

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**Departamento Académico de Ciencias de los Recursos
Naturales Renovables**



**INTERCEPCION DE LLUVIAS POR EL CULTIVO DE COCA
(*Erythroxylum coca* L. var. Coca) Y SU IMPACTO EN EL CICLO
HIDROLOGICO EN TINGO MARIA.**

TESIS

Para optar el Título de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

Mención: Conservación de Suelos y Agua

Consuelo Augusto Garrido

Promoción 1997 - II

“Unasinos Líderes del Futuro”

Tingo María - Perú

1999



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
TINGO MARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

BACHILLER : Consuelo Augusto Garrido

TITULO DE LA TESIS :

**"INTERCEPCIÓN DE LLUVIAS POR EL CULTIVO
DE COCA (*Erythroxylum coca* var. coca) Y SU
IMPACTO EN EL CICLO HIDROLÓGICO EN
TINGO MARÍA"**

JURADO CALIFICADOR

- Presidente : JOSÉ LÉVANO CRISÓSTOMO, Ing. M. Sc.
- Vocal : LUCIO MANRIQUE DE LA LARA S., Ing. M. Sc.
- Vocal : ITAVCLERH VARGAS CLEMENTE, Ing. M. Sc.
- Patrocinador : LUIS ZUÑIGA CERNADES, Ing.
- Co Patrocinador :

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 04 de mayo de 1999

HORA DE SUSTENTACIÓN : 4:00 p.m.

CALIFICATIVO : **BUENO**

RESULTADO : **APROBADO**

OBSERVACIONES : En hoja anexa

Tingo María, 10 de mayo 1999.

JOSÉ LÉVANO CRISÓSTOMO, Ing. M. Sc.

Presidente

LUCIO MANRIQUE DE LA LARA S., Ing. M. Sc.

Vocal

ITAVCLERH VARGAS CLEMENTE, Ing. M. Sc.

Vocal

LUIS ZUÑIGA CERNADES, Ing.

Patrocinador

**A mi madre, con amor y
gratitud por su apoyo
indesmayable.**

A mis hermanas con amor fraternal

*"No creas lo que tus ojos te dicen, solo muestra limitaciones. Mira con tu entendimiento,
descubre lo que ya sabes y hallarás la manera de volar"*

Richard Bach

AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que de una u otra forma han contribuido en la culminación del presente trabajo entre ellos mi especial deferencia:

- A La Universidad Nacional Agraria de la Selva y docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables por los cinco años de profesionalización.
- Al Convenio UNAS - Agricultural Research Service (ARS) por el financiamiento parcial del presente trabajo.
- A Todos los miembros del Centro de Investigación y Desarrollo del Huallaga CIDH por su colaboración y confianza.
- Al Ing° Luis Zúñiga Cernades, amigo y patrocinador, por su orientación y aporte científico.
- Al Ing° Enrique Arévalo Gardini, por sus valiosos aportes.
- Al Ing° Lucio Manrique de Lara Suárez por su permanente apoyo.
- Al Ing° Tomás Melgarejo Gutiérrez por su amistad, apoyo y orientación oportuna.
- A la Srta. Lucinda Vela Vargas por su gran confianza
- Al Bach. Rolando Reyes Salazar por su amistad y apoyo decidido.
- Al Personal de campo que mantuvo la parcela experimental durante el desarrollo del trabajo.

INDICE

	Pág.
I. INTRODUCCION.....	12
II. REVISION DE LITERATURA.....	14
2.1 Ecología y clima.....	14
2.2.1 Precipitación.....	14
a) Precipitación en el Perú.....	15
b) Mecanismos de la formación de lluvias.....	15
c) Variación de la precipitación.....	15
d) Distribución espacial de la precipitación.....	16
e) Velocidad límite de la gota.....	16
e) Velocidad terminal de la gota.....	17
g) Factores pluviométricos.....	17
2.2.2 Energía cinética y cantidad de movimiento.....	18
2.2.3 Evaporación y evapotranspiración.....	19
a) Evapotranspiración potencial. Método de Thornthwaite	21
2.2 Cultivo de coca.....	21
2.2.1 Características botánicas.....	21
2.2.2 Impactos potenciales.....	22
2.3 Antecedentes sobre intercepción.....	22
III. MATERIALES Y METODOS.....	29
3.1 Características geográficas.....	29
3.2 Condiciones climáticas.....	29

3.3	Establecimiento de la plantación.....	29
3.4	Instrumentación.....	31
3.5	Análisis de la información.....	33
3.6	Sistematización de la información.....	34
3.7	Estimación de la capacidad de copa S.....	36
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	37
4.1	Características de las lluvias.....	37
4.2	Cantidad de precipitación que atraviesa el follaje (Pt) e intercepción (Pi).....	43
4.3	Ecuaciones de regresión.....	48
4.4	Capacidad de copa (S).....	50
V.	CONCLUSIONES.....	59
VI.	RECOMENDACIONES.....	60
VII.	RESUMEN.....	61
VIII.	BIBLIOGRAFIA.....	63
IX.	ANEXO.....	70

INDICE DE CUADROS

1.	Descripción de las canaletas empleadas en el estudio.....	31
2.	Parámetros de evaluación en cada evento registrado, en todos los instrumentos utilizados durante el período de evaluación.....	33
3.	Resumen de los parámetros estadísticos descriptivos de los eventos evaluados en el período Febrero 1998 – 99.....	38
4.	Precipitación total (Pg) por estación climática, medida en el pluviógrafo en el período Febrero 1998 – 99.....	40
5.	Precipitación, evapotranspiración potencial mensual durante el período Febrero 1998 – 99.....	42
6.	Precipitación total (Pg), cantidad de agua que atraviesa la copa (Pt) e intercepción (Pi) diferenciados de acuerdo al tipo de evento (n=143)...	47
7.	Precipitación total (Pg) cantidad de agua que atraviesa la copa (Pt) e intercepción (Pi), por estaciones (n=143).....	49
8.	Resumen de las ecuaciones de regresión lineal del (Pt), con la precipitación total (Pg) y su transformación Logarítmica (Log.Pg); acompañadas del error estándar.....	51
9.	Parámetros de regresión entre el (Pt) con la precipitación total (Pg), en $Pg < Pg'$, con varios valores de Pg' asumidos. Solo se consideraron los eventos simples.....	54
10.	Resumen de las variables significativas para la predicción del (Pt), para eventos simples, todos los eventos del análisis fueron precedidos de un $PS \geq 8$ horas.....	55

11.	Resumen de las variables significativas para la predicción de (Pt) en los eventos simples, mediante regresión múltiple para algunos valores de Pg' asumidos.....	55
12.	Resumen de los coeficientes estimados de cada variable independiente para la regresión lineal múltiple, asociando el error estándar a cada valor..	58
13.	Estimación de (S) en cada una de las ecuaciones ajustadas (1, 2 y 3) que infieren el valor de Pt, y luego reemplazados en la ecuación (4).....	58
14.	Cantidad de precipitación interceptada (Pi) por la copa en las áreas cocaleras del Perú, en el año1998, (S = 1.79 mm).....	61

INDICE DE FIGURAS

1.	Condiciones climáticas en la zona de estudio y tendencia de precipitación histórica en diversas áreas cocaleras del Perú.....	30
2.	Descripción esquemática de la ubicación de los instrumentos en el área experimental.....	32
3.	Precipitación acumulada por estación y por ocurrencia en el día y la noche durante el período de evaluación.....	41
4.	Tipificación de un evento simple con el mayor valor de I_{10max}	43
5.	Tipificación de un evento compuesto con el mayor valor de I_{10max}	45
6.	Cuantía de la desviación de los valores del pluviómetro respecto a los valores del pluviógrafo.....	46
7.	Curva cuadrática de los eventos menores de 3.5 mm que permite estimar el índice de copa (S) en el punto más cercano al Pg' asumido.....	56

ANEXO

A1. Distribución de frecuencias del total de eventos registrados en el período Febrero 1998 – 99.....	75
A2. Distribución de frecuencias de eventos menores de 10 mm de precipitación registrados en el período Febrero 1998 – 99.....	75
A3. Ecuaciones de ajustes de las canaletas (Ci) en función al pluviómetro como variable independiente, el error típico ($S_{y,x}$) para las variables comparadas acompañan a cada valor.....	79
A4. Precipitación total (Pg), cantidad de agua que atraviesa la copa (Pt) e intercepción (Pi), diferenciados de acuerdo al tipo de evento (n=143).....	81
A5. Precipitación total (Pg), cantidad de agua que atraviesa la copa (Pt) e intercepción (Pi) por estaciones, diferenciados de acuerdo al tipo de evento (n=143).....	82
A6. Porcentajes de precipitación que atraviesa la copa (Pt) en ecosistemas de bosques no coníferos.....	83
A7. Ecuaciones de regresión lineal de la variable independiente (Pg), con las variables dependientes (Pt). Datos originales.....	84
A8. Ecuaciones de regresión lineal de la variable independiente (Pg), con las variables dependientes (Pt). Datos transformados a log.....	85
A9. Coeficientes de determinación (R^2) de las variables de lluvia ajustadas a una tendencia cuadrática y logarítmica (Pt como variable dependiente), para varios valores de Pg' asumidos ($Pg < Pg'$).....	86

A10. Salida de SAS de los coeficientes de determinación (R^2) entre la variable dependiente (Pt) y las demás variables de lluvias ($Pg < Pg'$), para $Pg' = 2.5\text{mm}$	88
A11. Salida de SAS de los coeficientes de determinación (R^2) entre la variable dependiente (Pt) y las demás variables de lluvia ($Pg < Pg'$), para $Pg' = 3.5\text{mm}$	90
A12. Salida de SAS de los coeficientes de determinación (R^2) entre la variable dependiente (Pt) y las demás variables de lluvia ($Pg < Pg'$), para $Pg' = 4.0\text{mm}$	92
A13. Salida de SAS de los coeficientes de regresión múltiple en las agrupaciones elegidas donde se encontró significancia estadística ($Pg' = 3.5$, Canaleta C1 con 7 variables independientes).....	94
A14. Salida de SAS de los coeficientes de regresión múltiple en las agrupaciones elegidas donde se encontró significancia estadística ($Pg' = 3.5$, Canaleta C3 con 6 variables independientes).....	95
A15. Salida de SAS de los coeficientes de regresión múltiple en las agrupaciones elegidas donde se encontró significancia estadística ($Pg' = 3.5$, Canaleta C3 con 7 variables independientes).....	96
A16. Valores de índice de capacidad de copa (S) de algunos ecosistemas seleccionados.....	97
A17. Superficie específica de hojas por planta de coca, expresados en cm^2	98

Figuras

A1. Croquis de distribución de los instrumentos en la parcela experimental de coca, Convenio UNAS-ARS-NAS.....	74
A2. Distribución de frecuencias del total de eventos durante el período Febrero 1998 – 99.....	76
A3. Distribución de frecuencias de eventos menores de 10 mm de precipitación durante el período Febrero 1998 – 99.....	77
A4. Fluctuación de la precipitación y evapotranspiración en el período Febrero 1998 – 99.....	78
A5. Curvas ajustadas para el Pt en función al pluviómetro ajustado.....	80

I. INTRODUCCION

La Amazonía es un gran espacio geográfico que conforma una de las cuencas hidrográficas más importantes del mundo, por su extensión, complejidad y diversidad de ecosistemas; caracterizado por un clima lluvioso, donde la vegetación clímax consiste de bosques pluviales perennifolios. El Perú forma parte de la cabecera de esta gran cuenca que requiere del estudio de ecosistemas específicos, para determinar la naturaleza del impacto humano sobre la cobertura forestal y sus relaciones con el impacto ambiental, lo cual surge como una respuesta al reto de vigilar este alarmante escenario de devastación (2, 4, 38).

La transformación de los bosques en tierras agrícolas implica una serie de cambios ambientales; tales cambios impactan en la gama de usos que puede soportar el recurso hídrico, en particular al alterar las funciones de un sistema natural que depende del ciclo hidrológico, la tasa de deforestación en el Perú se estima en 254,000 ha/año (4), una buena proporción de esta superficie a sido utilizada para la siembra del cultivo de coca (4, 14, 19).

El Perú es el principal productor de hoja de coca en el mundo con 51,000 ha (1998) (3), seguido de Bolivia, Colombia y Ecuador lo que implica una de las actividades humanas de mayor impacto sobre el bosque, los productores se hallan dispersos en pequeñas áreas que se multiplican y dispersan, prioritariamente sobre laderas empinadas, muy alejadas que además generan otros impactos en los suelos, agua y aún en la atmósfera. El Alto Huallaga es una de las zonas donde se ha concentrado este cultivo y se estima que el 60% del total lo tiene esta región (12, 20).

La investigación en los procesos hidrológicos y su control sobre los efectos en el medio, tienen diferentes explicaciones, sin embargo se conocen pocos fenómenos determinísticos con énfasis en la precipitación, relacionado con otras variables y sus efectos específicos con relación a cada uno de los componentes, analizando las relaciones de causa y efecto (10).

La copa de las plantas actúan como un almacén temporal de una porción de las lluvias que reciben; esta capacidad de acumulación es de considerable importancia en los trópicos húmedos en el contexto del reciclado de la lluvia, estudios por Franken et al. (1982), citado por Calherios (7), indican que una tercera parte de este monto es derivado del acumulamiento interceptado. Se pretende establecer esta función para el cultivo de coca y la relación que guarda otros estudios realizados en bosques primarios y de este modo establecer su posible influencia en el ciclo hidrológico regional expuesta a la magnitud del cultivo (7, 8).

Tomando en cuenta estas consideraciones los objetivos del presente trabajo de investigación son:

1. Determinar el índice de intercepción de lluvia por el cultivo de coca en base a fenómenos de tormenta y su relación con las variables de lluvia.
2. Determinar el índice de capacidad de copa y su relación con el ciclo Hidrológico.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Ecología y clima .

El sistema de clasificación de Holdridge L. (1947), define en forma cuantitativa la relación en el orden natural entre los factores principales, clima y vegetación, dentro del clima la biotemperatura, la precipitación y la humedad ambiental, que conforman los factores climáticos fundamentales de carácter independiente, bajo estas consideraciones se establecen las unidades bioclimáticas conocidas como zonas de vida, además reconoce que dentro de cualquier división natural del clima existe una variación local vinculada a condiciones específicas, de cobertura, topografía, suelo y actividad del hombre. De acuerdo a ello la zona de vida donde se ubica Tingo María, está descrita como Bosque muy húmedo Sub tropical Premontano (9, 11, 16, 19).

El clima de la región amazónica, está fuertemente determinado por el anticiclón del Atlántico sur, zona de convergencia intertropical y el anticiclón del Pacífico sur, normalmente las temperaturas son altas todo el año, sin embargo existen períodos donde se producen ciertos descensos bruscos y marcados en la temperatura del aire (15, 16, 21).

2.1.1 Precipitación

Se conoce como precipitación toda forma de humedad que originándose en las nubes alcanza la superficie terrestre y esto comprende la lluvia, garúa, granizada, y otros procesos mediante los cuales el agua cae. La formación de precipitación requiere la elevación de una masa de agua en la atmósfera de tal manera que se enfríe y parte de su humedad se condense; la temperatura propicia está entre -12 y -18 °C. otro factor que explica la producción de lluvias son los núcleos de condensación (23, 27).

a) La Precipitación en el Perú.

La precipitación en el Perú está condicionada a una serie de factores climáticos que modifican grandemente su distribución, resaltando especialmente la región de la costa donde la lluvia es tan escasa que origina una zona árida dentro de las latitudes tropicales. La región de la selva no presenta una fisiografía uniforme en toda su extensión sino que comprende por lo menos, tres subregiones con características diferentes bien definidas, lo cual influye notablemente sobre la distribución de las precipitaciones. Estas son: La región amazónica colindante con el Ecuador y Colombia y cercana a la influencia de la banda ecuatorial. Las tierras bajas amazónicas al sur de la anterior y las faldas orientales de los Andes (30, 31).

b) Mecanismos de formación de lluvias.

Existen tres mecanismos principales para la elevación de masa de aire: elevación frontal, donde el aire caliente es elevado sobre un aire frío por un pasaje frontal; elevación orográfica mediante la cual una masa de aire se eleva para pasar por encima de una cadena montañosa; elevación convectiva, donde el aire se arrastra hacia arriba por una acción convectiva, como ocurre en el centro de una celda de una tormenta eléctrica. Las celdas convectivas se originan por el calor específico, el cual causa una inestabilidad vertical de aire húmedo y se sostienen por el calor latente de vaporización liberado a medida que el vapor del agua sube y se condensa produciendo las lluvias (27, 48).

c) Variación de la precipitación.

La variación de la precipitación en una zona sólo es susceptible de ser estudiada si se cuenta con una serie larga de datos estadísticos que abarquen muchos años de registros, pues la lluvia es uno de los elementos meteorológicos más variable y discontinuos, que difiere considerablemente de una región a otra de la tierra (37).

Asimismo para determinar no basta conocer solamente su precipitación normal anual sino también cómo se distribuye durante el curso del año y cuál es su frecuencia, la misma que expresa el número de días con precipitación por año. La forma como se distribuye la lluvia anual durante los doce meses del año recibe el nombre de régimen pluviométrico (30, 31, 34 35).

d) Distribución espacial de la precipitación.

Considerando la distribución de la precipitación en el globo terrestre existe una relación entre la distribución de la precipitación con los movimientos verticales, los sectores de alta precipitación están asociados a los movimientos ascendentes. Se nota abundancia de lluvia en la zona ecuatorial, cantidades moderadas o grandes en los cinturones de latitudes medias y regiones relativamente secas en los trópicos y alrededor de los polos (27, 38).

e) Velocidad límite de las gotas.

Una gota de agua estará sometida a la aceleración de la gravedad hacia abajo y a medida que su velocidad aumenta la fuerza originada por el rozamiento con el aire que le rodea aumenta también, hasta que en un corto intervalo equilibra al peso. De entonces en adelante la gota cae con una velocidad constante que se llama velocidad límite (43, 44). Cuando hay gotas en diferente número y tamaño, su velocidad de caída variará dentro de límites amplios, lo que produce muchas probabilidades de choques entre ellas originando coalescencia. Por otro lado cuando crece una gota hasta tener un diámetro de unas 7 micras, la velocidad de caída será de algo más de 30 pies por segundo.

A velocidades tan altas, las gotas se aplastan y se desmenuzan en muchas gotas más pequeñas, tales como gotas de llovizna o de lluvia muy fina. De este modo existe un límite superior para el tamaño de las gotas que puede haber en la atmósfera (47).

f) Velocidad Terminal de la gota.

Existen tres fuerzas que actúan en una gota de lluvia que cae: una fuerza gravitacional debida a su peso, una fuerza de empuje debida al desplazamiento de aire por la gota y una fuerza de arrastre causada entre la gota y el aire circundante (48).

g) Factores pluviométricos.

Se define como tormenta al conjunto de lluvias que obedecen a una misma perturbación meteorológica y de características bien definidas. Una tormenta puede durar desde unos minutos hasta muchas horas y aún días y pueden abarcar desde una zona pequeña hasta una extensa región. De las tormentas interesa conocer las curvas intensidad, duración, frecuencia (43, 44).

La intensidad de aguacero es el factor pluviométrico más importante que afecte la escorrentía y la erosión, aunque ejerce influencia sobre el segundo fenómeno es probable que también tenga influencias sobre la interceptación y el reciclaje de ciertos volúmenes de agua de precipitación (3, 5). La intensidad es la tasa temporal de precipitación, es decir, la profundidad por unidad de tiempo (mm /h o pulg/h) (43, 44, 48).

La frecuencia de las lluvias es crítica con respecto a las condiciones de los terrenos de acuerdo a los tipos de cobertura. Si los intervalos entre lluvias son cortos es alto el contenido de humedad del suelo al comenzar aquellos y aumentan los riesgos de que se originen escorrentias, aún con lluvias de baja intensidad (27).

La duración del aguacero es el complemento de la intensidad; la asociación de los dos determina la precipitación total. Al caer una lluvia de intensidad uniforme sobre un suelo, el agua se filtra durante un lapso más o menos largo según sean las condiciones de humedad e intensidad de la precipitación, después comienza la escorrentia, la cual va aumentando su volumen estable. La duración es el tiempo transcurrido entre el comienzo y el fin de la tormenta se mide en minutos y horas (23, 27).

2.1.2 Energía Cinética y cantidad de movimiento

Wischmeier y Smith (1958) analizaron la distribución del tamaño de las gotas en los datos publicados por Laws y Parson (1943), citados por (23) y los reportes de velocidad terminal de las gotas de la lluvia proporcionados por otros investigadores. Una ecuación de regresión que describe la energía cinética de una lluvia tempestuosa, porción de un fenómeno de precipitación pluvial se desarrolló de la manera siguiente:

$$E = 1.23 + 0.890 \text{ Log}_{10} I$$

Donde :

E = Energía cinética, en Kg m/m² mm

I = intensidad de la precipitación pluvial en mm / hora.

Las interacciones del tamaño, velocidad y forma de las gotas de lluvia, la duración de la tormenta y la velocidad del viento controlan la fuerza erosiva de la precipitación pluvial, a medida que las gotas de lluvia aumentan en tamaño su velocidad terminal aumenta según Gumn y Kinzer (1949), citados por (27). Por consiguiente, el impulso o cantidad de movimiento de una gota de lluvia, que es igual a su masa por su velocidad, también aumenta rápidamente con el tamaño de las gotas de hasta aproximadamente 4 mm. de diámetro (10)

La energía cinética de la precipitación pluvial, es la energía del número total de gotas de lluvia a una intensidad determinada, se calcula a partir de la distribución del tamaño de las gotas de lluvia para una intensidad dada. Carter et al (1974) y Hudson (1963), citados por (44); han demostrado que la distribución del tamaño de las gotas de lluvia incluye una mayor proporción de gotas grandes por encima del diámetro de 4 mm (47)

2.1.3 Evaporación y evapotranspiración

La evaporación es el proceso físico por el cual el agua pasa al estado de vapor desde superficies libres de agua o desde campos de cultivo de las superficies húmedas, entre otros; el cambio de estado sólido o líquido al estado de vapor es consecuencia de un aumento de la energía cinética de las partículas o moléculas del agua hasta la ruptura de la energía de ligación o enlace molecular. En esta forma la evaporación es la liberación de las moléculas del agua desde las capas superficiales donde la energía interna de agitación es mayor que la energía de ligación de las moléculas de la superficie evaporante es decir, energía suficiente para vencer las fuerzas de tensión superficial que impiden el escape de las moléculas de agua hacia la atmósfera (30, 31).

Para que exista la evaporación se requiere que el aire no esté saturado la intensidad de evaporación es igual a la intensidad de condensación la evaporación del agua se ve afectado por una serie de factores importantes tales como: temperatura, grado de saturación del aire, velocidad del viento, composición del agua, superficie de evaporación (27).

La evapotranspiración, es la pérdida de agua hacia la atmósfera por evaporación desde cualquier superficie evaporante (suelo húmedo, superficie de agua, etc.) y transpiración de la vegetación (campo de cultivo, bosque, etc) que existe en dicha superficie o media. Como constituye la cantidad de agua que pasa a la atmósfera desde la superficie terrestre, es importante para el estudio de pérdida de agua de regiones más o menos extensas, así como para el estudio del balance hídrico de una región (11, 23, 27).

También puede entenderse como el principio físico de conservación de masa a través del cual se evalúa la entrada y salida de agua a un sistema con la finalidad de poder conocer la disponibilidad de agua. La evapotranspiración es la transferencia del agua a la atmósfera por el conjunto de procesos de evaporación y transpiración de las plantas, Se distinguen dos tipos: La evapotranspiración real (E) y la evapotranspiración potencial (ETp) (27).

La evapotranspiración real es el proceso que ocurre en las condiciones naturales y reales, mientras que el potencial ocurre solo en campos o condiciones donde la disponibilidad de agua no es un factor limitante y con vegetación en estado de pleno desarrollo vegetativo. Los factores que controlan la (E) son la disponibilidad de agua, tipo de suelo, tipo y estado fenológico del cultivo y elemento climáticos.

