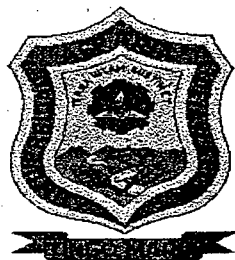


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Departamento Académico de Ciencias Agrarias



**"ANÁLISIS DE CORRELACIONES Y COEFICIENTES
DE SENDERO EN FRUTOS Y SEMILLAS DE CACAO
(*Theobroma cacao L.*) "**

TESIS

Para optar el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Henry Vásquez Salinas

PROMOCION I-1993

"Unasinos forjadores de ciencia y tecnología en el Perú"

TINGO MARÍA-PERÚ

1999

DEDICATORIA

A Dios por brindarme perseverancia,
comprensión y su infinito amor.

El Señor es mi luz y mi salud ¿A quién puedo
temer? amparo de mi vida es el Señor ¿De
quién puedo temblar? Salmo 27:(1).

A mis padres:

Gilberto y Ana, por sus sabios
consejos, su paciencia y por el
gran amor que siento por ellos.

A mis hermanos:

Ruth, Edgar, Ramón y Neyba,
por los gratos recuerdos y
comprensión.

A mis Tías:

Luz, con nostalgia y alegría (Q.E.P.D), Georgia
con mucho cariño.

AGRADECIMIENTO

- Al Ing. Luis García Carrión, patrocinador de la presente investigación por su valiosa orientación en la ejecución y culminación de la misma.
- A los Ings. Carlos Carbajal Toribio, Jorge Adriazola del Aguila y David Guarda Sotelo como miembros del jurado.
- A Emilio Pinedo Arevalo, Sandro Bustamante Scaglioni, Victor Díaz Silva, Marco Rodríguez Hernández, Héctor Vera Hernández, Moisés Benzaquen Garcia, Percy y Carlos Phillips Gallo; por su apoyo incondicional para la culminación del presente trabajo.
- A José Vilcaromero Boanerges y Carmen Diaz Silva, por el apoyo brindado durante la elaboración del presente trabajo.
- A mis profesores de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por sus sabias enseñanzas en mi formación profesional.
- Al Hno. José Turcotte Tremblay, por sus sabios consejos que me sirvieron de guía para mi formación.
- A todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron a la culminación de la presente tesis.

INDICE

	Pág.
I. INTRODUCCION.....	9
II. REVISION DE LITERATURA	
2.1 Generalidades.....	11
2.2 El uso de la correlación en el mejoramiento genético.....	12
2.3 El análisis por coeficientes de sendero.....	14
III. MATERIALES Y METODOS.....	21
3.1 Campo experimental.....	21
3.1.1 Ubicación.....	21
3.1.2 Registros metereológicos.....	21
3.1.3 Componentes en estudio.....	21
3.1.4 Tratamientos en estudio.....	23
3.1.5 Análisis estadístico.....	24
3.1.6 Determinación de las observaciones.....	30
IV. RESULTADOS.....	32
4.1 De las correlaciones fenotípicas en el peso de mazorca y sus Componentes... ..	32
4.1.2 Entre componentes del peso de mazorca.....	32

	Pag
4.2 De los coeficientes de sendero en la mazorca de cacao.....	37
4.3 De las correlaciones fenotípicas entre peso de grano seco y sus componentes.....	40
4.3.1 Entre componentes del peso de grano.....	40
4.4 Del coeficiente de sendero en el grano de cacao.....	40
4.5 De las correlaciones fenotípicas del rendimiento y sus componentes primarios.....	45
4.6 De los coeficientes de sendero entre el rendimiento y sus componentes.....	50
V. DISCUSION.....	52
VI. CONCLUSIONES.....	68
VII. RECOMENDACIONES.....	80
VIII. RESUMEN.....	70
IX. BIBLIOGRAFIA.....	71

INDICE DE CUADROS

CUADRO	Pág.
1. Datos meteorológicos registrados en la estación meteorológica “Jose Abelardo Quiñones”, Tingo María Enero - Diciembre 1995.....	22
2. Coeficientes de correlación entre el peso de mazorca y sus componentes en 20 clones de cacao.....	33
3. Coeficiente de correlación entre grano seco y sus componentes en 20 clones de cacao.....	39
4. Coeficiente de correlación entre el rendimiento y sus componentes en 20 clones de cacao.....	44

INDICE DE FIGURAS

FIGURAS	Pág.
1. Interrelaciones entre los Componentes del rendimiento.....	15
2. Diagrama de sendero entre peso de mazorca y sus componentes.....	25
3. Diagrama de sendero entre peso de grano seco y sus componentes.....	28
4. Diagrama de sendero entre el rendimiento y sus componentes.....	46

INDICE DE TABLAS

TABLA	Pág.
1. Efectos directos e indirectos de los componentes de la mazorca de 20 genotipos de cacao.....	34
2. Efectos directos e indirectos de los componentes del grano de 20 genotipos de cacao.....	41
3. Efectos directos e indirectos de los componentes del rendimiento de 20 genotipos de cacao.....	48

I. INTRODUCCION

Conocedores que existe una vasta variabilidad genética de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tingo María y conscientes de sus benéficos aportes en la industria, del chocolate y derivados es muy importante realizar planes de mejoramiento genético los cuales incrementarían considerablemente la producción, ya que en los últimos años el rendimiento no ha aumentado, a pesar que nuestra zona posee un elevado potencial para producir cacao.

En todo programa de mejoramiento genético resulta de gran utilidad el conocimiento de la relación entre el rendimiento con otros caracteres asociados directa o indirectamente y la interdependencia que ellos muestran, para ser usados como criterios de selección.

Si bien la asociación entre los caracteres medida por el coeficiente de correlación simple, permite conocer el grado de asociación entre las variables; dicho análisis es incapaz de conocer la causa-efecto. En cambio, el análisis de coeficientes de sendero es útil en el análisis de correlación entre caracteres que pueden ser considerados en un sistema causa-efecto, al permitir separar los efectos directos e indirectos entre los mismos.

En el caso del cacao no se tiene información suficiente sobre el grado de asociación entre los componentes de rendimiento y su interdependencia directa o indirecta. Por esta razón es necesario conocer estas relaciones con fines de selección particularmente en lo referente a los componentes de los frutos y grano.

Por lo antes señalado el presente estudio tiene por objetivos los siguientes:

1. Analizar mediante correlaciones y coeficientes de sendero el grado de asociación y la influencia directa e indirecta de los componentes del fruto y grano de cacao.
2. Discriminar el (los) componente(s) de la mazorca y/o grano más vinculado con el rendimiento y su uso como criterio de selección.

II. REVISION DE LITERATURA.

2.1. GENERALIDADES.

Wood (38), señala que el cacao, es una de las veintidós especies que constituyen el género *Theobroma*, el cual es nativo del nuevo mundo y así mismo la especie se extiende por el norte: desde el sur de México, hasta Brasil y Bolivia en el sur. Se considera que su centro de origen está en la cuenca del río Amazonas.

León (23), clasifica al cacao de la siguiente manera:

División	:	Fenerógamas
Clase	:	Angiospermas
Sub clase	:	Dicotiledóneas
Orden	:	Malvales
Familia	:	Esterculeaceas
Género	:	Theobroma
Sección	:	Eutheobroma
Especie	:	<i>Theobroma cacao</i> L.

Hernández (19), manifiesta que la producción de cacao varía ampliamente de un lugar a otro dependiendo de las prácticas culturales y el tipo de material vegetativo usado. En la mayoría de las áreas productoras donde se usan los métodos tradicionales la producción promedio de almendras secas varía de 300 a 500 Kg./ha/año, utilizando cultivares de alta producción y prácticas culturales mejoradas en lugares con suelos excepcionalmente fértiles; es posible obtener una producción de 2,000 a 3,000 Kg./ha/año.

Alvim (1), señala que las características de producción en *Theobroma cacao* L. están largamente controlados por factores genéticos, la expresión de los potenciales rasgos de rendimiento están significativamente influenciados por los factores del medio ambiente. Por tanto es importante para tomar conocimiento de esto en materiales; y en hacer selecciones para características específicas de producción.

2.2. EL USO DE LA CORRELACION EN EL MEJORAMIENTO GENETICO.

Goldenberg (17), manifiesta que el objetivo de todo programa de mejoramiento genético es de obtener variedades más productivas, razón por la que es importante conocer la herencia del rendimiento y sus componentes; y las correlaciones entre cada uno de ellos y el rendimiento y entre ellos mismos. Así mismo cita a Darwin (1859), quien decía que "Cuando el hombre realiza selección aumentando alguna propiedad, siempre modificará sin proponérselo otras partes de la estructura, debido a las misteriosas leyes de la correlación". Este autor señala que para obtener una mayor efectividad en la selección, cuando un carácter deseable es difícil de seleccionar, ya sea por dificultades de identificación, medición o baja heredabilidad, el empleo del carácter correlacionado con alta heredabilidad o fácilmente medible, puede resultar mas conveniente.

Ascenco, Jacob, Vello (3, 21, 37), indicaron que el pronóstico de la producción de cacao sugiere el entendimiento de la naturaleza de las correlaciones entre los factores medio ambientales y los factores de producción. Hasta ahora un número de índices de selección han sido elaborados con el propósito de obtener una raza superior de cacao. Así la medida de diámetro del tronco, altura del árbol y la copa de árboles jóvenes de cacao han mostrado tener un alto grado de asociación con el vigor vegetativo.

Atanda (2), reporta que los coeficientes de correlación tales como magnitud de producción de mazorca, peso húmedo y peso seco de las almendras son todos índices confiables para evaluar el comportamiento potencial de un cultivar de cacao.

Malhorta, et al (27), reportaron que el conocimiento de la correlación existente entre el rendimiento y otros caracteres son de gran utilidad en la selección de adecuados genotipos de soya.

Brooks (7), reporta que la asociación fenotípica entre variables puede estar genéticamente controlado o influenciada por factores ambientales.

Leng (22), indica que en maíz, el rendimiento era un carácter complejo y función de otras series de características como el número de mazorcas por planta, el número de grano, la longitud y diámetro de las mazorcas, etc.. Estos caracteres se les denomina componentes del rendimiento los cuales se pueden medir independientemente el uno del otro de tal forma que es posible establecer las relaciones entre ellos y el rendimiento.

Barriga (4), trabajando con cultivares de trigo de primavera observó una influencia directa del número de espigas por planta, grano por espiga y peso de grano sobre el rendimiento. El consideró a estas como componentes primarios y a precocidad y altura de planta como secundarios.

Falconer (14), señala la importancia de las correlaciones que constituyen la información básica utilizada en la selección indirecta.

2.3. EL ANALISIS POR COEFICIENTES DE SENDERO.

Según Marioti (28), las correlaciones simples ampliamente utilizadas en investigación de los componentes del rendimiento no siempre resultan suficientemente informativos a cerca de la relación funcional entre componentes de diferente jerarquía y el producto final. Recientemente se ha propuesto un análisis funcional de la asociación, la que se ha dado en llamar el método de los "Coeficientes de sendero" (path coefficients).

Este procedimiento permite descomponer la correlación entre un componente (X) y el producto final, por ejemplo el rendimiento (Y), en un efecto "directo" de "X" sobre "Y", y en efectos "indirectos" de "X" sobre "Y", los que se hacen efectivos por vía de la relación de X con otros componentes de Y (Z, W, etc.). Esta relación funcional se describe esquemáticamente en la Figura (1).

El efecto "directo" puede interpretarse como una correlación parcial entre X e Y, una vez excluidos los efectos de W y Z ($r_{xy.zw}$). En el supuesto de independencia X, Z y W resultara que $r_{xy.zw} = r_{xy}$.

