

EL EFECTO DE LAS REVOLTURAS SOBRE LA VARIA -  
CION DE LA TEMPERATURA Y DEL pH DURANTE LA  
FERMENTACION DEL CACAO.

POR

ENRIQUE MEJIA LIEVANO

- O -

INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS

Turrialba, Costa Rica

Octubre de 1.950.

EL EFECTO DE LAS REVOLTURAS SOBRE LA VARIA -  
CION DE LA TEMPERATURA Y DEL pH DURANTE LA  
FERMENTACION DEL CACAO.


Presenta a la Facultad del Centro del Cacao  
como requisito parcial para optar  
el titulo de :

ESPECIALISTA EN CACAO

en el

INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE  
TURRIALBA.

Aprobado :



George F. Bowman .  
Consejero.



Leslie R. Holdridge.  
Comite



Pierre G. Sylvain.  
Comite

Octubre de 1950.

## AGRADECIMIENTO

DOY MIS MÁS SINCEROS AGRADECIMIENTOS AL COMITÉ DE ADMISIONES POR HABERME CONCEDIDO LA BECA EN ESTE INSTITUTO. AL SR. GORGE F. BOWMAN; JEFE DEL CENTRO INTER-AMERICANO DEL CACAO - AL DR. LESLIE R. HOLDRIDGE; ECÓLOGO DEL INSTITUTO. AL DR. J. HARVEY McLAUGHLIN; FITOPATÓLOGO DEL CENTRO DEL CACAO. DE QUIENES RECIBÍ VALIOSAS SUGERENCIAS Y ENSEÑANZAS.

TAMBIÉN PRESENTO MIS AGRADECIMIENTOS AL DR. FREDERIKC L. WELLMAN; FITOPATÓLOGO EN ESTE INSTITUTO; POR HABERME SUMINISTRADO MUCHOS MATERIALES PARA ESTE ESTUDIO. AL DR. PIERRE G. SYLVAIN, FISIÓLOGO DE ESTA INSTITUCIÓN; POR SU ORIENTACIÓN TÉCNICA. AL INGENIERO AGRÓNOMO; HUMBERTO ROSADO, GENETISTA DE ESTE CENTRO, POR SUS BUENOS CONSEJOS EN CUANTO A LA PRESENTACIÓN DE LOS DATOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICOS. AL INGENIERO AGRÓNOMO; GREGORIO ALFARO ARGUEDAS; ASISTENTE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA RURAL POR SU COLABORACIÓN CUANDO SE DETERMINÓ LA HUMEDAD EN EL CACAO SECO.

POR ÚLTIMO; A VARIOS DE MIS COMPAÑEROS DE ESTUDIOS POR HABER INTERVENIDO CUIDADOSAMENTE EN ALGUNA OCASIÓN PARA LA ANOTACIÓN DE DATOS.-

## BIOGRAFIA

### ENRIQUE MEJIA LIEVANO.

Nació el 10 de Abril de 1924 en la población de Puerto Tejas, Departamento del Cauca, República de Colombia.

Hizo sus estudios de educación primaria en Puerto Tejada, en los años 1932 -1938. Sus estudios secundarios los terminó en el Colegio de Santa Librada de Cali, Colombia, de los años 1938 - 1944..

Comenzó sus estudios de Ingeniero Agrónomo en la Facultad de Agronomía del Valle del Cauca, Palmira Colombia, en el año 1944 y los terminó en Julio de 1949.

En Octubre de 1949 vino a este Instituto, becado por el Centro Inter-Americano del Cacac con el objeto de hacer estudios especiales sobre el cultivo y mejoramiento de cacao..

## C O N T E N I D O

	Páginas
INTRODUCCION . . . . .	1
REVISION DE LITERATURA . . . . .	3
LOCALIZACION . . . . .	7
MATERIALES Y METODOS . . . . .	7
RESULTADOS . . . . .	13
Cuadro N° 1 - Estudio de las temperaturas . . . . .	13
Cuadro N° 2 - Estudio del pH colorimétrico. . . . .	15
Cuadro N° 3 - Límite mínimo y máximo del pH. colorimétrico. . . . .	16
Cuadro N° 4 - Estudio de las correlaciones entre las tempe- raturas del fondo y centro de las cajas vs. Tempe- ratura ambiental . . . . .	17
Cuadro N° 5 - Precipitación en la Lola para los días experimental. . . . .	18
Cambios físicos de la pulpa y almendra durante la fermentación. . . . .	19
Cuadro N° 6 - Estudio de horas promedio para los principales cam- bios físicos externos (Trs. A - B - C y D) . . . . .	21
Cuadro N° 7 - Estudio de las horas promedio para los principales cambios físicos de la cutícula, endosperma y embrión ( Trs. A - B - C y D) . . . . .	22
Observaciones después de la fermentación . . . . .	23
Cuadro N° 8 - Pérdida de peso durante la fermentación. . . . .	24
Secado de muestras . . . . .	24
Cuadro N° 9 - Pérdida de peso en el secado . . . . .	26
Cuadro N° 10 - Valores de hinchamiento en la fermentación, secado y porcentaje de humedad del grano seco. . . . .	27
DISCUSION . . . . .	28
CONCLUSIONES. . . . .	30
SUMARIO . . . . .	31
LITERATURA CITADA . . . . .	32

## INTRODUCCION

La fermentación del cacao es un método aceptado y la mayoría de los autores lo consideran necesario para preparar las almendras de cacao fresco con destino al mercado. La fermentación del cacao mejora su calidad y los objetivos principales según J. A. McDonald (7) son: mata la semilla haciéndola apta para otros cambios bioquímicos importantes que se verifican posteriormente, remoción de la pulpa por lo tanto se facilita el secamiento subsecuente y separación de los cotiledones de la película interna que los cubre para facilitar su extracción durante el tostado.

Según Bondar (1) la fermentación tiene por objeto, desarrollar en las almendras los aceites esenciales que dan al cacao un aroma que le es peculiar, convertir una parte de los principios para atenuar ese gusto amargo, libertar la teobromina y demás sustancias que dan al cacao sus propiedades tónicas y estimulantes.

Los métodos de fermentación, los dispositivos usados y la duración del proceso varían no solamente entre los distintos países productores sino dentro de las diversas regiones cacaoteras de ellos. Hasta cierto punto eso se debe; al precio del cacao beneficiado en esa región. A la tradición, a la demanda del grano beneficiado, a la facilidad de consecución de determinados materiales para la fabricación de los dispositivos o cajas para fermentar. En cuanto al tiempo empleado este depende del tipo de cacao que se procese.

La fermentación del cacao ha sido muy estudiada por los científicos. Si bien es cierto que la mayoría están de acuerdo en ciertos aspectos como son; la necesidad de una temperatura óptima, un pH aceptable; la acción de los microorganismos aeróbicos y anaeróbicos (bacterias y levaduras) en las reacciones químicas. La necesidad de airear la masa y otras más, se puede afirmar que no hay conclusiones definitivas y que las fases de la fermentación requieren estudios más a fondo.

Algunos autores entre ellos Knapp (4) admiten que es beneficioso revolver la masa, porque se obtiene una distribución más uniforme de los fermentos por toda la masa acelerándose la fermentación; la temperatura es más o menos uniforme en la masa, lo cual es un índice de que todos los horizontes están fermentándose casi igualmente.

Laycock (5) y otros opinan que la frecuente aireación de la masa producirá la mejor muestra de cacao curado, se reproducen mejor los organismos aeróbicos de la fermentación, se evita el desarrollo de los anaeróbicos, se favorecen las reacciones químicas, previene la germinación de las almen dras y aparición de mohos. Impide marcadas reducciones de la temperatura y es importante en la oxidación de los taninos en las últimas etapas.

Este trabajo tiene por objeto obtener más datos sobre los cambios físicos de la fermentación inducidos por varios ciclos de revoltura de la ma sa. Es un hecho reconocido por todos los investigadores que la temperatura es el factor más importante en la cura del cacao por lo tanto se estudiará detalladamente. Además el pH de la pulpa como reflejo de las varias reacciones en la fermentación.

Se definirá cual de los ciclos de revoltura usados produce las máximas temperaturas en el experimento. Este será el mejor tratamiento aplicable a la práctica, para mejorar la técnica de la fermentación y la calidad del producto final. El trabajo incluye secado y envío de pequeñas muestras a los manufactureros para obtener los correspondientes análisis de sabor, aroma y aún químicos para el grano obtenido.

REVISION DE LA LITERATURA

La revisión se ha ceñido estrictamente al problema tratado + Knapp ( 4 ) en Costa de Oro hizo experimentos sobre fermentación usando tres cajas de madera. Llenó la primera con almendras, después de dos días se vació a la segunda y luego a los dos días a la tercera. El producto se sacó de los dispositivos a los seis días. Dice que las temperaturas de las cajas fueron bastante bajas en los últimos estados. Esto lo atribuye en gran parte a la mezcla de la masa después de dos y cuatro días. Además al hecho de haber trabajado con los dispositivos de fermentación dentro de un edificio que estaba abierto, sin paredes.

Hubo considerables variaciones en temperatura entre el centro y lados de la masa. Recomienda que la masa se debe voltear diariamente, con el objeto de evitar una reducción de la temperatura debida a la falta de oxigeno. Para Costa de Oro sugiere que se voltee el cacao tratado después de las cuarenta y ocho y 96 horas de iniciada la cura.

Mc. Donald ( 7 ) ideó el fermentador solar con doble pared y tapa de vidrio. El espacio entre las dos cajas se rellena con paja y la caja interior es el dispositivo que contiene el cacao. La caja grande está pintada por dentro y por fuera con pintura negra. La capacidad de las cajas es de 50 a 100 libras de cacao húmedo. Cuando usó cantidades de 40 a 50 libras obtuvo temperaturas entre 49 y 51 grados C.

Laycock ( 5 ) opina que en una fermentación normal las células del embrión y del endosperma mueren al obtener temperaturas entre 40 y 50 centígrados. Encontró temperaturas más altas en las almendras mejor aireadas ( 48 a 50 grados C. ). Pero a los cuatro días fueron descendiendo gradualmente hasta el sexto día cuando suspendió la operación. No reco -



mienda temperaturas mayores de 50 grados C.

Hudson ( 2 ) usando dispositivos comerciales hizo experimentos de fermentación con cacao Amelonado. Los dispositivos tenían capacidad para dos mil libras de cacao fresco. Fermentó durante 162½ y 168 horas y obtuvo temperaturas máximas de 41.4 - 43.1 y 45.3 grados C.

Sack ( 12 ) anota que la temperatura de las cajas de fermentación es generalmente de 45 centígrados al tercer día. Por lo tanto todas las almendras estarán muertas al cuarto día, permitiendo así que se "inicie la fermentación interna".

De una revisión de la literatura Preyer ( 12 ) anota varias temperaturas en fermentación llevada a cabo en Trinidad, las Indias Orientales y el Camerún. Las temperaturas máximas fueron de 49 y 60 grados C. y la mínima de 26.7 grados C.

Nicholls ( 2 ) recomienda como la temperatura ideal para la fermentación entre 43.6 y 49.2 centígrados.

Whymper ( 12 ) dice que de 20 a 25 centígrados es el incremento de la temperatura durante las primeras 72 horas de la fermentación. Considera que la temperatura máxima debe ser de 50 grados C.

Knapp ( 4 ) fermentó almendras no maduras y sobremaduras. La temperatura máxima obtenida en el primer caso fue de 34 grados C. y observó todas las malas cualidades de un cacao inapropiadamente curado. En cambio cuando trató el otro caso (sobremaduras) observó temperaturas más altas que la normal obtenida en los primeros estados de la fermentación. Observó que conforme continuaba el proceso las temperaturas cayeron dentro de los límites normales. Exceptuando su mayor fragilidad, el producto final tenía las características del cacao normal.

Von Lilienfeld ( 16 ) en el Brasil registra temperaturas de 50 grados

C. a los cinco días. Queda más-o menos constante hasta el día<sup>13°</sup> y después se eleva a 65 grados C.

Knapp ( 4 ) cita a Hunter de Costa de Oro, quien opina que en aquellos casos excepcionales cuando la temperatura de la masa baja considerablemente al cuarto o quinto día es conveniente comenzar a secar las almendras. El Departamento de Agricultura de Sao Thomé considera que se puede haber realizado una fermentación adecuada cuando la temperatura ha caído de 47 a 35 grados C.

Sostenes Miranda ( 9 ) del Brasil opina que la temperatura se debe conservar entre 48 y 50 grados C. Cuando sube entre 52 y 55 centígrados, los microorganismos no pueden ejercer sus actividades y a los 70 no se reproducen.

Knapp ( 4 ) encontró que al pasar las almendras de una caja a otra, baja la temperatura entre dos y diez grados C., pero se eleva nuevamente.

Knapp ( 4 ) opina que a las sesenta horas dependiendo de la temperatura, ya se observan cambios importantes. Estudió cambios en el embrión y endosperma durante la fermentación normal cuando la temperatura alcanzó de 44 a 47 grados C. Opina que si en las cajas de fermentación se tiene para el centro 48 grados C., al desviarse unos pocos centímetros era 46 y a los lados 43 centígrados. Este mismo investigador acepta un pH de cuatro en la pulpa para el crecimiento de las bacterias. En cambio Hardy dice que al exceder de 4, las condiciones para el crecimiento bacterial mejora.

Raelofsen y Giesberger ( 12 ) trabajaron en Java con cacao criollo y obtuvieron temperaturas máximas de 48 grados C. y mínimas de 27.9 durante las sesenta horas del proceso. Los gráficos fueron elaborados con un detalle de cuatro horas cada observación. Los mismos investigadores hicie-

ron determinaciones colorimétricas de pH de la pulpa. Obtuvieron como límites inferiores valores de 3.3 - 3.8 y superiores de 4.4 - 4.6, a las sesenta horas de fermentación.