Por el contrario la (ETp), solo esta controlado por los elementos climáticos. Para la determinar E_o existen diversos métodos y la mayoría de ellos son ecuaciones empíricas, por lo que para aplicarlos a nuestro medio o condiciones del país son necesarias realizar previamente los ajustes respectivos (19, 27, 30, 31).

a) Evapotranspiración potencial. Método de Thornthwaite.

Este procedimiento, conocido desde 1948. se difundió ampliamente y en la actualidad se aplica para los cálculos del balance hídrico de zonas en estudios de factibilidad de proyectos. La evapotranspiración potencial puede considerarse como el fenómeno inverso a la precipitación y permitirá en consecuencia determinar el grado de eficiencia de esta última (19, 43).

2.2 Cultivo de Coca.

2.2.1 Características botánicas.

La coca, es un arbusto de la familia de las Erythroxylaceae, género *Erythroxylum*, originario de Perú y Bolivia. Se cultiva en dos regiones distintas definidas por el clima y el tipo de suelo. Una de estas situada al oriente de la Cordillera de los Andes (Selva) y la otra en la cabecera de los valles situados al occidente (32).

Erythroxylum coca Lank (Sin. *E. peruvianum*, *Decandria trigina*), arbusto que puede llegar a desarrollar tallos de 15 cm de diámetro y hasta 4.5 m de altura, pero por lo general el tallo no excede más de 5 a 10 cm de diámetro y 2.5 m de alto. Las ramas crecen a los lados, formando un ángulo de 45° con el tronco, las ramas jóvenes son glabras con menudas lentejuelas. Las hojas son verde oscuro en el haz, más claro en el envés, alternas, trasovaladas u ovaladas lanceoladas, gradualmente atenuadas hacia su base, se diferencian en sus dimensiones según la variedad y condiciones del medio (32, 49).

Sin embargo, puede decirse que miden de 5 a 9 cm de largo por 2.5 cm de ancho, el peciolo es corto de 5 a 7 mm, el margen de la hoja es entero (32, 49). Las hojas de coca son polimorfas en una misma planta, siendo la característica más saltante que en la base de la nervadura principal se origina a ambos lados una vena longitudinal casi tan fuerte como la nervadura principal, se unen en el extremo de la hoja formando una elipse cuyo diámetro lateral es de 6-10 mm según la dimensión de la hoja. Desarrollan bien en climas con oscilaciones térmicas pequeñas: temperatura media anual desde los 18°C a los 25°C, humedad relativa alta entre 80 a 90%, altitudes desde los 200 hasta 1200 msnm (49).

2.2.2 Impactos potenciales.

Existen suficientes evidencias respecto a las graves implicancias que ocasiona tanto el cultivo de coca, como la producción de PBC sobre el ecosistema de la selva, dentro de ellos se cita: la deforestación directa e indirectamente ligada al cultivo de miles de hectáreas de terreno en la selva alta, mayormente sin aptitud agrícola, con una secuela de pérdida de suelo por el empleo de tecnologías inadecuadas que fomentan masivamente la erosión, las alteraciones hidrológicas, pérdidas de la biodiversidad, entre otros; las subsiguientes quemas aceleran el proceso de deterioro ambiental (12, 46).

2.3 Antecedentes sobre intercepción

La vegetación modifica la intensidad y distribución de la precipitación en la superficie de la tierra a través de la intercepción, la cual puede definirse como la captura de precipitación por la copa de la planta y su retorno subsecuente a la atmósfera a través de la evaporación; la cantidad interceptada por las plantas varía con el tipo de hoja, arquitectura de copa, velocidad del viento, radiación disponible, temperatura y la humedad de la atmósfera (33).

Salati y Vose (1983 y 1984), Salati y Marquez (1984) y Salati (1987), citados por (13), dieron énfasis al rol de la lluvia reciclada y de su control por la humedad de la selva en la cuenca del Amazonas, sosteniendo que casi un 75% de precipitación total vuelve a la atmósfera por evapotranspiración. Estudios realizados por Franken et. al (1982), Franken y Leopoldo (1984), citados por (13), indican que una tercera parte de este monto es derivado de la acumulación interceptada.

Jackson (1975) y SIM (1972) en Malasia, verificaron que en las regiones tropicales el volumen e intensidad de la lluvia tiene efectos diferentes sobre los valores interceptados por la cobertura arbórea de un determinado ecosistema con un índice de pérdida de agua de lluvia por intercepción de 25 a 80% en función del total precipitado (7).

Lardan y Heuveldap (1981) verifican que del total precipitado en la foresta amazónica de Venezuela cerca del 87% llega a la superficie del suelo en forma libre, 5% es interceptado por la copa y el 8% restante escurre por la superficie del tronco para las condiciones de foresta amazónica brasileña. Franket et al (1982) verificó que la lluvia que cae en todos los árboles es 22% en promedio como retenidos por la cobertura forestal (7).

Glels (1993), citado por Calheiros (7), estudió la estacionalidad de las pérdidas por interceptación y demostró que ellos varían directamente con la densidad foliar e inversamente con el total precipitado, los cultivos requieren de diversas condiciones en la disponibilidad de agua, las producciones son limitadas cuando el tenor de la humedad del suelo se reduce a niveles inferiores de 60 - 70 % el volumen de agua disponible, de este modo la necesidad de conocer la estacionalidad de la interceptación de lluvias por un cultivo cualquiera y una posible relación con la descarga foliar y el régimen pluviométrico justifica el análisis de estos trabajos (7).

Se conoce poco acerca de la respuesta de la vegetación a la variabilidad atmosférica anual. Los experimentos fisiológicos en laboratorio y estudios en campo tienen respuestas directas e indirectas a los cambios estacionales de factores como la precipitación, temperatura y la concentración de CO₂ en la atmósfera. Es sumamente importante conocer la estructura de la comunidad vegetal si se desea calcular estas respuestas; el conocimiento completo de la respuesta de la vegetación a las variaciones climáticas no solo depende de las condiciones fisiológicas de la planta, sino también del conocimiento de las variables de lluvia que afectan la interceptación (8).

Se ha demostrado que el retorno del agua de lluvia interceptada por la cubierta de vegetación y sus variaciones, como un componente importante del ciclo hidrológico de la Amazonía, influye significativamente en la proporción de evapotranspiración. En el momento que el follaje está mojado, poco después de un evento de lluvia ocurre una tendencia mayor de evapotranspiración; este proceso de flujo de agua solo es dependiente de condiciones medioambientales y no por regulación estomática. La morfología de un bosque amazónico no es homogénea y presenta diferencias en arquitectura e índice de área foliar de las hojas, determinando diferencias en la capacidad de captación de agua de lluvia por la copa (18).

Es más, el régimen pluviométrico también difiere dentro de un área de captación y estas diferencias son generadas por la proporción de pérdidas de agua en el proceso de evaporación del agua interceptada Ribeiro A., et al., (1998), utilizando los modelos de lluvia registrados durante 2 años en el bosque de Ji-Paraná-R.O, Manaus y Marabá; se observó que durante los meses más húmedos existe una contribución más grande de la evaporación de agua interceptada en general. Durante los meses más secos, aunque los totales interceptados son de ocurrencia pequeña, pero ocurren lluvias más grandes de intensidades bajas favoreciendo al aumento relativo de este componente en el traslado de agua a la atmósfera (36).

El proceso de intercepción de lluvias por el cacao fue analizado para conocer su estacionalidad y las posibles relaciones con la captación o descarga foliar y el régimen pluviométrico local, los resultados demuestran que en un cacaotero los índices de pérdidas de agua de lluvia por intercepción varían en función de factores fenológicos y climáticos, la estacionalidad está correlacionada con el régimen de distribución de las lluvias presentando valores máximos en el otoño 27% y mínimos en el verano 13% (7).

Hager (1995), citado por Sastri (39), encontró que la cantidad de lluvia interceptada es significativa en un bosque de plantas caducifolias de la India Central cuya cobertura alcanza del 30 al 60%, esta propiedad, reduce considerablemente los riesgos de erosión de suelos. El autor utilizó los procedimientos de Thornthwaite (1948) y encontró que la cantidad de intercepción y la que escurre por el tallo son altamente dependientes de la estructura de la copa y la intensidad de las lluvias (39).

Hamburgo et al, (1998), examinó la cantidad de lluvia que atraviesa la copa de un bosque de robles, de un ecotono occidental con árboles caducifolios; encontró que en la estación inactiva (sin hojas) solo uno de ocho variables de lluvia estudiados tuvo un efecto significativo en la cantidad de (Throughfall) y en la época activa o de crecimiento, seis variables del evento tuvo un efecto significativo en la cantidad de throughfall, además estimo que aproximadamente el 50% del nitrógeno inorgánico que genera las lluvias es tomado por la copa (valor mas alto reportado para bosques caducifolios). El análisis de regresión múltiple de los modelos de throughfall mostró que las variables de mayor significación son la longitud del periodo de lluvia y la duración del antecedente de periodo seco (18).

La intercepción de lluvias por la copa de un bosque y la posterior evaporación, es un componente significativo en el equilibrio de agua de un bosque. Así el desbosque de miles de áreas y posteriores reemplazos por otros cultivos, pueden producir cambios significantes en la cantidad de agua que alcanza la tierra. Los límites regulatorios de la reforestación establece que se reduce los impactos potenciales negativos en el ciclo hidrológico. Spittlehouse L.D, (1998), realizó mediciones de la throughfall y stemflow en bosques jóvenes y viejos en Columbia Británica. Menos del 2% de las lluvias es interceptada como stemflow en plantaciones viejas, comparada con casi 10% de un bosque joven. El fragmento de lluvia perdida por intercepción (total lluvia menos {el throughfall mas stemflow}) aumenta con el tamaño de las tormentas. Un fragmento mayor de una tormenta de lluvia se pierde por intercepción en un bosque maduro que en uno joven (6, 42).

Se ha encontrado pérdidas por intercepción máxima en bosques jóvenes para las tormentas mayores de 100mm de 14 ± 3 mm, y de 25 ± 10 mm para bosques maduros. Los bosques maduros tenía intercepción mas baja durante el invierno que en la primavera en tormentas largas; los bosques maduros que tienen un régimen de lluvias diferentes tienen un intercepción máxima de 4 ± 1 mm para tormentas mayores de 20mm. Estos árboles con una cobertura de copa de 45 a 50%. Durante el año, se interceptaron 20 a 30% de lluvias (42).

Un estudio de las relaciones hídricas en árboles de caucho de 5 años de edad, muestra cambios en el volumen de agua del suelo, agua potencial del suelo, distribución de la raíz agua interceptada y el agua de escorrentia. Los resultados muestran una alta correlación entre el contenido de agua en la tierra y la distribución de las raíces, las pérdidas por infiltración no alcanzó significancia, pero sí las pérdidas por escorrentia alcanza hasta 50% de la lluvia (10% de pendiente) cuando la superficie estaba muy saturada. La copa del árbol alcanzó a interceptar no mas del 5% de la lluvia (29, 50).

Las pérdidas de lluvias por procesos de intercepción en un bosque natural de madera dura en la parte central de Taiwan fueron determinadas registrando la lluvia total, throughfall y stemflow durante el periodo Junio 1990 y Junio de 1991. La lluvia total fue de 2707.7 mm y la pérdida por intercepción total era de 306.65mm (11.3%), con un throughfall de 2287.31mm (84.47%) y stemflow de 113.74mm (4.20%). Sin embargo se encontraron grandes variaciones mensuales en el porcentaje de intercepción por ejemplo en los meses de invierno se encontró hasta 100% de intercepción (noviembre) y menor intercepción en los meses de verano, solo 3.9% en agosto. Se ajustaron las relaciones lineales para la throughfall, intercepción y stemflow utilizando lluvias de 64 eventos (26).

Solo se relacionaron estrechamente la throughfall (Pt) y la lluvia total (Pg) con la ecuación: $P_t = -4.416 + 0.636P_g$. Además, la capacidad de copa, coeficiente de Pt se estimó por el método de Leyton como 1.879mm y 0.712, respectivamente. La cantidad de lluvia necesaria para saturar la copa se estimó en 2.27 ± 0.87 mm. La capacidad de copa de intercepción máxima era de 5.47 ± 0.72 mm (26).

Al investigar el contenido químico de la throughfall en muestras colectadas de bosques de coníferas, se analizó el pH, Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , NH_4^+ , NO_3^- , Cl^- , y el SO_4^{2-} . Se observó un aumento en la concentración de los iones en el throughfall; se compararon flujos de Pt con flujos de deposición. La cantidad más alta de SO_4^{2-} que cae al suelo, se da durante la estación fría. Pt con cantidades elevadas de K^+ ocurre mas en estaciones calurosas principalmente debido a la lixiviación intensiva de la copa (41).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Características geográficas:

El presente estudio se localizó en la cuenca del Alto Huallaga, en una parcela demostrativa de coca (*Erythroxylum coca var. coca*) ubicado en el campo experimental de la Facultad de Recursos Naturales Renovables en el marco del convenio UNAS-ARS en un área de 0.25 ha; localizada en una colina alta con pendiente cercano a 60°, cuyas coordenadas geográficas son 76°59'55" LO, 9°19'09" LS (Fig. 1) a una altitud de 660 m.s.n.m.; ecológicamente según Holdridge se define como Bosque húmedo sub-tropical pre-montano (Bhst-pm)

3.2 Condiciones climáticas:

Las condiciones climáticas en el que se enmarca el lugar en estudio, corresponde a un modelo climático semi-cálido muy húmedo (Koppen, 1918). Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), que registra los parámetros climáticos en la ciudad de Tingo María, ubicado a 0.6 Km. del campo experimental; la precipitación promedio anual es de 3200mm, con distribución unimodal, temperatura media anual de 25.5°C y humedad relativa promedio de 85%.

La precipitación registrada en el sitio de evaluación fue de 2277.30 mm entre Febrero de 1998 - 99; entre Junio y Agosto se encuentran los meses más secos y entre Diciembre y Marzo las lluvias totales alcanzaron 1143.8 mm.

3.3 Establecimiento de la plantación:

El cultivo de coca fue establecido con fines experimentales en el año en 1994, el diámetro de copa promedio es de 66.41cm, se estima una densidad de plantas de 72,142 plantas/Ha. La edad de la plantación desde la siembra hasta el final del periodo de evaluación es de 4 años.

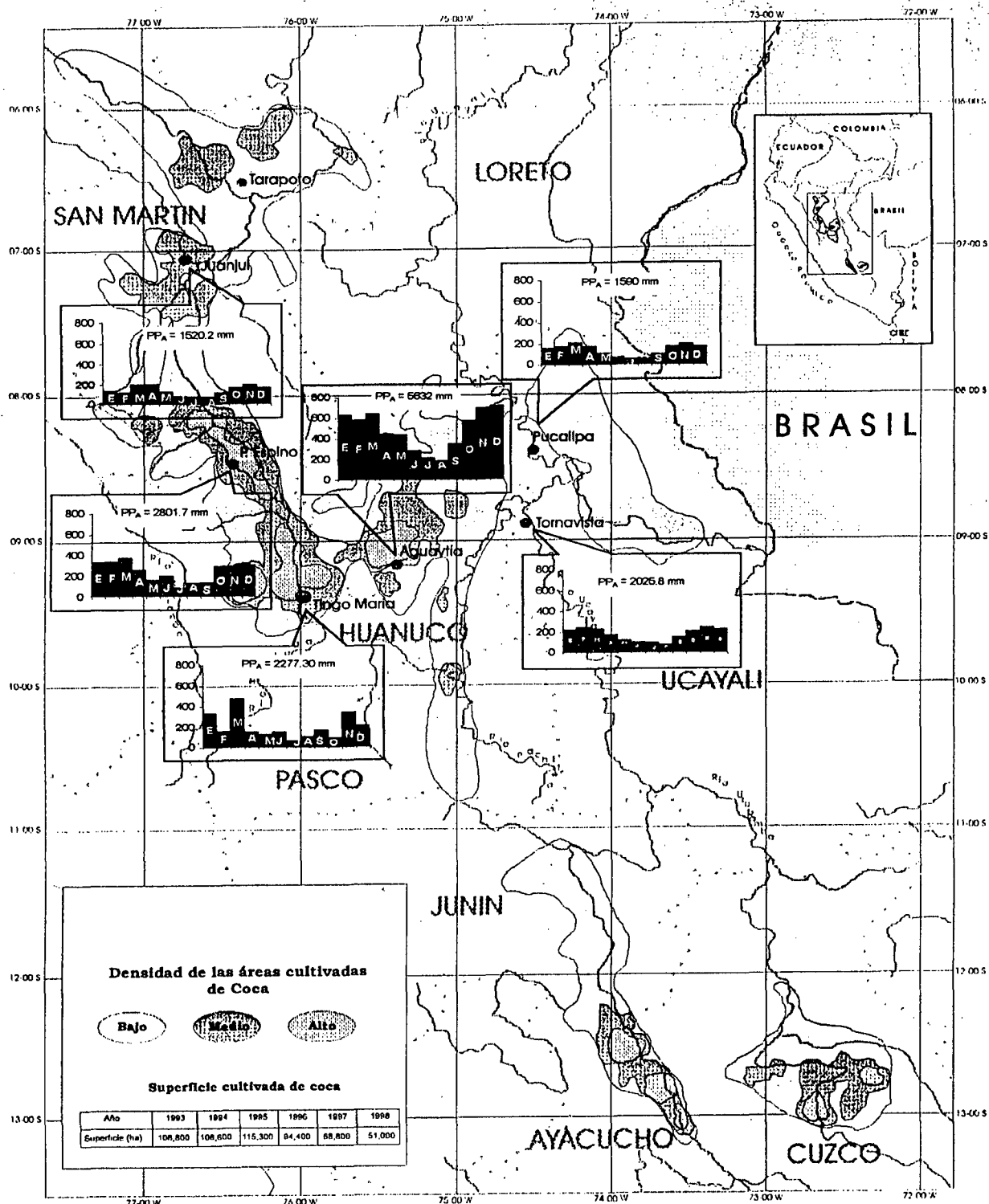


Fig. 1. Condiciones climáticas en la zona de estudio y tendencia de precipitación histórica en diversas áreas cocaleras del Perú.

3.4 Instrumentación:

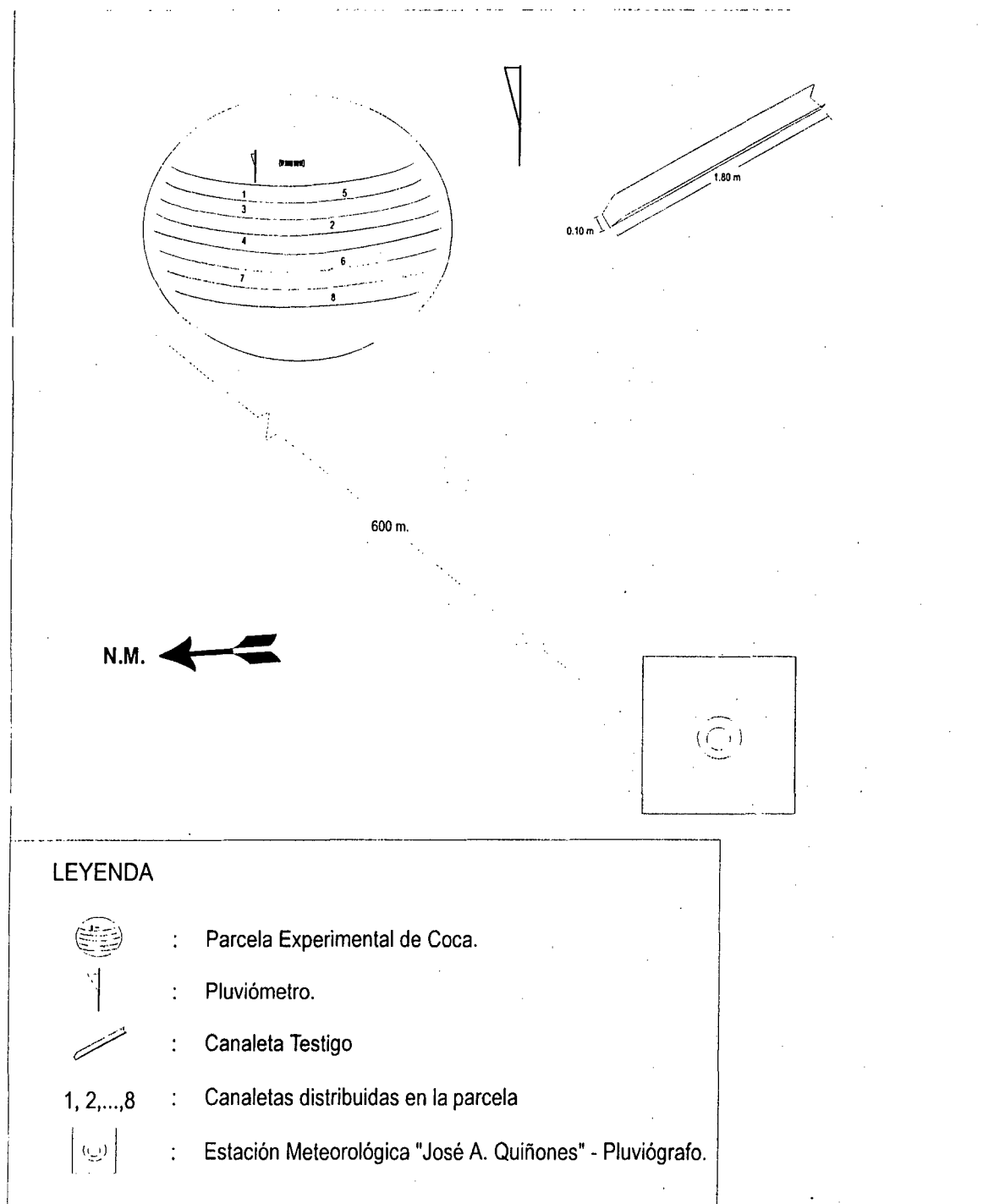
La precipitación total (Pg) fue medida en un pluviógrafo marca ® Leichman de registro diario ubicado a 600 m del punto donde se fijaron los demás instrumentos de registro. El pluviómetro de cuña fue ubicado dentro del campo experimental en un claro (sin cobertura) donde se ubicaron las canaletas (Ci) que miden la cantidad de precipitación que atraviesa la copa (Pt) luego de los procesos de intercepción (Pi) (13). Los instrumentos que median la (Pt), consistían de canaletas de 1.80 m de longitud, 0.10 m de ancho y altura 0.10 m; conectados a una galonera que colectaba la precipitación para ser medida en volumen, y luego transformada en mm, estos instrumentos en número de 8 se colocaron debajo de la copa del cultivo distribuidos en 8 puntos (ver Fig. A1). Las características de los colectores se esquematizan en la Fig. 2.

Los datos que se obtuvieron cuando las plantas no presentaban hojas nos sirven para determinar la precipitación que atraviesa la copa (Pt)

Cuadro 1. Descripción de las canaletas empleadas en el estudio.

Canaleta (C)	Area (mm ²)
Testigo	211,577
Canaleta 1 (C ₁)	211,323
Canaleta 2 (C ₂)	211,408
Canaleta 3 (C ₃)	220,188
Canaleta 4 (C ₄)	221,753
Canaleta 5 (C ₅)	221,320
Canaleta 6 (C ₆)	216,469
Canaleta 7 (C ₇)	220,332
Canaleta 8 (C ₈)	220,275

Fig. 2. Descripción esquemática de la ubicación de los Instrumentos en el área experimental.



3.5 Análisis de la información:

Cuadro 2. Parámetros de evaluación en cada evento registrado, en todos los instrumentos utilizados durante el periodo de evaluación.

