

## Nota Técnica

# CAMBIO CLIMÁTICO: VARIACIÓN AGROECOLÓGICA DE TURRIALBA

*Sergio Abarca Monge<sup>1</sup>*

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas ecológicos, las comunidades y asociaciones están definidos por las condiciones climáticas y edáficas, donde han evolucionado a lo largo del tiempo las especies que los componen. En los agroecosistemas, o sistemas artificiales, independientemente de los cultivos o especies que se utilicen, las condiciones se mantienen y definirán el grado de éxito del sistema productivo.

Para relacionar las condiciones climáticas y edáficas con las comunidades vegetales que se desarrollan en un área geográfica definida, se han establecido diferentes sistemas de clasificación ecológica (Odum y Barret, 2006). No obstante, en Costa Rica, el sistema de clasificación más utilizado por los profesionales de las ciencias agropecuarias y forestales es el de Zonas de Vida desarrollado por Leslie R. Holdridge (1967). Es precisamente Turrialba, la zona que se utilizó para la validación del sistema, cuyo cultivo de importancia es el café, y donde Holdridge en 1967 hizo su estudio. De acuerdo con Watson y Tosi (2000), en Costa Rica, una muestra de la validez del sistema, la constituye la correspondencia de la vegetación e incluso el uso predominante en café, de las tierras ubicadas en las zonas de vida de Bosque Húmedo Premontano y Muy Húmedo Premontano. Estas zonas de vida se localizan en sitios distantes entre sí como: la parte alta de Nicoya, serranía de Tilarán, San Ramón, San Isidro del General, Turrialba, Orosí, San Vito de Coto Brus, Los Santos; cuando se pasa a Bosque Pluvial Premontano ya no se produce café, lo mismo sucede por encima de los 24 °C de temperatura promedio

anual. En la década de los años 70, el Instituto Costarricense de Electricidad, realizó cálculos de los movimientos de agua mediante el sistema de ecuaciones del monograma de Holdridge en las cuencas donde no había aforo. De esta manera se estimó la escorrentía para la construcción de la represa hidroeléctrica Arenal, que años después se midió, consignando una desviación del 2 % entre la estimación inicial y el dato real (Jiménez Saa 2005).

En los sistemas terrestres y especialmente los situados en regiones húmedas, los flujos de nutrientes como: potasio, calcio y magnesio entre otros, y su reciclaje, están muy relacionados con la redistribución del agua de lluvia entre ellos (Likens y Bormann 1995). En los cafetales se ha observado que el reciclaje de potasio a través del agua de lavado foliar y de escorrentía en el agroecosistema es importante, siendo mejor en cafetales con árboles de *Inga sp.* (Jaramillo-Robledo 2003).

Se espera que con el cambio climático, la distribución geográfica, el vigor, la virulencia y el impacto de las malezas, plagas y enfermedades de las plantas se afecte. La interacción de competencia planta: maleza puede ser alterada, principalmente con relación a las especies de diferentes rutas fotosintéticas (C3 y C4). Es posible que en un principio se favorezcan las plantas C3 por el aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. Así mismo, los cambios fisiológicos y bioquímicos inducidos en las plantas huésped puedan afectar los patrones de consumo de los insectos. La epidemiología de las enfermedades de las plantas también

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA), Turrialba, Convenio MAG/ UCR (Ministerio de Agricultura y Ganadería/ Universidad de Costa Rica)

se afectaría, pudiendo ser más difícil el control, especialmente en períodos de cambios rápidos de clima, y de inestabilidad de las condiciones del tiempo (Patterson *et al* 1999). Es posible que las cadenas tróficas se alteren y los hábitos de consumo de los predadores cambien (Lewis y Gripenberg 2008).

La variación ecológica causada por la acción directa del hombre o por el efecto indirecto del cambio global que pueda haber ocurrido en una región o localidad, es caracterizada por una zona de vida original. Esto puede ser mejor entendida midiendo el grado de desplazamiento en el tiempo de las relaciones biológicas con las variables climáticas y sus efectos en los ecosistemas. En el caso de la agricultura, aspectos como la evolución acelerada de las interacciones entre plagas y hospederos, competencia de plantas invasivas, variaciones de productividad y los rendimientos de los cultivos pueden correlacionarse mejor con el ambiente donde se desarrollan los cultivos, mediante el esquema de zonas de vida (Lugo y Morris 1982).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en la zona de Turrialba, con los datos de la Estación Meteorológica del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), situado a 602 msnm, 9° 53' latitud Norte y 83° 38' longitud Oeste. De acuerdo con el Sistema de Clasificación de Zonas de Vida Ecológicas de L. Holdridge (1968), esta zona se ubica en Bosque Muy Húmedo Premontano Tropical.