Bondar ( 1 ) afirma que durante el proceso de la fermentación las almendras mueren cuando se conservan a una temperatura de 43 grados C. Cuando se someten a una temperatura de 44 grados C. las almendras mueren al final de las seis horas. Dice que alcanzó tal temperatura al final del segundo día de la fermentación. Afirma que entonces comienzan los distintos cambios químicos internos. Cree que los últimos se deban exclusivamente a las altas temperaturas y no a los fermentos vivos como en la fermentación externa.

Martínez ( 8 ) en la Finca Experimental de la Lola hizo un ensayo para estudiar diferentes períodos de movimiento del grano. Usó tres cajas de doble pared y una de pared simple. Utilizó 66 kilogramos de cacao fresco. Los ciclos de revuelca fueron; cada 24 horas (caja simple); cada 24 horas (caja doble); cada 12 horas (caja doble); cada 6 horas (caja doble). La fermentación duró 90 horas. Tomó records de temperaturas cada seis horas. Según los registros de temperaturas encontró al revolver cada 24 horas una máxima de 47 grados C. a las 42 y 72 horas de iniciado el proceso. Cuando revolvió cada 12 horas encontró una máxima de 47.5 grados C. a las 66 horas. Al revolver cada 6 horas chequeó una máxima de 47 a las 66 y 72 horas. Tomó las temperaturas a 7 cms. de los extremos y 18 cms. de profundidad. Reporta que las temperaturas de los extremos fueron iguales a las registradas en el centro.

### LOCALIZACION

Los experimentos se llevaron a cabo en la Finca La Lola y en el Instituto. Las etapas de fermentación y el secado del primer bloque se hizo en La Lola. El secado de pequeñas muestras, las determinaciones de humedad y otros datos se hicieron en el Instituto. Es suficiente con decir que La Lola está situada en las tierras bajas de Costa Rica, a una elevación de 35 ms. sobre el nivel del mar. La temperatura media anual es de 25 centígrados y la precipitación en 1.949 fue alrededor de 4 ms. Las cajas de fermentación estaban localizadas y algo protegidas dentro de un cuarto rústico en la cabaña de la citada finca experimental. El piso era de madera con superficie irregular, no se colocaron las cajas directamente sino sobre pedacitos de madera en las esquinas.

### MATERIALES Y METODOS

Los materiales usados fueron: mazorcas del tipo Amelonado fisiológicamente maduras. Cuatro cajas para fermentación con doble pared para evitar la pérdida del calor. En este tipo tenemos dos cajas; la interior y la exterior. La primera tiene estas dimensiones: 56 x 42 x 40 cms. No tiene fondo porque va apoyada adentro de la base de la caja exterior, cuyas dimensiones son: 66 x 52 x 40 cms. El espacio existente entre la caja externa e interna se llena con aserrín seco. La tapa tiene un grosor aproximado de 10 cms. para evitar el paso del aire y es también de doble pared. La caja exterior esta pintada con alquitrán y la capacidad de la caja interna es de 66 kgs. de cacao húmedo. Se usaron nueve termómetros; ocho para las temperaturas de las cajas y uno para la ambiental.

7 (a)



Figura No. 1 - Caja de doble pared usada en este trabajo -

Las pruebas de acidez se hicieron con un método colorimétrico, compuesto por dos soluciones para acidez, una solución indicadora, un indicador especial y sus respectivas tablas de colores.

Se usó una solución al 10% de  $K_2CrO_7$  acidificada con ácido acético para observar mejor los cambios internos de las almendras. Para gravar, estudiar el color interno de las almendras y para ver las propiedades de ese color latente durante la fermentación y secado se usó "Pouncing paper" # 7/0 o # 5/0. Cajas de Petri para las pruebas de germinación de almendras. Cuatro bateas de madera para secar el producto, con estas dimensiones: 2.30 x 0.90 x 0.15 ms. Una estufa para secar artificialmente las pequeñas muestras de cacao en el Instituto. Una Romana para pesar el producto fermentado en la Lola. Una balanza para pesar las pequeñas muestras después de secadas en el Instituto. Un aparato determinador de humedad por el Método Oficial Brown Duvel. Calibrador para medir dimensiones de las almendras al determinar hinchamiento. Paleta de madera para revolver las almendras en las cajas. Pequeño rastrillo de madera para hacer la anterior operación en las bateas cuando se secaba el producto.

En cada etapa del experimento se gastaron un total de 2,800 mazorcas de tamaño mediano. En cada caja se utilizaron 700 mazorcas y el cálculo se hizo teniendo en cuenta que para un kilogramo de cacao húmedo se necesitan unas diez mazorcas.

En cuanto al método, se siguieron algunos requisitos cumplidos en otros trabajos de fermentación. Las mazorcas bien escogidas, fisiológicamente maduras y sin ataque de *Phytophthora* u otra enfermedad se transportaron pronto en un trineo tirado por tractor hasta la cabaña. El quiebre de las mazorcas se hizo ligero, evitando fueran asoleadas las almendras. A estas se les quitó la placenta y se vigiló para que la masa fuera libre de cáscaras o suciedades. Cinco días de fermentación (120 horas).

El trabajo se planeó para el sistema de bloques al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron:

- a) Revolviendo la masa cada 6 horas
- b) Cada 12 horas
- c) Cada 24 horas
- d) Testigo.

Las temperaturas se midieron cada dos horas y se observaron indistintamente dos temperaturas; una para el fondo y otra en el centro de la caja.

Los termómetros demoraban dos minutos para cada observación. Para obtener las temperaturas del fondo se cerró la caja, para las del centro se dejaba abierta por lo tanto se aireaba la masa cada dos horas. Cada dos horas al mismo tiempo cuando se medían las temperaturas de las cajas se leía la temperatura ambiental del cuarto donde estaban los dispositivos de fermentación. Esto para correlacionar esta última con las primeras.

Las determinaciones de pH. colorimétrico se hicieron durante el día. En el Bloque N° 1, se hicieron cada dos horas, pero en los tres restantes sólomente cada cuatro horas, porque se dedujo de las observaciones que para variar los límites sucesivos se necesitaban un tiempo mínimo de cuatro horas. Se examinaron dos veces diarias, por la mañana y tarde los cambios internos de las almendras a través del proceso. El método fue así: Horas para tomar las muestras; 6 A.M. y 3 P.M. respectivamente. Tamaño de la muestras: cinco almendras para cada tratamiento. Se cortaron separadamente en corte transversal, se aplicó la solución de bicromato de potasio, y se deja secar un poco. Las observaciones se hicieron con un microscopio de botánica biocular. Método para usar el pouncig paper.

Se dividió en el caso de la fermentación el papel especial (Pouncing-paper) en dos partes para gravar el color de muestras tomadas por la mañana ( 6 A.M. ) y por la tarde ( 6 P.M. ). El tamaño de la muestra para cada tratamiento fue de seis. No se tomaron muestras del primer día. No se

tomaron muestras con menos intervalo y un tamaño mayor por la escasez de "pouncing paper", el verificar las pruebas.

Cuando se secó al sol el Bloque N° 1, se tomó una muestra al finalizar cada asoleada del grano. El tamaño de la muestra fue de seis almendras por gratamiento. En los Bloques N° 2 - 3 y 4, secados en estufa, se tomaron mu estras cada dos horas. Tamaño de la muestra, seis almendras por tratamiento.

La aplicación del método es muy sencilla. Consiste en quitar la cutí cula de la punta de la almendra, o sea el extremo opuesto al embrión.

En esta forma se puede usar la almendra a manera de un lápiz al rayar sobre su respectivo cuadrito en el "pouncing paper".

Antes de rayar se debe tener bien seca la punta pelada, porque sino pa tina y no grava. Estas hojas de "pouncing paper" cuando ya han sido grava das, se deben guardar secas dentro de un sobre de celofán y en un lugar con algo de más calor. La humedad las daña mucho.

Se hacían dos observaciones por la mañana y tarde del estado de la pul pa. Los cambios a simple vista se hicieron al comparar pulpa de almendras frescas con pulpas de las almendras fermentadas de los distintos tratamien tos. Lo mismo se hacía con las almendras durante el día, para observar la apar iencia externa que van tomando.

Con el olfato, en forma muy aproximada desde luego, se definió el cam bio de la fermentación alcohólica a la acética (olor a vinagre). Se trató de definir el final de la fermentación acética como se usó últimamente. Las pruebas de germinación se hicieron para comprobar más la muerte del embrión. Se usaron veinte almendras por tratamiento y se metieron en cajas de petri con aserrín fino y húmedo. Se determinó la pérdida de peso de la masa por el proceso de fermentación para cada tratamiento. Para juzgar el producto



obtenido durante la fermentación se tuvieron en cuenta las siguientes observaciones aceptadas por unos u otros autores pero utilizadas todas en este trabajo:

- a) La apariencia externa de la almendra o sea el color de la cutícula.
- b) Abundancia de almendras redondas o suficientemente hinchadas. (Método de Costa de Oro)
- c) Facilidad para despegar la cutícula y el quiebre de la almendra.
- d) El olor de la masa.
- e) Aspecto de las almendras en corte longitudinal.
- f) Determinación del porcentaje de cacao violeta.
- g) El gusto de las almendras del material fermentado.
- h) Hay presencia de mohos al terminar el proceso de la fermentación.

El objetivo del trabajo era hacer el secado al sol pero por los motivos que se darán en el capítulo de resultados fue necesario usar en los bloques Nos. 2 - 3 y 4 secado artificial en estufa - eléctrica.

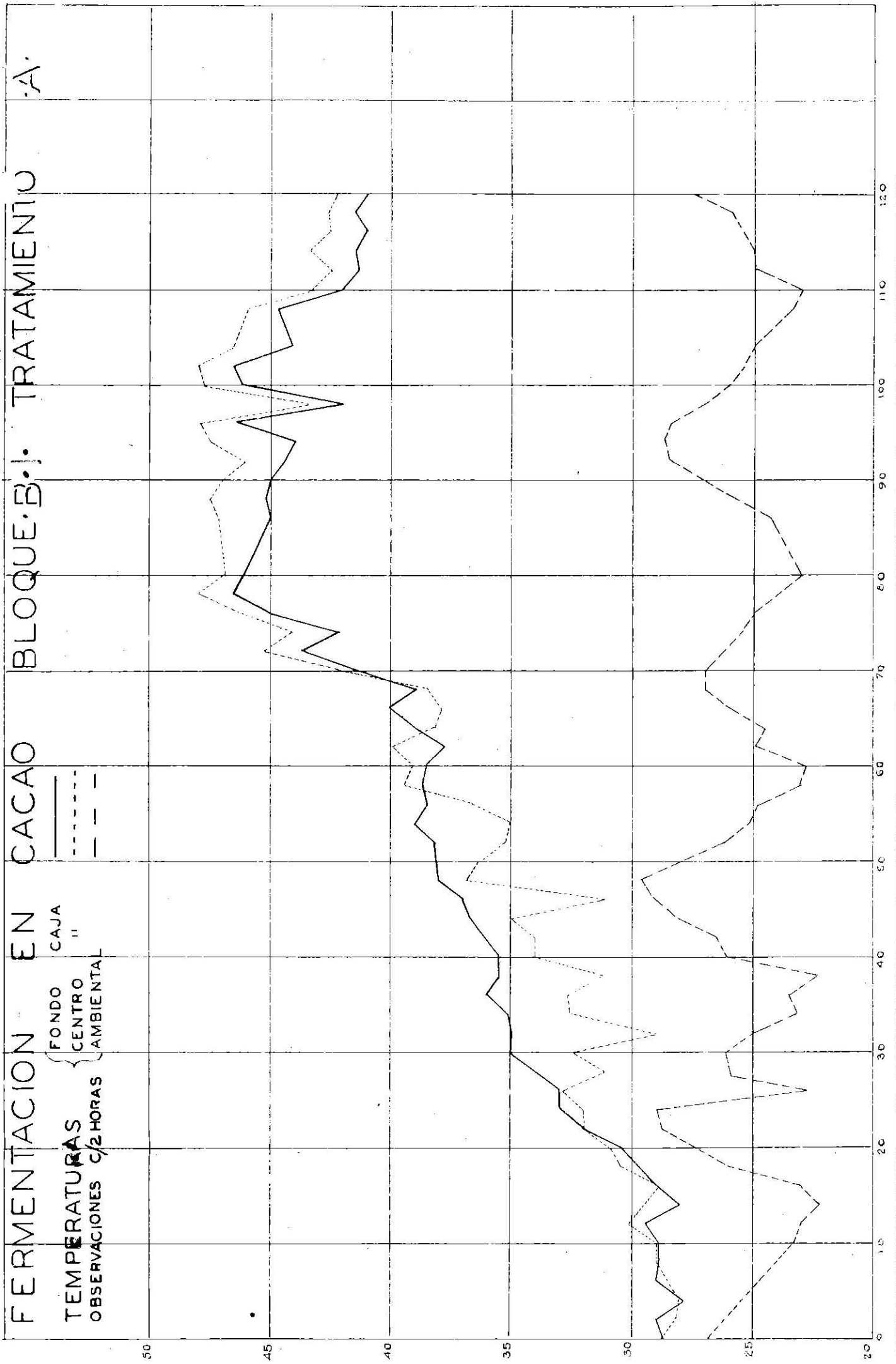
Cuando se secaba al sol el bloque N° 1, la capa de cacao en las bateas era aproximadamente de 4 cms. Se llevaban los siguientes datos: Número de horas que duraba expuesto el cacao al sol, temperatura media en sombra para ese tiempo determinado, a simple vista observar el cambio de las cutículas, y si había presencia de mohos.?