Parámetro Evaluados		Característica
Precipitación total	Pg	Registrada en el pluviógrafo
Duración del evento	DU	Expresado en minutos; registrada en la banda del pluviógrafo
Duración del periodo seco que antecede a un evento	PS	Expresado en minutos
Magnitud del evento en el pluviómetro y la Canaleta testigo.	Pg _{ajus}	Expresado en mm
Magnitud de pp que atraviesa copa	Pt	Medida en las canaletas que tienen copa expresado en mm
Intensidad máxima a los 10, 20, 30 y 60 minutos.	I _{max.}	Denotado como I ₁₀ max, I ₂₀ max, I ₃₀ max y I ₆₀ max, expresado en mm/h.
Energía cinética desarrollada por evento para cada intensidad máxima calculada.	Ek ₁₀	Calculado por la relación dada por Wischmeier & Smith, 1958; denotado por EK ₁₀ , EK ₂₀ , EK ₃₀ y EK ₆₀ , expresado en Kg-m/m ² -mm
Precipitación interceptada.	Pi	Pg _{Ajus} - Pt, expresado en mm
Precipitación que satura la copa.	Pg'	Valores asumidos para estimar S
Capacidad de copa.	S	Cantidad de pp que satura la copa expresado en mm.
Area foliar potencial (PCA (LICOR Plant Canopy Analyzer)		Expresado en m ² /planta
Area foliar específica (Area Meter CI-201, CID, Inc.)		Expresado en m ² /planta

Debido al corto periodo de evaluación de la precipitación, se utilizaron algunos conceptos que es necesario tomar en cuenta; un evento se define como una lluvia de un solo “estallido” (evento simple) de una magnitud $\geq 0.2\text{mm}$ y una $I_{10 \text{ max.}} \geq 1.2\text{mm/h}$. Esta distinción excluyen a aquellas lloviznas ocasionales. Se considera un evento compuesto a aquel evento con 2 o más estallidos separados entre sí. Esto permite el análisis por separado de los eventos compuestos y los simples, probablemente mayor evapotranspiración de la copa es posible observar durante los eventos simples.

Solo se consideraron los eventos registrados cuando estaba presente la cobertura (en el caso de calcular la intercepción P_i). La duración de un evento simple era determinada por el último punto marcado en la banda del pluviógrafo; en el caso de los eventos compuestos se calculó como la suma de todos los estallidos, esto es una particularidad en las lluvias registradas en las noches, en el día los eventos compuestos fueron determinados como la suma de cada evento simple cuyo intervalo de periodo seco entre uno y otro no fue mayor de 1 hora.

La cantidad de lluvia que atraviesa la copa (P_t) medido en cada una de las 8 canaletas. Se expresó como un fragmento de la precipitación total (P_g) colectado en una canaleta idéntica ubicada en la parte clara sin cobertura, testigo ($P_{g_{\text{Ajuste}}}$)

La planta se defolió cada 3 meses, los datos registrados cuando la plantación se encontraba con cobertura se utilizan para determinar la cantidad de precipitación que atraviesa el follaje (P_t) e intercepción (P_i) y los datos recopilados durante todo el periodo de evaluación no interesando que la plantación este con cobertura o sin cobertura se tipificaron los eventos para realizar el régimen pluviométrico.

3.6 Sistematización de la información:

- **Análisis de los eventos:** Haciendo uso de las estadísticas descriptivas se tipificaron los eventos en cuadros de distribución de frecuencias de acuerdo a

$$S_{x,y} = \sqrt{\left[\frac{1}{n(n-2)} \right] \left[n\sum y^2 - (\sum x)^2 - \frac{[n\sum xy - (\sum x)(\sum y)]^2}{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \right]}$$

- Ajuste de los instrumentos de registro: Basándose en regresiones lineales simples las magnitudes de precipitación registrada en el pluviógrafo se ajustaron los datos medidos en el pluviómetro y las canaletas.
- Cuantificación de la interceptación: Los registros ajustados, permitieron estimar la precipitación que es interceptada por la copa en un año hidrológico, por tipo de evento y por estaciones en el periodo de evaluación.
- Estimación de la evapotranspiración potencial (ET_p): Conceptualizada como el consumo de agua necesaria para que la vegetación no sufra nunca de agua y depende únicamente de los factores atmosféricos, se estimó haciendo uso de la ecuación de Thornthwaite (43).

$$ET_p = \sum et$$

$$ET_p = 1.6 \left[\frac{10 t_i}{I} \right]^a$$

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{t_i}{5} \right)^{1.514}$$

Donde: $a = 0.6751 \times 10^{-6} I^3 - 0.771 \times 10^{-4} I^2 + 0.01792 I + 0.49239$

et = Evapotranspiración mensual (cm)

t = temperatura media mensual (°C)

La sistematización de la información fue procesada mediante el sistema computarizado de análisis estadístico, SAS Institute (25); en un nivel de significación de 0.05

3.7 Estimación de la capacidad de copa S:

Los eventos simples con antecedentes de periodos secos $\geq$ de 8 horas los que conformaron 56 eventos, se dividieron en dos grupos de acuerdo a los siguientes conceptos; un primer grupo de $P_g < P_g'$ y el otro con $P_g > p_g'$; en donde la P_g (es la precipitación medida en la canaleta testigo) y P_g' es la cantidad de lluvia necesaria para llenar la capacidad de copa, citado por (13).

Se realizó el análisis de regresión lineal simple con la P_g (como variable independiente X) y la precipitación medida en las canaletas (variable dependiente Y). En cada subgrupo de los valores asumidos de P_g' (1.0 a 4.0mm) que cumpla la condición $P_g < P_g'$ (Jackson, 1975; Xasena, 1986; Gash and Morton, 1978; Pearce and Kowe, 1981). El coeficiente de regresión de cada subgrupo, para cada valor asumido de P_g' se incrementa a medida que el valor de P_g' aumenta en 0.5mm hasta llegar a un valor mínimo y posteriormente seguir incrementándose. Para determinar el valor de S, se elige el valor de P_g' asumido que precisa la pendiente más baja (bajo coeficiente de regresión) para el dominio $P_g < P_g'$ como la cantidad de lluvia necesaria para saturar la copa (13, 17, 22, 40).

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Características de las lluvias:

De un total de 191 eventos, se evaluaron 182 debido a que 9 fueron desestimados porque no cumplían los requisitos del concepto de un evento (duración $< 10'$, magnitud $\leq 0.2\text{mm}$, $I_{10\text{max}} \leq 1.2 \text{ mm/hora}$) (22). El Cuadro A1, muestra la distribución de frecuencias de todos los eventos, es posible notar que la mayoría de las precipitaciones (62%) se registran con magnitudes menores de 10 mm; 20% de las precipitaciones con magnitudes entre 10 a 20mm y con las magnitudes de 20 a 30 mm solo 9% de los eventos. El 91% del total de lluvias registradas tenían magnitudes menores de 30 mm.

Desglosando en una tabla de frecuencias (Cuadro A2) los eventos con precipitaciones menores a 10 mm resaltan las lluvias con magnitudes menores de 3.0 mm; puede observarse que el 54.65% de los eventos menores de 10 mm, están entre 3 a menos de 3 mm. Las Figuras A2 y A3 gráfica la tabla de frecuencias descritas.

Se resumen las estadísticas descriptivas de variables de lluvia seleccionadas en el **Cuadro 3**. La media de la intensidad máxima a los 60 minutos es menor con las medias de las otras intensidades registradas, se confirma la relación indirecta entre la magnitud de un evento y el valor de la intensidad máxima registrada en cada intervalo de tiempo, en otras palabras a mayor duración del evento, la intensidad tiende a disminuir. El evento de mayor magnitud fue de 82.80 mm; la media de las intensidades de la precipitación (R) es 12.26 mm/h, comparándolo con las intensidades máximas a los 30 y 60 minutos es mayor, esto refleja la alta variación de las intensidades de lluvia dentro de los eventos.

CUADRO 3. Resumen de los parámetros estadísticos descriptivos de los Eventos evaluados en el periodo Febrero 1998 - 99.

Variable	Unidad	Eventos	Media	Máx.	Mín.
Magnitud	Mm	182	12.51	82.80	0.20
I ₆₀ Max.	Mm/h	146	9.30	55.00	0.40
I ₃₀ Max.	Mm/h	174	11.78	75.80	0.60
I ₂₀ Max.	Mm/h	180	13.73	84.00	0.90
I ₁₀ Max.	Mm/h	182	16.29	90.00	1.20
R*	Mm/h	182	12.26	90.00	0.20
Duración	Min.	182	199.26	710	10

* Promedio aritmético de las intensidades.

El análisis de los 182 eventos de acuerdo a las estaciones climáticas se presenta en el **Cuadro 4**, la precipitación total en todo el periodo de evaluación fue de 2277.30mm; la mayoría de los eventos se registraron en Primavera 28% y Verano 37.2%, coincidiendo con los meses más lluviosos del año. Del total de precipitación, la cantidad caída en las noches (54.6%) fue ligeramente superior a la del día (45.4 %) (**Fig. 3**). La menor desviación estándar registrada en el invierno nos sugiere que los eventos registrados en este período fueron homogéneos, mientras que en el otoño se registraron eventos de mayor heterogeneidad. La mayoría de los eventos se suscitaron en verano (32.9%) y primavera (30.2%).

Los altos valores del coeficiente de variabilidad indican una alta variación de los eventos con valores de amplitud grande. La máxima precipitación se registró en el mes de Marzo seguida de Noviembre y Enero; sin embargo, el evento máximo se dio en el mes de Junio (**Cuadro 5**).

En lo que respecta a la evapotranspiración potencial (ETp) calculada utilizando el

método de Thornthwaite (34), se encontró que el mes de enero registró la menor evapotranspiración con 94.03 mm y en el mes de febrero la máxima (124.65 mm) puede observarse una relación directa entre la magnitud de precipitación total por mes y la respuesta de la evapotranspiración (**Cuadro 5**) y (Fig. A4).

La **Fig. 4**, tipifica un evento simple mostrando todos los parámetros evaluados, el evento se inició a las 9:30 horas y concluyó a las 12:40 horas, es posible ver un pico máximo a las 10:00 horas luego disminuye paulatinamente, los eventos de este tipo requieren de un análisis detallado para interpretar el efecto real en la intercepción de lluvias. Observamos que el 66% de la precipitación total registrada en ese evento se concentra en los primeros 30' hasta el pico del evento, a partir de este instante la intensidad disminuye paulatinamente y 20 minutos después acumula el 88% del evento.

CUADRO 4. Precipitación total (Pg) por climatológica, medida en el

Pluviógrafo en el período Febrero 1998 - 99.

Estación	Eventos	Precipitación (mm)			Desviación Estándar	Amplitud	
		Total	Día	Noche		Mín.	Máx.
Otoño	35	563	204.9	358.1	21.7	0.2	82.8
Invierno	32	233.8	125.3	108.5	7.59	0.4	25.8
Primavera	55	633.7	296.9	336.8	13.72	0.9	71.8
Verano	60	846.8	407.2	439.6	13.95	0.4	69.4
Total	182	2277.3	1034.3	1243	15.21	0.2	82.8

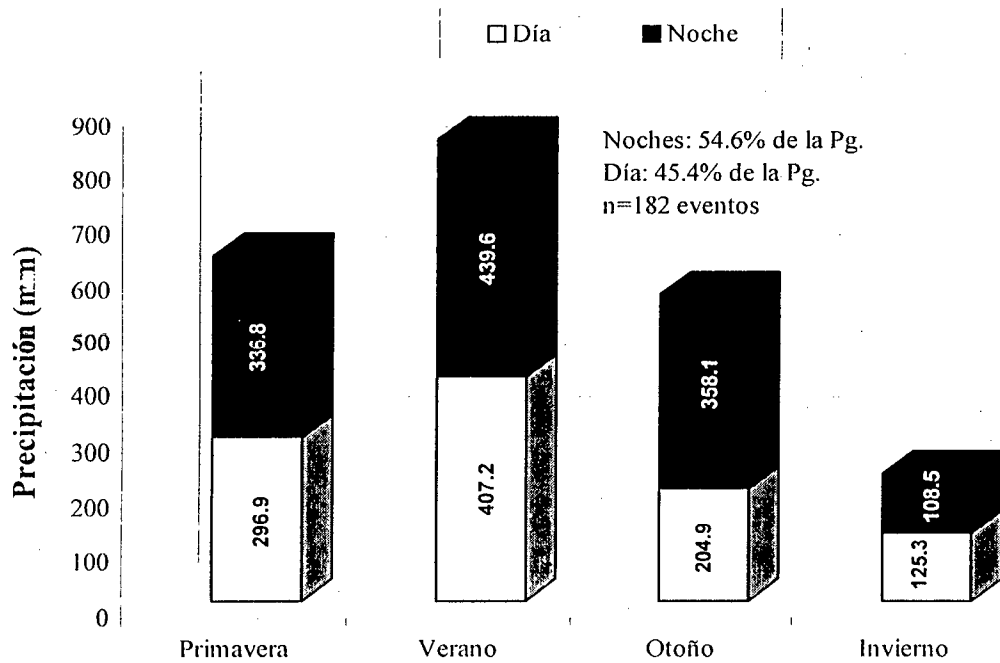
Otoño: 23 Mar - 22 Jun.

Invierno: 23 Jun - 22 Set.

Primavera: 23 Set - 22 Dic.

Verano: 23 Dic - 22 Mar.

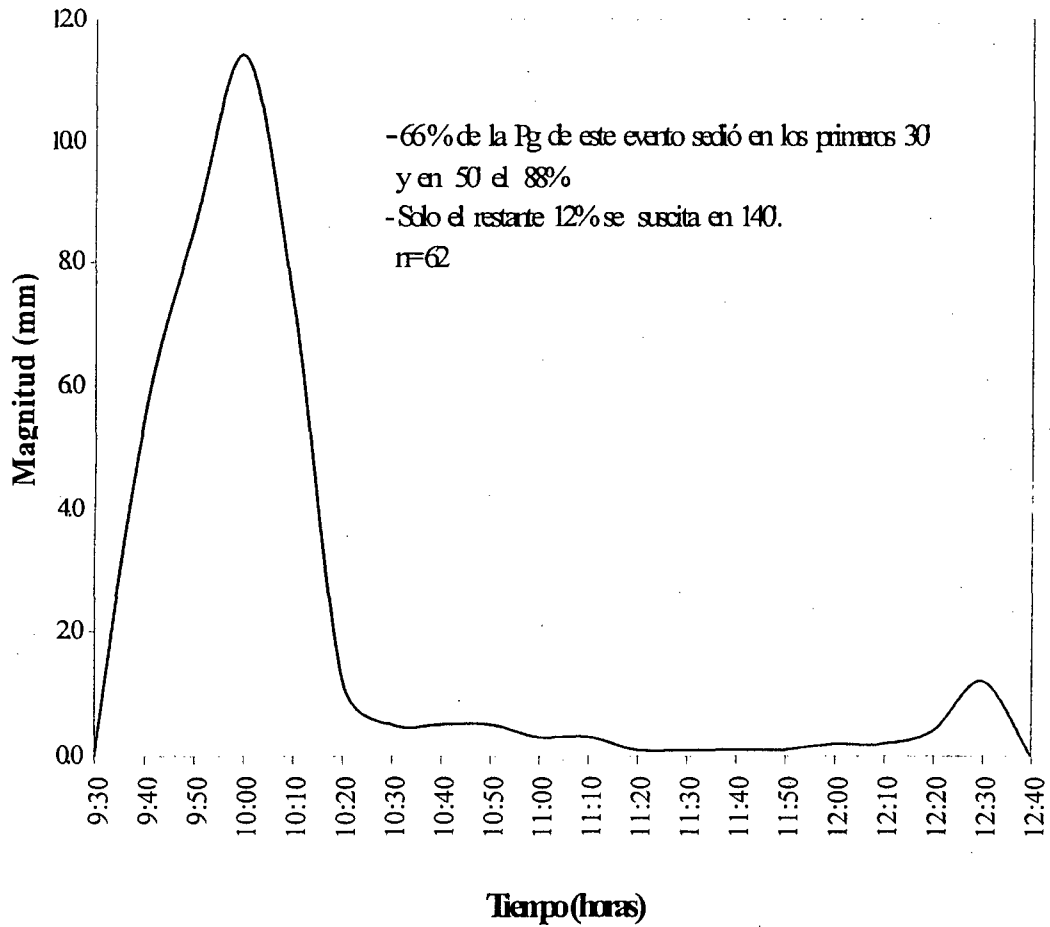
Fig. 3 Precipitación acumulada por estación y por ocurrencia en el día o la Noche durante el período de evaluación.



CUADRO 5. Precipitación, evapotranspiración potencial mensual durante el Periodo de Febrero 1998 - 99.

Mes	Eventos	pp (mm)	ETP (mm)	Desv. Estand.	Amplitud	
					Mín.	Máx.
Febrero	10	149.10	124.65	21.50	0.60	69.40
Marzo	30	463.80	123.57	18.20	0.20	72.40
Abril	12	147.40	124.63	13.80	0.30	38.50
Mayo	6	116.00	114.89	20.40	0.70	43.50
Junio	10	147.50	101.94	25.00	0.90	82.80*
Julio	10	56.10	101.35	7.00	0.70	22.40
Agosto	12	92.00	109.47	8.40	0.40	25.80
Septiembre	16	158.00	106.85	7.90	0.50	21.70
Octubre	9	84.20	111.76	8.80	1.20	28.70
Noviembre	26	332.30	108.25	16.50	1.70	71.80
Diciembre	18	206.40	101.96	13.50	0.90	54.90
Enero	23	324.50	94.03	13.13	1.50	41.80
Total	182	2277.3	1323.35	15.21	0.20	82.80

Fig 4. Tipificación de un evento simple con el mayor valor de $I_{10 \text{ max}}$

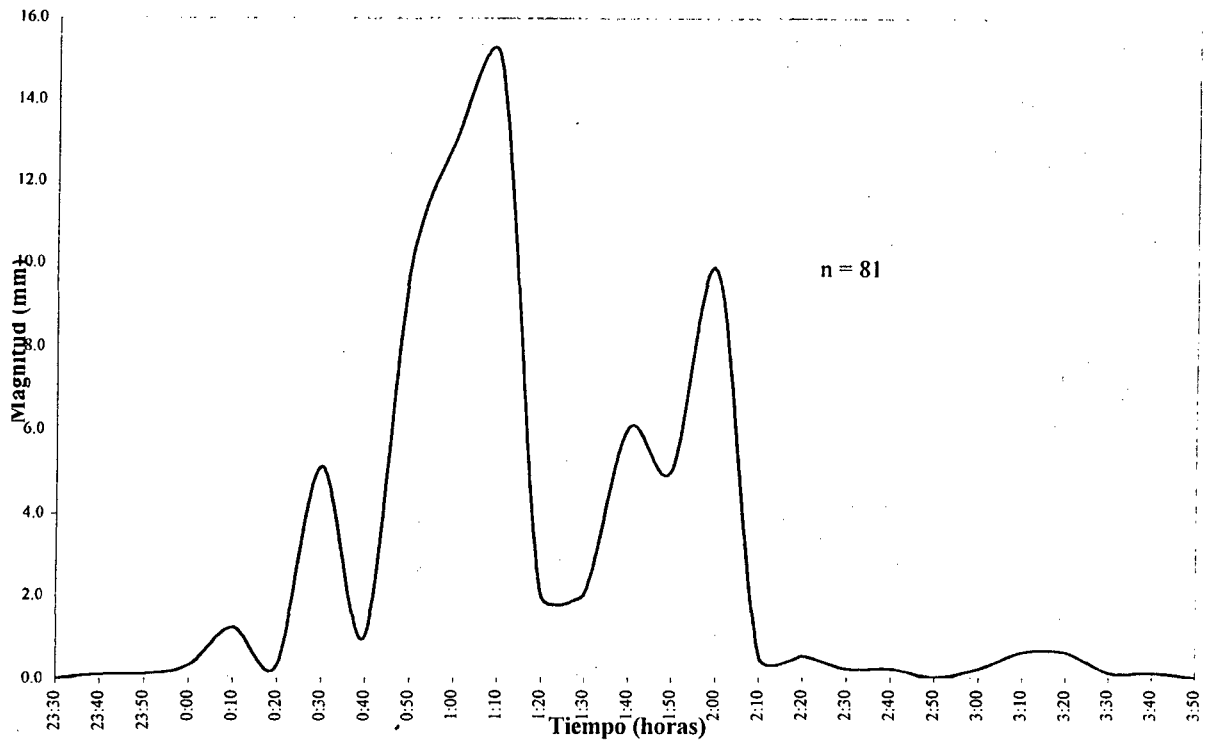


Inicio de lluvia	13/4/98 9:30 PM
Término de lluvia	14/4/98 12:40 AM
Magnitud (mm)	38.5
Duración (min)	190

	$I_{\text{max}} (\text{mm/h})$	$E_{20} (\text{Kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{seg})$
10	68.4	784.4
20	60.0	688.1
30	54.6	626.1
60	34.5	395.6

Sin embargo, la duración total del evento fue de 3 horas 10; lo que significa que en 140; solo hubo una caída de 4.5 mm que representa el 12%, el cual estaría saturando la capacidad de copa.

Fig. 5 Tipicación de un evento compuesto con el mayor valor de $I_{10 \text{ max}}$

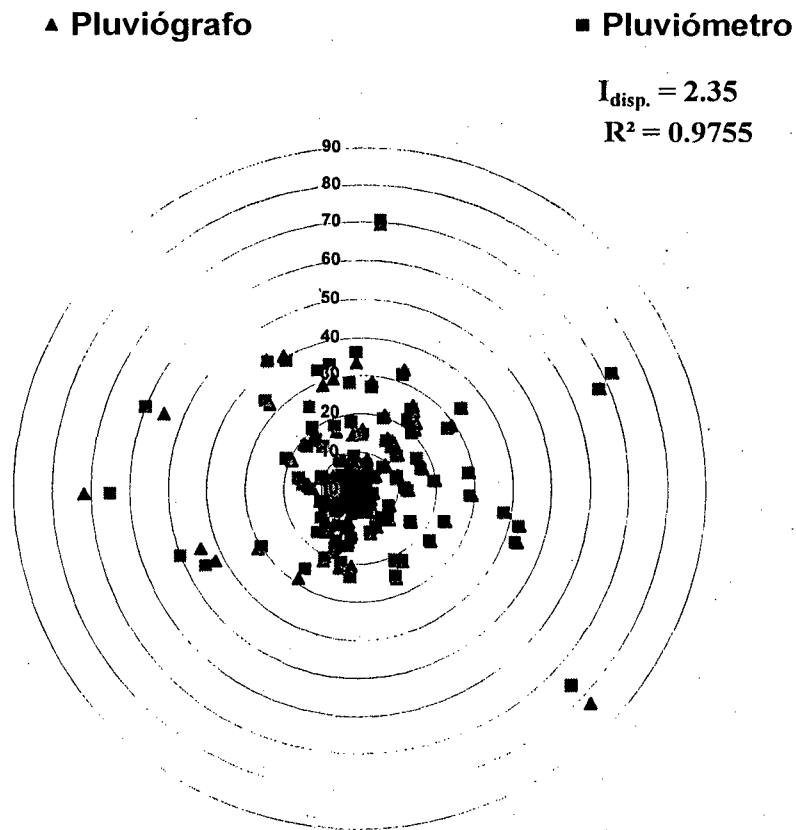


Inicio de lluvia	21/6/98 11:30 PM
Término de lluvia	22/6/98 3:50 AM
Magnitud (mm)	82.8
Duración (min)	260

	I_{max} (mm/h)	E_{k20} (Kg-m/m ² -seg)
10'	90.0	1032.1
20'	84.0	963.3
30'	75.8	869.3
60'	55.0	653.7

El evento compuesto de la **Fig. 5.** tipifica la fluctuación de la magnitud desde las 23:30 horas a 3:50 horas, podemos observar que a este evento lo integran 6 subeventos los cuales alcanzan diferentes intensidades máximas hasta llegar a un pico individual, de esta forma podemos explicar que la suma de intensidades de todo el evento podría estar influenciando la capacidad de intercepción, las observaciones de los múltiples eventos sugieren que al finalizar los eventos con una tendencia paulatina de intensidades mínimas favorecen la acumulación de lluvia en la copa hasta saturar su capacidad.

Fig. 6 Cuantía de la desviación de los valores del pluviómetro respecto a valores Del pluviógrafo.



4.2 Cantidad de precipitación que atraviesa el follaje (Pt) e intercepción (Pi):

El índice de dispersión entre el pluviógrafo y el pluviómetro es de 2.35mm (Fig. 6) calculado a un nivel de significación de ($p = 0.05$); cada evento no difiere ± 2.35 mm entre ambos instrumentos. El objeto de este análisis fue calibrar el sistema de instrumentación, debido a la posible variación espacial de los eventos, el valor del coeficiente de determinación (R^2) se manifiesta como altamente significativo y sugiere una relación estrecha entre ambos instrumentos, lo que permite un alto nivel de confianza al 95% para el análisis de los datos en los demás instrumentos.

