasas y provocar una mayor astringencia en el cacao procesado.

Rohan y Wood, a quienes también se refiere Pardo (15), indican que las condiciones externas, tales como temperatura ambiental muy baja y alta humedad relativa en el momento de la fermentación, pueden retrasar e inclusive impedir el ascenso de la temperatura de la masa, formándose las llamadas fermentaciones "muertas" o "babosas".

Ramírez (16) señala que las temperaturas generadas por cuatro sistemas de fermentación de pequeñas cantidades, en la localidad de Turrialba (600 msnm), se mantuvieron por debajo del nivel térmico producido en

¹ Recibido para publicación el 7 de setiembre de 1990

* Centro de Investigación en Productos Naturales (CIPRONA), Universidad de Costa Rica.

localidades situadas a alturas inferiores a los 80 msnm, de modo que a mayor altitud la fermentación se demora más tiempo y se deduce que la velocidad e integridad del proceso, en una zona como Turrialba, son menores que en otras localidades más bajas, donde las fases del proceso no se desarrollan adecuadamente.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron cuatro genótipos o complejos genéticos de cacao: mezcla de clones de los genótipos Criollo, Trinitario, Forastero y granos del cultivar Catongo, de los cuales se tomó una muestra fermentada y otra sin fermentar. Lo anterior se realizó en dos altitudes diferentes sobre el nivel del mar: a 40 msnm (Finca La Lola) y a 600 msnm (Estación Experimental del CATIE en Turrialba). Las muestras se recolectaron entre los meses de junio y setiembre de 1988.

La fermentación se efectuó en cajas Rohan modificadas y, en muy pocos casos, en montones de 70 kg cada uno. Los montones se removían diariamente y la fermentación tardó cinco días, en el sistema Rohan y en montón. El secado, en todos los casos, fue solar.

A estas muestras se les practicaron en el laboratorio del Centro de Investigaciones en Productos Naturales de la Universidad de Costa Rica los siguientes análisis: humedad, peso seco del grano, contenido de grasa, contenido de ceniza, pH, acidez, contenido de N total y N soluble, polifenoles totales, taninos y antocianinas.

El peso se midió con una balanza electrónica marca Mettler H31AR, según lo describen Egbe y Owolalbi (9). La determinación del contenido de humedad se hizo mediante el método descrito en la Norma Ecuatoriana (8). El análisis de grasa se realizó por medio del método de Soxhlet, utilizando hexano como solvente y una extracción a 70°C durante 24 horas. La medición de N total y el pH fue de acuerdo con el método descrito por Williams (1). La acidez se determinó según el método dictado por Barel (2). Para los polifenoles se usó el método de Folin-Denis, descrito por Williams (1). Se hizo una modificación en la preparación de la muestra, pues se tomó 0.2 g de cacao desgrasado y se aforó a 25 ml con metanol al 50 por ciento. Se agitó 5 min y se dejó en reposo una hora. Ese líquido sirvió de muestra, según lo expuesto por Cros, Villeneuve y Vincent (5). Los taninos se analizaron siguiendo el método descrito por Broadhurst y Jones (3). Para ello, se usó como muestra

el extracto preparado para medir los polifenoles. Con el método de Chassevent y d'Ornano (6), se determinaron las antocianinas. Por último, el contenido de cenizas y el porcentaje de nitrógeno soluble fueron evaluados de acuerdo con los métodos mencionados por Lees (12).

Cada análisis se llevó a cabo con una sola repetición y se hicieron seis veces por cada repetición. La fermentación de cada una de las poblaciones genéticas fue un factor limitante, ya que para la fermentación se requieren 70 kg de cacao en "baba", y estas muestras se tomaron de una plantación experimental, donde el número de árboles de cada clon es muy reducido. Por esa razón, no se pudo analizar más de una muestra por población, a pesar de que se hicieron repeticiones para cada lugar y tipo de fermentación, y dos repeticiones para cada población genética.

RESULTADOS Y DISCUSION

Peso seco

No se presentaron diferencias estadísticas significativas entre el cacao cultivado y procesado a 40 msnm y a 600 metros sobre el nivel del mar.

Ceniza, polifenoles totales, taninos y antocianinas

En promedio, el cacao sin fermentar, a 600 msnm (Turrialba), tuvo menor cantidad de ceniza (Fig. 1), de polifenoles totales (Fig. 2), taninos (Fig. 3) y antocianinas (Fig. 4) que el de 40 msnm (La Lola); sin embargo, después de fermentarse retuvo más de los cuatro componentes mencionados que el cacao de la zona baja.

