

## CAPITULO VIII: ANÁLISIS HISTÓRICO DE EVENTOS EXTREMOS CON LOS DATOS DIARIOS DE PRECIPITACIÓN

### 8.1. Historial de eventos extremos lluviosos o secos.

El historial de eventos extremos lluviosos o secos se basa en el rescate de información histórica desde los años 30s recopilada en diferentes departamentos de varias administraciones del SMN de El Salvador durante varios años, por medio de notas periodísticas que estaban manuscritas y taquigrafiadas y que luego se digitaron en una hoja Excel, ver el Cuadro 8.1 en el Apéndice C, el cual muestra para cada fecha el evento reportado por el periódico, las personas y comunidades afectadas, igual que el tipo de infraestructura o sectores, como número de viviendas, área agrícola, red vial y otros.

Algunos de los eventos descritos como temporales, correntadas, inundaciones, lluvia torrencial, torbellino y otros, pueden ser originados por la presencia o cercanía a Centro América de un sistema ciclónico, por lo que se investiga y compara algunos de estos casos.

Se analiza la distribución en el espacio de algunas trayectorias de ciclones en el Caribe que afectaron al país provocando un temporal y de algunos casos se analizan parámetros meteorológicos de reanálisis como la presión atmosférica y el viento, en el período de afectación sobre El Salvador como la Tormenta Tropical Mitch de 1998 y el Huracán Stan de 2005.

Es importante el conocimiento de los efectos indirectos de los ciclones o huracanes sobre El Salvador, puesto que este tema poco ha sido estudiado y la presencia de éstos (los ciclones) cerca de Centro América no es usual, por lo que sus secuelas varían en cada caso. La característica más importante de los efectos

directos o indirectos de los ciclones, desde que se forman como Baja Presión pasando por una Depresión, luego hacia Tormenta o Huracán sobre El Salvador, es la ocurrencia del “temporal” caracterizado por lluvias continuas de larga duración, el cual produce inundaciones, deslaves y esto conlleva a una emergencia nacional con una crisis social, agrícola, productiva, etc.

Para estudiar los efectos o características de los ciclones en la historia, resulta muy evidente usar registros o testimonios plasmados en las noticias de los periódicos dado que las redes de monitoreo son recientes, de menos de 50 años de existencia tal como lo conocemos en la actualidad. En casos muy aislados podría encontrarse alguna estación de observación con registros datos científicos de 90 años hacia atrás.

El comportamiento de algunos parámetros meteorológicos como la temperatura, varían bruscamente en dependencia directa de la lluvia, y ésta en el trópico y en montañas, depende no sólo de la circulación sinóptica de los sistemas meteorológicos sino también de la orografía de cada país. En El Salvador la cordillera volcánica costera es una barrera natural al viento que se ubica perpendicular en muchos casos en presencia de la brisa marina o flujo del sur y por lo tanto propicia un ascenso fuerte del viento formándose nubosidad y lluvia de tipo orográfica, la que se registra a media montaña.

Otro factor importante que nos vuelve más vulnerables es que algunos ríos en El Salvador comparten la cuenca con otros países de Centro América como Guatemala (Río Paz) y con Honduras (Río Lempa). Lo anterior provoca que la acumulación de agua en los ríos que desembocan en las costas del Pacífico de El Salvador desborde y causen inundaciones en las zonas bajas con la posibilidad de cobrar vidas humanas y grandes pérdidas por daños en la infraestructura.

Las Figura 8.1 muestra las anomalías estandarizadas de la lluvia anual de la estación del Puerto de Acajutla, cuya serie de datos incluye la de una estación antigua pero con emplazamiento cercano al de la actual estación, la estación más antigua era de la red de Ferrocarriles de El Salvador (FES) y la estación actual se ubica dentro de las instalaciones del puerto nuevo. De la figura se observa fácilmente el año donde ha ocurrido un evento extremo, tanto lluvioso o seco, cuando se supera el valor de 1 sigma por arriba o abajo. Dicha información ha sido insumo para completar y resumir los eventos de tipo temporal y sequía resumidos en el cuadro 8.2.

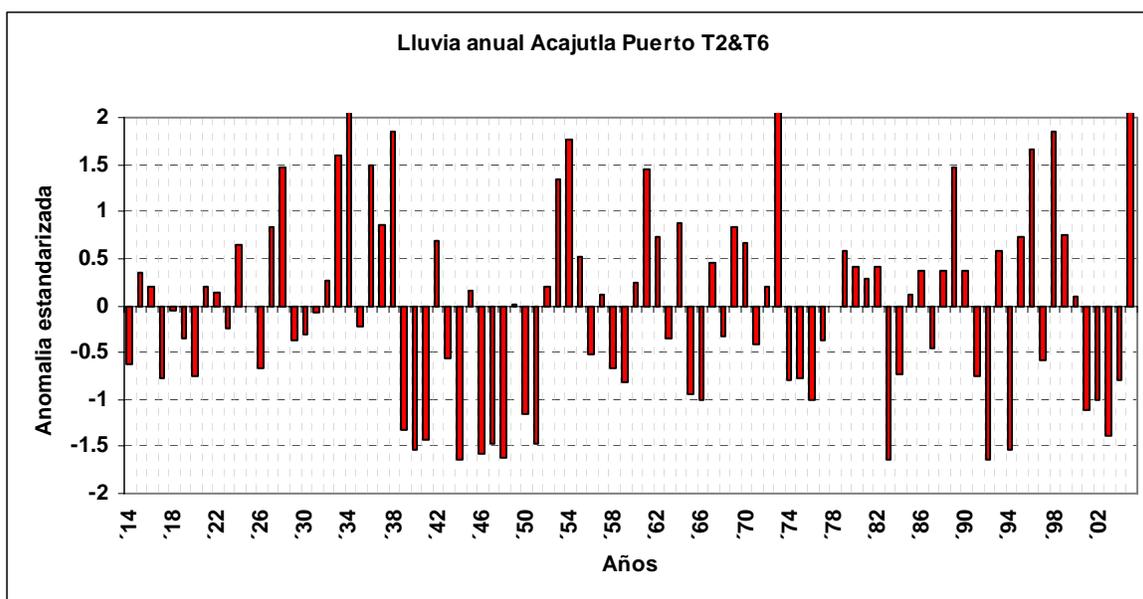


Fig. 8.1 Anomalías estandarizada de la lluvia, estación Acajutla FES+Puerto Nuevo. El Salvador.