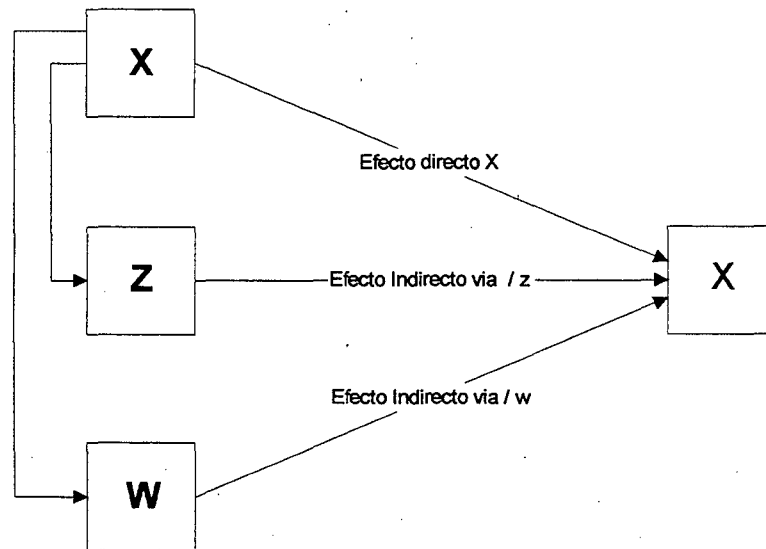


FIGURA 1. Interrelaciones entre componentes del rendimiento (Y).

La estimación de efectos directos e indirectos de componentes sobre el producto final se efectúa a partir de la resolución de un sistema de ecuaciones que tendrá tantas incógnitas como componentes investigados.

García (15), indica que el método de análisis de sendero permite dividir un coeficiente de correlación en sus componentes de efectos directos e indirectos, y separar así la verdadera influencia que cada variable independiente ejerce sobre la dependiente.

Así mientras el análisis por correlación simplemente identifica asociaciones mutuas entre variables, el análisis por sendero describe la importancia relativa de cada uno de ellos y especifica la dirección en que se ejerce la influencia, por ello resulta una técnica más útil cuando además de identificar relaciones entre variables, se desea cuantificar su importancia relativa y conocer si sus efectos ejercen en forma directa o

indirecta, es decir, a través de modificaciones de tipo compensatorios inducidos en los demás.

Así mismo manifiesta que por tratarse de un tipo de coeficientes de regresión parcial, los coeficientes de sendero son unidireccionales (a diferencia de los de correlación que son bidireccionales) y su valor puede ser positivo o negativo, así como mayor o menor que la unidad. Además, al haberse expresado por unidad de desviación típica resultan adimensionales (lo que los asemeja a los coeficientes de correlación) y por ello la magnitud de los coeficientes de sendero suministra una medida de la importancia relativa de las variables independientes que intervienen determinando a la dependiente.

Tyagy et al. (35), manifestaron que los estimados de los coeficientes de correlación entre los diferentes caracteres, no dan una imagen exacta de la importancia de los efectos directos e indirectos de esos caracteres. Con lo que es más necesario tener conocimientos específicos sobre la interrelación de los mismos, lo cual se logra a través del coeficiente de sendero desarrollado por Wrigth Sewall (39), y propuestos por primera vez para la selección en plantas por Dewey y Lu (10).

Singh (32), señala que la ventaja de el diagrama de sendero es que un juego de ecuaciones simultaneas pueden ser escritas directamente desde el diagrama y una solución de estas ecuaciones provee información sobre la contribución directa o indirecta de estos factores causales para el efecto .

Sing y Singh (33), indican que el conocimiento de las correlaciones genotípicas y ambientales como parte integrante de las correlaciones fenotípicas reviste gran importancia, no obstante que las correlaciones entre diferentes caracteres constituyen la

formación básica para la selección indirecta, estas son insuficientes para explicar la verdadera asociación de los caracteres, siendo el coeficiente de sendero un método eficaz para separar los efectos directos de los indirectos, pudiéndose medir de esta forma la importancia relativa de cualquier factor en estudio.

Lengua y Barreto (24), realizaron trabajos en maíz cuyos resultados coincidieron en cuanto a que el peso de los granos por mazorca contribuía significativamente al rendimiento pero hubo controversias con relación al aporte del número de mazorcas por planta. En estos trabajos se usaron las técnicas estadísticas de correlación simple y de regresión múltiple para evaluar la contribución de cada componente al rendimiento.

Wright (39), propuso la teoría del coeficiente de path cuya finalidad es la de efectuar un análisis de causa y efecto entre variables correlacionadas.

Li (25), basado en la presentación matemática de Wright, hizo una exposición y discusión sobre el coeficiente de path. Él concluyó que cuando la variable Y es un resultado de los efectos de X y Z y cuando estos últimos no son correlacionados entre ellos, los coeficientes de Path son expresados directamente por las correlaciones parciales de Y con X y Z.

Dewey y Lu (10), definen al coeficiente de sendero como el coeficiente de regresión parcial estandarizado que mide la influencia directa de una variable, sobre la otra y permite la separación del coeficiente de correlación en efectos directos e indirectos a través de un ejemplo esquemático analizaron los coeficientes de correlación para mostrar la relación causa y efecto.

Bhatt (6), ensayó con 14 variedades de trigo usando el coeficiente de path y concluyó que el coeficiente de correlación puede mostrar una falsa apariencia en la

expresión del rendimiento. Por otro lado él considera que el número de grano por espiga y el peso de grano son caracteres de considerable importancia sobre el rendimiento.

Montes y Miliam (29), realizaron un trabajo en café y concluyeron que los caracteres que presentaron mayores valores sobre el rendimiento fueron; el número de ramas plagiotrópicas, el número de entrenudos y la longitud de entrenudos; pero este último con valor negativo y al descomponer los valores de los coeficientes de correlación en efectos directos e indirectos mediante el coeficiente de sendero, la mayor contribución positiva se debió a la longitud de las ramas y de forma negativa al diámetro de la copa.

Gasperi (16), estudiando en achote (*Bixa orrellana L.*) y usando el coeficiente de Path concluyo que el componente del rendimiento que tuvo el mayor efecto directo positivo sobre la producción por planta fue el número de frutos por planta. Así mismo, el efecto indirecto positivo más elevado fue ejercido por el número de panículas por planta a través del número de frutos por planta, es decir que la variable independiente que ejerce el efecto más determinante sobre el rendimiento, es el número de frutos por planta.

Espindola y Gondarilla (11), ensayando en quinua, concluyeron que el rendimiento esta altamente asociado con altura de planta, longitud de panícula y diámetro de tallo. En cambio los caracteres supuestamente relacionados, peso de 100 granos y diámetro de la panoja no tienen relación.

El fraccionamiento de los coeficientes de correlación analizados por el método de causa-efecto, señalaron que la longitud de la panoja, diámetro del tallo, peso de 100 granos, tuvieron un efecto directo en el rendimiento, no obstante de que la altura de la planta tiene un alto grado de correlación con este carácter. El hecho anterior indica que

un coeficiente de correlación significativo, no siempre es un parámetro válido para constituirse en componente de rendimiento, e inversamente un coeficiente bajo como el peso de 100 granos puede ser un componente importante.

Morales (30), estudiando el crecimiento de plántulas mediante el coeficiente de sendero, determinó al área foliar como elemento causal y al largo de las hojas, diámetro del tallo, y el producto del largo por el ancho de estas como los mejores estimadores del área foliar de plántulas de cafeto o de plántulas cultivadas en estas condiciones.

González (18), al trabajar en tomate determinó el peso de los frutos por planta como variable de efecto y el resto de los caracteres tales como: número de frutos por racimo, número de racimos por planta, peso de frutos por plantas, como variables causales, encontrando para el carácter número de frutos por planta una correlación positiva con el rendimiento y un mayor efecto directo sobre el mismo.

Espinoza y De la Fé (13), analizaron en caña de azúcar los caracteres siguientes: Población (tallos/ha), Brix (%), % de Pal/jugo, % de pureza, % Pal/caña; % de azúcares reductores, índice de glucosa y t Pal/ha, y mediante el coeficiente de sendero concluyeron que: Los coeficientes de sendero mayores correspondieron al % de azúcares reductores y el índice de glucosa.

Ismail y Alvares (20), al investigar en arroz concluyeron que el rendimiento estuvo correlacionado positivamente con el número de panículas por m², el número de grano llenos por panícula y con el peso de 1000 grano, siendo el número de grano por panícula el que mayor valor del coeficiente de correlación presentó. Luego al descomponer los coeficientes de correlación en componentes de efectos directos e indirectos, mostraron un mayor efecto directo sobre el rendimiento, el número de grano llenos por panícula.

García y Carbajal (15), analizando las correlaciones entre el rendimiento y sus componentes en frijol, así como, las relaciones causa-efecto mediante análisis de coeficiente de sendero, concluyeron que el número de vainas presentó una alta correlación con el rendimiento; e igualmente fue el componente que presentó un efecto directo más importante.

Vaid et al. (36), estudiando en 100 variedades de frijol genéticamente diversos en tres ambientes encontraron que el rendimiento estuvo correlacionado significativa y positivamente por el número de vainas por planta y número de grano por vaina. Y realizando el análisis por coeficiente de sendero, encontró que el componente de rendimiento más importante era el número de vainas por planta. Igualmente el efecto directo del peso de 100 granos también fue válido en el nivel genotípico como fenotípico.

III. MATERIALES Y METODOS.

3.1 CAMPO EXPERIMENTAL.

3.1.1. Ubicación.

El presente estudio se realizó en el Banco de Germoplasma de cacao de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la margen derecho del río Huallaga, distrito de Rupa Rupa. provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco y Región Andrés Avelino Cáceres, cuyas coordenadas geográficas son las siguientes:

Longitud	: 75°57'00"
Latitud	: 09°09'08"
Altitud	: 670 m.s.n.m.

3.1.2. Registros meteorológicos.

Los datos meteorológicos (Cuadro 1), fueron obtenidos de la estación meteorológica "José Abelardo Quiñones" de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, comprendiendo a los meses de Enero a Diciembre de 1995.

3.1.3. Componentes en estudio.

El material genético estuvo constituido por 20 clones de cacao de los cuales 9 pertenecieron a la colección internacional, 7 clones de la colección Ucayali y 4 clones de la colección Huallaga, los mismos que están instalados en el Banco de Germoplasma de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

CUADRO 1. Datos meteorológicos registrados en la estación meteorológica "José Abelardo Quiñones", Tingo María. Enero - Diciembre 1995.

MESES	TEMPERATURA			HR %	PP mm	HS
	MAXIMA	MINIMA	\bar{X}			
Enero	29.3	20.1	24.7	84	370.8	177.0
Febrero	29.0	20.0	24.5	83	323.7	71.9
Marzo	28.7	20.0	24.35	83	123.7	108.0
Abril	30.1	20.4	25.25	81	266.7	179.8
Mayo	29.8	19.4	24.6	79	136.6	180.5
Junio	29.6	19.3	24.45	80	72.9	164.7
Julio	29.4	18.9	24.15	81	153.0	180.5
Agosto	30.4	19.2	24.8	80	72.6	196.0
Setiembre	30.8	19.3	25.05	78	148.1	155.0
Octubre	29.8	20.1	24.95	82	390.6	148.1
Noviembre	29.8	20.6	25.2	83	308.4	129.5
Diciembre	29.5	20.4	24.95	83	488.2	143.8
TOTAL	29.68	19.81	24.75	81.42	152.9	

En el cuadro 1, se observa que el clima fue cálido durante los meses del trabajo, con una temperatura media promedio mensual 24.75 mm. y humedad relativa media promedio mensual 81.42; condiciones favorables para el desarrollo del cultivo del cacao.

