



VII Congreso de la Red Latinoamericana de Ciencias Ambientales

Resúmenes / *Abstract*

del 11 al 15 nov 2013
San Carlos, Costa Rica

"FORJANDO SINERGIAS
PARA LA SOSTENIBILIDAD"



***LIBRO DE RESUMEN DEL
“VII CONGRESO DE LA RED LATINOAMERICANA DE CIENCIAS AMBIENTALES”***

El Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC), la Universidad Nacional de Costa Rica (UNA), la Universidad Estatal a Distancia (UNED) y la Universidad de Costa Rica (UCR), convocaron a la comunidad nacional e internacional a participar en el:

**VII Congreso de la Red Latinoamericana
de Ciencias Ambientales
“Forjando sinergias para la sostenibilidad”**

que se llevó a cabo en la Sede Regional del TEC en San Carlos, Alajuela, Costa Rica, del 11 al 15 de noviembre del 2013.

Este congreso fué declarado de interés público, por la Sra. Presidenta de Costa Rica, señora Laura Chinchilla Miranda y el Ministro de Ciencia y Tecnología, Dr. José Alejandro Cruz Molina.

La actividad contó con el apoyo de las siguientes entidades:

Área Académica del Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo (TEC-UNA-UNED), <http://www.docinade.ac.cr/crlaca>

Escuela de Agronomía del TEC, Sede Regional San Carlos:
<http://www.tec.ac.cr/sitios/Docencia/SC/Agronomia/Paginas/default.aspx>

Centro de Transferencia de Tecnologías (CTEC), www.ctec.itcr.ac.cr

Centro de Investigación y Desarrollo en Agricultura Sostenible para el Trópico Húmedo (CIDASTH):

<http://www.tec.ac.cr/sitios/Docencia/agronomia/cidasth/Paginas/default.aspx>

Población meta del Congreso

Participaron en el congreso profesionales nacionales y extranjeros de las siguientes áreas: Física (energías renovables y Física Ambiental), Cambio Climático, Química Ambiental, Química Verde, Tecnologías Ambientales, Agro-biología, Educación Ambiental, Salud y Gestión Ambiental. También profesionales relacionados con áreas ambientales, docentes e investigadores y estudiantes. Cualquier otra persona física o jurídica relacionada con la protección y cuidado del ambiente.

Los trabajos que se presentaron en el evento estuvieron relacionados con las áreas ambientales dentro de cada disciplina.

Las comisiones nacionales vinculadas en la evaluación de las ponencias científica fueron:

Comité de Coordinación Internacional del evento:

Dr. Raúl G. E. Morales. Santiago, Chile. (Coordinador).

Dra. Laura Bertha Reyes Sánchez. UNAM. Ciudad de México, México.

Dr. Eugenio Sanhuenza. Caracas, Venezuela.

Dr. Itilier Salazar Quintana. Temuco, Chile.

Dr. José Villanueva. Arequipa, Perú.

Dr. Tomás de Jesús Guzmán Hernández. Instituto Tecnológico de Costa Rica,
Sede Regional San Carlos. Costa Rica.

Comité Organizador en Costa Rica:

Dr. Tomás de J. Guzmán Hernández, Presidente del Congreso.

Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional de San Carlos.

Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo (TEC)

e-mail: tjguzman@itcr.ac.cr, tjguzman@gmail.com

M.Sc. Ana Cristina Benavides Benavides, Secretaria.

Escuela de Química. Universidad Nacional (UNA)

e-mail: cristinabenavidesb@gmail.com

Dra. Floria Roa Gutiérrez, Directora de la Escuela de Química.

Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC)

e-mail: froa@itcr.ac.cr

Dr. Luis M. Sierra Sierra, Director de la Escuela de Ciencias Biológicas.

Universidad Nacional (UNA)

e-mail: lsierra@una.ac.cr, lmsierra1@yahoo.com.mx

M.Sc. Vanessa Valerio Hernández, Sub Directora de la Escuela de Ambientales.

Universidad Nacional (UNA)

e-mail: vvalerio@una.ac.cr

M.Sc. Xinia Vargas G., Escuela de Química.

Universidad Nacional (UNA)

e-mail: xiniavargas.gonzalez@gmail.com

M.Sc. Silvia Mau Inchaustegui, Escuela de Ciencias Biológicas.

Universidad Nacional (UNA)

e-mail: silvyamau@gmail.com

Dr. Freddy Araya Rodríguez. (TEC).

Coordinador General del Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo (DOCINADE),

e-mail: faraya@itcr.ac.cr

e-mail: freddy.araya.66@gmail.com

Dr. José J. Saavedra-Arias, Departamento de Física LAMI.

Universidad Nacional (UNA)

e-mail: jsaavedr@gmail.com

Dr. Wagner Peña Cordero,

Universidad Estatal a Distancia (UNED),

e-mail: wpenaenator@gmail.com

e-mail: wpena@uned.ac.cr

Dr. Giovanni Sáenz-Arce, Departamento de Física.

Universidad Nacional (UNA),

e-mail: gsaenz@una.cr

Secretaría de Coordinación Internacional:

Las Palmeras, 3425, Ñuñoa, Santiago, Chile

Teléfono: 56-2-9787274

e-mail: redlacienciasambientales@gmail.com

Las comisiones científicas que evaluaron los trabajos enviados por los ponentes fueron:

Ciencias Agropecuarias y Forestales:

- Lic. Xiomara Mata Granados, Escuela de Agronomía, TEC.
- MSc. Wilfrido Paniagua Madrigal, Escuela de Agronomía, TEC.
- MSc. Joaquín Duran Mora, Escuela de Agronomía, TEC.
- Dr. Carlos Ramírez Vargas, Escuela de Agronomía, TEC.
- MSc. Sergio Torres Portugués, Escuela de Agronomía, TEC.

Educación Ambiental:

- MSc. Ana Cristina Benavides Benavides, Escuela de Química, UNA.
- MSc. Elizabeth Arnáez Serrano, Escuela de Biología, TEC.
- MSc. Claudia Zúñiga Vega, Escuela de Biología, TEC.
- Dra. Lidia Hernández Rojas, Centro Educación Ambiental (CEA), UNED.
- Dra. Jacqueline García Fallas, Instituto Nacional de Investigaciones en Educación (INIE), UCR.
- Dra. Claudia Charpentier Esquivel, DOCINADE.

Cambio Climático:

- MSc. Vanessa Valerio Hernández, Escuela de Ciencias Ambientales, UNA.
- Dr. Wagner Peña Cordero, DOCINADE, UNED.
- MSc. Germaín Esquivel H, Escuela de Química, UNA.

- Dr. Freddy Araya Rodríguez, Escuela de Ciencias y Letras, TEC.
- MSc. Yamileth Astorga, Programa Institucional de Gestión Ambiental Integrada (PROGAI), UCR.

Física:

- Dr. José Javier Saavedra, LAMI, Escuela de Física, UNA.
- Dr. Iván Vargas Blanco, Escuela de Física, UNA.
- MSc. Juan Scott Cháves Noguera, Escuela de Ingeniería Electrónica, TEC.
- MSc. Svetklana Nikolaeva, LAMI, Escuela de Física, UNA.
- Dr. Daniel Ballesteros, Escuela de Física, UNA.
- MSc. Carlos Rodríguez, Escuela de Física, UNA.
- Dr. Giovanni Sáenz-Arce, LAMI, Escuela de Física, UNA.
- Dr. Shyan Nandwani, Escuela de Física, UNA.

Química:

- Dra. Virginia Montero Campos, Escuela de Química, TEC.
- Dr. Jesús Mora Molina, Escuela de Química, TEC.
- M.Sc. Roy Pérez, LAGEDE, Escuela de Química, UNA.
- Lic. Ana Yury Saravia, LABQUIMAR, Escuela de Química, UNA.
- Dr. Sergio Madrigal, POLIUNA, Escuela de Química, UNA.