Para determinar la pérdida de peso en el secado se pesó la muestra al comenzar y finalizar la operación. Se determinó el hinchamiento después de secada la pequeña muestra por medio del método de Costa de Oro

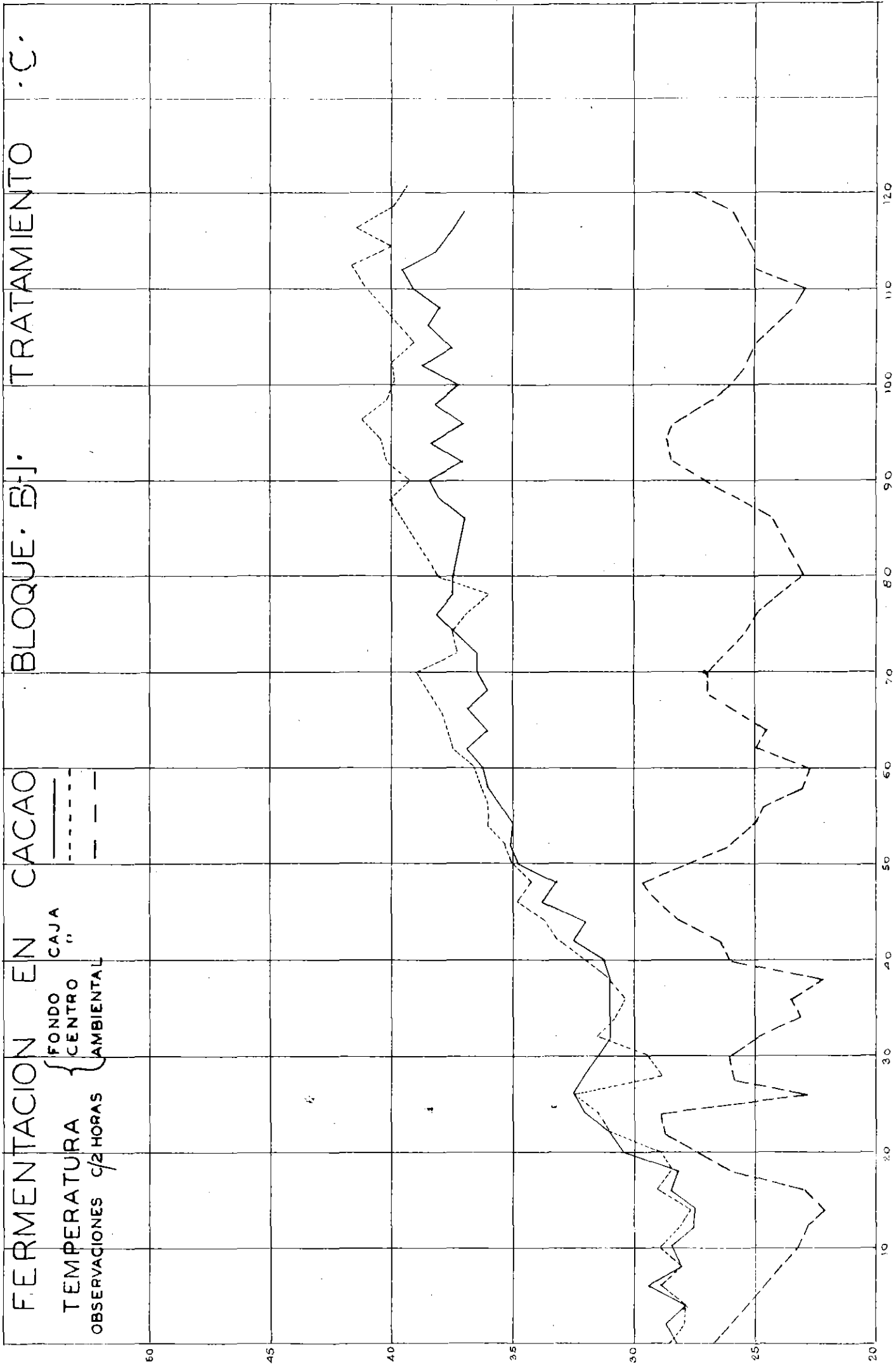
Cuando se determinó el hinchamiento para cada bloque después de la fermentación y secado se tomaron cuatro muestras de diez almendras para cada tratamiento. Se siguió el Método de Costa de Oro. Se usaron las tablas para tal propósito porque los valores anotados en ellas fueron calculados a partir de cacao Amelonado. El método es midiendo con un calibrador para

cada almendra, el largo, ancho y se tiene la suma de las dos dimensiones. Se mide luego el espesor para buscar en las tablas el hinchamiento correspondiente expresado en por ciento. En este caso se sacó el promedio por tratamiento para cada bloque.

Para determinar el por ciento de humedad del secado en los distintos bloques y tratamientos se usó el Método Oficial Brown Duvel. Es un método de destilación. El aceite especial usado en el aparato se volatiliza a una temperatura mayor que la de ebullición del agua. En este caso la temperatura de volatilización del aceite es de 200 grados C, para suspender la operación. Se usan 150 centímetros cúbicos de aceite especial para determinar la humedad. Como el aparato trae sus respectivas probetas graduadas hasta 25 cc., dividido en décimos la lectura directa da el % de humedad. Esto porque se usó una muestra de 100 grs. para cada tratamiento.







FERMENTACION EN CACAO

BLOQUE B-J

TRATAMIENTO

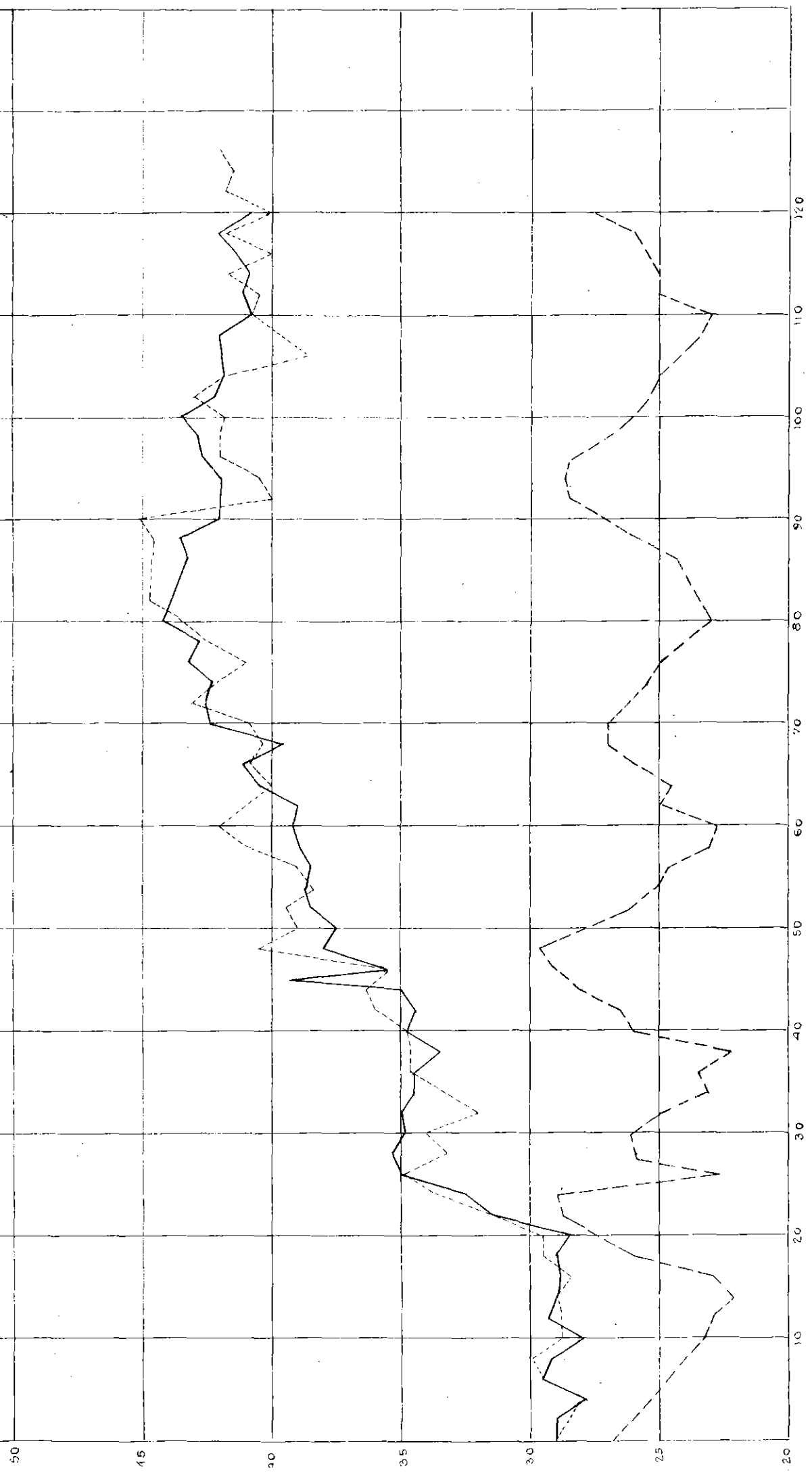
D.

