

**PRONOSTICO
DE LAS
COSECHAS DEL CAFETO**

**Algunos aspectos
de los
Primeros trabajos
exploratorios**

**Por
ALBERTO MACHADO S.
Ing. Agr.**

**Trabajo presentado por el
autor al Primer Congreso
Nacional de Ingenieros
Agrónomos Colombianos.**

I PARTE

Medellín, Noviembre de 1952.

PRONOSTICO DE LAS COSECHAS DEL CAFETO

Algunos aspectos de los primeros trabajos exploratorios

Por *Alberto Machado S*
Ing. Agr.

Presentado por el autor al
Primer Congreso Nacional de
Ingenieros Agrónomos Colombianos.

I PARTE

Medellín, Noviembre de 1952.

INTRODUCCION

Con la ejecución del presente estudio queremos poner en manos de los interesados el progreso de los trabajos encaminados hacia la obtención de ciertas fórmulas matemáticas que permitan hacer el pronóstico de las cosechas del cafeto en algunas regiones productoras del grano.

Un trabajo de esta naturaleza impone la necesidad de ejecutarlo por partes siguiendo en su orden el procedimiento clásico de toda investigación juiciosa: 1º) - Exploración que compendia las observaciones preliminares; 2º) - Planeamiento del estudio y conducción experimental; 3º) - Prueba y grado de eficiencia en las condiciones del gran cultivo y 4º) - Aplicación si los resultados son satisfactorios tanto en su aspecto técnico como económico.

Por el momento nos vamos a limitar únicamente a lo anotado en el numeral 1º): **EXPLORACION**

a) - *Importancia del pronóstico de las cosechas.* En muchos de los países donde la agricultura tiende a intensificarse y constituye la base de la economía nacional, se observa la inquietud por realizar investigaciones fundamentales que den base para saber con anticipación lo que es probable que resulte durante la recolección de las cosechas que se esperan.

El pronóstico de las cosechas es importante no solo para los investigadores en agronomía sino también para los economistas, agricultores y hombres de negocios.

En las Estaciones Experimentales donde el número de experimentos de campo es considerable, se presenta con frecuencia el caso de que se pierde la producción de una o varias de las parcelas por circunstancias de distinta índole o el número de

brazos no es suficiente para hacer la recolección por el sistema standard en cultivos perennes, esto es, registrando individualmente la cosecha de cada ejemplar. Estos fracasos no son graves si se dispone de fórmulas especiales que permitan buscar las incógnitas desconocidas

Por otra parte las prácticas culturales tales como podas, abonamientos, control de plagas y enfermedades, etc., requieren el conocimiento del estado de las plantas en relación con la cosecha próxima y el pronóstico de esta es de enorme utilidad práctica para orientar las labores y prestar a aquellas el auxilio necesario cuando lo requieran para su buen funcionamiento en el futuro y durante sus periodos críticos: siempre se ha tenido como norma que es mejor prevenir que curar.

En cuanto al segundo aspecto tenemos que las cosechas constituyen la "prenda agraria o elemento básico que la Caja de Crédito Agrario Industrial y Minero tiene en cuenta para conceder el préstamo al hombre de campo y facilitarle así la manera de sostener sus cultivos y atender a la recolección sin mayores sacrificios

La ley de "oferta y demanda", reguladora de los precios en los mercados en general, puede tener variaciones de consideración que es posible ajustarlas, en la forma más conveniente para comerciantes y consumidores si con tiempo suficiente se tiene un dato aproximado del volumen de la cosecha próxima.

Los recursos de que dispone el agricultor para atender a sus faenas pueden balancearse si se hace un pronóstico y quedará facultado para hacer gestiones encaminadas hacia el aumento a disminución de su contingente, evitando así que por falta de brazos, maquinaria, instalaciones, etc., sufran sus intereses durante el tiempo de la administración de sus cosechas.

b) - *Limitaciones*. El pronóstico de las cosechas no es una medida absoluta, pero sí muy aproximada de lo que es posible que ocurra en un alto número de casos y dentro de ciertos límites que se fijan, para cada grupo estratificado, por el valor de una constante que en estadística recibe el nombre de "error standard" o "grado de seguridad". Los factores asociados con la variación de las cosechas en los diferentes años son varios y posiblemente los climatológicos merecen gran importancia en algunas regiones, puesto que pueden convertirse en causas predisponentes de las enfermedades fungosas especialmente. Por otra parte una sequía prolongada, durante determinados meses del año o un régimen intenso de lluvias en el caso contrario contribuyen a que las plantas no puedan trabajar normalmente y sus funciones vegetativas y reproductivas se alteran hasta el punto de que en algunos casos las cosechas son irregulares si en las plantaciones se presentan muchos ejemplares totalmente trastornados y retrasados en el proceso de formación de yemas florales.

No obstante, parece que el cafeto como planta de regiones lluviosas es bastante fiel en sus ciclos de producción y también en la proporción que guardan algunos de sus órganos aéreos. Estas circunstancias son muy favorables para buscar fórmulas básicas que conduzcan al pronóstico de sus cosechas especialmente en las regiones óptimas para el cultivo.

REVISION DE LITERATURA

Existen algunos trabajos ya realizados y entre otros estamos en posesión de los siguientes:

1º) : En el Brasil, Texeira Mendes; Brieger; Krug y Carvalo (1941; 777:805); (1942: 99-122); (1942: 205-216) y en estos mismos años Gilbert S. M. en Tanganyka (Africa) empezaron un estudio y lo condujeron por varios años con el fin de conocer la variación de las cosechas individuales del cafeto. Como fruto de estas investigaciones se sacó en conclusión que el cafeto tiene gran tendencia a producir bien un año y mal en el siguiente, pero esto no ocurre en forma sistemática en todas las plantas del cafetal puesto que al examinar las regiones de producción individual por cafeto se observa que al lado de una planta con abundante cosecha, en determinado año, se encuentran otras con muy pocos frutos pero en buenas condiciones de leño para fructificar bien al siguiente. Otros ejemplares son irregulares en sus hábitos de fructificación y por lo tanto el material en estudio se mostró como un conjunto muy heterogéneo, de poco valor para usarlo como índice en campos de experimentación, sin previo conocimiento de su capacidad de producción.

Brieger presenta una fórmula aproximada y bastante satisfactoria para representar la correlación no lineal entre el error y el promedio y dice: "parece que los cafetos que pertenecen a un mismo tipo de ciclo anual, forman muestras razonablemente homogéneas"

2º) : Beaumont, J. H. (1939: 223-235) hizo un análisis sobre la relación que existe entre el crecimiento y la cosecha del cafeto en el Distrito de Kona (Hawaii). Dice que en cafetos medidos cuando presentan pocos frutos, encontró que el aumento en la circunferencia del tronco y alargamiento de la yema terminal durante la estación de crecimiento están asociados con la producción del año siguiente. Hace una descripción de los distintos órganos vegetativos de un cafeto en su forma natural. Después de algunos comentarios acerca del tiempo más aconsejable para practicar podas, abonamientos, etc., presenta un diagrama para ilustrar la tendencia del cafeto hacia la producción alta en un año y baja en el siguiente y la correlación entre el crecimiento de las ramas laterales y el tallo terminal.