Los datos de precipitación que sirvieron de base son del período comprendido entre enero de 1942 y diciembre de 2008, con un acumulado de 67 años para la determinación del período seco, y de 1958 a 2008 para la determinación de la zona de vida. Los datos de temperatura y humedad relativa comprenden el período entre enero de 1958 y diciembre de 2008, para un total de 51 años. Con relación a los datos de radiación solar, éstos son de Enero de 1968 a Diciembre de 2008, abarcando un período de 41 años. Los datos de evaporación fueron de 1968 a 1992 y del año 2006.

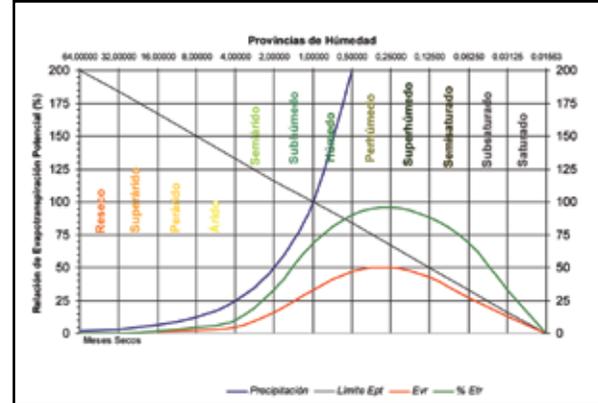
De acuerdo con Holdridge, la zona de vida es una región bioclimática que está limitada por la bio-temperatura. La bio-temperatura ( $t_{bio}$ ) se definió asignándole valores de cero a las temperaturas diarias promedio mensual superiores de 30 °C e inferiores de 0 °C, y luego dividiendo el resultado entre 12, se utilizó la formula:

$$t_{bio} = t - [(3 - \text{grados de latitud}) / 100] * (t - 24)^2 \quad (f1) \quad (\text{Holdridge 1978})$$

Se estimó la evapotranspiración potencial como base del movimiento del agua en el sistema ( $E_{tp}$ ), mediante la formula:

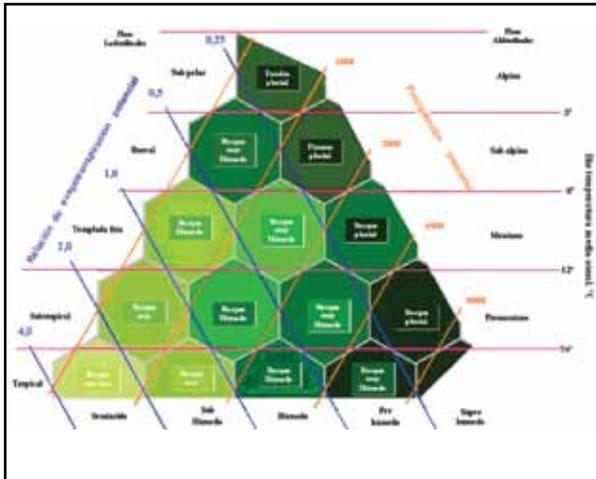
$$E_{tp} = 58,93 * t_{bio} \quad (f2) \quad (\text{Holdridge 1963})$$

El resultado de la formula anterior (f2) se tomó como 100 %, luego se estimaron los otros valores como % de evaporación real ( $E_{vr}$ ) y evapotranspiración real ( $E_{tr}$ ), mediante el diagrama del movimiento de agua en las asociaciones climáticas (figura 1).



**Figura 1.** Diagrama de movimiento de agua en asociaciones climáticas (Holdridge 1963)

La determinación de la zona de vida se realizó con los datos de  $t_{bio}$  promedio anual, precipitación promedio anual, y la elevación sobre el nivel del mar mediante el diagrama de la clasificación de zonas de vida de Holdridge (Figura 2).



**Figura 2.** Diagrama parcial para la clasificación de zonas de vida. (Holdridge 1967).

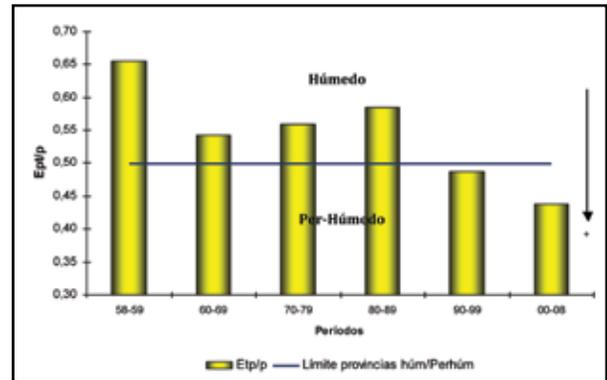
Para el análisis, se utilizaron los valores promedio anuales y mensuales por día para temperatura y precipitación, y se analizaron mediante el sistema propuesto por Holdridge (1963, 1967, 1978), para la determinación de la zona de vida de acuerdo con los datos climáticos (Watson y Tosi 2000).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el establecimiento de las provincias de humedad, Holdridge utilizó la relación entre la evapotranspiración potencial, calculada a partir de la temperatura media y la precipitación total anual ( $E_{pt}/p$ ) (Holdridge 1963).