3.1.4. Tratamientos en estudio.

Comprendieron los 20 clones de las colecciones: Huallaga, Ucayali e internacionales que a continuación se indican:

A) Clones Huallaga

* H-35

* H-34

* H-32

* H-2

B) Clones Ucayali

* U-4

* U-9

* U-47

* U-49

* U-55

* U-68

* U-70

C) Clones Internacionales

* UF-29

* ICS-1

* EET-400

* ICS-95

* ICS-39

* P-12

* EET-228

* P-7

* PCS-6

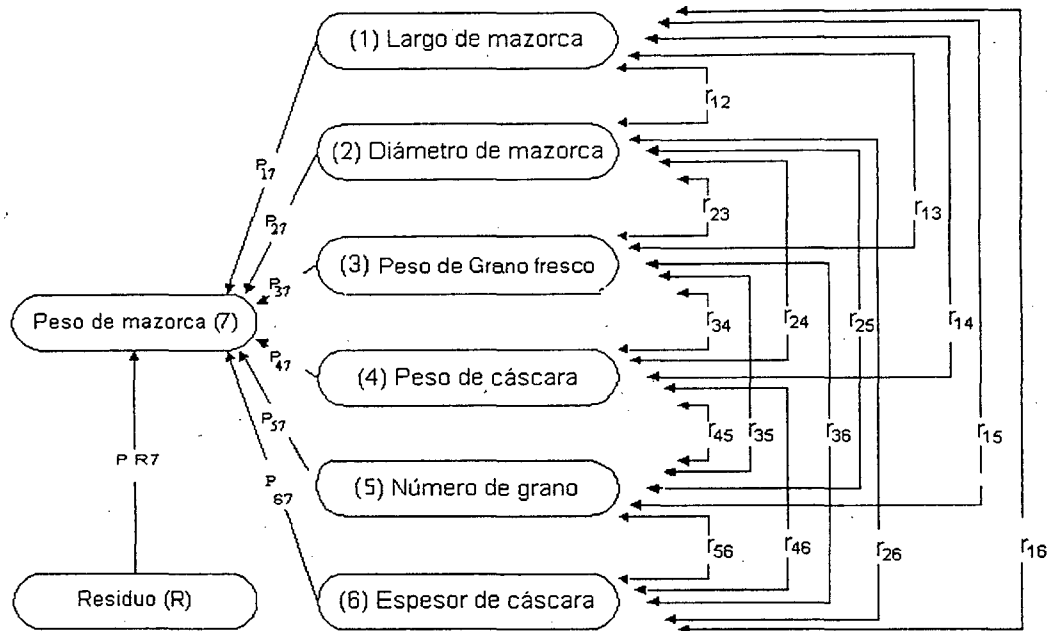
Al utilizar clones de diferentes origen genético, las conclusiones a arribar tendrían la consistencia científica, tal como si se hubiese procedido en evaluar una amplia gama de genotipos que pudieron ser extraídos al azar de una población sumamente variable, incluso el utilizar ciertos clones que reunían el tamaño de muestras necesaria de frutos, ellos simularían una muestra al azar.

3.1.5. Análisis Estadístico

Se determinaron coeficientes de correlación simple entre el peso de mazorca y sus componentes, así mismo, el peso de grano y sus componentes. Además se determinaron los coeficientes de path o de sendero para los componentes del rendimiento según la metodología propuesta por Dewey y Lu (10). Los estimados de los coeficientes parciales (regresión) (coeficiente de path) se determinaron mediante la resolución de ecuaciones normales de regresión múltiple los cuales fueron determinados por computadora mediante la solución de matrices. Utilizando el programa de Q-PRO mediante la resolución de la matriz inversa y su respectiva multiplicación.

Se realizaron 3 análisis de sendero, uno para la mazorca y sus componentes, otro análisis de sendero para grano y sus componentes y, por último, otro para el rendimiento y sus componentes. Así mismo, se elaboraron sendos diagramas de sendero, uno para mazorca, grano y otro para el rendimiento.

Los diagramas de sendero para los dos análisis propuestos se presentan en las siguientes figuras:



Donde :

Y_7 = Peso de mazorca

X_1 = Largo de mazorca

X_2 = Diámetro de mazorca

X_3 = Peso de grano fresco

X_4 = Peso de cáscara

X_5 = Número de grano

X_6 = Espesor de cáscara

R = Residuo

P = Coeficiente de sendero

FIGURA 2. Diagrama de sendero entre el peso de mazorca y sus componentes.

En la Figura 2, las flechas sencillas indican los efectos directos medidos por coeficientes de sendero (P), y las flechas dobles indican la asociación mutua entre variables, es decir los coeficiente de correlación (r). La relación entre los coeficientes de sendero y los de correlación se dan a través del sistema de ecuaciones asociados a cada diagrama de sendero. Definiciones similares se aplican a los diagramas siguientes.

Sistema de ecuaciones normales empleadas para el cálculo del coeficiente de sendero:

$$r_{17} = P_{17} + P_{27}r_{12} + P_{37}r_{13} + P_{47}r_{14} + P_{57}r_{15} + P_{67}r_{16}$$

$$r_{27} = P_{17}r_{12} + P_{27} + P_{37}r_{23} + P_{47}r_{24} + P_{57}r_{25} + P_{67}r_{26}$$

$$r_{37} = P_{17}r_{31} + P_{27}r_{23} + P_{37} + P_{47}r_{34} + P_{57}r_{35} + P_{67}r_{36}$$

$$r_{47} = P_{17}r_{41} + P_{27}r_{42} + P_{37}r_{43} + P_{47} + P_{57}r_{45} + P_{67}r_{46}$$

$$r_{57} = P_{17}r_{51} + P_{27}r_{52} + P_{37}r_{53} + P_{47}r_{54} + P_{57} + P_{67}r_{56}$$

$$r_{67} = P_{17}r_{61} + P_{27}r_{62} + P_{37}r_{63} + P_{47}r_{64} + P_{57}r_{65} + P_{67}$$

Donde :

r_{ij} : Coeficiente de correlación lineal

P_{ij} : Coeficiente de sendero

$r_{ij} P_{ij}$: Valor del efecto indirecto de una variable sobre otra

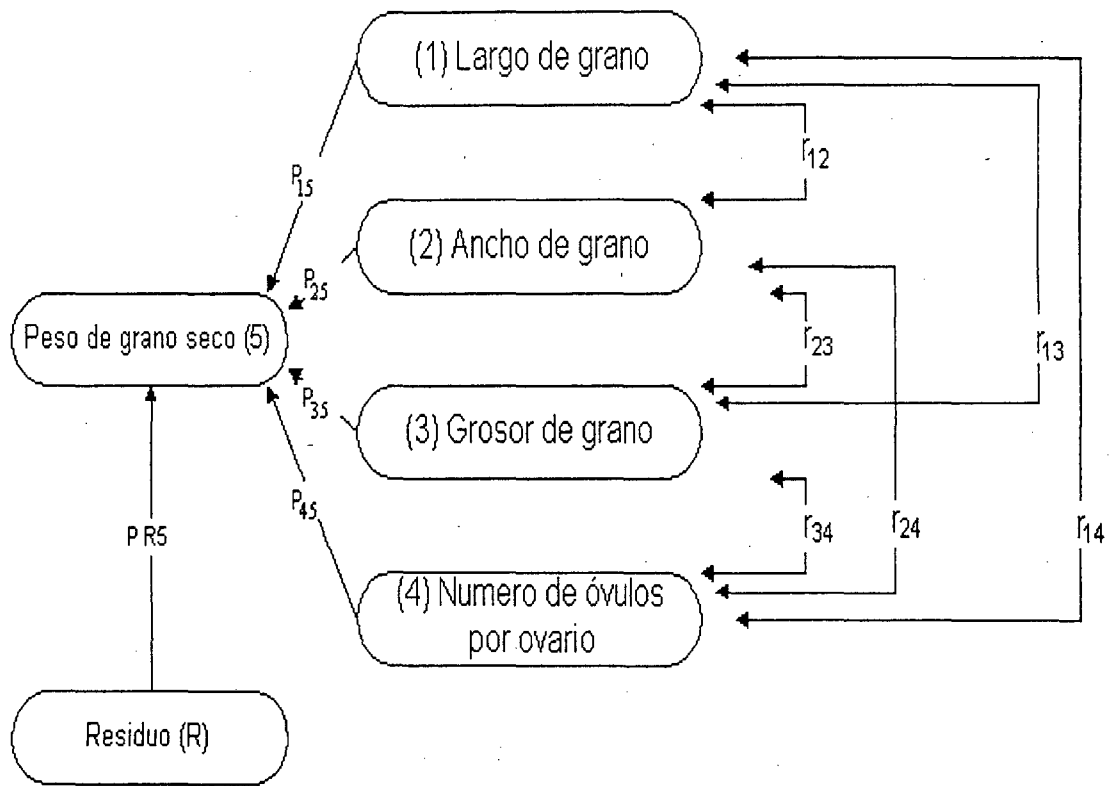
Ecuación empleada para el cálculo del residuo:

$$1 = P_{17}^2 r_{17}^2 + P_{17}^2 + P_{27}^2 + P_{37}^2 + P_{47}^2 + P_{57}^2 + P_{67}^2 + 2P_{17}r_{12}P_{27} + P_{17}r_{13}P_{37} + 2P_{17}r_{14}P_{47} + 2P_{17}r_{15}P_{57} + 2P_{17}r_{16}P_{67} + 2P_{27}r_{23}P_{37} + P_{27}r_{24}P_{47} + 2P_{27}r_{25}P_{57} + 2P_{27}r_{26}P_{67} + 2P_{37}r_{34}P_{47} + 2P_{37}r_{35}P_{57} + 2P_{37}r_{36}P_{67} + 2P_{47}r_{45}P_{57} + 2P_{47}r_{46}P_{67} + 2P_{57}r_{56}P_{67}$$

La variable (R) introducida en el diagrama de la figura consta de todos aquellos factores residuales que influyen de forma independiente (de las variables consideradas) sobre la variable principal y su valor se calcula según la ecuación anteriormente mencionada.

De esta forma podemos apreciar que el análisis de sendero considera que un coeficiente de correlación en un sistema múltiple, es el resultado de la suma de efectos directos (medidos por los coeficientes de sendero) e indirecto (medidos por el producto entre un coeficiente de sendero y un coeficiente de correlación).

La relación entre los coeficientes de sendero y los de correlación se dan a través del sistema de ecuaciones normales asociadas a cada diagrama de sendero.



Donde :

- Y_5 = Peso de grano seco
- X_1 = Largo de grano
- X_2 = Ancho de grano
- X_3 = Grosor de grano
- X_4 = Número de óvulos por ovario
- R = Residuo
- P = Coeficiente de sendero

FIGURA 3. Diagrama de sendero entre el peso de grano seco y sus componentes

Sistema de ecuaciones normales empleadas para el cálculo de los coeficientes de sendero:

$$r_{15} = P_{15} + P_{25}r_{12} + P_{35}r_{13} + P_{45}r_{14}$$

$$r_{25} = P_{15}r_{12} + P_{25} + P_{35}r_{23} + P_{45}r_{24}$$

$$r_{35} = P_{15}r_{31} + P_{25}r_{32} + P_{35} + P_{45}r_{34}$$

$$r_{45} = P_{15}r_{41} + P_{25}r_{42} + P_{35}r_{43} + P_{45}$$

Donde :

r_{ij} : Coeficiente de correlación lineal

P_{ij} : Coeficiente de sendero

$r_{ij} P_{ij}$: Valor del efecto indirecto de una variable sobre otra.

Ecuación empleada para el cálculo del residuo:

$$1 = P_{15}^2 r_{15} + P_{15}^2 + P_{25}^2 + P_{35}^2 + P_{45}^2 + 2P_{15}r_{12}P_{25} + 2P_{15}r_{13}P_{35} + 2P_{15}r_{14}P_{45} + 2P_{25}r_{23}P_{35} + 2P_{25}r_{24}P_{45} + 2P_{35}r_{34}P_{45}$$

La variable (R) introducida en el diagrama de la figura consta de todos aquellos factores residuales que influyen de forma independiente (de las variables consideradas) sobre la variable principal y su valor se calcula según la ecuación anteriormente mencionada.

3.1.6. Determinación de las observaciones.

A. Características cuantitativas del fruto

1. Peso total (n=20)

Se registró en todos los frutos maduros utilizando una balanza mecánica el día que se cosechó.

2. Longitud del total (n=20)

Se registró en frutos maduros utilizando un vernier midiendo (cm) desde la parte basal hasta el ápice.

3. Diámetro del fruto (n=20)

Se registró en frutos maduros utilizando un vernier midiendo (cm) en la parte más ancha.

4. Espesor de cáscara (n=20)

Se registró haciendo uso del vernier midiendo desde el endocarpio hasta la cima del lomo del fruto.

5. Peso cáscara (n=20)

Se registró en frutos maduros haciendo uso de una balanza mecánica, luego de haber extraído las grano con el mucílago.

6. Número de grano (n=20)

Se determinó por conteo de grano que presentaba cada mazorca de cada clon.

B. Características cuantitativas de la flor

1. Número de óvulos por ovario (n=5)

Se realizó según el método sugerido por Enríquez et. al. (11), primero se disectó la flor, luego se hizo un corte longitudinal y se colocó al estereoscopio (0.6x), y luego se procedió a extraer lo

óvulos mediante conteos.

C. Características cuantitativas de los grano.

Los datos fueron tomados de granos previamente fermentadas y secados al sol con un tiempo de 8 días.

1. Peso de grano

1.1. Peso de grano fresco

Se evaluó utilizando una balanza eléctrica pesando el número total de granos frescos, luego de haber partido el fruto.