Biología:

- MSc. Silvia Mau Inchaustegui, Escuela de Ciencias Biológicas, UNA.
- MSc. Ileana Moreira González, Escuela de Biotecnología, TEC.
- MSc. Carola Scholz, Escuela de Ciencias Biológicas, UNA.
- MSc. Liliana Piedra Castro, Escuela de Ciencias Biológicas, UNA.
- Dra. Ana Abdelnour Esquivel, Escuela de Biotecnología, TEC.
- MSc. Rose Marie Menacho Odio, Cátedra Ecología y Educación Ambiental, UNED.
- Msc. Viviana Salgado Silva, Dirección de Investigación, UNA.

RESÚMENES DEL EVENTO

CC.14.P. Predicción estacional del veranillo en dos cuencas de la vertiente del Pacífico de Costa Rica, América Central

^{1, 2, 3} Eric J. Alfaro

erick.alfaro@ucr.ac.cr

¹*Centro de Investigaciones Geofísicas; Universidad de Costa Rica, 11501-2060 San José, Costa Rica.*

²*Escuela de Física, Departamento de Física Atmosférica Oceánica y Planetaria; Universidad de Costa Rica, 11501-2060 San José, Costa Rica*

³*Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad de Costa Rica, 11501-2060 San José, Costa Rica*

Resumen

La región de los Mares Intra-Americanos está caracterizada por fenómenos climáticos raramente observados en regiones tropicales, uno de ellos es el llamado “veranillo” o “canícula”. Sobre la vertiente del Pacífico de América Central, el ciclo anual de la precipitación está caracterizado por dos máximos, uno en junio y el otro, mayor que el primero, en setiembre-octubre, con una época seca de noviembre a mayo y un periodo corto de reducción de precipitaciones durante julio-agosto (veranillo o canícula). Durante el mes de julio, la magnitud del viento alisio aumenta, lo cual está asociado a la Corriente en Chorro de Bajo Nivel del Caribe, sin embargo la caracterización de estos aspectos es difícil de lograr usando datos mensuales. Se estudiaron siete registros diarios de precipitación, pertenecientes a las estaciones ubicadas en dos cuencas importantes de Costa Rica, río Grande de Tárcos y río Tempisque, para caracterizar el veranillo en el periodo 1937-2012. Dentro de los aspectos considerados está el inicio, duración y final del evento, la fecha del mínimo, así como su intensidad y magnitud. Se exploró luego la modulación de estos aspectos debido a fuentes de variabilidad climática tales como el Pacífico Ecuatorial del Este, en donde se observó que condiciones cálidas (frías) del índice Niño 3.4, tienden a estar relacionadas con eventos más secos (más lluviosos) de veranillos.

Palabras claves: Predicción Estacional, Veranillo, Canícula, Variabilidad Climática, Tempisque, Grande de Tárcos, América Central

Seasonal prediction of the mid summer drought in two Pacific slope river basins of Costa Rica, Central America

Abstract

The Eastern Tropical Pacific region is characterized by climate features rarely observed in tropical regions, one of them is the Mid-Summer Drought (MSD), “veranillo” or “canícula” in Spanish. On the Pacific slope of Central America, the precipitation annual cycle is characterized by two rainfall maxima in June and September-October, an extended dry season from November to May, and a shorter reduced precipitation period during July–August (MSD), during July, the magnitude of trade winds increase and this is associated also with the Caribbean Low Level Jet (CLLJ), but characterization of these features using monthly data is difficult. In this work, seven daily gauge stations records, located at two important river basins of Costa Rica, Tarcoles and Tempisque, were studied to characterize the MSD from 1937 to 2012. Among the aspects considered are the MSD Start, Timing, End, Duration, Intensity and Magnitude. The modulation and seasonal predictability of these aspects by climate variability sources as Equatorial Eastern Pacific was lately explored, showing that warmer (cooler) conditions in Niño 3.4 tend to be associated to drier (wetter) MSD events.

Keywords: Seasonal Prediction, Mid Summer Drought, Climate Variability, Tempisque, Tarcoles, Central America

VII Congreso de la red Latinoamericana de Ciencias Ambientales

EJE: Cambio Climático

Predicción estacional del veranillo en dos cuencas de la vertiente del Pacífico de Costa Rica, América Central

(Seasonal prediction of the mid summer drought in two Pacific slope river basins of Costa Rica, Central America)

Eric J. Alfaro^{1,2,3}

erick.alfaro@ucr.ac.cr, Tel: (506) 25115096

¹Centro de Investigaciones Geofísicas; Universidad de Costa Rica, 11501-2060 San José, Costa Rica

²Escuela de Física, Departamento de Física Atmosférica Oceánica y Planetaria; Universidad de Costa Rica, 11501-2060 San José, Costa Rica

³Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad de Costa Rica, 11501-2060 San José, Costa Rica

Palabras clave: Predicción Estacional, Veranillo, Canícula, Variabilidad Climática, Tempisque, Grande de Tárcoles, América Central

Key words: Seasonal Prediction, Mid Summer Drought, Climate Variability, Tempisque, Tarcoles, Central America

1. INTRODUCCIÓN

Una de las primeras caracterizaciones del veranillo en Costa Rica la realizó Ramírez (1983). Esta autora describió que la estación lluviosa en la vertiente del Pacífico de Costa Rica, que normalmente se extiende de mayo a mediados de noviembre, tiene un receso en los meses de julio y agosto que se conoce como “veranillo”, debido al hecho de que en medio de la estación lluviosa se dan condiciones similares a la estación seca, que suele llamarse “verano” en el país (típicamente de mediados de noviembre a finales de abril). Estas condiciones son: viento alisio fuerte durante todo el día en la mayor parte del país, disminución de la precipitación y la humedad relativa en la vertiente del Pacífico, con la aparición de días secos consecutivos, que coincide con un máximo de precipitación sobre la vertiente del Caribe. Sin embargo, y a pesar de que el periodo de disminución de las lluvias se presenta casi todos los años, este es muy variable de un año a otro en aspectos como su inicio y duración, lo cual es un factor de incertidumbre para diferentes sectores socioeconómicos como el agrícola, esta variabilidad fue notada luego también por Amador (2008).

Posteriormente, Magaña et al. (1999) y Amador et al. (2006), mostraron que la señal del veranillo se observa en una región bastante más amplia el Pacífico Tropical del Este (PTE) y que durante la transición de una actividad convectiva intensa a débil (débil a intensa), los vientos alisios se fortalecen (debilitan). Esta aceleración en el flujo alisio es parte de la respuesta dinámica de la atmosfera en

niveles bajos por la magnitud del forzamiento sobre la convección en la ZCIT.

Magaña et al. (1999) explican que la evolución del veranillo se puede entender a través de los cambios en la divergencia (convergencia) de los vientos en bajo nivel sobre la piscina de agua cálida ubicada al oeste de la costa pacífica del sur de México y América Central (Wang y Enfield 2003). La máxima actividad convectiva en el norte del PTE, cuando se establece la estación lluviosa, se alcanza cuando las temperaturas superficiales del mar (TSM) exceden los 29 °C en mayo. Posteriormente, la TSM en esta región oceánica decrece alrededor de 1°C, debido a la disminución en la incidencia de radiación solar y al fortalecimiento de los vientos del este durante julio y agosto. Estos cambios alrededor de los 28°C producen una disminución sustancial de la actividad convectiva, asociados con interacciones no lineales entre la TSM y la convección tropical (Magaña et al. 1999). Esta disminución de la convección tropical, hace que aumente la radiación solar incidente y que aumente la TSM que alcanza un segundo máximo de alrededor de 28.5°C a finales de agosto y principios de setiembre. Este segundo incremento de la TSM provoca una convergencia fuerte en bajo nivel que refuerza la convección y que se refleja en un segundo máximo de precipitación en el PTE. Esta señal del veranillo puede detectarse también en otras regiones como la cuenca del Mar Caribe o el Norte de Suramérica (Magaña et al. 1999; Taylor et al. 2002; Amador et al., 2006), sin embargo el modelo conceptual que explica la señal en el PTE, no es directamente aplicable para estos casos.