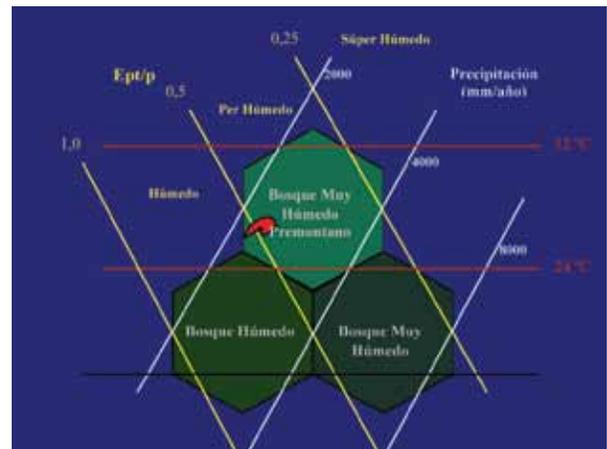
El distrito Central del Cantón de Turrialba normalmente se ha estado clasificando en el hexágono de Bosque Muy Húmedo Premontano en transición a Bosque Húmedo del Diagrama de Zonas de Vida (Holdridge 1978). Precisamente, dicha transición se debe a que el límite de las provincias de humedad ( $E_{pt}/p = 0,5$ ) parte una porción del hexágono de Bosque Muy Húmedo Premontano, quedando Turrialba en el lado izquierdo del límite de humedad. De esta forma se aceptó como correcto que en la descripción de la ubicación de muchas investigaciones y trabajos técnicos llevados a cabo en Turrialba en años anteriores, se indicó como Bosque Húmedo Premontano. No obstante, al calcular la relación de evaporación potencial

en diferentes períodos de tiempo, en los 51 años sujetos a estudio, se pudo observar que desde la década 1990-99, Turrialba pasó el límite de provincia de húmeda a per-húmeda (Figura 3). En términos prácticos significó que el ambiente local se volvió más húmedo en los últimos 19 años.



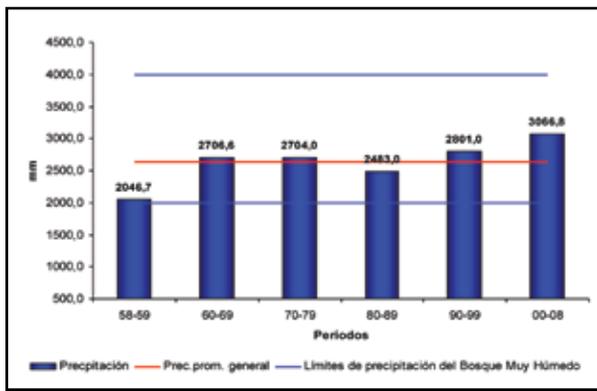
**Figura 3.** Evaporación potencial en diferentes períodos y límites de provincias de humedad, de acuerdo con la clasificación de Zonas de Vida de Holdridge (1978). Turrialba: 1958-2008. 2008.

En términos del esquema de zonas de vida de Holdridge, lo anterior indicó un desplazamiento hacia el interior del hexágono, saliendo de la zona de transición de Bosque Húmedo a Muy Húmedo y quedando al lado derecho de la línea que demarca la relación de evapotranspiración potencial (Figura 4).



**Figura 4.** Desplazamiento de Turrialba en la zona de vida de Bosque Muy Húmedo Pre montano Tropical. Turrialba, Costa Rica. 2008.

En el Sistema de Clasificación de Zonas de Vida de Holdridge, la precipitación es fundamental en la dinámica del flujo de agua en el ecosistema, y forma parte estructural del esquema de clasificación. Al seccionar en períodos de 10 años, los datos obtenidos por CATIE en su estación meteorológica para precipitación acumulada anual, se observó un incremento de la precipitación promedio para las últimas dos décadas (Figura 4), situando a la localidad en el centro del hexágono para esta variable y empujando también a lo interno del mismo.



