

CAMBIO CLIMATICO Y PROSPECTIVA EPIDEMIOLOGICA SANITARIA DE LOS CULTIVOS DE CAFE Y CACAO, EN LA REGION ANDINO AMAZONICA



Tito A. Hernández T., PhD

www.incades.org
INCADES
Instituto de Asesoría y Capacitación para el Desarrollo Sostenible

2011

CONTENIDO	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	3
2. CAMBIO CLIMÁTICO : TENDENCIAS Y ESCENARIOS	5
3.CLIMA Y EPIDEMIAS DE CULTIVOS DE CAFÉ	9
4.CLIMA Y EPIDEMIAS DE CULTIVOS DE CACAO	17
5.BIBLIOGRAFÍA	21

1. INTRODUCCION

En los últimos 50 años la concentración de gases de efecto invernadero (CO₂, CH₄, CFC) en la atmosfera aumentó, debido al incremento del uso de combustibles fósiles, del cambio del uso de la tierra y de la agricultura intensiva. Como consecuencia de ello, la temperatura de la superficie del planeta aumentó aproximadamente 0.2 °C por década, desde los años 80; acelerándose este fenómeno desde finales de los años 90. Cada vez más los datos de investigaciones y modelos desarrollados indican que, antes de finalizar este siglo, el calentamiento global mostrará un incremento de 3 °C .

En el contexto de esas tendencias y escenarios globales, el efecto más evidente del incremento de la temperatura se viene dando en los Agro sistemas y, según los recientes estudios, los actuales cambios climáticos tienen ya importantes impactos en los patosistemas agrícolas, especialmente en los frágiles ecosistemas tropicales y, de hecho, en los andinos amazónicos.

Las recientes Investigaciones en Perú, Brasil, Colombia y Centro América, y en otros continentes, sugieren que el calentamiento global y los efectos relacionados con los eventos extremos en el clima podrían traer grandes consecuencias para la producción global y calidad del café y del cacao, y otros cultivos tropicales.

Asimismo, este aumento de las temperaturas incrementará las enfermedades y parásitos que son actualmente de poca importancia, sobre todo en los países más húmedos; aunque también algunas epidemias dejarán de ser importantes en otras zonas productoras.

La epidemiología es la ciencia ecológica de la patología en poblaciones de plantas. Estudia por lo tanto sus dinámicas. Esas dinámicas resultan de sus interacciones con los factores del ambiente y la interferencia de las actividades humanas, las cuales vienen alterando el clima y causando un impacto que debe ser evaluado en términos de aumento de pérdidas, alteraciones en el manejo de los cultivos y de su nueva distribución geográfica. El aumento de las temperaturas posiblemente va a causar efectos a través del tiempo ,debido a las dificultades que encontrarán la adaptación y adopción de nuevos sistemas de cultivos tropicales.

Nos enfrentamos cada vez más a una serie de problemas globales-entre los que se incluyen los problemas fitosanitarios y su manejo - que están dañando la biosfera y la vida humana de una manera alarmante. Pero esos problemas no pueden entenderse separadamente de otros problemas, porque son sistémicos y sus factores o variables son Inter ligados e interdependientes.

Para enfrentarlos, se requiere un cambio radical en nuestras percepciones, en nuestro pensamiento y en nuestros valores. Esto pasa por tener una visión de holística, concibiendo al mundo como un todo integrado y no como una colección de partes disociadas. Este cambio de percepción profundo y de pensamiento que garantice nuestra supervivencia no ha alcanzado todavía la mayoría de los líderes de nuestras grandes universidades y centros de investigación, tampoco ha calado entre la mayoría de nuestros líderes políticos.

Las investigaciones epidemiológicas para identificar factores climáticos y su influencia en la severidad de las enfermedades, deben recibir mucho más atención que antes. Por esta razón, este documento contiene un análisis de las alteraciones en el clima, especialmente de las temperaturas, y el comportamiento de las enfermedades del café y cacao que ocurrieron las dos últimas décadas en la región de Tingo María Perú, a fin de que, mediante un enfoque prospectivo, se adopten políticas y estrategias urgentes para reducir su impacto en el futuro.

2. CAMBIO CLIMATICO: TENDENCIAS Y ESCENARIOS

Informaciones del COMITÉ INTERGUBERNAMENTAL SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO-IPCC, indican que, a partir de la revolución industrial, a fines del siglo XVIII, las actividades antrópicas, aliadas a eventos naturales, están alterando la composición de gases de la atmósfera. De 1760 hasta 1960 los niveles de CO₂ atmosférico aumentaron de 280 ppm hasta 317 ppm.(40 ppm en 200 años). De 1960 hasta el 2005 esas concentraciones pasaron de 317 ppm para 379 ppm (un incremento de 62ppm).

La concentración de CH₄ aumento de 700 ppb en la era preindustrial para 1745ppb en 1998.

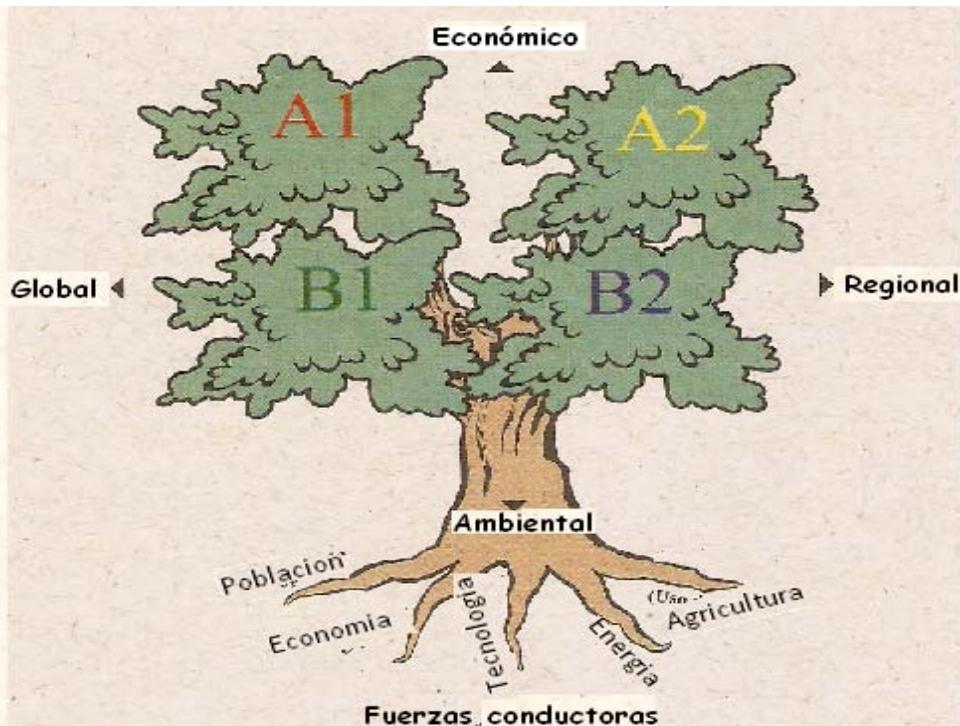
En los últimos 50 años la concentración de gases de efecto invernadero (CO₂, CH₄, CFC) en la atmosfera aumentó principalmente por el incremento del uso de combustibles fósiles y por el cambio del uso de la tierra y de la agricultura intensiva.

Todo ello tuvo como efecto el aumento de la Temperatura de Sobre la superficie del planeta en aproximadamente 0.2 °C por década, desde los años 80. Este fenómeno se aceleró desde finales de los años 90, y se estima que antes de finalizar este siglo, el calentamiento global mostrará un incremento de 3 °C.

El Comité Intergubernamental Sobre Cambio Climático –IPCC¹, publicó en el año 2000, un nuevo conjunto de escenarios para su uso en el Tercer Informe de Evaluación (Informe especial sobre escenarios de emisiones - IE-EE). Los escenarios del IE-EE se construyeron para explorar futuros desarrollos en el entorno global, con especial referencia a la producción de gases de efecto invernadero y las emisiones de precursores de aerosoles. El equipo del IE-EE ha definido cuatro escenarios o líneas evolutivas, denominadas B2 ,A1, A2, y B1, al describir las relaciones entre las fuerzas conductoras de gases de efecto invernadero y las emisiones de aerosoles y su evolución durante el siglo 21 para grandes regiones del mundo y en el mundo, en función de las diferentes tendencias demográficas, sociales, económicos, tecnológicos y ambientales.².