En Costa Rica, Ramírez (1983) encontró que dos de las regiones en donde está muy bien definida el veranillo y en donde es más intenso son la parte central del Pacífico Norte y la parte baja del Valle Central de Costa Rica, al oeste del mismo, en donde se ubican las cuencas de los ríos Tempisque y Grande de Tárcoles, dos de las más importantes del país. Se observa también que en estas regiones, el descenso de la lluvia se acentúa a partir del 1 de julio y que la precipitación suele aumentar de nuevo luego de los primeros 15 días de agosto.

Debido a la importancia del manejo del recurso hídrico en dos de las principales cuencas de Costa Rica, como lo son Grande de Tárcoles y Tempisque, es que se plantea como objetivo de este trabajo la caracterización del veranillo en estas regiones y su posible predicción estacional. Al contar con herramientas de análisis objetivo, estas pueden ayudar a la solución de problemas, para tomar decisiones y acciones, en el marco de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. Además, la aplicación de herramientas de pronóstico en una época de disminución del recurso como el veranillo, ayudaría en el manejo del mismo y redundaría en que el agua se convierta en un elemento para el desarrollo económico y social, y no en un elemento que limita el mismo en la cuenca hidrográfica.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se usaron los registros de precipitación de siete estaciones pluviométricas con registros acumulados diarios. Tres de estas estaciones se ubicaron en la cuenca del río Grande de Tárcoles al oeste del Valle Central. Los nombres de estas estaciones son La Argentina, Juan Santamaría y Fabio Baudrit (Fig. 1a). En el orden anterior, el periodo de disponibilidad de datos en estas estaciones se ubicó entre los años 1937 - 2010, 1956 - 2012 y 1959 -2012, respectivamente. Lo

anterior permitió el estudio y caracterización del veranillo en esta cuenca entre los años 1937 y 2012, excepto para los años 1949 y 1950 debido a la falta de datos para hacerlo, es decir 74 eventos.

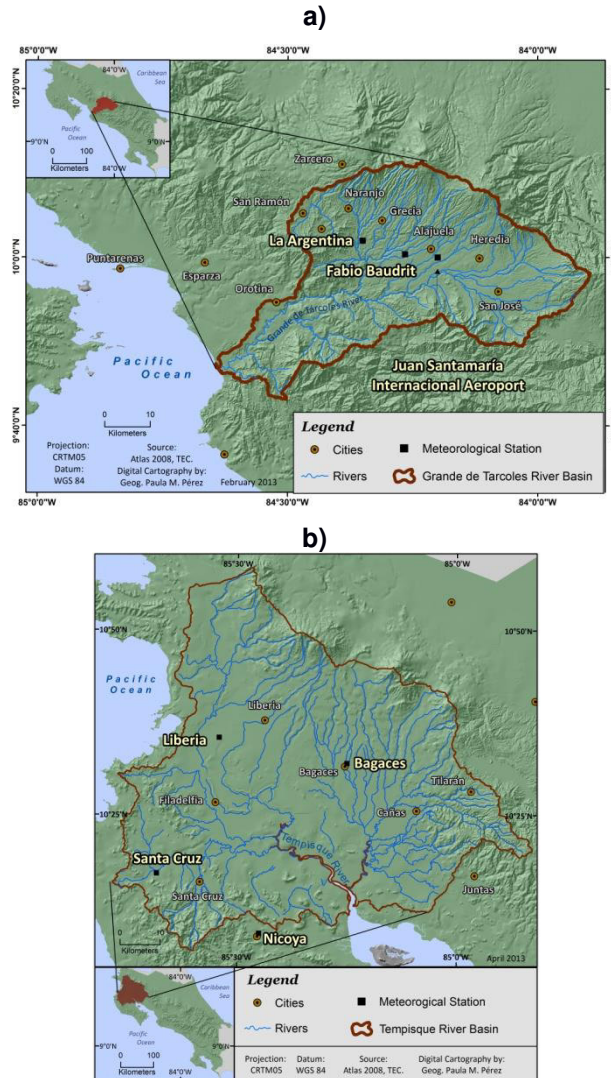


Fig. 1. Localización de las estaciones usadas en la cuenca del a) Grande de Tárcoles y b) Tempisque.

Fig. 1. Location of the stations used at a) Grande de Tarcoles and b) Tempisque river basin.

Para la caracterización del veranillo en la cuenca del río Tempisque se usaron las estaciones llamadas Bagaces, Liberia, Santa Cruz y Nicoya (Fig. 1b). Las mismas tenían registros disponibles para los años 1974 – 2007, 1957 – 2010, 1937 – 2010 y 1949 – 2010, respectivamente. Los registros permitieron la caracterización del veranillo en esta cuenca entre los años 1949 y 2010, además del año 1937, es decir 63 eventos.

Como primer paso, los datos faltantes de los registros diarios se rellenaron

con un modelo autorregresivo de orden 1 de acuerdo a la metodología descrita por Alfaro y Soley (2009). Para minimizar las falsas interrupciones de los eventos de veranillo, se filtraron las series de tiempo con una media móvil triangular de 31 datos de acuerdo a Soley (1994). Luego, se calculó el promedio aritmético de todas las series ubicadas en una misma cuenca para producir un índice de precipitación. Utilizando este índice, se examinó los meses de mayo a setiembre para encontrar el mínimo de precipitación en ese periodo, el cual se tomó como la fecha del mínimo de precipitación del evento del veranillo durante ese año en particular. Para cada año, la fecha del inicio del evento se definió como el día en donde el índice empieza a disminuir y la del final de cada uno cuando esta serie deja de aumentar. La duración del mismo se estimó como la fecha del final menos la del inicio en días julianos. La intensidad de cada evento se asoció a la precipitación promedio diaria durante los eventos y la magnitud de cada uno de ellos se definió como el valor de precipitación localizado en el mínimo del valle de cada evento en particular. La Fig. 2 muestra como ejemplo la caracterización del año 1969 en la cuenca del Grande de Tárcoles.

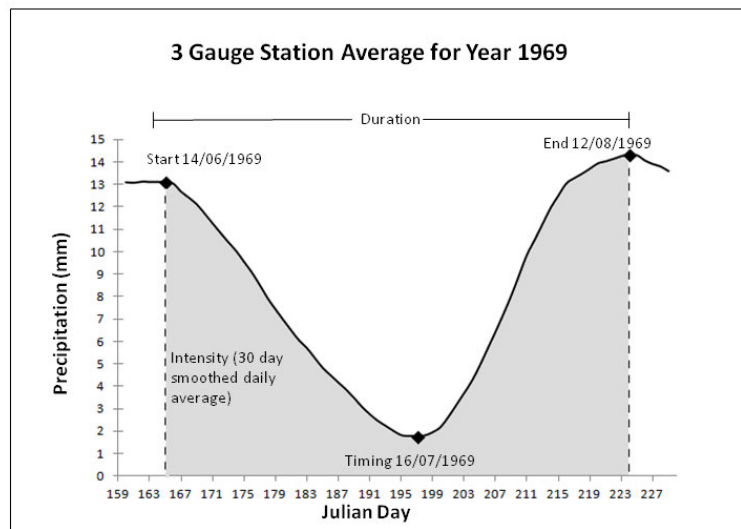


Fig. 2. Caracterización del veranillo para el año 1969 en la cuenca del Grande de Tárcoles. De acuerdo a esta figura, el evento del año 1969 inició el 14 de junio y finalizó el 12 de agosto, para una duración de 68 días. El mínimo se ubicó el 16 de julio con una magnitud de 1.8 mm y una intensidad de 7.8 mm día⁻¹.