3º) : Machado S. A. (1947-48) en un informe sobre las labores desarrolladas por la Sección de Agronomía del Centro Na-

cional de Investigaciones de Café de Chinchiná (Caldas-Colombia), durante los años mencionados, presenta en el aparte "B", un estudio sobre el "tamaño de la muestra" y el "número de cosechas" de los cafetos que son necesarios para obtener información correcta sobre el promedio de producción en una plantación de seedlings. Los grupos fueron de 25; 50; 75; 100; 150; 200 y 300 cafetos en 1; 2; 3; 4 y 5 cosechas conjuntas. Se determinó la medida aritmética; la desviación standard y el coeficiente de variabilidad para cada caso. Los resultados fueron:

a) - La variación en el tamaño de la muestra no estuvo asociada con la variación en el coeficiente de variabilidad, pues grupos de 50 o de 200 cafetos, en una cosecha principal mostraron el mismo coeficiente de variabilidad: 67,6.

b) - Las diferencias en producción entre un cafeto y otro se reducen considerablemente cuando el promedio de producción se determina sobre el total de café en cereza rendido por un cafeto en dos años consecutivos, sea cual fuere el tamaño de la muestra: el coeficiente de variabilidad bajó hasta el 52%.

c) - Parece que de este límite en adelante la ganancia es muy poca pero los cálculos mostraron que la variación entre la producción de los distintos cafetos llega a niveles bajos cuando el promedio de "cosecha por cafeto" se determina sobre el monto total de la cereza rendida por cada ejemplar durante 4 años consecutivos (45%).

Parte de estos trabajos fueron presentados en un Seminario que dictó el Ing. Agr. Marco F. Castro y publicado por el Centro de Investigaciones de Café de Chinchiná en su Boletín Informativo I (1); 20-22: 1949.

4º) - Machado S. A. en su Seminario del 14 de Marzo de 1951, pág. 31, plantea el problema y dice entre otras cosas: "indiscutiblemente el experimento de campo es irremplazable. No obstante es demorado, requiere terrenos en diferentes localidades y es costoso. Además el número de proyectos de campo de una Estación Experimental que requieren la valoración anual y directa de la cantidad de café rendida por cada planta, está limitado por el número de brazos de que disponga durante el tiempo de la cosecha, que es quizás el más recargado y difícil del año debido a que si la fructificación coincide con los meses del invierno, las horas diarias de trabajo de campo se reducen bastante".

"En tanto que no se logre, además de otras cosas, un método bueno, con base en el principio de las muestras; para valorar la producción de un cafeto, dentro de límites que permitan trazar conclusiones seguras o pronósticos individuales sin necesidad de medir directamente su cosecha, es preciso adaptar los estudios de especies botánicas de cafetales, etc...".

5º): Machado S. A. (1952: 25-44) de nuevo menciona el asunto en su Seminario del 2 de Junio y presenta la etapa exploratoria para conocer las relaciones entre los distintos órganos aéreos en cafetos jóvenes sin descope. Los estudios los realizó dentro de un amplio límite de variación y dedujo varias fórmulas para el pronóstico del número de "axilas" destinadas a producir flores y frutos en cafetos de 14 meses de edad.

6º): Dean, L. A. en Hawaii (1939: 217-222) donde las cosechas del cafeto manifiestan grandes variaciones anuales y la precipitación pluvial es muy escasa y mal distribuida en algunos años, realizó un estudio basado en los principios de la regresión y encontró que la producción de café en Hawaii está altamente correlacionada con la cantidad de lluvia que cae durante ciertos períodos del año. Después de un trabajo de cálculo obtuvo la siguiente fórmula:

$$Y - 0,285 "t" \div 0,08 "e" - 1,67$$

0—

reemplazando a "t" (tiempo) y a "e" (lluvia caída de Febrero a Mayo) obtenemos el pronóstico de la cosecha de café del año siguiente. El valor estadísticamente significativo del coeficiente regresión parcial confirma lo supuesto, esto es, que la fluctuación de las lluvias tempranas está íntimamente asociada con las variaciones periódicas de las cosechas de café en el Distrito de Kona y gran parte de la variabilidad en las cosechas anuales de café pueden ser adscritas a las oscilaciones en la cantidad de lluvia que cae de Febrero a Junio en los años de producción del año destinado a fructificar en el año siguiente.

7º): Klages, K. H. W. (1942: 193-195) refiriéndose a la correlación entre el rendimiento de las cosechas y la cantidad de lluvia que reciben las plantas durante ciertos períodos especiales de su desarrollo anota claramente que los valores de los coeficientes de correlación entre "cantidad de cosecha" y "cantidad de lluvia" que cae cuando las plantas presentan ciertos estados, son relativamente bajos y con frecuencia no alcanzan a ser significativos en las regiones húmedas. En las localidades secas los valores son altos en la mayoría de los casos pero no siempre puede tenerse confianza en ellos como infalibles en el uso de los pronósticos a que den lugar. El autor recalca de nuevo sobre este principio manifestando en dos palabras que las altas correlaciones entre precipitación y cosecha son más evidentes en las áreas de mínima que en las de óptimas condiciones para el buen funcionamiento y producción de las plantas.

8º): Snedecor (1948: 407-417) explica la manera de predecir los rendimientos del trigo en la Gran Bretaña partiendo de medidas realizadas sobre las plantas.

9º): Hayes e Immer (1943: 411-412) explica cómo se puede hacer el pronóstico de las cosechas de la avena conociendo

las variaciones independientes de "precocidad"; "fecha de panojamiento" y "% de plantas atacadas por la roya de la hoja".

10º): Cecil Mills (338-355) cita los trabajos de Davis en California que conducen al pronóstico de la producción de alfalfa, si se conoce el número de pulgadas de agua de riego.

11º): También encontramos en la obra de Cecil Mills (346-354), la manera de calcular la producción del trigo, en quintales por acre, de acuerdo con la variación en la cantidad de nitrógeno empleada como abono. El mismo autor calcula la producción de cereales en Kansas, conociendo el promedio de temperatura de los meses de Junio, Julio y Agosto (441-469).