¹ www.ipc-data.org.

² SPECIAL REPORT ON EMISSIONS SCENARIOS (SRES).



A 1- Describe un mundo con rápido crecimiento económico, baja tasa de crecimiento poblacional y rápida introducción de nuevas y más eficientes tecnologías. Las principales características incluyen la convergencia entre las regiones, el desarrollo de capacidades y el aumento de las interacciones culturales y sociales, con importante reducción en las diferencias regionales del ingreso per cápita. Considera direcciones alternativas de cambios tecnológicos en el sistema de energía.

A 2.- Describe un mundo muy heterogéneo, con preservación de las identidades locales y de la tradición. Los patrones de fertilidad entre regiones convergen muy lentamente lo que resulta en alta crecimiento poblacional. El desarrollo económico es principalmente orientado regionalmente y el crecimiento económico per cápita y el cambio tecnológico son más fragmentados y más lentos, comparados con otras familias de escenarios.

B1.- Describe un mundo convergente con bajo crecimiento poblacional, con rápidos cambios en las estructuras económicas, con reducción en la utilización de material y la introducción de tecnologías limpias y eficientes en la utilización de los recursos. El énfasis es en las soluciones globales para la sustentabilidad económica, social y ambiental, incluido la mejora en al equidad, aunque sin iniciativas climáticas adicionales.

B 2.- Describe un mundo en el cual el énfasis esta en soluciones locales para la sostenibilidad económica, social y ambiental. Es un mundo con moderado crecimiento poblacional, niveles intermedios de de desarrollo económico y cambio tecnológico menos rápido y más diversas que B 1 y A 1, orientado a la protección del medio ambiente, más enfocado en los niveles locales y regionales.

Fuente IPCC (2000) citado por GINHI.2008

Muchos investigadores en el mundo han tomado como referencias estos escenarios para sus estudios prospectivos del comportamiento de enfermedades de cultivos. Por ejemplo **Raquel GHINI y Emilia HAMADA** (EMBRAPA, Brasilia 2008), en su libro *MUDANÇAS CLIMÁTICAS. Impactos sobre doenças de plantas no Brasil*, pronostican aumentos estacionales de temperaturas en el Brasil, al 2020,2050 ,y 2080, en los escenarios A2 y B2. Obviamente esos cambios afectaran a la amazonia peruana con consecuencias epidemiológicas importantes en el comportamiento de epidemias del café y acaco cultivados extensivamente en la región andino amazónico circundante, como muestra la siguiente figura :

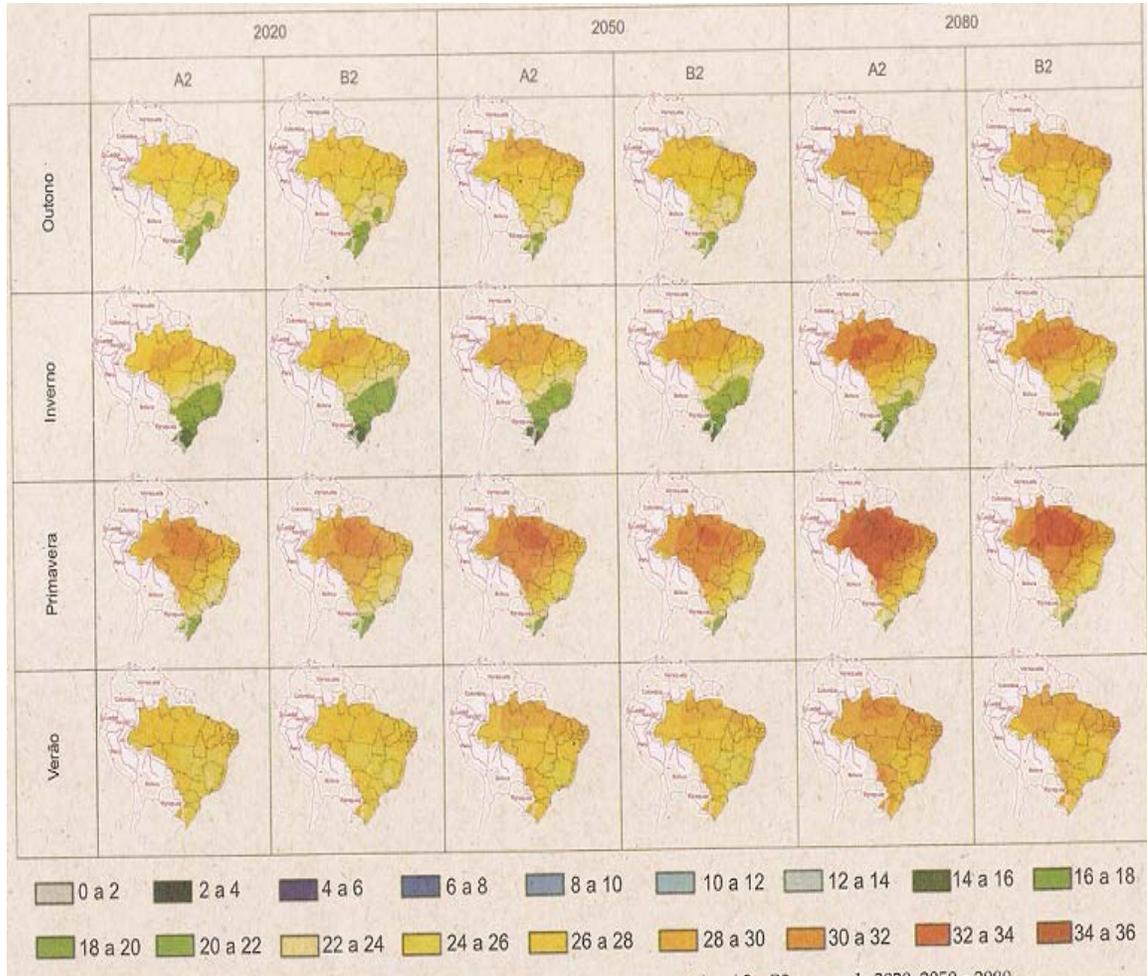


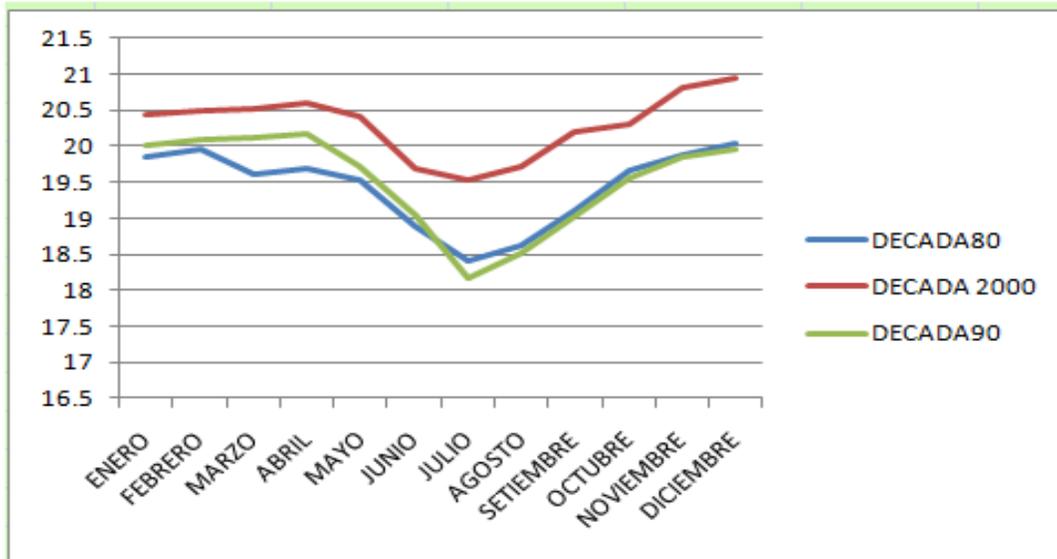
FIGURA 1. TEMPERATURA MEDIA (°C) DE OTOÑO, INVIERNO, PRIMAVERA Y VERANO, PARA LOS ESCENARIOS A2 Y B2 DEL 2020, 2050 Y 2080, EN BRASIL Y AREAS ANDINO AMAZONICAS CIRCUNDANTES

Tomado de : Raquel GHINI y Emilia HAMADA (EMBRAPA, Brasilia 2008),

Un análisis del comportamiento del clima en Tingo María-Perú (670 msnm), ubicada en la selva alta o piedemonte amazónico y tradicional zona productora de café y cacao, nos muestra que, con relación a los años 80 del siglo anterior, la temperatura se ha incrementado en más de un 1 °C.