En el Cuadro A3 y Fig. A5, es posible observar las ecuaciones de ajuste a una ecuación lineal simple de los instrumentos; en función del pluviómetro, nótese los coeficientes de correlación altamente significativos ($P < 0.01$), los valores bajos de la desviación estándar sugieren una estrecha variación entre las lecturas medidas en los instrumentos. En ninguno de los casos el valor del error típico asociado a cada parámetro de regresión es superior a la unidad.

CUADRO 6. Precipitación total (Pg), cantidad de agua que atraviesa la copa (Pt) e intercepción (Pi), diferenciados de acuerdo al tipo de evento (n = 143).

	PP total Pg	Pm	Pgajust	Pt promedio*	Intercepción (Pi) promedio*
Todos los eventos					
Cantidad (mm)	1876.30	1882.62	2069.92	1636.20	433.71
% de Pg	(n = 143)	(n = 143)	(n = 143)	79.05	20.95
Eventos simples					
Cantidad (mm)	552.10	559.47	610.63	479.30	131.34
% de Pg	(n = 62)	(n = 62)	(n = 62)	78.49	21.51
Eventos compuestos					
Cantidad (mm)	1324.20	1323.15	1459.29	1156.93	302.36
% de Pg	(n = 81)	(n = 81)	(n = 81)	79.28	20.72

* Promedio aritmético de las ocho (08) canaletas

El Cuadro 6, resume la precipitación total (Pg), la cantidad de precipitación que atraviesa el follaje (Pt) en promedio y la intercepción (Pi) según el tipo de evento.

El valor ligeramente alto de (Pt) de los eventos compuestos no refleja pérdidas por evaporación que generalmente disminuye con la duración del evento con una relación inversa. Estudios desarrollados revelan que tales pérdidas pueden ser tan altas como de 0.8 mm/h, Dunnin et. al. (1988), citado por Elsembeer (13). Esto probablemente se dio debido a que los eventos compuestos fueron más comunes en las noches, se encontró valores de (Pt) desde 78.49 a 79.28% de la precipitación total, con un promedio de 78.94%. En los eventos compuestos y simples el valor de la cantidad de lluvia que atraviesa la copa (Pt) es ligeramente diferente (78.49 y 79.28 %) respectivamente.

Situación análoga se aprecia en la intercepción (Pi) (21.51 y 20.72%). Los eventos simples tienen un valor mayor que los eventos compuestos en términos de (Pi); sin embargo, la cantidad de precipitación en los eventos compuestos es mayor que la cantidad de precipitación en los eventos simples, lo cual estaría dando una impresión de que la última fase del evento compuesto tiene una máxima intercepción por la copa, debido a su mínima intensidad simulando a los eventos simples que por lo general tienden a ser de mínimas intensidades; otra explicación de este comportamiento puede atribuirse a que la mayor frecuencia de eventos estudiados tuvieron magnitudes menores de 30 mm y el 62% de las lluvias son menores de 10 mm, lo que refleja una mayor probabilidad de ocurrencia de eventos con bajas intensidades.

Del total de lluvia caída sobre una plantación de coca, es posible que de un 20.72 a 21.51% puede ser interceptada, no encontrándose diferencias significativas entre los eventos simples o compuestos. Raich (1983), publica una serie de valores de (Pt) en una amplia variedad de bosques tropicales que varían de 46 a 97% de la lluvia total caída.

Este rango refleja las diferencias en las condiciones meteorológicas y tipo de vegetación o cobertura de los sitios en estudio, o diferencias en la metodología empleada (13).

CUADRO 7. Precipitación total (Pg), cantidad de agua que atraviesa la copa (Pt) e intercepción (Pi) por estaciones (n = 143)

Estación	PP total	Pmajust.	Testajust.	Pt promedio*	Intercepción (Pi) promedio*
Otoño	430.20	429.77	474.06	376.13	97.93
	(n = 26)	(n = 26)	(n = 26)	79.34	20.66
Invierno	177.70	180.91	196.78	154.02	42.76
	(n = 23)	(n = 23)	(n = 23)	78.27	21.73
Primavera	580.70	583.41	640.84	506.36	134.48
	(n = 47)	(n = 47)	(n = 47)	79.01	20.99
Verano	687.70	688.52	758.24	600.60	157.64
	(n = 47)	(n = 47)	(n = 47)	79.21	20.79

* Promedio aritmético de las (08) canaletas.

El análisis de la precipitación interceptada (Pi) y el Pt por estaciones climáticas esquematizado en el **Cuadro 7**, muestra que el porcentaje de lluvia que atraviesa la copa de coca es independiente de las estaciones del año. Situación parecida es notoria en el porcentaje interceptado, aunque existe variación desde 14.93% a 30.85% en el otoño, esta diferencia podría explicarse por la variabilidad estacional y las labores agronómicas propias del cultivo. Estudios similares en cacao, constatan pérdidas del 27% en el otoño,

esto se explica por la baja capacidad de retención de agua por las hojas nuevas recientemente desarrolladas durante dicha época (7), aunque esta situación no es típica en coca; probablemente las hojas nuevas que emergen después de cada cosecha expliquen las ligeras diferencias.

El **Cuadro A6**, presenta datos de Pt en un amplio rango de ecosistemas de bosques tropicales que varían de 46 a 97% de la lluvia total caída. Este rango refleja las diferencias en las condiciones medioambientales (meteorológicas y tipos de vegetación) de los sitios en estudio o diferencias en la metodología empleada; con fines comparativos se incluyen los valores de Pt calculados en el presente estudio.

Con excepción de la India (Subtrópico Norte), el Pt es más alto en latitudes más bajas, el cual es compatible con los valores calculados en nuestras condiciones, que varía desde 78.49 a 79.28%; sin embargo, debemos considerar aspectos de uniformidad de la copa y superficie específica de intercepción (área foliar) los cuales podrían estar influenciando en los índices de intercepción en función de la densidad de siembra (45,000 - 95,000 pltas/ha) (3).

4.3 Ecuaciones de Regresión

La relación simple entre la lluvia total y el Pt o la Pi, son ampliamente usados como herramientas predictivas. Algunas veces las pocas estaciones meteorológicas existentes solo registran el total de lluvias diarias; de esta manera, datos sobre otras variables de una lluvia que afectan los procesos de intercepción como por ejemplo intensidad, duración del evento, duración del periodo seco que antecede una lluvia no son aún fácilmente disponibles; sin embargo, con solo conocer la magnitud de la lluvia es posible predecir la Pt para un ecosistema específico.

Cuadro 8. Resumen de las ecuaciones de regresión lineal del (Pt) con la precipitación total (Pg) y su transformación logarítmica (Log Pg), acompañada del error estándar.

Tipo de evento	Intercepto	Pendiente	R ²	C.V. ^{1/} (%)	Signif.
Datos originales					
Total	-0.373 ± 0.338	0.872 ± 0.015	0.986	15.42	**
Simples	0.032 ± 0.285	0.814 ± 0.018	0.990	13.57	**
Compuestos	-0.535 ± 0.577	0.866 ± 0.022	0.984	14.70	**
Ajustado a Log(Pg)					
Total	-0.106 ± 0.012	1.020 ± 0.012	0.993	7.26	**
Simples	-0.101 ± 0.016	1.027 ± 0.018	0.994	9.38	**
Compuestos	-0.115 ± 0.019	1.022 ± 0.017	0.993	6.01	**

^{1/} Se escogieron estas ecuaciones debido a los menores C.V, para cada evento total en los dos grupos.

Los resultados de la regresión entre el Pt y la precipitación total (Pg), se presenta en los Cuadros A7 y A8. Los datos originales fueron transformados logarítmicamente (el **Cuadro 8** resume los valores de menor coeficiente de variación) antes de su procesamiento se analizaron los eventos simples y compuestos. El uso de las variables transformadas logarítmicamente mejoró el coeficiente de determinación (R^2) y el coeficiente de variación para todos los casos, pero genera un mayor error estándar en los eventos simples en el coeficiente de regresión; sin embargo, el error estándar del intercepto se redujo en todos los casos.

El coeficiente de regresión de los eventos compuestos es similar al de los eventos simples y del total de eventos; esta particularidad ocasiona que la estimación de la lluvia interceptada (Pi) no es significativamente diferente en cualquiera de los eventos (ver **Cuadros 6 y 7**). Los parámetros estimados para el caso de los eventos simples y compuestos no son diferentes a los del total de eventos; esto sugiere que el Pt puede ser estimado con las lecturas de lluvias totales diarias (Pg). Es probable que un día de lluvia en estas condiciones medioambientales y/o meteorológicas abarque un evento simple e incluso uno compuesto.

La primera relación del total de eventos del **Cuadro 8** es:

$$Pt = - 0.373 \pm 0.338 + 0.872 \pm 0.015Pg \dots\dots\dots (1)$$

Esta ecuación es factible donde solo se registra la precipitación total diaria. La ecuación (1) resta importancia a las otras variables de una lluvia involucrada en los procesos de intercepción diferentes a la magnitud, para condiciones medioambientales similares al presente estudio, de intensidades altas y donde se presentan tanto eventos simples y compuestos.

Bultot et al. (1972), citado por Elsembeer (13) muestra la importancia de la intensidad de la lluvia; por ejemplo las 160 lluvias que registró en su estudio tuvieron como intensidad media de 1.5 mm/h, no se registraron intensidades máximas ni la duración del evento; concluye que la intercepción más baja se suscita con intensidades altas debido a la menor evaporación de la copa. También Reutter (1971), concluye al igual que Bultot et al. (1972) que la intercepción se relaciona inversamente con la intensidad, aunque más tarde Jackson (1975), muestra resultados en el que los incrementos de intercepción se dan al incrementar las intensidades (7, 13).

4.4 Capacidad de copa S:

Si (S) fuese un parámetro estrictamente biométrico podría calcularse directamente de los parámetros de la regresión dados para cada Pg' asumidos; en el **Cuadro 9**, siguiendo la metodología descrita en el capítulo anterior (Método de Jackson et al, 1975) (13, 22).

El valor de $Pg' = 3.5$ mm forma la pendiente mas baja (valor b) en todas las canaletas, excepto en la canaleta C2; sin embargo, los bajos coeficientes de determinación (R^2) para estos datos, comparado con los calculados en el **Cuadro 8**, sugieren que otras variables estén involucrados. Se procedió al análisis de regresión cuadrática y logarítmica con los mismos valores asumidos de Pg' , en función de todas las variables en estudio: Magnitud (Pg), antecedente de periodo seco (PS), Duración del evento (DU), I_{10} max, I_{20} max, I_{30} max y Ek_{20} minutos. El **Cuadro 10**, resume algunas de las variables significativas para los valores de Pg' asumidos.

En los eventos más grandes de Pg' ($Pg > Pg'$), es decir después de que la copa este llena, ninguna variable de la lluvia predice el Pt. La influencia de las otras variables es en su mayoría significativa, sí la $Pg < Pg'$.

Cuadro 9. Parámetros de regresión entre el Pt con la precipitación total (Pg), en $Pg < Pg'$, con varios valores de Pg' asumidos. Solo se consideraron los eventos simples.

Pg' (mm)	Canaleta C ₁			Canaleta C ₂			Canaleta C ₃			Canaleta C ₄		
	a	b	R ²	a	b	R ²	a	b	R ²	a	b	R ²
1.0	0.06	0.71	0.59	0.06	0.66	0.60	-0.05	0.61	0.47	0.04	0.72	0.60
1.5	0.01	0.78	0.75	0.04	0.73	0.78	-0.07	0.68	0.67	0.06	0.71	0.71
2.0	-0.21	1.09	0.82	-0.23	1.12	0.78	-0.38	1.15	0.82	-0.15	1.02	0.75
2.5	0.01	0.84	0.75	0.09	0.74	0.68	-0.11	0.83	0.75	0.11	0.71	0.68
3.0	0.21	0.65	0.58	0.25	0.58	0.56	0.10	0.62	0.58	0.27	0.55	0.53
3.5	0.29	0.57	0.52	-0.15	0.94	0.51	0.22	0.51	0.49	0.41	0.43	0.46
4.0	0.02	0.80	0.42	-0.27	1.04	0.48	0.02	0.68	0.46	0.03	0.74	0.35

Pg' (mm)	Canaleta C ₅			Canaleta C ₆			Canaleta C ₇			Canaleta C ₈		
	a	b	R ²	a	b	R ²	a	b	R ²	a	b	R ²
1.0	-0.06	0.67	0.81	0.08	0.65	0.53	-0.12	0.92	0.80	0.03	0.64	0.60
1.5	-0.09	0.75	0.83	-0.02	0.82	0.79	-0.14	0.96	0.92	-0.15	0.95	0.86
2.0	-0.41	1.21	0.87	-0.28	1.20	0.88	-0.39	1.32	0.85	-0.38	1.28	0.88
2.5	-0.06	0.81	0.72	0.11	0.74	0.68	0.01	0.85	0.68	0.00	0.85	0.71
3.0	0.13	0.61	0.57	0.30	0.55	0.52	0.24	0.62	0.49	0.19	0.66	0.57
3.5	0.25	0.50	0.52	0.41	0.46	0.44	0.34	0.53	0.45	0.34	0.52	0.45
4.0	0.04	0.68	0.45	0.05	0.76	0.35	0.12	0.71	0.43	0.02	0.78	0.37

Cuadro 10. Resumen de las variables significativas para la predicción del (Pt), para eventos simples; todos los eventos del análisis fueron precedidos de un $PS \geq 8$ horas.

Pg'	Variables	R ²
1.0	PS ²	0.99
1.5	PS ² , Pg ²	0.98, 0.97
2.0	Pg ² , I ₃₀ max ²	0.92, 0.83
3.0	Pg ² , I ₃₀ max ²	0.82, 0.83
3.5*	Pg ² , I ₃₀ max ² , LogEK ₂₀	0.81, 0.80, 0.67
4.0	Pg ² , LogI ₃₀ max	0.80, 0.68

PS : Duración del periodo seco

Pg : Precipitación total

I₃₀max : Intensidad máxima a los 30'

EK₂₀ : Energía cinética calculada a intensidad máxima de 20'

* Se realizó el gráfico que define la curva cuadrática para estimar el punto de inflexión (en los otros casos la curva no se ajustó)

Cuadro 11. Resumen de las variables significativas para la predicción del Pt en los eventos simples; mediante regresión lineal múltiple para algunos valores de Pg' asumidos.

Pg'	Variables independientes	R ²	Signif. ^a	Canaleta
2.5	EK ₂₀ , I ₁₀ max, I ₂₀ max, I ₃₀ max, PS, DU, Pg	0.905	n.s.	C1
	I ₁₀ max, I ₂₀ max, I ₃₀ max, PS, DU, Pg	0.895	n.s.	C1
	EK ₂₀ , I ₁₀ max, I ₂₀ max, I ₃₀ max, PS, DU	0.948	n.s.	C3
3.5	EK ₂₀ , I ₁₀ max, I ₂₀ max, I ₃₀ max, PS, DU, Pg	0.913	n.s.	C1
	EK ₂₀ , I ₁₀ max, I ₂₀ max, I ₃₀ max, PS, DU	0.918	*	C3
	EK ₂₀ , I ₁₀ max, I ₂₀ max, I ₃₀ max, PS, DU, Pg	0.919	*	C3
4.0	EK ₂₀ , I ₁₀ max, I ₂₀ max, I ₃₀ max, PS, Pg	0.718	n.s.	C8
	EK ₂₀ , I ₁₀ max, I ₂₀ max, I ₃₀ max, PS, DU, Pg	0.719	n.s.	C8

^a: Significación F, del ANVA de regresión múltiple, que mide el grado de influencia de las variables en el valor de Pt (Ver Anexo).

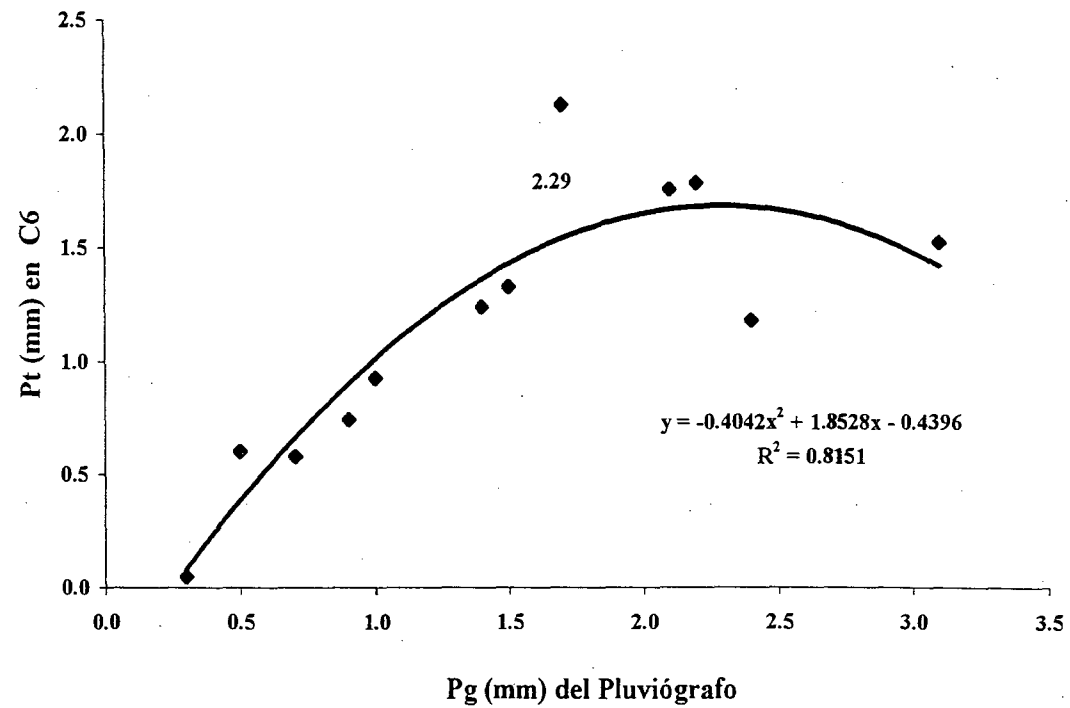


Fig. 7. Curva cuadrática de los eventos menores de 3.5 mm que permite estimar el índice de copa (S) en el punto más cercano al P_g asumido.

En el **Cuadro 10**, es posible observar altos valores de R^2 , solo para un valor de $Pg'=3.5$ mm; los valores de Pg^2 generan una curva cuadrática que describe un punto de inflexión que representa teóricamente el punto donde la copa es cubierta por un evento y, puede estimarse como un valor de S , Pook et al. (1991) (13). La ecuación descrita por:

$$Pt = - 0.4042Pg^2 + 1.8528Pg - 0.4396..... (2)$$

Puede ser usada en ecosistemas donde solo se registra la Pg , para estimar S (ver **Fig. 7**).

En el **Cuadro 11**, se resumen las variables que influyen significativamente en el valor de Pt ; sin embargo sólo en $Pg'=3.5$ mm el efecto acumulado de las variables independientes en el Pt es significativo, probablemente la ausencia de significación a otros valores de Pg' son debido al bajo número de datos. Resaltan la Ek_{20} , intensidades máximas a los 10, 20 y 30 minutos, la duración del periodo seco (DS), duración del evento (DU) y la precipitación total (Pg); nótese que a pesar de los altos coeficientes de determinación, estas variables sólo tienen un efecto significativo en $Pg'=3.5$ mm.

El análisis de regresión múltiple de las variables significativas se expone en el **Cuadro 12**, es posible ver la alta significación estadística de los coeficientes de las variables: EK_{20} e I_{20max} , en otras palabras, estos dos parámetros contribuyen significativamente en el valor de Pt y pueden ser variables confiables para tener en cuenta en la estimación de la intercepción en condiciones similares a este estudio.

Cuadro 12. Resumen de los coeficientes estimados de cada variable independiente para la regresión múltiple; asociando el error estándar a cada valor.

Coef.	Pg' = 3.5mm C1	Signf.	Pg' = 3.5mm C3	Signf.	Pg = 3.5mm C3	Signf.
Constante	-0.65655 ± 0.5821	n.s.	-0.71447 ± 0.4298	n.s.	-0.67923 ± 0.49332	n.s.
EK ₂₀	0.4681 ± 0.6103	n.s.	1.37589 ± 0.40229	*	1.30422 ± 0.517215	n.s.
I ₁₀ max	-0.1689 ± 0.1472	n.s.	-0.24377 ± 0.0973	n.s.	-0.22664 ± 0.124748	n.s.
I ₂₀ max	-3.8975 ± 6.4503	n.s.	-13.9550 ± 4.2374	*	-13.18999 ± 5.46675	n.s.
I ₃₀ max	-2.3815 ± 1.1811	n.s.	-1.72542 ± 0.7808	n.s.	-1.86300 ± 1.00101	n.s.
PS	0.0001 ± 0.00006	n.s.	0.00010 ± 0.00003	n.s.	0.0001105 ± 0.00004	n.s.
DU	0.0192 ± 0.0205	n.s.	0.02514 ± 0.01419	n.s.	0.023090 ± 0.017436	n.s.
Pg	2.0143 ± 1.5400	n.s.			0.35638 ± 1.305224	n.s.

Signf. Prueba de t-student, que mide el efecto de la variable independiente

* Significación a 0.05

Cuadro 13. Estimación de S en cada una de las ecuaciones ajustadas (1, 2 y 3) que infieren el valor de Pt, y luego reemplazadas en la ecuación (4).

Tipo de ecuación	Valor de Pt (mm)	Valor de S (mm)
Lineal del total de eventos (1)	2.68	0.82
Cuadrática de Pg (2)	1.10	2.40
Lineal múltiple (3)	1.71	1.79

Del **Cuadro 12**, se deriva la siguiente ecuación lineal múltiple:

$$P_t = -0.71447 + 1.37589EK_{20} - 0.24377 I_{10\max} - 13.9550 I_{20\max} - \\ 1.72542 I_{30\max} + 0.00010 PS + 0.02514 DU \dots\dots\dots (3)$$

Solo en condiciones meteorológicas de eventos con $P_g < P_g'$, donde las intensidades máximas en periodos cortos son bajas, es posible ignorar una relación múltiple con las otras variables de lluvia diferentes a la precipitación total, y estimar S con bastante aproximación. En ecosistemas con eventos simples de intensidades altas en cortos periodos de tiempo, pueden sobrestimar el valor de S (13).

La capacidad de copa está dada por:

$$S = P_g' - P_t \dots\dots\dots (4)$$

Donde P_t es la cantidad de lluvia que atraviesa la copa después de que la P_g es aproximadamente igual a la P_g' ($P_g \cong P_g'$); de los valores asumidos de P_g' , el que mejor se ajustó en cada ecuación predictiva de la P_t fue de 3.5 mm; por ello se reemplazó en las ecuaciones 1, 2 y 3 el valor observado de $P_g \cong P_g'$ asumido en este caso fue de 3.498 mm.

Los valores estimados de P_t y S del **Cuadro 13**, derivan del reemplazo de $P_g \cong P_g' = 3.498$ mm en las ecuaciones (1) y (2), en virtud a que originaron el coeficiente de regresión más bajo (Ver **Cuadro 9** y **Cuadro 10**); sólo en el caso de la ecuación (3) se reemplazaron los valores de las demás variables que derivan de una $P_g \cong P_g' = 3.498$ mm.

En el **Cuadro 10**, es posible observar altos valores de R^2 , solo para un valor de $Pg'=3.5$ mm; los valores de Pg^2 generan una curva cuadrática que describe un punto de inflexión que representa teóricamente el punto donde la copa es cubierta por un evento y, puede estimarse como un valor de S , Pook et al. (1991) (13). La ecuación descrita por:

$$Pt = - 0.4042Pg^2 + 1.8528Pg - 0.4396 \dots \dots \dots (2)$$

Puede ser usada en ecosistemas donde solo se registra la Pg , para estimar S (ver **Fig. 7**).