1.2. Peso de grano seco

Se evaluó cuando los grano tenían aproximadamente 10% de humedad para ello se peso en gramos el número total de grano y luego, se separó y se pesó 5 granos secos.

1.3. Longitud de los granos(n=5)

Se registró medidas (cm) de 5 granos de las 20 mazorcas por clon haciendo uso del vernier.

1.4. Ancho de los granos(n=5)

Se registró medidas (cm) de 5 granos de cada clon en las 20 mazorcas en el punto más ancho del grano, haciendo uso del vernier.

1.5. Espesor del grano

Se determinó el espesor de 5 granos de las 20 mazorcas de cada clon en (cm) haciendo uso del vernier.

IV. RESULTADOS

4.1. DE LAS CORRELACIONES FENOTIPICAS ENTRE EL PESO DE MAZORCA Y SUS COMPONENTES.

Los valores de los coeficientes de correlación lineal (Cuadro 1), entre el peso de mazorca y los componentes: peso de cáscara ($r_{4y}=0.990$), diámetro de mazorca ($r_{2y}=0.948$), peso de grano fresco ($r_{3y}=0.889$), espesor de cáscara ($r_{6y}=0.874$) y largo de mazorca ($r_{1y}=0.859$) resultaron estar correlacionados en forma positiva y altamente significativa. En cambio el valor del coeficiente de correlación entre el peso de mazorca y el número de grano resultó no significativo ($r_{4y}=0.234$).

4.1.2. Entre componentes del peso de mazorca.

Del Cuadro 2 se puede observar también que los valores de los coeficientes de correlación entre las siguientes covariables diámetro de mazorca/peso de cáscara, peso de cáscara/espesor de cáscara, diámetro de mazorca/espesor de cáscara, largo de mazorca/peso cáscara, diámetro de mazorca/peso de grano fresco, peso de grano fresco/peso cáscara, largo de mazorca/peso de grano fresco, largo de mazorca/diámetro de mazorca, largo de mazorca/espesor de cáscara, resultaron ser positivos y altamente significativos. En tanto, que solo el peso de grano fresco/número de grano resultó con un coeficiente de correlación positivo, medio y significativo.

En cambio entre las siguientes covariables largo de mazorca/número de grano, diámetro de mazorca/número de granos y peso de cáscara/número de granos, se obtuvo coeficientes de correlación positivos, bajos y no significativos.

Con respecto al número de granos/espesor de cáscara, el coeficiente de correlación si bien resultó positivo tuvo un valor muy bajo y no significativo.

CUADRO 2. Coeficientes de correlación entre el peso de mazorca y sus componentes en 20 clones de Cacao.

	Diám. Mazorca (X ₂)	P. Grano fresco (X ₃)	Peso Cáscara (X ₄)	Número Grano (X ₅)	Espesor Cáscara (X ₆)	Peso de Mazorca (Y)
Largo Mazorca (X ₁)	0.710 **	0.771 **	0.843 **	0.238 NS	0.701 **	0.859 **
Diám. Mazorca (X ₂)		0.831 **	0.943 **	0.152 NS	0.850 **	0.948 **
P. gra. Fresco (X ₃)			0.821 **	0.510 *	0.680 **	0.889 **
Peso Cáscara (X ₄)				0.143 NS	0.898 **	0.990 **
Número Grano (X ₅)					0.025 NS	0.234 NS
Esp. Cáscara (X ₆)						0.874 **

* : Significación al nivel $p < 0.05$

** : Significación al nivel $p < 0.01$

NS : No significativo

Grados de Libertad / α	0.05	0.01
18	0.44	0.561

TABLA 1. Efectos directos e indirectos de los componentes de la mazorca de 20 genotipos de cacao.

a. PESO MAZORCA Y LARGO DE MAZORCA

EFFECTO DIRECTO: P ₁₀		= 0.034
Efecto indirecto	vía	
Diámetro mazorca	P ₂₀ r ₁₂	= 0.028
Peso gra. fresco	P ₃₀ r ₁₃	= 0.163
Peso cáscara	P ₄₀ r ₁₄	= 0.635
Número granos	P ₅₀ r ₁₅	= -0.001
Espesor cáscara	P ₆₀ r ₁₆	= -0.003
TOTAL(r _{1y})		= 0.859

b. PESO DE MAZORCA Y DIAMETRO MAZORCA

EFFECTO DIRECTO: P ₂₀		= 0.039
Efecto indirecto	vía	
Largo mazorca	P ₁₀ r ₂₁	= 0.024
Peso gra. Fresco	P ₃₀ r ₂₃	= 0.176
Peso cáscara	P ₄₀ r ₂₄	= 0.711
Número granos	P ₅₀ r ₂₅	= 0.000
Espesor cáscara	P ₆₀ r ₂₆	= -0.004
TOTAL(r _{2y})		= 0.948

c. PESO DE MAZORCA Y PESO GRANO FRESCO

EFFECTO DIRECTO:	P_{30}	= 0.211
Efecto indirecto	vía	
Largo mazorca	$P_{10} r_{31}$	= 0.027
Diámetro mazorca	$P_{20} r_{32}$	= 0.033
Peso cáscara	$P_{40} r_{34}$	= 0.619
Número grano	$P_{50} r_{35}$	= 0.002
Espesor cáscara	$P_{60} r_{36}$	= -0.003
TOTAL(r_{3y})		= 0.889

d. PESO DE MAZORCA Y PESO DE CASCARA

EFFECTO DIRECTO:	P_{40}	= 0.754
Efecto indirecto	vía	
Largo mazorca	$P_{10} r_{41}$	= 0.029
Diámetro mazorca	$P_{20} r_{42}$	= 0.037
Peso gra. fresco	$P_{30} r_{43}$	= 0.173
Número grano	$P_{50} r_{45}$	= 0.000
Espesor cáscara	$P_{60} r_{46}$	= -0.004
TOTAL(r_{4y})		= 0.990

e. PESO DE MAZORCA Y NUMERO DE GRANO

Efecto indirecto	vía		
EFFECTO DIRECTO:	P_{50}		= 0.005
Largo mazorca	P_{10}	r_{51}	= 0.008
Diámetro mazorca	P_{20}	r_{52}	= 0.006
Peso gra. fresco	P_{30}	r_{53}	= 0.108
Peso cáscara	P_{40}	r_{54}	= 0.108
Espesor cáscara	P_{60}	r_{56}	= -0.000
TOTAL(r_{5y})			= 0.234

f. PESO DE MAZORCA Y ESPESOR DE CASCARA

EFFECTO DIRECTO:	P_{60}		= -0.005
Efecto indirecto	vía		
Largo mazorca	P_{10}	r_{61}	= 0.024
Diámetro mazorca	P_{20}	r_{62}	= 0.033
Peso gra. fresco	P_{30}	r_{63}	= 0.144
Peso cáscara	P_{40}	r_{64}	= 0.677
Número granos	P_{50}	r_{65}	= 0.000
TOTAL(r_{6y})			= 0.874
RESIDUO			= 0.032

4.2. DE LOS COEFICIENTES DE SENDERO EN LA MAZORCA DE CACAO.

En la Tabla 1, se muestran los coeficientes de correlación y su desagregación en efectos directos e indirectos con relación a la mazorca y sus componentes. Allí, se puede observar que el efecto directo del largo de mazorca sobre el peso de mazorca, fue muy bajo ($P_{10}=0.034$), a pesar que estas variables habían mostrado una correlación fenotípica positiva y altamente significativa ($r_{1y}=0.859$), sin embargo su contribución de manera indirecta vía peso de cáscara fue relativamente alto ($P_{40r_{14}}=0.635$), y no así con el efecto indirecto vía peso de grano fresco cuyo valor fue bajo ($P_{30r_{13}}=0.163$). Los demás efectos indirectos vía diámetro de mazorca, y número de grano, resultaron demasiados bajos y positivos y solamente negativo con el espesor de cáscara.

Similar situación se presentó entre el diámetro sobre el peso de mazorca, cuyo efecto directo fue muy bajo ($P_{20}=0.039$), aún cuando el coeficiente de correlación fue positivo y altamente significativo ($r_{2y}=0.948$). El efecto indirecto más importante se reflejó vía peso de cáscara, el cual tuvo un valor alto ($P_{40r_{24}}=0.711$), mientras que, el efecto indirecto vía peso de grano fresco tuvo un valor bajo ($P_{30r_{23}}=0.176$), siendo de poca importancia los demás efectos indirectos.

El efecto directo del peso de grano fresco sobre el peso de mazorca fue bajo ($P_{30}=0.211$), a pesar de haber tenido un coeficiente de correlación positivo y altamente significativo ($r_{3y}=0.889$), en cambio, el efecto indirecto vía peso de cáscara, resulto tener un valor relativamente alto ($P_{40r_{34}}=0.619$). En cambio, no

así con los efectos indirectos vía diámetro de mazorca, largo de mazorca, número de grano y espesor de cáscara, cuyos valores son de poca magnitud y carecen de importancia.

En cuanto al valor del efecto directo del peso de cáscara sobre el peso de mazorca, este fue alto ($P_{40}=0.754$), algo inferior al coeficiente de correlación ($r_{4y}=0.990$), careciendo de importancia los efectos indirectos vía peso de grano fresco, diámetro de mazorca, largo de mazorca, número de granos y espesor de cáscara, cuyos resultados fueron muy bajos.

El efecto directo del número de granos sobre el peso de mazorca fue muy bajo ($P_{50}=0.005$), algo similar al coeficiente de correlación; cuyo resultado fue bajo y no significativo ($r_{5y}=0.234$). Los efectos indirectos vía peso de grano fresco y peso de cáscara, fueron bajos ($P_{30\Gamma_{53}}=0.108$), ($P_{40\Gamma_{54}}=0.108$); mientras que los efectos indirectos vía largo de mazorca, diámetro de mazorca y espesor de cáscara que obtuvieron valores muy bajos, carecen de importancia.

Por otro su parte, el efecto directo del espesor de cáscara sobre el peso de mazorca no fue importante ya que resultó negativo y muy bajo ($P_{60}=-0.005$), a pesar de que el coeficiente de correlación resultó positivo y altamente significativo ($r_{6y}=0.874$), siendo el resultado del efecto indirecto vía peso de cáscara relativamente alto ($P_{40\Gamma_{64}}=0.677$). El efecto indirecto vía peso de grano fresco resultó bajo ($P_{30\Gamma_{63}}=0.144$), e igualmente los efectos indirecto a través del diámetro de mazorca, largo de mazorca y número de granos.

El efecto residual obtenido en este análisis fue muy bajo ($R=0.032$).

CUADRO 3. Coeficientes de correlación entre el peso de grano seco y sus componentes en 20 clones de Cacao.

	Ancho Grano (X ₂)	Grosor Grano (X ₃)	Nº óvulos/ovario (X ₄)	Peso Total Granoseco (X ₅)
Largo Grano(X ₁)	0.806 **	0.722 **	-0.065 NS	0.768 **
Ancho Grano (X ₂)		0.877 **	-0.269 NS	0.905 **
Grosor Grano(X ₃)			-0.396 NS	0.799 **
Nº óvulos / Ovario(X ₄)				-0.327 NS

* : Significación al nivel $p < 0.05$

** : Significación al nivel $p < 0.01$

NS : No significativo

Grados de Libertad / α	0.05	0.01
18	0.44	0.561

4.3. DE LAS CORRELACIONES FENOTÍPICAS ENTRE PESO DE GRANO SECO Y SUS COMPONENTES.

Los valores de los coeficientes de correlación entre el peso del grano seco y los componentes : ancho, largo y grosor de grano, fueron positivos y altamente significativos a excepción del número de óvulos por ovario, que tuvo un coeficiente de correlación negativo, bajo y no significativo.

4.3.1. Entre componentes del peso de grano seco.

En el Cuadro 3, también se puede observar que los valores de los coeficientes de correlación entre: ancho de grano/grosor de grano, largo de grano/ancho de grano y largo de grano/grosor de grano, fueron positivos y altamente significativos.

Cabe mencionar, también que los valores de los coeficientes de correlación entre las variables : largo de grano/número de óvulos por ovario, grosor de grano/número de óvulos por ovario, ancho de grano/número de óvulos por ovario, resultaron ser negativos, bajos y no significativos.

4.4. DEL COEFICIENTE DE SENDERO EN GRANO DE CACAO.

En la Tabla 2, se observan valores de los coeficientes de correlación y su desdoblamiento en efectos directos e indirectos, entre el peso de grano seco y sus componentes en grano de cacao.