## 8.2. Relación cualitativa entre eventos extremos y los forzantes (ENOS, ATN).

En el Cuadro 8.2 se resume para el período de 1927 al 2008, lo detallado y recopilado en el cuadro 8.1 del Apéndice C, donde como se explicó hay información de periódicos, información relativa a los casos de temporales y sequías agrícolas, combinado con la información de huracanes que han afectado el país. La información de periódicos se verificó en lo posible con registros y datos reales meteorológicos de lluvia diaria.

En dicho cuadro, la primer columna muestra el año, la segunda columna muestra (marcada con una cruz) cuando ha existido reportes de sequía agrícola, en la tercera columna se observan los meses en que ha registrado un temporal y el sistema que los causó, la cuarta columna muestra la fase e intensidad del fenómeno ENOS según la clasificación del ONI , en la quinta columna la fase del ATN, para el caso del ATN calentamientos del agua se denominan fase cálida, para el caso del ENOS popularmente se les llama solo “Niño” y los enfriamientos del agua oceánica en el ATN se escribe como frío, en el caso del ENOS se le llama “Niña”. En color rojo se indican los períodos de años donde aparecieron las fases cálidas o “Niños” en el Pacífico y en color azul los eventos fríos del Atlántico Tropical Norte (ATN), en blanco se muestran los períodos neutros donde el océano se comportó según los valores climatológicos normales, la última columna muestra una breve descripción del reporte periodístico del evento climático más importante o destacado cada año.

Se debe aclarar que no se pretende sustituir a la base de datos de desastres “DESINVENTAR”, la cual está disponible para el caso de El Salvador con datos históricos de eventos naturales de daños y pérdidas, sino más bien, complementar pues se ha notado que algunos de los eventos descritos en el cuadro 8.1 no aparecen reflejados en otras bases de datos.

Cuadro 8.2: Historia de sequías, temporales y sistemas ciclónicos que impactaron El Salvador, según información de periódicos y trayectorias de los mismos.

			Fase/Intensidad	Fase	Inundaciones o sequías reportadas por Periódicos
Año	Sequía Agrícola	Temporales/Sistema tropical	ENOS	ATN	
1927		Ago, Sept	Neutro	Neutro	08/Ago, 15/Sept
1928		Sept	Neutro	Neutro	12-14/Sept
1929		Mayo, Sept	Neutro	Neutro	29/May, 5/Jun, 15/Jul, 25/Ago, 10-16/Sept
1930			Moderado	Cálido	30/Jun Lempa
1931		Jun, Sept/HUR S/N	Moderado	Cálido	3/Jun, 14/Ago Lempa, 8-12/Sept, 23-25/Sept
1932			fuerte	Cálido	-----
1933			Neutro	Neutro	-----
1934		Jun/TT S/N	Neutro	Neutro	8-12/Jun, 11-12/Sept
1935			Neutro	Neutro	11/May,
1936		Jun/TT S/N	Neutro	Cálido	11-15/Jun, 28/Sept. Apulo
1937			Neutro	Cálido	-----
1938			Frío: Niña	Cálido	-----
1939			debil/moderado	Neutro	-----
1940			fuerte	Cálido	
1941			fuerte	Cálido	
1942			Frío: Niña	Neutro	
1943			Moderado	Neutro	
1944	X		Frío: Niña	Cálido	30/Jun Lempa
1945		Oct/HUR S/N	Neutro	Cálido	Inundaciones 14/ago Lempa, 23/sept, 5-6/Oct
1946			Neutro	Neutro	
1947			Neutro	Neutro	
1948			Neutro	Neutro	
1949		Sept-Oct/HUR S/N	Frío: Niña	Neutro	Río Copapayo 30 sept-1 Oct.
1950		Oct/Hur ITEM	Frío: Niña	Neutro	Acelhuate 5-6 Oct,
1951			Débil	Neutro	
1952	X		Débil	Cálido	
1953		Sept	Neutro	Cálido	
1954		Sept/TT GILDA , Oct	Frío: Niña	Neutro	
1955		Sept/ HUR Hilda/HUR Janet	Frío: Niña	Neutro	Río Lempa-30 Sept, Barra Santiago 15-17 Oct
1956	x	Sept/HUR FLOSSY	Frío: Niña	Neutro	18 Sept., San Miguel 29-30 Sept.
1957	x	Oct	fuerte	Cálido	20-22 Sept.
1958		Junio TT ALMA	fuerte	Cálido	
1959	X		Neutro	Neutro	Ríos crecido 14-16 Jun
1960		Oct	Neutro	Neutro	
1961	x	Jul/HUR Anna, Sept/HUR Carla, Oct/ HUR Hattie, Nov/TT INGA	Neutro/Niña	Neutro	Ago 16, 23-26/Oct temporal, Nicaragua y Costa Rica, noviembre
1962	x	Junio	Niña/Neutro	Neutro	6-8/Sept, 30oct-2 nov, 8-9/Nov temporal, Dic
1963		Jun., Sept., Nov	Muy Débil	Cálido/Ne	Granizada en abril y mayo, 2/Oct Bajo lempa,