En el **Cuadro 11**, se resumen las variables que influyen significativamente en el valor de Pt ; sin embargo sólo en $Pg'=3.5$ mm el efecto acumulado de las variables independientes en el Pt es significativo, probablemente la ausencia de significación a otros valores de Pg' son debido al bajo número de datos. Resaltan la Ek_{20} , intensidades máximas a los 10, 20 y 30 minutos, la duración del periodo seco (DS), duración del evento (DU) y la precipitación total (Pg); nótese que a pesar de los altos coeficientes de determinación, estas variables sólo tienen un efecto significativo en $Pg'=3.5$ mm.

El análisis de regresión múltiple de las variables significativas se expone en el **Cuadro 12**, es posible ver la alta significación estadística de los coeficientes de las variables: EK_{20} e I_{20max} , en otras palabras, estos dos parámetros contribuyen significativamente en el valor de Pt y pueden ser variables confiables para tener en cuenta en la estimación de la intercepción en condiciones similares a este estudio.

Se ha estimado el valor de área foliar específica por planta de coca, 0.23 m²/planta (Area Meter CI-201, CID, Inc.) para calcular la superficie específica de la copa a la cual puede atribuirse una cantidad en volumen de retención de agua de lluvia en un área determinada de cultivo (Cuadro A17). Con fines comparativos se muestra el valor del área foliar potencial, 0.10 m²/planta (método PCA LI-COR Plant Canopy Analyzer) en plantas de 3 años de edad (1). Los dos valores de superficie de área foliar permite esquematizar en el **Cuadro 14.** inferir la fluctuación de los procesos de intercepción en el ámbito nacional, basándose en el índice de copa del cultivo (1.79 mm) se estimó la capacidad potencial de retención de lluvia por la copa/ha de *Erythroxylum coca* L; si consideramos las 51,000 ha de coca cultivadas a nivel nacional podríamos tener una idea de la alta variación del ciclo hidrológico por proceso de intercepción de lluvias por este cultivo.

Cuadro 14. Cantidad de precipitación interceptada por la copa en las áreas cocaleras del Perú, en el año 1998, (S = 1.79 mm).

Año	Area cultivada (Has)*	Distanciamiento (plantas/golpe)**	Densidad Plantas/ha	Area foliar específica (m ² /ha)	Cantidad potencial de retención (lt/ha)
1998	51,000	0.80 x 0.70 (4)	70,000	7,000	12,530

* Control y Reducción del cultivo de Coca en el Huallaga (CORAH)

** Convenio UNAS-ARS-NAS

V. CONCLUSIONES

1. Las pérdidas de lluvia por intercepción, en una plantación de coca es una función de los factores fenológicos, climáticos y del régimen de lluvias del sitio de evaluación; las variables de un evento de precipitación que influyen significativamente en los procesos de intercepción son: la energía cinética generada por la intensidad máxima a los 20 minutos, la precipitación total y la intensidad en cortos periodos de lluvia.
2. El índice de percolación de lluvias a través del follaje o copa, varía desde 78.94 a 79.28%, sin diferencias significativas de acuerdo al tipo de evento y de estacionalidad. De acuerdo a esto las pérdidas anuales de lluvia por intercepción están en tenores del 20.72 al 21.51%.
3. El índice de copa determinado para el cultivo en estudio se estima en 1.79 mm, este resultado concuerda con los valores medidos en otras partes del trópico húmedo; tal valor, permite estimar pérdidas de lluvia por procesos de intercepción en el ámbito nacional de 12,530 Lt/ha.
4. Las elevadas pérdidas de lluvia por intercepción en el cultivo de coca están favorecidas por la uniformidad del estrato, altas densidades de siembra y además favorecen la evaporación del suelo y la evapotranspiración potencial del cultivo.

VI. RECOMENDACIONES

1. En virtud a que el modelo de predicción del índice de copa adoptado en el presente trabajo concuerda con valores publicados en otras partes del trópico húmedo, es posible predecir con bastante aproximación pérdidas de lluvia por interceptación en condiciones similares al presente estudio.
2. Los resultados preliminares del presente trabajo, sugieren establecer estudios referidos a pérdidas por erosión, escorrentía superficial y pruebas de conductividad hidráulica siguiendo los parámetros de evaluación de lluvia, para conocer el impacto real del cultivo de coca en este ecosistema específico.

VII. RESUMEN

La transformación del bosque implica una serie de cambios ambientales que alteran las funciones de un ecosistema natural que dependen del ciclo hidrológico; el cultivo de coca (*Erythroxylum coca* var. coca) es una de las actividades humanas de mayor impacto en la selva peruana. La intercepción de lluvias por la copa de un bosque y la posterior evaporación del agua interceptada es un componente significativo en el equilibrio hidrológico. Así, el desbosque de miles de hectáreas y posterior remplazo por otros cultivos, pueden producir cambios significativos en la cantidad de agua que logra alcanzar el suelo y cerrar el ciclo normal del agua. Las pérdidas por intercepción del cultivo de coca en la cuenca del alto Huallaga (Perú), fueron determinadas registrando la lluvia total en un pluviógrafo Lechman de registro diario, pluviómetro de cuña y una canaleta; La fracción de precipitación que atraviesa la copa (Pt) fue colectada en 8 canaletas ubicadas debajo de la copa de la planta durante el periodo Febrero de 1998-99. La lluvia total fue de 2277.3 mm y las pérdidas por intercepción total de 433.71 mm (20.95%), calculadas basándose en 143 eventos (2069.2 mm) y el Pt de 1636.2 mm (79.05%). No se encontraron variaciones entre eventos simples y compuestos y tampoco entre estaciones climáticas. Se ajustaron mediante regresiones lineales los valores de Pt e intercepción (Pi) utilizando datos de 143 eventos de lluvia, solo el Pt y la precipitación total (Pg) se relacionaron estrechamente mediante la siguiente ecuación: $Pt = -0.373 \pm 0.338 + 0.872 \pm 0.015Pg$. El método de Jackson (1975), permite asumir valores de Pg' (definida como la cantidad de precipitación que satura la copa), el valor de $Pg'=3.5$ mm bajo la asunción de $Pg < Pg'$ ajusta mejor los datos en ecuaciones cuadrática y logarítmica de las variable Pg y duración del periodo seco antes del evento.

El análisis de regresión múltiple determina que el efecto acumulado de las variables de lluvia no es significativo, a pesar de los altos coeficientes de determinación; sin embargo, la intensidad a los 20 minutos y la energía cinética en el mismo tiempo, tienen un efecto significativo en la cantidad de agua interceptada. Se estimó el índice de copa (S) y coeficiente de Pt mediante las ecuaciones propuestas por el método de Jackson (1975), en 1.79 mm y 1.71 mm, respectivamente. La cantidad de agua de lluvia interceptada por hectárea del cultivo se estima en 12,530 litros, haciendo uso del valor de la superficie específica de $0.23 \text{ m}^2/\text{planta}$.

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. ACOCK, M.C.; DAUGHTRY C. S.; BEINHART, E.; HIRSCHMANN E. & ACOCK B. 1994. Estimating leaf mass from light interception measurements on isolated plants of *Erythroxylum* species. *Journal Agronomy* 86: 570-574.
2. APECO/UICN. 1994. Guía introductoria de los métodos de evaluación del impacto ambiental. Editado por Merino E. V. Editorial Diálogo S.A. Lima, Perú 51p.
3. ARS. 1995. Major coca and opium producing nations; cultivation and production estimates. 1991 - 1995, Catalogo estadístico.
4. BANCO MUNDIAL, 1991. Libro de consulta para evaluación ambiental. Vol. 2, Lineamientos sectoriales, Washington D.C., 265p.
5. BARSALLO, B. J. & GORDILLO T. E. 1998. Drogas; responsabilidad compartida. J.C editores. Lima, Perú, 221p.
6. BRINGFEL, T. B.; HARSMAR P.O. 1974. Rainfall interception in a forest in the Velen hydrological representative basin. *Nordic Hydrology* 5: 146-165.
7. CALHEIROS DE M. R. 1987. Interceptacao da chuva por cacaueiros no sudeste da Bahia. *Theobroma* 17: 251-258.

8. CAYLOR, K.; CHARLOTTESVILLE, VA; H. H. SHUGART & S. D. PRINCE.
1998. The importance of structure in inter-annual vegetation-atmosphere dynamics. In The Conference on Agricultural and Forest Meteorology (XXIII, 1998, Albuquerque, New México). American Meteorological Society. Univ. of Virginia. Abstract.
9. CONCYTEC. 1989. Hidrología. Pontifica Universidad Católica del Perú. Lima, Perú. 223p.
10. DOUROJEANNI, R. A. 1965. La ecuación universal de pérdida de suelo y su aplicación al planteamiento del uso de las tierras agrícolas; estudio del factor de las lluvias en el Perú. Tesis Ingº Agrícola. Universidad Agraria de la Molina. Lima, Perú. 72 p.
11. DOUROJEANNI, R. A. 1982. Recursos naturales y desarrollo en América Latina y el Caribe. Lima, Perú, 434p.
12. DROGAS/PRODUC.4.HTM 1998. El impacto de la producción de coca sobre el medio ambiente: Web <http://www.rree.gob.pe/ambp>.
13. ELSENBEER, H. D.; CASSEL D.K. & ZUÑIGA L. 1994. Throughfall in the terra firme forest of western Amazonía *Journal of Hydrology* 32: 30-45.
14. FAO, 1989. Monitoreo de procesos de deforestación y degradación en bosque húmedo tropical; documento de campo N° 15. Lima, Perú. 800p.

15. FGCP. 1997. Metodología para la medición del impacto ambiental de proyectos del Fondo General Contravalor Perú Canadá. Editado por Huamantínco A., Alicia & Arias N. E. Lima, Perú. 50p.
16. GARCIA, V.J. 1994. Principios de climatología, Ediciones UNALM. Lima, Perú, 450p.
17. GASH, J.H.; MORTON A.J. 1978. An application of model to the estimation of the interception loss from thetford forest. *Journal of Hydrology* 38: 49-58.
18. HAMBURGO, S. P. & TENG-CHIU LIN. 1998. Química de Throughfall de un bosque ecotonal en la costa de llanura: webb de internet. Pags. 1456-1463
19. HOLDRIDGE, L. R. s.a. Guía explicativa del mapa ecológico del Perú. Cap. 1, Clasificación de las zonas de vida del mundo. Pp: 1-15.
20. INADE. 1993. Monitoreo de la deforestación de la cuenca del río Huallaga utilizando técnicas de percepción remota y sistema de información geográfica. APODESA. Lima, Perú, 47p.
21. INADE/APODESA/FUNDEAGRO. 1992. Estudio climatológico de la cuenca del río Aguaytía y el área de confluencia del río Pachitea con el río Ucayali. Lima, Perú. 43p.
22. JACKSON, I. J. 1975. Relationships between rainfall parameters and interception by tropical forest. *Journal of Hydrology* 24: 275-283.

23. KIRKBY, M. J & MORGAN, R. P. 1993. Erosión de suelos. Trad. por Hurtado V. J. 2edc. Limusa, México, 368p.
24. LITTLE, M. T. & HILLS J. F. 1985. Métodos estadísticos para la investigación en agricultura. 6edc. Trillas, México. 268 p.
25. LOPES, J.; PHILIP R.; JUDITH K. & WHATLEY. 1991. SAS: System for Regression 2ed. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 210 p. 26.
26. LU, SHIANG-YUE, & KAI-JUNG TANG. 1995. Study on Rainfall Interception Characteristics of Natural Hardwood Forest in Central Taiwan. Bull. Taiwan For. Res. Inst. New Series, 10(4): 447-457.
27. LUQUE, A. J. 1981. Hidrología agrícola aplicada. Edigraf. Buenos Aires, Argentina. 326p.
28. LLOYD, C. R.; MARQUES F.A. 1988. Spatial variability of throughfall and stemflow measurements in an Amazonian rainforest. *Agricultural and Forest Meteorology* 42: 63-73.
29. MENDE, M. E.; M. M. VILLAGRA; M. D. DE SOUZA; O.S. BACCHI & K. REICHARD. 1991. Relações hídricas em seringal no município de piracicaba, sp. comp. por A. L. Reyes y G. Camargo R. (CIAGRI/USP).
30. MOLINA, M. G. 1974. Hidrología. Universidad Nacional Agraria la Molina; Departamento de recursos de agua y tierra. Lima Perú. 113p.

31. MUÑOZ, A. K., 1992. Condiciones básicas para el monitoreo del impacto de las actividades humanas en los ecosistemas húmedos y subhúmedos de América del sur; centro de datos para la conservación. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias Forestales. Lima, Perú, 65p.
32. PAEZ, C. J. 1937. Lecciones de cultivos tropicales; apuntes del curso. Escuela Nacional de Agricultura y Veterinaria. Lima, Perú. 47p.
33. PIDWIRNY, M. 1996. Hydrology: the geographic study of the hydrosphere; Interception, Stemflow, Canopy Drip and Throughfall. Department of Geography, Okanagan University College Copyright © 1996-99.
34. PNUD, 1989. Estudio edafoclimático del área de influencia de la cooperativa agraria Alto Huallaga Ltda. Uchiza. Editado por Junes C.D. & Olivera N.J. Tingo María, Perú Vol. 1. 65p.
35. REYES, C. L. 1992. Hidrología básica. Lima, Perú. 161p.
36. RIBEIRO, A.; N. A. CALASANS; M. O. SANTANA; G. C. SEDIYAMA; J. M. N. COSTA; & P. J. HAMAKAWA. 1998. Influence of the sequence and intensity of rain events and atmospheric conditions in the evaporation of the intercepted water by the amazon forest. In The Conference on Agricultural and Forest Meteorology (XXIII, 1998, Albuquerque, New México). American Meteorological Society. Univ. Federal de Vicosa, Vicosa, MG, Brazil. Abstract.

37. ROLDAN, P.G. 1992. Fundamentos de limnología Neotropical. Editorial
38. SANCHEZ, A. P. 1981. Suelos tropicales; características y manejo. Trad. del inglés por E. Camacho. IICA. San José, Costa Rica. 660P.
39. SASTRI, A.S.R.A.S. 1995. Water Balance of Forest Land in Chhattisgarh Region of Central India In The Conference on Agricultural and Forest Meteorology (XXIII, 1998, Albuquerque, New México). American Meteorological Society. A.S.R.A.S. Sastri, Indira Ghandi Agricultural University, Raipur (M.P.) 492 012, India Abstract.
40. SAXENA, R. K. 1986. Estimation of canopy reservoir capacity and oxygen -18 fractionation in throughfall in a pine forest. *Nordic Hydrology* 17: 251-260.
41. SOPAUSKIENE, D. & D. JASINEVICIENE 1999. Atmospheric precipitation and throughfall chemistry in coniferous forests of lithuania. In The Conference on Agricultural and Forest Meteorology (XXIII, 1998, Albuquerque, New México). American Meteorological Society. Institute of Physics, A.Gostauto 12, 2600 Vilnius, Lithuania. Abstract.
42. SPITTLEHOUSE, L. D. 1998. Rainfall interception in young and mature conifer forests in british columbia. In The Conference on Agricultural and Forest Meteorology (XXIII, 1998, Albuquerque, New México). American Meteorological Society. BC. Forest Service, Victoria, bc, Canadá.

43. TORRES, R. E. 1995. Agrometeorología, Trillas UAAAN México 154p.
44. TOSCANO, R. 1950. Meteorología descriptiva y dinámica. Impt. Universitaria. México. 195p.
45. UNCP/IIF, 1994. Manejo de cuencas. Editado por Zorrilla D.E. & Parra V.C. Huancayo, Perú. Vol. 1. 65p.
46. URRELO G. R. 1995 Impacto ecológico del cultivo de coca en la Amazonía peruana y en el mundo. In Foro Internacional Coca Ecología y Desarrollo Alternativo (20-22 Jun, 1995, Tingo María, Perú) 12p.
47. VALDIVIA, P. J. Meteorología general. Lima, Perú.
48. VEN TE CHOW, D.; MAIDMENT L. & WAYS, W. 1994. Hidrología aplicada, Colombia, 584p.
49. WARBURGO, H. & SEMLER P. 1978. Die tropische agricultural. 2 ed. Vol. 1. Lima, Perú. 41p.
50. WILM, H.G. 1943. Determining net rainfall under a conifer forest. Journal of Agricultural Research 67: 501-513.

ANEXO

**Cuadro A1. Distribución de frecuencia del total de eventos registrados en el período
Febrero 1998 - 99.**

Intervalo	Pluviógrafo	Pluviómetro	Testigo	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8
0-10	107	107	101	112	113	121	115	115	115	114	114
10-20	35	35	37	35	36	36	36	37	36	37	35
20-30	22	22	19	18	16	13	18	17	18	18	19
30-40	6	6	12	7	9	6	7	7	7	7	8
40-50	6	6	7	4	2	1	1	1	1	1	1
50-60	1	1	0	1	1	4	1	1	1	1	0
60-70	2	2	1	4	4	1	3	3	3	3	4
70-80	2	2	4	1	1	0	1	1	1	1	1
80-90	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90-100	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182

**Cuadro A2. Distribución de frecuencia de eventos menores de 10 mm de precipitación
registrados en el período Febrero 1999 - 99.**

Intervalo	Pluviógrafo	Pluviómetro	Testigo	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8
0.0 - 1.5	33	26	28	39	36	39	39	43	39	29	33
1.5 - 3.0	25	28	26	26	29	31	28	26	28	35	32
3.0 - 4.5	21	18	17	17	17	17	15	16	15	17	17
4.5 - 6.0	8	14	12	11	11	11	12	9	12	12	11
6.0 - 7.5	9	8	10	6	6	9	6	6	6	7	7
7.5 - 9.0	5	6	6	8	8	8	10	12	10	7	7
9.0 - 10.5	6	7	2	5	6	6	5	3	5	7	7
Total	107	107	101	112	113	121	115	115	115	114	114

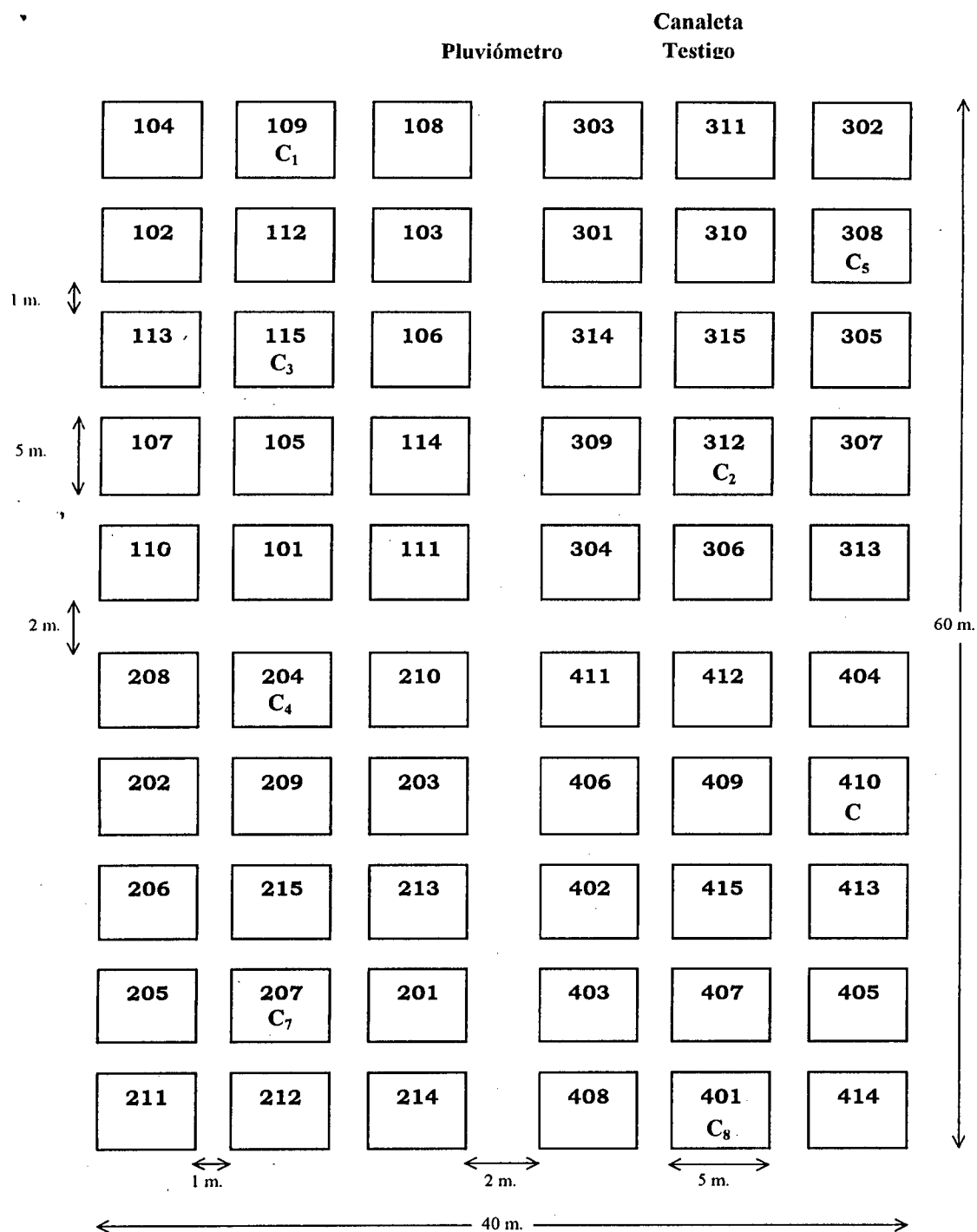


Fig. A1. Croquis de distribución de los instrumentos en la parcela experimental de coca, Convenio UNAS - ARS - NAS

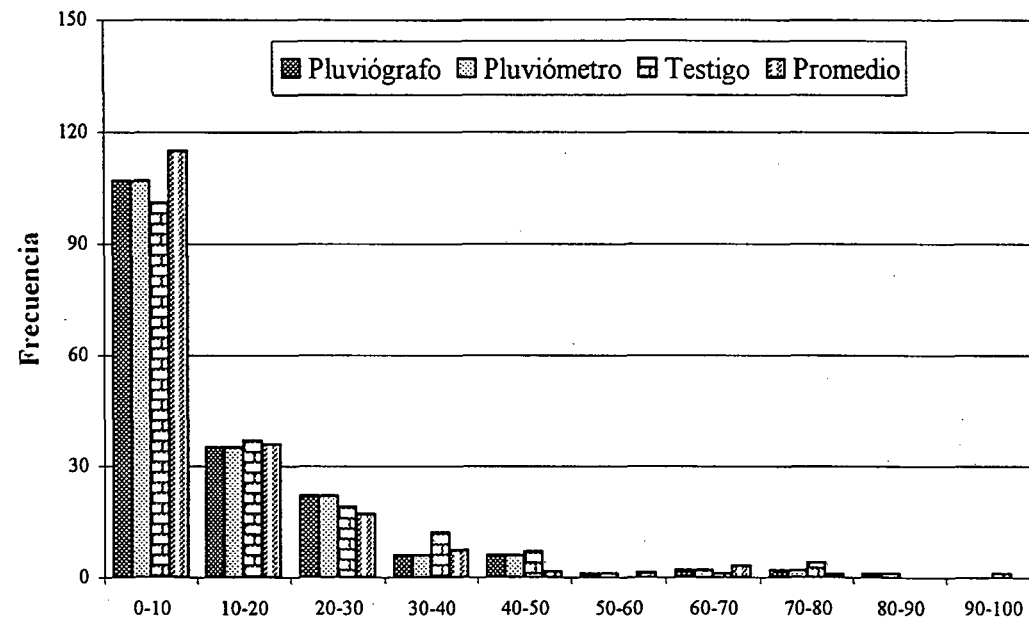


Fig. A2. Distribución de frecuencias del total de eventos durante el período Febrero 1998 - 99.