Se puede apreciar que el efecto directo del largo de grano sobre el peso de grano seco fue bajo ($P_{10}=0.167$), aún cuando el coeficiente de correlación fue altamente

TABLA 2. Efectos directos e indirectos de los componentes del grano de 20 genotipos de cacao.

a. PESO TOTAL DE GRANO SECO Y LARGO DE GRANO

EFECTO DIRECTO:	P_{10}	= 0.167
Efecto indirecto	vía	
Ancho grano	$P_{20} \quad r_{12}$	= 0.633
Grosor grano	$P_{30} \quad r_{13}$	= -0.041
Nº ovul./ova	$P_{40} \quad r_{14}$	= 0.008
TOTAL(r_{1y})		= 0.767

b. PESO TOTAL DE GRANO SECO Y ANCHO DE GRANO

EFECTO DIRECTO:	P_{20}	= 0.786
Efecto indirecto	vía	
Largo grano	$P_{10} \quad r_{21}$	= 0.134
Grosor grano	$P_{30} \quad r_{23}$	= -0.049
Nº ovul./ova	$P_{40} \quad r_{24}$	= 0.034
TOTAL (r_{2y})		= 0.904

c. PESO TOTAL DE GRANO SECO Y GROSOR DE GRANO

EFFECTO DIRECTO	P_{30}	=0.056
Efecto indirecto	vía	
Largo grano	$P_{10} \quad r_{31}$	= 0.120
Ancho grano	$P_{20} \quad r_{32}$	= 0.689
Nº ovul./ovo	$P_{40} \quad r_{34}$	= 0.046
TOTAL (r_{3y})		= 0.799

d. PESO TOTAL DE GRANO SECO Y Nº OVULOS/OVARIO

EFFECTO DIRECTO	P_{40}	=-0.125
Efecto indirecto	vía	
Largo grano	$P_{10} \quad r_{41}$	=-0.011
Ancho grano	$P_{20} \quad r_{42}$	=-0.211
Grosor grano	$P_{30} \quad r_{43}$	= 0.021
TOTAL(r_{4y})		=-0.326
RESIDUO		= 0.406

significativo ($r_{1y}=0.767$). Sin embargo se tuvo un efecto indirecto importante reflejado vía ancho de grano ($P_{20r_{12}}=0.633$), y no así con los efectos indirectos vía grosor de grano y número de óvulos por ovario, quienes tuvieron valores muy bajos, y sin importancia.

En cuanto al efecto del ancho del grano sobre el peso total de grano seco se determino un efecto directo muy alto ($P_{20}=0.786$), de magnitud algo similar al coeficiente de correlación ($r_{2y}=0.904$), siendo los efectos indirectos vía largo de grano, número de óvulos por ovario y grosor de grano, de poca importancia al peso de grano seco.

Por otro lado, el efecto directo del grosor de grano sobre el peso de grano seco, fue negativo y muy bajo ($P_{30}=-0.056$) a pesar que esta variable había mostrado una correlación fenotípica altamente significativa ($r_{3y}=0.799$). Sin embargo resultó importante el efecto indirecto vía ancho de grano ($P_{20r_{32}}=0.689$), mientras que los efectos indirectos vía número de óvulos por ovario y largo de grano fueron de poca magnitud.

El efecto directo del número de óvulos por ovario sobre el peso total de grano seco fue negativo y bajo ($P_{40}=-0.125$), similar al signo del coeficiente de correlación ($r_{4y}=-0.326$). Los otros valores de los efectos indirectos vía grosor de grano, largo de grano y ancho de grano, son de escasa magnitud y por lo tanto carentes de importancia.

El efecto residual en este análisis fue intermedio ($R=0.406$).

CUADRO 4. Coeficientes de correlación entre el rendimiento y sus componentes en 20 clones de Cacao.

	Peso de Cáscara (X ₂)	Ancho Grano (X ₃)	Largo Grano (X ₄)	Rendimiento (Y)
Peso gra. Fresco(X ₁)	0.821 **	0.834 **	0.738 **	0.955 **
Peso cáscara (X ₂)		0.846 **	0.745 **	0.824 **
Ancho grano (X ₃)			0.806 **	0.908 **
Largo grano (X ₄)				0.768 **

* : Significación al nivel $p < 0.05$

** : Significación al nivel $p < 0.01$

NS : No significativo

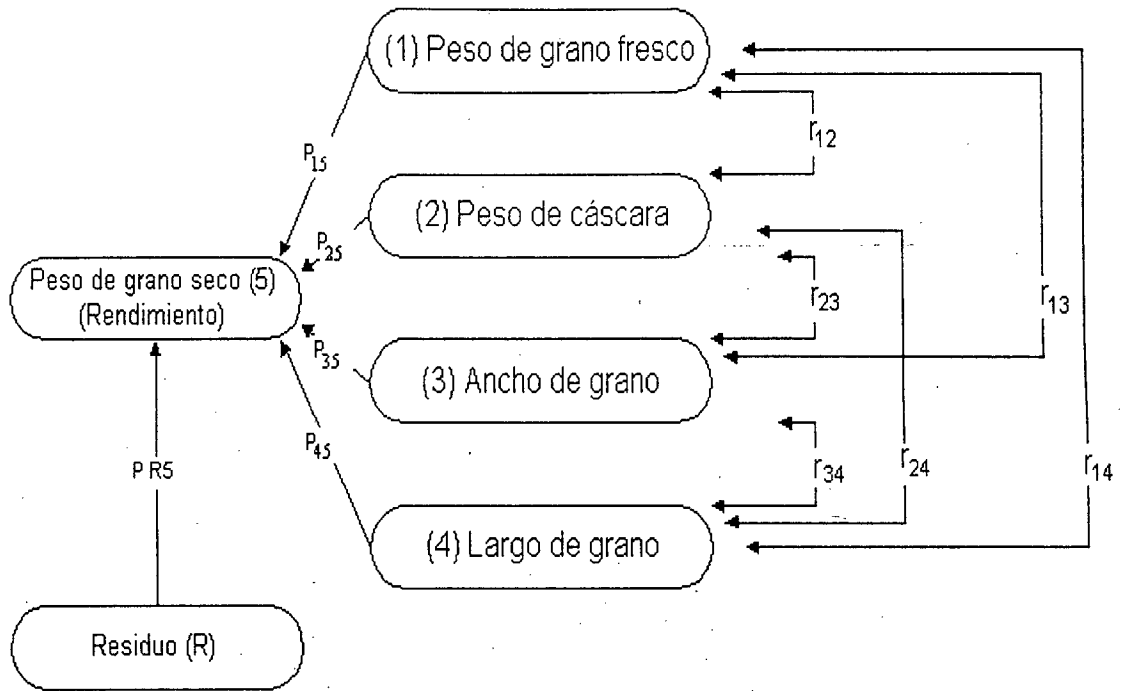
Grados de Libertad / α	0.05	0.01
18	0.44	0.561

4.5. DE LAS CORRELACIONES FENOTIPICAS DEL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES PRIMARIOS.

Del Cuadro 4, se deduce que los coeficientes de correlación: Los coeficientes de correlación entre el rendimiento y sus componentes: peso de grano fresco, ancho de grano, peso de cáscara y largo de grano, fueron positivos y altamente significativos.

Los coeficientes de correlación entre componentes del rendimiento, se deduce lo siguiente:

- Entre peso de grano fresco con el ancho de grano, peso de cáscara y largo de grano fueron positivos y altamente significativos.
- Entre el peso de cáscara con el ancho de grano y largo de grano, resultaron positivos y altamente significativo.
- Entre el ancho de grano y el largo de grano fue positivo y altamente significativo.



Donde :

- Y_5 = Peso de grano seco (Rendimiento)
- X_1 = Peso de grano fresco
- X_2 = Peso de cáscara
- X_3 = Ancho de grano
- X_4 = Largo de grano
- R = Residuo
- P = Coeficiente de sendero

FIGURA 4. Diagrama de sendero entre el rendimiento y sus componentes

La relación entre los coeficientes de sendero y los de correlación se dan a través del sistema de ecuaciones normales asociadas a cada diagrama de sendero.

Sistema de ecuaciones normales empleadas para el cálculo de los coeficientes de sendero:

$$r_{15} = P_{15} + P_{25}r_{12} + P_{35}r_{13} + P_{45}r_{14}$$

$$r_{25} = P_{15}r_{12} + P_{25} + P_{35}r_{23} + P_{45}r_{24}$$

$$r_{35} = P_{15}r_{31} + P_{25}r_{32} + P_{35} + P_{45}r_{34}$$

$$r_{45} = P_{15}r_{41} + P_{25}r_{42} + P_{35}r_{43} + P_{45}$$

Donde :

r_{ij} : Coeficiente de correlación lineal

P_{ij} : Coeficiente de sendero

$r_{ij} P_{ij}$: Valor del efecto indirecto de una variable sobre otra.

Ecuación empleada para el cálculo del residuo:

$$1 = P_{15}^2 r_{15} + P_{15}^2 + P_{25}^2 + P_{35}^2 + P_{45}^2 + 2P_{15}r_{12}P_{25} + 2P_{15}r_{13}P_{35} + 2P_{15}r_{14}P_{45} + 2P_{25}r_{23}P_{35} + 2P_{25}r_{24}P_{45} + 2P_{35}r_{34}P_{45}.$$

La variable (R) introducida en el diagrama de la figura consta de todos aquellos factores residuales que influyen de forma independiente (de las variables consideradas) sobre la variable principal y su valor se calcula según la ecuación anteriormente mencionada.

TABLA 3. Efectos directos e indirectos de los componentes del rendimiento de 20 genotipos de cacao.

a. RENDIMIENTO Y PESO DE GRANO FRESCO

EFECTO DIRECTO:	P_{10}	= 0.688
Efecto indirecto	vía	
Peso cáscara	$P_{20} \ r_{12}$	= -0.061
Ancho grano	$P_{30} \ r_{13}$	= 0.332
Largo grano	$P_{40} \ r_{14}$	= -0.005
TOTAL(r_{1y})		= 0.955

b. RENDIMIENTO Y PESO DE CASCARA

EFECTO DIRECTO:	P_{20}	= -0.073
Efecto indirecto	vía	
Peso semi. fresco	$P_{10} \ r_{21}$	= 0.565
Ancho grano	$P_{30} \ r_{23}$	= 0.337
Largo grano	$P_{40} \ r_{24}$	= -0.005
TOTAL (r_{2y})		= 0.823

c. RENDIMIENTO Y ANCHO DE GRANO

EFFECTO DIRECTO	P_{30}	= 0.399
Efecto indirecto vía		
Peso gra. fresco	$P_{10} r_{31}$	= 0.574
Peso cáscara	$P_{20} r_{32}$	= -0.062
Largo grano	$P_{40} r_{34}$	= -0.006
	TOTAL (r_{3y})	= 0.904

d. RENDIMIENTO Y LARGO DE GRANO

EFFECTO DIRECTO	P_{40}	= -0.003
Efecto indirecto vía		
Peso gra. fresco	$P_{10} r_{41}$	= 0.508
Peso cáscara	$P_{20} r_{42}$	= -0.055
Ancho grano	$P_{30} r_{43}$	= 0.322
	TOTAL(r_{4y})	= 0.767
	RESIDUO	= 0.218

4.6. DE LOS COEFICIENTES DE SENDERO ENTRE EL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES.

En la Tabla 3, se presentan los coeficientes de sendero y de correlación fenotípica entre el rendimiento y sus componentes. En el se puede apreciar que el efecto directo del peso de grano fresco sobre el rendimiento fue relativamente alto ($P_{10}=0.688$), inferior al coeficiente de correlación fenotípica ($r_{1y}=0.955$). Con excepción del efecto indirecto vía ancho de grano ($P_{20}r_{12}=0.332$) que resultó de importancia media, los demás efectos indirectos vía largo y ancho de grano, fueron negativos y muy bajos

El efecto directo del peso de cáscara sobre el rendimiento no fue importante ($P_{20}=-0.073$), a pesar que esta variable mostró una correlación fenotípica positiva y altamente significativa ($r_{2y}=0.823$), en tanto que el efecto indirecto más importante se dio vía peso de grano fresco ($P_{10}r_{21}=0.565$). El efecto indirecto vía ancho de grano, resultó intermedio y el efecto indirecto vía largo de grano, fue muy bajo.