FINES QUE SE PERSIGUEN

a) - En cafetos jóvenes, sin descope, con 14 meses de permanencia en el campo definitivo, explorar como están asociadas las variables denominadas: 1º - Longitud ramificada en el tallo principal; 2º - Diámetro de estos; 3º - Número de nudos portadores de ramas primarias y 4º - Cantidad de "axilas" destinadas a producir flores y frutos;

b) - En cafetos de tercer cosecha en adelante, descopados o a libre crecimiento, la covariación de las cosechas en distintos años, bien consecutivos o bien separados por distintos espacios de tiempo (dos, tres, cuatro, etc., años);

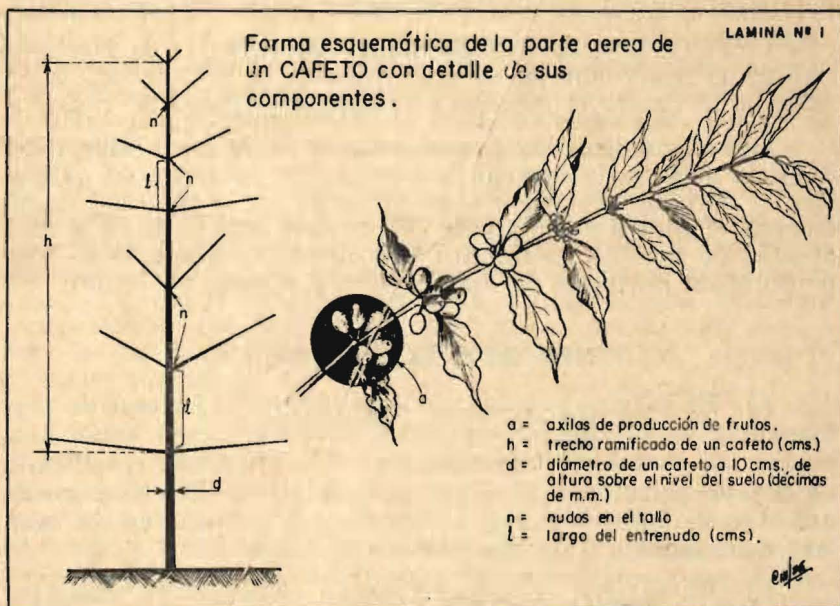
c) - Deducir las fórmulas de pronóstico a que den lugar las correlaciones encontradas y adoptar los valores más probables dentro de los límites medios de las poblaciones en estudio;

d) - De acuerdo con los resultados obtenidos, definir si el material y los procedimientos empleados permiten iniciar la segunda etapa de la investigación: planeamiento y conducción experimental;

e) - Presentar algunos cuadros y diagramas preliminares aplicando una o varias de las fórmulas que se encuentran por medio del cálculo de regresión.

PROCEDIMIENTO

En busca de los fines perseguidos, hemos seguido dos caminos hasta el presente. El primero nos conduce al conocimiento de las relaciones mutuas entre las distintas variables que damos a conocer por medio de la lámina Nº 1, y se limita a tallos de cafetos con 14 meses de edad y sin descope. El segundo nos lleva al conocimiento de la covariación de las cosechas del cafeto durante los distintos años de dos series cronológicas, en plantas adultas de 13 a 18 años de edad. Vamos a detallar cada caso en forma separada



Cafetos jóvenes: La lámina Nº 1 muestra, en forma esquemática, los distintos detalles estudiados en 104 cafétos de 14 meses de permanencia en el campo definitivo. Estos son:

a): Número de "dobles axilas" destinadas a producir flores y frutos. Esta variable actúa como "dependiente" y se distingue por Y_0 .

h): Sector ramificado en el tallo principal (milímetros). Variable independiente: X_1 .

d): Diámetro del tallo principal determinado a 10 centímetros de altura sobre el nivel del suelo (décimas de milímetro). Variable independiente: X_2 .

n): Número de nudos portadores de ramas primarias. Variable independiente: X_3 .

Todos los ejemplares censados provienen de semillas de la planta madre V-179 del grupo "arábigo", pero como este material ha sido sometido a 8 sistemas diferentes de transplante definitivo (Lote Nº 6 de la Estación "Justiniano Londoño") y la respuesta de los cafétos ha sido notoria, especialmente en algunos de los tratamientos, la variación dentro del campo de experimentación con sus cuatro replicaciones es también considerable y por lo tanto muy indicada para estudiar y explicar el amplio límite de variación de la variable "dependiente" (Y_0) en las distintas ramas de fructificación del caféto. Los regis-

tros de campo se tabulan en la forma usual para cálculo de correlación múltiple y parcial, es decir, anotando para cada uno de los 104 cafetos los valores observados (Y_0 ; X_1 ; X_2 y X_3) de que hablamos más atrás. Después se someten al análisis estadístico determinando los distintos coeficientes de uso frecuente en esta clase de estudios. En los "resultados obtenidos" tendremos oportunidad de dar a conocer los valores correspondientes.

La localidad seleccionada para hacer estos estudios está comprendida dentro de las regiones óptimas para el cultivo del café en el país. Sus características generales son las siguientes:

- a) - Altura sobre el nivel del mar; 1.370 metros;
- b) - Lluvias abundantes y bien distribuidas durante todo el año (un total de más de 2.000 milímetros);
- c) - Temperatura media de unos 22 grados centígrados;
- d) - Latitud; 4º 58' Norte;
- e) - Suelos profundos de origen volcánico reciente, ricos en humus, y poco arcillosos; drenaje deficiente, especialmente en los lugares de poca pendiente;
- f) - La producción de los cafetos ya estabilizados, en buenas condiciones de sombrero y cultivados con esmero alcanza a cifras muy buenas (promedio de 1.000 gramos de pergamino seco por planta, en cosecha principal) para el sistema de poda de Colombia.

Cafetos estabilizados: Los estudios se realizaron con base en la producción individual por café (grupos de 100 plantas), en dos localidades situadas en diferentes partes del país: Centro Nacional de Investigaciones de Café, Chinchiná, cafetos descopados y Sub-Estación Experimental de Café "Esteban Jaramillo", (Venecia-Antioquia), cafetos a libre crecimiento, considerando las cosechas de 1944 a 1948 en la primera y las de 1945 a 1948 en la segunda.

El plan de estudio consiste en buscar la correlación entre las cosechas de los distintos años. Así por ejemplo: entre 1944 y 1945; entre 1945 y 1948, etc., combinándolas de 2 en 2 en todas las formas posibles en las dos series cronológicas. Este procedimiento es muy frecuente en estudios de Fitotecnia. Cuando visitamos el Instituto Inter-Americano de Ciencias Agrícolas de Turrialba en Costa Rica, a mediados de 1950, el Ingeniero Agrónomo Manuel Elgueta, manifestó su deseo por conocer el resultado de una investigación de este género y empezamos los cálculos con el mismo procedimiento que hoy presentamos pero se quedaron inconclusos debido a que en esos días regresamos a Colombia.

En la forma indicada conseguimos los valores y tendencia de 10 coeficientes de correlación total. Al mismo tiempo se calcularon los promedios de rendimiento en los distintos años y localidades. Por ecuaciones de primer grado con dos incógnitas llegamos a la deducción de las fórmulas para los pronósticos; fijamos su error standard o grado de seguridad y después de calcular los coeficientes de correlación curvilínea fue posible clasificarlas dentro del grupo de "correlaciones lineales". Se determinó el valor de significancia de los coeficientes y luego practicamos un test de homogeneidad para saber si fueron engendrados en poblaciones de la misma correlación. Una vez que estuvimos en posesión de toda la información suministrada por los cálculos mencionados fue fácil seguir adelante. Agrupamos las cosechas en clases y fijamos el número de casos para cada una durante el período en estudio.