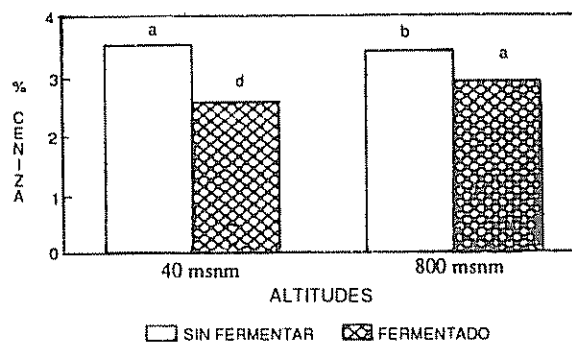


Fig. 1. Efecto de la altitud sobre la fermentación en el porcentaje de cenizas

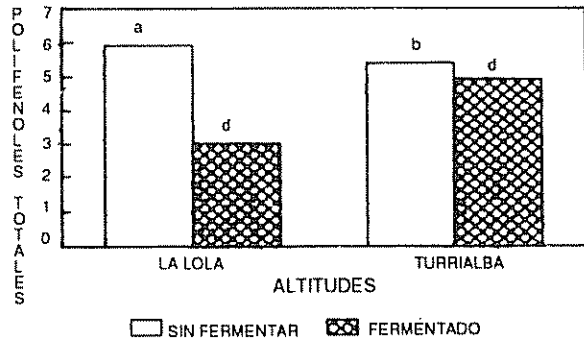


Fig. 2. Efecto de la altitud sobre la fermentación en el porcentaje de polifenoles totales.

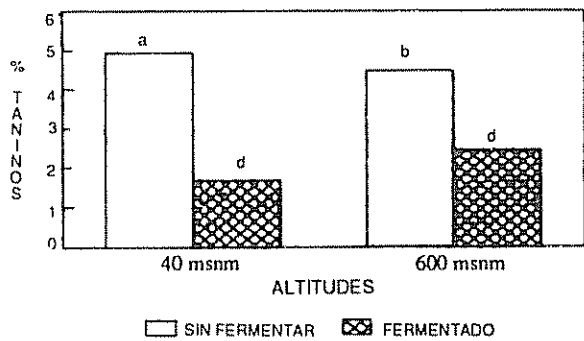


Fig. 3. Efecto de la altitud sobre la fermentación en el porcentaje de taninos condensables.

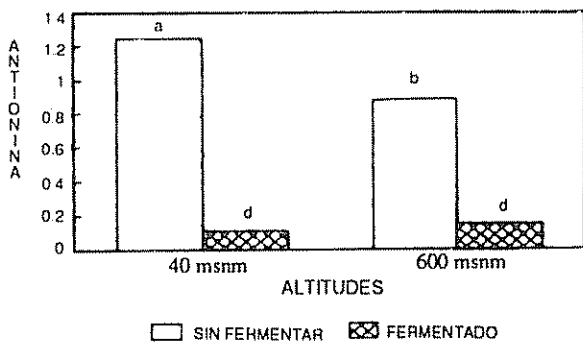


Fig. 4. Efecto de la altitud sobre la fermentación en el contenido de antocianinas (absorbancias).

Este comportamiento fue similar al señalado por Ramírez (16) y Vargas (20), quienes encontraron que en zonas localizadas a una altura de 600 msnm, las temperaturas de fermentación son más bajas que en zonas cercanas al nivel del mar; de manera que la fermentación demora más tiempo. Vargas (20) indicó que en zonas como Turrialba la temperatura inicial es

más baja, por eso tarda más tiempo en alcanzar la temperatura máxima de fermentación, la cual es inferior a la alcanzada en zonas cercanas al nivel del mar, y se mantiene por menos tiempo; eso provoca que las fases del proceso no se desenvuelvan adecuadamente. Las temperaturas máximas se alcanzaron primero al nivel del mar que en zonas cercanas a los 600 msnm; por lo que la muerte del embrión sobrevino más rápidamente en los 40 msnm (18). Esto favoreció que, en forma más temprana, la glicosidasa, la proteasa y, posteriormente, la polifenoloxidasa entraran en contacto con sus sustratos, lo que permitió un mayor tiempo de actividad. Además, en las altitudes cercanas al nivel del mar, la temperatura de fermentación fue más alta que a 600 msnm (16, 17); eso estimuló la actividad de dichas enzimas, cuyas temperaturas óptimas se encuentran entre 45°C y 50°C (11, 13).

Se observa también pérdida de cenizas, polifenoles totales, taninos y antocianinas durante el proceso de fermentación. Esta pérdida fue una consecuencia de la permeabilidad de las células del grano, una vez muerto el embrión, lo que permitió que las cenizas difundieran hacia la testa, diluidas en los líquidos que estaban entrando y saliendo del grano, y que las enzimas se pusieran en contacto con los polifenoles —taninos y antocianinas— para hidrolizarlos, oxidarlos y polimerizarlos.

pH y acidez total

El pH más alto se encontró en el cacao recolectado a 600 msnm, sin fermentar; sin embargo, luego de la fermentación, fue más alto en el cacao de 40 msnm (Fig. 5). La acidez total se determinó menor a 600 msnm cuando el cacao estaba sin fermentar, y no se presentaron diferencias estadísticas significativas después de la fermentación (Fig. 6).