Fig. 2. Characterization of the 1969 Mid Summer Drought event at the Grande de Tarcoles basin. According to the figure, this event started in June 14 and ended by August 12, with duration of 68 days. Its minimum was located in July 16, with a magnitude of 1.8 mm and an event intensity of 7.8 mm day⁻¹.

Del procedimiento anterior, se obtuvieron seis series anuales para cada cuenca y se estudio su relación con la variabilidad climática asociada con El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). Para ello se emplearon las anomalías del índice Niño 3.4 observadas durante el mes de junio. Se usaron dos herramientas para explorar estas relaciones. La primera fue el análisis de Tablas de Contingencia propuesto por Alfaro et al. (2003), en donde tanto la serie anual asociada al veranillo, así como la del índice Niño 3.4 se categorizaron en tres clases, a saber Bajo lo Normal (BN), Neutral (N) y Arriba de lo Normal (AN), para construir tablas de 3 x 3, para 9 categorías conjuntas. Los límites de clases se establecieron de acuerdo a los percentiles 33.33 y 66.67 en ambas series.

La segunda herramienta estadística correspondió a los modelos *logit*, contruidos de acuerdo a lo explicado por Wilks (2006), de acuerdo a la ecuación

$$(Ec. 1)$$

$$y(x) = \frac{1}{1+e^{-(\beta_0+\beta_1x)}}.$$

Para el ajuste de la ecuación anterior, el valor de x corresponde al valor de la anomalía del índice Niño 3.4 observada durante el mes de junio y y es alguna de las seis series binarias anuales sobre algún aspecto del veranillo, con valores de 1 asociados a la categoría AN o BN, según sea el caso, y 0 de otra forma. Nótese que este ajuste da como resultado dos series de probabilidad anuales (y_{AN} y y_{BN}) y se puede calcular una tercera asociada a la categoría N estimada como $y_N = 1 - y_{AN} - y_{BN}$. Las mismas se pueden multiplicar por 100 para expresarlas como porcentajes, es decir

$$(Ec. 2)$$

$$y_{BN} + y_N + y_{AN} = 100,$$

para todos los valores de las anomalías observadas del índice Niño 3.4 y durante todos los años que comprendió el estudio.

El índice Niño 3.4 se obtuvo del repositorio del Instituto Internacional de Investigación para el Clima y la Sociedad (IRI, por sus siglas en inglés) (Consultado: 24 de junio de 2013, <http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.Indices/.nino/.EXTENDED/.NINO34/T+exch+table-+text+text+skipanyNaN+-table+.html>).

Por último, se consultaron los Boletines Meteorológicos Mensuales producidos por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) de Costa Rica para extraer los impactos climáticos de estos eventos del veranillo. Las categorías principales usadas para agrupar estos impactos fueron inundaciones, déficit de lluvias, aguaceros fuertes, temperaturas máximas por encima o por debajo del promedio, vientos fuertes, deslizamientos y daños varios.

3. RESULTADOS

De acuerdo al rango intercuartil, en la cuenca del Tárcoles se observó que el inicio de los eventos tiende a darse entre 14 de junio y el 17 de julio, su mínimo entre el 7 de julio y el 4 de agosto y el final entre el 26 de julio y el 23 de agosto. La variabilidad observada entre las fechas de los eventos fue muy alta. El 50% de las observaciones de la duración de los eventos se ubicaron en los 30 y 48 días, las intensidades de los eventos se observaron entre 6.1 y 8.6 mm día⁻¹ y entre 2.7 y 5.2 mm para las magnitudes de los mismos. El análisis también mostró al año

2012 como el evento de mayor duración.

Los resultados correspondientes a la cuenca del Tempisque mostraron que el inicio de los eventos tiende a darse entre el 11 de junio y el 21 de julio, su mínimo entre el 9 de julio y el 4 de agosto y el final entre el 28 de julio y el 30 de agosto. El 50% de las observaciones de la duración de los eventos se ubicaron en los 34.5 y 54 días, las intensidades de los eventos se observaron entre 4.3 y 8.5 mm día⁻¹ y entre 2.0 y 3.9 mm para las magnitudes de los mismos, valores en general menores a los correspondientes de la cuenca del Tárcoles para la magnitud e intensidad. Para esta cuenca, la del Tempisque, el evento de mayor duración se observó para el año 1999.

En general, se notó que los valores de la magnitud e intensidad de los eventos tienden a ser menores en la cuenca del Tempisque y que también tienden a ser de mayor duración, sin embargo, como se mencionó anteriormente, la variabilidad asociada con diferentes aspectos del veranillo tiende a ser alta. En ambas cuencas la mediana de la fecha del mínimo de los eventos se observó para el 21 de julio.

El análisis de las Tablas de Contingencia (ver por ejemplo el Cuadro 1) arroja que en ambas cuencas, el escenario seco (BN) es el más probable para condiciones cálidas (AN) del índice Niño 3.4, tipo El Niño, mientras que los eventos menos severos del veranillo, agrupados en la categoría (AN), son más probables cuando se asocian con anomalías frías (BN) del índice Niño 3.4, tipo La Niña.

		Magnitud		
		BN	N	AN
		(≤ 2.2 mm)		(≥ 3.4 mm)
Niño 3.4	BN ($\leq -0.23^\circ\text{C}$)	10(2) ^{***}	43(9)	47(10) ^{**}
	N	33(7)	29(6)	38(8)
	AN ($\geq 0.49^\circ\text{C}$)	57(12) ^{***}	29(6)	14(3) ^{***}
Junio				

Cuadro 1. Probabilidades empíricas condicionales para la magnitud ($r_s = -0.41^{***}$) del veranillo en la cuenca del Tempisque, dada una anomalía observada en junio del índice Niño 3.4. Los valores entre paréntesis son las frecuencias empíricas absolutas y las categorías usadas son bajo lo normal (BN), neutral (N) y arriba de lo normal (AN). Los asteriscos denotan la significancia estadística, donde $\alpha = 0.01 \Rightarrow^{***}$, $0.05 \Rightarrow^{**}$, $0.10 \Rightarrow^*$. r_s : correlación de Spearman.

Table 1. Empirical conditional probabilities for the magnitude ($r_s = -0.41^{***}$) of the Mid Summer Drought in the Tempisque river basin. Here, BN indicates the category below normal, N is normal, and AN denotes above normal. The asterisks indicates statistical significance level for $\alpha = 0,01 \Rightarrow^{***}$, $0,05 \Rightarrow^{**}$, $0,10 \Rightarrow^*$. r_s : Spearman correlation.

Nótese que al observarse la mayoría de las fechas del mínimo de los eventos del veranillo en el mes de julio, los resultados anteriores sugieren un esquema de tipo predictivo sobre la intensidad y la magnitud de los mismos. Se pueden realizar escenarios de probabilidad sobre las condiciones BN, N y AN de

la intensidad y magnitud del veranillo, dada una anomalía observada en el índice Niño 3.4 (ver por ejemplo la Fig. 3), por medio del uso de modelos *logit*. Todos los modelos ajustados mostraron que el escenario más probable para anomalías positivas (negativas) en el índice Niño 3.4 es el BN (AN) en la intensidad y magnitud del veranillo en ambas cuencas.