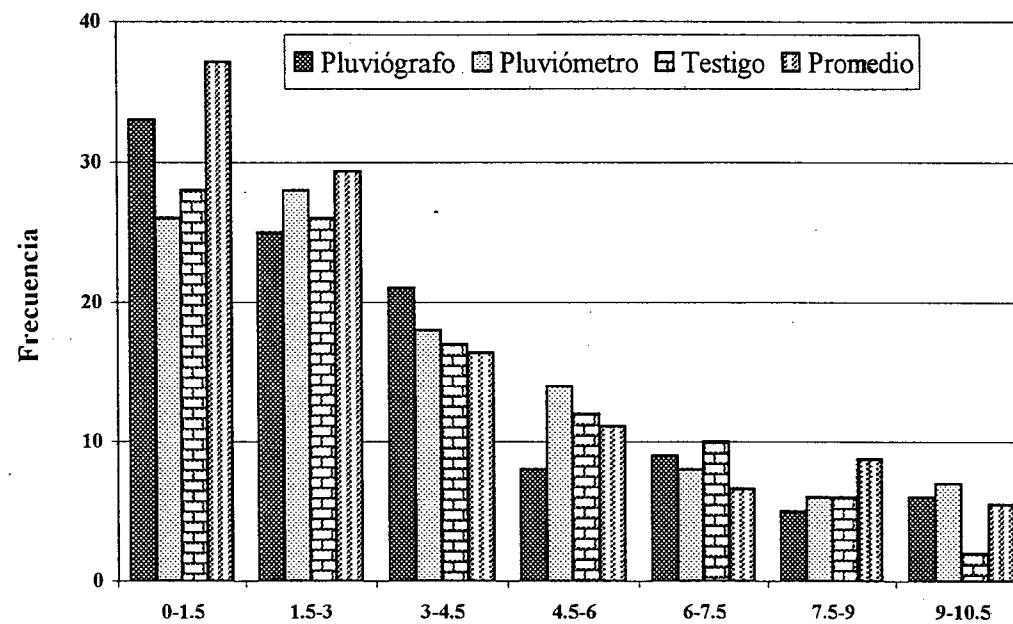


Fig. A3. Distribución de frecuencias de eventos menores de 10 mm de precipitación durante el período Febrero 1998 - 99.

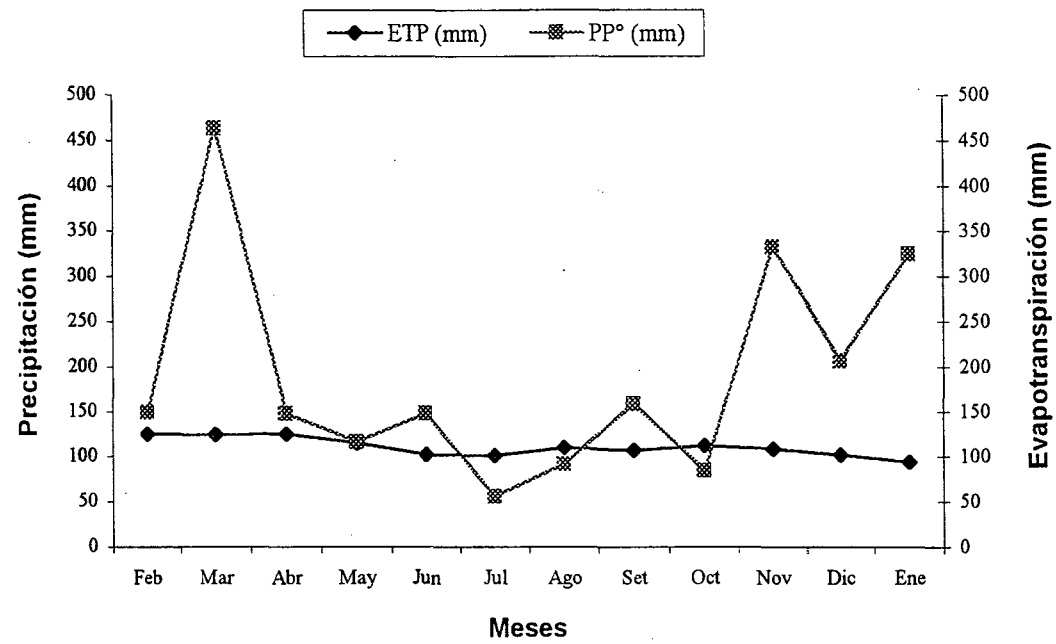


Fig. A4. Fluctuación de la precipitación y evapotranspiración en el período Febrero 1998 - 99.

Cuadro A3. Ecuaciones de ajuste de las canaletas (C_i) en función al pluviómetro como variable independiente, error típico ($S_{y.x}$) para las variables comparadas, acompañan a cada valor.

Regresión	Intercepto			Coef. Regres.			$S_{y.x}$	C.V (%)	r	Signif.
	a	$\pm$	Var ⁽¹⁾	b	$\pm$	Var ⁽²⁾				
Pm Vs. Pg	0.276	$\pm$	0.446	0.982	$\pm$	0.023	2.35	18.72	0.988	**
Pg _{ajust.} Vs. Pm _{ajust.}	-0.231	$\pm$	0.776	1.117	$\pm$	0.040	4.06	29.38	0.972	**
C1 Vs. Pm _{ajust.}	-0.549	$\pm$	0.780	0.971	$\pm$	0.040	4.08	34.96	0.963	**
C2 Vs. Pm _{ajust.}	-0.419	$\pm$	0.698	0.944	$\pm$	0.036	3.64	31.85	0.968	**
C3 Vs. Pm _{ajust.}	-0.186	$\pm$	0.747	0.774	$\pm$	0.038	3.90	40.92	0.948	**
C4 Vs. Pm _{ajust.}	-0.454	$\pm$	0.721	0.903	$\pm$	0.037	3.77	34.38	0.963	**
C5 Vs. Pm _{ajust.}	-0.607	$\pm$	0.690	0.885	$\pm$	0.035	3.61	34.15	0.965	**
C6 Vs. Pm _{ajust.}	-0.397	$\pm$	0.802	0.892	$\pm$	0.041	4.19	38.76	0.954	**
C7 Vs. Pm _{ajust.}	0.001	$\pm$	0.829	0.889	$\pm$	0.042	4.33	38.78	0.951	**
C8 Vs. Pm _{ajust.}	-0.240	$\pm$	0.711	0.911	$\pm$	0.037	3.72	33.13	0.965	**

⁽¹⁾ Var = $t_{(n-2; 0.05)} * S_a$

⁽²⁾ Var = $t_{(n-2; 0.05)} * S_b$

** = Altamente significativo ($\alpha = 0.01$)

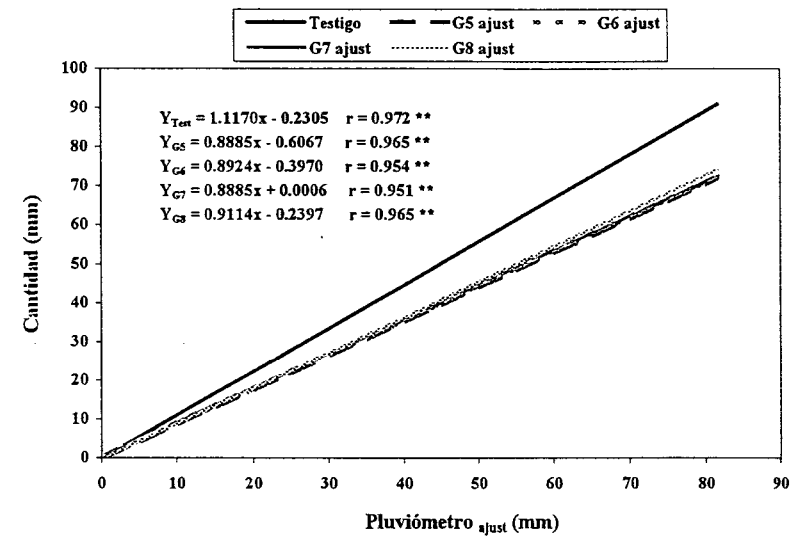
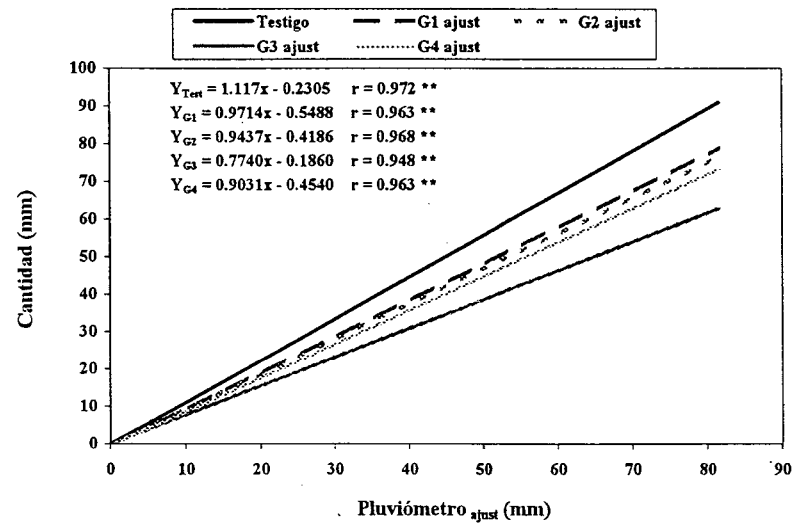


Fig. A5. Curvas ajustadas para la precipitación que atraviesa la copa (Pt) en función al pluviómetro ajustado.

Cuadro A4. Precipitación total (Pg), cantidad de agua que atraviesa la copa (Pt) e intercepción (Pi), diferenciados de acuerdo al tipo de evento en Tingo María (n = 143).

	Pg	Pm _{ajust.}	Test _{ajust.}	Throughfall									Intercepción								
				C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C _{prom.}	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C _{prom.}
Todos los eventos																					
Cantidad (mm)	1876.30	1882.62	2069.92	1750.29	1716.76	1430.55	1635.27	1579.36	1623.26	1672.79	1681.36	1636.20	319.63	353.16	639.37	434.65	490.56	446.66	397.13	388.56	433.71
% de Pg	(n = 143)	(n = 143)	(n = 143)	84.56	82.94	69.11	79.00	76.30	78.42	80.81	81.23	79.05	15.44	17.06	30.89	21.00	23.70	21.58	19.19	18.77	20.95
Eventos simples																					
Cantidad (mm)	552.10	559.47	610.63	509.44	502.01	421.49	477.11	457.51	474.65	497.12	495.04	479.30	101.19	108.62	189.14	133.53	153.12	135.99	113.51	115.60	131.34
% de Pg	(n = 62)	(n = 62)	(n = 62)	83.43	82.21	69.03	78.13	74.92	77.73	81.41	81.07	78.49	16.57	17.79	30.97	21.87	25.08	22.27	18.59	18.93	21.51
Eventos compuestos																					
Cantidad (mm)	1324.20	1323.15	1459.29	1240.86	1214.75	1009.05	1158.16	1121.85	1148.61	1175.67	1186.50	1156.93	218.43	244.54	450.24	301.13	337.44	310.67	283.62	272.79	302.36
% de Pg	(n = 81)	(n = 81)	(n = 81)	85.03	83.24	69.15	79.36	76.88	78.71	80.56	81.31	79.28	14.97	16.76	30.85	20.64	23.12	21.29	19.44	18.69	20.72

Se utilizó la precipitación total registrada en la canaleta testigo (Pg_{ajust.}) para el cálculo de Pt y Pi.

Cuadro A5. Precipitación total (Pg), cantidad de agua que atraviesa la copa (Pt) e intercepción (Pi) por estaciones en Tingo María (n = 143)

Estación	Pg	Pm _{ajust.}	Test _{ajust.}	Throughfall									Intercepción								
				G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	G ₅	G ₆	G ₇	G ₈	G _{prom.}	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	G ₅	G ₆	G ₇	G ₈	G _{prom.}
Otoño	430.20	429.77	474.06	403.30	394.69	327.81	376.35	366.36	373.20	381.87	385.46	376.13	70.76	79.37	146.25	97.71	107.70	100.86	92.19	88.60	97.93
	(n = 26)	(n = 26)	(n = 26)	85.07	83.26	69.15	79.39	77.28	78.72	80.55	81.31	79.34	14.93	16.74	30.85	20.61	22.72	21.28	19.45	18.69	20.66
Invierno	177.70	180.91	196.78	163.12	161.10	135.75	152.94	146.79	152.31	160.75	159.37	154.02	33.66	35.68	61.03	43.84	49.99	44.46	36.02	37.41	42.76
	(n = 23)	(n = 23)	(n = 23)	82.89	81.87	68.99	77.72	74.60	77.40	81.69	80.99	78.27	17.11	18.13	31.01	22.28	25.40	22.60	18.31	19.01	21.73
Primavera	580.70	583.41	640.84	540.93	530.89	442.82	505.54	489.85	501.97	518.39	520.46	506.36	99.90	109.95	198.02	135.30	150.99	138.86	122.45	120.38	134.48
	(n = 47)	(n = 47)	(n = 47)	84.41	82.84	69.10	78.89	76.44	78.33	80.89	81.21	79.01	15.59	17.16	30.90	21.11	23.56	21.67	19.11	18.79	20.99
Verano	687.70	688.52	758.24	643.03	630.08	524.17	600.46	583.25	595.77	611.78	616.25	600.60	115.21	128.16	234.07	157.78	175.00	162.47	146.46	141.99	157.64
	(n = 47)	(n = 47)	(n = 47)	84.81	83.10	69.13	79.19	76.92	78.57	80.68	81.27	79.21	15.19	16.90	30.87	20.81	23.08	21.43	19.32	18.73	20.79

Se utilizó la precipitación total registrada en la canaleta testigo (Pg_{ajust.}) para el cálculo de Pt y Pi.

Cuadro A7. Ecuaciones de regresión lineal de la variable independiente (Pg_{ajust}) con las variables dependientes (Pt). Datos originales.

Tipo de Evento	Intercepto			Coef. Regres.			R ²	C.V. (%)	Signif.
	a	±	Var ⁽¹⁾	b	±	Var ⁽²⁾			
Eventos compuestos									
C1 Vs. Pg _{ajust.}	-0.535	±	0.577	0.866	±	0.022	0.984	14.70	**
C2 Vs. Pg _{ajust.}	-0.280	±	0.571	0.837	±	0.022	0.984	14.79	**
C3 Vs. Pg _{ajust.}	-0.024	±	0.865	0.690	±	0.033	0.947	26.69	**
C4 Vs. Pg _{ajust.}	-0.386	±	0.552	0.806	±	0.021	0.984	14.97	**
C5 Vs. Pg _{ajust.}	-0.465	±	0.677	0.795	±	0.026	0.975	18.73	**
C6 Vs. Pg _{ajust.}	-0.400	±	0.810	0.802	±	0.031	0.965	22.11	**
C7 Vs. Pg _{ajust.}	0.239	±	0.632	0.783	±	0.024	0.977	16.87	**
C8 Vs. Pg _{ajust.}	-0.106	±	0.627	0.816	±	0.024	0.979	16.47	**
Eventos simples									
C1 Vs. Pg _{ajust.}	-0.379	±	0.308	0.905	±	0.020	0.990	13.88	**
C2 Vs. Pg _{ajust.}	-0.197	±	0.327	0.866	±	0.021	0.988	15.07	**
C3 Vs. Pg _{ajust.}	-0.111	±	0.475	0.708	±	0.031	0.963	26.61	**
C4 Vs. Pg _{ajust.}	-0.293	±	0.288	0.832	±	0.019	0.990	14.04	**
C5 Vs. Pg _{ajust.}	-0.269	±	0.357	0.785	±	0.023	0.983	18.37	**
C6 Vs. Pg _{ajust.}	-0.162	±	0.357	0.811	±	0.023	0.984	17.55	**
C7 Vs. Pg _{ajust.}	-0.416	±	0.337	0.880	±	0.022	0.988	15.71	**
C8 Vs. Pg _{ajust.}	0.032	±	0.285	0.814	±	0.018	0.990	13.57	**
Eventos totales									
C1 Vs. Pg _{ajust.}	-0.373	±	0.338	0.872	±	0.015	0.986	15.42	**
C2 Vs. Pg _{ajust.}	-0.179	±	0.334	0.842	±	0.015	0.985	15.56	**
C3 Vs. Pg _{ajust.}	-0.039	±	0.496	0.694	±	0.022	0.953	27.68	**
C4 Vs. Pg _{ajust.}	-0.285	±	0.317	0.810	±	0.014	0.986	15.49	**
C5 Vs. Pg _{ajust.}	-0.376	±	0.385	0.792	±	0.018	0.978	19.41	**
C6 Vs. Pg _{ajust.}	-0.252	±	0.449	0.802	±	0.020	0.971	22.10	**
C7 Vs. Pg _{ajust.}	0.064	±	0.386	0.804	±	0.018	0.979	18.38	**
C8 Vs. Pg _{ajust.}	-0.035	±	0.348	0.815	±	0.016	0.983	16.53	**

⁽¹⁾ Var = $t_{(n-2; 0.05)} * S_a$

⁽²⁾ Var = $t_{(n-2; 0.05)} * S_b$

** = Altamente significativo ($\alpha = 0.01$)

Cuadro A8. Ecuaciones de regresión lineal de la variable independiente (P_{gajust}) con las variables dependientes (Pt). Datos transformados a log.

Tipo de Evento	Intercepto			Coef. Regres.			R ²	C.V. (%)	Signif.
	a	±	Var ⁽¹⁾	b	±	Var ⁽²⁾			
Eventos compuestos									
C1 Vs. Pg _{ajust.}	-0.115	±	0.019	1.022	±	0.017	0.993	6.01	**
C2 Vs. Pg _{ajust.}	-0.140	±	0.022	1.037	±	0.020	0.991	7.02	**
C3 Vs. Pg _{ajust.}	-0.193	±	0.030	1.020	±	0.027	0.983	10.29	**
C4 Vs. Pg _{ajust.}	-0.155	±	0.020	1.031	±	0.019	0.992	6.63	**
C5 Vs. Pg _{ajust.}	-0.170	±	0.024	1.034	±	0.021	0.989	7.78	**
C6 Vs. Pg _{ajust.}	-0.122	±	0.025	1.003	±	0.023	0.987	8.19	**
C7 Vs. Pg _{ajust.}	-0.123	±	0.020	1.018	±	0.018	0.992	6.41	**
C8 Vs. Pg _{ajust.}	-0.126	±	0.021	1.024	±	0.019	0.992	6.57	**
Eventos simples									
C1 Vs. Pg _{ajust.}	-0.101	±	0.016	1.027	±	0.018	0.994	9.38	**
C2 Vs. Pg _{ajust.}	-0.098	±	0.034	1.013	±	0.039	0.970	20.44	**
C3 Vs. Pg _{ajust.}	-0.214	±	0.048	1.050	±	0.055	0.946	34.83	**
C4 Vs. Pg _{ajust.}	-0.151	±	0.019	1.045	±	0.021	0.991	11.95	**
C5 Vs. Pg _{ajust.}	-0.189	±	0.026	1.061	±	0.030	0.984	17.39	**
C6 Vs. Pg _{ajust.}	-0.132	±	0.022	1.029	±	0.026	0.987	13.94	**
C7 Vs. Pg _{ajust.}	-0.135	±	0.022	1.048	±	0.026	0.988	13.80	**
C8 Vs. Pg _{ajust.}	-0.126	±	0.018	1.037	±	0.021	0.991	11.31	**
Eventos totales									
C1 Vs. Pg _{ajust.}	-0.106	±	0.012	1.020	±	0.012	0.993	7.26	**
C2 Vs. Pg _{ajust.}	-0.115	±	0.020	1.021	±	0.021	0.982	12.29	**
C3 Vs. Pg _{ajust.}	-0.205	±	0.028	1.034	±	0.028	0.967	19.11	**
C4 Vs. Pg _{ajust.}	-0.152	±	0.014	1.035	±	0.014	0.992	8.48	**
C5 Vs. Pg _{ajust.}	-0.181	±	0.017	1.046	±	0.017	0.988	11.04	**
C6 Vs. Pg _{ajust.}	-0.127	±	0.017	1.013	±	0.017	0.988	10.18	**
C7 Vs. Pg _{ajust.}	-0.130	±	0.015	1.030	±	0.015	0.990	9.09	**
C8 Vs. Pg _{ajust.}	-0.126	±	0.014	1.028	±	0.014	0.992	8.19	**

⁽¹⁾ Var = $t_{(n-2; 0.05)} * S_a$

⁽²⁾ Var = $t_{(n-2; 0.05)} * S_b$

** = Altamente significativo ($\alpha = 0.01$)

Cuadro A6. Porcentajes de precipitación que atraviesa la copa (Pt) de ecosistemas de bosques no coníferos

Lugar	Latitud	Tipo de bosque	Pt (%)	Referencia
Himalaya India	29°24' N	Mezcla de robles	80.8 – 84.7	Pathak et al. 1985
Malasia	02°05' N	Dicotiledoneas	77.6	Manokaran, 1979
Usambara Tansania	04°51' S	Bosque húmedo de montaña	78.0	Lundgren, 1979
Amazonía central del Brasil	02°57' S	Bosque húmedo de tierra firme	81.0	Franken & Leopoldo, 1984
Amazonía central del Brasil	02°57' S	Bosque húmedo de tierra firme	91.0	Lloyd & Marques, 1988
Amazonía oeste del Perú	10°13' S	Bosque húmedo de tierra firme	83.1	Elsenbeer et al., 1994
Nueva Zelanda	42°05' S	Arboles caducifolios	73.0	Rowe, 1979
Nueva Zelanda	41°48' S	Arboles de hojas perennes	69	Rowe, 1983
Costa de Marfil	05°41' N	Arboles de hojas perennes	90.8	Hutjes et al., 1990
Los andes de Colombia	04°50' N	Montaña lluviosa	81.7 – 87.6	Veneklasas & Van Ek, 1990
Bahía Brasil	10° S	Plantación de cacao	80	Calheiros de Miranda, 1987
Amazonía oriental del Perú	09°19'09" S	Plantación de coca	78.94 – 79.28	Este estudio

Fuente: Elsenbeer et al., 1994 Vol. 32 N° 2.