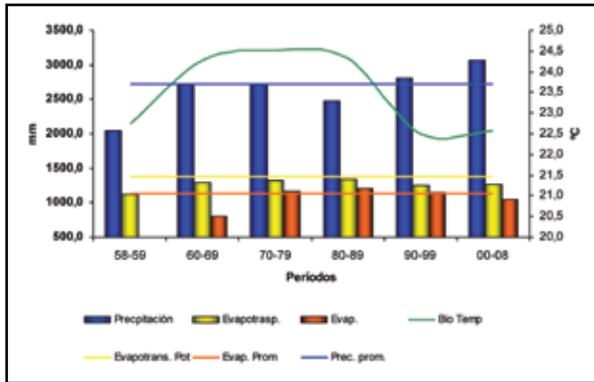
**Figura 5.** Precipitación anual promedio por período, con relación al rango establecido para la zona de vida de Holdridge (1978) de Bosque Muy Húmedo. Turrialba 1959-2008. Turrialba, Costa Rica. 2008.

El incremento de precipitación explica en parte el decrecimiento de la relación de evapotranspiración, que en consecuencia se traduce en un ambiente más húmedo. No obstante, si se hace una simulación sencilla con relación a la fisonomía de bosque natural no se observó ningún cambio. De hecho, se entró al esquema de movimientos de agua en asociaciones (Figura 1), y se partió de una evapotranspiración real de 85 % para

los períodos mayores de 0,50 de relación de evapotranspiración potencial ( $Etp/p$ ) y 90 % para los períodos menores de 0,50; y se utilizó la fórmula de estimación de la altura (en metros) de los árboles dominantes en la asociación climática ( $Altura=2^{*tbio}*\%Et_{preal}$ ), en ambos casos es de aproximadamente 41,00 metros. Bajo el enfoque de Holdridge, lo anterior indicó que la estructura de bosque original podría haber tenido la capacidad de resistir el incremento de precipitación. En términos agroecológicos reforzó la tendencia de que el sistema agroforestal presentó una mejor fisonomía que los monocultivos y tubo una mayor flexibilidad biológica ante el incremento de la lluvia, lo que permitió una mejor adaptación bajo las condiciones actuales de clima (Virgilio y Abarca 2008). En términos de monocultivo, es posible que especies de ambientes más húmedos como el arroz comiencen a ser cultivadas en la zona con buen suceso agronómico<sup>2</sup>, no obstante con limitaciones topográficas para ello en grandes áreas.

El promedio histórico de Turrialba es de 23,50 °C, no obstante se observó un descenso de la bio temperatura promedio por década (Figura 6) para los últimos dos períodos, por lo que se reforzó la hipótesis del desplazamiento hacia el centro del hexágono de la zona de vida Muy Húmeda, y típica de Premontano, donde la nubosidad comienza a jugar un papel importante en términos de la radiación incidente afectando los procesos de evapotranspiración. En este sentido, es posible que la evaporación tuviera alguna variación, sin embargo, los pocos datos para los años noventa y el único dato del 2006 para el período siguiente, no permiten hacer conclusiones sobre una reducción que apoyó la tendencia a una mayor humedad. Sin embargo, el incremento en precipitación, la reducción de la relación de evaporación potencial y de bio-temperatura son indicadores que refuerzan dicha tendencia.

<sup>2</sup> Brenes, S. 2009. Observaciones preliminares sobre rendimientos de variedades de arroz en finca experimental. Universidad de Costa Rica, Turrialba.



**Figura 6.** Precipitación, evaporación, bio temperatura y evapotranspiración estimada, de acuerdo con el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge (1967). Turrialba: 1958 – 2008. Turrialba, Costa Rica. 2008.

En términos prácticos sobre el movimiento del agua en un ecosistema, se observó que la evapotranspiración tendió a disminuir, mientras la precipitación a aumentar. La diferencia entre éstas se denomina ecológicamente escurrimiento, y en este caso se incrementó.

El escurrimiento desde el punto de vista agronómico, se divide en infiltración y escorrentía. La tasa de infiltración está relacionada con el tipo de suelo, especialmente con aspectos físicos tales como la densidad aparente, dependiente de la estructura y la textura, y que en suelos agrícolas se resume en el grado de compactación y su profundidad. Por otra parte, la escorrentía está muy relacionada con la cobertura vegetal del suelo y fisonomía de esa cobertura, la pendiente, la intensidad de la lluvia, y la capacidad de infiltración del suelo. Es de esperar que en los agroecosistemas con climas más húmedos, esas variables sean más sensibles a efectos detrimentales por el exceso de agua en el suelo: como inundación, anegamiento, encharcamiento, escorrentía y erosión. Dado lo anterior, los fenómenos de hipoxia, anoxia, y lixiviación de nutrientes causan desbalances fisiológicos; y la saturación de agua hace más vulnerables las plantas a las enfermedades de la raíz.