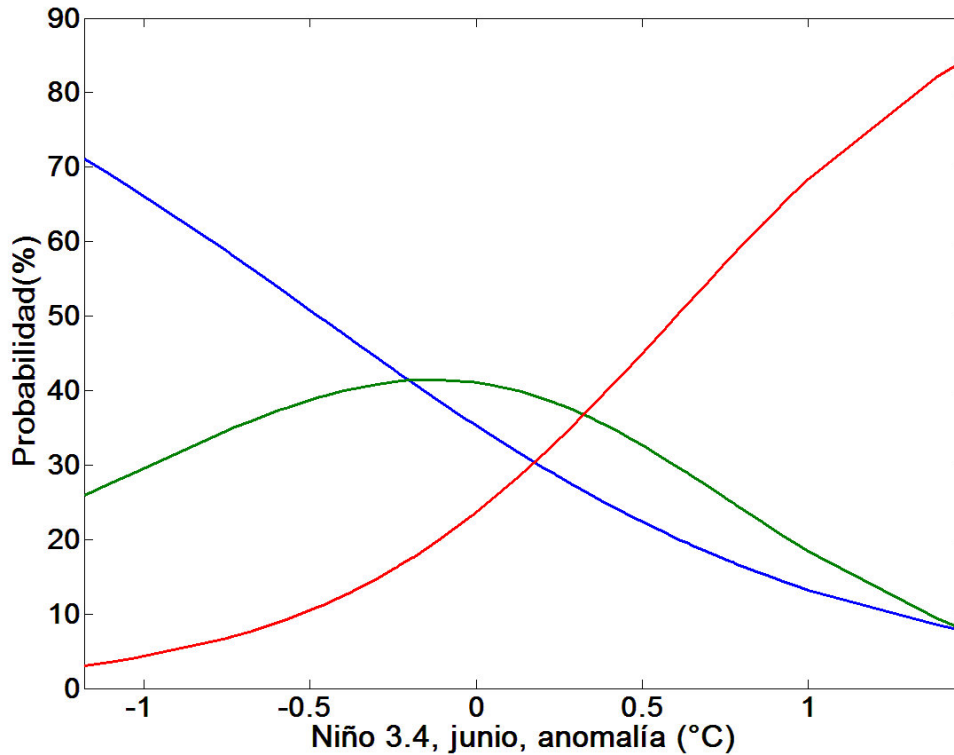


Fig. 3. Modelos logit ajustados de acuerdo a la Ec. 1, para la Magnitud del veranillo en la cuenca del Tempisque, con x dado por la anomalía observada en el índice Niño 3.4 durante el mes de junio. La línea azul, verde y roja son para la probabilidad de los escenarios AN, N y BN, respectivamente de los modelos y_{AN} , y_N y y_{BN} , presentados en el Cuadro 1.

Fig. 3. *Logit* models fixed according to Eq. 1 for the Mid Summer Drought Magnitude at the Tempisque basin, with x representing the June observed anomaly in the Niño 3.4 index. Blue, green and red line are for the probability of the AN, N and BN scenarios, respectively of the models y_{AN} , y_N and y_{BN} , showed in Table 1.

4. CONCLUSIONES

La metodología empleada permitió la caracterización del veranillo en dos de las principales cuencas de la vertiente del Pacífico de Costa Rica, a saber, río Grande de Tárcoles y río Tempisque, ambas con problemas en la gestión del recurso hídrico. Los aspectos considerados para esta caracterización comprendieron el inicio, duración y final del evento, la fecha del mínimo, su intensidad y magnitud. Estos aspectos mostraron una variabilidad interanual, que se puede relacionar con

la variabilidad de la actividad del monzón de América del Norte, la Corriente en Chorro de Bajo Nivel del Caribe y la Alta subtropical del Atlántico Norte, principalmente.

Los eventos del veranillo en ambas regiones tienden a iniciar a principios de julio con mínimos ubicados alrededor del 21 de julio, finalizando generalmente en los primeros quince días de agosto, lo que coincide con el trabajo previo de Ramírez (1983). En la cuenca del Grande de Tárcoles, estos eventos duraron alrededor de 38 días, con precipitaciones promedio asociadas de 7.2 mm día⁻¹ y 4.1 mm de lluvia en sus mínimos. En la cuenca del Tempisque estos valores fueron de 45 días, 6.6 mm día⁻¹ y 2.7 mm, respectivamente. Observándose eventos más prolongados y más secos en la del Tempisque.

Por medio del uso de Tablas de Contingencia y modelos *logit*, se pueden realizar escenarios de probabilidad sobre las condiciones BN, N y AN de la intensidad y magnitud del veranillo, dada una anomalía observada en el índice Niño 3.4 en el mes de junio. Los modelos ajustados mostraron que el escenario más probable para anomalías positivas (negativas) en el índice Niño 3.4 es el BN (AN) en la intensidad y magnitud del veranillo en ambas cuencas. Al observarse la mayoría de las fechas del mínimo de los eventos del veranillo en el mes de julio, estos resultados tienen potencial de uso en predicción estacional.

Los principales impactos asociados al periodo de veranillo recopilados de los Boletines Meteorológicos Mensuales del IMN mostraron que la mayor cantidad de impactos fueron asociados con el déficit de lluvias y aguaceros fuertes. Esta aparente contradicción, se aclaró al analizarlos espacialmente. Se observó que la vertiente del Pacífico es la que reporta mayor cantidad de impactos asociados a déficit de lluvia junto con temperaturas por encima del promedio y la del Caribe es la región que más impactos reporta asociados a aguaceros fuertes junto con inundaciones. Los impactos debido a vientos fuertes se distribuyeron en forma más homogénea sobre el país.

5. AGRADECIMIENTOS

El estudio se realizó dentro del marco de los siguientes proyectos de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica: 808-B2-400 (apoyado por la Fundación Costa Rica Por Siempre), 808-A9-180, 805-A8-606 (apoyado por FI&F), 805-B3-600 (apoyo del fondo de estímulo UCR), 805-A9-224 (apoyo del fondo de estímulo UCR), 805-B0-402 (apoyado por CORBANA) y 805-A7-002, UCR, GEOF 02 2013- IPGH y CRN2050-IAI.

6. REFERENCIAS

Alfaro, E.J., F.J. Soley & D. Enfield. 2003. Uso de una Tabla de Contingencia para Aplicaciones Climáticas (Use of a Contingency Table for Climatic Applications). Editado por ESPOL y FUNDESPOL, Guayaquil, Ecuador.

Alfaro, E.J. & F.J. Soley. 2009. Descripción de dos métodos de rellenado de datos ausentes en series de tiempo meteorológicas. Rev. Mate.: Teor. Aplic. 16: 59-74.

- Amador, J. 2008. The Intra-Americas Seas Low-Level Jet (IALLJ): Overview and Future Research. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 1146: 153-188.
- Amador, J.A., E.J. Alfaro, O.G. Lizano & V.O. Magaña. 2006. Atmospheric forcing in the Eastern Tropical Pacific: A review. *Progr. Oceanogr.* 69: 101-142.
- Magaña, V.O., J.A. Amador & S. Medina. 1999. The midsummer drought over Mexico and Central America. *J. Clim.* 12: 1577-1588.
- Ramírez, P. 1983. Estudio Meteorológico de los Veranillos en Costa Rica. Informe Técnico. Nota de investigación No 5: Instituto Meteorológico Nacional, Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica. 47p.
- Soley, F.J. 1994. Suavizamiento de series cronológicas geofísicas con ruido blanco y rojo aditivo. *Rev. Geofís.* 41: 33-58.
- Taylor, M. A., D. B. Enfield & A. A. Chen. 2002. Influence of the tropical Atlantic versus the tropical Pacific on Caribbean rainfall, *J. Geophys. Res.* 107: 3127, *doi:10.1029/2001JC001097*.
- Wang, C. & D. B. Enfield. 2003. A further study of the tropical western hemisphere warm pool. *J. Clim.* 16: 1476–1493.
- Wilks, D. 2006. *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. 2da. ed. Academic, San Diego, California. 627 p.