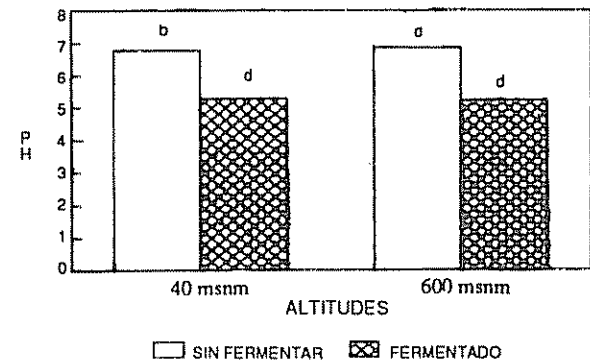


Fig. 5. Efecto de la altitud sobre la fermentación en el pH.

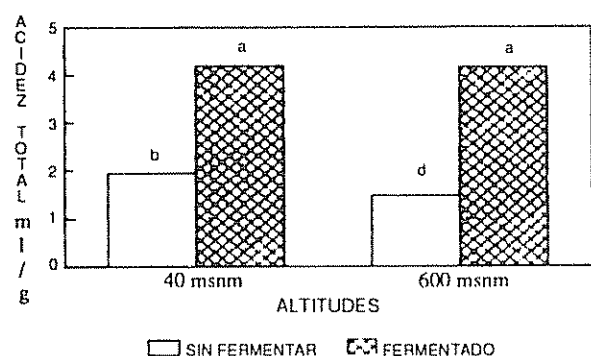


Fig. 6. Efecto de la altitud sobre la fermentación en la acidez total (ml NaOH 0,1M/g cacao)

Se deduce que las diferencias más marcadas, entre el cacao fermentado y el sin fermentar, se presentaron a los 600 msnm, tanto en acidez total como en pH. Esta disminución pudo ser consecuencia de la temperatura de fermentación alcanzada durante el proceso. Vargas (20) y Ramírez (16) informaron que la masa del cacao de Turrialba alcanzó una temperatura menor durante la fermentación, que el proveniente de una finca localizada a una altura semejante a La Lola, como consecuencia de la temperatura ambiente más baja, la cual influye en el inicio de la reacción de oxidación (16). La temperatura de fermentación más alta, que se encontró en estas investigaciones, fue a 40 msnm (La Lola), y se debe a una mayor oxidación de etanol a ácido acético con el correspondiente aumento de concentración de ácido en la pulpa circundante; sin embargo hubo mayor evaporación de ácido acético al medio y oxidación de éste a dióxido de carbono y agua; ese hecho provocó que a 40 msnm hubiera menor ingreso de ácido al cotiledón.

Porcentaje de nitrógeno total

No se presentaron diferencias estadísticas significativas entre el cacao fermentado a 40 msnm y el fermentado a 600 metros sobre el nivel del mar.

Porcentaje de nitrógeno soluble

El cacao fermentado a 40 msnm (La Lola) contenía mayor cantidad de N soluble que el no fermentado (Fig. 7); mientras que el cacao a 600 msnm presentó un comportamiento opuesto. Durante el proceso de beneficiado, el cacao debe sufrir un aumento de N soluble, por lo que se le da una explicación satisfactoria a este comportamiento.

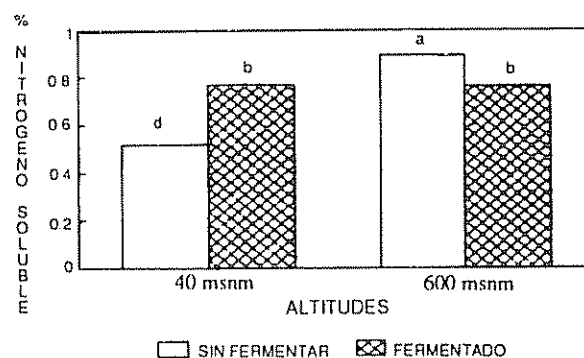


Fig. 7. Efecto de la altitud sobre la fermentación en el porcentaje de nitrógeno soluble.

Se constató que a 40 msnm (La Lola), el cacao perdió más N soluble al fermentarse que a 600 msnm (Turrialba). Este comportamiento fue el esperado, pues —como ya se mencionó— las zonas que se encuentran a una altitud cercana al nivel del mar alcanzan en forma más temprana la temperatura máxima de fermentación, la cual es más alta y se mantiene por más tiempo que en altitudes de 600 msnm (20); con esto se favorece una fermentación más rápida y efectiva, así la hidrólisis de la proteína se produce antes, lo mismo que las reacciones con polifenoles y las exudaciones.

