

## DESARROLLO INICIAL DE NUEVE CLONES DE CACAO INJERTADOS SOBRE PATRONES CLONALES EN SAN CARLOS, ALAJUELA<sup>1\*</sup>

Edgar Vidal Vega<sup>2/\*\*</sup>  
Luis Diego Zúñiga<sup>\*\*\*</sup>

### ABSTRACT

**Initial development of nine cacao clones grafted on clonal rootstocks in San Carlos, Alajuela.** In La Fortuna, San Carlos (northern humid tropics of Costa Rica), the post-grafting vegetative development of 6 clones from the CATIE germplasm collection, as well as 3 local ones was evaluated. The main objective was to grow a mixed clonal plantation with trees branching similarly to seed-propagated progenies. Although 98% of the grafts were successful, only 42% of the buds developed. There were significant differences among clones in stem elongation, diameter increase, and lateral branching of new shoots. Clone UF-613 showed the fastest growth in all 3 variables, while Pound-7 was the slowest. Fluctuations in monthly increases in diameter and height were similar among clones and corresponded to rainfall peaks. On the other hand, lateral branching showed only two main peaks, in March and May, both preceded by lesser rainfall two months before. Trees obtained had a pseudo-horquette similar to seed-propagated individuals, with a branch-free stem at least one meter high, which facilitates cultural practices.

### INTRODUCCION

El cacao (*Theobroma cacao* L.), cultivado por muchos años en Costa Rica con aceptable rentabilidad, presenta ahora problemas financieros, debido a que el precio y la producción por área de los híbridos, no aumentan de manera proporcional a los costos de producción. En este sentido se ha recomendado mejorar la producción mediante la siembra de plantaciones clonales propagadas por injerto (Helfenberger, 1986; 1991).

Esta planta posee la capacidad de regenerarse asexualmente a partir de secciones vegetativas de diferentes órganos. Entre las diferentes formas de propagación vegetativa están: reproducción por estacas, acodos, cultivo de tejidos e injerto, todas con ventajas y desventajas (Enríquez, 1985).

En Filipinas, el injerto se realiza en grandes plantaciones de cacao utilizando yemas plagiotrópicas, las cuales después de brotar son tratadas bajo un sistema de manejo denominado "Biao- Kumasi", en el cual se amarra el brote con cinta plástica al patrón después de que alcanza un tamaño determinado, permitiendo orientar el brote verticalmente para formar un árbol semejante al desarrollado por semilla sexual, pero con pseudo-horqueta (Helfenberger, 1991).

Se pretende con el empleo del sistema Biao-Kumasi, en este trabajo, obtener una plantación con clones injertados, (yemas provenientes de ramas plagiotrópicas), que al término de un año

1/ Recibido para publicación el 3 de julio de 1995.

2/ Autor para correspondencia.

\* Parte de la tesis de Licenciatura del segundo autor. Escuela de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

\*\* Cátedra de Cultivos del Trópico Húmedo, Escuela de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

\*\*\* Productor cacaotero. San José, Costa Rica.

muestran una estructura similar a los árboles producidos por semilla sexual. En este sentido, se pretende que los árboles provenientes de este sistema, obtengan mayor estabilidad en su parte aérea, sean de fácil manejo, y precoces para producir. Además, se estudia la fenología inicial de estos clones y su relación con algunos factores climáticos.

## MATERIALES Y METODOS

El experimento se estableció en Los Angeles de la Fortuna, del cantón de San Carlos, Provincia de Alajuela, ubicado 10° 28' de latitud norte y 84° 34' de longitud oeste. A una altura media de 70 msnm. La temperatura media anual es de 26°C y la precipitación promedio anual es de 2866 mm.

Se injertaron 9 clones promisorios sobre 3 patrones de calidad recomendada, para determinar el éxito inicial de cada combinación de injerto y su posterior desarrollo en el campo. El período experimental comprendió de setiembre de 1989, en que se sembraron los patrones, a octubre de 1991, fecha en que se tomó la última evaluación fenológica.

Los 3 patrones utilizados con resistencia a *Ceratocystis fimbriata* (hongo que causa el "Mal del machete"), fueron: EET-399, IMC-67 y UF-613.