Las localidades que nos han suministrado los datos tienen las siguientes características generales:

1º - 1 Centro Nacional de Investigaciones de Café, en Chinchiná (Caldas).

- a) - Altura sobre el nivel del mar: 1.350 metros;
- b) - Lluvias abundantes y bien distribuidas durante todo el año (más de 2.500 milímetros en total);
- c) - Temperatura media: de 20 a 23 grados con oscilaciones fuertes del día a la noche;
- d) - Latitud: 4º 58' Norte;
- e) - Suelos clasificados como "un complejo coluvio-aluvial", ricos en nutrientes, bien balanceados, profundos y de buen drenaje;
- f) - Los cafetos rinden cosechas abundantes con 1.100 kilos de café pergamino seco por hectárea, por año, como un promedio para la cosecha principal que se presenta de Octubre a Diciembre.

2º - Sub-Estación Experimental de Café en Venecia (Antioquia).

- a) - Altura sobre el nivel del mar: 1.300 metros;
- b) - Lluvias abundantes y bien distribuidas (cerca de 2.500 mm. por año);
- c) - Temperatura media, alrededor de 21ºC;
- d) - Latitud Norte de 5º 55';
- e) - Suelo forestal, pedregoso, con 5 a 10% de humus, profundidad máxima de 40 centímetros, bien drenados;
- f) - Los cafetos rinden cosechas abundantes que calculadas a base de los promedios obtenidos para el período de 1945 a 1948, alcanzan cifras de más de 1.500 kilos de café pergamino seco por hectárea por año, en cafetos a libre crecimiento.

RESULTADOS OBTENIDOS

En plantas jóvenes con 14 meses de permanencia en el campo definitivo:

El cuadro N° 1 presenta la agrupación de los datos en clases y da idea de la amplitud de variación de la población en estudio (véase descripción de la lámina N° 1 con los valores correspondientes a las distintas variables).

CUADRO N° 1

X ₁ = milímetros de tallo ramificado.		X ₂ = décimas de milímetro (diámetro del tallo).		X ₃ = número de nudos portadores de ramas primarias		Y ₀ = número de dobles axilas de fructificación.	
Clases	N° cafetos	Clases	N° cafetos	Clases	N° cafetos	Clases	N° cafetos
500-		100-		7,0-		60-	
620	2	120	3	7,9	1	80	10
621-		121-		8,0-		81-	
741	6	141	23	8,9	6	101	16
742-		142-		9,0-		102-	
862	11	162	25	9,9	4	122	24
863-		163-		10,0-		123-	
983	20	183	17	10,9	6	143	17
984-		184-		11,0-		144-	
1104	12	204	14	11,9	8	164	11
1105-		205-		12,0-		165-	
1225	21	225	9	12,9	18	185	8
1226-		226-		13,0-		186-	
1346	12	246	10	13,9	15	206	9
1347-		247-		14,0-		207-	
1467	9	267	2	14,9	18	227	7
1468-		268-		15,0-		228-	
1588	8	288	1	15,9	14	248	2
1589-		—	—	16,0-		—	—
1709	1	—	—	16,9	7	—	—
1710-		—	—	17,0-		—	—
1830	2	—	—	17,9	5	—	—
—		—		18,0		—	
—		—		18,9	2	—	—
T. Cafetos	104	—	104	—	104	—	104

El cuadro N^o 2 de los valores de otras constantes estadísticas.

CUADRO N^o 2

Variables	Límites de variación	Promedio aritmético	Desviación standard	Coefficientes de variabilidad
X ₁ : Milímetros de tallo ramificado ..	525 a 1728	1106	264	23,84
X ₂ : Diámetro del tallo en décimas de milímetro	104 a 277	172	38	22,22
X ₃ : Número de nudos portadores de ramas primarias	7 a 18	12,8	2,4	18,91
Y ₀ : Número de dobles axilas de producción	60 a 244	134	44	32,82

El cuadro N° 3 resume algunas de las medidas relativas a la cantidad de axilas de florescencia en los 104 cafetos estudiados.

CUADRO N° 3

Bases para el pronóstico	Medidas de precisión del pronóstico	Coeficientes de regresión B (betas)	Coeficientes de correlación		
			Lineal simple	Curvilínea eta	Múltiple "R"
Promedio aritmético de Y_0 : 134 ± 44	$DS_{y_0} = 48,27$ $Sy_{01} = 27,41$		$r_{01} = \div 0,794$ alt/signif.	$n_{01} = \div 0,803$	$R^2 0.12 = 0,79$
Ecuaciones: $Y_0 = -31,11 \div 0,15X_1$; $Y_0 = 49,97 \div 1,08X_2$; $Y_0 = 81,3 - 9,58X_3 \div 0,978X_3^2$ $Y_0 = 0,05X_1 \div 0,8X_2 - 62,25$	$Sy_{02} = 21,50$ $Sy_{03} = 40,72$ $Sy_{0.12} = 23,16$	$B_2 = \div 0,6706$ $B_1 = \div 0,2609$	$r_{02} = \div 0,803$ alt/signif.	$n_{02} = \div 0,889$	
			$r_{03} = \div 0,878$ alt/signif.	$n_{03} = \div 0,906$	
			$r_{01} = n_{01}$: Estadis/te		
			$r_{02} = n_{02}$: Estadis/te		
			r_{03} difiere de n_{03} estadis/te (curvilínea).		

X_1 = Milímetros de tallo ramificado; X_2 = Diámetro de los tallos en décimas de milímetro; X_3 = Número de nudos en el tallo; Y_0 = Número de "dobles axilas destinadas a producir flores y frutos (variable dependiente); DS_{y_0} = desviación standard de Y_0 ; Sy_{01} ; Sy_{02} ; Sy_{03} = error standard o grado de seguridad para el pronóstico de Y_0 en función de X_1 ; X_2 y X_3 respectivamente; $Sy_{0.12}$ es el grado de seguridad para el pronóstico de Y_0 en función del efecto combinado de X_1 y X_2 ; 01; 02 y 03 son los sub-índices de X y de Y.

El cuadro N° 4 compendia los valores de los coeficientes de correlación "parcial" que se desprenden del cálculo sobre las variables que están ligadas por una relación rectilinear en la muestra de los 104 cafetos.

CUADRO N° 4

a): $r_{01.2} = 0,3310^{xx}$	b): $r_{02.1} = 0,6691^{xx}$	c): $r_{12.0} = 0,3367^{xx}$
------------------------------	------------------------------	------------------------------

$X_{,0}$ es el sub-índice de Y (número de dobles axilas destinadas a producir flores y frutos: variable dependiente): 1 y 2 representan los sub-índices de X en las dos variables independientes conocidas con los nombres de longitud ramificada en el tallo principal y diámetro de estos a 10 centímetros de altura sobre el nivel del suelo.