Cuadro A9. Coeficientes de determinación (R^2) de las variables de lluvia ajustadas a una tendencia cuadrática y logarítmica (Pt como variable dependiente), para varios valores de P_g' asumidos ($P_g < P_g'$)

P_g'	Canaleta	P_g^2	Log P_g	D^2	Log D	DS^2	Log DS	$I_{10 \max}^2$	Log $I_{10 \max}$	$I_{20 \max}^2$	Log $I_{20 \max}$	$I_{30 \max}^2$	Log $I_{30 \max}$	Ek_{20}^2	Log Ek_{20}
1.0	G1	0.810	0.834	0.981	0.979	0.959	0.962	0.000	0.000	0.902	0.196	0.910	0.622	0.902	0.196
	G2	0.946	0.925	0.914	0.912	0.999	0.989	0.060	0.060	0.924	0.432	0.968	0.846	0.944	0.432
	G3	0.978	0.698	0.952	0.725	0.989	0.748	0.208	0.208	0.998	0.678	0.962	0.904	0.998	0.678
	G4	0.884	0.899	0.944	0.946	0.875	0.985	0.003	0.003	0.855	0.240	0.884	0.676	0.855	0.240
	G5	0.913	0.877	0.952	0.939	0.998	0.978	0.045	0.045	0.957	0.409	0.984	0.819	0.957	0.410
	G6	0.896	0.857	0.964	0.950	0.994	0.969	0.036	0.036	0.966	0.391	0.987	0.800	0.966	0.391
	G7	0.900	0.878	0.917	0.862	0.988	0.927	0.001	0.001	0.722	0.148	0.745	0.558	0.722	0.147
	G8	0.971	0.943	0.879	0.872	0.994	0.980	0.092	0.092	0.915	0.488	0.970	0.885	0.915	0.488
1.5	G1	0.807	0.751	0.430	0.322	0.979	0.026	0.366	0.158	0.590	0.492	0.686	0.660	0.582	0.486
	G2	0.930	0.909	0.255	0.146	0.702	0.045	0.557	0.549	0.720	0.679	0.920	0.839	0.721	0.683
	G3	0.771	0.759	0.318	0.047	0.476	0.022	0.715	0.713	0.871	0.759	0.941	0.829	0.871	0.766
	G4	0.904	0.873	0.163	0.130	0.664	0.050	0.533	0.505	0.645	0.608	0.844	0.762	0.644	0.613
	G5	0.876	0.858	0.205	0.025	0.585	0.009	0.740	0.716	0.871	0.873	0.931	0.921	0.870	0.875
	G6	0.923	0.930	0.352	0.159	0.810	0.002	0.552	0.492	0.747	0.775	0.902	0.927	0.746	0.774
	G7	0.969	0.923	0.187	0.125	0.854	0.014	0.484	0.425	0.720	0.708	0.845	0.852	0.719	0.704
	G8	0.962	0.912	0.292	0.072	0.803	0.037	0.668	0.572	0.861	0.868	0.961	0.962	0.860	0.865
2.0	G1	0.839	0.662	0.386	0.274	0.448	0.296	0.396	0.381	0.682	0.547	0.719	0.618	0.711	0.549
	G2	0.810	0.641	0.257	0.200	0.491	0.254	0.560	0.513	0.569	0.554	0.656	0.610	0.591	0.561
	G3	0.847	0.687	0.248	0.220	0.683	0.340	0.582	0.576	0.633	0.630	0.743	0.702	0.640	0.639
	G4	0.783	0.678	0.246	0.188	0.407	0.191	0.621	0.542	0.589	0.574	0.641	0.626	0.609	0.581
	G5	0.904	0.725	0.216	0.166	0.580	0.360	0.648	0.625	0.715	0.694	0.799	0.733	0.733	0.701
	G6	0.917	0.820	0.345	0.360	0.539	0.298	0.601	0.589	0.749	0.732	0.831	0.806	0.763	0.737
	G7	0.893	0.701	0.254	0.199	0.511	0.326	0.539	0.508	0.683	0.611	0.756	0.664	0.710	0.616
	G8	0.909	0.748	0.278	0.178	0.510	0.346	0.614	0.598	0.766	0.714	0.816	0.749	0.788	0.718

... Continuación del Cuadro A9

Pg'	Canaleta	Pg ²	Log Pg	D ²	Log D	DS ²	Log DS	I _{10 max} ²	Log I _{10 max}	I _{20 max} ²	Log I _{20 max}	I _{30 max} ²	Log I _{30 max}	Ek ₂₀ ²	Log Ek ₂₀
3.0	G1	0.737	0.699	0.316	0.285	0.077	0.047	0.519	0.370	0.663	0.570	0.695	0.636	0.666	0.571
	G2	0.699	0.659	0.225	0.200	0.209	0.079	0.620	0.468	0.641	0.563	0.679	0.622	0.646	0.567
	G3	0.803	0.763	0.193	0.197	0.168	0.031	0.653	0.554	0.731	0.685	0.774	0.739	0.738	0.691
	G4	0.723	0.681	0.232	0.199	0.154	0.051	0.658	0.470	0.662	0.567	0.692	0.627	0.667	0.571
	G5	0.772	0.724	0.224	0.213	0.155	0.083	0.712	0.492	0.772	0.642	0.785	0.694	0.777	0.646
	G6	0.824	0.767	0.321	0.280	0.177	0.084	0.683	0.468	0.793	0.652	0.833	0.730	0.796	0.653
	G7	0.728	0.654	0.265	0.227	0.203	0.132	0.614	0.402	0.685	0.545	0.716	0.610	0.688	0.547
	G8	0.781	0.723	0.261	0.214	0.159	0.108	0.693	0.478	0.782	0.644	0.797	0.597	0.784	0.645
3.5	G1	0.759	0.722	0.348	0.300	0.042	0.037	0.549	0.426	0.670	0.607	0.703	0.666	0.672	0.608
	G2	0.709	0.679	0.258	0.217	0.141	0.066	0.646	0.506	0.643	0.593	0.676	0.646	0.648	0.597
	G3	0.799	0.733	0.208	0.210	0.128	0.027	0.660	0.542	0.740	0.665	0.782	0.711	0.746	0.670
	G4	0.724	0.685	0.262	0.215	0.105	0.043	0.676	0.493	0.653	0.584	0.679	0.637	0.662	0.587
	G5	0.781	0.725	0.250	0.229	0.106	0.072	0.726	0.515	0.758	0.652	0.769	0.697	0.763	0.655
	G6	0.815	0.743	0.343	0.294	0.134	0.076	0.694	0.474	0.775	0.641	0.802	0.709	0.778	0.642
	G7	0.718	0.667	0.296	0.243	0.146	0.115	0.631	0.439	0.664	0.570	0.686	0.627	0.667	0.571
	G8	0.780	0.607	0.250	0.211	0.151	0.107	0.677	0.391	0.781	0.541	0.789	0.583	0.783	0.541
4.0	G1	0.760	0.638	0.350	0.291	0.038	0.041	0.465	0.369	0.655	0.528	0.703	0.585	0.567	0.529
	G2	0.711	0.619	0.261	0.206	0.114	0.073	0.546	0.452	0.619	0.534	0.672	0.586	0.624	0.537
	G3	0.798	0.701	0.197	0.192	0.075	0.036	0.554	0.519	0.701	0.632	0.766	0.677	0.708	0.635
	G4	0.720	0.630	0.266	0.204	0.081	0.050	0.542	0.446	0.616	0.532	0.665	0.583	0.620	0.534
	G5	0.780	0.682	0.249	0.213	0.086	0.083	0.551	0.482	0.698	0.608	0.749	0.653	0.702	0.601
	G6	0.794	0.695	0.346	0.276	0.108	0.086	0.503	0.445	0.687	0.596	0.758	0.660	0.689	0.596
	G7	0.714	0.607	0.300	0.232	0.136	0.122	0.484	0.394	0.615	0.512	0.671	0.567	0.617	0.516
	G8	0.717	0.550	0.252	0.203	0.139	0.113	0.438	0.351	0.626	0.482	0.688	0.524	0.627	0.482

Cuadro A10. Salida de SAS de los coeficientes de determinación (R^2) entre la variable dependiente (Pt) y las demás variables de lluvia. Para $Pg' = 2.5$ mm.

Canaleta G1 - $Pg' = 2.5$			Canaleta G2 - $Pg' = 2.5$		
Nº Orden	R^2	Variables en el modelo	Nº Orden	R^2	Variables en el modelo
1	0.6922	PLUV	1	0.6124	PLUV
1	0.5784	IT	1	0.5376	IT
1	0.4743	EC	1	0.4432	EC
1	0.4738	IV	1	0.4392	IV
2	0.8195	ID PLUV	2	0.6985	PS PLUV
2	0.7824	DU PLUV	2	0.6638	IV PLUV
2	0.7804	EC PLUV	2	0.6629	DU PLUV
2	0.7765	IV PLUV	2	0.6627	EC PLUV
3	0.8482	IT PS PLUV	3	0.7696	IT PS PLUV
3	0.8317	ID PS PLUV	3	0.7437	IV PS PLUV
3	0.8211	ID IT PLUV	3	0.7410	EC PS PLUV
3	0.8201	EC ID PLUV	3	0.7306	PS DU PLUV
4	0.8618	IV IT PS PLUV	4	0.8025	ID IT PS PLUV
4	0.8597	EC IT PS PLUV	4	0.7846	EC IT PS PLUV
4	0.8530	ID IT PS PLUV	4	0.7801	IV IT PS PLUV
4	0.8485	IT PS DU PLUV	4	0.7707	IT PS DU PLUV
5	0.8857	EC ID IT PS PLUV	5	0.8150	EC IV IT PS PLUV
5	0.8841	ID IV IT PS PLUV	5	0.8069	ID IT PS DU PLUV
5	0.8812	IV IT PS DU PLUV	5	0.8029	EC ID IT PS PLUV
5	0.8788	EC IT PS DU PLUV	5	0.8026	ID IV IT PS PLUV
6	0.8991	EC ID IT PS DU PLUV	6	0.8323	EC IV IT PS DU PLUV
6	0.8954	ID IV IT PS DU PLUV	6	0.8151	EC ID IV IT PS PLUV
6	0.8880	EC ID IV IT PS PLUV	6	0.8131	EC ID IT PS DU PLUV
6	0.8821	EC IV IT PS DU PLUV	6	0.8111	ID IV IT PS DU PLUV
7	0.9053	EC ID IV IT PS DU PLUV	7	0.8324	EC ID IV IT PS DU PLUV

Canaleta G3 - $Pg' = 2.5$			Canaleta G4 - $Pg' = 2.5$		
Nº Orden	R^2	Variables en el modelo	Nº Orden	R^2	Variables en el modelo
1	0.7891	PLUV	1	0.6120	PLUV
1	0.7005	IT	1	0.5252	IT
1	0.5910	EC	1	0.4354	EC
1	0.5849	IV	1	0.4322	IV
2	0.8375	IV PLUV	2	0.6706	IV PLUV
2	0.8355	DU PLUV	2	0.6703	EC PLUV
2	0.8353	EC PLUV	2	0.6680	PS PLUV
2	0.8258	ID PLUV	2	0.6603	DU PLUV
3	0.8790	EC ID IV	3	0.7532	IT PS PLUV
3	0.8688	IT PS PLUV	3	0.7213	IV PS PLUV
3	0.8624	IV PS PLUV	3	0.7195	EC PS PLUV
3	0.8593	EC PS PLUV	3	0.7017	PS DU PLUV
4	0.9133	EC ID IV PS	4	0.7816	ID IT PS PLUV
4	0.8961	EC IV PS PLUV	4	0.7703	EC IT PS PLUV
4	0.8932	EC ID IV DU	4	0.7671	IV IT PS PLUV
4	0.8883	EC IV PS DU	4	0.7564	IT PS DU PLUV
5	0.9246	EC ID IV PS DU	5	0.7832	EC ID IT PS PLUV
5	0.9184	EC ID IV PS PLUV	5	0.7830	ID IV IT PS PLUV
5	0.9146	EC ID IV IT PS	5	0.7827	ID IT PS DU PLUV
5	0.9065	EC IV IT PS PLUV	5	0.7820	EC IV IT PS PLUV
6	0.9480	EC ID IV IT PS DU	6	0.7898	EC IV IT PS DU PLUV
6	0.9331	EC ID IV IT PS PLUV	6	0.7886	EC ID IT PS DU PLUV
6	0.9246	EC ID IV PS DU PLUV	6	0.7878	ID IV IT PS DU PLUV
6	0.9212	EC IV IT PS DU PLUV	6	0.7843	EC ID IV IT PS PLUV
7	0.9517	EC ID IV IT PS DU PLUV	7	0.7914	EC ID IV IT PS DU PLUV

... Continuación: Cuadro A10

Canaleta G5 - $Pg' = 2.5$			Canaleta G6 - $Pg' = 2.5$		
Nº Orden	R ²	Variables en el modelo	Nº Orden	R ²	Variables en el modelo
1	0.6969	PLUV	1	0.6842	PLUV
1	0.6056	IT	1	0.6019	IT
1	0.4942	EC	1	0.4816	EC
1	0.4913	IV	1	0.4809	IV
2	0.7752	ID PLUV	2	0.7777	ID PLUV
2	0.7688	PS PLUV	2	0.7676	PS PLUV
2	0.7651	EC PLUV	2	0.7673	DU PLUV
2	0.7646	IV PLUV	2	0.7607	IT DU
3	0.8535	IT PS PLUV	3	0.8410	IT PS PLUV
3	0.8299	IV PS PLUV	3	0.8296	EC PS PLUV
3	0.8286	EC PS PLUV	3	0.8287	IV PS PLUV
3	0.8183	ID PS PLUV	3	0.8273	PS DU PLUV
4	0.8596	EC IT PS PLUV	4	0.8446	IT PS DU PLUV
4	0.8583	IV IT PS PLUV	4	0.8427	ID IT PS PLUV
4	0.8552	IT PS DU PLUV	4	0.8412	IV IT PS PLUV
4	0.8540	ID IT PS PLUV	4	0.8411	EC IT PS PLUV
5	0.8652	EC IV IT PS PLUV	5	0.8514	IV IT PS DU PLUV
5	0.8604	EC ID IT PS PLUV	5	0.8513	EC IT PS DU PLUV
5	0.8601	EC IT PS DU PLUV	5	0.8448	EC ID IT PS PLUV
5	0.8585	ID IV IT PS PLUV	5	0.8448	ID IT PS DU PLUV
6	0.8825	EC ID IV IT PS PLUV	6	0.8535	EC ID IT PS DU PLUV
6	0.8672	EC IV IT PS DU PLUV	6	0.8527	ID IV IT PS DU PLUV
6	0.8607	EC ID IT PS DU PLUV	6	0.8514	EC IV IT PS DU PLUV
6	0.8586	ID IV IT PS DU PLUV	6	0.8450	EC ID IV IT PS PLUV
7	0.8858	EC ID IV IT PS DU PLUV	7	0.8549	EC ID IV IT PS DU PLUV

Canaleta G7 - $Pg' = 2.5$			Canaleta G8 - $Pg' = 2.5$		
Nº Orden	R ²	Variables en el modelo	Nº Orden	R ²	Variables en el modelo
1	0.5917	PLUV	1	0.6680	PLUV
1	0.5124	IT	1	0.5929	IT
1	0.4064	EC	1	0.4892	EC
1	0.4054	IV	1	0.4888	IV
2	0.7223	PS PLUV	2	0.7625	PS PLUV
2	0.6732	ID PLUV	2	0.7429	ID PLUV
2	0.6657	EC PLUV	2	0.7204	ID IT
2	0.6631	IV PLUV	2	0.7173	DU PLUV
3	0.8188	IT PS PLUV	3	0.8284	IT PS PLUV
3	0.7847	IV PS PLUV	3	0.8053	ID PS PLUV
3	0.7846	EC PS PLUV	3	0.8035	EC PS PLUV
3	0.7647	ID PS PLUV	3	0.8029	IV PS PLUV
4	0.8323	EC IT PS PLUV	4	0.8404	IV IT PS PLUV
4	0.8318	IV IT PS PLUV	4	0.8398	EC IT PS PLUV
4	0.8250	ID IT PS PLUV	4	0.8294	IT PS DU PLUV
4	0.8218	IT PS DU PLUV	4	0.8284	ID IT PS PLUV
5	0.8342	EC IT PS DU PLUV	5	0.8452	EC ID IT PS PLUV
5	0.8331	IV IT PS DU PLUV	5	0.8446	IV IT PS DU PLUV
5	0.8325	EC ID IT PS PLUV	5	0.8444	EC IT PS DU PLUV
5	0.8325	EC IV IT PS PLUV	5	0.8442	ID IV IT PS PLUV
6	0.8349	EC IV IT PS DU PLUV	6	0.8485	EC ID IT PS DU PLUV
6	0.8347	EC ID IT PS DU PLUV	6	0.8469	ID IV IT PS DU PLUV
6	0.8343	ID IV IT PS DU PLUV	6	0.8467	EC ID IV IT PS PLUV
6	0.8325	EC ID IV IT PS PLUV	6	0.8446	EC IV IT PS DU PLUV
7	0.8349	EC ID IV IT PS DU PLUV	7	0.8515	EC ID IV IT PS DU PLUV

Cuadro A11. Salida de SAS de los coeficientes de determinación (R^2) entre la variable dependiente (Pt) y las demás variables de lluvia. Para $Pg' = 3.5$ mm.

Canaleta G1 - $Pg' = 3.5$			Canaleta G2 - $Pg' = 3.5$		
Nº Orden	R^2	Variables en el modelo	Nº Orden	R^2	Variables en el modelo
1	0.6639	PLUV	1	0.5893	PLUV
1	0.5779	IT	1	0.5325	IT
1	0.5036	EC	1	0.4657	EC
1	0.5035	IV	1	0.4628	IV
2	0.8006	ID PLUV	2	0.6872	PS PLUV
2	0.7536	DU PLUV	2	0.6417	DU PLUV
2	0.7503	ID IT	2	0.6351	IV PLUV
2	0.7492	EC ID	2	0.6345	EC PLUV
3	0.8328	IT PS PLUV	3	0.7626	IT PS PLUV
3	0.8166	ID PS PLUV	3	0.7271	IV PS PLUV
3	0.8056	EC ID PLUV	3	0.7248	EC PS PLUV
3	0.8052	ID IV PLUV	3	0.7190	PS DU PLUV
4	0.8588	IV IT PS PLUV	4	0.7913	ID IT PS PLUV
4	0.8560	EC IT PS PLUV	4	0.7891	EC IT PS PLUV
4	0.8379	ID IT PS PLUV	4	0.7835	IV IT PS PLUV
4	0.8328	IT PS DU PLUV	4	0.7645	IT PS DU PLUV
5	0.8891	EC ID IT PS PLUV	5	0.8161	EC IV IT PS PLUV
5	0.8865	ID IV IT PS PLUV	5	0.7992	EC IT PS DU PLUV
5	0.8834	IV IT PS DU PLUV	5	0.7985	EC ID IT PS PLUV
5	0.8812	EC IT PS DU PLUV	5	0.7967	ID IV IT PS PLUV
6	0.9046	EC ID IT PS DU PLUV	6	0.8387	EC IV IT PS DU PLUV
6	0.8997	ID IV IT PS DU PLUV	6	0.8175	EC ID IV IT PS PLUV
6	0.8934	EC ID IV IT PS PLUV	6	0.8136	EC ID IT PS DU PLUV
6	0.8838	EC IV IT PS DU PLUV	6	0.8092	ID IV IT PS DU PLUV
7	0.9126	EC ID IV IT PS DU PLUV	7	0.8400	EC ID IV IT PS DU PLUV

Canaleta G3 - $Pg' = 3.5$			Canaleta G4 - $Pg' = 3.5$		
Nº Orden	R^2	Variables en el modelo	Nº Orden	R^2	Variables en el modelo
1	0.6550	PLUV	1	0.5641	PLUV
1	0.5913	IT	1	0.4989	IT
1	0.5245	EC	1	0.4375	EC
1	0.5206	IV	1	0.4353	IV
2	0.7119	ID PLUV	2	0.6350	PS PLUV
2	0.7093	DU PLUV	2	0.6174	EC PLUV
2	0.7030	PS PLUV	2	0.6172	IV PLUV
2	0.6990	IV PLUV	2	0.6162	DU PLUV
3	0.7942	EC ID IV	3	0.7288	IT PS PLUV
3	0.7699	IT PS PLUV	3	0.6828	IV PS PLUV
3	0.7429	IV PS PLUV	3	0.6812	EC PS PLUV
3	0.7425	PS DU PLUV	3	0.6695	PS DU PLUV
4	0.8369	EC ID IV PS	4	0.7628	EC IT PS PLUV
4	0.7974	EC ID IV PLUV	4	0.7587	IV IT PS PLUV
4	0.7973	EC ID IV IT	4	0.7536	ID IT PS PLUV
4	0.7971	EC ID IV DU	4	0.7335	IT PS DU PLUV
5	0.8672	EC ID IV IT PS	5	0.7729	EC IV IT PS PLUV
5	0.8388	EC ID IV PS PLUV	5	0.7703	EC IT PS DU PLUV
5	0.8387	EC ID IV PS DU	5	0.7676	EC ID IT PS PLUV
5	0.8183	EC IV IT PS PLUV	5	0.7662	ID IV IT PS PLUV
6	0.9184	EC ID IV IT PS DU	6	0.7870	EC IV IT PS DU PLUV
6	0.8848	EC ID IV IT PS PLUV	6	0.7782	EC ID IT PS DU PLUV
6	0.8538	EC IV IT PS DU PLUV	6	0.7753	ID IV IT PS DU PLUV
6	0.8506	EC ID IV PS DU PLUV	6	0.7730	EC ID IV IT PS PLUV
7	0.9199	EC ID IV IT PS DU PLUV	7	0.7870	EC ID IV IT PS DU PLUV

... Continuación: Cuadro A11

Canaleta G5 - $Pg' = 3.5$			Canaleta G6 - $Pg' = 3.5$		
Nº Orden	R ²	Variables en el modelo	Nº Orden	R ²	Variables en el modelo
1	0.6294	PLUV	1	0.5861	PLUV
1	0.5616	IT	1	0.5260	IT
1	0.4861	EC	1	0.4467	IV
1	0.4843	IV	1	0.4467	EC
2	0.7250	ID PLUV	2	0.7036	ID PLUV
2	0.7196	PS PLUV	2	0.6944	PS PLUV
2	0.6930	ID IT	2	0.6916	ID IT
2	0.6916	EC PLUV	2	0.6769	DU PLUV
3	0.8142	IT PS PLUV	3	0.7814	IT PS PLUV
3	0.7778	ID PS PLUV	3	0.7664	ID PS PLUV
3	0.7743	IV PS PLUV	3	0.7565	PS DU PLUV
3	0.7733	EC PS PLUV	3	0.7509	EC PS PLUV
4	0.8349	EC IT PS PLUV	4	0.7913	IV IT PS PLUV
4	0.8327	IV IT PS PLUV	4	0.7905	EC IT PS PLUV
4	0.8173	IT PS DU PLUV	4	0.7838	ID IT PS PLUV
4	0.8145	ID IT PS PLUV	4	0.7830	IT PS DU PLUV
5	0.8403	EC ID IT PS PLUV	5	0.8140	EC IT PS DU PLUV
5	0.8393	EC IV IT PS PLUV	5	0.8136	IV IT PS DU PLUV
5	0.8391	EC IT PS DU PLUV	5	0.8049	EC ID IT PS PLUV
5	0.8357	ID IV IT PS PLUV	5	0.8032	ID IV IT PS PLUV
6	0.8736	EC ID IV IT PS PLUV	6	0.8222	EC ID IT PS DU PLUV
6	0.8539	EC ID IV IT PS DU	6	0.8185	ID IV IT PS DU PLUV
6	0.8468	EC IV IT PS DU PLUV	6	0.8140	EC IV IT PS DU PLUV
6	0.8429	EC ID IT PS DU PLUV	6	0.8105	EC ID IV IT PS DU
7	0.8809	EC ID IV IT PS DU PLUV	7	0.8310	EC ID IV IT PS DU PLUV

Canaleta G7 - $Pg' = 3.5$			Canaleta G8 - $Pg' = 3.5$		
Nº Orden	R ²	Variables en el modelo	Nº Orden	R ²	Variables en el modelo
1	0.5604	PLUV	1	0.4412	PLUV
1	0.5003	IT	1	0.3925	IT
1	0.4242	EC	1	0.3394	IV
1	0.4238	IV	1	0.3388	EC
2	0.7057	PS PLUV	2	0.5813	PS PLUV
2	0.6544	ID PLUV	2	0.5581	EC ID
2	0.6299	ID IT	2	0.5546	ID PLUV
2	0.6284	DU PLUV	2	0.5514	ID IV
3	0.8072	IT PS PLUV	3	0.6718	IT PS PLUV
3	0.7618	EC PS PLUV	3	0.6440	ID PS PLUV
3	0.7618	IV PS PLUV	3	0.6184	EC PS PLUV
3	0.7530	ID PS PLUV	3	0.6176	IV PS PLUV
4	0.8317	EC IT PS PLUV	4	0.7266	IV IT PS PLUV
4	0.8311	IV IT PS PLUV	4	0.7251	EC IT PS PLUV
4	0.8122	ID IT PS PLUV	4	0.6753	IT PS DU PLUV
4	0.8112	IT PS DU PLUV	4	0.6719	ID IT PS PLUV
5	0.8361	EC IT PS DU PLUV	5	0.7505	EC ID IT PS PLUV
5	0.8345	IV IT PS DU PLUV	5	0.7469	EC IT PS DU PLUV
5	0.8319	EC ID IT PS PLUV	5	0.7456	IV IT PS DU PLUV
5	0.8317	EC IV IT PS PLUV	5	0.7450	ID IV IT PS PLUV
6	0.8369	EC IV IT PS DU PLUV	6	0.7644	EC ID IT PS DU PLUV
6	0.8362	EC ID IT PS DU PLUV	6	0.7640	EC ID IV IT PS PLUV
6	0.8347	ID IV IT PS DU PLUV	6	0.7559	ID IV IT PS DU PLUV
6	0.8329	EC ID IV IT PS PLUV	6	0.7519	EC ID IV IT PS DU
7	0.8380	EC ID IV IT PS DU PLUV	7	0.7838	EC ID IV IT PS DU PLUV

Cuadro A12. Salida de SAS de los coeficientes de determinación (R^2) entre la variable dependiente (Pt) y las demás variables de lluvia. Para $Pg' = 4.0$ mm.