Este fenómeno es más notorio cuando analizamos las temperaturas mínimas, como muestra el siguiente gráfico:

GRÁFICO 1. Variación de las temperaturas mínimas, en Tingo María –Perú, En las décadas de los años 80, 90 y 2000



FUENTE: Elaboración propia , con datos de la ESTACIÓN METEOROLÓGICA- UNAS. TINGO MARÍA. 1950-2009

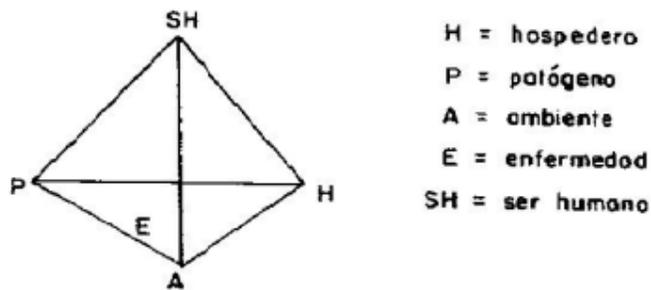
Con ello, tanto la fisiología, el rendimiento y calidad del café y cacao, así como el ciclo de vida y patogénesis de los microorganismos causantes de sus principales enfermedades vienen siendo ya afectados.

3. CLIMA Y EPIDEMIAS DE CULTIVOS DE CAFÉ

ZADOKS y SCHEIN (1979) , manifiestan que las epidemias son procesos, biológicos complejos. Cada proceso usualmente está compuesto en un número fácilmente identificable de subprocesos que son los ciclos de infección. Por lo tanto, en el enfoque sistémico, una epidemia, vista como un total, consiste de una secuencia de ciclos de infección que ocurren extensivamente, como resultado de la interacción entre una población de unidades infectivas del patógeno sobre una población de plantas hospederas, bajo un ambiente (Clima)favorable, (HERNANDEZ, T, 1987).

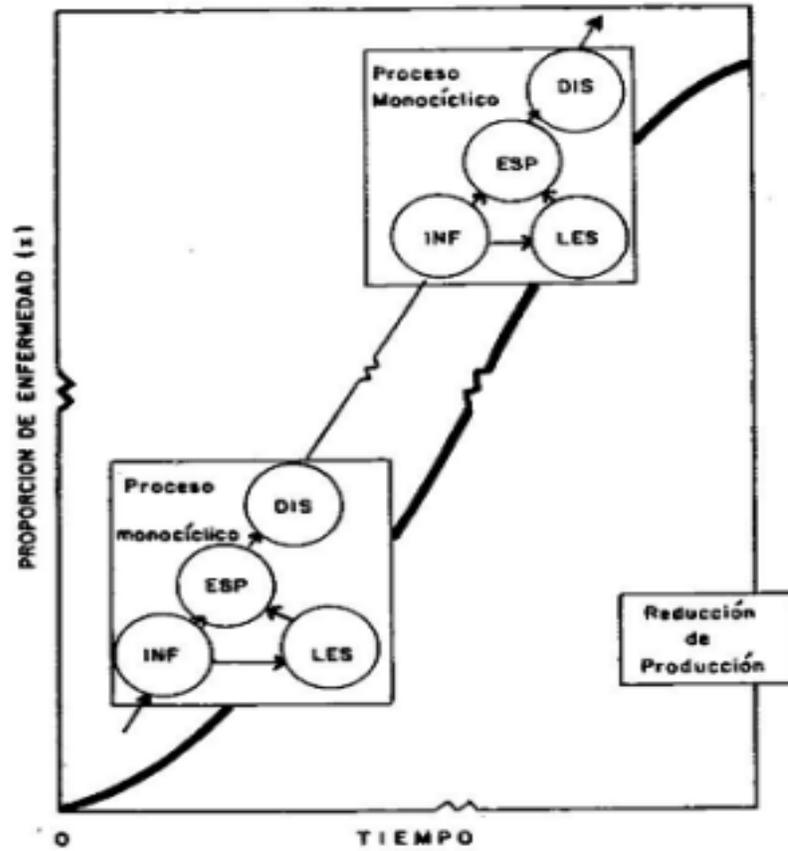
VAN DER PLANK (1968. 1975), afirma que un hospedero mas sensible, un patógeno más agresivo, y un ambiente más favorable, contribuyen a aumentar la enfermedad.

Esta relación íntima entre los tres componentes del Patosistema (hospedante patógeno-ambiente). fue representada, inicialmente. mediante un triángulo, al que se denominó triángulo de la enfermedad, teniendo en cada vértice uno de los componentes indicados. Años después, ZADOKS y SCHEIN (1979) sugirieron la representación de las interacciones entre los componentes de la enfermedad, por la figura del tetraedro:



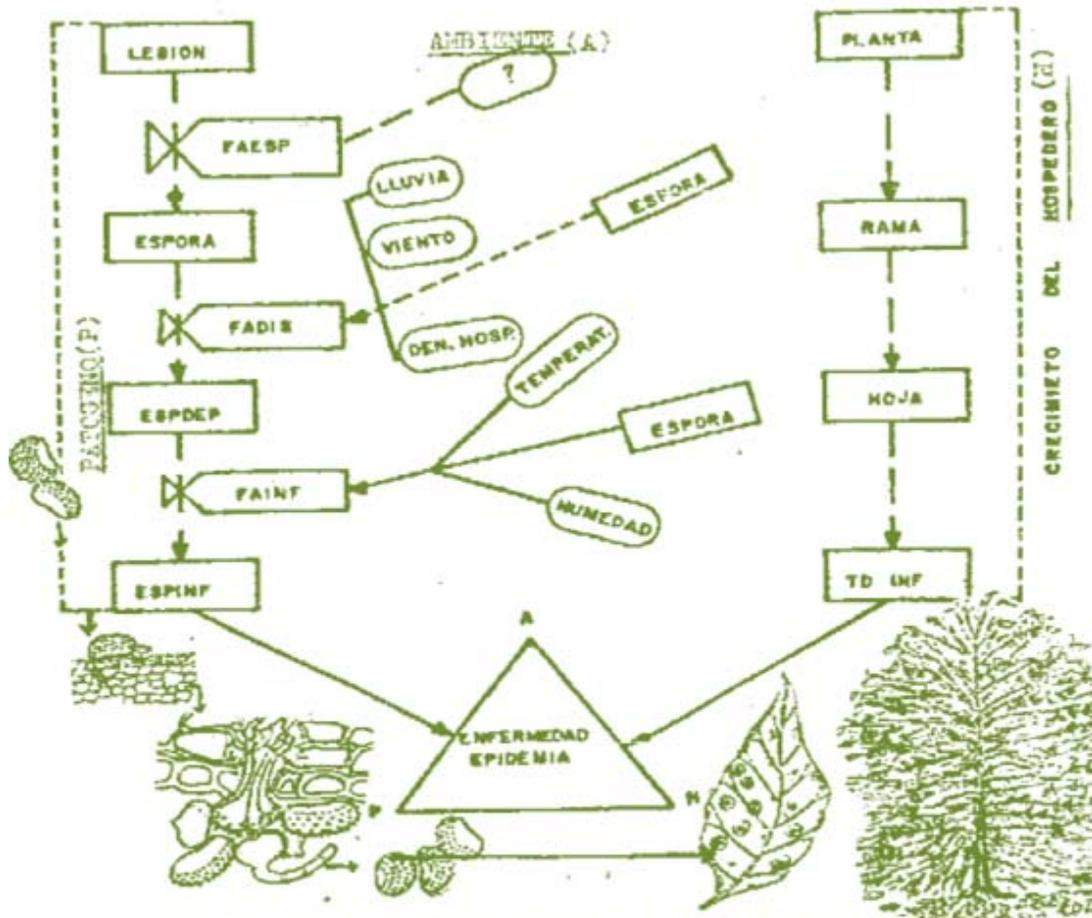
De acuerdo con lo dicho, una epidemia es la consecuencia de procesos biológicos, designados procesos epidemiológicos. Estos procesos son los ciclos de infección o ciclos de patogénesis como los denomina FRY (1982), cada ciclo de infección es denominada por ZADOKS y SCHEIN (1979) y KUSHALAPPA, A. y HERNÁNDEZ T (1985) como "proceso mono cíclico".