Presentamos ahora los resultados obtenidos con los estudios exploratorios en plantaciones de 13 a 18 años de permanencia en el campo definitivo (véase procedimiento: cafetos estabilizados).

Los cuadros números 5 y 5 bis, muestran la agrupación de los datos en clases y dan idea de la amplitud de variación de las poblaciones estudiadas en las dos localidades y sistemas de cultivo.

CUADRO N° 5

Cosechas de café de 1944 a 1948 en la serie cronológica correspondiente al Centro Nacional de Investigaciones de Café de Chinchiná.

Kilos de café en cereza	Número de casos					Total de casos
	Año de 1944	Año de 1945	Año de 1946	Año de 1947	Año de 1948	
0 - 0,999	4	1	2	2	8	17
1,000 - 1,999	16	11	4	4	12	47
2,000 - 2,999	20	18	18	15	22	93
3,000 - 3,999	13	14	16	6	7	56
4,000 - 4,999	13	12	17	9	9	60
5,000 - 5,999	6	10	18	8	14	56
6,000 - 6,999	8	12	7	12	10	49
7,000 - 7,999	5	4	10	11	7	37
8,000 - 8,999	5	2	2	10	3	22
9,000 - 9,999	6	4	1	7	2	20
10,000 - 10,999	2	4	1	3	1	11
11,000 - 11,999	—	3	3	7	3	16
12,000 - 12,999	2	1	1	2	1	7
13,000 - 13,999	—	2	—	1	—	3
14,000 - 14,999	—	1	—	3	1	5
15,000 - 15,999	—	1	—	—	—	1
Total cafetos	100	100	100	100	100	500

CUADRO N° 5 bis

Cosechas de café de 1945 a 1948 en la serie cronológica correspondiente a la Sub-Estación Experimental de Café de Antioquia.

Kilos de café en cereza	Número de casos				Total de casos
	Año de 1945	Año de 1946	Año de 1947	Año de 1948	
0 - 0,999	0	1	—	—	1
1,000 - 1,999	2	4	3	1	10
2,000 - 2,999	2	7	4	3	16
3,000 - 3,999	4	8	2	4	18
4,000 - 4,999	8	7	3	11	29
5,000 - 5,999	6	8	5	7	26
6,000 - 6,999	9	8	10	5	32
7,000 - 7,999	14	12	9	8	43
8,000 - 8,999	15	5	13	8	41
9,000 - 9,999	11	9	11	12	43
10,000 - 10,999	10	13	10	6	39
11,000 - 11,999	5	8	4	8	25
12,000 - 12,999	4	7	4	9	24
13,000 - 13,999	1	1	5	8	15
14,000 - 14,999	4	1	6	1	12
15,000 - 15,999	2	1	2	4	9
16,000 - 16,999	1	—	3	3	7
17,000 - 17,999	1	—	1	—	2
18,000 - 18,999	1	—	2	1	4
19,000 - 19,999	—	—	—	1	1
20,000 - 20,999	—	—	2	—	2
21,000 - 21,999	—	—	1	—	1
Total cafetos	100	100	160	100	400

CUADRO N° 6

Valores encontrados al estudiar los datos y calcular algunas constantes con base en la producción de café en cereza de los cafetos.

CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE (Chinchiná)				
Variables	C o n s t a n t e s			
	Límites de variación (Kg.)	Promedio aritmético (Kg. de café en cereza	Desviación standard	Coeficien- tes de va- riabilidad
Año N° 1; 1944	0,700 a 12,600	4,469	2,956	66,14
Año N° 2; 1945	0,300 a 15,100	5,309	3,396	63,96
Año N° 3; 1946	0,100 a 12,200	4,784	2,491	52,06
Año N° 4; 1947	0,600 a 14,500	6,509	3,402	52,26
Año N° 5; 1948	0,100 a 14,000	4,514	3,033	67,19
SUB-ESTACION EXPERIMENTAL "ESTEBAN JARAMILLO" (Venecia - Antioquia)				
Año N° 1; 1945	1,400 a 18,600	8,579	3,518	41,00
Año N° 2; 1946	0,500 a 15,300	7,559	3,505	46,36
Año N° 3; 1947	1,300 a 21,300	9,699	4,424	45,61
Año N° 4; 1948	1,300 a 19,400	9,219	3,958	42,93

CUADRO N° 7

Tendencia y significancia de los coeficientes de correlación total (r). Centro Nacional de Investigaciones de Café: Chinchiná-Caldas (Cafetos descopados).

CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE
(Chinchiná)

	1944 (Año 1)	1945 (Año 2)	1946 (Año 3)	1947 (Año 4)
1944 (Año N° 1)	_____	_____	_____	_____
1945 (Año N° 2)	r = - 0,115	_____	_____	_____
1946 (Año N° 3)	r = ÷ 0,283 _x	r = - 0,093	_____	_____
1947 (Año N° 4)	r = - 0,112	r = ÷ 0,206 _x	r = ÷ 0,114	_____
1948 (Año N° 5)	r = ÷ 0,363 _x	r = ÷ 0,103	r = ÷ 0,181	r = ÷ 0,127

SUB-ESTACION EXPERIMENTAL DE CAFE
"ESTEBAN JARAMILLO" (Cafetos a Libre Crecimiento)

1945 (Año N° 1)	_____	_____	_____	_____
1946 (Año N° 2)	_____	r = ÷ 0,220 _x	_____	_____
1947 (Año N° 3)	_____	r = ÷ 0,719 _x	r = ÷ 0,173	_____
1948 (Año N° 4)	_____	r = ÷ 0,160	r = ÷ 0,616 _x	r = ÷ 0,111

Coefficientes mayores de 0,197 son significativos (5%). N = 98;
 Coeficientes menores de 0,197 no son significativos. N = 98;
 Coeficientes mayores de 0,257 son altamente significativos.
 N = 98.

CUADRO N° 8

Centro Nacional de Inv. de Café. (Cafetos descopados).

Correlación entre las cosechas de café de 1944 a 1946.

$Y_0 = 1946$; $X_1 = 1944$; 0 y 1 son los sub-índices de Y y de X.

Bases para el pronóstico	Error standard	Coeficientes de correlación	
Media de la cosecha de $Y_0 = 4,784 \pm 2,491$	$S_{y_{01}} = 2,340$	Total: $r = +$ 0,283 a/sig.	Curvilineal $n = \div 0,350$
Pronóstico: $Y_0 = 3,677 \div 0,24X_1$		$r = n$ (estadísticamente). Demuestra correlación lineal entre las cosechas de café de 1944 y 1946.	

Correlación entre las cosechas de café de 1945 y 1947.

$Y_0 = 1947$; $X_1 = 1945$; 0 y 1 sub-índices de Y y de X.

Bases para el pronóstico	Error standard	Coeficientes de correlación	
Media de la cosecha de $Y_1 = 6,509 \pm 3,402$	$S_{y_{01}} = 3,270$	Total: $r = \div$ 0,206 a/sig.	Curvilineal $n = 0,360$
Pronóstico: $Y_0 = 5,378 \div 0,21X_1$		$r = n$ (estadísticamente). Demuestra correlación lineal entre las cosechas de café de 1945 y 1947.	