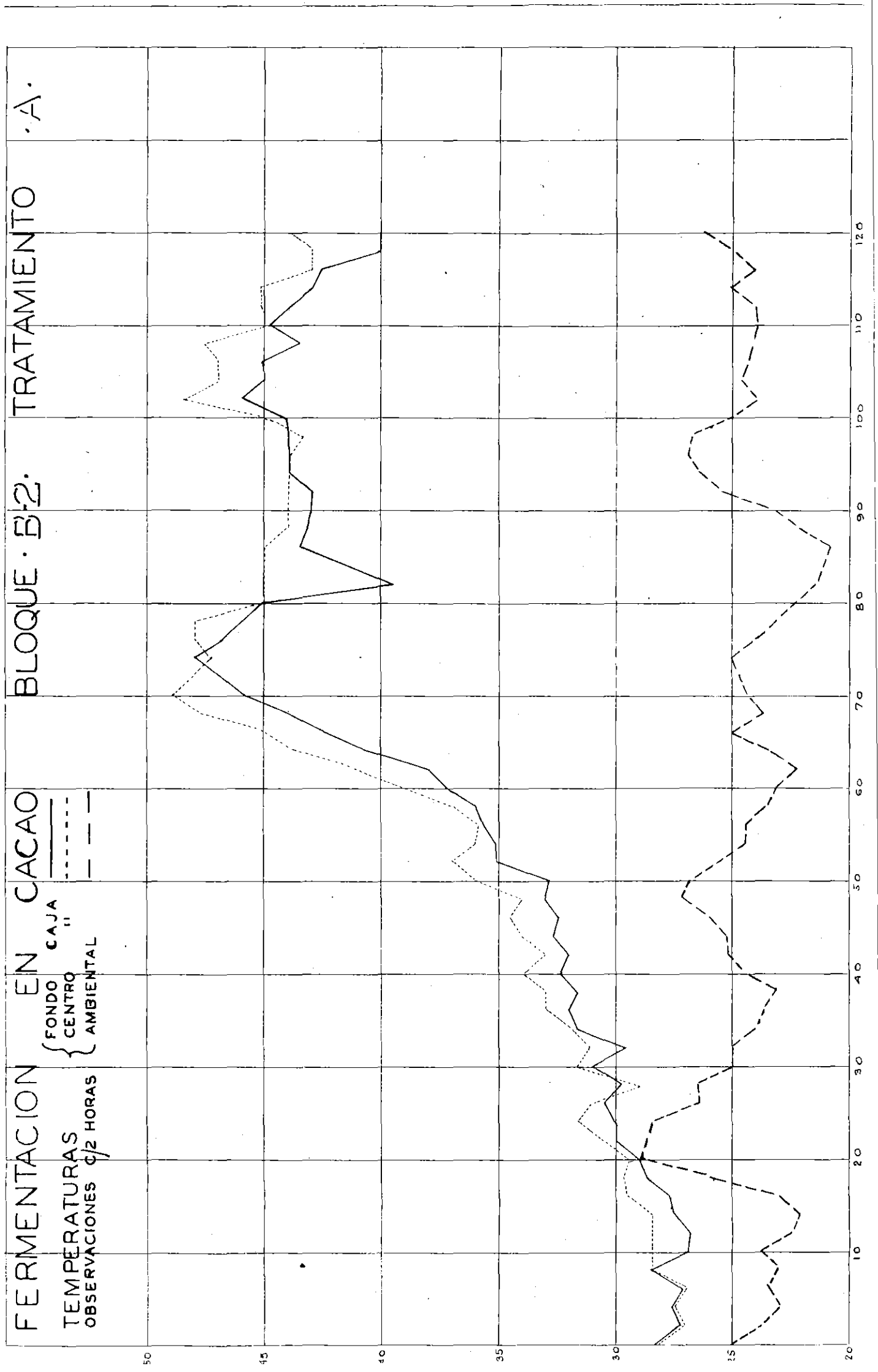
TEMPERATURA  
OBSERVACIONES C/2 HORAS

FONDO  
CENTRO  
AMBIENTAL

CAJAS

---  
- - -  
- - -



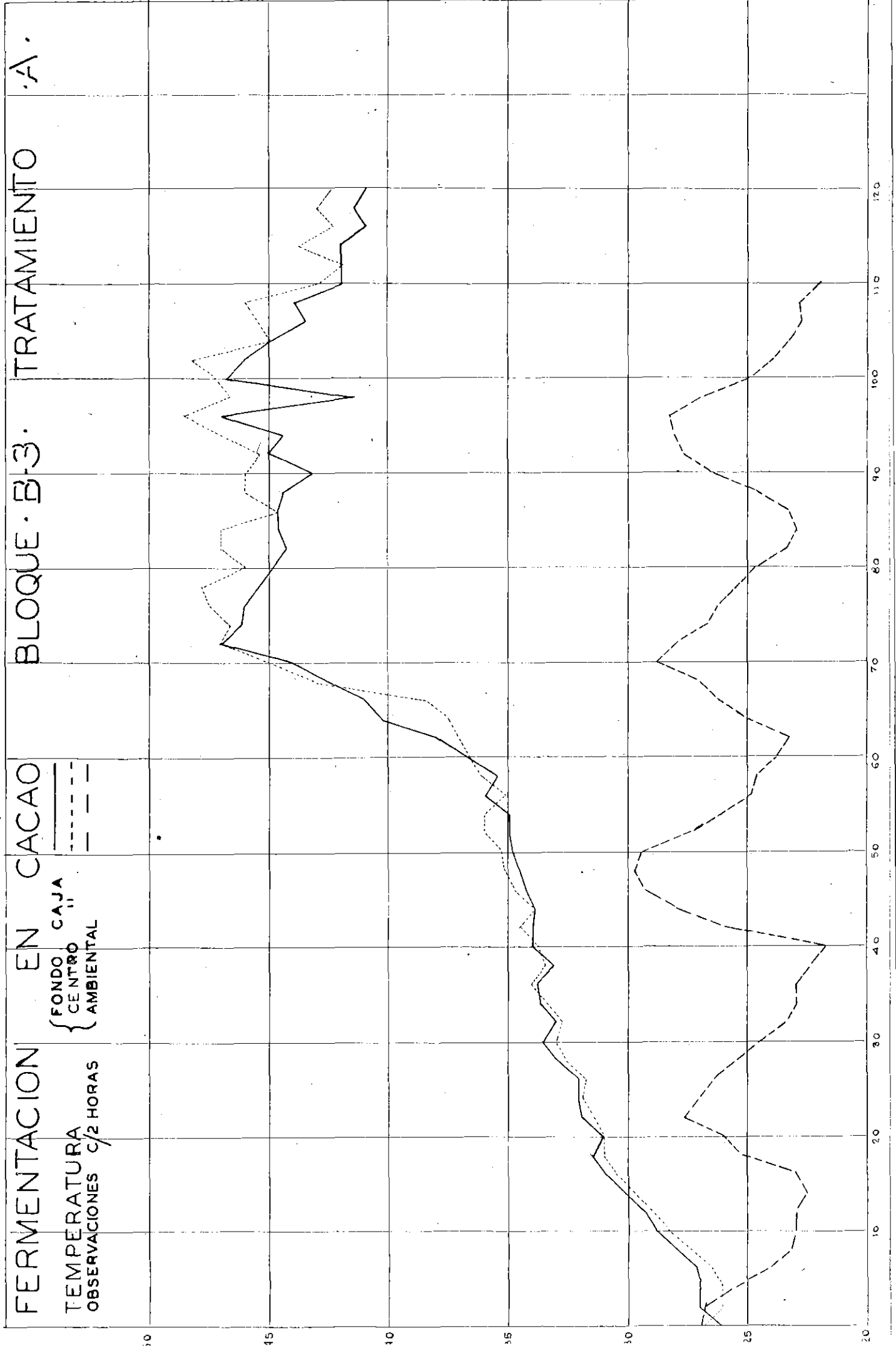










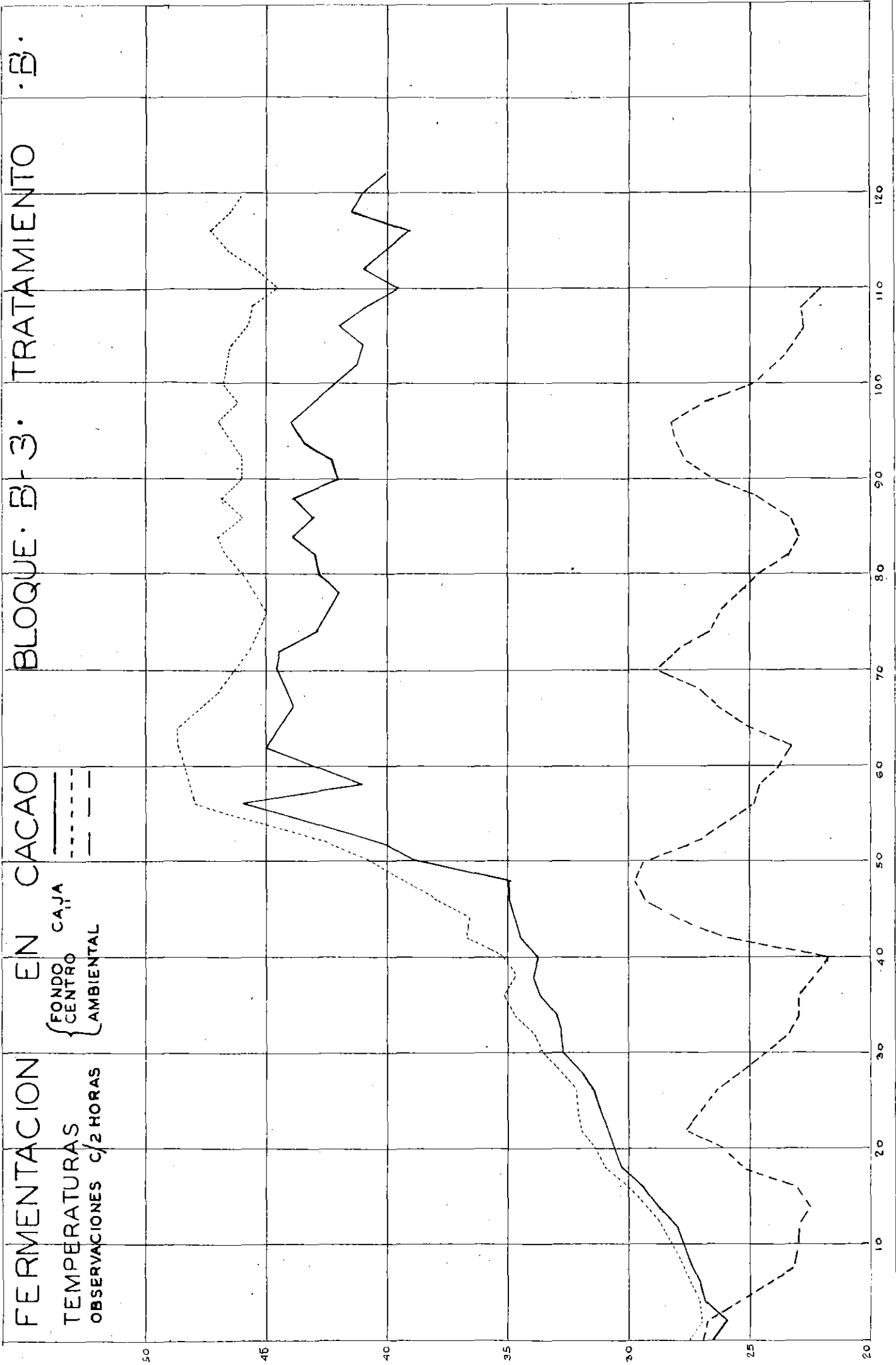


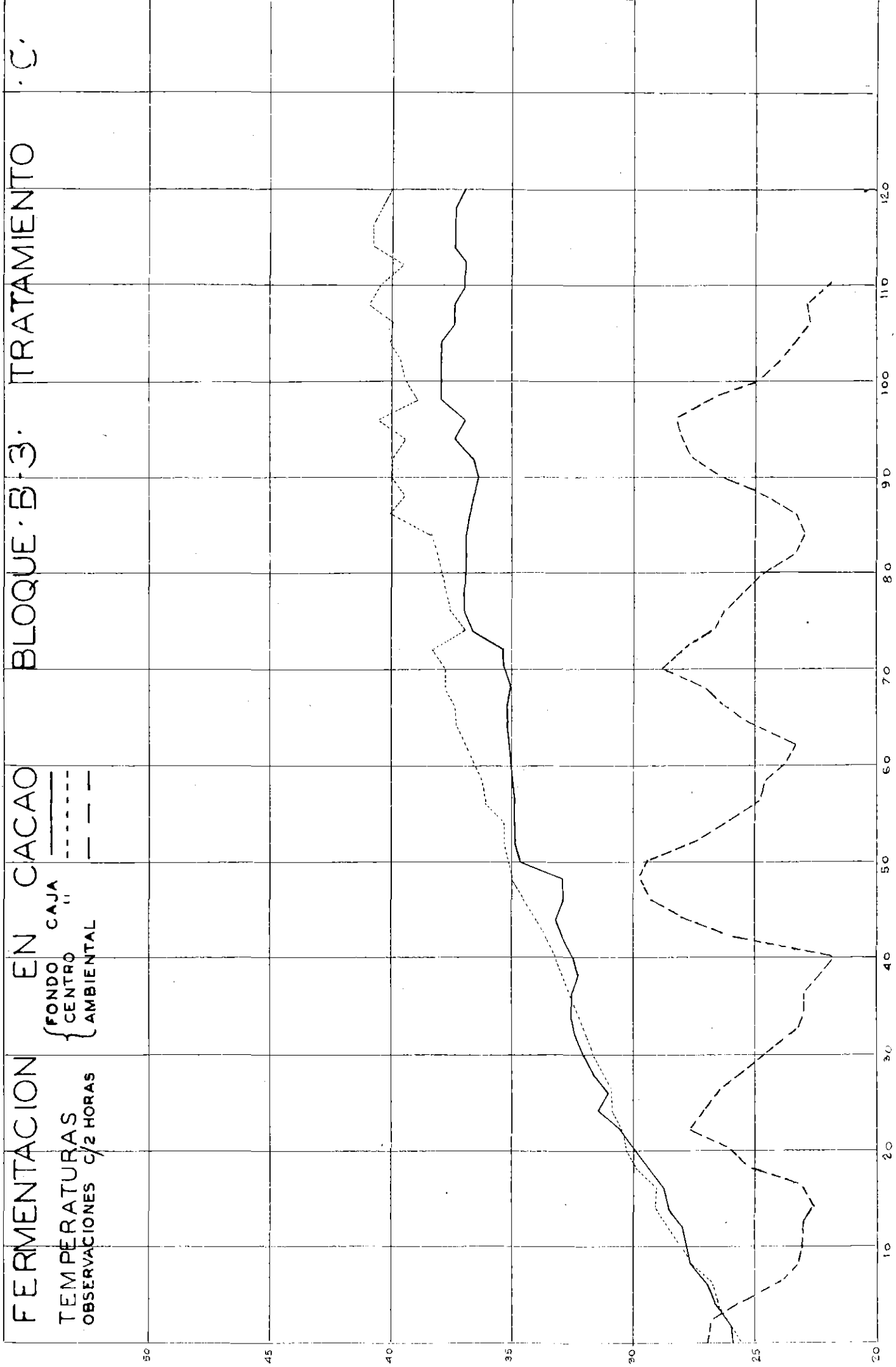