Lo anterior es de importancia en la conservación, fertilidad y salud del suelo. Estudios realizados en la zona Atlántica Norte de Costa Rica, con precipitaciones altas, dan cuenta de una disminución de los contenidos de carbono después de 40 años de deforestados y convertidos en suelos de cultivo inicialmente y después en pasturas (Veldkamp 1994). En las condiciones de Turrialba, es posible que se deba ajustar las formas y las épocas de fertilización y enmiendas al suelo, especialmente cuando es fertilización nitrogenada, elemento fácilmente lixiviable, y desdoblado a compuestos volátiles, muy dependiente de los contenidos de materia orgánica para ser incorporado a la planta (Montenegro y Abarca 2001).

### Delineación de la época seca

Uno de los aspectos que caracterizan a una eco-región y sus comunidades vegetales es la distribución de las lluvias. Como se observó en los últimos años, se experimentó un incremento de la precipitación acumulada anual en la región de Turrialba. La diferencia entre la precipitación promedio histórica (2,698 mm) y la del período 1996-08 es de 421mm. En términos agrícolas es importante conocer como se distribuyó el incremento. Estudios previos indicaron que los meses en que se incrementó la precipitación eran: enero, mayo, agosto y noviembre; y se estimó que el 86 % del incremento de la precipitación anual con respecto al promedio histórico se explicó por el incremento de la precipitación en los cuatro meses en cuestión de acuerdo con el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Precipitación Promedio Mensual en los Períodos 1942-08 y 1996-08, para cuatro meses en la Región de Turrialba.

Período	42-08	96-08	Diferencia	
Mes	mm			%
Enero	138,80	286,80	148,00	51,60
Mayo	246,50	338,80	92,30	27,20
Agosto	258,40	293,00	34,60	11,80
Noviembre	279,30	365,00	85,70	23,50
<b>Total</b>	<b>923,00</b>	<b>1.283,60</b>	<b>360,60</b>	<b>28,10</b>

En términos de los calendarios agrícolas, que normalmente recomiendan las diferentes labores de cultivo en el transcurso del año, es de poca importancia el incremento de las lluvias que se observó en los meses de mayo y agosto, pues normalmente han sido meses catalogados como lluviosos. Mientras noviembre es un mes importante para algunas actividades en la región y anteriormente marcaba el inicio de la transición del período lluvioso a seco, en café, normalmente se está terminando la cosecha. En producción bovina se está en el límite de la utilización de las áreas

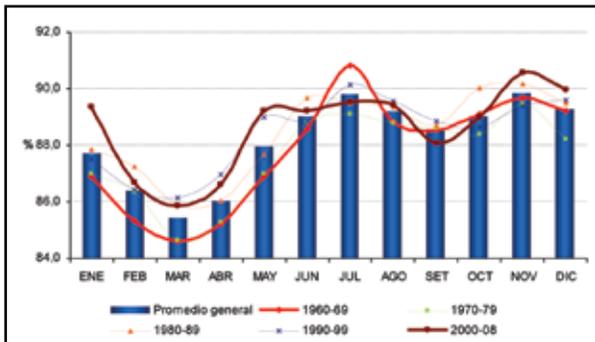
de forraje de corte y en la más baja condición corporal de los animales. No obstante, de acuerdo con los datos analizados, el mes que acarreó una mayor distorsión en los calendarios agrícolas de los diferentes cultivos de la región fue enero, pues no solo duplicó la precipitación, sino que aumentó los días de lluvia (Cuadro 2), prolongando la época lluviosa. En este caso posiblemente afectó las labores agrícolas en el café, tales como el inicio de la poda y la fertilización nitrogenada, causó penuria nutricional en las explotaciones bovinas, y retardó el inicio de la zafra en caña. Además, otros procesos relacionados con la fisiología de los cultivos pudieron causar decrecimiento de los rendimientos, como por ejemplo: inducir a un mayor número de floraciones en las plantaciones de café (Arcila-Pulgarín *et al.* 2001), lo que tendría como consecuencia una maduración no homogénea ni concentrada, produciendo el efecto conocido como “granea” que extendió el período de cosecha, e incrementó los costos de producción. En los pastos de piso, la mortalidad de raíces y el retardo del crecimiento por el “fangueo” producido por el pisoteo de los animales en áreas encharcadas, y en caña de azúcar el decrecimiento de la concentración de azúcares previo a la cosecha.

**Cuadro 2.** Días de lluvia promedio mensual para tres períodos, en cuatro meses en la región de Turrialba. Desde 1942 hasta 2008. Turrialba, Costa Rica. 2008.