Canaleta G1 - $Pg' = 4.0$			Canaleta G2 - $Pg' = 4.0$		
Nº Orden	R^2	Variables en el modelo	Nº Orden	R^2	Variables en el modelo
1	0.4684	PLUV	1	0.4414	PLUV
1	0.3990	IT	1	0.3917	IT
1	0.3341	IV	1	0.3318	EC
1	0.3338	EC	1	0.3304	IV
2	0.7331	ID PLUV	2	0.5563	EC PLUV
2	0.6881	ID IT	2	0.5559	IV PLUV
2	0.6741	EC ID	2	0.5546	ID PLUV
2	0.6638	ID IV	2	0.5461	DU PLUV
3	0.7404	ID PS PLUV	3	0.6552	IT PS PLUV
3	0.7367	EC ID PLUV	3	0.6356	IV PS PLUV
3	0.7365	ID IV PLUV	3	0.6335	EC PS PLUV
3	0.7339	ID DU PLUV	3	0.6061	PS DU PLUV
4	0.7476	ID IT PS PLUV	4	0.6556	ID IT PS PLUV
4	0.7445	EC ID IT PLUV	4	0.6553	EC IT PS PLUV
4	0.7439	ID IV IT PLUV	4	0.6553	IT PS DU PLUV
4	0.7416	EC ID PS PLUV	4	0.6552	IV IT PS PLUV
5	0.7707	EC ID IT PS PLUV	5	0.6629	EC IV IT PS PLUV
5	0.7695	ID IV IT PS PLUV	5	0.6561	ID IT PS DU PLUV
5	0.7507	ID IT PS DU PLUV	5	0.6559	EC IT PS DU PLUV
5	0.7458	EC ID IT DU PLUV	5	0.6557	ID IV IT PS PLUV
6	0.7727	EC ID IT PS DU PLUV	6	0.6687	EC ID IV IT PS PLUV
6	0.7722	EC ID IV IT PS PLUV	6	0.6650	EC IV IT PS DU PLUV
6	0.7707	ID IV IT PS DU PLUV	6	0.6563	EC ID IT PS DU PLUV
6	0.7474	EC ID IV IT DU PLUV	6	0.6561	ID IV IT PS DU PLUV
7	0.7749	EC ID IV IT PS DU PLUV	7	0.6709	EC ID IV IT PS DU PLUV

#

Canaleta G3 - $Pg' = 4.0$			Canaleta G4 - $Pg' = 4.0$		
Nº Orden	R^2	Variables en el modelo	Nº Orden	R^2	Variables en el modelo
1	0.5387	PLUV	1	0.4341	PLUV
1	0.4826	IT	1	0.3790	IT
1	0.4203	EC	1	0.3234	EC
1	0.4182	IV	1	0.3224	IV
2	0.6659	ID PLUV	2	0.5550	EC PLUV
2	0.6412	IV PLUV	2	0.5537	ID PLUV
2	0.6402	EC PLUV	2	0.5536	IV PLUV
2	0.6387	DU PLUV	2	0.5346	DU PLUV
3	0.7413	EC ID IV	3	0.6418	IT PS PLUV
3	0.6882	IT PS PLUV	3	0.6096	IV PS PLUV
3	0.6814	ID PS PLUV	3	0.6089	EC PS PLUV
3	0.6770	IV PS PLUV	3	0.5847	ID PS PLUV
4	0.7679	EC ID IV PS	4	0.6437	EC IT PS PLUV
4	0.7428	EC ID IV PLUV	4	0.6434	IV IT PS PLUV
4	0.7425	EC ID IV DU	4	0.6422	ID IT PS PLUV
4	0.7416	EC ID IV IT	4	0.6422	IT PS DU PLUV
5	0.7780	EC ID IV IT PS	5	0.6445	EC IV IT PS PLUV
5	0.7687	EC ID IV PS PLUV	5	0.6439	EC IT PS DU PLUV
5	0.7685	EC ID IV PS DU	5	0.6437	EC ID IT PS PLUV
5	0.7507	EC ID IV DU PLUV	5	0.6435	IV IT PS DU PLUV
6	0.7920	EC ID IV IT PS DU	6	0.6464	EC ID IV IT PS PLUV
6	0.7829	EC ID IV IT PS PLUV	6	0.6450	EC IV IT PS DU PLUV
6	0.7727	EC ID IV PS DU PLUV	6	0.6439	EC ID IT PS DU PLUV
6	0.7511	EC ID IV IT DU PLUV	6	0.6435	ID IV IT PS DU PLUV
7	0.7923	EC ID IV IT PS DU PLUV	7	0.6470	EC ID IV IT PS DU PLUV

... Continuación: Cuadro A12

Canaleta G5 - Pg' = 4.0			Canaleta G6 - Pg' = 4.0		
Nº Orden	R²	Variables en el modelo	Nº Orden	R²	Variables en el modelo
1	0.5039	PLUV	1	0.4697	PLUV
1	0.4455	IT	1	0.4174	IT
1	0.3785	EC	1	0.3493	IV
1	0.3777	IV	1	0.3490	EC
2	0.6850	ID PLUV	2	0.6736	ID PLUV
2	0.6577	ID IT	2	0.6657	ID IT
2	0.6356	EC PLUV	2	0.6265	EC ID
2	0.6329	IV PLUV	2	0.6179	ID IV
3	0.7284	IT PS PLUV	3	0.7204	ID PS PLUV
3	0.7219	ID PS PLUV	3	0.7004	IT PS PLUV
3	0.7053	EC PS PLUV	3	0.6895	EC PS PLUV
3	0.7052	IV PS PLUV	3	0.6867	IV PS PLUV
4	0.7454	EC ID IV PS	4	0.7270	ID IT PS PLUV
4	0.7400	ID IT PS PLUV	4	0.7212	ID PS DU PLUV
4	0.7284	IV IT PS PLUV	4	0.7205	ID IV PS PLUV
4	0.7284	EC IT PS PLUV	4	0.7205	EC ID PS PLUV
5	0.7503	EC ID IV PS PLUV	5	0.7341	EC ID IT PS PLUV
5	0.7484	EC ID IT PS PLUV	5	0.7334	ID IV IT PS PLUV
5	0.7481	EC ID IV IT PS	5	0.7270	ID IT PS DU PLUV
5	0.7462	ID IV IT PS PLUV	5	0.7232	EC ID IV PS PLUV
6	0.7746	EC ID IV IT PS PLUV	6	0.7379	EC ID IT PS DU PLUV
6	0.7540	EC ID IV IT PS DU	6	0.7367	EC ID IV IT PS PLUV
6	0.7518	EC ID IV PS DU PLUV	6	0.7367	ID IV IT PS DU PLUV
6	0.7490	EC ID IT PS DU PLUV	6	0.7264	EC ID IV IT PS DU
7	0.7746	EC ID IV IT PS DU PLUV	7	0.7417	EC ID IV IT PS DU PLUV

Canaleta G7 - Pg' = 4.0			Canaleta G8 - Pg' = 4.0		
Nº Orden	R²	Variables en el modelo	Nº Orden	R²	Variables en el modelo
1	0.4214	PLUV	1	0.3312	PLUV
1	0.3700	IT	1	0.2898	IT
1	0.3055	IV	1	0.2434	IV
1	0.3054	EC	1	0.2428	EC
2	0.6065	ID PLUV	2	0.5266	ID PLUV
2	0.5863	ID IT	2	0.5257	EC ID
2	0.5647	EC PLUV	2	0.5231	ID IT
2	0.5595	IV PLUV	2	0.5189	ID IV
3	0.7106	IT PS PLUV	3	0.5981	ID PS PLUV
3	0.6837	EC PS PLUV	3	0.5971	IT PS PLUV
3	0.6820	IV PS PLUV	3	0.5669	EC ID PS
3	0.6818	ID PS PLUV	3	0.5592	ID IV PS
4	0.7146	ID IT PS PLUV	4	0.6119	ID IT PS PLUV
4	0.7110	IV IT PS PLUV	4	0.6087	EC ID IV PS
4	0.7108	EC IT PS PLUV	4	0.6082	IV IT PS PLUV
4	0.7108	IT PS DU PLUV	4	0.6062	EC IT PS PLUV
5	0.7188	EC ID IT PS PLUV	5	0.6585	EC ID IT PS PLUV
5	0.7187	ID IV IT PS PLUV	5	0.6550	ID IV IT PS PLUV
5	0.7172	ID IT PS DU PLUV	5	0.6245	EC ID IV IT PS
5	0.7144	EC IV IT PS PLUV	5	0.6200	ID IT PS DU PLUV
6	0.7191	EC ID IT PS DU PLUV	6	0.6680	EC ID IV IT PS PLUV
6	0.7190	ID IV IT PS DU PLUV	6	0.6601	EC ID IT PS DU PLUV
6	0.7189	EC ID IV IT PS PLUV	6	0.6561	ID IV IT PS DU PLUV
6	0.7147	EC IV IT PS DU PLUV	6	0.6461	EC ID IV IT PS DU
7	0.7192	EC ID IV IT PS DU PLUV	7	0.6712	EC ID IV IT PS DU PLUV

Cuadro A13. Salida de SAS de los coeficientes de regresión múltiple en las agrupaciones elegidas, donde se encontró significancia estadística (Pg'=3.5 mm, Canaleta C1 con 7 variables independientes).

General Linear Models Procedure

Number of observations in data set = 12

Dependent Variable: Canaleta C1 - Pg' = 3.5 (7 variables independientes)

Source	DF	Sum of Square	Mean Squares	F Value	Pr > F
Model	7	5.30463639	0.75780520	5.97	0.0518
Error	4	0.50805527	0.12701382		
Corrected Total	11	5.81269167			

R-Square	C.V.	Root MSE	G3 Mean
0.912596	30.18123	0.356390	1.18083333

Dependent Variable: Canaleta C1 - Pg' = 3.5 (7 variables independientes)

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
EC	1	0.07471748	0.07471748	0.59	0.4859
ID	1	0.16715790	0.16715790	1.32	0.3153
IV	1	0.04637251	0.04637251	0.37	0.5783
IT	1	0.51636623	0.51636623	4.07	0.1140
PS	1	0.44909489	0.44909489	3.54	0.1332
DU	1	0.11163823	0.11163823	0.88	0.4016
PLUV	1	0.21728509	0.21728509	1.71	0.2610

Parameter	Estimate	T for H0: Parameter=0	Pr > T	Std Error of Estimate
INTERCEPT	-0.656453130	-1.13	0.3225	0.58209120
EC	0.468071350	0.77	0.4859	0.61027622
ID	-0.168860000	-1.15	0.3153	0.14719356
IV	-3.897527432	-0.60	0.5783	6.45036624
IT	-2.381500286	-2.02	0.1140	1.18112867
PS	0.000105658	1.88	0.1332	0.00005619
DU	0.019288593	0.94	0.4016	0.02057404
PLUV	2.014324749	1.31	0.2610	1.54006842

Cuadro A14. Salida de SAS de los coeficientes de regresión múltiple en las agrupaciones elegidas, donde se encontró significancia estadística ($Pg'=3.5$ mm, Canaleta C3 con 6 variables independientes).

General Linear Models Procedure

Number of observations in data set = 12

Dependent Variable: Canaleta C3 – $Pg'=3.5$ (6 variables independientes)

Source	DF	Sum of Square	Mean Squares	F Value	Pr > F
Model	6	4.18457569	0.69742928	9.38	0.0133
Error	5	0.37172431	0.07434486		
Corrected Total	11	4.55630000			

R-Square	C.V.	Root MSE	G3 Mean
0.918415	26.34421	0.272663	1.0350000

Dependent Variable: Canaleta C3 - $Pg' = 3.5$ (6 variables independientes).

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
EC	1	0.86963414	0.86963414	11.70	0.0188
ID	1	0.46629882	0.46629882	6.27	0.0542
IV	1	0.80631768	0.80631768	10.85	0.0216
IT	1	0.36303833	0.36303833	4.88	0.0781
PS	1	0.49139406	0.49139406	6.61	0.0500
DU	1	0.23319789	0.23319789	3.14	0.1368

Parameter	Estimate	T for H0: Parameter=0	Pr > T	Std Error of Estimate
INTERCEPT	-0.71447341	-1.66	0.1574	0.42983314
EC	1.37589958	3.42	0.0188	0.40229435
ID	-0.243775582	-2.50	0.0542	0.09733834
IV	-13.95506212	-3.29	0.0216	4.23744587
IT	-1.72542245	-2.21	0.0781	0.78080877
PS	0.00010007	2.57	0.0500	0.00003892
DU	0.02514612	1.77	0.1368	0.01419823

Cuadro A15. Salida de SAS de los coeficientes de regresión múltiple en las agrupaciones elegidas, donde se encontró significancia estadística ($P_g=3.5$ mm, Canaleta C3 con 7 variables independientes).

General Linear Models Procedure

Number of observations in data set = 12

Dependent Variable: Canaleta C3 – $P_g=3.5$ (7 variables independientes)

Source	DF	Sum of Square	Mean Squares	F Value	Pr > F
Model	7	4.19137716	0.59876817	6.56	0.0441
Error	4	0.36492284	0.09123071		
Corrected Total	11	4.55630000			

R-Square	C.V.	Root MSE	G3 Mean
0.919908	29.18302	0.302044	1.035000

Dependent Variable: Canaleta C3 - $P_g=3.5$ (7 variables independientes).

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
EC	1	0.58009823	0.58009823	6.36	0.0652
ID	1	0.30114393	0.30114393	3.30	0.1434
IV	1	0.53109450	0.53109450	5.82	0.0733
IT	1	0.31599849	0.31599849	3.46	0.1362
PS	1	0.44850719	0.44850719	4.92	0.0909
DU	1	0.15998888	0.15998888	1.75	0.2560
PLUV	1	0.00680147	0.00680147	0.07	0.7983

Parameter	Estimate	T for H0: Parameter=0	Pr > T	Std Error of Estimate
INTERCEPT	-0.67923836	-1.38	0.2406	0.49332835
EC	1.30422262	2.52	0.0652	0.51721545
ID	-0.22664722	-1.82	0.1434	0.12474808
IV	-13.18999975	-2.41	0.0733	5.46675252
IT	-1.86300589	-1.86	0.1362	1.00101884
PS	0.00010559	2.22	0.0909	0.00004762
DU	0.02309080	1.32	0.2560	0.01743671
PLUV	0.35638214	0.27	0.7983	1.30522401

Cuadro A16. Valores de índice de capacidad de copa S de algunos ecosistemas seleccionados

Tipo de Ecosistema	S (mm)	Referencia
Madera dura	1.9 ± 0.5	Aussenac, 1968
Bosque húmedo submontañoso	0.9	Jackson, 1975
Arboles con hojas perennes	0.5 a 0.7	Rowe, 1983*
	1.2 a 1.5	Rowe, 1983**
Plantación de acacia	0.5 a 0.6	Bruijnzeel & Wiersumm, 1987
Bosque húmedo en tierra firme	1.3 ± 0.2	Elsenbeer et al., 1994
Plantación de eucalipto	0.35	Dunin et al., 1968
Bosque húmedo	0.6	Hutjes et al., 1990
Plantación de coca	1.79	Este estudio

* Método de Leyton et al., 1967

** Método de Gash & Morton, 1978

Fuente: Elsenbeer et al., 1994 Vol. 32 N° 2.

Cuadro A17. Superficie específica de hojas por planta de coca, expresado en cm².

Hoja	PLANTA 1									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	8.09	10.51	11.15	13.00	6.88	6.92	10.30	6.72	20.10	6.34
1	3.81	10.64	12.64	9.94	11.71	12.57	7.56	9.66	9.47	15.21
2	6.40	14.01	6.73	9.77	9.16	11.32	13.22	8.09	8.10	9.61
3	11.70	8.16	16.46	9.83	7.78	4.94	12.37	8.43	12.46	8.53
4	18.09	10.56	15.67	11.48	17.06	6.05	11.61	5.18	10.83	10.91
5	8.72	14.54	8.92	7.34	13.65	8.46	6.08	12.37	11.88	11.08
6	13.07	8.54	6.21	8.71	6.25	11.05	13.41	6.70	8.16	15.26
7	12.08	12.23	12.71	11.93	11.41	9.46	6.25	8.79	8.11	10.35
8	5.90	9.37	11.99	11.31	6.15	6.98	6.45	9.44	7.39	8.31
9	7.64	7.15	8.29	7.87	7.89	8.84	10.03	4.37	10.42	8.17
10	5.41	4.67	6.69	8.86	7.02	6.27	12.46	6.42	11.75	2.08
11	6.08	10.68	4.58	3.00	3.30	7.11	4.05	4.86	2.62	8.64
12	9.90	4.79	10.24	6.26	8.63	5.10	4.85	4.85	2.52	8.64
13	11.05	9.72	14.85	11.79	6.86	13.37	10.82	7.73	4.93	18.95
14	3.70	8.01	5.20	8.22	11.33	8.81	9.87	10.34	9.24	7.91
15	10.19	5.18	8.63	9.41	7.26	9.20	11.23	13.26	11.21	7.48
16	14.29	9.68	8.58	6.96	6.93	7.09	6.48	7.61	16.54	9.69
17	6.76	9.41	8.65	7.34	7.90	5.99	3.80	3.79	8.50	6.48
18	10.50	6.38	4.98	6.36	8.08	11.09	8.98	6.99	6.83	2.49
19	7.17	4.72	7.34	3.01	5.66	8.47	9.07	8.74	7.71	7.55
20	9.03	5.71	7.38	5.53	4.69	6.34	10.91	12.83	6.58	8.12
21	7.90	4.66	2.18	8.43	8.38	9.72	9.26	11.17	6.50	6.38
22	2.33	3.11	3.28	5.56	6.45	5.49	4.10	2.56	3.44	3.88
23	4.26	3.09	7.57	4.85	5.58	7.03	5.46	4.35	8.45	5.85
24	4.07	7.58	8.58	6.65	1.96	7.70	3.53	4.69	3.98	2.56
25	1.94	2.22	4.56	3.24	6.58	6.98	4.65	5.42	4.98	4.96
26	2.60	2.94	4.67	2.31	3.27	2.41	4.25	4.18	2.99	2.80
Area Total Planta 1 :									2133.29 cm ²	

Hoja	PLANTA 2									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	16.42	4.34	4.68	3.98	16.43	6.78	15.22	10.70	6.31	8.94
1	6.08	13.89	11.60	5.90	9.02	14.79	11.73	9.41	17.32	9.47
2	6.20	13.48	11.92	9.19	9.51	16.30	13.25	16.49	16.78	10.78
3	20.83	16.35	15.28	15.53	16.05	14.14	26.17	17.95	11.46	15.63
4	25.18	14.50	10.56	12.34	14.31	13.07	9.78	13.29	15.67	9.07
5	10.35	13.44	19.79	9.96	12.62	12.67	10.45	23.56	13.36	15.07
6	12.45	16.02	13.19	14.02	17.73	11.61	13.44	19.52	13.70	17.02
7	14.04	11.71	15.76	13.53	11.60	12.41	11.48	13.16	10.36	11.17
8	11.56	9.71	8.98	7.11	8.34	10.12	8.60	7.79	7.04	8.13
9	9.19	5.60	2.10	5.04	10.04	9.01	5.82	7.89	9.39	7.21
10	8.64	7.06	8.95	11.06	7.88	10.43	9.57	9.15	8.41	4.56
11	3.24	6.58	6.98	4.25	4.18	2.99	2.80	2.60	2.94	4.67
12	2.31	3.27	2.41	16.00	12.28	11.12	10.25	12.10	14.05	12.95
13	9.65	13.27	19.13	9.66	11.72	11.99	12.67	2.27	5.69	4.98
14	5.79	8.08	3.01	10.81	6.52	8.02	4.99	5.53	4.69	9.26
15	6.50	6.38	6.45	5.84	3.08	4.82	2.00	4.45	5.40	4.95
16	4.96	4.96	2.22	5.49	5.46	8.38	5.85	4.26		
Area Total Planta 2 :									1690.79 cm ²	

...Continuación del Cuadro A17.

Hoja	PLANTA 3									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	16.42	4.34	4.68	3.98	16.43	6.78	15.22	10.70	6.31	8.94
1	6.08	13.89	11.60	5.90	9.02	14.79	11.73	9.41	17.32	9.47
2	6.20	13.48	11.92	9.19	9.51	16.30	13.25	16.49	16.78	10.78
3	20.83	16.35	15.28	15.53	16.05	14.14	26.17	17.95	11.46	15.63
4	25.18	14.50	10.54	12.34	14.31	13.07	9.78	13.29	15.67	9.07
5	10.35	13.44	19.79	9.96	12.62	12.67	10.45	23.56	13.36	15.07
6	12.45	16.02	13.19	14.02	17.73	11.61	13.44	19.52	13.70	17.02
7	14.04	11.71	15.76	13.53	11.60	12.41	11.48	13.16	10.36	11.17
8	11.56	9.71	8.98	7.11	8.34	10.12	8.60	7.79	7.04	8.13
9	9.19	5.60	2.10	5.04	10.04	9.01	5.82	7.89	9.39	7.21
10	8.64	7.06	8.95	11.06	7.88	10.43	9.57	9.15	8.41	7.39
11	8.82	6.61	9.97	8.99	10.40	10.85	8.30	12.90	10.66	13.41
12	8.26	7.31	9.99	8.70	9.75	12.20	12.69	10.99	7.54	9.13
13	10.82	9.60	7.58	11.40	13.89	14.93	10.04	9.87	10.92	8.09
14	13.04	12.59	12.03	8.40	8.02	10.92	8.95	7.40	8.20	10.40
15	9.09	9.79	14.65	13.20	8.50	12.80	9.87	11.20	12.97	12.20
16	10.70	13.07	13.09	9.85	12.96	13.26	8.40	13.02	7.94	7.80
17	10.72	13.40	13.56	9.01	10.40	8.60	10.70	8.90	13.92	8.40
18	8.10	10.60	13.12	10.74	6.08	13.89	5.90	14.69	3.98	13.48
19	11.92	9.19	9.51	13.50	14.14	6.72	10.64	9.95	11.71	15.11
20	6.40	13.97	5.96	9.61	16.21	7.79	14.53	5.18	13.65	12.37
Area Total Planta 3 :									2351.62 cm²	

Hoja	PLANTA 4									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	7.70	4.62	3.99	8.40	8.28	9.52	4.08	2.94	3.44	3.64
1	2.95	3.09	3.18	6.25	5.39	4.39	8.40	5.80	4.16	3.05
2	6.57	4.57	5.50	3.53	4.59	3.78	2.46	4.05	7.52	8.55
3	6.62	4.99	5.26	4.55	5.42	4.78	4.76	3.01	1.20	4.68
4	3.45	8.70	10.26	12.24	14.01	13.05	9.68	13.19	15.69	9.05
5	11.23	12.52	11.99	15.99	11.56	15.07	16.02	19.42	14.02	12.64
6	13.70	17.00	14.00	11.70	15.50	9.34	10.09	7.69	7.03	9.10
7	9.15	5.60	3.02	5.02	9.02	5.87	7.79	9.19	7.19	8.54
8	7.05	8.95	11.00	13.53	10.26	12.24	14.01	13.05	9.68	13.19
9	15.69	9.05	10.25	12.52	11.99	15.99	10.15	15.07	16.02	19.42
10	14.02	11.61	13.70	17.00	14.00	11.70	15.50	8.34	10.09	7.69
11	7.03	8.10	9.15	5.60	3.02	5.02	9.02	5.87	7.79	9.19
12	7.19	8.54	7.05	8.95	11.00	13.53	11.60	12.57	11.68	13.57
13	10.46	11.45	10.97	9.71	9.09	7.11	13.59	11.60	12.41	11.48
14	13.27	10.30	11.45	10.47	9.79	8.90	7.56	9.95	10.15	10.47
15	14.83	10.04	9.89	8.09	13.99	13.19	12.01	8.40	8.04	10.98
16	8.95	7.25	10.50	12.80	12.70	13.07	9.79	13.99	9.78	14.80
17	13.59	13.69	13.02	13.12	12.98	13.20	13.89	14.93	10.04	13.85
18	12.05	10.56	13.56	11.99	12.42	13.54	11.45	10.56	10.89	9.79
19	13.56	12.45	14.98	14.56	16.79	13.15	12.56	13.45	11.92	12.63
20	12.45	14.50	14.01	15.12	13.99	12.63				
Area Total Planta 4 :									2084.35 cm²	