FERMENTACION  
TEMPERATURAS  
OBSERVACIONES C/2 HORAS

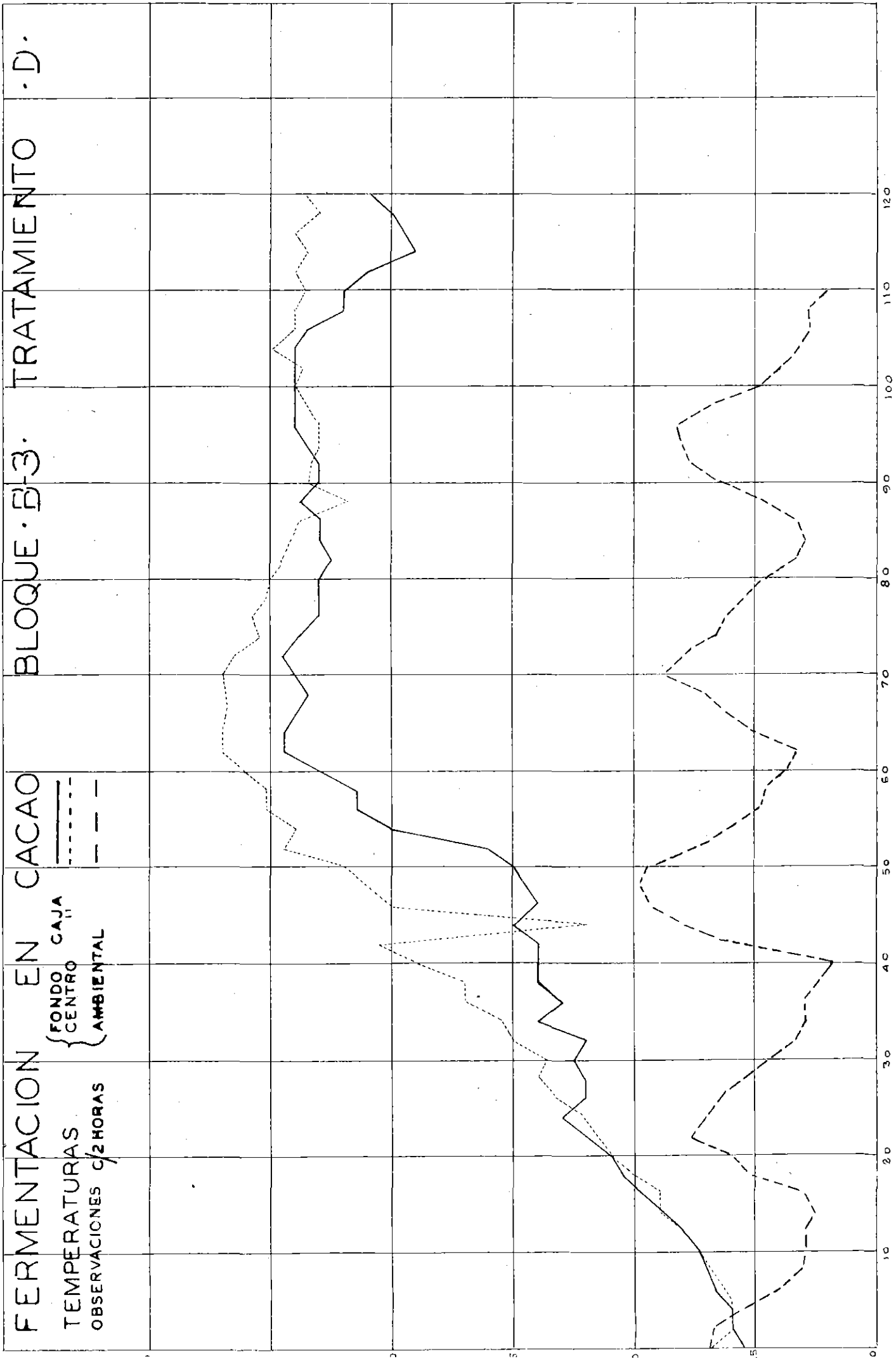
EN CACAO  
{ FONDO CAJA  
CENTRO  
AMBIENTAL

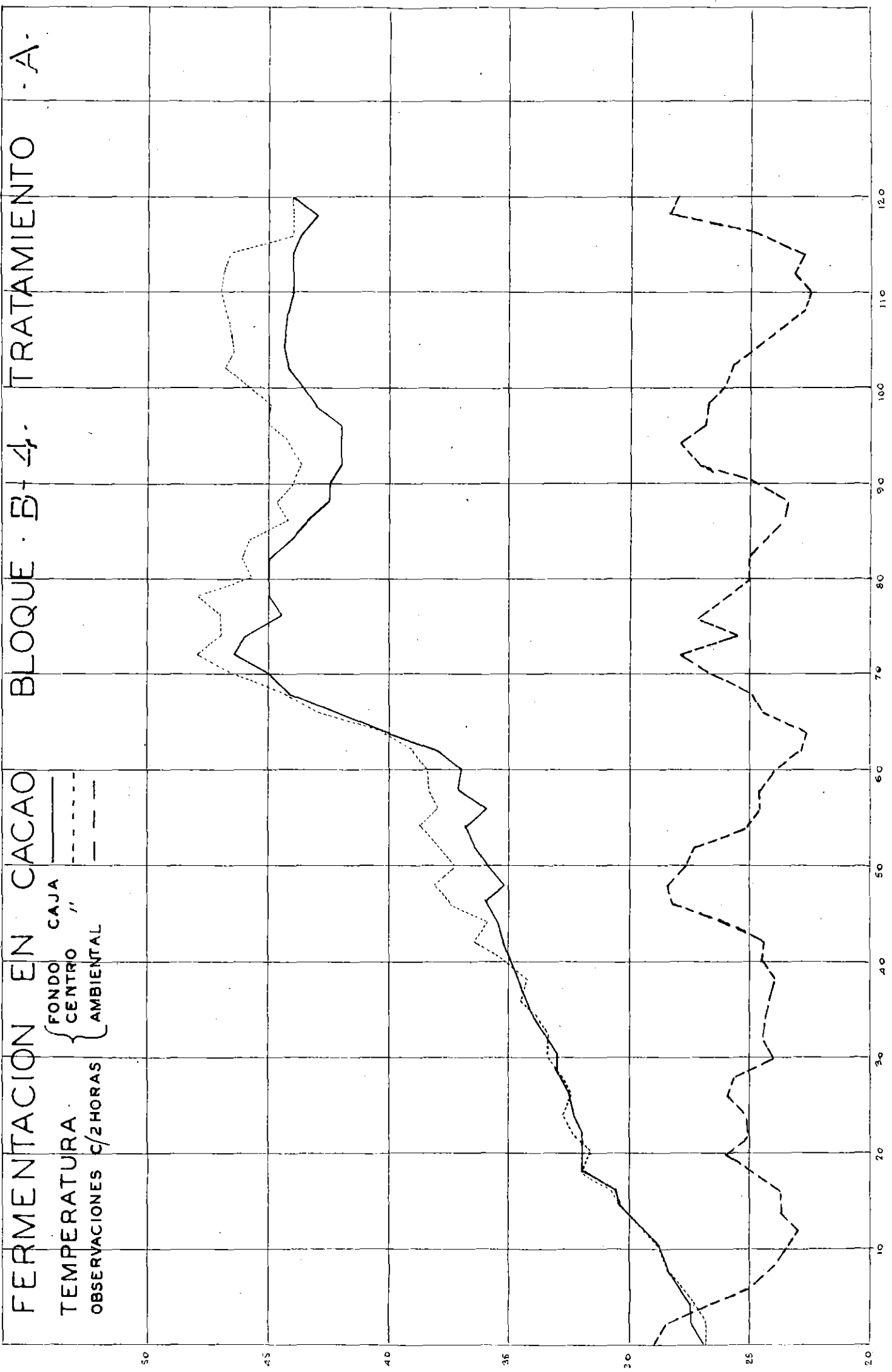
BLOQUE B-3 TRATAMIENTO

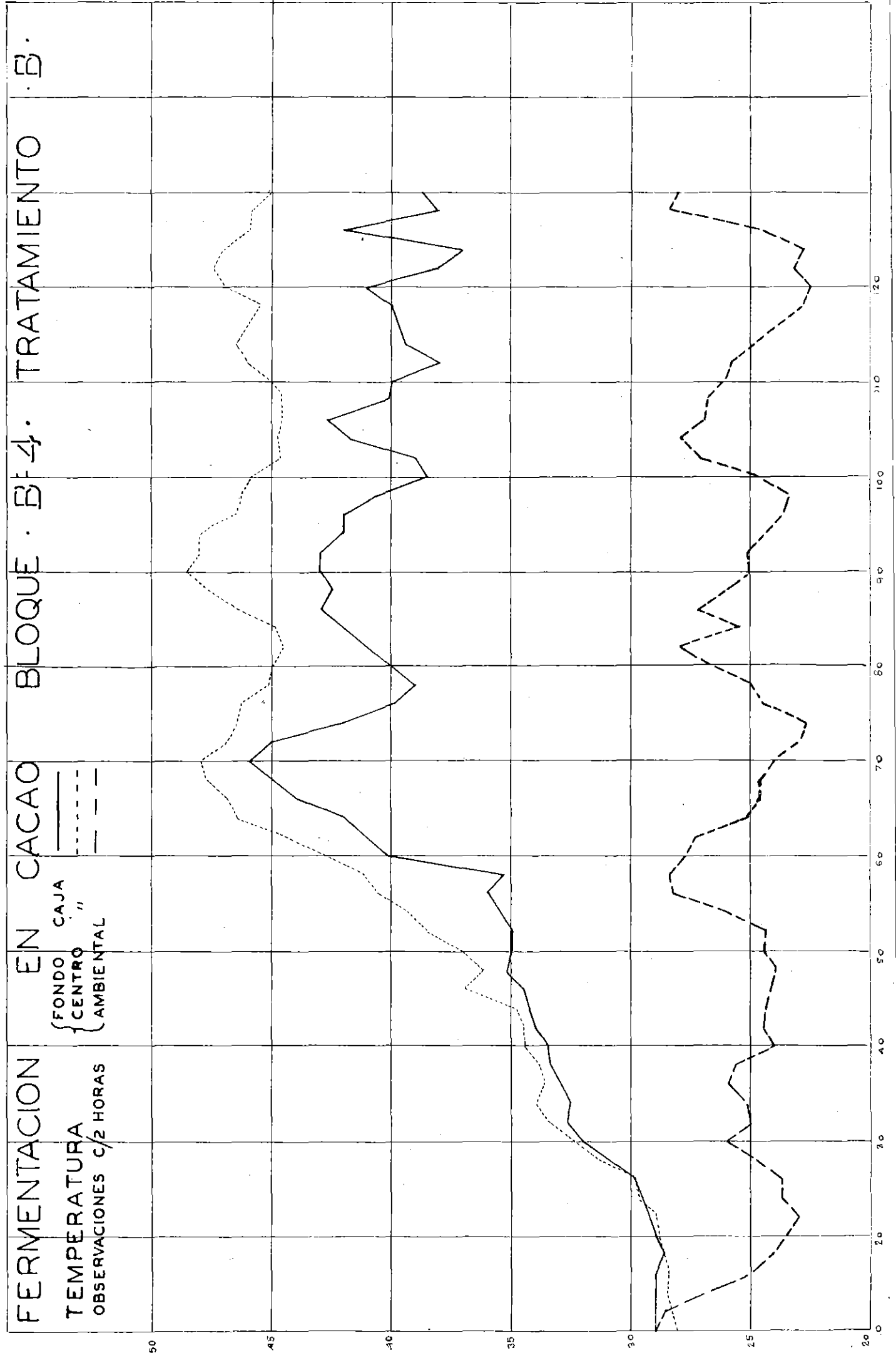
B.