			Fase/Intensidad	Fase	Inundaciones o sequías reportadas por Periódicos
Año	Sequía Agrícola	Temporales/Sistema tropical	ENOS	ATN	
				utro	lluvias nov.
1964		Julio, Oct/HUR Isbell	<b>Frío: Niña</b>	Neutro	Feb lluvia, Jun Jiquilisco, Sept. Occidente, lluvias 6-9 Nov.
1965	X	Jun, Sept/TT Debbie	<b>Moderado</b>	<b>Frío</b>	
1966		Jun/ZCIT, Sept	<b>Neutro</b>	Neutro	Nortes 100 Km/h Enero
1967	x	Jun, Sept/HUR Beulah	<b>Neutro/Niña</b>	Neutro	
1968	x	Sept, Oct/HUR Gladys	<b>Débil</b>	<b>Frío</b>	Sequía Mayo, Jul y ago
1969		Jun, Ag/HUR Camille, Sep/HUR Francelia, Oc/TT Jenny y Kara	<b>Débil</b>	Cálido	Ene. Helada Naranjos, Nortes Dic.
1970		Atemp Junio, Jul, Ago/HUR Celia, Sept ?	<b>Frío: Niña</b>	Cálido	Ene Helada Naranjos, TS Marzo, Ago./Sept. Temporal, Norte Nov.
1971	x	Atemp TT Bridget Pacifico Jun, Sept/HUR Edith+ HUR Irene=Olivia Pac, Nov/TT Laura	<b>Frío: Niña</b>	<b>Frío</b>	
1972	x	Jun/HUR Agnes	<b>Fuerte</b>	<b>Frío</b>	Ene Helada, Nortes Feb., 11/Jun., 13/Jul /Ago
1973		Atemp Agos, Oct/TT Gilda	<b>Frío: Niña</b>	Neutro	Helada Ntes-incendios Abril, Sept
1974	X	Jun/SN, Sept/HUR Fifi	<b>Frío: Niña</b>	<b>Frío</b>	Vaguada altura en octubre, TS Nov
1975	X	Sept.	<b>Frío: Niña</b>	<b>Frío</b>	Ntes Ene-Incendios, 29-31/Ago Atemp, 16-18/Oct Temp
1976	X	Jun	<b>Niña/Moderado</b>	<b>Frío</b>	19-21/Sept Temp
1977			<b>Moderado</b>	Neutro	
1978	x	Sept(Greta)	<b>Neutro</b>	Neutro	11/Jun, 27/Jun
1979		Atemp(Ago-David, Sept-Frederic, Jul, Oct.	<b>Neutro</b>	Neutro	30/Mayo Atemporalada
1980			<b>Neutro</b>	Cálido	19/Sept Temp
1981			<b>Neutro</b>	Cálido	Atemp Sept-Henry
1982	X	Sept	<b>Muy fuerte</b>	Neutro	23/Jul AMSS, 16/Oct AMSS
1983			<b>Muy fuerte</b>	Neutro	Feb Helada, 25/Sept, 14/Oct
1984			<b>Neutro/Niña</b>	Neutro	29/mayo temporal, 19/Sept AMSS
1985		Sept	<b>Niña/Neutro</b>	<b>Frío</b>	Lluvias torrenciales 21/Jun y 8/Jul
1986			<b>Fuerte</b>	<b>Frío</b>	
1987	X		<b>Fuerte</b>	Cálido	
1988		Ago/Gilbert -Sept-Oct/Joan	<b>Frío: Niña</b>	Cálido	
1989		Sept.	<b>Niña/Neutro</b>	<b>Frío/Neutro</b>	
1990		Oct.	<b>Neutro</b>	Neutro	Sept Grande de San Miguel
1991	X		<b>Moderado</b>	Neutro	
1992		Sept-Oct	<b>Moderado</b>	Neutro	
1993		Jun., Sep (Gert )	<b>Moderado</b>	Neutro	
1994	X		<b>Moderado</b>	<b>Frío</b>	
1995		Oct(Roxanne)	<b>Neutro/Niña</b>	Cálido	
1996		Julio (Cesar, Kile )	<b>Niña/Neutro</b>	Cálido	
1997	X		<b>Muy Fuerte</b>	Neutro/Cálido	
1998		Oct/Mitch	<b>Niño+fuerte/ Niña</b>	Cálido	
1999		Sept.	<b>Frío: Niña</b>	Neutro	

			Fase/Intensidad	Fase	Inundaciones o sequías reportadas por Periódicos
Año	Sequía Agrícola	Temporales/Sistema tropical	ENOS	ATN	
2000		Sept.	Frío: Niña	Neutro	
2001	X		Neutro	Frío/Neutro	
2002			debil/Moderado	Neutro	
2003			Neutro	Neutro	
2004			Débil	Cálido	
2005		Mayo/Hur Adrian, Oct/HUR STAN	Neutro	Muy Cálido	Oct. varios rios grandes
2006			Neutro	Cálido	
2007		Ago/DEAN, Sept/FELIX, Oct/BAJAS	Niño débil/ Niña	Cálido	Oct. varios rios grandes
2008		Mayo/A Oct/Bajas presiones	Neutro	Cálido	Oct. varios rios grandes

Fuente: CPC-Servicio Meteorológico-SNET, NOAA, CEPAL, CEPRODE. Sequía según varias fuentes.