Las "varetas portayemas" fueron seleccionadas lo más semejantes posible al tallo de los patrones, tanto en el aspecto de las yemas como en el diámetro. Estas varetas se tomaron de ramas plagiotrópicas de los clones: CC-10, POUND-7, UF-613, UF-12, UF-667 y UF-654, los cuales han mostrado buena producción en diversas pruebas hechas por el CATIE (Enríquez, 1985) (Cuadro 1).

Además se evaluaron yemas de 3 árboles híbridos (también denominados "Clones" en adelante), de diferentes cacaotales de la zona, reconocidos como árboles élite por su buena producción (50 mazorcas por árbol por año o más) y tolerancia a plagas y enfermedades; en especial Moniliasis y Mazorca Negra; estos se identificaron con las iniciales del nombre de cada productor: COA-2, RVV-1 y RVV-2.

En los primeros meses de 1990, se efectuó la injertación y 15 días después se evaluó el éxito del injerto.

Se injertaron 48 yemas de cada uno de estos 9 clones sobre 48 árboles patrón, o sea 16 yemas en cada uno de los 3 porta-injertos, para completar 144 injertos por patrón y 432 en total. El método de injerto utilizado fue el de "U invertida", aplicado a los patrones, en un pequeño vivero rústico, debajo de árboles frondosos que aportaban la sombra necesaria para un buen desarrollo de estas plantas.

Para cada clon se evaluó el porcentaje de yemas vivas y sanas, así como el porcentaje de injertos brotados.

Para el transplante al campo (a los 3 meses de injertar) se escogieron 30 injertos de cada clon, 10 por patrón. La separación entre hileras fue de 3 m y entre plantas de 2 m, para un área experimental de 3600 m<sup>2</sup>.

Se utilizó el sistema de manejo posterior al injerto denominado Biao-Kumasi, (Figura 1) técnica utilizada en Malasia y Filipinas. El método se empezó a utilizar a partir del segundo mes de injerto, para darle verticalidad al eje principal.

En el campo, se midió mensualmente el crecimiento en longitud, desde el punto de unión yema-

Cuadro 1. Características de los clones de cacao seleccionados para el experimento (Helfenberger, 1986).

Características Cultivar	Compatibilidad	kg/ha de cacao*	Tolerancia <i>P. palmivora</i> <sup>1</sup>	Tolerancia <i>C. fimbriata</i> <sup>2</sup>
CC-10	AC	1782	— **	X
POUND-7	AI	1812	X	X
UF-12	AC	2115	X	X
UF-613	AI	1665	X	X
UF-654	AC	1772	X	X
UF-667	AI	1627	X	X

\*= Promedio de 4 años de evaluación; X= cultivares de tolerantes; \*\*= no hay datos  
1= Mazorca negra; 2= Mal del machete.