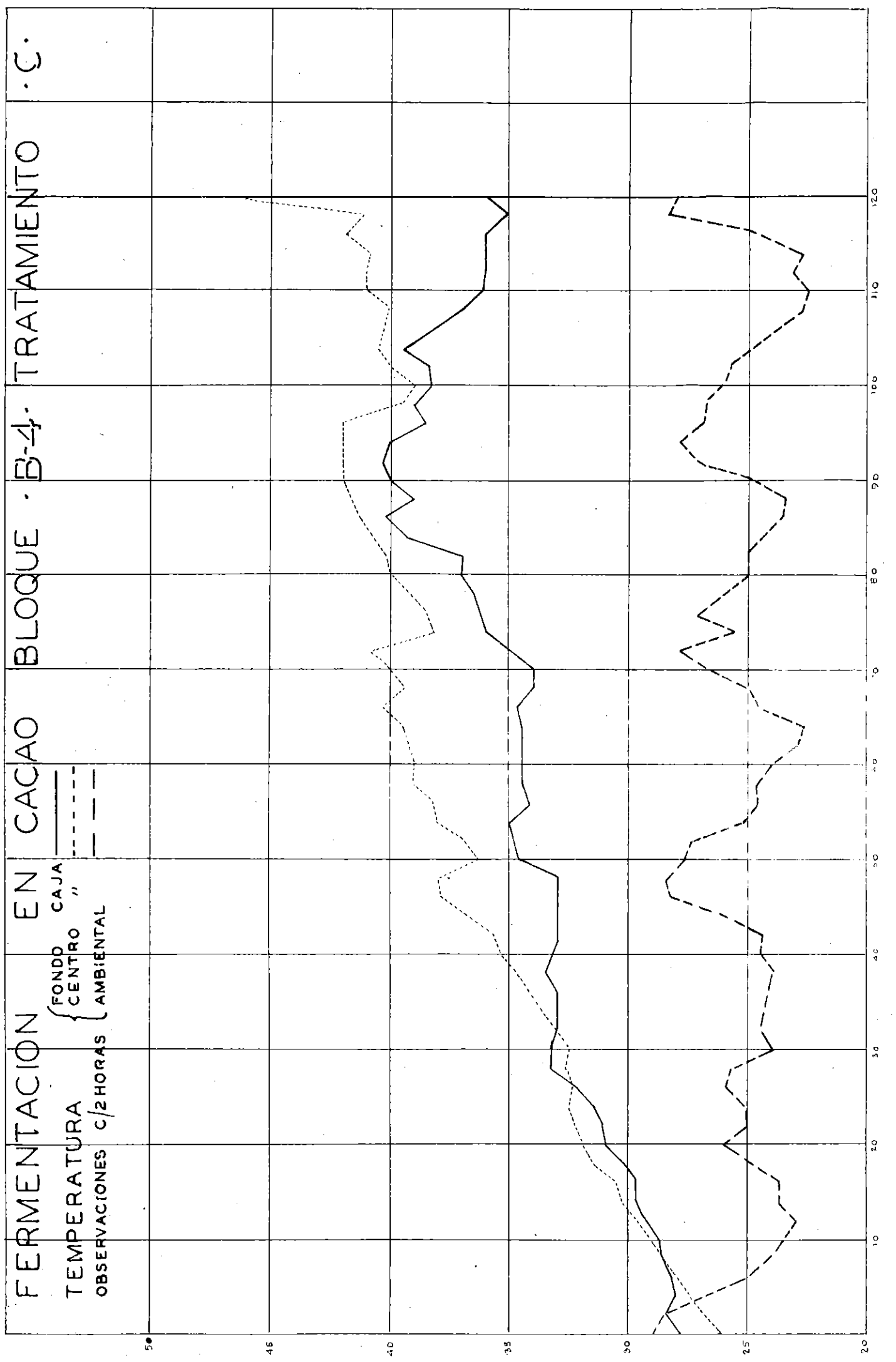


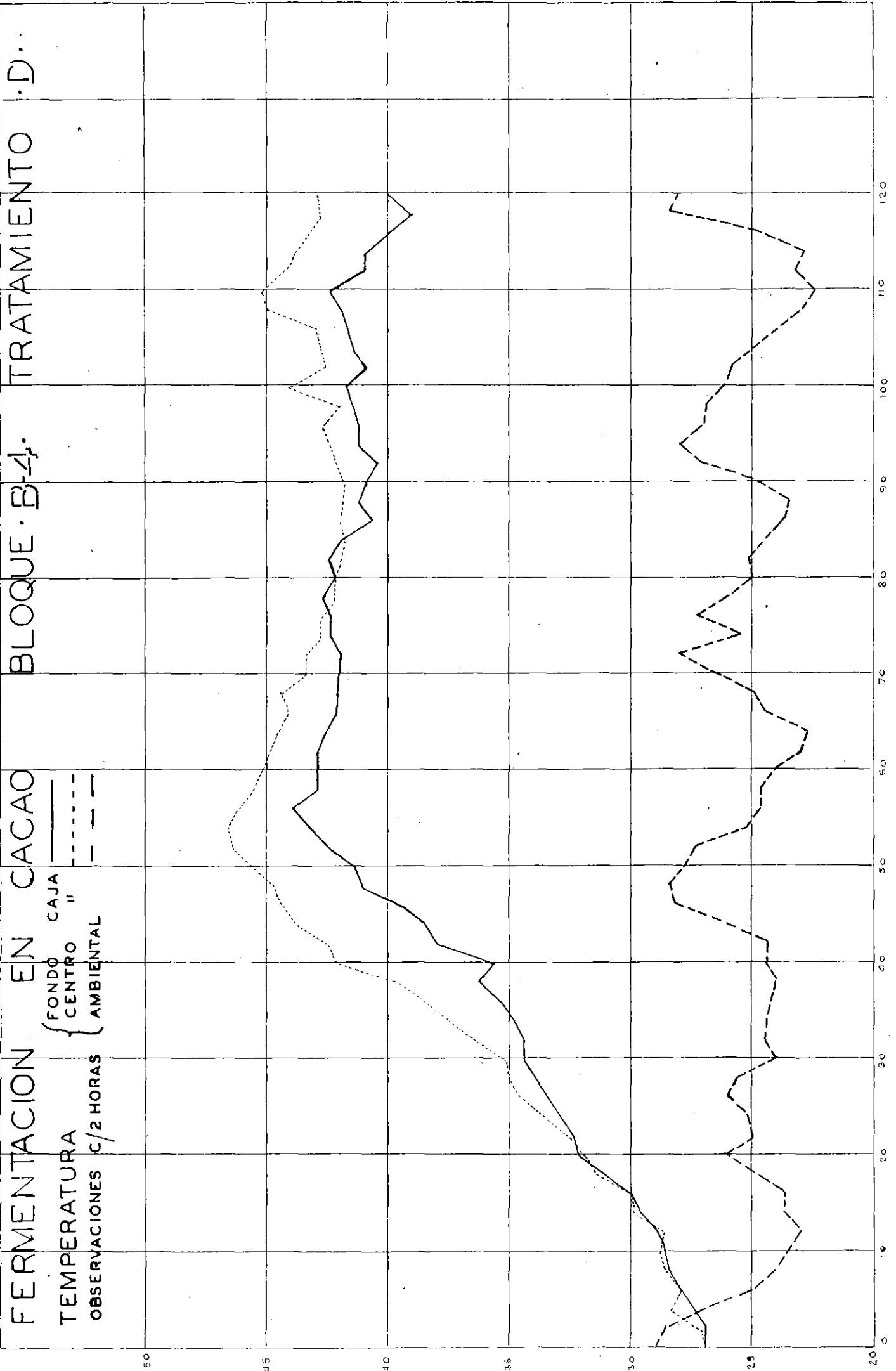












FERMENTACION EN CACAO

TEMPERATURAS OBSERVACIONES C/2 HORAS

FONDO CAJA  
 CENTRO " " (dashed)  
 AMBIENTAL " " (dash-dot)

BLOQUE B-4

TRATAMIENTO D.

50 45 40 35 30 25 20 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120

RESULTADOS

ESTUDIO DE LAS TEMPERATURAS

De la observación de los gráficos y tablas se tiene este cuadro:

CUADRO N° 1

TEMPERATURAS MAXIMAS - DISTINTOS BLOQUES Y TRATAMIENTOS

Localización - Hora de la observación - Temp. máxima del Bloque -

BLOQUE I

<u>TR. A</u>	<u>Loc. (a)</u>	<u>TR. B</u>	<u>Loc. (a)</u>	<u>TR. C.</u>	<u>Loc. (a)</u>	<u>TR. D</u>	<u>Loc(a)</u>
48.0	Centro	48.7	Centro	41.6	Centro	45.1	Centro
Cheq.(b), 78 hs.		Cheq.(b), 68 hs.		Cheq.(b), 1.12 h.		Cheq.(b), 90 H.	

Temperatura máxima: 48.7 = TR. B ( en el Centro)

BLOQUE II

49.1	Centro	48.0	Fondo	43.0	Fondo	45.7	Centro
Chq.(b) 70 hs.		Chq.(b), 88 hs.		Chq.(b), 78 hs.		Chq.(b), 74 hs.	

Temperatura máxima : 49.1 = TR. A. (en el Centro)

BLOQUE III

48.5	Centro	48.7	Centro	41.0	Centro	47.0	Centro
Chq.(b), 96 hs.		Chq.(b), 62 hs.		Chq.(b), 108 hs.		Chq.(b), 62 hs.	

Temperatura máxima: 48.7 = TR. B (en el Centro)

BLOQUE IV

48.0	Centro	48.5	Centro	46.5	Centro	46.5	Centro
Ch.(b), 72 hs.		Ch.(B), 80 hs.		Ch.(b), 120 hs.		Ch.(b), 54 hs.	

Temperatura máxima: 48.5 = TR. B. (en el Centro)

(a) Localización para la temperatura.

(b) Hora de chequeo para esa temperatura.

Según el cuadro anterior el Tratamiento B alcanzó mayor temperatura en tres bloques y el TR. A en uno solamente. Los gráficos nos muestran que las temperaturas del Centro de la Caja son más altas que las del fondo. El TR. C tuvo siempre las más bajas temperaturas.

El efecto de los tratamientos no produce oscilaciones muy marcadas en las temperaturas. Comúnmente varían entre 0.5 y 3 grados C.

No hay mucha diferencia entre las observaciones de temperatura, van muy ligadas en el mismo sentido.

Cuando la temperatura comienza a disminuir no lo hace precipitadamente. De la observación de los gráficos vemos que en una hora determinada para cada línea (fondo y centro) y aún para determinado tratamiento, la temperatura comienza a subir notoriamente.

Los gráficos para el tratamiento B muestran que en los cuatro bloques se incrementa más ligero la temperatura. Sigue el Tr.A. Luego el TR. D y últimamente el C.

De la línea para temperaturas del Fondo se concluye que la máxima temperatura se chequeó en el Bloque II, para los tratamientos A y B. Se midió 48 grados C. a las 74 y 88 horas de iniciado el proceso.

En los bloques I - III y IV el tratamiento A tuvo las máximas. Fueron respectivamente, 46.5 - 47.0 - y 46.5 grados C.

ESTUDIO DEL pH COLORIMETRICO

Con los datos diarios se elaboró el siguiente cuadro, por bloques y días.

CUADRO N° 2

pH COLORIMETRICO DE LA PULPA - FERMENTACION DEL CACAO

Límites promedios por día

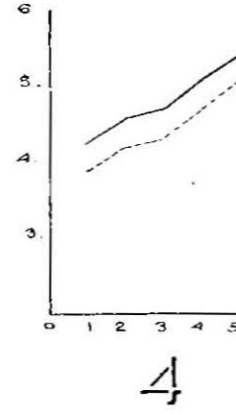
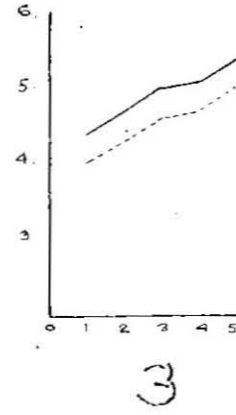
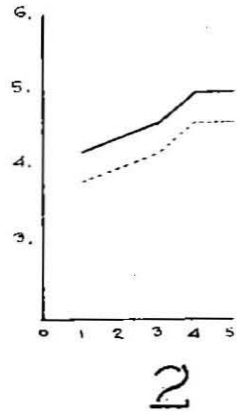
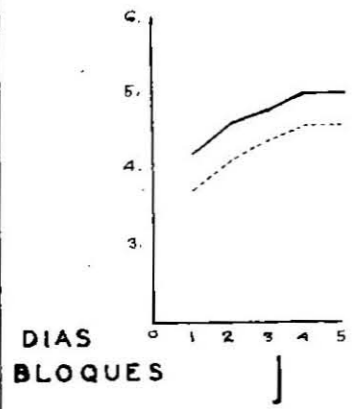
Tratamiento	Días	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
Tratamiento "A"	1°	3.8 - 4.2	3.8 - 4.2	4.0 - 4.4	3.9 - 4.3
	2°	4.2 - 4.6	4.0 - 4.4	4.3 - 4.7	4.2 - 4.6
	3°	4.4 - 4.8	4.2 - 4.6	4.6 - 5.0	4.3 - 4.7
	4°	4.6 - 5.0	4.6 - 5.0	4.7 - 5.1	4.7 - 5.1
	5°	4.6 - 5.0	4.6 - 5.0	5.0 - 5.4	5.0 - 5.4
Tratamiento "B"	1°	3.8 - 4.2	3.8 - 4.2	3.8 - 4.2	3.9 - 4.3
	2°	4.2 - 4.6	4.2 - 4.6	3.9 - 4.3	4.2 - 4.6
	3°	4.6 - 5.0	4.6 - 5.0	4.3 - 4.7	4.6 - 5.0
	4°	4.6 - 5.0	4.8 - 5.1	4.9 - 5.3	4.7 - 5.1
	5°	5.0 - 5.4	5.0 - 5.4	5.0 - 5.4	5.0 - 5.4
Tratamiento "C"	1°	3.8 - 4.2	3.8 - 4.2	3.8 - 4.2	3.8 - 4.2
	2°	4.2 - 4.6	4.2 - 4.6	4.0 - 4.4	4.1 - 4.5
	3°	4.4 - 4.8	4.5 - 4.9	4.2 - 4.6	4.3 - 4.7
	4°	4.6 - 5.0	4.9 - 5.3	4.2 - 4.6	4.7 - 5.1
	5°	4.6 - 5.0	5.0 - 5.4	4.6 - 5.0	5.0 - 5.4
Tratamiento "D"	1°	3.8 - 4.2	3.8 - 4.3	3.8 - 4.2	3.9 - 4.3
	2°	4.2 - 4.6	4.3 - 4.7	4.4 - 4.4	4.2 - 4.6
	3°	4.6 - 5.0	4.6 - 5.0	4.2 - 4.6	4.6 - 5.0
	4°	4.9 - 5.3	4.8 - 5.2	4.7 - 5.1	4.6 - 5.0
	5°	5.0 - 5.4	5.0 - 5.4	5.0 - 5.4	5.0 - 5.4

# FERMENTACION EN CACAO — PH — DE LA PULPA

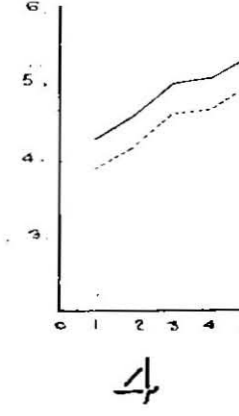
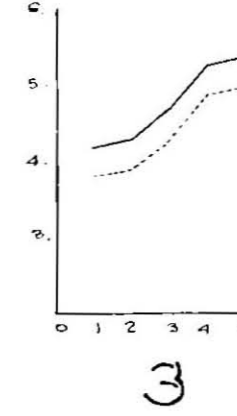
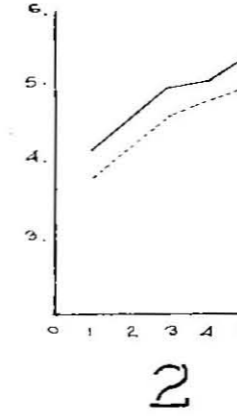
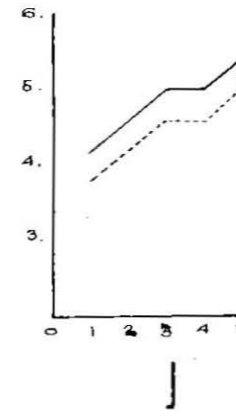
SIGNOS CONVENCIONALES

{ LIMITE SUPERIOR ———  
 LIMITE INFERIOR - - - -

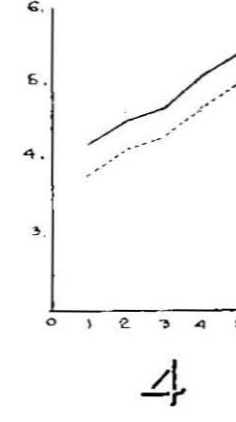
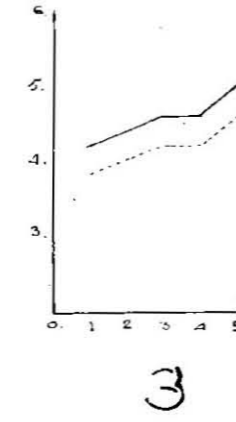
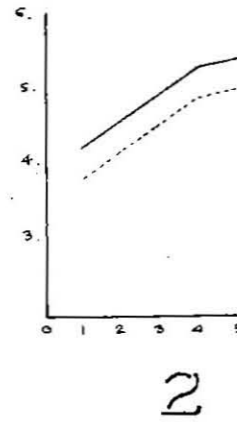
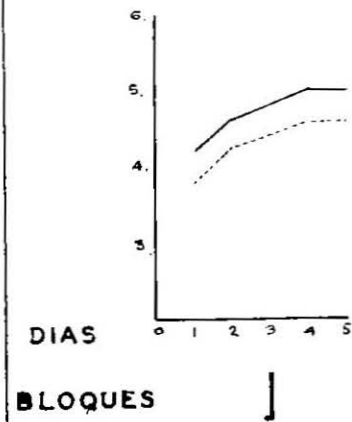
## TRATAMIENTO A