En cuanto al efecto directo del ancho de grano sobre el rendimiento fue intermedio ($P_{30}=0.399$), aún cuando el coeficiente de correlación fue positivo y altamente significativo, En cambio el efecto indirecto vía peso de grano fresco resultó importante ($P_{10}r_{31}= 0.574$), no siendo así los demás efectos indirectos vía peso de cáscara y largo de grano que tuvieron resultados negativos y muy bajos.

En cuanto al valor del efecto directo del peso de cáscara sobre el rendimiento, resultó negativo y muy bajo, careciendo de importancia ($P_{40}=0.007$), a pesar de que el coeficiente de correlación resultó positivo y altamente significativo. El efecto indirecto

más importante fue vía peso de grano fresco ($P_{10r41}=0.508$), seguido del efecto indirecto vía ancho de grano, que fue positivo e intermedio ($P_{30r43}=0.332$), en tanto que el efecto indirecto vía ancho de grano que resultó negativo y muy bajo ($P_{20r42}=-0.055$); carece de importancia.

El efecto residual en este análisis fue bajo ($R=0.218$).

V. DISCUSION.

5.1. DE LAS CORRELACIONES FENOTÍPICAS EN LA MAZORCA DE CACAO.

5.1.1. Del peso de mazorca y sus componentes.

Los coeficientes de correlación positivos y altamente significativos encontrados entre el peso de mazorca y los componentes : peso de cáscara, diámetro de mazorca, peso de grano fresco, espesor de cáscara y largo de mazorca (Cuadro 2) nos estaría indicando que sería posible conseguir mayores pesos de mazorcas haciendo una selección efectiva de modo directo, para el diámetro y largo de mazorca.

Estos resultados son similares y concuerdan en su interpretación con aquellos obtenidos en cacao por López y García (26), De Castro y Bartley (10).

Por otro lado, el coeficiente de correlación positivo bajo y no significativo encontrado entre el peso de mazorca y el número de grano, concuerda con los reportes hechos por De Castro, et. al (9), Piñan y García (31) en cacao quienes señalan que un incremento del número de grano, no conllevaría a un incremento en el peso de la mazorca, porque estas dos variables no están asociadas, comportándose como independientes.

5.1.2. Entre componentes del peso de mazorca.

El alto coeficiente de correlación entre el diámetro y peso de cáscara, nos estaría indicando que entre estos dos variables existe una estrecha asociación, de modo que si se incrementa el diámetro de mazorca; ello implicaría un aumento en el peso de cáscara. Debido al incremento de biomasa como consecuencia

del incremento del diámetro de la mazorca.

Entre el peso de cáscara y el espesor de la cáscara, el coeficiente de correlación positivo y altamente significativo, nos estaría indicando que un aumento en el peso de cáscara, implicaría un incremento en el espesor de la cáscara, debido al incremento de la biomasa. Este resultado es corroborado con los reportes realizados por De Castro et. al (9), Toxopeus H. et al (34), en cacao.

La correlación positiva y altamente significativa encontrada entre diámetro de mazorca y espesor de cáscara, se explicaría en el sentido de que estos dos parámetros están estrechamente relacionados y que un aumento en el diámetro de mazorca implicaría también un incremento en el espesor de la cáscara. Este resultado también es similar a los resultados obtenidos por Bartra y García (5), en clones de cacao de la colección Huallaga y por López y García (26), en clones de la colección Ucayali-Urubamba.

Con relación al largo de mazorca y peso de cáscara el coeficiente de correlación positivo y altamente significativo, nos permite inferir que un aumento en el largo de mazorca implicaría el consiguiente incremento del peso de cáscara. En otras palabras, un incremento de la longitud de la mazorca devendría en un incremento de la biomasa de la cáscara, debido a la mayor longitud de la misma, Este resultado es coincidente con lo reportado por De Castro et. al (9), en cacao.

En cuanto al diámetro de mazorca y peso de grano fresco, el coeficiente de correlación positivo y altamente significativo, se interpreta como que un aumento en el diámetro de mazorca, implicaría un aumento en el peso del grano fresco. Esto tendría explicación en el hecho de que habría un mayor espacio interno para el desarrollo completo de las grano en cuanto a tamaño y por ende, un aumento en el peso del grano

fresco. Este resultado, fue también verificado en el reporte hecho por De Castro y Bartley (9), en cacao.

Entre el peso del grano fresco y el peso de cáscara el coeficiente de correlación positivo y altamente significativo, nos estaría indicando que es posible esperar un aumento en el peso de cáscara como consecuencia de un incremento en el peso del grano fresco.

En cuanto a las covariables; largo de mazorca y peso de grano fresco, el coeficiente de correlación positivo, alto y significativo, nos estaría indicando que un incremento en el largo de la mazorca determinaría un mayor espacio longitudinal para el desarrollo de las grano y por consiguiente, un mayor peso de grano fresco.

Con relación al largo de mazorca y diámetro de mazorca, el coeficiente de correlación positivo alto y significativo nos estaría indicando que un incremento del largo de la mazorca implicaría un aumento en el diámetro de mazorca. Este resultado también fue encontrado por López y García (26), Piñan y García (31) en cacao. Esta estrecha asociación significaría que un crecimiento longitudinal de la mazorca conllevaría automáticamente a un crecimiento radial y como consecuencia existiría un mayor espacio físico para que los granos completen su desarrollo sin limitaciones que siempre se suscitan por el efecto competitivo que se da al interior de la mazorca.

Con respecto al largo de mazorca y espesor de la cáscara el coeficiente de correlación positivo, alto y significativo, nos indicaría que de aumentar la longitud de la mazorca conllevaría a un aumento en el espesor de la cáscara. Este resultado es también coincidente con lo encontrado por López y García (26) en clones de cacao de la colección Ucayali.

El coeficiente de correlación positivo, alto y significativo encontrado entre el peso de grano fresco y espesor de cáscara nos permitiría deducir de que un aumento en el peso de grano fresco conllevaría a un mayor espesor de cáscara, debido que además de un mayor espacio interno (diámetro) de la mazorca implicaría una mayor cantidad de biomasa y por ende un mayor espesor.

Entre las covariables peso de grano fresco y número de grano, el coeficiente de correlación positivo y significativo, nos estaría indicando que un aumento en el número de grano devendría un incremento en el peso de la grano fresco. Esto posiblemente al mayor número de grano que alojaría la mazorca.

Los coeficientes de correlación positivos, medios y no significativos encontrados entre las covariables: peso de cáscara y número de grano, diámetro de mazorca y número de grano, indicaría que dichas covariables están relacionadas pero sin la consistencia necesaria y sin respaldo estadístico en cuanto a la significación.

Finalmente, el coeficiente de correlación positivo, bajo y no significativos para las covariables: número de grano y espesor de cáscara, nos estarían indicando que estas covariables no están asociadas, comportándose como independientes. Estos resultados son también coincidentes con lo reportado por Piñan y García (31), en cacao de Perú y De Castro et. al en cacao de Brasil (9).

5.2. DE LOS COEFICIENTES DE SENDERO EN EL PESO DE MAZORCA.

Si bien las correlaciones entre los diferentes componentes de la mazorca de cacao identifica asociaciones, mutuas entre variables, son insuficientes para explicar la(s) causa(s) que la origina y la contribución relativa y específica de cada uno de ellos,

que si es posible por el análisis de sendero.

Los resultados del análisis de sendero respecto al peso de mazorca (Tabla 1) indican que el largo de mazorca tuvo un efecto insignificante ($P_{10}=0.034$) aun cuando al coeficiente de correlación ($r_{1y}=0.859$). Mediante el análisis de sendero podemos deducir que no es el efecto directo del largo de la mazorca que influye sobre el peso de mazorca, sino el efecto indirecto a través del peso de cáscara que resultó relativamente alto ($P_{40} r_{14}=0.635$), el mismo que explicaría la alta correlación significativa anteriormente señalada. De Castro et al. (9), señaló también que el peso de cáscara es un componente importante que influye en el peso de la mazorca.

La influencia del diámetro de mazorca sobre el peso de mazorca, fue similar al del componente anterior, es decir, un efecto directo bajo y positivo, aún cuando el coeficiente de correlación fue positivo y altamente significativo ($r_{2y}=0.948$). Esta aparente discordancia se podría explicar por la acción del efecto indirecto vía peso de cáscara ($P_{40} r_{24}=0.711$) cuyo contribución es significativa en el peso de mazorca, toda vez que existe alta correlación significativa entre el peso de cáscara y el diámetro de mazorca ($r_{24}=0.943$), y por el importante efecto directo del peso de cáscara sobre el peso de mazorca ($P_{40}=0.754$), mientras que los demás efectos indirectos no ejercen influencia alguna sobre el peso de mazorca, siendo sus valores insignificantes.

Con respecto a las variables peso de grano fresco y peso de mazorca, el efecto directo no resultó importante, a pesar de tener un coeficiente de correlación positivo y altamente significativo ($r_{3y}=0.889$), pero que se puede explicar por el importante efecto indirecto vía peso de cáscara ($P_{40} r_{34}=0.619$).

Del peso de cáscara sobre el peso de la mazorca, se tuvo un efecto directo

importante ($P_{40}=0.754$) y efectos indirectos insignificantes en la contribución al peso de la mazorca. El alto coeficiente de correlación entre el peso de cáscara y peso de mazorca, pueden ser explicados por el mismo efecto directo del peso de cáscara sobre el peso de mazorca. De Castro et. al (9), señala a este componente como el principal responsable de la variación del peso de la mazorca.

Lo discutido anteriormente, permite entrever la concordancia y discordancia en la interpretación de los coeficientes de correlación y coeficientes de sendero, Así, se considera al peso de cáscara como el componente de mayor contribución en el peso de mazorca, no sucediendo así para el peso de grano fresco, que si bien tuvo un coeficiente de correlación positivo y altamente significativo, ésta variable no mostró un marcado efecto directo sobre el peso de mazorca, pero sí a través del efecto indirecto vía peso de cáscara, lo cual explicaría el elevado coeficiente de correlación obtenido.

En cuanto a la influencia del número de grano sobre el peso de mazorca, el efecto directo ($P_{50}=0.005$), fue insignificante, al igual que sus efectos indirectos. Solamente el peso de grano fresco y peso de cáscara, cuyos efectos indirectos fueron relativamente bajos, estarían contribuyendo ligeramente de manera indirecta al peso de mazorca. Esto se ve corroborado por su coeficiente de correlación bajo ($r_{5y}=0.234$), y no significativo. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Piñan y García (31).

El efecto directo del espesor de cáscara sobre el peso de mazorca que resulto negativo, muy bajo y no significativo nos indica contribución alguna en el peso de la mazorca; no obstante influye a través del efecto indirecto vía peso de cáscara (P_{40} $r_{46}=0.677$). Si bien el coeficiente de correlación entre el peso de mazorca y el espesor de cáscara, resulto elevado ($r_{6y}=0.874$), esto se explicaría por un potente efecto indirecto de este componente vía peso de cáscara (P_{40} $r_{64}= 0.677$). De Castro et al. (9)

determinando correlaciones en cacao, encontró también que este componente influencia marcadamente sobre el peso de mazorca.

El bajo efecto residual ($R=0.032$), nos estaría indicando que los 6 componentes considerados contribuyeron con el 96.8% al peso de la mazorca y el 3.2% restante se atribuyo a un error experimental, o a factores desconocidos.

5.3. DE LAS CORRELACIONES FENOTIPICAS EN GRANO DE CACAO.

5.3.1. Del peso grano seco y sus componentes.

Los valores de los coeficientes de correlación entre el peso de grano seco y los componentes: ancho de grano, grosor de grano y largo de grano, al resultar positivos y altamente significativo, se puede inferir que se obtendrá mayor peso de grano seco si seleccionamos grano con mayores valores en estos caracteres fenotípicos.

El coeficiente de correlación negativo y bajo entre el número de óvulos por ovario y el peso de grano seco nos estaría indicando que no existe asociación alguna entre estas dos variables, actuando como independientes.

5.3.2. Entre componentes del peso de grano seco.

Los coeficientes de correlación entre el largo de grano/ancho de grano, ancho de grano/grosor de grano y largo de grano/ancho de grano al resultar positivos y altamente significativos, nos indicaría que existe interacción positiva infiriéndose que la conjunción de estos efectos contribuirían a incrementar el peso del grano seco.