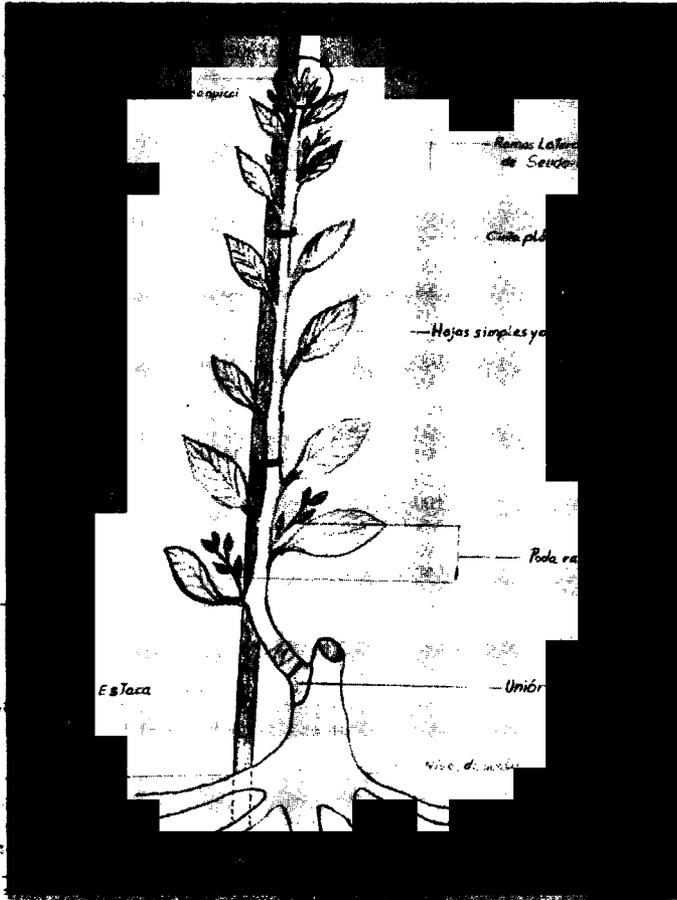


Fig. 1. Poda del ápice del injerto proveniente de materiales clonales y formación de pseudo-horqueta mediante el sistema de manejo BIAO-KUMASI, San Carlos, 1990-1991.

patrón hasta el ápice o extremo distal del injerto; así como el grosor, 10 cm arriba del punto de unión, y el número de brotes o ramas nuevas.

El diseño empleado para este ensayo fue un irrestricto al azar, con un arreglo factorial 3 x 9, 3 patrones y 9 clones. La unidad experimental fue cada árbol.

Las variables medidas se correlacionaron con los datos climáticos de la zona.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Porcentaje de injertos exitosos

Los porcentajes de éxito con los injertos fueron altos en todos los tratamientos (Cuadro 2). El más bajo fue el del clon UF-654, con 92%.

El éxito en la injertación pudo deberse entre otras razones: a las buenas condiciones presentadas por las varetas portayemas, y al buen cuidado y habilidad por parte del injertador, para realizar una buena selección de las yemas y una excelente ejecución del injerto.

Los resultados obtenidos permiten suponer que no hubo incompatibilidad patrón/injerto debido a que para los 9 clones y su interacción con los 3 patrones, mostraron una compatibilidad superior al 98%.

### Porcentaje de brotación

A pesar de haber logrado un alto porcentaje de injertos exitosos, el porcentaje de brota-

Cuadro 2. Porcentaje de injertos exitosos y brotación de los clones de cacao evaluados. La Fortuna, San Carlos, 1990.

Yemas	Variable	Patrón EET-399	Patrón IMC-67	Patrón UF-613	Total
CC-10	P	100	100	94	98
CC-10	B	19	50	25	31
COA-2	P	100	100	88	96
COA-2	B	38	44	44	42
POUND7	P	100	100	94	98
POUND7	B	6	44	6	19
RVV-1	P	100	100	100	100
RVV-1	B	88	50	25	54
RVV-2	P	94	100	100	98
RVV-2	B	44	50	38	44
UF-12	P	100	100	100	100
UF-12	B	56	19	31	35
UF-613	P	100	100	94	98
UF-613	B	63	31	44	46
UF-654	P	88	94	94	92
UF-654	B	50	63	31	48
UF-667	P	100	100	100	100
UF-667	B	88	31	50	56
Total	P	98	99	96	98
Promedio	B	50	42	33	42

P= % de injertos exitosos a los 17 días; B= % de brotación a los 3,5 meses.

Cuadro 3. Prueba de diferencia mínima significativa (DMS), para el promedio de crecimiento mensual en longitud, diámetro y número de brotes de los clones de cacao evaluados. La Fortuna, San Carlos, 1990.

Clon	Long. (media) Post-transp.	Diámetro (media) Post-transp.	Brotes * (media) Post-transp.
RVV	15,94 a	1,48 bcd	15,5 d
CC-10	15,85 a	1,59 abc	17,0 d
UF-613	15,71 ab	1,75 a	25,8 a
UF-667	15,63 ab	1,41 d	21,8 bc
UF-654	14,80 ab	1,43 cd	21,6 bc
UF-12	14,53 bc	1,43 d	23,9 ab
COA-2	14,28 c	1,50 bcd	17,1 d
RVV-1	14,10 c	1,60 ab	22,8 bc
POUND7	12,66 d	1,44 bcd	20,4 c

\* Los datos de brotes son acumulativos para el período de evaluación.

Nota: Valores con igual letra, no son significativamente diferentes. Datos con base en 30 injertos evaluados por mes.

ción no resultó igualmente satisfactorio (Cuadro 2). Se observó apenas un 42% de brotación promedio para el total de árboles, semejante a lo obtenido por Vallejo (1990) en Santa Clara, San Carlos.