Una serie de procesos mono cíclicos constituyen un proceso poli cíclico. Si se considera a una epidemia como una cadena de ciclos de infección, puede inferirse que una epidemia es un proceso poli cíclico, que envuelve una serie de procesos mono cíclicos, los que se dan en el tiempo y en el espacio. Esto se puede graficar en lo que se denomina la curva de progreso de una epidemia.



— Curva de progreso de una epidemia o proceso policíclico, que consiste en una serie de procesos monocíclicos, que a su vez consisten en procesos continuos: Infección (INF), Esporulación (ESP) y Diseminación (DIS) causando lesiones (LES). (Adaptado de BUT/AND ROYLE, 1974).

En un patosistema los comportamientos de la población del hospedero así como la del patógeno son estudiados integralmente, como un solo sistema, debido a que los componentes biológicos de un patosistema vegetal (planta, agente patógeno y medio biótico) están en relación con los componentes abióticos y climáticos (ROBINSON 1980, MARQUINA 1984). La siguiente Figura ilustra lo dicho, tomando como referencia un esquema del patosistema de la **roya el cafeto (Hemileia vastatrix)**.



Esquema del patosistema de la Roya amarilla del café. Cada fase del ciclo de vida de *Hemileia vastatrix* es cuantificada en función del ambiente (función de ambiente para esporulación FAESP, diseminación FADIS, y para infección FAINF). Se considera el desarrollo fenológico del hospedero. El patosistema queda establecido por la relación: Patógeno(P)-Hospedero(H)-Ambiente favorable(A).

Como vemos, las variables climáticas de interés en estudios epidemiológicos son : Temperatura, Humedad , Pluviosidad, Radiación y Viento(CAMPBELL y MADDEN,1990). De estas , la Temperatura y la Humedad ejercen papel fundamental en el progreso de las epidemias de cultivos de café, causadas por hongos fitopatógenos.

- o La temperatura influye en los procesos de infección, colonización, esporulación, sobrevivencia del patógeno. También en los procesos fisiológicos de la planta, como fotosíntesis, evapo-transpiración, metabolismo entre otros. (Vale et al 2004, Hernández ,2005).
- o La Humedad es representada por : Humedad relativa, Mojamiento de la superficie foliar, lluvia, humedad del suelo. El mojamiento foliar es indispensable para la germinación.

La integración de a la influencia del ambiente sobre los procesos epidemiológicos se expresan en *Las funciones epidemiológicas*, que son fórmulas o modelos matemáticos. Por ejemplo, en el caso del hongo *Hemileia Vastatrix*, causante de la “Roya del Cafeto” ⁽³⁾:

$$Y_2 = \text{Sen}^2 (188.1x - 41.6x^2 - 151.3x^3)$$

Donde: Y_2 = Proporción del máximo de infección o lesiones observadas . t =
 Horas de agua líquida x = Equivalente a Schödter de temperatura

De los cuales se derivan Tablas de Equivalencias, como por ejemplo:

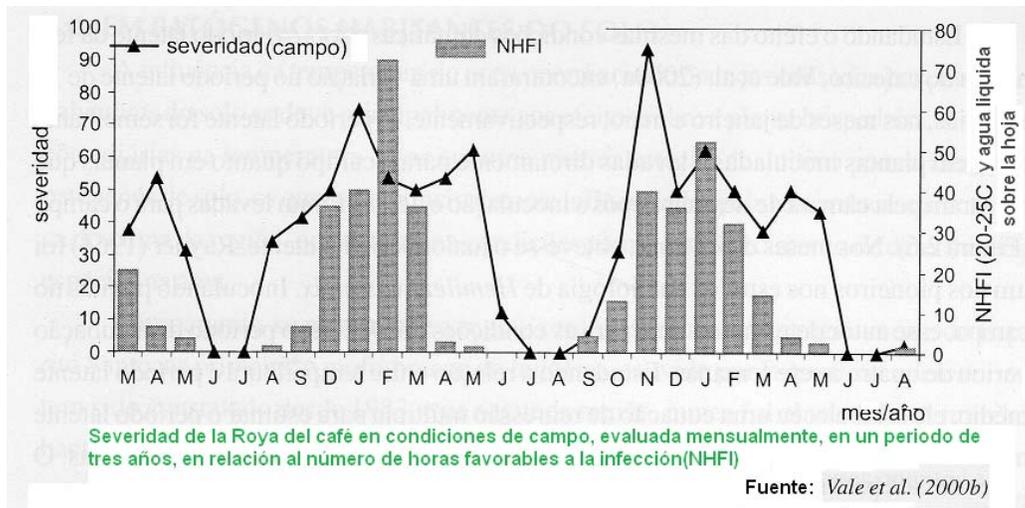
Equivalentes de infección *Hemileia vastatrix* , en función del agua líquida y temperatura.

Horas de agua líquida	INFA _(AL)	Temperatura	(EINFA _(T))
6	0.00	13	0.00
7	0.07	14	0.00
8	0.17	15	0.04
9	0.25	16	0.18
10	0.33	17	0.35
11	0.40	18	0.54
12	0.47	19	0.71
13	0.52	20	0.84
14	0.57	21	0.93
15	0.62	22	0.98
16	0.66	23	1.00
17	0.69	24	0.98
18	0.73	25	0.91
19	0.76	26	0.78
20	0.78	27	0.58
21	0.81	28	0.33
22	0.83	29	0.08
23	0.85	30	0.00
24	0.86	31	0.00
28	0.92		
32	0.95		
36	0.97		
48	1.00		

Fuente: Kushalappa *et al* 1982.

Estas funciones y tablas epidemiológicas sirven para establecer modelos de pronósticos de severidad de la enfermedad en el campo, por ejemplo :

³ HERNANDEZ, T.A. Avaliacao de modelo de previssao da ferrugem do cafeeiro para determinar a avaliacao de fungicidas. Universidade Federal de Vicosa, Tese de M. Sc. 1984

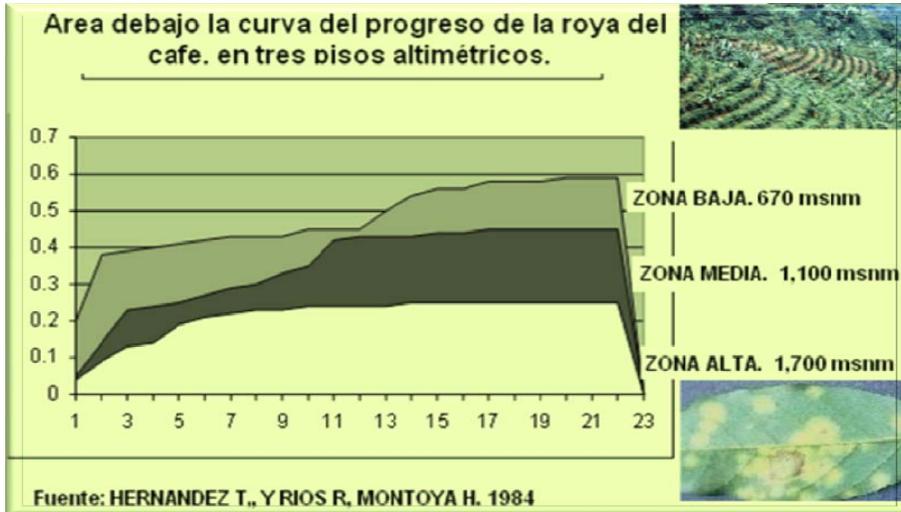


Esos modelos de pronósticos se pueden expresar niveles de FAVORABILIDAD, por ejemplo en un estudio en Brasil se determinó que la favorabilidad térmica e hídrica para que ocurra la **roya del café** fue:

FAVORABILIDAD TÉRMICA E HÍDRICA PARA QUE OCURRA LA ROYA DEL CAFÉ

FAVORABILIDAD	TEMPERATURA MEDIA (C)	PRECIPITACIÓN MEDIA (mm/día)
ALTA	Entre 18 y 26	Mayor que 3
MEDIA	Entre 15 y 18 y entre 26 y 28	Mayor que 2 y/o igual a 3
BAJA	Menor que 15 y mayor que 28	Menor o igual a 2