Predicción estacional del veranillo en dos cuencas de la vertiente del Pacífico de Costa Rica, América Central

Eric J. Alfaro : Centro de Investigaciones Geofísicas, Escuela de Física-Departamento de Física Atmosférica Oceánica y Planetaria y Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad de Costa Rica, 11501-2060 San José, Costa Rica, erick.alfaro@ucr.ac.cr



Abstract: La región de los Mares Intra-Americanos está caracterizada por fenómenos climáticos raramente observados en regiones tropicales, uno de ellos es el llamado “veranillo” o “canícula”. Sobre la vertiente del Pacífico de América Central, el ciclo anual de la precipitación esta caracterizado por dos máximos, uno en junio y el otro, mayor que el primero, en setiembre-octubre, con una época seca de noviembre a mayo y un periodo corto de reducción de precipitaciones durante julio-agosto (veranillo o canícula, Fig. 1a). Durante el mes de julio, la magnitud del viento alisio aumenta, lo cual está asociado a la Corriente en Chorro de Bajo Nivel del Caribe (Fig. 1b) (Amador, 2008), sin embargo la caracterización de estos aspectos es difícil de lograr usando datos mensuales. Se estudiaron siete registros diarios de precipitación, pertenecientes a estaciones ubicadas en dos cuencas importantes de Costa Rica, río Grande de Tárcoles y río Tempisque, para caracterizar el veranillo (Fig. 2). Los registros permitieron la caracterización del veranillo en el Tempisque entre los años 1949 y 2010, además del año 1937, es decir 63 eventos, mientras que en el Tárcoles se eliminaron los años 1949 y 1950 debido a la falta de datos para hacerlo, es decir 74 eventos para el periodo 1937-2012. Dentro de los aspectos considerados está el inicio, fecha del mínimo y final, duración del evento, la fecha del mínimo, así como su intensidad y magnitud. Los valores climáticos en la cuenca del Tárcoles fueron 1 de julio, 21 de julio, 9 de agosto, 38 días, 7.2 mm/día y 4.1 mm (ver Fig. 3 como ejemplo de su variabilidad), mientras que en el Tempisque fueron 3 de julio, 21 de julio, 15 de agosto, 45 días, 6.6 mm/día y 2.7 mm, respectivamente. Observándose eventos más prolongados y más secos en la del Tempisque. Se exploró luego la modulación y predictibilidad de estos aspectos debido a fuentes de variabilidad climática tales como el Pacífico Ecuatorial del Este (Tabla 1), en donde se observó que condiciones cálidas (frías) del índice Niño 3.4, tienden a estar relacionadas con eventos más secos (más lluviosos) de veranillos (Fig. 4, Tabla 1).

Some references:
 -Alfaro, E., 2002. Some Characteristics of the Annual Precipitation Cycle in Central America and their Relationships with its Surrounding Tropical Oceans. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 9(2), 88-103.
 -Amador, J., 2008. The Intra-Americas Seas Low-Level Jet (IALLJ): Overview and Future Research. *Am. N. Y. Acad. Sci.*, 1146(1), 153-188.
 -Magaña V., J. Amador & S. Medina. 1999. The Midsummer Drought over Mexico and Central America. *Journal of Climate*, 12, 1577-1588.
 -Taylor, M. & E. Alfaro, 2005. Climate of Central America and the Caribbean. In: *Encyclopedia of World Climatology*. John E. Oliver (ed.), Springer, Netherlands. 183-189.

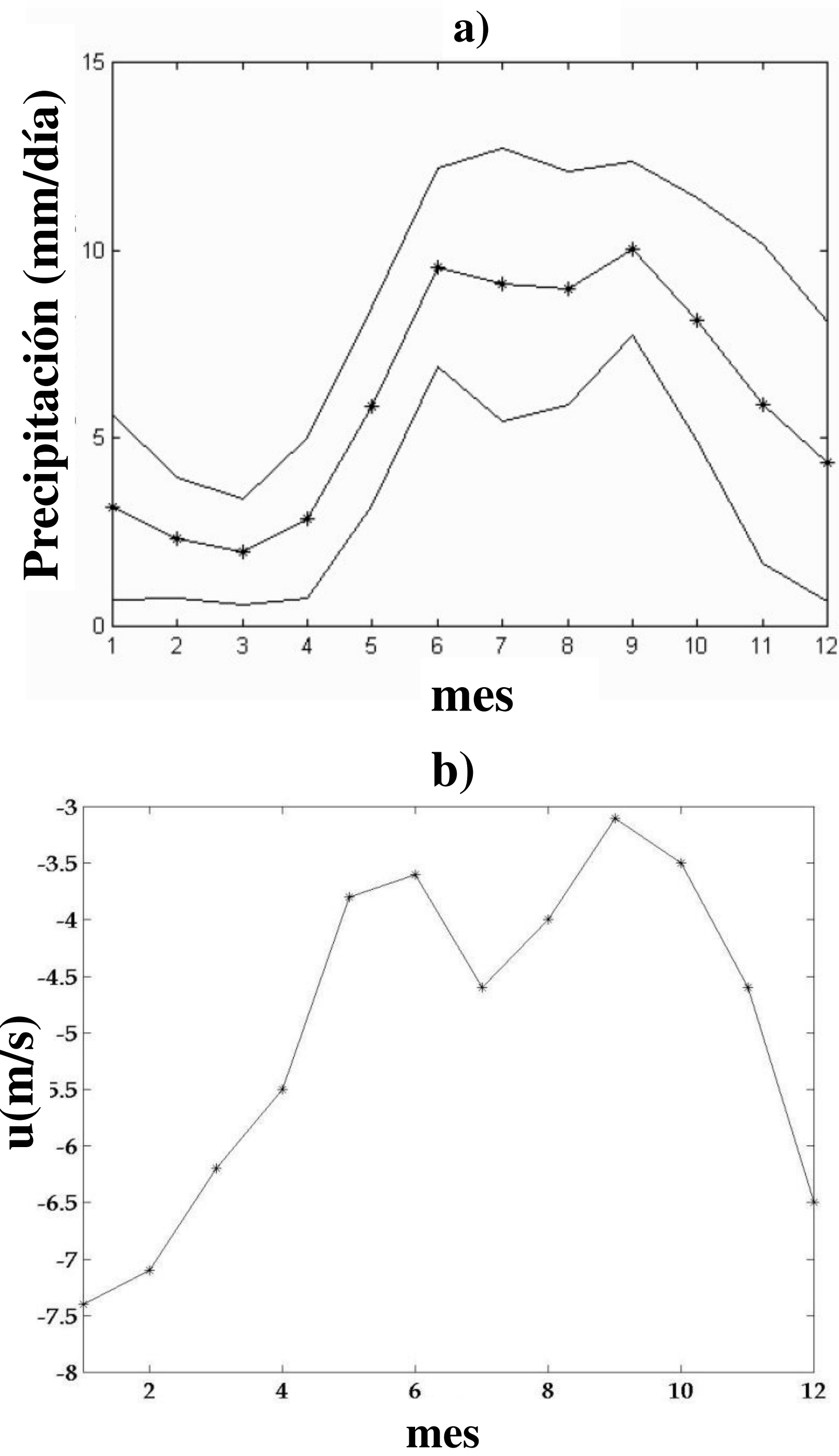


Fig. 1 – a) La línea con asteriscos representa el ciclo anual de 337 series de precipitación medidas sobre tierra en América Central, abarcando 78.0-95.0°W, 7.5-21.5°N. Las líneas sólidas representan una desviación estándar. Los datos usados se describen en Magaña *et al.* (1999) y Alfaro (2002), **b)** Ciclo anual del viento zonal en superficie, $u(m/s)$, estación Juan Santamaría (Fig. 2) (Taylor & Alfaro, 2005).