En tanto que, las covariables; largo de grano/número de óvulos por ovario, ancho de grano/número de óvulos por ovario, grosor de grano/número de óvulos por ovario, los coeficientes de correlación negativos, bajos y no significativos, nos estaría indicando que estas covariables no están asociadas y no contribuyen en el peso de grano seco, comportándose como independientes.

5.4. DE LOS COEFICIENTES DE SENDERO EN GRANO DE CACAO.

Como se muestra en la Tabla 2, si bien el efecto directo del largo del grano sobre el peso del grano seco fue positivo, y de poca magnitud, nos estaría indicando la poca contribución en la expresión final del peso del grano seco a pesar de que el coeficiente de correlación fue positivo y altamente significativo. Esta aparente discordancia puede explicarse por el efecto indirecto del largo del grano vía ancho de grano, que sí ejerce una fuerte influencia sobre el peso del grano seco ($p_{20} r_{21} = 0.633$).

Con relación al ancho del grano, el efecto directo alto y significativo ($P_{20}=0.786$) sobre el peso total de grano seco nos permite inferir que es un componente de vital importancia, además de su estrecha asociación con el peso de grano seco ($r_{2y}=0.904$).

Este importante efecto debe tenerse en consideración en futuros trabajos, ya que es el carácter más indicado como guía para obtener un mayor peso de grano seco. Los efectos indirectos restantes carecen de importancia respecto a su influencia con este parámetro.

Por su parte, el efecto directo del grosor de grano ($P_{30}=-0.056$) sobre el peso de grano seco; aún cuando es negativo, es muy bajo y carece de importancia. Aparentemente existiría discordancia con el coeficiente de correlación, cuyo valor fue positivo y altamente significativo ($r_{34}=0.799$), pero que se puede explicar su accionar a través del efecto indirecto vía ancho de grano (P_{20} $r_{32}=0.689$), que resulto importante. Esto puede corroborarse por el elevado grado de asociación que muestran los componentes ancho de grano/grosor de grano ($r_{23}=0.877$), y así mismo, el efecto directo del ancho de grano sobre el peso de grano seco.

El efecto directo del número de óvulos por ovario sobre el peso de grano seco, resultó sin importancia a pesar de ser negativo y muy bajo ($P_{40}=-0.125$), siendo ligeramente inferior al coeficiente de correlación entre estas covariables ($r_{4y}=-0.326$). Los efectos indirectos también fueron bajos y carentes de importancia. En conclusión, el número de óvulos por ovario no ejerce influencia alguna sobre el peso de grano seco, sugiriéndonos que estas variables actúan en forma independiente.

El efecto residual intermedio obtenido, nos permite decir que los 4 componentes contribuyeron en un 59.4% en la variación del peso de grano seco y un 40.6% a causas aleatorias, o algún error experimental.

5.5. DE LAS CORRELACIONES FENOTÍPICAS DEL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES MÁS RELACIONADOS.

El alto coeficiente de correlación positivo y altamente significativo encontrado entre el rendimiento y el peso de grano fresco ($r_{1y}=0.955$), nos indicaría que este componente, es un parámetro cuya contribución en el rendimiento es muy importante. De Castro y Bartley (9) en evaluaciones hechas en clones brasileños de las series SIC y SIAL, también obtuvieron valores similares entre estas dos variables.

De manera similar, el componente ancho de grano mostró también un elevado coeficiente de correlación fenotípica ($r_{3y}=0.905$) lo cual nos permitiría inferir la existencia de una estrecha asociación entre el rendimiento y el ancho de grano; de modo que sería posible aumentar el rendimiento, si seleccionamos plantas que posean un mayor ancho de grano.

Así mismo, entre el rendimiento y el peso de cáscara, el coeficiente de correlación positivo y altamente significativo ($r_{2y}=0.823$) nos estaría indicando que el peso de cáscara, es también uno de los componentes importantes que influyen sobre el rendimiento. Esta aseveración se ve respaldada por los resultados reportados por De Castro et al.(9), en clones brasileños de cacao.

Igualmente entre el rendimiento y el largo de grano, el coeficiente de correlación positivo y altamente significativo ($r_{4y}=0.768$) nos permitiría afirmar que el largo de grano es un componente principal del rendimiento que se debería tener en cuenta para propósitos de selección con el fin incrementar el rendimiento, del cacao.

5.5.1. Entre componentes del rendimiento.

El alto coeficiente de correlación positivo y altamente significativo entre el peso de cáscara y el ancho de grano ($r_{23}=0.846$), nos indicaría que su estrecha asociación y la conjunción de sus efectos, contribuyen a incrementar el rendimiento.

Las covariables peso de grano fresco y ancho de grano que también resultaron muy relacionados ($r_{13}=0.838$), se interpretaría como que un aumento en el ancho de la grano conllevaría a un aumento en el peso de grano fresco.

En tanto que, las covariables; largo de grano/número de óvulos por ovario, ancho de grano/número de óvulos por ovario, grosor de grano/número de óvulos por ovario, los coeficientes de correlación negativos, bajos y no significativos, nos estaría indicando que estas covariables no están asociadas y no contribuyen en el peso de grano seco, comportándose como independientes.

5.4. DE LOS COEFICIENTES DE SENDERO EN GRANO DE CACAO.

Como se muestra en la Tabla 2, si bien el efecto directo del largo del grano sobre el peso del grano seco fue positivo, y de poca magnitud, nos estaría indicando la poca contribución en la expresión final del peso del grano seco a pesar de que el coeficiente de correlación fue positivo y altamente significativo. Esta aparente discordancia puede explicarse por el efecto indirecto del largo del grano vía ancho de grano, que sí ejerce una fuerte influencia sobre el peso del grano seco ($p_{20} r_{21} = 0.633$).

Con relación al ancho del grano, el efecto directo alto y significativo ($P_{20}=0.786$) sobre el peso total de grano seco nos permite inferir que es un componente de vital importancia, además de su estrecha asociación con el peso de grano seco ($r_{2y}=0.904$).

Este importante efecto debe tenerse en consideración en futuros trabajos, ya que es el carácter más indicado como guía para obtener un mayor peso de grano seco. Los efectos indirectos restantes carecen de importancia respecto a su influencia con este parámetro.

Por su parte, el efecto directo del grosor de grano ($P_{30}=-0.056$) sobre el peso de grano seco; aún cuando es negativo, es muy bajo y carece de importancia. Aparentemente existiría discordancia con el coeficiente de correlación, cuyo valor fue positivo y altamente significativo ($r_{34}=0.799$), pero que se puede explicar su accionar a través del efecto indirecto vía ancho de grano (P_{20} $r_{32}=0.689$), que resulto importante. Esto puede corroborarse por el elevado grado de asociación que muestran los componentes ancho de grano/grosor de grano ($r_{23}=0.877$), y así mismo, el efecto directo del ancho de grano sobre el peso de grano seco.

El efecto directo del número de óvulos por ovario sobre el peso de grano seco, resultó sin importancia a pesar de ser negativo y muy bajo ($P_{40}=-0.125$), siendo ligeramente inferior al coeficiente de correlación entre estas covariables ($r_{4y}=-0.326$). Los efectos indirectos también fueron bajos y carentes de importancia. En conclusión, el número de óvulos por ovario no ejerce influencia alguna sobre el peso de grano seco, sugiriéndonos que estas variables actúan en forma independiente.

El efecto residual intermedio obtenido, nos permite decir que los 4 componentes contribuyeron en un 59.4% en la variación del peso de grano seco y un 40.6% a causas aleatorias, o algún error experimental.

5.5. DE LAS CORRELACIONES FENOTÍPICAS DEL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES MÁS RELACIONADOS.

El alto coeficiente de correlación positivo y altamente significativo encontrado entre el rendimiento y el peso de grano fresco ($r_{1y}=0.955$), nos indicaría que este componente, es un parámetro cuya contribución en el rendimiento es muy importante. De Castro y Bartley (9) en evaluaciones hechas en clones brasileños de las series SIC y SIAL, también obtuvieron valores similares entre estas dos variables.

De manera similar, el componente ancho de grano mostró también un elevado coeficiente de correlación fenotípica ($r_{3y}=0.905$) lo cual nos permitiría inferir la existencia de una estrecha asociación entre el rendimiento y el ancho de grano; de modo que sería posible aumentar el rendimiento, si seleccionamos plantas que posean un mayor ancho de grano.

Así mismo, entre el rendimiento y el peso de cáscara, el coeficiente de correlación positivo y altamente significativo ($r_{2y}=0.823$) nos estaría indicando que el peso de cáscara, es también uno de los componentes importantes que influyen sobre el rendimiento. Esta aseveración se ve respaldada por los resultados reportados por De Castro et al.(9), en clones brasileños de cacao.

Igualmente entre el rendimiento y el largo de grano, el coeficiente de correlación positivo y altamente significativo ($r_{4y}=0.768$) nos permitiría afirmar que el largo de grano es un componente principal del rendimiento que se debería tener en cuenta para propósitos de selección con el fin incrementar el rendimiento, del cacao.

5.5.1. Entre componentes del rendimiento.

El alto coeficiente de correlación positivo y altamente significativo entre el peso de cáscara y el ancho de grano ($r_{23}=0.846$), nos indicaría que su estrecha asociación y la conjunción de sus efectos, contribuyen a incrementar el rendimiento.

Las covariables peso de grano fresco y ancho de grano que también resultaron muy relacionados ($r_{13}=0.838$), se interpretaría como que un aumento en el ancho de la grano conllevaría a un aumento en el peso de grano fresco.

También se encontró un coeficiente de correlación positivos y altamente

significativos para las covariables: peso de grano fresco y peso de cáscara ($r_{12}=0.821$), De esto se puede deducir que un aumento en el peso de cáscara conllevaría a un aumento en el peso de grano fresco. De Castro y Bartley (8), señalan que estos dos parámetros son componentes importantes que determinan el rendimiento en cacao.

Entre el ancho de grano y el largo de grano el coeficiente de correlación positivo y altamente significativo ($r_{34}=0.806$), nos permitiría inferir de que un aumento en el ancho de grano conllevaría también a un incremento en el largo de grano.

En cuanto al peso de cáscara y largo de grano, el coeficiente de correlación positivo y altamente significativo, nos estaría indicando que si el peso de cáscara aumenta también habría una tendencia a aumentar el largo de la grano.

Finalmente, el coeficiente de correlación entre el peso de grano fresco y el largo de grano ($r_{14}=0.738$), nos estaría indicando que existe una estrecha relación entre estos dos componentes y por lo tanto, nos permitiría pensar que un aumento en el largo de la grano implicaría un incremento en el peso de grano fresco.

5.6. DE LOS COEFICIENTES DE SENDERO ENTRE EL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES.

Los resultados del análisis de sendero respecto al rendimiento (Tabla 3) y sus componentes muestra que el peso de grano fresco tuvo un efecto directo importante sobre el rendimiento ($P_{10}=0.688$), aún cuando sus efectos indirectos negativos y muy bajos, resultaron sin importancia. La única excepción fue el ancho de grano, cuyo efecto indirecto resulto positivo e intermedio, contribuyendo en cierta magnitud en el rendimiento. Investigadores como Atanda (2) y De Castro y Bartley (8), señalan que el

peso de grano fresco es un principal componente que influencia positivamente sobre el rendimiento.

En cuanto al peso de cáscara, el efecto directo sobre el rendimiento fue negativo y bajo careciendo de importancia ($P_{20} = -0.007$). Sin embargo, el coeficiente de correlación resultó positivo y altamente significativo ($r_{2y} = 0.823$). Esta discordancia se explicaría por el importante efecto indirecto vía peso de grano fresco ($P_{10} \quad r_{21} = 0.565$). Cabe señalar que la estrecha asociación presentado por el coeficiente de correlación entre el rendimiento y el peso de cáscara, no muestra en realidad quien es el verdadero causante del incremento del rendimiento, y solamente a través del análisis por coeficiente de sendero se puede esclarecer o identificar el componente, esto es el (peso de grano fresco) cuyo efecto indirecto influye significativamente en el rendimiento.

En cuanto a la influencia del ancho de grano sobre el rendimiento se puede observar que el ancho de grano tuvo un efecto directo intermedio, aun cuando el coeficiente de correlación fue positivo y altamente significativo, siendo sus efectos indirectos, vía peso de cáscara y largo de grano, negativos e insignificantes. El insignificante valor que alcanza el coeficiente de correlación entre el ancho de grano y el rendimiento, se debe fundamentalmente a su influencia indirecta a través del peso de grano fresco.