Período	1942-2008		1996-08		2000-08		
	Días de lluvia	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.
Enero		18,10	5,10	19,00	4,70	21,20	2,70
Mayo		22,80	4,00	23,60	5,20	23,70	5,00
Agosto		24,60	3,10	24,20	3,40	24,20	3,80
Noviembre		22,50	3,10	23,20	3,40	23,30	3,90

Con base en la información analizada, se puede concluir que de acuerdo a los datos de los últimos ocho años, el período de lluvias se extendió para la región en estudio, iniciando en mayo como el primer mes de la época lluviosa, y extendiéndose hasta enero del siguiente año. Aunque se discutió anteriormente sobre el desplazamiento de la región hacia un ambiente más húmedo, es importante recalcar que al extenderse el período de lluvia, se extiende el período de mayor humedad relativa y el punto de rocío; y la probabilidad de que éste se mantenga a niveles altos durante más tiempo en el período seco. Este hecho fue de importancia agronómica, pues normalmente, en condiciones como la de la región de Turrialba, el período seco marca en la mayoría de los casos el umbral crítico inferior de sobrevivencia de plagas y enfermedades en los cultivos, estableciendo las

poblaciones mínimas iniciales de inóculo. Lo anterior indicó, que si partimos de poblaciones de plagas más altas al final del período seco, el nivel de infestación y grado de severidad fueron mayores en el período lluvioso. Enfermedades como el ojo de gallo (*Mycena citricolor*) a nivel foliar en las localidades más altas de la zona (Borbón *et al.* 1998), y otras de suelo como *Rosellinea sp.*, pudieron tener un grado de importancia mayor en un ambiente más húmedo y marginal para el cultivo de café<sup>3</sup>. En musáceas pueden estar asociadas a este fenómeno un posible aumento de la infestación de *Fusarium* por encharcamiento (Aguilar *et al.* 2001) y severidad de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) por días con condensación de agua en las hojas durante la mayor parte del año<sup>4</sup>. En otros cultivos se ha observado el surgimiento de plagas como el caracol (*Succinea costarricana*) en plantas ornamentales, y el chinche del culantro coyote (*Miridae sp.*)<sup>5</sup>.



**Figura 7.** Humedad relativa promedio anual por período. Turrialba 1960 – 2008. Turrialba, Costa Rica. 2008.

Partiendo desde un punto de vista estrictamente agroecológico y tomando como base un punto crítico de 100 mm de precipitación para que se presente stress hídrico en los agroecosistemas de la región de Turrialba, se puede delinear un período seco mucho más corto y menos intenso entre los meses de febrero y abril. Lo anterior se deduce del análisis del Cuadro 3, donde se indican las veces en que la precipitación ha sido menor de 100 mm. Se observó claramente que los meses de diciembre y enero fueron de transición entre la época lluviosa a la seca, donde en algunos años se dieron precipitaciones menores a 100 mm, incluso durante la década de los noventa, enero fue un mes seco, y en las décadas anteriores fue ligeramente húmedo. Para el período 2000-08, enero no ha presentado precipitaciones inferiores a 100 mm, y adicionalmente febrero y abril tendieron a tener precipitaciones mayores de 100 mm. De esta forma se pudo concluir que de acuerdo con los datos bajo estudio, para Turrialba la distribución de precipitación tendió a cambiar, especialmente en lo relativo a un período seco más corto. Un período seco corto tiene implicaciones fenológicas en las especies de plantas tanto en cultivos como en bosques, posiblemente en cultivos como café, la época de floración se vea alterada. En términos de las labores y prácticas de cultivo, las podas de árboles de sombra en café, cercas vivas, pasturas y la zafra de caña de azúcar, podrían ser concentradas en los meses de febrero y marzo.

<sup>3</sup> T Obando, J. J. Comunicación Personal. 2009. Turrialba, Cabiria, Turrialba (ICAFE)

<sup>4</sup> Tapia, A. Comunicación Personal. 2009. Observaciones realizadas en pruebas semi-comerciales para el establecimiento de plantaciones de high land banana, en Florencia de Turrialba en 2006 UCR (Universidad de Costa Rica)

<sup>5</sup> Servicio Fitosanitario del Estado. Departamento de Exportaciones. 2009. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Intercepciones reportadas en país de destino APHIS (USA). Período enero 2006-mayo 2009.

**Cuadro 3.** Meses con menos de 100 mm de precipitación, en varios períodos, entre 1942 y 2008 para la región de Turrialba.