En un estudio realizado por HERNANDEZ, T.A, MONTOYA,R, Y RIOS, R. , en la región cafetalera de Tingo María Perú, entre 1983 y 1984, el comportamiento epidemiológico de la **Roya del cafeto**, varía en función de las tres zonas altimétricas, como se ilustra a continuación:



Evaluación	Zona Baja	Zona media	Zona Alta
2	0.38	0.14	0.09
3	0.39	0.23	0.13
4	0.4	0.24	0.14
5	0.41	0.25	0.19
6	0.42	0.27	0.21
7	0.43	0.29	0.22
8	0.43	0.3	0.23
9	0.43	0.33	0.23
10	0.45	0.35	0.24
11	0.45	0.42	0.24
12	0.45	0.43	0.24
13	0.5	0.43	0.24
14	0.54	0.43	0.25
15	0.56	0.44	0.25
16	0.56	0.44	0.25
17	0.58	0.45	0.25
18	0.58	0.45	0.25
19	0.58	0.45	0.25
20	0.59	0.45	0.25
21	0.59	0.45	0.25
22	0.59	0.45	0.25

Fuente: HERNÁNDEZ, T. 1984

Datos sobre el comportamiento de las temperaturas medias y temperaturas mínimas nocturnas en la zona baja, nos muestran que las noches son actualmente más calurosas que hace tres décadas, como se ilustra a continuación:





Fuente: Elaboración propia, en base a datos Estación Meteorológica UNAS- Tingo María. 2009.

Se puede inferir entonces que las temperaturas mínimas nocturnas en las zona media y alta, también se han incrementado, De hecho, este cambio climático afecta tanto la fisiología de los cultivos como la biología del patógeno. Se puede esperar que las zonas altas no escaparán a brotes epidémicos, y la severidad de la roya del café no será tan baja como en los años 80.

Además la plaga “ **Broca del Café**” (**Hypothenemus hampei**) que antes solamente afectaba cafetales por debajo de los 1200 msnm , ahora ha subido y afecta cultivos por encima de los 1500 msnm, lo cual coincide con el aumento de la temperatura media.

CLIMA Y CALIDAD DEL CAFÉ : Así mismo debido a los cambios de temperatura que va en aumento, la calidad del café, también va a disminuir drásticamente. Viendo prospectivamente los escenarios, si las temperaturas aumentan en 3°C hasta el final de este siglo , se puede inferir que la buena calidad de café arábico, tal como se cultiva en las regiones andino amazónicas, se conseguirá desplazando el cultivo a una “velocidad” de aproximadamente 50 msnm por década. Esto provocará plantar cafetales en alturas mayores a los 1800 o 1900 msnm, donde nacen las fuentes de agua de la selva alta, causando serios DAÑOS ECOLÓGICOS.

CALIDAD



áreas forestales y de protección



4. CLIMA Y EPIDEMIAS DE CULTIVOS DE CACAO

Como hemos observado, varios modelos matemáticos pueden ser utilizados para explicar los efectos del ambiente sobre los macroprocesos y microprocesos epidemiológicos. Las funciones o modelos pueden ser simples, incluyendo un elemento del Clima; por ejemplo, horas de agua líquida ; o pueden ser complejas, incluyendo varios elementos, por ejemplo lluvia, viento, hospedero en la ecuación. Como fuera indicado en el caso de *Hemilia vastatrix* .agente causal de la “roya del cafeto”, hemos elaborado “tablas de equivalencias”; para los procesos epidemiológicos de infección y esporulación de *Phytophthora palmivora* , agente causal de la “podrición parda” del cacao, los cuales explican mejor el equivalente de ambiente para procesos monocíclico (EAPM):

EAPM= EAINF x EAESP EAPM:

Equivalente de Ambiente para Proceso
Monocíclico

EAINF: Equivalente de Ambiente para infección

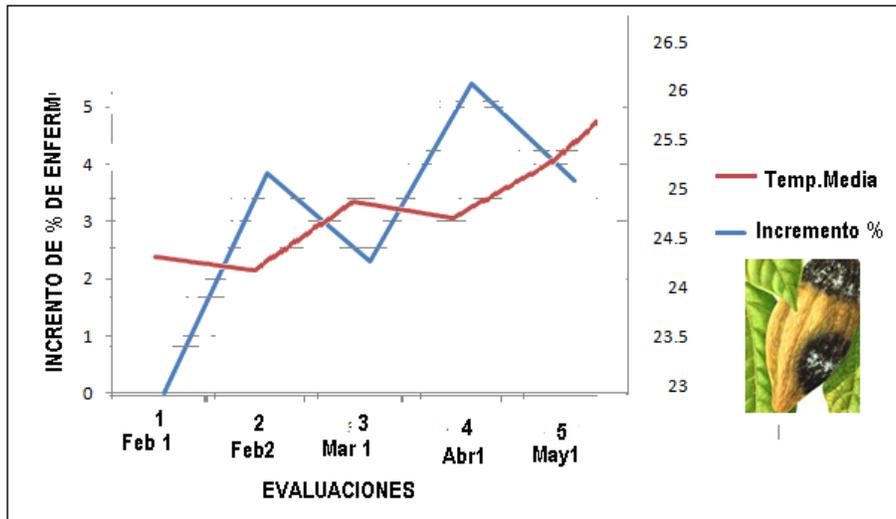
EAESP:: Equivalente de Ambiente para esporulación

TABLA DE EQUIVALENTE DE TEMPERATURA, PARA INFECCIÓN Y ESPORULACIÓN DE <i>Phytophthora palmivora</i> , EN PRESENCIA DE AGUA		
TEMPERATURA	PROPORCIÓN DE INFECCIÓN	PROPORCIÓN DE ESPORULACIÓN
17	0.60	1.00
18	0.60	1.00
19	0.70	0.80
20	0.70	0.70
21	0.70	0.60
22	0.70	0.50
23	0.70	0.40
24	0.70	0.30
25	0.80	0.20
26	0.80	0.10
27	1.00	0.05
28	1.00	0

Fuente:
GUERRERO, HERNÁNDEZ 1987.
BUTHER, R Y MÉNDEZ, F. 1980
ROCHA, M Y DANTAS 1982
WODD, G.O 1979



Cuando llevamos a nivel de campo, el uso de esas equivalencias epidemiológicas, se demuestra una alta correlación entre el incremento de incidencia de la enfermedad y los descensos de temperaturas, según un estudio realizado en Tingo María, en 1981, tal muestra como muestra la siguiente figura:



Fuente: HIDALGO, R. 1981

Es muy probable que en los actuales y futuros escenarios, esta enfermedad no sea epidémica, con incremento significativo de las temperaturas.

En el caso de la enfermedad “escoba de brujas del cacao” (*Crinipellis pernicioso*), el equivalente de ambiente (Temperatura) para la liberación de basidiosporas, determinado por HERNANDEZ, T y AREVALO, G (1986), se explica en la siguiente tabla:

EQUIVALENTE DE TEMPERATURA PARA EL PROCESO DE LIBERACIÓN DE BASIDIOSPORAS DE *Crinipellis pernicioso*

TEMPERATURAS (°C)	PROPORCIÓN DE LIBERACIÓN BASIDIOSPORAS
10	0
15	0
20	0.75
25	0.95
27	0.99
30	0.68
35	0.12
37	0.06
40	0



FUENTE: AREVALO, G y HERNANDEZ, T. 1986

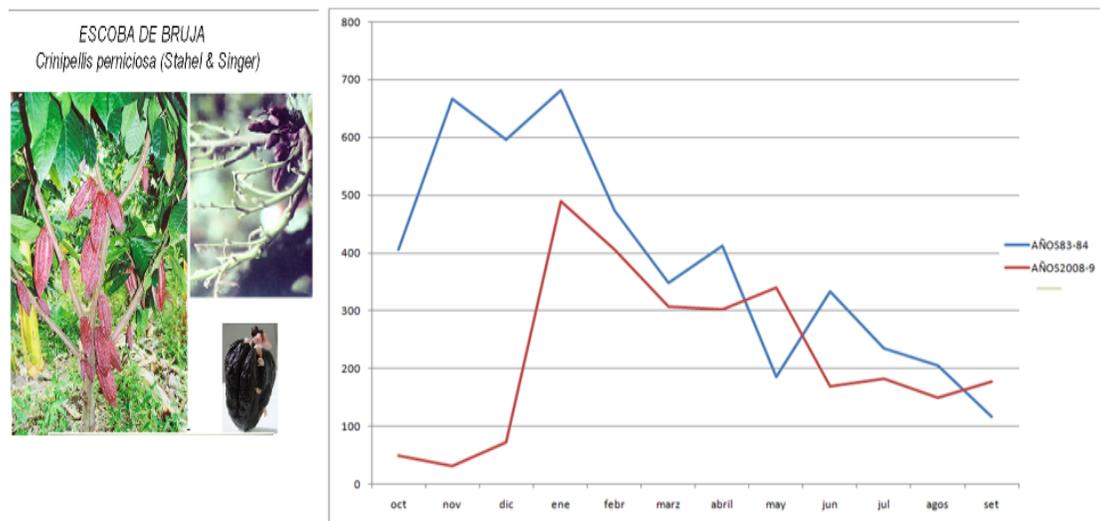
Y la Tabla de equivalencia de Agua liquida y Tmperatura para la Germinación es la siguiente:

EQUIVALENTES DE AGUA LIQUIDA Y TEMPERATURA PARA LA GERMINACIÓN DE BASIDIOSPORAS DE <i>Crinipellis pernicioso</i> .			
EQUIVALENTE DE TEMPERATURA (°)		EQUIVALENTE DE AGUA LIQUIDA (°°)	
TEMPERATURA (°C)	PROPORCION DE GERMINACION	HORAS DE AGUA LIQUIDA	PROPORCION DE GERMINACION
5	0	0.5	0
8	0	1.5	0
10	0	2.0	0.45
12	0	2.5	0.75
15	0.25	3.0	0.98
18	0.35	3.5	1.00
20	0.65	4.0 a mas	1.00
22	0.85		
25	1.00		
27	1.00		
30	0.85		
32	0.65		
35	0.00		
MAS DE 40	0.00		



FUENTE: AREVALO, G y HERNANDEZ, T. 1986

Con esta información, se espera que esta enfermedad pudiera adquirir niveles más altas de severidad al incrementarse las temperaturas, en condiciones de alta precipitación, tal como prevalece hoy en Tingo María.



En el caso de la “*moniliasis del cacao*” (*Moniliophthora roreri*), su ALTA FAVORABILIDAD, se correlaciona con :

- ✓ Alta humedad relativa, mayor del 80%.
- ✓ Baja evapotranspiración, en concordancia con la lluvia y altas temperaturas, 25 -30 C, determinan altas infecciones con características epidémicas.
- ✓ La germinación y infección de conidias requieren agua líquida con ambiente saturado por 6 horas.



Se espera entonces un incremento potencial del grado epidémico de la **Monilia del cacao** , con el aumento de las temperaturas, debido al calentamiento global.

CLIMA Y CALIDAD DEL CACAO.- En granos de menos 1 gramo, aumenta el porcentaje de cáscara y disminuye el contenido de grasa. Estas características prevalecen en regiones con temperaturas altas con estaciones secas marcadas. Tradicionalmente las altas precipitaciones y temperaturas nocturnas relativamente bajas, han permitido obtener granos de cacao de muy alta calidad como muestra la siguiente tabla:

ANÁLISIS DE DE GRANOS DE CACAO EN DISTINTOS PAÍSES

PAIS	CASCARA	GRASA(%)
AFRICA:		
GHANA	13.3	56.9
COSTA DE MARFIL	12.6	58.2
AMERICA :		
BRASIL	15.3	56.2
ECUADOR	14.2	53.4
TRINIDAD TOBAGO	17.3	56.7
PERÚ-TINGO MARÍA	10.9	56.7

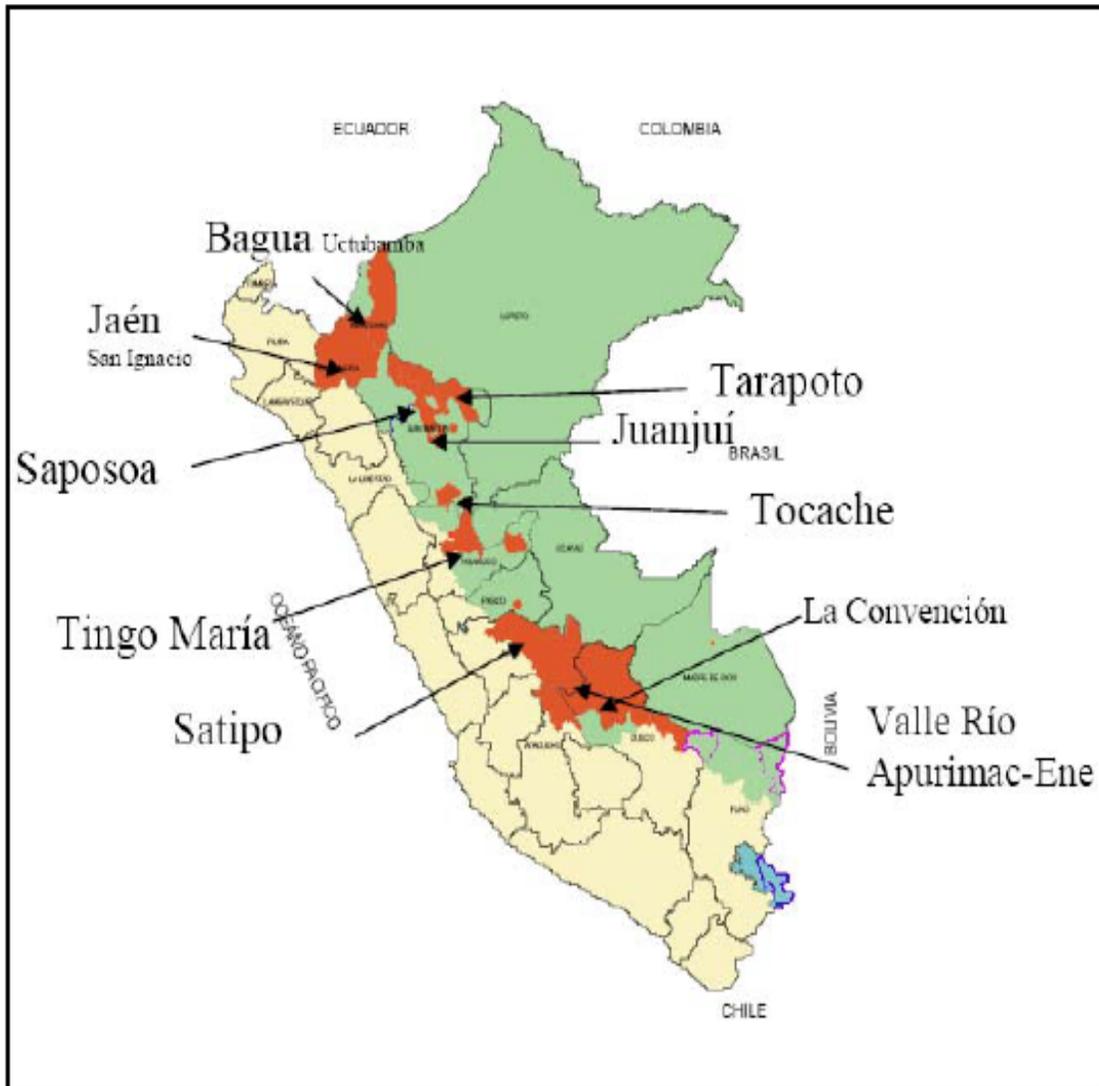
Fuente : WOOD, G. 1982. HERNÁNDEZ, T. y ALBITRES, L. 1991

Cambios climáticos importantes podría afectar esta calidad innata del cacao de Tingo María.

5. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.