Para completar la columna de temporales y el sistema ciclónico causante, se elaboró el cuadro 8.3 en los Apéndice C, cuadro de datos de lluvia diaria de al menos 5 días consecutivos de algunos períodos registrados en el Cuadro 8.2 donde aparecen registrados temporales, verificando en la base de datos de trayectorias de huracanes del Centro Nacional de Huracanes (NHC 2007), fechas de aparición de sistemas ciclónicos en el Caribe o sobre Centro América, para luego buscar en la base de datos diarios de lluvia los registros de esos días.

Se reconoce que un temporal por definición es aquel donde las lluvias registradas superan en 24 horas los 100mm, (entre otras variables que son utilizadas para caracterizar los temporales como se muestra en el cuadro 8.4), en varios casos reportados en el cuadro 8.3 se encontró que algunos eventos pudieron haber sido denominados como fase temporal por la población y los medios de comunicación, pero no alcanzaron el umbral de los 100 mm por día, tal es el caso de Huracán Irene que cruzo Centro América y se convirtió en la tormenta Olivia en el lado Pacífico en el año 1971, parece que mantuvo amplia cobertura de nubes y mucha humedad, pero el registro de lluvia no alcanzó los 100 mm/día. En tal

caso se popularizó en el SMN que si la lluvia no alcanza los 100mm se le denomina situación atemporalada, la cual tiene menor duración y provoca menos impactos que el temporal.

**Cuadro 8.4:**

**Matriz Criterios para determinar una Situación Atemporalada o Temporal.**

Variables	Escala Local	Mesoescalar	Sinóptico
Lluvia, cantidad, distribución de la lluvia y sistemas dominantes.	Tiempo caracterizado por Lluvias persistentes, continuas generalmente débiles, ocasionalmente moderadas, cuya duración debe de ser superior a las 10 horas hasta las 24 horas, con algunas interrupciones o sin ellas con cantidades cercanas <sup>1</sup> ó mayores a los 100 milímetros, máximos <sup>2</sup> de hasta 150 mm y su distribución en todo el territorio salvadoreño o al menos en la zona costera.	Podría existir una Baja Presión en las cercanías de Centroamérica o sobre ésta.	Lluvias registradas en horas o días anteriores sobre los países vecinos . Causado por un disturbio atmosférico tropical asociado a la activación de la Zona de Convergencia Intertropical así como por una baja presión o un sistema más desarrollado.
Humedad Relativa	85 a 100 % en superficie.		> 85 % en parte o todo El Salvador, nivel de 850 mb y 700 mb.
Temperatura ambiente	Se ve disminuida en mas de 1.0 °C		
Flujo del viento	Con posibilidad de que se presenten vientos moderados de 45 km/h y ráfagas hasta de 100 Km/h. INCLUSIVE NO SE DESCARTA LA PRODUCCION DE UN TEMPORAL POR LA INVASIONES DE LOS FRENTE FRIOS (850 milibares).	El viento normalmente proveniente del Pacífico y del Este (850 y 500 milibares).	El viento del Pacífico y del Este (850 y 700 milibares). En 250 milibares puede haber divergencia sobre el sistema dominante.
ITCZ	Entre los 11 a los 13 grados de Latitud Norte, evidente en las imágenes de satélite.	Entre los 11 y 13 grados de latitud	Debe existir un sistema ciclónico en la cercanía
PMSL	Varía en cada estación: Ilopango < 1012 mb. Comalapa puede ser mas baja.		1008-1012
Nubes	No se presenta actividad eléctrica y la nubosidad es generalmente estratificada, una capa cerrada de nubes bajas de nimbostratus y stratocumulos y nubes medias de altostratos con alguna convección aislada.		

Fuente: Áreas del SMN/SNET, 2006.

<sup>1</sup> La Situación Atemporalada acumula aproximadamente 100mm.

<sup>2</sup> En el Temporal se exige lluvias mayores a los 100mm y por más de 24 horas.

Al revisar el Cuadro 8.2 y contabilizar los eventos extremos lluviosos o secos durante el período 1935 al 2008 y compararlas con los forzantes oceánicos-atmosféricos se construyó la Figura 8.2.

El evento seco asociados a Canículas severas convertidas en sequías agrícolas, se presentan en la mayoría de los casos por una combinación de eventos fríos en el ATN y eventos cálidos en el Pacífico (Niños).

Por otra parte respecto a los 48 años con temporales registrados se reconoce una alta frecuencia de eventos La Niña y eventos cálidos en el ATN, además de que dichas condiciones en los océanos vecinos fomentaron que varios sistemas ciclónicos se acercaran o inclusive cruzaran Centro América, como el caso de Francelia (1969), Irene (1971), Fifi (1974), Joan (1988) y Mitch (1998).