Mes	Período							
	1942-2008	1942-49	1950-59	1960-69	1970-79	1980-89	1990-99	2000-08
<i>% de veces con períodos de lluvia <math>\leq</math> 100 mm</i>								
Noviembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diciembre	10,40	0,00	0,00	10,00	20,00	20,00	10,00	11,10
Enero	11,10	25,00	20,00	30,00	20,00	20,00	60,00	0,00
Febrero	47,80	40,00	40,00	70,00	50,00	40,00	50,00	33,30
Marzo	71,60	60,00	80,00	60,00	90,00	70,00	60,00	66,70
Abril	46,30	30,00	50,00	50,00	40,00	60,00	50,00	33,30
Mayo	6,00	10,00	0,00	0,00	20,00	0,00	10,00	0,00
Junio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Julio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Agosto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Septiembre	1,50	0,00	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Octubre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Para fines prácticos, con la información anterior (Cuadro 3), se puede establecer una escala arbitraria cualitativa sobre la distribución de las lluvias para cada mes (Cuadro 4), de acuerdo a rangos de precipitación, partiendo de una condición húmeda cuando menos del 10 % de las veces para el período indicado el mes alcanzó 100 mm o menos de precipitación, y llegando a una condición seca cuando alcanzó un 50 % o más de las veces. Hay que recordar que bajo las condiciones tropicales, donde el período de luz permaneció casi constante durante el día a través del año y la poca variación de temperatura por estaciones en el año no es trascendente, en aspectos fenológicos como la inducción de la floración, el estrés hídrico jugó un papel importante en la estimulación de la misma, como sucede en el cultivo del café (Arcila Pulgarín *et al.* 2001)

**Cuadro 4.** Escala de clasificación de los meses de acuerdo con la distribución de la precipitación. Turrialba, Costa Rica. 2008.

Porcentaje de veces en que el mes llegó a una precipitación mínima 100 mm o menos					
9-0	19-10	29-20	39-30	49-40	$\geq$ 50
Húmedo	Húmedo moderado	Ligeramente húmedo	Ligeramente seco	Seco moderado	Seco

De acuerdo con la escala anterior, fue posible elaborar un calendario de distribución de lluvias en los diferentes períodos de estudio, el cual se puede convertir en un instrumento práctico para ser utilizado en la planificación las diferentes actividades agropecuarias de la zona. El hecho de presentar los diferentes períodos fue con el fin de que en forma visual se muestre el ámbito de posibilidades para cada mes, y así, valorar la planificación de las actividades y labores de cultivo de acuerdo a cada ciclo productivo.

Se observó que desde el período 1950-59 hasta 1990-99 los períodos secos fueron prolongados, donde al menos dos meses se clasificaron como secos y dos un poco menos secos, mientras que para el período 2000-08 se redujo a un mes seco y dos ligeramente secos. Al comparar el período 1942-08 que englobó la totalidad de los datos, y el período 2000-08, se observó que la intensidad de la época seca disminuyó para este último período, visto en términos de precipitaciones menores de 100 mm/ mes. Es importante realizar estudios con el fin de observar los efectos fenológicos en los cultivos, y otras especies de importancia económica con el fin de determinar los posibles cambios, la flexibilidad para la adaptación, y la variación que deben sufrir las explotaciones agropecuarias, de continuar esta tendencia.

**Cuadro 5.** Clasificación de los meses con relación a la precipitación menor a 100 mm y determinación del período seco por período. Turrialba, Costa Rica. 2008.

Mes	Período							
	1942-2008	1942-49	1950-59	1960-69	1970-79	1980-89	1990-99	2000-08
	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo
Diciembre	Húmedo	Húmedo Moderado	Húmedo	Húmedo Moderado	Ligeramente Húmedo	Ligeramente Húmedo	Húmedo Moderado	Húmedo Moderado
Enero	Húmedo Moderado	Ligeramente Húmedo	Ligeramente Húmedo	Ligeramente Seco	Ligeramente Húmedo	Ligeramente Húmedo	Seco	Húmedo
Febrero	Seco Moderado	Seco Moderado	Seco Moderado	Seco	Seco	Seco Moderado	Seco	Ligeramente seco
Marzo	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
Abril	Seco Moderado	Ligeramente seco	Seco	Seco	Seco Moderado	Seco	Seco	Ligeramente seco
Mayo	Húmedo	Húmedo Moderado	Húmedo	Húmedo	Ligeramente Húmedo	Húmedo	Húmedo Moderado	Húmedo
Junio	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo
Julio	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo
Agosto	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo
Setiembre	Húmedo	Húmedo	Húmedo Moderado	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo
Octubre	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo

Según la clasificación de Zonas de Vida y con base al análisis de la información disponible, se concluyó que la región de Turrialba tendió a ser más húmeda en el período 2000-2008 con veranos más cortos y menos intensos. Por lo tanto, la Zona de Vida se alteró, y fue posible que los agroecosistemas que no hayan ajustado sus prácticas de manejo, estuvieran llegando a niveles altos de insostenibilidad productiva.