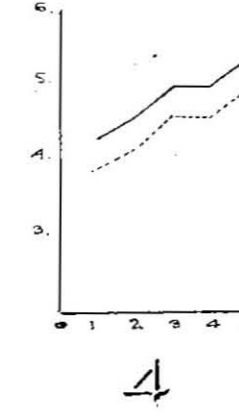
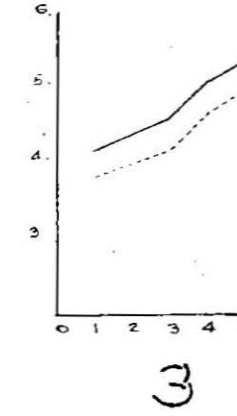
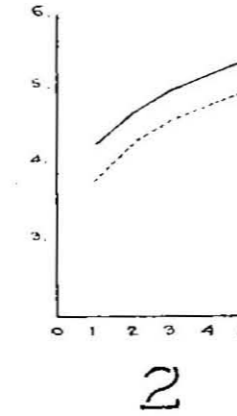
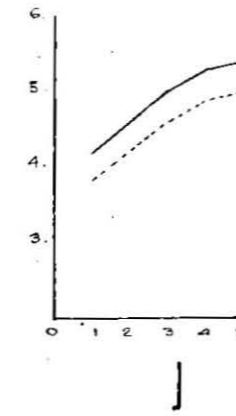
## B



## TRATAMIENTO C



## D



Para obtener cada límite promedio diario de pH colorimétrico se usaron las cuatro observaciones diarias. De los datos expuestos se concluye que los límites mínimo y máximo de pH colorimétrico durante el experimento fueron entre 3.8 - 5.4.

No se conocen trabajos de pH colorimétrico usando cacao Amelonado para saber si los datos encontrados están dentro de lo normal. Sólomente se tiene la comparación con las cifras presentadas por Roelofsen y Giesberger (12) quienes en Java para cacao criollo dieron límites colorimétricos de pH. de 3.3, para el mínimo y 4.6 para el máximo. El tiempo de fermentación fue de sesenta horas.

El cuadro siguiente expresa los límites mínimo y máximo diario para pH. Se ha tomado el experimento en conjunto, separando por tratamientos y días.

CUADRO N° 3

pH. COLORIMETRICO DE LA PULPA - FERMENTACION DEL CACAO

- Límite mínimo y máximo diario -

Día	Tratamiento A	Tratamiento B	Tratamiento C	Tratamiento D
1°	3.8 - 4.4	3.8 - 4.3	3.8 - 4.2	3.8 - 4.3
2°	4.0 - 4.7	3.9 - 4.6	4.2 - 4.6	4.2 - 4.7
3°	4.2 - 5.0	4.3 - 5.0	4.2 - 4.8	4.2 - 4.6
4°	4.6 - 5.1	4.6 - 5.3	4.2 - 5.1	4.6 - 5.3
5°	4.6 - 5.4	5.0 - 5.4	4.6 - 5.4	5.0 - 5.4

Con el objeto de estudiar si había o no correlación entre las temperaturas de fondo y centro de la caja separadamente vs. la temperatura ambiental, se elaboró el siguiente cuadro de valores de "r".

CUADRO N° 4

Valores de "r" para los diversos bloques y tratamientos - Correlación;  
 Temperatura del fondo ( cajas ) vs. Temperatura ambiental.  
 Temperatura del centro( cajas ) vs. Temperatura ambiental.

BLS(a)	Tratamiento A		Tratamiento B		Tratamiento C		Tratamiento D	
	F.(x)	C(z)	F.(x)	C.(z)	F.(x)	C.(z)	F.(x)	C.(z)
Bl. I G.L.57	0.1472	0.1769	0.1433	0.4574**	0.4929**	0.1921	0.1459	0.4339**
Bl. II G.L.59	0.2758*	0.4327**	0.4770**	0.3589**	0.8393**	0.8757**	0.4554**	0.4832**
Bl. III G.L. 59	0.1348	0.1713	0.2163	0.1072	0.1549	0.3803**	0.9647**	0.1481
Bl. IV G.L.59	0.0040	0.0131	0.0210	0.0284	0.0054	0.0134	0.0013	0.0113

(a) Bloques del experimento.

(x) Cifras para las temperaturas del fondo de las cajas.

(z) Cifras para las temperaturas del centro de las cajas.

En el cuadro anterior y en el bloque I hay correlación en los tratamientos B - C - D - Corresponden al centro, fondo y centro de las cajas respectivamente. Son altamente significativos para los niveles del 5 y 1% .

En el Bloque II hay correlación para todos los tratamientos tanto para las temperaturas del centro como del fondo. Para el tratamiento A y en el fondo se obtuvo un valor de "r" significativo al 5% . Los restantes son altamente significativos para los niveles del 5 y 1%.

En el bloque III hay valores altamente significativos para los niveles del 5 y 1%, en los tratamientos C y D, para el centro y fondo respectivamente.



En los valores positivos de "r" para el Bloque IV no hubo ninguna significación y los valores son bastante bajos.

Es difícil dar con la verdadera razón para el caso del Bloque IV porque hay varias variables de mucha influencia que no se pudieron eliminar cuando se hicieron las correlaciones deseadas y por lo tanto influenciaron el factor que nos interesa.

Una explicación lógica son las variaciones de la temperatura ambiental debidas a la elevada precipitación pluvial de los días experimentales cuando se efectuó el bloque IV. Esto se nota además en las curvas de temperatura ambiental.

Con tal motivo se presenta a continuación un cuadro comparativo de los datos diarios y el promedio de precipitación durante los días experimentales.

CUADRO N° 5

- PRECIPITACION EN LA LOLA PARA LOS DIAS EXPERIMENTALES -  
( Pulgas )

BLOQUE I		BLOQUE II		BLOQUE III		BLOQUE IV	
Fecha	Pe. (a)	Fecha	Pe. (a)	Fecha	Pe. (a)	Fecha	Pe. (a)
6-15-50	0.15	6-28-50	0.84	7-7-50	0.21	7-21-50	0.20
6-16-50	0.04	6-29-50	0.03	7-8-50	--	7-22-50	0.24
6-17-50	--	6-30-50	0.28	7-9-50	0.17	7-23-50	1.12
6-18-50	1.40	6-31-50	--	7-10-50	--	7-24-50	0.17
6-19-50	1.04	7-1-50	0.04	7-11-50	0.50	7-25-50	2.19
6-20-50	0.03	7-2-50	0.05	7-12-50	0.54	7-26-50	0.22
X Precip	0.44		0.20		0.32		0.69

(a) Precipitación en pulgadas diariamente.

### CAMBIOS FISICOS DE LA PULPA Y ALMENDRA DURANTE LA FERMENTACION

Aunque el experimento se efectuó en cuatro bloques separadamente, los cambios físicos fueron casi iguales y las diferencias de tiempo muy pocas en los tratamientos A, B y C - A estos se les juzga en forma global y se obtienen los promedios para las horas cuando se verificaron dichos cambios. El tratamiento D mostró algunas diferencias en cuanto al tiempo y los cambios sucesivos, por lo tanto se notarán las distinciones en los cuadros.

En el caso de los tres primeros tratamientos la pulpa al iniciarse la fermentación tuvo un color blanco, densa, o sea de aspecto glutinoso. A medida que avanza la fermentación se van observando cambios. El olor alcohólico (fermentación alcohólica) también aumenta con el tiempo del proceso. La pulpa va tomando un color pardo pálido. La presencia de burbujeo en la masa hace pensar que se está desprendiendo el CO<sub>2</sub> de la fermentación. Este CO<sub>2</sub> resulta cuando se van transformando los azúcares por la acción de las levaduras, produciendose además el alcohol. - El "Swetings", sudor o jugo del cacao, sale por las rendijas del fondo de las cajas durante las primeras 12 horas del proceso. Se percibió el olor acético cuando se había iniciado esa fase de la fermentación. Poco a poco se va notando más fuerte el olor a vinagre. Las almendras se van hinchando. Hay generalmente una exudación de estas. Según Knapp (4) esas exudaciones vienen de los cotiledones a través de una rajadura de la piel y muchas veces producen manchas púrpuras o carmelito - púrpuras que aparecen sobre la piel de las almendras. Además dice que cuando existen en abundancia y especialmente en la superficie de la masa los agricultores tienen la creencia de una sobre fermentación.

No hubo un tiempo determinado para el calentamiento de la masa, pero generalmente se verificó después de las treinta horas de iniciado el proceso. Esto es lógico porque las temperaturas son más altas en este estado cuando se oxida

el alcohol para producir acético. La pulpa se vuelve de color pardo intenso. Según Knapp (4) el color pardo oscuro que va tomando la pulpa se debe a la oxidación de los taninos en la presencia de una oxidaza y es la principal guía de los agricultores para determinar el punto final de la fermentación.

También se observó en el estudio actual que la pulpa va disminuyendo hasta llegar a formar una delgada capa adherida a la almendra.

Sólamete en el tratamiento D para todos los bloques hubo diferencias respecto a los demás. El "swetings" drenó durante más tiempo. Su color era un poco más turbio que el normal y el olor a levadura más intenso. La pulpa no llegó a tener un color pardo intenso como en los demás sino pardo pálido. Talvez se deba a la poca oxidación de las taninos porque las cajas D fueron testigos sin ningún tratamiento. Las almendras superficiales de la masa se secaron mucho, especialmente las de las esquinas y lados. Aparecieron sobre ellas colonias de levaduras.

En el cuadro siguiente se anotan las horas promedios cuando se verificaron algunos de los cambios nombrados:

CUADRO N° 6

- FERMENTACION DEL CACAO -

Horas promedio para los principales cambios físicos externos Trs. A.B.C y D.

- Orden de sucesión ↗

<u>Hora promedio</u>	<u>Cambio observado</u>
A las 6 horas	Burbujeo en la masa (Trs. A - B y C)
A las 15 horas	Casi no dreña más swetings (Trs. A - B y C)
A las 16 horas	Pulpa de color pardo pálido (Trs. A - B y C)
A las 20 horas	Pulpa de color pardo pálido (Tr. D)
A las 30 horas	No sale más swetings (Tr. D)
A las 38 horas	Capa superficial de la masa se calienta (Tr.A-B) ( y C )
A las 42 horas	Se nota olor acético en la masa (Trs. A-B y C)
A las 46 horas	Abundancia de almendras con la pulpa fresca(Tr-D)
A las 50 horas	Se nota olor acético en la masa (Tr. D)
A las 54 horas	Exudación de las almendras (Trs. A - B y C )
A las 66 horas	Notorio hinchamiento de las almendras (Trs.A-ByC)
A las 66 horas	La cantidad de pulpa por almendra es poca (Trs. A - B y C)
A las 86 horas	Presencia de colonias de microorganismos <u>superfi</u> <u>ciales</u> ( Tr. D )
A las 90 horas	Hinchamiento de las almendras (Tr. D)
A las 104 horas	La pulpa toma color caoba (Trs. A - B y C)

CUADRO N° 7

FERMENTACION DEL CACAO

Horas promedio para los principales cambios físicos de la cutícula, endosperma y embrión.

Orden de sucesión: TRS. A - B - C y D.

<u>Hora promedio</u>	<u>Cambios observados</u>
A las 10 horas	Cutícula de color café pálido (Trs. A-B y C)
A las 14 horas	Nervaduras superficiales de las almendras pronunciadas (Trs. A - B y C)
A las 16 horas	Cutículas de color café pálido (Tr. D)
A las 18 horas	Nervaduras superficiales de las almendras pronunciadas ( Tr. D)
A las 40 horas	Cambios en la parte exterior del endosperma (TRS A-B) y C
A las 64 horas	El embrión toma un color café pálido desuniforme (Trs. A - B y C)
A las 66 horas	Cutícula adquiere color marron (Trs. A - B y C)
A las 80 horas	Cutícula de color pardo oscuro (Trs. A - B y C)
A las 86 horas	Cambios notorios en el embrión y endosperma (Tr.D)
A las 88 horas	Cutícula de color caoba pálido (Trs. A - B y C)

Observaciones después de la Fermentación

Cuando se hicieron las pruebas de germinación de almendras fermentadas, no hubo ninguna germinación con lo cual se comprueba la muerte del embrión.

Para hacer apreciaciones sobre el producto después de fermentado se tuvieron en cuenta las opiniones de Palma ( 10 ) y otros autores. Haciendo además las comparaciones de la muestra fermentada con la fresca. Las observaciones fueron:

Las cutículas de las almendras en los tratamientos A - B y C, al finalizar la fermentación eran de color caoba. En el tratamiento A y B eran caoba oscuro y en C, caoba pálido. En el tratamiento D era color café oscuro.