Se observó diferencias entre los tratamientos; los clones, UF-667 y RVV-1 alcanzaron 56 y 54% de brotación, respectivamente, mientras CC-10 alcanzó 31% y POUND-7, 19%.

Los patrones EET-399, IMC-67 y UF-613, presentaron diferencias en porcentaje de brotación de 50, 42 y 33%.

Los resultados sugieren que existe un impedimento en la brotación, específico para cada variedad. Una posible razón de esta diferencia puede ser un efecto de incompatibilidad clon/patrón, o de algún factor ambiental sobre las yemas, tal como la luminosidad (Kadje y Ngambi, 1981).

Otra razón podría ser el estado de latencia de las yemas, causa que justificaría la diferencia de brotación entre los clones, pero no de los patrones.

### Crecimiento en longitud

En el Cuadro 3 se muestran los promedios de crecimiento mensuales (PCM), de los brotes de los clones evaluados. Estos presentaron intensidades de crecimiento significativamente distintas hasta alcanzar el máximo desarrollo medido. Esta medición se inició 30 días después del trasplante.

Se puede destacar el alto y bajo PCM obtenido por los clones Pound-7 y RVV-2, con valores de 12,66 y 15,94 cm/mes, respectivamente. Estas diferencias en precocidad son varietales y pueden depender de la capacidad de adaptación de la planta para desarrollarse ante ciertas condiciones de clima y suelo.

Los clones con un PCM mayor (RVV-2, CC-10, UF-613, UF-667 y UF-654), alcanzaron un desarrollo superior a los 2 m, 17 meses después de injertados (al final de la evaluación).

El árbol de mayor crecimiento alcanzó 2,89 m. El promedio de altura final de los 9 clones fue cercano a los 2 m (el injerto se hizo a una altura promedio de 35 cm en el patrón); el clon más desarrollado fue el RVV-2 con 212 cm y el de menor elongación Pound-7 con 172 cm.

Puerto y Jiménez (1989) observaron en clones e híbridos de 2 años y 2 meses un crecimiento en longitud de hasta 3 m. Si se comparan los resultados de brotación de los injertos en el vivero (Cuadro 2), con los de elongación en el campo (Cuadro 3), se nota que no existe relación entre estas características, puesto que algunos clones que se atrasaron en brotar, luego obtuvieron PCM altos y viceversa. Este aspecto reafirma la idea de que existe un factor que retrasa la brotación pero no afecta el desarrollo posterior.

### Crecimiento en grosor

El Cuadro 3, muestra diferencias significativas en el PCM en diámetro entre los clones evaluados. El clon con mayor diámetro fue UF-613, con 1,75 mm/mes y el más bajo fue UF-667 con 1,41 mm/mes. Estos resultados indican que también en el crecimiento en diámetro los clones de cacao muestran diferentes intensidades de crecimiento.

Se destacan los clones UF-613 y CC-10 por presentar un alto PCM en ambas variables, longitud y diámetro, sin diferencia significativa entre ambos; Pound-7 presentó los más bajos valores (Cuadro 3).

Los valores individuales, máximos y mínimos, alcanzados en grosor fueron, el mayor para UF-613 con 24,6 mm y el menor fue UF-12 con 20,8 mm, respectivamente, a los 17 meses del injerto. Puerto y Jiménez (1989) observaron, para injertos en el campo, crecimientos en diámetro "hasta de 3,8 cm" a los 26 meses.

### Ramificación o brotación lateral

Los valores de brotación entre clones se encuentran en el Cuadro 3. El clon con más alta brotación fue UF-613 (25,8 brotes promedio en los 11 meses) y el de menor brotación fue RVV-2 con 15,5.

UF-613 presentó los mayores valores tanto en este carácter como en los anteriores, no así CC-10, que presentó una baja brotación lateral.

Del conjunto de resultados de las 3 variables evaluadas (Cuadro 3), se obtiene una caracterización general comparativa entre los 9 clones, respecto a su tipo de crecimiento. Lo anterior se puede tomar en cuenta para orientar la distribución en el campo de nuevas plantaciones con clones.

Se puede planificar además las podas y el desarrollo de injertos de clones, de manera que favorezca la entrada de luz y accesibilidad a la plantación (Edward, 1960).