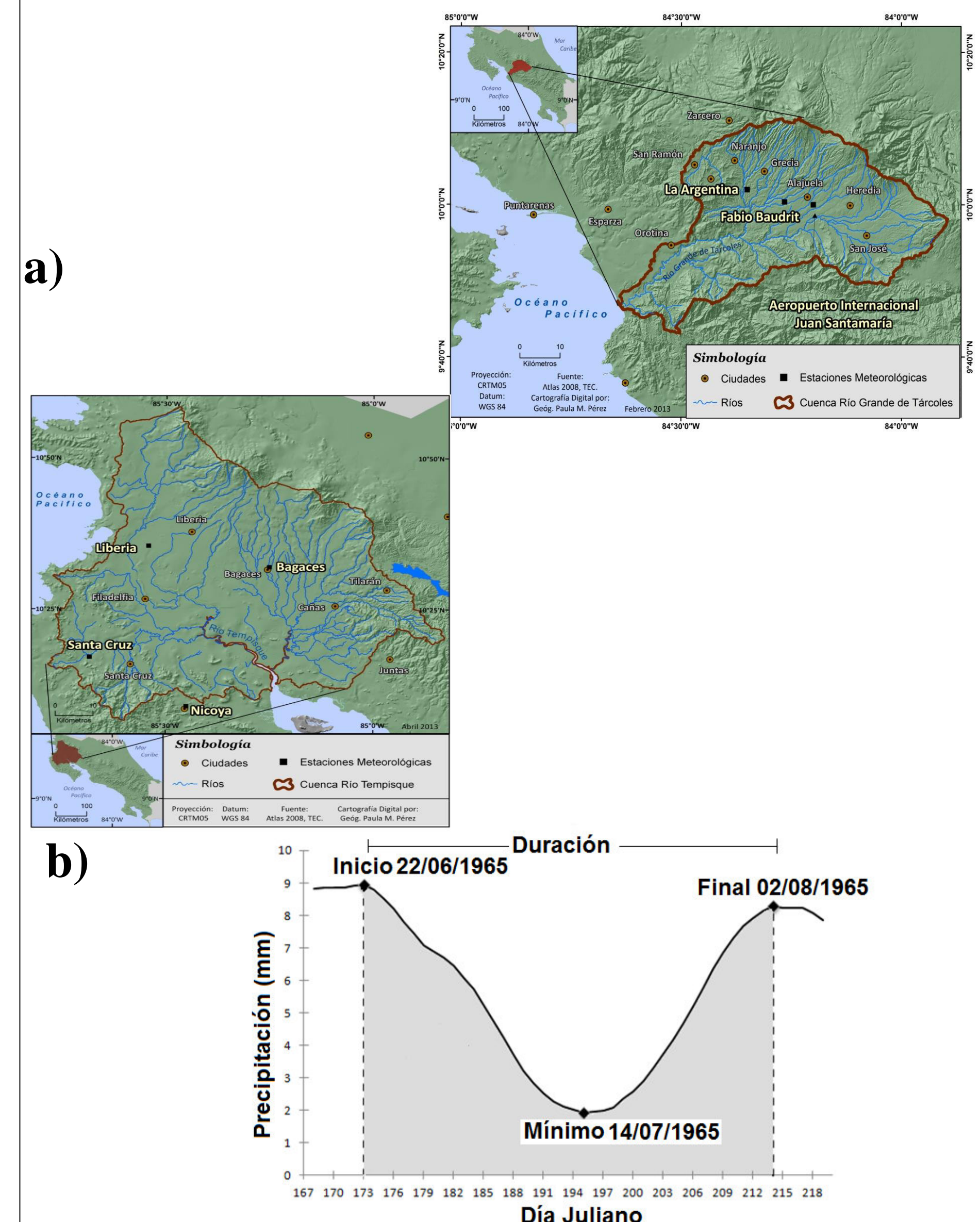


Fig. 2 – a) Localización de las estaciones usadas en la cuenca del Grande de Tárcoles (arriba) y Tempisque (abajo). **b)** Los registros usados fueron suavizados con una media móvil triangular de 30 días y luego se calculó el promedio de los registros de las estaciones en cada cuenca para producir un índice de precipitación. La figura muestra la caracterización del veranillo para el año 1965 en la cuenca del Grande de Tárcoles. El evento del año 1965 inició el 22 de junio y finalizó el 2 de agosto, para una duración de 42 días. El mínimo se ubicó el 14 de julio con una magnitud de 1.9 mm y una intensidad de 5.2 mm día⁻¹.

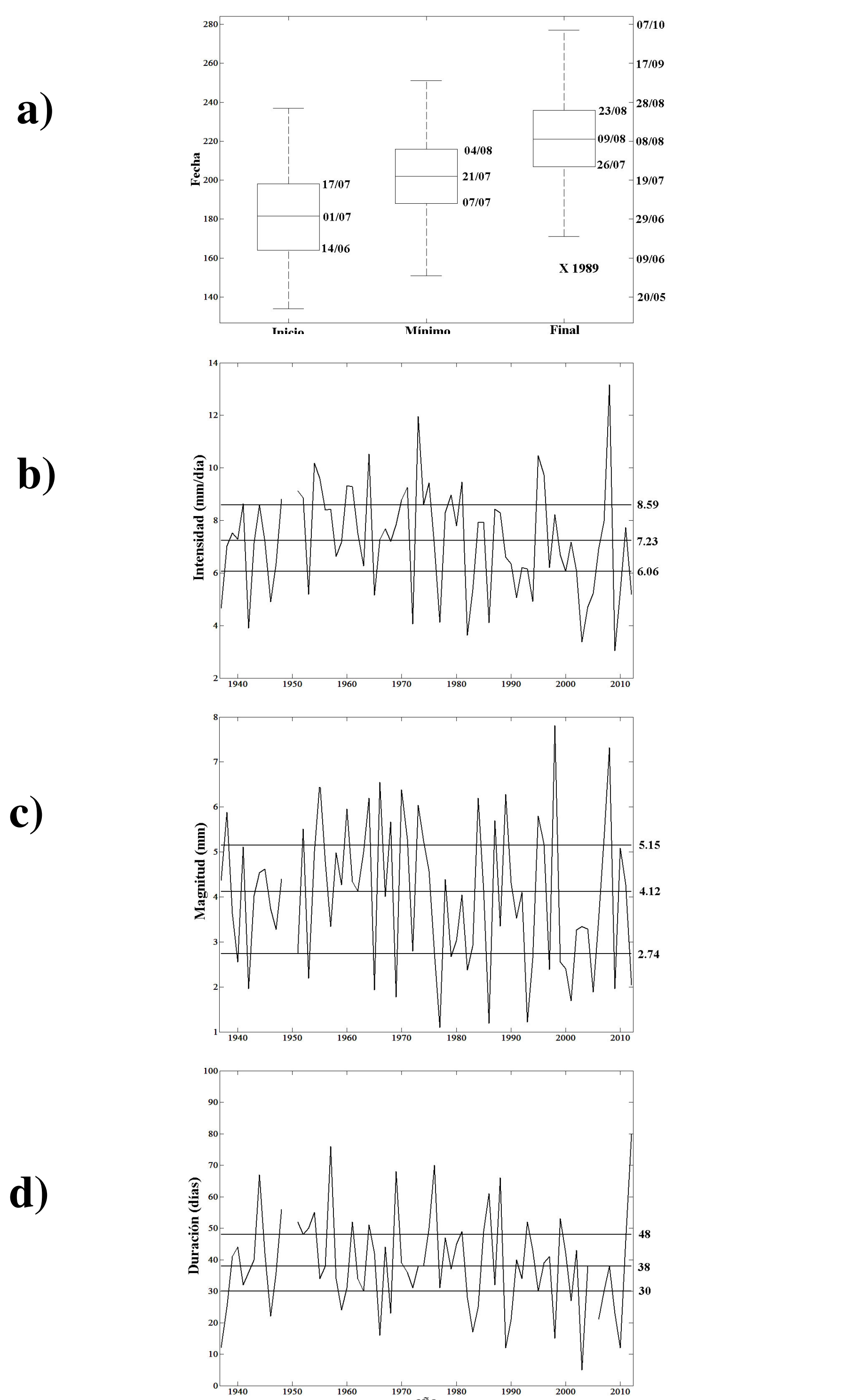


Fig. 3 – Características del veranillo en la cuenca del Grande de Tárcoles. **a)** Gráficos de cajas para el inicio, la fecha del mínimo y el final de los eventos. Los bigotes se calcularon como $Q_3+1.5*(Q_3-Q_1)$ y $Q_1-1.5*(Q_3-Q_1)$, con Q_1 y Q_3 el primer y tercer cuartil, respectivamente. En el eje y se dan las fechas julianas (izquierda) y gregorianas (derecha). **b)** Intensidad, **c)** Magnitud y **d)** Duración de los eventos, las líneas horizontales son para los cuartiles Q_1 , Q_2 (mediana) y Q_3 .