1. BERGER, R.D. A .Application of epidemiological principles to achieve plant disease control. Annual Review Phytopathology, 15:165-183-1997.
2. GREGORY, P.H. Phytophthora disease of cocoa. Logman, London, 1974. p. 170-178.
3. HERNANDEZ, T.A. Epidemiología Cuantitativa Aplicada al Análisis de Algunas Enfermedades de Cultivos Tropicales, auspiciado por el Instituto Interamericano de Cooperación a la Agricultura, IICA, en 1987.
4. HERNANDEZ,T. Epidemiología . Fundamentos de análisis y manejo sistémico de epidemias de cultivos Tropicales . INCADES, 2006.
5. HERNANDEZ, T.A. Avaliacao de modelo de previsao da ferrugem do cafeeiro para determinar a avaliacao de fungicidas. Universidade Federal de Vicosa, Tese de M. Sc. 1984.
6. -----, MONTOYA, R.. y RIOS, R. Estudio epidemiológico de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk E Br.) en tres zonas altimétricas de Tingo María, Perú. Lima, IICA, 1986. (publicación miscelánea N° 645). 25 p.
7. KRANZ, J. and HAU, B. Systems analysis in epidemiology. Annual review phytopathology, 19: 67-93. 1980.
8. Raquel GHINI y Emilia HAMADA (EMBRAPA, Brasilia 2008), en su libro *MUDANÇAS CLIMÁTICAS. Impactos sobre doenças de plantas no Brasil*
9. SPECIAL REPORT ON EMISSIONS SCENARIOS (SRES). www.ipc-data.org.
10. VAN PER PLANK, J.E. Plant disease: epidemics and control. Academic Press New York, 1963. 349 p.
11. ----- . Principles of plant infection. Academic Press, London, 1975. 216 p.
12. ----- . Host-pathogen interactions in plant disease. Academic Press New York, 1982. pp. 173-185.
13. ZADOCKS, J.C, and SCHEIN, R.D. Epidemiology and plant disease management. New York, Oxford University Press, 1979. 427 p.

ANEXOS

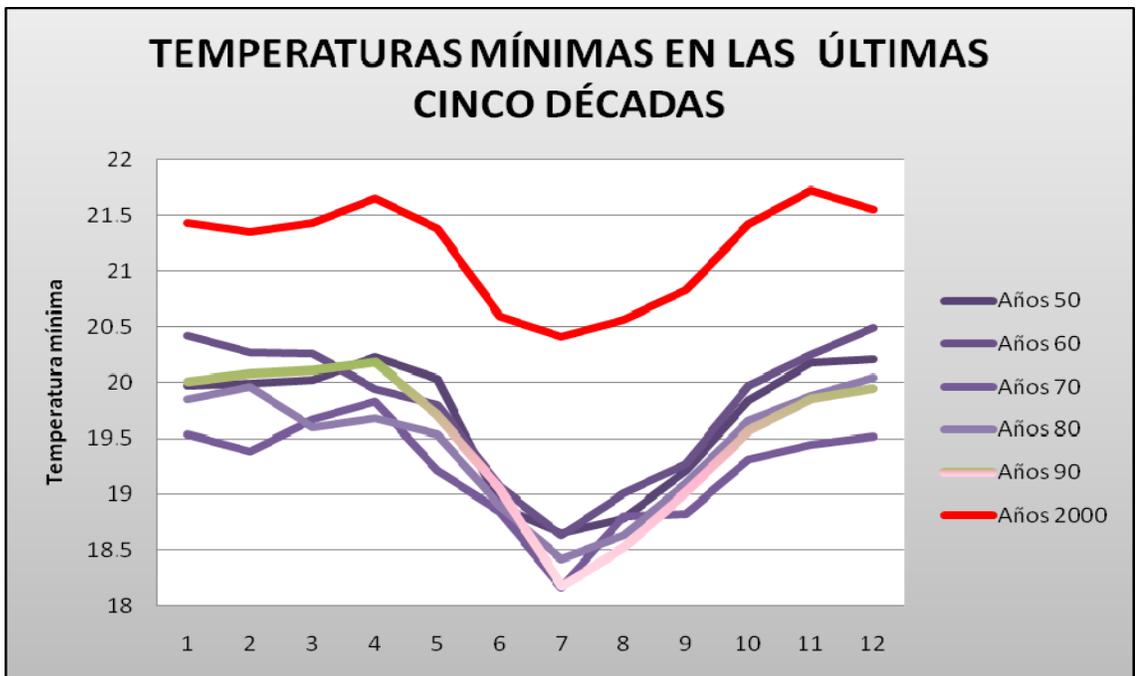


AÉREAS CON CULTIVOS DE CACAO EN EL PERÚ

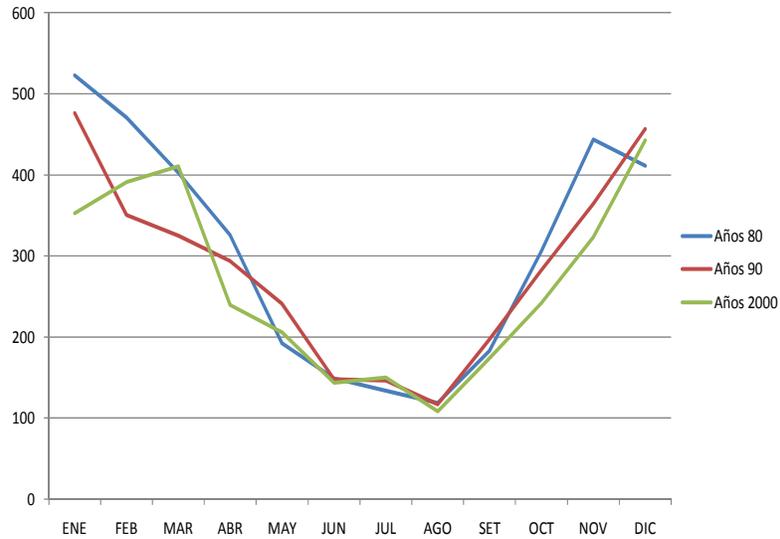
TEMPERATURA MÍNIMA . EN TINGO MARÍA. (670 msnm)

AÑOS	PARAMETRO	MESES											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1940	T.MIN.	19.5	19.7	19.7	18.9	18.6	17.9	17.1	17	18.1	18.5	18	17.4
1941	T.MIN.	17.2	18.1	18.4	19.4	18.8	17.2	17.3	17.4	18.6	19.6	17.6	19.4
1942	T.MIN.	18.8	19.5	19.2	19.2	18.6	17.3	16.6	17.2	18.2	19	18.4	17.8
1943	T.MIN.	18.8	17.9	17.9	17.1	17.2	16.2	16.5	15.1	19.8	18.6	18.8	18.8
1944	T.MIN.	18.3	18.6	18.8	18.4	16.4	15	16.2	17.7	17.6	18.8	19	18.6
1945	T.MIN.	18.9	19.6	19.5	19.3	18.3	18.3	16.7	17.7	18.2	18.3	19	18.6
1946	T.MIN.	19.4	19.4	19.4	19.5	19	17.8	16.5	17.3	17.8	17.6	19	18.6
1947	T.MIN.	18.6	18.8	19.1	18.2	17.6	17.3	16.4	16.3	16.7	17.5	18.5	17.8
1948	T.MIN.	17.7	17.9	18.1	18.3	17.8	17.3	16.8	17	17.7	19	18.5	17.8
1949	T.MIN.	19.3	18.8	18.5	18.3	18.5	18.3	17.3	18.2	17.5	18.2	18.5	17.8
1950	T.MIN.	20	20	20.2	20.2	20.9	19	18.7	18.8	19.4	20	20.1	20.2
1951	T.MIN.	20	19.7	20	20.3	20	19	18.3	18.7	18.7	20.5	20.6	20
1952	T.MIN.	20	20	20	20.2	19.9	18.9	18.7	18.8	18.4	19.8	20.1	20.2
1953	T.MIN.	19.2	20.6	19.6	19.5	19.8	18.5	17.6	18.3	19.2	20.1	21.1	20.4
1954	T.MIN.	20.1	20.1	20.2	20.8	20.1	19.3	18.7	19.1	19.5	19.5	20.3	19.2
1955	T.MIN.	19.4	19.7	20	20.8	20.1	18.9	19.1	18.2	19.1	19	19	19.7
1956	T.MIN.	19.4	19.3	20	19.5	19.1	18.4	18.8	18.3	18.5	19.3	19.1	19.5
1957	T.MIN.	19.7	19.7	19.8	19.8	20.1	19	18.3	18.7	19.7	20.05	20.6	21
1958	T.MIN.	20.9	20.9	20.7	21.1	20.8	19.1	19.4	19.3	19.9	20.3	20.5	21.3
1959	T.MIN.	21	19.9	19.8	20.1	19.6	18.9	18.9	19.6	19.7	19.9	20.4	20.6
1960	T.MIN.	20.9	20.6	21	20	20.3	19.5	19	19.4	19.3	20.4	20.7	21.1
1961	T.MIN.	21.1	20.5	21	20.9	21	19.6	19.1	18.6	19.3	20.3	20.4	20.4
1962	T.MIN.	20.5	20.4	19.6	19.7	19.7	18.9	18.6	18.9	19.4	20.3	20.1	20.8
1963	T.MIN.	20.4	20.4	21.2	20.2	19.9	19.2	18.9	19.4	20	20.4	21	21.4
1964	T.MIN.	19.7	19.7	21.2	20	19.4	19.8	19.3	20.1	20.4	21.4	20.6	20.7
1965	T.MIN.	20.4	20.6	20	20.4	19.4	18.7	18.1	18.5	18.9	19.4	20.8	20.6
1966	T.MIN.	20.6	20.3	19.6	19.7	19.6	19.1	18.5	19.9	18.9	20.4	21.2	22
1967	T.MIN.	20.5	20	19.6	19.7	20.4	19.6	19.2	18.9	19	19	19	19.2
1968	T.MIN.	20.1	20.8	19.5	19	18.3	17.5	17.9	18.9	19.4	19.3	18.8	19.3
1969	T.MIN.	20	19.4	19.9	19.8	20	18.8	17.7	17.5	18.1	18.8	19.9	19.4
1970	T.MIN.	19.4	19.5	19.2	19.5	19.2	18.6	18.4	20.3	20	20.5	19.6	19.1
1971	T.MIN.	19.5	18.5	19	19.2	18.9	18.6	18	18.2	18	17.7	18.9	18.2
1972	T.MIN.	19	19.1	19.1	19.8	18.7	19.2	18.7	19.1	19.1	19.9	20	20.2
1973	T.MIN.	20.4	20.3	20.5	20.4	19.5	19.6	18.5	18.6	18.6	19.3	19.3	19.5
1974	T.MIN.	19.1	19.1	19.3	19.7	19.1	19	17.5	18.1	18.4	19.4	19.2	19.8
1975	T.MIN.	19.6	19.8	19.6	19.6	19.5	18.6	17.7	18.7	18.6	19.1	19.9	19.4
1976	T.MIN.	19.4	19.3	19.5	19.6	19.4	18.5	17.2	19.1	19.3	19.8	19.9	19.8
1977	T.MIN.	19.4	19.7	20.5	20.3	19	18.6	18.1	18.6	18.7	18.6	18.6	19.8
1978	T.MIN.	19.5	18.7	20	20.2	19.5	18.8	19.2	18.2	18.9	18.9	18.9	19.1
1979	T.MIN.	20.1	19.8	20	20	19.3	18.9	18.3	19.1	18.6	19.9	20.1	20.3