Con relación a la influencia del largo de grano sobre el rendimiento, si bien el coeficiente de correlación fue positivo y altamente significativo ($r_{4y} = 0.767$), su efecto directo ($P_{40} = -0.003$) es insignificante en cuanto a su contribución al rendimiento. Sin embargo la estrecha asociación entre estas dos variables se puede explicar por el insignificante efecto indirecto vía peso de grano fresco ($P_{10} \quad r_{41} = 0.508$) y ancho de grano ($P_{30} \quad r_{43} = 0.322$).

El bajo efecto residual obtenido nos estaría indicando que los 4 componentes considerados contribuyeron con el 78.2% en la variación del rendimiento y que un 21.8% se debe a factores desconocidos.

VI. CONCLUSIONES.

1. Los coeficientes de correlación entre el peso de mazorca y sus componentes, resultaron positivos y altamente significativos y no significativos, solo con el número de grano.
2. Los coeficientes de correlación entre componentes del peso de mazorca fueron positivos y altamente significativos; en tanto que el peso de grano fresco/número de grano, solo resultó significativo.
3. El carácter de mayor contribución directa e indirecta con el peso de mazorca resultó el peso de cáscara y de menor importancia lo fue el efecto directo del peso de grano fresco.
4. El efecto indirecto de diámetro de mazorca vía peso de cáscara sobre el peso de mazorca resultó importante, otros efectos indirectos importantes fueron el espesor de cáscara vía peso de cáscara; largo de mazorca vía peso de cáscara y el peso de grano fresco vía peso de cáscara.
5. Los coeficientes de correlación entre el peso total de grano seco y sus componentes resultaron ser positivos y altamente significativos, y únicamente no significativo con el número de óvulos por ovario.
6. Los coeficientes de correlación entre componentes del peso total de grano seco resultaron positivos y altamente significativos. El resto de las covariables resultaron negativas, bajo y no significativo.
7. El efecto directo de mayor contribución con el peso total de grano seco fue el ancho de grano.

8. Los efectos indirectos de mayor importancia sobre el peso total de grano seco fueron el grosor de grano vía ancho de grano y, el largo de grano vía ancho de grano.
9. Todos los coeficientes de correlación, entre el rendimiento y sus componentes y, entre ellos mismos resultaron ser positivos y altamente significativos.
10. El efecto directo más importante sobre el rendimiento fue el peso de grano fresco. Así mismo los efectos indirectos más importantes sobre el rendimiento resultaron el ancho de grano vía peso de grano fresco y largo de grano vía peso de grano fresco.

VII. RECOMENDACIONES.

1. Planificar un nuevo ensayo sobre la base de los resultados arribados, tratando de incrementar otras variables discriminando los componentes del rendimiento en primarios y secundarios.
2. Verificar y seleccionar aquellos componentes primarios que pueden ser de ayuda para propósitos de selección indirecta
3. Para propósitos de selección indirecta en cacao hacer uso de los componentes: peso de cáscara, ancho de grano y peso de grano fresco.

VIII. RESUMEN.

El presente experimento se realizó en el Banco de Germoplasma de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (U.N.A.S.), Tingo María, entre los meses de mayo-setiembre de 1988. Los objetivos de este trabajo fueron analizar mediante correlaciones y coeficientes de sendero el grado de asociación y la influencia directa e indirecta de los componentes del fruto y grano de cacao, y, discriminar el (los) componente (s) de la mazorca y/o grano mas vinculado con el rendimiento y su uso como criterio de selección. Se determinaron correlaciones fenotípicas entre el peso mazorca y sus componentes, peso de grano seco y sus componentes, y entre rendimiento y sus componentes y entre ellos mismos. Así mismo se determinaron los efectos directos e indirectos de los componentes sobre las variables dependientes a través del análisis por coeficiente de sendero. Los coeficientes de correlación encontrados mostraron que el peso de mazorca esta estrechamente asociado con el peso de cáscara, diámetro de mazorca, y largo de mazorca. En cambio con el número de grano no hubo tal relación. El fraccionamiento de los coeficientes de correlación analizados por el método de causa y efecto con relación al peso de mazorca señalaron que el efecto directo e indirecto más importante resultó ser el peso de cáscara. Por su parte, el peso de grano seco mostró estar estrechamente asociado con el ancho de grano y no sucediendo así con el número de óvulos por ovario. Al realizar el análisis de sendero en el peso de grano seco total, el efecto directo e indirecto más sobresaliente lo tuvo el ancho de grano. En cuanto al rendimiento los componentes que presentaron mayor grado de asociación con este, fueron: peso de grano fresco, y largo de grano. Mediante el análisis de sendero se determinó que los componentes del rendimiento que tuvieron efectos directos e indirectos más importantes fueron el peso de grano fresco y ancho de grano.

IX. BIBLIOGRAFIA.

1. ALVIM PAULO, Det. 1956. Correlación entre factores medio ambientales y producción de cacao en la conferencia Interamericana de cacao. Bahía, Brasil. Instituto de Cacao de Bahía. 133-136 p.
2. ATANDA, O. A. 1971. Correlation studies in Theobroma cacao cocoa Research Institute Annual Report. 81-82 p.
3. ASCENCO, J. C. 1960. The inheritance and relation ships among growth caracteres of young cacao seedlings Tesis st. Augustine Trinidad, Imperial College of Tropical Agriculture. 61 p.
4. ARRIGA, B. 1974. Análisis de causa y efecto para rendimiento y componentes de rendimiento en trigo de primavera. Agro. Sur (Chile). 2(5): 1-5 p.
5. BARTRA, R. T. y GARCIA C. L. 1993. Caracterización botánic-agronómica colectados en la cuenca del río Huallaga. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, - Perú. 25-30 p.
6. BHATT, G. M. 1972. Significance of Path coefficient analysis determining the nature of character association. Euphytica 22: 338-343 p.

7. BROOKS, S. W. 1962. Association of quality characters in flowers of male hop.
Crop. Sci 2: 192-196 p.
8. DE CASTRO, C. T. y G. D. BARTLEY. 1983. Caracterización Botánico Agronómico ex situ de 12 Clones internacionales de cacao Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, - Perú. 30-33 p.
9. DE CASTRO C., T. y M. PERREIRA. 1987. Variabilidade genética das características de fruto e semente de cacao, clones SIC e SIAL. In: Revista Theobroma, Bahía, Brasil. 17(4):209)-218 p.
10. DEWEY, D. R. y R. H. Lu. 1989. A correlation and Path coefficient analysis of components of crested wheat grass seed production agronomy journal. 51 p.11. ENRIQUEZ, G. A. 1985. Curso sobre el cultivo del cacao. Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. Serie de materiales de enseñanza N° 22. 240 p.
12. ESPINDOLA, G. Y GONDARILLA H. 1985. Study of correlated characters and their effects on guinea yield. Bol. Centro de Investigaciones en Ciencias Agronómicas Castelar, República Argentina. N° 13: 47-54 p.
13. ESPINOZA, R. y C. DE LA FE. 1984. Relaciones entre la floración de la caña de azúcar (Cultivar CP5243) y algunos componentes principales del rendimiento agroazucarero. I. Aplicaciones del Análisis de los coeficientes de sendero. Cultivos tropicales. Vol 6. N° 1, Marzo, INCA. 24p.

14. FALCONER, D. S. 1967. Introduction to quantitative genetics Ronald Press. C.M.Y. 101-103 p.
15. GARCIA C., L.F. y T. CARBAJAL. 1989. Selección individual de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Var. Huallaguino en ausencia de competencia en Tingo María. (No publicado) 23 p.
16. GASPERI, M. R. 1991. Evaluación del rendimiento y algunos de sus componentes en cinco cultivares de onoto (*Bixa orrellana L.*) *Agronomía tropical*, Vol (41). N° 3-4.
17. GOLDENBERG, J. 1968. El empleo de correlación en el mejoramiento genético de las plantas. *Fitotecnia Latinoamericana*. Vol 5(e): 1-8 p.
18. GONZALES, C. 1985. Análisis de la relación entre el peso del fruto y diferentes caracteres morfológicos mediante el coeficiente de sendero en un grupo de variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) *Cultivos tropicales*, Vol. 7, N° 2. Juwir INCAH. 25 p.
19. HERNANDEZ, T. T. 1991. Cacao sistemas de producción en la Amazonía peruana. Proyecto AD/PER/86/459. Tingo María, Perú. 70 p.
20. ISMAIL, C. Y M. ALVARES. 1986. Análisis de correlaciones y coeficientes de sendero en arroz (*Oryza sativa L.*) de ciclo medio. *Cultivos tropicales*, Vol 8, N°2. Junio-INCAH.

21. JACOB, V. J. 1968. Studies on the number of ovules per ovario in relation to the number of beans per pod. In Nigeria. Cocoa Research Institute. Annual report. 1967-68, Ibadan, 1968. 60 p.
22. LENG, E. R. 1953. Expression of heterosis and aparendegree of deminance in the major components of grain yield in maize genetics. 38: 674-675 p.
23. LEON, J. 1987. Fundamentos botánicos de los cultivo tropicales. Instituto Inter Americano de Cooperación para la Agricultura, San José, Costa Rica. Segunda Edición revisada y aumentada. IICA. 445 p.
24. LENGUA, M. R. y M. BARRETO. 1967. Rendimientos de variedades y de cruzamientos intervariedades de raíz, valoración de sus componentes en padres F1 y generaciones avanzadas. Acta Agronómica.17: 87-106 p.
25. LI, C. C. 1995. Population Genetics. The University of Chicago Press. 126-131, 138-139 p.
26. LOPEZ C., H. y L. GARCIA C. 1992. Caracterización Botánico Agronómico "ex situ" de 20 clones de cacao colectados en la cuenca de los ríos Ucayali y Urubamba. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María-Perú. 45-51 p.
27. MALHORTA, R. S; K. B. SINGH and H. S. DHLINALL. 1972. Correlation and Path Coefficient Analysis in soy bean (*Glicine max.*) India J. Agric. Sci. 42(1):26-29

28. MARIOTTI, J. 1986. Fundamentos de genética biométrica. Aplicaciones al mejoramiento genético vegetal O.E.A. Washington D.C. 152 p.
29. MONTES, S. y R. MILIAM. 1984. Estudio de correlaciones y coeficientes de sendero en híbridos de *Coffea arabica* L. Cultivos tropicales, Vol 6; Nº 1 - INCA.
30. MORALES, D. 1984. Correlaciones y coeficientes de sendero en plántulas de cafeto. II Area foliar y algunas variables del crecimiento en viveros estacionarios de cultivos tropicales. Vol 6; Nº3 - INCA.
31. PIÑAN, R. y L. GARCIA C. 1993. Caracterización Botánico Agrónomo "ex situ" de 12 clones internacionales de cacao Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, -Perú. 55-63 p.
32. SINGH, R y M. B. CHAND. 1979. Biometrical methods in quantitative genetic analysis kolyani publishers. New Delhi, India. 70-71 p.
33. SING, R. R. y H. N. SINGH. 1979. Path coefficient analysis for yield components in okra. Indian Journal Agri. Sci 9 (4): 244-246 p.
34. TOXOPEUS H.; A.B. ESKES y M.A. BEEK. 1977. Variation and correlation of some pod and bean valuate in cacao *Theobroma cacao* L. with reference to the parental effects on fruit setting and bean number.

35. TYAGY, P.S.; B.D. SINGH; HILK JAISWAC; A. AGNINOTRI and R. M. SINGH. 1983. Path analysis of yield and Protein Content in chickpea. I. S. Agri sci. Vol. 52, N° 2.
36. VAID, K.; R. SINGH y V. GUPTA. 1986. Interrelationship of yield and its components character in dry beans *Phaseolus vulgaris* L. Crop Improvement 13(2): 164-167 In: Res. anal Frijol. Vol XIII(2), Aug. 1986.
37. VELLO, F. 1963. Estudio preliminar sobre la influencia del origen de los padres en la expresión del vigor híbrido en plántulas de cacao. Tesis Mag. Agr. Turrialba, Costa Rica. IICA, 1963. 61 p.
38. WOOD, G. A. R. 1982. Cacao. México. CECSA. 168-178 p.
39. WRIGHT, S. 1921. Correlation and causation. J.Agro. Res. 20: 557-585 p.