### Oscilaciones mensuales de algunas características fenológicas

En lo que respecta al crecimiento en longitud mes a mes para los 9 clones como un todo, durante el período de evaluación se observaron 4 picos (Figura 2). El primero ocurrió en diciembre, con un crecimiento promedio de 17 cm, y se extendió a enero del año siguiente, con una elongación promedio de 20 cm más; un segundo pico se presentó en marzo con menos intensidad, 14 cm; el tercero fue amplio como el primero pero más intenso, se dió en mayo con 23,5 cm y en junio con 19,5 cm; el último pico fue en agosto, con un solo período intenso, de 21,5 cm.

Borchert (1973) manifiesta que las variaciones estacionales en las condiciones ambientales,

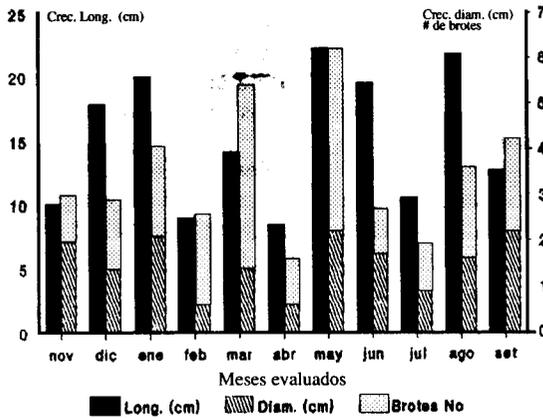


Fig. 2. Promedio mensual de crecimiento de las variables fenológicas de los clones en evaluaciones. San Carlos 90-91.

como ocurre en habitats naturales, pueden superponer un segundo ritmo de carácter exógeno, sobre un ritmo endógeno básico y que esto puede producir un crecimiento rítmico. Lo anterior puede aclarar la diferencia en las oscilaciones de crecimiento de COA-2 y Pound-7 con respecto a los restantes clones.

**Efecto de la temperatura y precipitación sobre las oscilaciones fenológicas**

**Temperatura.** Como se observa en la Figura 3, el crecimiento en longitud durante los meses de febrero, marzo y abril, fue afectado negativamente por la temperatura. Sin embargo, crecimientos similares en noviembre, julio y setiembre, no confirman esta suposición.

Al compararse las oscilaciones de crecimiento en diámetro, éstas son similares a las oscilaciones de crecimiento en longitud, lo que sugiere que el efecto de la temperatura diurna afecta de forma parecida a ambos parámetros; es decir, que el crecimiento en diámetro tampoco responde a cambios termoperiódicos (Sale, 1969).

La temperatura (Figura 3), junto con las condiciones de clima seco de febrero, abril, y julio, pudieron tener un efecto conjunto que provocó alta transpiración de las plantas y por consiguiente una reducción en el crecimiento (Greathouse *et al.*, 1971).

Como se aprecia en la Figura 2, las oscilaciones de brotación de ramas, coinciden con las oscilaciones que muestran los intervalos de temperatura, máxima y mínima, un mes atrás, excepto para los meses de diciembre, julio y agosto.

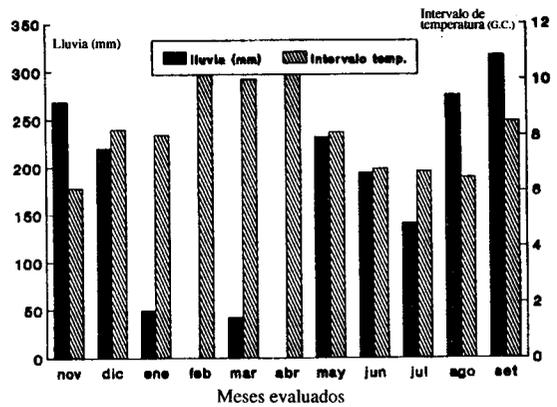


Fig. 3. Condiciones climáticas para el período de evaluación 1990-1991. San Carlos, Alajuela.

Los picos principales de brotación, que se presentaron en marzo y mayo, fueron antecedidos por los meses de mayor diferencia de temperatura, febrero y abril.

**Precipitación.** Al comparar las Figuras 2 y 3 se observa la similitud entre las oscilaciones mensuales de crecimiento de los 9 clones, con las oscilaciones mensuales de lluvias.