Correlación entre las cosechas de 1944 y 1948.

$Y_0 = 1948$; $X_1 = 1944$; 0 y 1 son los sub-índices de Y y de X.

Bases para el pronóstico	Error standard	Coeficientes de correlación	
Media de la cosecha de $Y_0 = 4,514 \pm 3,033$	$S_{y_{01}} = 2,800$	Total: $r = \div$ 0,363 a/sig.	Curvilineal $n = \div 0,490$
Pronóstico: $Y_0 = 2,745 \div 0,38X_1$		$r = n$ (estadísticamente). La correlación lineal entre 1944 y 1948 está en su límite mínimo, puesto que P se encuentra entre 0,10 y 0,05.	

Valores de algunas de las medidas relativas a la producción del cafeto (véase además el cuadro N° 7).

SUB-ESTACION EXPERIMENTAL DE CAFE
 "ESTEBAN JARAMILLO"
 Cafetos a libre crecimiento.

Correlación entre las cosechas de café de 1945 a 1947.
 $Y_0 = 1947$; $X_1 = 1945$; 0 y 1 son los sub-índices de Y y de X.

Bases para el pronóstico	Error standard	Coeficientes de correlación	
Media de la cosecha de $Y_0 = 9,699 \pm 4,424$	$Sy_{01} = 2,990$	Total: = \div 0,681 a/sig.	Curvilíneal $n = \div 0,690$
Pronóstico: $Y_0 = 1,890 \div 0,91X_1$		$r = n$ (estadísticamente). Demuestra correlación lineal entre las cosechas de café de 1945 y 1947.	

Correlación entre las cosechas de café de 1946 y 1948.
 $Y_0 = 1948$; $X_1 = 1946$; 0 y 1 los sub-índices de Y y de X.

Bases para el pronóstico	Error standard	Coeficientes de correlación	
Media de la cosecha de $Y_0 = 4,514 \pm 3,033$	$Sy_{01} = 3,110$	Total: = \div 0,603 a/sig.	Curvilíneal $n = \div 0,631$
Pronóstico: $Y_0 = 3,897 \div 0,71X_1$		$r = n$ (estadísticamente). Demuestra correlación lineal entre las cosechas de café de 1946 y 1948.	

CUADRO N^o 9

Prueba de homogeneidad de los coeficientes "r". Centro Nacional de Investigaciones de Café —Chinchiná—.

Correlación entre la cosecha de los años	"r" observado	Z	(N-3)	(N-3)Z	(N-3)Z ²
1944 y 1946	$\div 0,283$	0,2909	97	28,217	8,208
1945 y 1947	$\div 0,206$	0,2090	97	20,273	4,236
1946 y 1947	$\div 0,181$	0,1830	97	17,751	3,248
	$\div 0,224$	0,2276	291	66,241	15,692

$Ji^2 = 0,61$ menor que 5,99 ($P = 5\%$). Los 3 coeficientes provienen de una población de igual correlación, con un coeficiente "r" promedio $\div 0,224$. La exactitud de esta correlación media es significativa puesto que 0,2276 es mayor que 2 veces el error standard (0,0588).

CUADRO N° 10

Prueba de homogeneidad de los coeficientes "r". Sub-Estación Experimental "Esteban Jaramillo" (Venecia-Antioquia).

Correlación entre la cosecha de los años	"r" observado	Z	(N-3)	(N-3)Z	(N-3)Z'
1945 y 1946	÷ 0,220	0,2236	97	21,689	4,849
1946 y 1947	÷ 0,173	0,1747	97	16,946	2,960
1947 y 1948	÷ 0,111	0,1114	97	10,806	1,203
	÷ 0,168	0,1699	291	49,441	9,012

$Ji^2 = 0,61$ menor que 5,99 (5% para P). Los 3 coeficientes provienen de una población de igual correlación con un coeficiente "r" promedio de ÷ 0,168. La exactitud de esta correlación media es significativa puesto que 0,1699 es mayor que 2 veces el error standard (0,0588).

CUADRO N° 11

El cuadro N° 11 presenta la prueba de homogeneidad de los coeficientes "r" en cafetales de la Sub-Estación Experimental de Café "Esteban Jaramillo" (Antioquia).

Correlación entre la cosecha de los años	"r" observado	Z	(N-3)	(N-3)Z	(N-3)Z'
1945 y 1947	÷ 0,719	0,7494	97	72,692	54,475
1946 y 1948	÷ 0,616	0,7234	97	70,170	50,761
	÷ 0,627	0,7364	194	142,862	105,236

$Ji^2 = 0,0321$ menor que 3,84 (5% de P). Los 2 coeficientes provienen de una población de igual correlación con un coeficiente "r" promedio de ÷ 0,627. La exactitud de esta correlación media es significativa puesto que 0,7364 es mayor que 2 veces su error standard (0,0719).

CUADRO N° 12

Coefficientes de correlación "r" y otras constantes deducidas de "series cronológicas" en poblaciones de igual correlación.

CENTRO NACIONAL DE INV. DE CAFE - Chinchiná

Cosechas de café de los años.

X Y

1944, para pronóstico de: 1946

1945, para pronóstico de: 1947

1946, para pronóstico de: 1948

N	"r"	M _x	M _y	Ecuación de pronóstico	S _y
300 pares de observaciones	÷ 0,353 alt/sig.	4,835 ± 2,980	5,163 ± 3,268	Y ₀ = 3,458 ÷ 0,37X	2,900

Cosechas de café de los años.

X Y

1944, para pronóstico de: 1948

N	"r"	M _x	M _y	Ecuación de pronóstico	S _y
100 pares de observaciones	÷ 0,363 alt/sig.	4,469 ± 2,956	4,514 ± 3,033	Y ₀ = 2,745 ÷ 38X	2.800

ESTACION EXPERIMENTAL DE CAFE
"ESTEBAN JARAMILLO" (Antioquia)

Cosechas de café de los años.