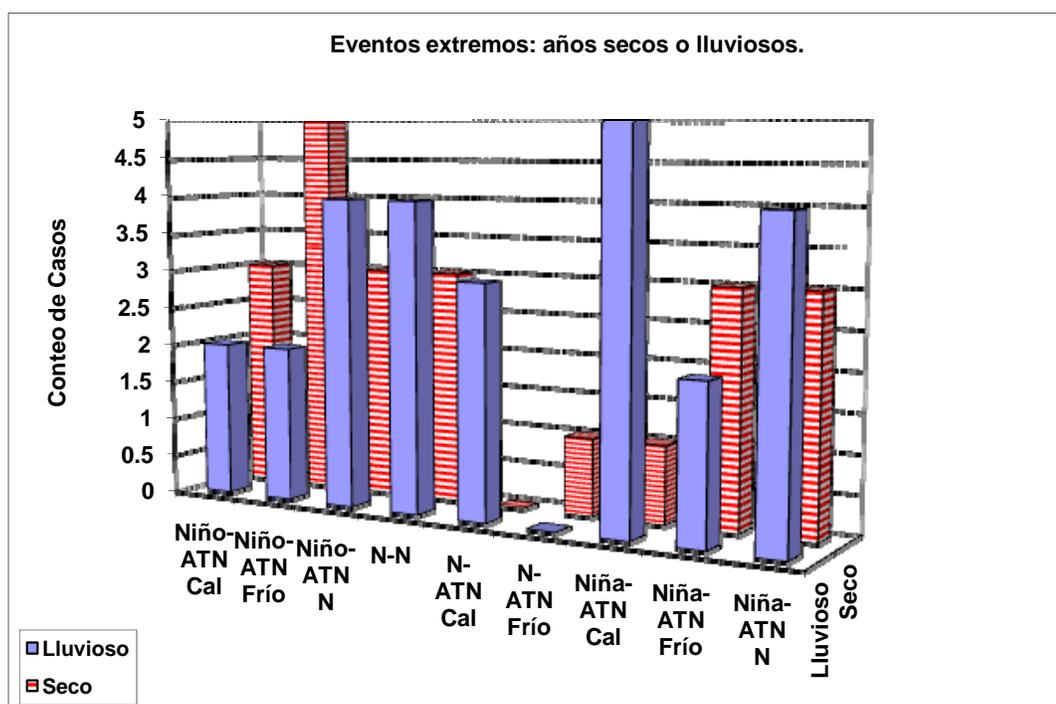


Fig. 8.2. Conteo de años lluviosos y secos en El Salvador vrs. Fases de ENOS y ATN.

Una comparación de la cantidad de lluvia acumulada en períodos de 5 días ó 120 horas, para algunas estaciones meteorológicas, indica según la figura 8.3, que

el Huracán Mitch es el que mayor agua acumuló respecto a los otros sistemas. Aunque algunos pluviómetros en manos de colaboradores en distintos sitios del país, han reportado para cada caso diferentes valores y algunas veces parecen dudosos.

Es importante aclarar que para el caso del temporal ocurrido en 1934, solamente se cuenta con registros de la estación S5, en el área central de San Salvador, la cual comparativamente acumuló mayor lluvia que otros temporales más recientes en la historia medidas en estaciones cercanas a San Salvador, sin embargo el temporal del año '34 acumula menos lluvia al compararla con las estaciones de la zona costera, que es la zona más favorecida por lluvias durante un temporal.

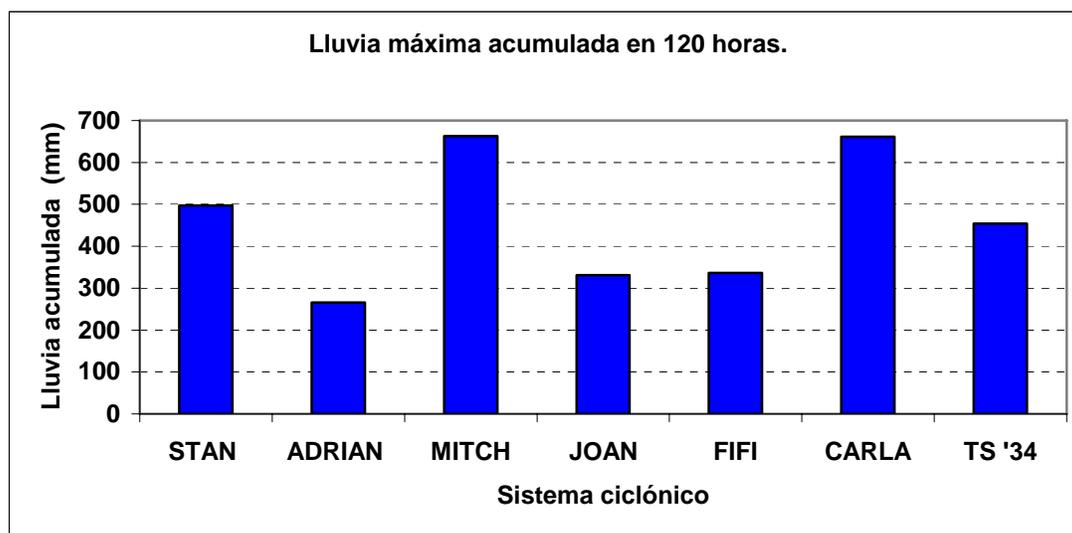


Fig. 8.3. Comparación lluvia de diferentes eventos de gran magnitud en El Salvador.

También los mapas de isoyetas que se han elaborado en los casos de mayor impacto como se ve en la Figura 8.4 a) Mitch, b) Adrian y c) Stan, muestran una distribución diferente en cada caso, por ejemplo en el caso de Mitch y Stan, las lluvias abundaron más en la zona costera y cordillera volcánica sur, mientras que

con Adrián (con una trayectoria inusual hacia el noreste) se acumulo más en la zona oriental.