1980	T.MIN.	20.3	20.3	19	19.2	18.7	19	17.8	18.4	18.6	19.5	20.2	20.1
1981	T.MIN.	20	19.9	19	19	18.8	20.5	19.2	18.1	18.8	19.4	19.5	19.4
1982	T.MIN.	19.3	19.7	19.2	19.4	19.9	18.6	18.8	18.5	18.7	19.2	19.3	19.7
1983	T.MIN.	19.6	19.5	19.5	19	19.4	18.9	18.6	19.1	19	19.3	19.9	19.7
1984	T.MIN.	19	19.2	19.3	19.6	19.4	18.6	17.5	18	18	19.2	19.2	19.4
1985	T.MIN.	19.4	19.1	19.4	19.7	19.7	18	17.9	18.7	19.2	19.9	19.7	20.4
1986	T.MIN.	20	19.9	20	19.8	19.5	18.5	19	18.5	19.3	19.3	19.5	19.9
1987	T.MIN.	20.3	21.7	20.3	20.3	20.2	19.2	19.4	18.8	20.2	20.5	20.7	21
1988	T.MIN.	20.8	20.6	20.5	20.4	20.3	18.9	17.9	19.1	19.5	20.4	20.4	20
1989	T.MIN.	19.8	19.7	19.8	20.4	19.5	18.8	18.1	19.1	19.7	19.9	20.4	20.9
1990	T.MIN.	20.2	20.7	20.5	20.8	20.2	19.9	19	19.1	19.4	20.2	19.4	19.4
1991	T.MIN.	20.3	20.2	20.1	20.2	20.3	19.7	16.9	17.7	18.4	19.1	20	20.3
1992	T.MIN.	20.2	19.7	20.1	20	20.1	19.1	17.6	18.1	19	19	19.4	19.7
1993	T.MIN.	19.4	19.6	19.5	19.7	19.7	18.7	18.5	18.2	19	19.6	20	20.2
1994	T.MIN.	19.9	20.1	19.8	20.3	19	18	17.9	17.6	18.8	19.5	19.6	20.4
1995	T.MIN.	20.1	20	20	20.4	19.4	19.3	18.9	19.2	19.3	20.1	20.6	20.3
1996	T.MIN.	20.3	20.3	20.6	20	19.7	18.9	17.4	18.5	18	18.5	18.9	19.2
1997	T.MIN.	19.3	19.5	20	20.2	19.7	19.3	18.6	18.9	19.8	20.6	20.9	21
1998	T.MIN.	21.4	21.4	21.3	21.2	19.8	19	18.4	18.9	18.6	19.3	19.5	19.1
1999	T.MIN.	19	19.3	19.2	19	19.2	18.6	18.6	19	19.9	19.8	20.2	19.9
2000	T.MIN.	19.6	19.5	20.02	20.5	20.4	19.7	19	19.3	20.2	20	21.1	19.8
2001	T.MIN.	20	20	20.3	20.5	20.6	19.3	19.6	18.9	19.8	20.8	20.6	20.8
2002	T.MIN.	20.3	20.4	20.5	21.1	20.8	19.7	19.6	19.3	19.7	20	20.1	20.7
2003	T.MIN.	20.8	20.5	20	20.1	19.7	19.1	18.7	19.6	19.7	21.1	21	21
2004	T.MIN.	21.15	20.3	21.32	20.9	20.5	19.4	19.4	18.3	19.1	20.3	20.9	21.2
2005	T.MIN.	20.8	21.3	21.09	21.1	20.9	19.9	18.9	19.5	19.9	20.2	20.6	20.7
2006	T.MIN.	20.7	20.9	20.7	20.6	19.7	19.9	18.9	20	20	21	20.7	21
2007	T.MIN.	21.3	21.1	20.8	20.9	20.9	20	19.7	19.5	19.4	20.3	21.1	20.9
2008													
2009		20.5	20.6	20.6	20.7	20.5	19.9	19.9	20.2	20.3	20.8	20.9	21



PRECIPITACIÓN EN TINGO MARÍA. DÉCADAS DE LOS 80,90 Y 2000



Años 80	522.7	470.96	402.34	325.23	192.35	148.95	133.69	118.26	183.16	305.36	443.38	411.16	3657.54
Años 90	476.2	350.44	324.82	293.61	240.87	147.76	146.14	116.98	197.02	282.39	364.61	456.58	3397.42
Años 2000	352.79	390.81	410.80	239.12	205.77	143.65	149.75	108.28	173.88	241.70	323.14	442.49	3182.18

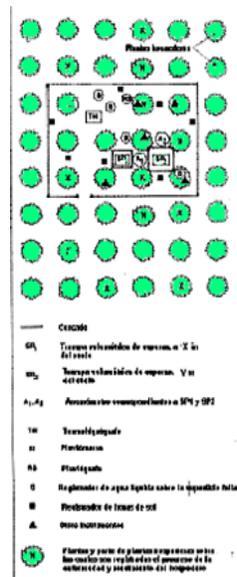
FUENTE: Elaboración propia, con datos de la ESTACIÓN METEOROLÓGICA- UNAS TINGO MARÍA

EVALUACION	TEMPERATURA	
	Temperatura en cafetal con sombra	Temperatura a pleno sol
20-05-80	22.7	24.2
04-07-80	22.5	23.0
05-08-80	22,4	23.7

Fuente: GUERRERO, M Y HERNANDEZ T. 1990



LABORATORIO EPIDEMIOLÓGICO , EN CAMPO



Adaptado de VAN DER PLANK 1992, y HERNANDEZ T.1998.



- Se utilizan resultados de la investigación obtenidos en el laboratorio e invernadero, y validados en campo, referentes al efecto de los diferentes factores ambientales sobre el patógeno y el hospedero.
- Esto se relaciona con la información de clima del lugar, del comportamiento del patógeno y el hospedero, obtenida en el campo.

MODELO PROPUESTO DE LABORATORIO DE CAMPO PARA ESTUDIOS EPIDEMIOLÓGICOS

www.incades.org

titoherandez@incades.org