X Y

1945, para pronóstico de: 1947

1946, para pronóstico de: 1948

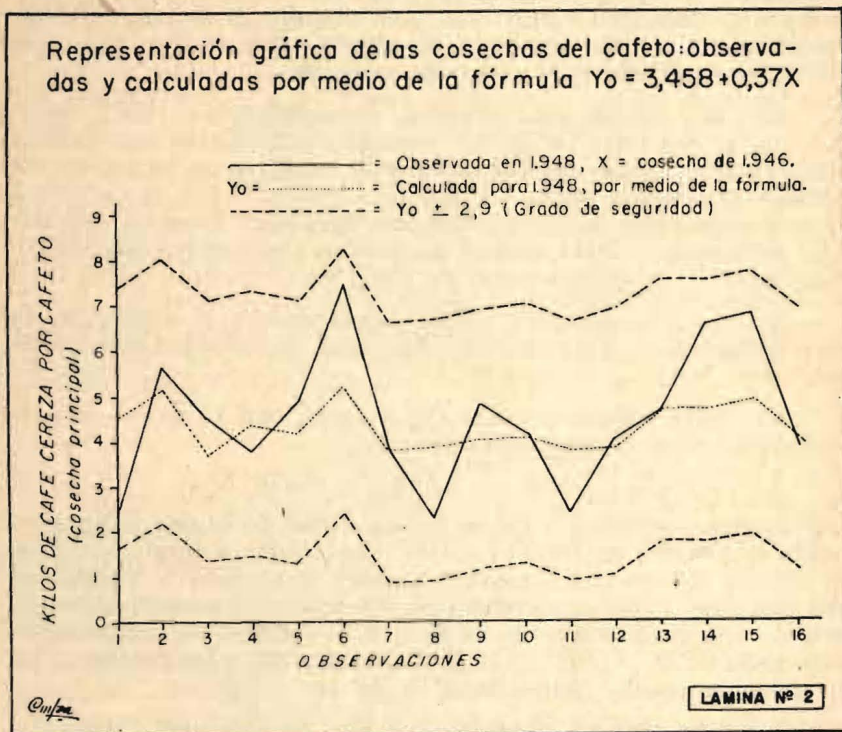
N	"r"	M _x	M _y	Ecuación de pronóstico	S _y
200 pares de observaciones	÷ 0,667 alt/sig.	8,069 ± 3,568	9,459 ± 4,194	Y ₀ = 3,016 ÷ 0,80X	3,082

CUADRO N° 13

Cosechas de café observadas en las parcelas testigos de un experimento de fertilizantes en la Hacienda "Justiniano Londoño" (Departamento de Caldas). A la derecha se registran los valores calculados o pronóstico.

Tratamientos	Promedio de 12 cafetos, en kg. de café en cereza		
	X Cosecha de 1946	Y Cosecha ob- servada en 1948	Cosecha de 1948 calculada apli- cando la fórmu- la $Y_o = 3,458$ $\div 0,37X$
P _o (I)	3,0	2,3	4,5 \div 2,9
P _o (II)	4,6	5,6	5,1 \div 2,9
P _o (III)	2,4	4,5	4,3 \div 2,9
P _o (IV)	2,8	3,7	4,4 \div 2,9
C _{ao} (I)	2,1	4,8	4,2 \div 2,9
C _{ao} (II)	5,1	7,5	5,3 \div 2,9
C _{ao} (III)	0,8	3,7	3,7 \div 2,9
C _{ao} (IV)	1,1	2,3	3,8 \div 2,9
C _a K _o (I)	1,5	4,7	4,0 \div 2,9
C _a K _o (II)	1,8	4,2	4,1 \div 2,9
C _a K _o (III)	0,8	2,4	3,7 \div 2,9
C _a K _o (IV)	1,4	4,0	3,9 \div 2,9
N _o K _o (I)	3,2	4,6	4,6 \div 2,9
N _o K _o (II)	3,1	6,5	4,6 \div 2,9
N _o K _o (III)	3,6	6,7	4,8 \div 2,9
N _o K _o (IV)	1,7	3,9	4,0 \div 2,9

La lámina N° 2 presenta los resultados en forma gráfica.



RESUMEN

1º - Aceptada la importancia que tienen los pronósticos de cosechas, se pasa a la consideración de algunos aspectos sobre los primeros trabajos exploratorios en cafetos, ya que este estudio se reduce a la primera etapa de toda investigación, esto es, a la EXPLORACION.

2º - La revisión de literatura compendia los trabajos realizados por varios investigadores en diferentes países y pone de manifiesto la posibilidad de llegar a un resultado favorable.

3º - Se persigue como fin, la obtención de fórmulas matemáticas que permitan el pronóstico de la cosecha de uno o de varios cafetos en determinados años y dentro de ciertos límites de seguridad.

4º - El procedimiento describe dos de los caminos seguidos hasta el presente:

a) - En cafetos jóvenes, sin descope, con 14 meses de permanencia en el tiempo definitivo, (Lámina N° 1) la correlación

total, múltiple y parcial entre el número de "axilas" destinadas a producir flores y frutos y las variables independientes denominadas: "longitud ramificada", en el tallo principal; "diámetro de estos, a 10 centímetros de altura sobre el nivel del suelo y "número de nudos", en el tallo principal.

b) - En cafetos estabilizados, descopados o a libre crecimiento, la covariación de las cosechas principales combinadas de 2 en 2, en todas las formas posibles dentro de series cronológicas que varían entre 4 y 5 años (1945 a 1948) en cafetos a libre crecimiento de la Sub-Estación de Café "Esteban Jaramillo" Antioquia y 1944 a 1948 en cafetos descopados del Centro Nacional de Investigaciones de Café de Chinchiná-Caldas).

5º - Los análisis estadísticos condujeron a la deducción de varias fórmulas de pronóstico. Las más importantes son las siguientes:

a) - Para cafetos jóvenes sin descope, con 14 meses de permanencia en el campo definitivo.

$$Y_0 = 81,3 - 9,58X_3 \div 0,978 X_3^2,$$

con un error standard o grado de seguridad de 41,00; Y_0 : representa el número de "dobles axilas" destinadas a producir flores y frutos; X_3 : es el número de nudos" en el tallo principal, en plantas cuyo promedio aritmético, determinado sobre una muestra de 104 cafetos fue de $12,8 \pm 2,4$ (límites de la población estudiada: 7 y 18; " r " = $\div 0,878$, altamente significativo). La correlación resultó "curvilínea": $\eta = \div 0,906$.

b) - Para cafetos estabilizados con descope definitivo,

$$Y_0 = 3,458 \div 0,37 X_a,$$

con un error standard de 2,900; Y_0 = al número de café en cereza por cafeto en el último año de una serie cronológica compuesta por un trienio continuo; X_a : indica el número de kilos de café en cereza por planta en el primer año de la serie cronológica mencionada. El promedio aritmético de X_a fue de $4,853 \pm 2,980$ kilos de café en cereza ($N = 300$ pares de observaciones y " r " = $\div 0,353$, lineal y altamente significativo);

$$Y_0 = 2,745 \div 0,38 X_b,$$

con un grado de seguridad de 2,800; Y_0 : al número de kilos de café en cereza por cafeto en el último año de una serie cronológica compuesta por un lustro continuo; X_b : representa el número de kilos de café en cereza por planta en el primer año de la serie cronológica mencionada últimamente. El promedio aritmético de X_b fue de $4,469 \pm 2,956$ kilos de café en cereza ($N = 100$ pares de observaciones y " r " = $\div 0,363$, lineal y altamente significativo).

c) - Para cafetos estabilizados, a libre crecimiento,

$$Y_0 = 3,016 \div 0,80 X_c,$$

con un error standard de 3,082; Y_0 = al número de kilos de café en cereza por cafeto en el último año de una serie cronológica compuesta por un trienio continuo; X_c : es el número de kilos de café en cereza por planta en el primer año de la serie cronológica mencionada. El promedio aritmético de X_c fue de 8,069 \pm 3,569 kilos de café en cereza ($N = 200$ pares de observaciones, "r" = \div 0,667, lineal y altamente significativo).

d) - La Lámina N^o 2 presenta los resultados de un pronóstico de cosechas de café en parcelas de un experimento de fertilizantes en la Hacienda "Justiniano Londoño", anexa al Centro Nacional de Investigaciones de Café de Chinchiná.

e) - En series cronológicas de 2 y de 4 años sobre muestras representativas de la producción de 100 cafetos, no se encontró correlación entre la producción de años consecutivos, ni entre las que quedan separadas por bienio, en el segundo.