		Intensidad		
		BN	N	AN
Niño 3.4	BN ($\leq -0.17^\circ\text{C}$)	16(4)***	28(7)*	56(14)***
	N	21(5)*	50(12)**	29(7)
	AN ($\geq 0.42^\circ\text{C}$)	64(16)***	20(5)*	16(4)***
Junio	BN ($\leq -0.17^\circ\text{C}$)	12(3)***	28(7)	60(15)***
	N	29(7)	50(12)**	21(5)*
	AN ($\geq 0.42^\circ\text{C}$)	60(15)***	20(5)*	20(5)**

Tabla 1. – Probabilidades empíricas condicionales para la intensidad (arriba con $r_s = -0.44^{***}$) y la magnitud (abajo con $r_s = -0.50^{***}$) del veranillo en la cuenca del Grande de Tárcoles, dada una anomalía observada en junio del índice Niño 3.4. Los valores entre paréntesis son las frecuencias empíricas absolutas y las categorías usadas son bajo lo normal (BN), neutral (N) y arriba de lo normal (AN). Los asteriscos denotan la significancia estadística, donde $\alpha=0,01 \Rightarrow ***$, $0,05 \Rightarrow **$, $0,10 \Rightarrow *$ (r_s : correlación de Spearman). Dentro de los años que presentaron condiciones más secas al tomar en cuenta estos dos aspectos están 1942, 1969, 1972, 1977, 1982, 1986, 1993, 2001, 2003 y 2009. El análisis también mostró al año 2012 como el evento de mayor duración (Fig. 3d). En el Tempisque estos fueron 1965, 1970, 1972, 1976, 1982, 1986, 2000 y 2001, nótese que no necesariamente coinciden con aquellos observados en la cuenca del Tárcoles y el de mayor duración se observó para el año 1999.

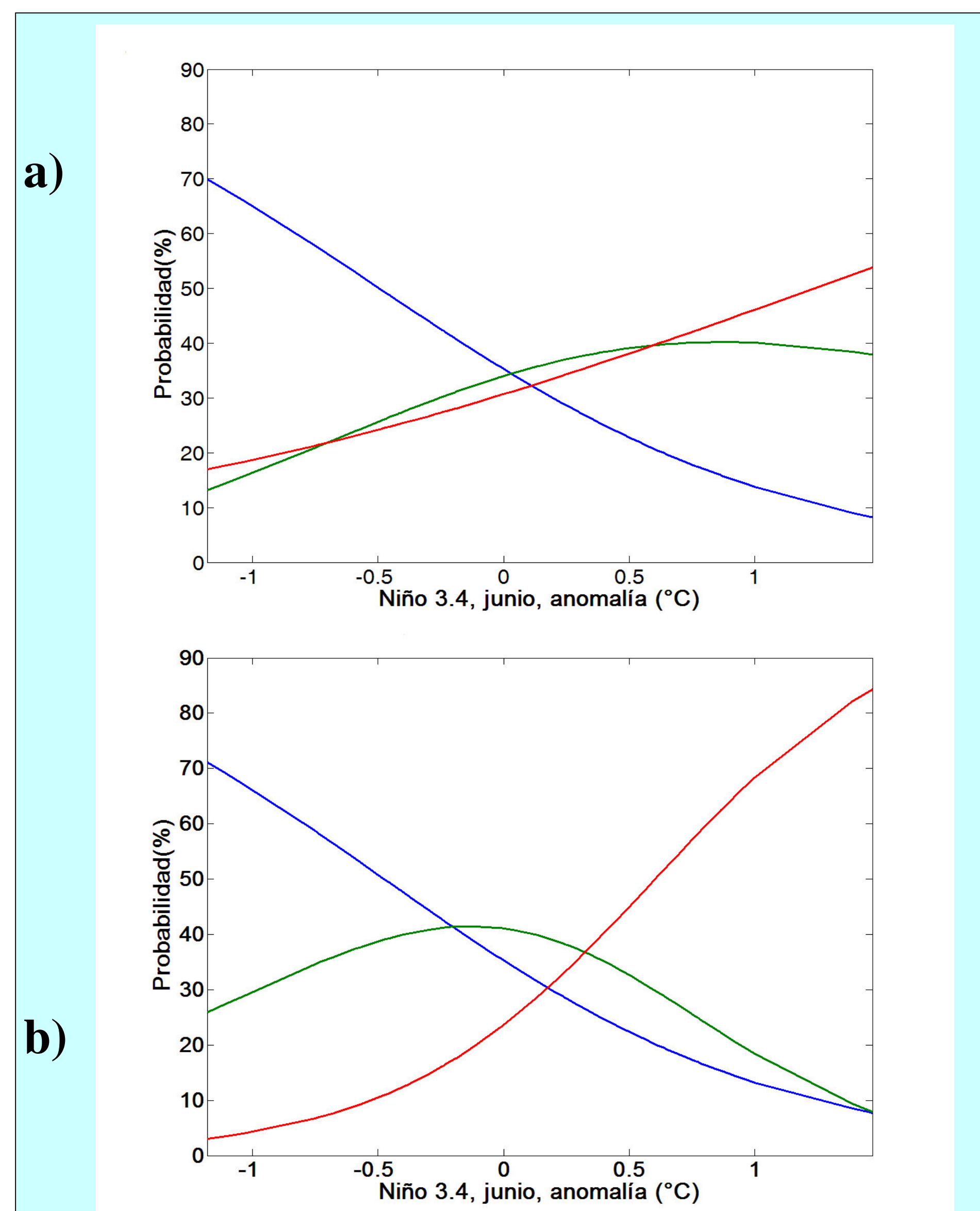


Fig. 4 – Modelos logit ajustados de acuerdo a $y(x) = 1/(1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 x)})$, para la **a)** Intensidad y **b)** Magnitud del veranillo en la cuenca del Tempisque, con x dado por la anomalía observada en el índice Niño 3.4 durante el mes de junio. La línea azul, verde y roja son para la probabilidad de los escenarios AN, N y BN, respectivamente de los modelos y_{AN} , y_N y y_{BN} .

AGRADECIMIENTOS. El estudio se realizó dentro del marco de los siguientes proyectos de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica: 808-B2-400 (apoyado por la Fundación Costa Rica x Siempre y la Agencia Alemana de Cooperación GIZ a través del Proyecto BIOMARC), 808-A9-180, 805-A8-606 (apoyado por FI&F), 805-B3-600 (apoyo del fondo de estímulo UCR), 805-A9-224 (apoyo del fondo de estímulo UCR), 805-B0-402 (apoyado por CORBANA) y 805-A7-002 (apoyado por GEOF 02 2013-IPGH y CRN2050-IAI), UCR. Gracias a Paula Pérez y Elsie Troyo por su ayuda con el procesamiento de los datos.