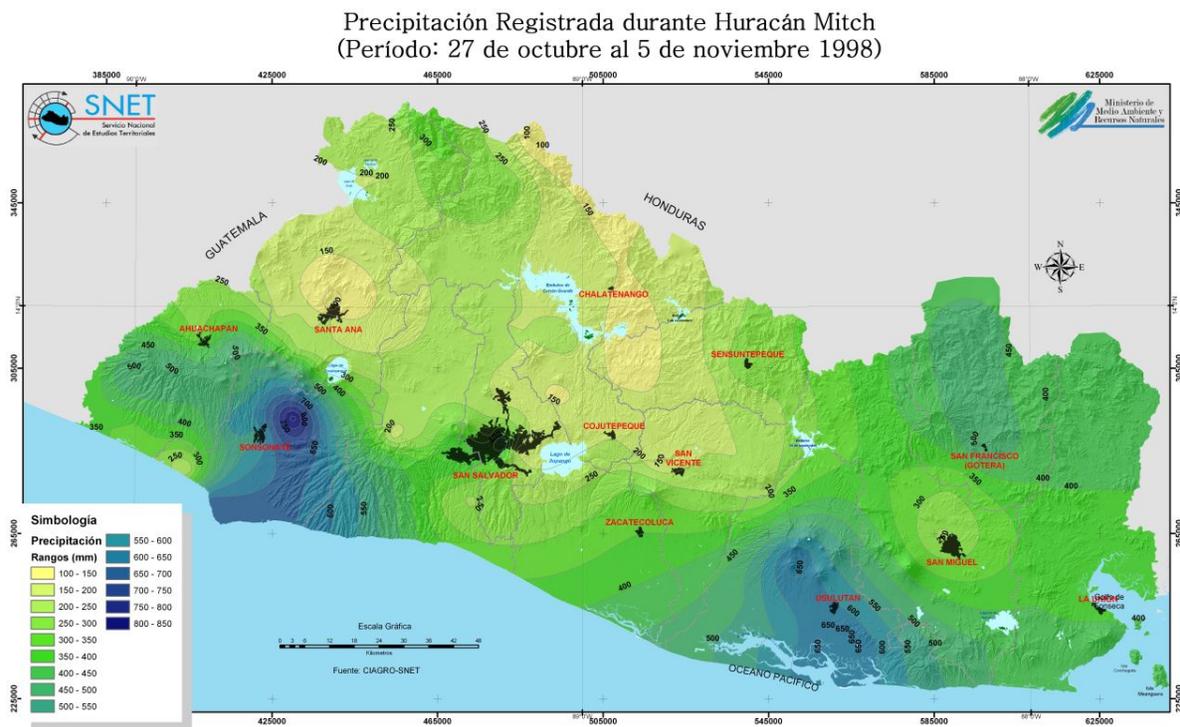


Figura 8.4 a: Mapa de isoyetas del temporal por Mitch. Fuente: SMN/SNET

Según las isoyetas o campos de precipitación del temporal provocado por el Huracán Mitch, entre finales de octubre y principios de noviembre de 1998, existen dos núcleos de acumulados máximos en la cordillera volcánica costera, siendo el valor máximo acumulado de lluvia fue de 737.2 mm en la zona occidental, en las faldas del volcán de Izalco.

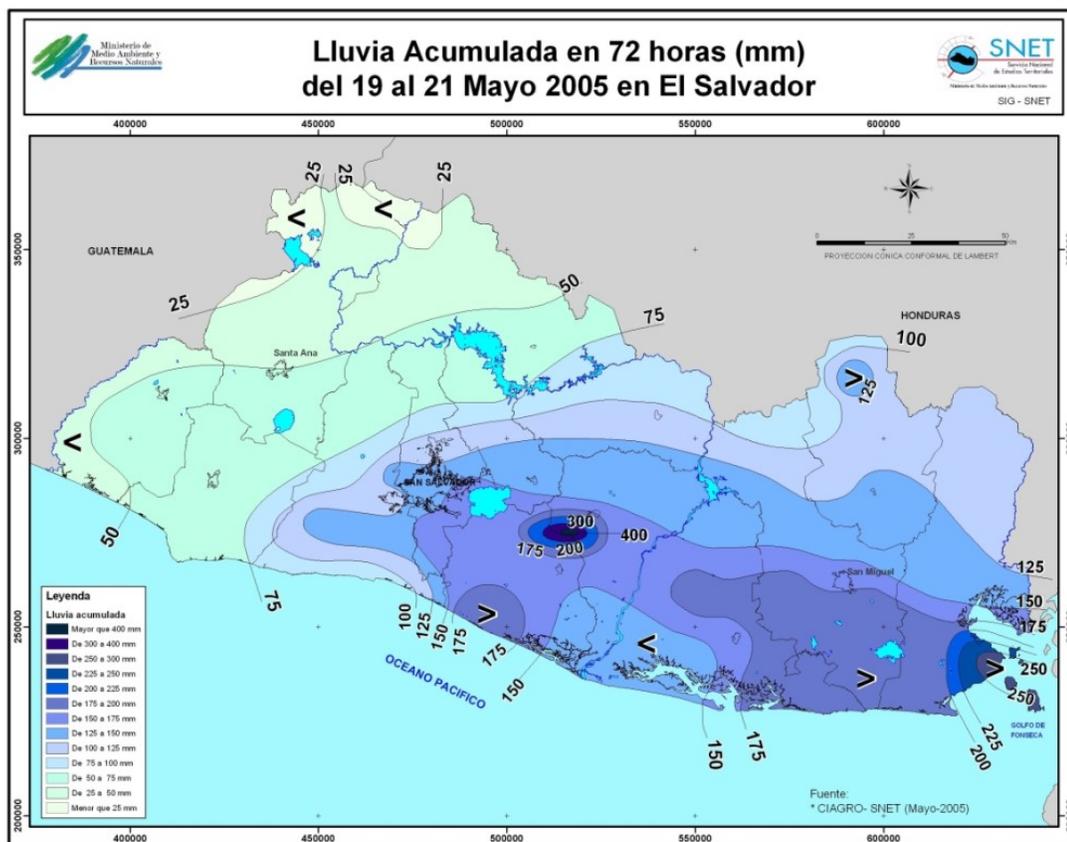


Figura 8.4 b: Mapa de isoyetas del temporal por Adrian. Fuente: SMN/SNET

Las isoyetas del temporal provocado por el Huracán Adrián (mayo de 2005), muestran lluvias por arriba de los 100 mm, sólo en la zona central y oriental del territorio y el valor máximo acumulado de lluvia fue de 418.2 mm sobre el volcán de San Vicente, la duración de este temporal fue menor que la provocada por el huracán Mitch o el huracán Stan, por ello la acumulación de agua también fue menor.