Esto sugiere que la cantidad de lluvia (o bien del agua disponible para la planta), influye sobre las oscilaciones de crecimiento del cacao. Los bajos crecimientos presentados en febrero y abril podrían estar relacionados con la disminución de lluvias de noviembre hasta abril, que pudieron afectar negativamente el crecimiento. Efecto semejante pudo suceder en el mes de julio con la disminución de lluvias denominada "Veranillo de San Juan".

Los incrementos del crecimiento en los meses de marzo, mayo y agosto, pueden ser producto del aumento en las lluvias en esos mismos meses (Figuras 2 y 3), favorecidos o no por los períodos previos de relativa sequía ocurridos.

Al respecto de esta relación entre la brotación y la caída de lluvias, Alvim *et al.* (1981) han observado brotaciones vigorosas luego de una secuencia sequía-humedad, lo que coincidiría con las brotaciones de marzo y mayo obtenidas en este trabajo.

**RESUMEN**

En La Fortuna, San Carlos, se evaluó el desarrollo vegetativo post-injerto de 9 clones, 3 de la

propia zona y 6 de la colección del CATIE. El objetivo principal fue obtener una plantación clonal de árboles, cuya forma final se asemejara a los producidos por semilla.

El porcentaje general de injertos exitosos fue del 98%, mientras que el número de yemas brotadas fue de apenas 42%. Hubo diferencias significativas entre clones para las variables crecimiento en longitud, grosor y ramificación lateral de brotes nuevos. Se obtuvo árboles con pseudo-horqueta, similares a las plantas reproducidas por semilla sexual, con un tronco libre de ramas de por lo menos un metro de altura, que favorece la ejecución de las prácticas culturales de la plantación. Para las 3 variables fenológicas en conjunto, el material UF-613 fue el clon que presentó mayor crecimiento, mientras que el menor se observó en Pound-7. Las fluctuaciones de crecimiento mensual en diámetro y longitud fueron similares entre clones, correspondiendo con la precipitación. Por otro lado la brotación de ramas laterales para los 9 clones en promedio, presentó 2 picos principales, en marzo y en mayo, ambos antecedidos por los 2 meses con menor caída de lluvias.

#### LITERATURA CITADA

- ALVIM, P. de T.; MACHADO, A.D.; VELLO, F. 1981. Respuestas fisiológicas del cacao a los factores ambientales. *Cacaotero Colombiano* 17:27-52.
- BORCHERT, R. 1973. Simulation of rhythmic tree growth under constant conditions. *Physiol. Plant.* 29:173-180.
- EDWARD, I.L. 1960. Clonal cacao at Keravat. Papua and New Guinea Agricultural Journal 13(2):43-51.
- ENRIQUEZ, G.A. 1985. El cultivo del cacao. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p. 86-89.
- GREATHOUSE, D.C.; LEETSCH, W.M.; PHINNEY, B.O. 1971. The shoot-growth rhythm of a tropical tree, *Theobroma cacao*. *American Journal of Botany* 58:281-285.
- HELFENBERGER, A. 1986. Informe final de la segunda etapa sobre el estudio y adaptación de tecnología para desarrollar el cultivo del cacao en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, Agroasesores San Roque S.A. 103 p.
- HELFENBERGER, A. 1991. La aplicación de alta tecnología en cacao por el sector privado en Filipinas y Costa Rica. San José, Costa Rica, CIDIA. 7 p.
- KADJE, A.; NGAMBINJAMA, J.M. 1981. Essai de mise au point de une methodologie de geffage chez le cacaoyer. *In International Cocoa Research Conference*, 8 th. Colombia. p. 49-55.
- PUERTO, M.D.; JIMENEZ, T. 1989. Injertos tipos U invertida en cacao. PROCACAO-IICA, San José, Costa Rica, Memoria. p. 45-46.
- SALE, P.J. 1969. Extension growth of cacao under controlled temperature conditions. *Journal Horticultural Science* 44:189-193.
- VALLEJO, J. 1990. Evaluación del comportamiento de 4 técnicas de injertación en diferentes híbridos de cacao. Tesis. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Santa Clara, San Carlos, Costa Rica. 49 p.