En los tratamientos A - B y C, a simple vista la masa estaba formada por almendras ovaladas. En el Tr. D, existía esta característica pero no tan marcada. Los valores de hinchamiento obtenidos por el Método de Costa de Oro para los cuatro bloques y promediando tratamientos son:

Tratamiento A = 52.2

Tratamiento B = 50.5

Tratamiento C = 52.4

Tratamiento D = 51.9

En todos los tratamientos la cutícula despegaba fácil y la almendra no presentaba mucha resistencia al quebrar. El olor de la masa al sacar el producto de las cajas era acético. Un poco atenuado en los Tratamientos A - B y C. El tratamiento D siempre conservaba un fuerte olor acético. En el bloque IV, los tratamientos A y B tuvieron un olor acético leve, casi no se percibía.

Al hacer cortes longitudinales de cinco almendras para cada tratamiento, se notaban los canales o cavidades internas muy pronunciadas.

El porcentaje de cacao violeta se determinó para cada tratamiento de acuerdo con el método de Miranda ( 9 ). Se obtuvo el siguiente promedio para los tratamientos en los cuatro bloques:

Tratamiento A = 83.9%  
Tratamiento B = 80.9%  
Tratamiento C = 78.8%  
Tratamiento D = 66.9%

El gusto de las almendras para todos los tratamientos es amargo en el material fermentado. Aparecieron colonias de levaduras en el fondo y esquinas del tratamiento D ( cajas testigos ).

El siguiente cuadro muestra el porcentaje perdido en los tratamientos, por bloques y el promedio para tratamiento.

CUADRO N° 8

PERDIDA DURANTE LA FERMENTACION  
(Porcentaje de peso fresco)

Bloques	I	II	III	IV	Promedio
Tratamiento A	15.46	19.77	9.71	8.25	13.29
Tratamiento B	11.98	18.56	19.40	14.01	15.98
Tratamiento C	14.10	23.56	5.62	6.59	12.46
Tratamiento D	12.04	15.98	12.13	7.34	11.87

SECADO DE MUESTRAS.

Según Giferri y Platone ( 11 ) el secado del cacao tiene por objeto disminuir su humedad hasta un 8%. Para el bloque I el secado se hizo al

24 (a)



Figura No. 2 - Bateas para secado al sol de los tratamientos A - B - C y D,  
en el Bloque I -



sol. La capa de almendras en las bateas de secar tuvo un espesor máximo de dos pulgadas. El grano se asoleó durante ocho ocasiones. Tuvo cuarenta horas de sol y en promedio cinco horas cada asoleada.

La temperatura media a la sombra fué de 28 grados C. No fue posible asolear el grano todos los días. Hubo interrupciones de dos a tres días cuando llovía. Además en los días de sol había mala distribución por la nubocidad. Por este elevado porcentaje de humedad ambiental, aparecieron en todos los tratamientos hongos. Afectaron tanto la superficie de la cutícula como por dentro al endosperma.

A medida que las almendras se secan la cutícula va tomando varios colores. A simple vista cambia de café claro, pardo, pardo intenso, caoba pálido e intenso. La pérdida de agua hace que la cutícula se adhiera al endosperma, presentando resistencia al despegarla, adelgasa y disminuye el hinchamiento. Los colores que dió este secado fueron: caoba intenso para los tratamientos A - B y C. El tratamiento D era caoba pálido.

Por el nombrado contratiempo que nos presentan los hongos fue necesario secar artificialmente en estufa a los siguientes bloques.

La temperatura suministrada en este caso fueron: 70 grados C. En forma práctica, apretando la almendra y viendo la facilidad para quebrar se determinó determinó aproximadamente la hora para finalizar la operación. La cantidad de calor para los bloques fué: Bloque II, con 18 horas de calor. Bloque III, tuvo 19 horas de calor y Bloque IV, a las 18 horas de calor.

El siguiente cuadro presenta los cálculos de pérdida de peso en el proceso de secado.

CUADRO N° 9

PERDIDA DE PESO EN EL SECADO  
(Porcentaje de peso fermentado)

Bloques	I (al sol)	II (a estufa)	III (estufa)	IV (estufa)	Promedio
Tratamiento A	48.0	47.4	48.4	44.4	47.0
Tratamiento B	48.0	48.4	47.2	46.7	47.6
Tratamiento C	46.0	44.8	48.7	45.2	46.1
Tratamiento D	44.0	48.7	50.4	49.0	48.0

Los promedios de hinchamiento total por tratamiento para el grano seco dieron estos valores:

Tratamiento A = 46.9 %

Tratamiento B = 46.2 %

Tratamiento C = 46.7 %

Tratamiento D = 48.3 %

El siguiente es un cuadro comparativo entre el hinchamiento de las al -  
mendras fermentadas, secadas y el porcentaje de humedad para estas últimas:

CUADRO N° 10

VALORES DE HINCHAMIENTO

- FERMENTACION- SECADO - HUMEDAD DEL GRANO SECO -

BLOQUE I                                      BLOQUE II                                      BLOQUE III                                      BLOQUE IV  
SECADO AL SOL                                      SECADO A ESTUFA                                      SECADO A ESTUFA                                      SECADO A ESTUFA

Tratamiento	Hinchamiento		Humedad seco	Hinchamiento		Humedad seco	Hinchamiento		Humedad seco	Hinchamiento		Humedad seco
	Ferm. (a)	Sec. (b)		Ferm. (a)	Sec. (b)		Ferm. (a)	Sec. (b)		Ferm. (a)	Sec. (b)	
A	53.52	47.1	4.7	54.20	43.8	8.0	51.62	49.20	7.5	49.49	47.80	9.6
B	48.75	47.8	5.9	50.30	45.7	7.6	49.20	45.30	7.0	53.79	46.00	8.5
C	53.18	52.0	6.4	53.50	46.0	6.4	50.55	43.7	6.4	52.71	45.10	10.3
D	55.66	49.3	5.9	61.61	53.3	6.1	52.43	45.5	6.0	48.06	45.2	8.8

(a) en la fermentación

(b) en el secado

Como se usó el tacto para determinar el final del secado, no hubo uniformidad en los porcentos de humedad. Algunos manufactureros por ejemplo Rockwood & Co. admiten en los Estados Unidos entre 5 a 6 % de humedad - Muchos de los valores obtenidos están fuera de esos límites. En los trópicos aunque se almacene muy bien el grano seco los valores menores que 7% se equilibran en este límite de humedad.

Es necesario usar algún método ligero para hacer las determinaciones al final del proceso y finalizar a su debido tiempo. Se podría usar el método Steinlite.

### DISCUSION

Se ha conseguido con este trabajo un estudio aceptable de las temperaturas y del pH de la pulpa en la fermentación. Además conocemos la sucesión de los principales cambios físicos, internos y externos para las almendras en los distintos tratamientos. No hay todavía análisis de aroma, sabor y químicos efectuados por los laboratorios de los manufactureros, quienes marcan la pauta entre los catadores. Con los valores que se obtengan para las 16 muestras se podrá hacer análisis estadístico de los datos. La conclusión estadística estará acreditada por una serie de valiosos datos medidos y observados durante el proceso.

El estudio actualmente proporciona buenos datos. Con excepción del tratamiento C se ven comprobadas y desaprobadas también, muchas de las opiniones de los investigadores en fermentación. Los efectos de las revueltas sobre las temperaturas de las cajas no son muy pronunciados. Después de la revuelta las temperaturas sufren oscilaciones. Aumentan se estabilizan o disminuyen indistintamente.

La diferencia para incremento o disminución está entre 0.5 y 3 grados C. La temperatura es considerada por muchas autoridades como el factor más importante del proceso. Casi todos los autores la relacionan con una buena fermentación cuando llega de 48 a 50 grados C. Aunque en este caso los tratamientos A - B y C mostraron buenas características de post-fermentación, casi lo mismo el D se juzgan los resultados con base en las temperaturas alcanzadas.

Las temperaturas del centro son por lo regular más altas que las del fondo y también el descenso de la temperatura en el primer caso es más lento. Se observó en el tratamiento D una notoria desuniformidad en la fermentación de las diferentes capas de la masa, especialmente de las zonas endurecidas en el fondo de la caja.

Existe un efecto de la temperatura ambiental sobre las internas de las cajas fermentadoras, por lo cual las temperaturas en la masa a veces no llega hasta 48 grados C. Sería necesario un experimento para conocer bien la intensidad de ese efecto.

Es necesario definir con más detalle cuál es el efecto de pasar la masa de una caja a otra para revolverla. La comparación de este método con el estudiado en este trabajo, revolver "in situ", probará muchas ventajas del último. En la práctica los cacaoteros vacían la masa a determinadas horas de una a otra caja. Esto tiene inconvenientes, porque se necesita otra caja para practicar la operación. Aun tratándose de las cantidades usadas en este estudio, 66 kilogramos, el conjunto, masa y dispositivo son muy pesados al voltearlos.

Seguramente revolviendo la masa bien "in situ" se consigue el mismo resultado como si se volteara a otra caja. La pérdida de peso en la fermentación (13.4 %) y secado ( 47.1 %) es normal porque el total

( 60.5 % ) está dentro los límites aceptados por muchos experimentadores.

### C O N C L U S I O N E S

- (a) Al fermentar cacao Amelonado durante cinco días (120 horas) se obtiene un producto con buenas cualidades de post-fermentación -
- (b) Con el secado al sol o en la estufa se consiguen almendras aceptables para el mercado.
- (c) El mejor tratamiento para obtener temperaturas altas entre 48 y 50 grados C., usando cajas de doble pared y en condiciones ambientales iguales o similares es el Tratamiento B (revolviendo la masa cada doce horas): En este caso al usar 66 kilos de cacao fresco se han conseguido esas temperaturas entre las 60 y 80 horas de fermentación.  
Las temperaturas con este tratamiento comienzan a subir notoriamente después de las 30 hasta las 88 horas de iniciación.
- (e) Con el tratamiento A (revolviendo cada 6 horas) también se tienen temperaturas mayores de 48 grados C. en las mismas circunstancias. Esas temperaturas se obtienen más tarde entre las 70 y 96 horas de fermentación. Porque las temperaturas comienzan a subir marcadamente después de las 58 horas.
- (f) El tratamiento C marcó las temperaturas mas bajas. El D produjo temperaturas mayores al C.
- (g) Las temperaturas más altas se chequearon durante la fermentación acética. Las temperaturas del centro son generalmente más altas que las del fondo.

El pH de la pulpa vira hacia la neutralidad a medida que avanza la fermentación. Los primeros cambios físicos externos e internos se observaron a las 6 y 40 horas respectivamente.

- (h) Los valores de hinchamientos en fermentación y secado son muy variables.

### S U M A R I O

Se han estudiado las variaciones físicas de la fermentación del cacao. Especialmente la temperatura y el pH de la pulpa inducidos por varios ciclos de revoltura de la masa durante el proceso.

Se incluye secado, pérdida de peso en este y en fermentación, hinchamiento en ambas fases y porcentaje de humedad en el producto seco.

Se tendrán posteriormente pruebas de aroma, sabor (organolépticas) y químicas del producto final.

Se encontró correlación positiva entre las temperaturas internas (fondo y centro) de las capas de fermentación y la ambiental correlacionadas separadamente.

Se juzgaron los 4 tratamientos con base en las temperaturas y diversas cualidades después de la fermentación.

El tratamiento B (revolviendo la masa cada 12 hs.) fue el mejor. Tuvo las mayores temperaturas durante el experimento. El segundo lugar corresponde al tratamiento A (revolviendo cada 6 hs.). Después el tratamiento D (testigo - sin revolver). El tratamiento C tuvo las temperaturas más bajas durante este estudio.

### LITERATURA CITADA

1. Bondar, Gregorio. A cultura do cacau na Bahia. Brasil. Instituto do Cacau da Bahia. Boletim Technico No. 1. 1.938. 205 p.
2. Corporación General de Alimentos. Departamento de Investigación y Desarrollo ( Hoboken, New Jersey ). Revisión de la literatura sobre fermentación y cura del cacao. Turrialba, C.R., Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1.948. pp. 15,31,32. ( mimeografiado )
3. Knapp, A.W. Cacao fermentation in West Africa. Bulletin of the Imperial Institute 32:411-429. 1.934.
4. ————Scientific aspects of cacao fermentation. Bulletin of the Imperial Institute 33:31-49, 147-161, 306-319, 453-466. 1.935; 34:154-180, 307-331. 1936.
5. Laycock, T. Experiments on the fermentation and moulding of cacao. Nigeria Ninth Annual Bulletin of the Agricultural Department 1930. pp. 5-26.
6. Lilienfeld- Toal, Otto von. Pesquisas em torno da fermentação do cacau. Traduzido do "Bulletin Officiel de l' Office International du Cacao et du Chocolat". Brasil. Instituto de Cacau da Bahia, 1939. 34 p.
7. McDonald, J. A. A new method of curing small quantities of cacao. Fifth Annual Report on Cacao Research (Trinidad ) 1935: 48-55. 1936 .
8. Martínez Vázquez, Vicente. Método para fermentar pequeñas cantidades de cacao. Tesis. Turrialba, C.R., Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1949. 32 p.
9. Miranda, Costenes. Ensaio experimentais sobre os métodos de fermentação do cacau. Bahia Rural. 15 (7-9):23-24, 26-27,36-37. 1948.
10. Palma, Manuel. El beneficio de las almendras del cacao. Caracas. Ministerio de Agricultura y Cría, Sección del Cacao, 1947. 43 p. (mimeografiado )
11. Platone, E. y Ciferri, R. Algunas observaciones sobre el desecamiento del grano de cacao bajo diferentes condiciones. Revista Facultad Nacional de Agronomía ( Colombia ) 10(36):296-300. 1949.
12. Roelofsen, P.A. and Sieshonger, G. Investigations on the curing of cacao (English summary ). Archief voor de Koffiecultuur in Nederlandsch- Indie 16(1):146-159. 1947.