Pocentaje de grasa

Entre ambas altitudes (40 msnm y 600 msnm), el porcentaje de grasa no mostró diferencias estadísticas significativas.

CONCLUSIONES

- Los polifenoles totales, dentro de los cuales están incluidos los taninos y las antocianinas, tienden a acumularse, en mayor proporción, en alturas cercanas al nivel del mar (40 msnm), cuando no se han fermentado; sin embargo, es, en esta zona, donde el cacao sufre las mayores pérdidas de estos compuestos durante la fermentación.
- Los cambios son más pronunciados cuando la fermentación se lleva a cabo al nivel del mar que en zonas con mayor altitud. Por eso es más ventajoso fermentar a altitudes cercanas a los 40 msnm que a los 600 metros sobre el nivel del mar.

LITERATURA CITADA

1. ANALYTICAL METHODS OF AOAC. 1984. 14 ed. S. Williams (Ed.) EE.UU., AOAC p. 187, 199.
2. BAREL, M. 1987. Délai d'écabossage: Influence sur les rendements et la qualité du cacao marchand et du cacao torréfié. *Café, Cacao, Thé* 31(2):141-150.
3. BROADHURST, R.; JONES, W. 1978. Analysis of condensed tanins using acidified vanillin. *Journal of Science and Food Agriculture* 29:778-794.
4. CROS, E.; ROULY, M.; VILLENEUVE, F.; VINCENT, J. 1982. Recherche d'indice de fermentation du cacao. II. Estimation de la matière colorante rouge des fèves de cacao. *Café, Cacao, Thé* 26(2):115-121.
5. CROS, E.; VILLENEUVE, F.; VINCENT, J. C. 1982. Recherche d'indice de fermentation du cacao: Evolution des tanins et des phénols totaux de la fève. *Café, Cacao, Thé* 26(2):109-114.
6. CHASSEVENT, F.; D'ORNANO, M. 1966. La détermination photométrique des pigments du cacao: Essais de la méthode internationale de l'OICC et de quelques variantes. *Café, Cacao, Thé* 10(3):243-266.
7. DIAZ, R. 1989. Características químicas del suelo de la plantación experimental del CATIE en Turrialba. Turrialba, Costa Rica (Comunicación personal).
8. ECUADOR. 1975. Cacao en grano. Determinación de humedad. Ec., Instituto Ecuatoriano de Normalización. 3 p.
9. EDGE, N. E.; OWOLABI, C. A. 1972. Quality of Nigerian commercial cocoa beans. *Turrialba* 22(2):150-155.
10. ENRIQUEZ, G. 1982. La cura o beneficio del cacao: Curso corto. Turrialba, CATIE. 96 p.
11. HARDY, F. 1961. Manual del cacao. Turrialba, IICA. p. 200.
12. LEHRMAN, D.; PATTERSON, G. 1983. Cocoa fermentation. *Biotechnology* 5:529-575.
13. LES, R. 1969. Manual de análisis de alimentos. Zaragoza. Acribia. 231 p.
14. LOPEZ, A. 1986. Chemical changes occurring during the processing of cacao. In *Biotechnology*. P. Dimuck (Ed.) EE.UU., College of Agriculture of Pennsylvania State University. p. 19-53.
15. PARDO, J. 1988. Herencia de la capacidad de fermentación, peso medio de almendra, contenido de testa y porcentaje de grasa en el cacao (*Theobroma cacao* L.). Tesis M. Sc. Universidad de Costa Rica-CATIE. 170 p.
16. RAMIREZ, J. J. 1988. Estudio de la fermentación del cacao (*Theobroma cacao*) mediante cuatro sistemas de fermentación en cuatro zonas cacaoteras de Costa Rica. Tesis Ing. Agr. Turrialba. Universidad de Costa Rica. 142 p.
17. ROMEAU, A. 1980. Acidez libre (pH) em amendoas de cacau da região sul-baiana. Itabuna, Bahía Centro de Pesquisas do Cacau. Informe técnico. p. 241-244.
18. SORIA, J. 1966. Obtención de clones de cacao por el método de selección. *Turrialba* 16(2):119-124.
19. THE COCOA, CHOCOLATE AND CONFECTIONERY ALLIANCE. 1984. Cocoa beans. 3 ed. U.K. 19 p.
20. VARGAS, J. 1988. Comparación de la fermentación de pequeñas cantidades (25, 37,5 y 50 kg), de cacao (*Theobroma cacao*) en tres diferentes altitudes de Costa Rica. Tesis Ing. Agr. Turrialba. Universidad de Costa Rica. 102 p.