CONCLUSIONES

Estos trabajos exploratorios nos permiten decir lo siguiente, en cuanto a los fines perseguidos y sobre otras cosas que se desprenden por deducción:

A) - En cafetos jóvenes, sin descope, con 14 meses de permanencia en el campo definitivo, es prudente esperar hasta que fructifiquen por algunos años. Reemplazar los valores de "axilas" de florescencia por los de las cosechas obtenidas y con esta nueva información volver a hacer los cálculos de correlación múltiple y parcial.

B) - En cafetos adultos, de tercer cosecha en adelante, con o sin descope, es posible ensayar, provisionalmente, los primeros resultados obtenidos por medio de las fórmulas anotadas atrás (véase resumen, numeral 5^o), apartes (b) y (c), pero dentro de los límites fijados para cada una de ellas y sin perder de vista que los valores correspondientes al error standard son elevados.

C) - Antes de diseñar el trabajo experimental propiamente dicho es importante congregarse más observaciones que permitan hacer nuevos estudios y buscar otras bases de pronóstico con el fin de conocer sus valores y poderlas comparar con las encontradas al hacer estas primeras exploraciones. Por otra parte conviene disponer de series cronológicas con un número mayor de años o cosechas, registradas en varias localidades, especialmente para ajustar mejor el valor de algunas fórmulas que hasta el presente sólo se basan en promedios de un reducido número de variables. Es interesante estudiar la probabilidad que existe al hacer un pronóstico de cosechas de café eliminando los valores intermedios entre los años 1 y 6; 1 y 7; 2 y 7, etc., en series cronológicas que representen la variación de la producción a través de un tiempo más largo, en cafetales estabilizados.

D) - La intermitencia regularmente periódica de las cosechas del café indica que para ejecutar ciertas prácticas agronómicas tales como podas, abonamientos, etc., es necesario estratificar la población para tener en cuenta el estado de cada café en cuanto se refiere al volumen de cosecha que presente, tratándolo de acuerdo con sus necesidades y cuando esté en condiciones a aprovechar mejor los nutrientes. Es así como hemos llegado al conocimiento de que al proyectar los trabajos mencionados no debemos generalizarlos, salvo que la experimentación cafetera demuestra lo contrario, cosa que es fácil si posteriormente entramos a analizar cuidadosamente los registros de producción individual de los cafés sometidos a tratamientos experimentales de podas, fertilizantes, etc.

E) - Para algunos trabajos especiales, en campos de experimentación, es necesario buscar una ecuación que permita el pronóstico de la cosecha anual que prepara cada planta, puesto que los tratamientos, en ciertos casos, pueden afectarla significativamente en un tiempo más o menos corto.

AGRADECIMIENTOS

El autor se complace en dar los agradecimientos a sus colegas: Ingenieros Agrónomos Emilio Latorre H.; Jesús Ma. Villa; Miguel Valencia; Luis Velásquez y Julio Roldán, a cuyo cargo también estuvo la dirección de los trabajos relacionados con los registros de producción individual por café en las distintas Estaciones Experimentales de Café y que nosotros utilizamos para dar a conocer algunos de los aspectos del presente estudio. Igualmente al Ing. Agr. Manuel Elgueta por su interés en buscar la correlación entre las cosechas de distintos años en las series cronológicas de Chinchiná; al Dr. Henry Hopp por su valiosa y oportuna ayuda en los cálculos de los coeficientes de regresión; a Guillermo Combariza y Hernán Giraldo por los dibujos que ilustran el trabajo; a los Expertos Cafeteros, señores Ricardo Angel, José López, Daniel Gutiérrez, Luis A. Lozano y Gonzalo Botero por el comando y vigilancia permanente de los obreros encargados del trabajo de correlación de las cosechas en los distintos campos de experimentación. En general, a todos los que en una u otra forma prestaron su cooperación en estas actividades.

BIBLIOGRAFIA

- BEAUMONT, J. F., - An analysis of growth and yield relations hips of of coffee trees in the Kona District, Hawaii, Jour Agr. Res. 59 (3): 223-235, 1939.
- CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE; Anuario Meteorológico: 1950.
- : Archivos de la Sección de Agronomía (registros de producción individual por cafeto): 1944 - 1948.
- DEAN, L. A. - Relationships between rainfall and cofee yields in the Kona district. Hawaii; Journal Agr. Research (59); 217-222, 1939.
- GILBERT, S. M. - Variability in yield of coffee arabica: The East African Agr. Jour. 4 (2): 131-139; 1938.
- HAYES H. K. - e Immer, F. R. - Métodos Fitotécnicos. Pronóstico del rendimiento de la avena: 408-417; 1943.
- KLAGES, K. H. W. - Ecological Crops Geography; 193-195: 1942.
- MACHADO, S. A. - Informe de la Sección de Agronomía del Centro Nacional de Investigación de Café. "B" (Mejoramiento del cafeto); 8-12: 1947 - 1948.
- El sombrero como factor interesante en la producción del cafeto (Seminario). Boletín Informativo del C. Nal. de Inv. de Café; II (16); 31: 1951.
- El uso de la correlación y de la regresión en los sistemas de investigación (Seminario). Boletín Inf. del C. Nal. de Inv. de Café III (31); 25-44: 1952.
- MILLS, F. C. - Métodos estadísticos aplicados a la economía y los negocios; Pronóstico de la producción de alfalfa; 338-355: 1949.
- SCHAUFELBERGER PABLO. - La arcilla de los suelos tropicales. Boletín Técnico del C. Nal. de Inv. de Café; I (5); 29-46: 1951.
- SUB-ESTACION EXPERIMENTAL DE CAFE: "Esteban Jaramillo". - Archivos de los experimentos de campo (registros de producción individual por cafeto): 1945 - 1948.
- SNEDECOR, JORGE, W. - Métodos de estadística (su aplicación a experimentos en Agricultura y Biología). Manera de predecir los rendimientos del trigo en la Gran Bretaña partiendo de medidas hechas sobre las plantas, etc.: 125-164; 407-417; 429-455: (1948).
- TEIXEIRA MENDES, J. E. - BRIEGER, F. G.; KRUG, C. A. y CARVALHO, A. - Mejoramiento del Coffea Arabica L. Var. Bourbon. Revista de la Asociación Cafetera de El Salvador. XI y XII (132; 134 y 136); 777-805; 99-122; 205-216: (1941 y 1942).