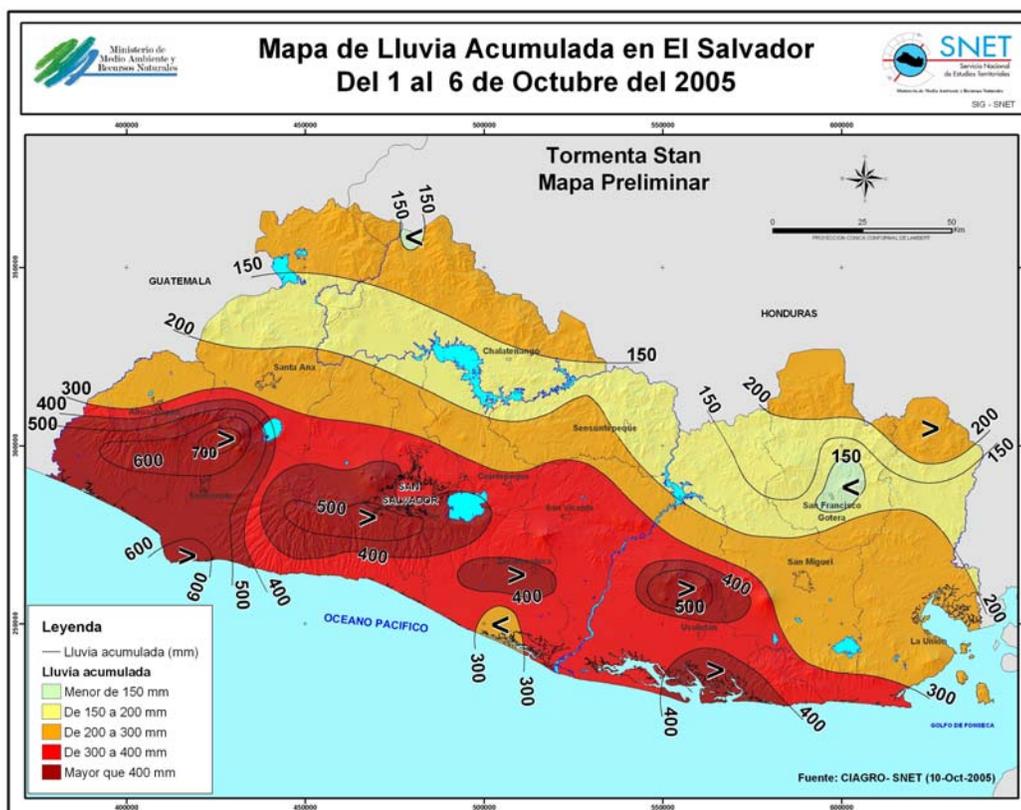


Figura 8.4 c: Mapa de isoyetas del temporal por Stan. Fuente: SMN/SNET

Las isoyetas del temporal provocado por el Huracán Stan (2005) muestran los valores máximos en toda la zona costera, el cual corresponde a 737.2 mm en las faldas del volcán de Izalco, que a diferencia del Huracán Mitch, Stan provocó un temporal de 6 días y se ubicó sobre el Golfo de México como se verá adelante, sin acumular tanta lluvia en Honduras o Guatemala como en el caso de Mitch, por lo que los impactos en daños y pérdidas de vidas y materiales fue más alto con Mitch.

### 8.3 Análisis y Comparación de Trayectorias de Huracanes.

De acuerdo al análisis de trayectorias de huracanes, tormentas y depresiones tropicales, desde los años 30s, incorporados en el cuadros Apéndice C 8.2 y 8.3, puede observarse un reducido número de sistemas que, en su movimiento en El Caribe ingresaron a tierras de Centro América cruzando hacia el Pacífico, tales como los Huracanes: Fifi, Joan y Cesar.

Se retomaron algunas trayectorias de ciclones y se observan en la figura 8.5. De algunas noticias de periódicos se ha reconocido que la tormenta sin nombre de 1934, se presentó en el mes de junio, tocó tierra en Belice el 5 de este mes, desplazándose posteriormente hacia Guatemala y luego bordeó, el día 7, la zona noroccidental del territorio salvadoreño, moviéndose luego al Norte entrando a Honduras mostrando un movimiento muy extraño, dicha trayectoria fue diferentes y contrario a la de Mitch.

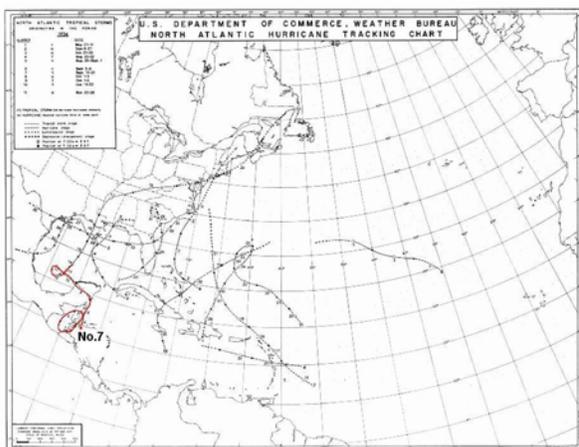
En 1974 Fifi y en 1998 Mitch pasaron al norte de El Salvador. El huracán Mitch supera a otros eventos en cantidades acumuladas de lluvia para la zona del Bajo Lempa y la Bahía de Jiquilisco. Por lo tanto se concluye que el Huracán Mitch ha sido el evento más copioso registrado en territorio salvadoreño durante el pasado siglo, para la zona del Bajo Lempa.