Es necesario realizar investigaciones a fin de ajustar las prácticas agrícolas, variedades, cultivos y sistemas de producción agropecuaria a las condiciones actuales del ambiente biofísico donde se desarrollan. Aspectos tales como: tolerancia a la humedad del suelo, fenología, consideraciones físicas y de fertilidad del suelo y su relación con la nutrición de la planta, eficiencia energética y fotosintética, producción de biomasa, dinámica de las plagas existentes y emergentes deben ser evaluados a la mayor brevedad.

**LITERATURA CITADA**

- Aguilar, E. A.; Tuner, D. W.; Sivasithamparam, K. 2001. Possible Mechanisms by which Hypoxia Predisposes Cavendish Banana to Fusarium Wilt. *In* Banana *Fusarium* wilt Management: Towards Sustainable Cultivation. Proceeding International Workshop on Banana *Fusarium* wilt disease. Los Baños, Filipinas. INIBAP-ASPNET. p: 282-290.
- Arcila Pulgarín, J.; Buhr, L.; Bleiholder, H.; Hack, H.; Wicke, H. 2001. Aplicación de la "Escala BBCH ampliada" para la descripción de las fases fenológicas del desarrollo de la planta de café (*Coffea sp.*) CENICAFE, Colombia. Boletín técnico, nº 23. 32p.
- Borbón, O. 1998. Manejo Integrado de Ojo de Gallo (*Mycena citricolor*) en diferentes zonas de Costa Rica (en línea). Costa Rica, Infoagro . Consultado 2 de julio 2009. Disponible en [Infoagro.go.cr/Agrícola/tecnología/café98/café2.htm](http://Infoagro.go.cr/Agrícola/tecnología/café98/café2.htm).
- Virgilo Filho, E de M.; Abarca, S. 2008. Cafetales para servicios ecosistémicos, con énfasis en el potencial de sumideros de carbono. El caso de las cooperativas afiliadas a COOCAFE. Costa Rica. CATIE Costa Rica. 49 p.
- Holdridge L. 1963. The Determination of atmospheric water movements. *Ecology* 43: 1-9.
- Holdridge L. 1967. Life zone ecology. San José, Costa Rica, Tropical Science Center. 216 p.
- Holdridge L. 1978. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica, IICA. 216 p.
- Jaramillo-Robledo, A. 2003. La lluvia y el transporte de nutrientes dentro de ecosistemas de bosque y cafetales. Colombia. *Cenicafé*, 54(2): 134-144.
- Jiménez Saa, H. 2005. Dr. Leslie R. Holdridge: la capacidad de crear a partir de lo cotidiano. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecológica*. 75: 1-6.
- Lewis, O. T.; Gripenberg, S. 2008. Insect seed predators and environmental change. *Journal of Applied Ecology* 45: 1593-1599.
- Likens, G. E.; Bormann, F.H. 1995. Biogeochemistry of a forested ecosystem. New York, Springer. 159 p.
- Lugo, A.; Morris, G. 1982. Los sistemas ecológicos y la humanidad. Organización de Estados Americanos. (Serie de Biología. Monografía No. 23). 82 p.
- Montenegro, J.; Abarca, S. 2001. Importancia del sector agropecuario costarricense en la mitigación del calentamiento global. San José. Costa Rica. MAG/ IMN. 135 p.
- Odum, E., Barret, G. 2006. Fundamentos de Ecología. 5ta ed. México D.F., México. Thomson. 589 p.
- Patterson, D.T.; Westbrook, J. K.; Joyce, R.J.; Lingren, P.D.; Rodasik, J. 1999. Weeds, insects and diseases. *Climatic Change*. 43: 711-727.
- Ramírez, C. 2001. Nutrición Nitrogenada. *In* Fisiología de la Producción de Cultivos Tropicales. (Fascículo 1. Procesos Fisiológicos Básicos). Villalobos Rodríguez, Enrique. Universidad de Costa Rica. San José. Costa Rica. p: 199-224.
- Todeo, F. R. 2000. Fisiología de las plantas y el estrés. *In* J Azcón-Bieto, M Tolon. Fundamentos de Fisiología Vegetal. España, Mc Graw-Hill. P. 481-498.
- Veldkamp, E. 1994. Organic carbon turnover in three tropical soil under pasture after deforestation. In soil organic carbon dynamics in pastures established after deforestation in the humid tropic of Costa Rica. Ph. D Thesis. Wageningen University. p 117.
- Watson, V.; Tosi, J. 2000. El Sistema de Zonas de Vida. *Biocenosis* 13(1/ 2).