Mientras Gert en 1993 y Adrián en 2005, aunque pasaron muy cerca o se movieron en algún momento sobre la litoral Pacífico de El Salvador no acumularon tanta agua como los sistemas que han pasado por el Caribe al Norte de El Salvador.

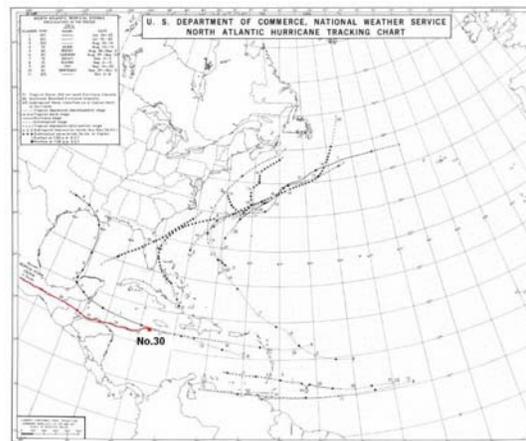
Otro caso especial fue el Huracán Stan, que cruzó Yucatán desde el Caribe hacia el Golfo de México y desde allí fue capaz de influenciar con el arrastre de vientos de dirección sur sobre Centro América, moviendo la ZCIT sobre los países y siendo ese momento el que provoca fuertes precipitaciones, de hecho esta es una característica ya probada que provoca el desarrollo de un temporal.

Básicamente existe una coincidencia que los sistemas ubicados arriba de los 13 o 14 grados norte y hacia el oeste de 89 grados oeste son los que forman un temporal de importancia en el país, principalmente porque el flujo del viento del

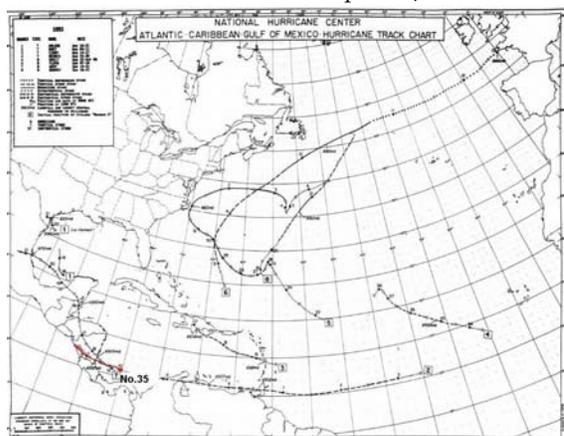
sur cruza el país y es perpendicular a la cordillera volcánica, esto es lo que provoca que las lluvias sean fuertes.



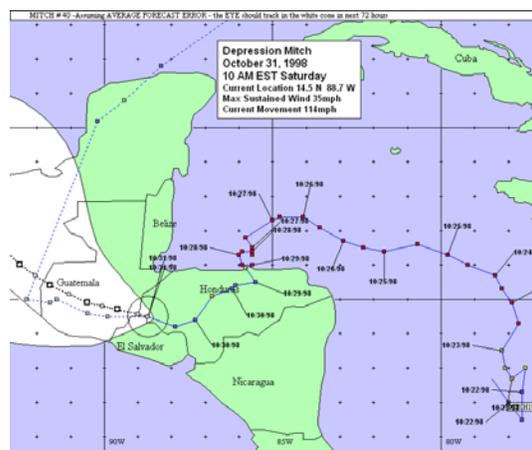
1934: Tormenta Tropical S/N



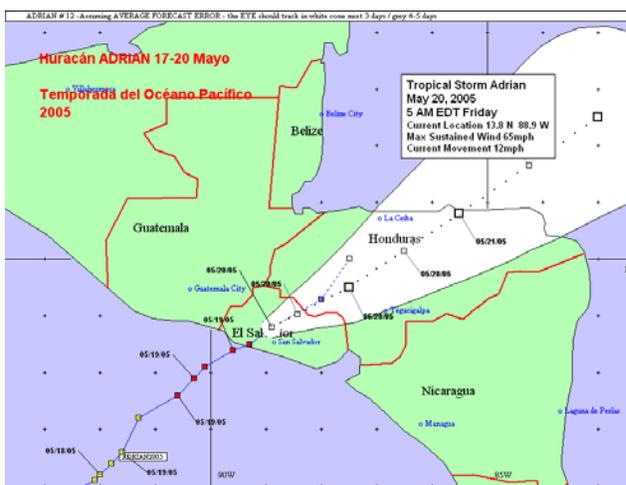
1974: Huracán FIFI



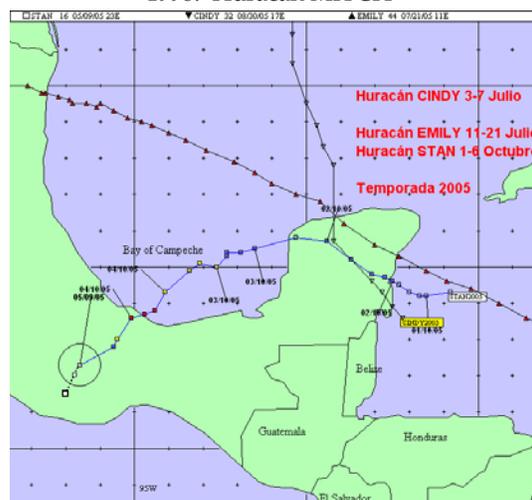
1993: Huracán GERT



1998: Huracán MITCH



2005: Huracán ADRIAN



2005: Huracán CINDY, EMILY y STAN.

Figura 8.5: Trayectoria de Huracanes, fuente: NHC/NOAA, Estados Unidos.