

SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA POR INUNDACIONES EXPERIENCIA EN EL SALVADOR - SNET

1. SINTESIS

El Salvador es un país con experiencia reciente en Sistemas de Alerta Temprana (SAT) por Inundaciones. Después del Huracán Mitch fue reconocida abiertamente por la población salvadoreña (comunidades, Organizaciones No Gubernamentales, Gobierno Central, entre otros), la vulnerabilidad del país ante las amenazas hidrometeorológicas y la carencia de un adecuado monitoreo de estas amenazas.

A partir de ello, fueron instaladas una serie de instrumentos – pluviómetros y radios, se elaboraron Planes de Emergencia para las comunidades en riesgo por inundación, y la población –alcaldías y comunidades- fueron entrenadas en estos sistemas de alerta con el apoyo y asistencia internacional. Algunos de estos sistemas se instalaron en: Zacatecoluca, Departamento de La Paz (FEMICA), Tacuba y San Francisco Menéndez en Ahuachapán (GTZ-MARLAH).

Adicionalmente, se instaló un Sistema de Pronóstico de Crecidas en Tiempo Real en la Cuenca del Río Lempa y fue equipado el Centro de Pronóstico Hidrometeorológico (CPHM), y diseñada y creada una nueva institución gubernamental para el monitoreo y análisis de amenazas naturales y el análisis de vulnerabilidades, con el enfoque de la Gestión del Riesgo.

Esta presentación no tiene la intención de establecer nuevas teorías acerca de los Sistemas de Alerta Temprana, sino, presentar y documentar la experiencia de los Sistemas de Alerta Temprana diseñados y, actualmente, en proceso de consolidación en El Salvador a través del Servicio Nacional de Estudios Territoriales. Así como también conocer cómo un diseño de los sistemas puede integrar, potenciar capacidades y superar las debilidades de cada uno de los integrantes del Sistema. El éxito de un diseño de Sistema de Alerta Temprana, va a depender también de las propias capacidades de los países y hasta de la idiosincrasia de cada país y comunidad, que de hecho, puede cambiar de un lugar a otro.

La experiencia a ser presentada, mostrará como el fortalecimiento de las relaciones entre las comunidades, las Organizaciones No Gubernamentales Locales, las instituciones nacionales locales, con un estrecho soporte de las instituciones científicas de monitoreo e investigación y la posibilidad de sostenibilidad financiera de los sistemas por parte del sector productivo y los propios países, puede dar una mejor oportunidad de éxito en el corto y mediano plazo y, puede hacer más sostenibles los Sistemas, que se probarán ante situaciones extremas y a veces cotidianas.

2. ANTECEDENTES

En la década de los años 70, la red hidrométrica de El Salvador constaba de 70 estaciones hidrométricas, cuyo objetivo era primordialmente, el manejo del recurso hídrico con fines agrícolas,

este monitoreo era realizado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) a través de la Dirección General de Recursos Naturales Renovables (DGRNR).

Pero en la década de los 80, por la guerra civil en El Salvador, la mayoría de las estaciones fueron destruidas o abandonadas, reduciéndose drásticamente el sistema de monitoreo hidrológico tanto en estaciones como en capacidad. En 1992, al firmarse los acuerdos de paz, se contaba solamente con una red de 10 estaciones hidrométricas convencionales.

En 1992, el Proyecto de Apoyo a los Servicios Hidrometeorológicos financiado por la Agencia Finlandesa para el Desarrollo (FINNIDA), fortaleció la Red Hidrometeorológica a través de la rehabilitación de 21 estaciones meteorológicas y 10 estaciones hidrométricas.

De 1994 a 1997, se desarrolló en la región Centroamericana el Proyecto “Modelación Matemática para Pronóstico de Crecidas y Control de Inundaciones en Centro América”, financiado por la Agencia Danesa para la Cooperación Internacional (DANIDA) y coordinado en la región por el Centro para la Prevención de Desastres en América Central (CEPRENAC) y los Servicios Hidrometeorológicos de los países Centroamericanos. En este proyecto, en el caso de El Salvador, se digitalizó la mayor parte de la información hidrometeorológica del Río Lempa desde 1970 a 1992 y se calibró el Sistema de modelación y pronóstico MIKE-11 en la cuenca. Dicho sistema no fue utilizado para pronóstico hidrológico por la carencia de una red de estaciones en tiempo real, pero dicho proyecto sirvió para que el país iniciara sus conocimientos y manejo de información de cara a los modelos y pronóstico hidrológico.

En 1997, se inició El Programa Ambiental de El Salvador (PAES), financiado por un préstamo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y ejecutado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) a través de la Dirección General de Recursos Naturales Renovables (DGRNR). Dentro de sus componentes incluyó el Monitoreo de Recursos Hídricos como una respuesta dentro del Plan Ambiental Nacional a los problemas de manejo de recursos hídricos del país, evidenciados en la escasez de agua para abastecimiento, la sedimentación del Embalse del Cerrón Grande, los altos niveles de contaminación hídrica de las subcuencas de los ríos Sucio, Suquiapa y Acelhuate, la limitada disponibilidad de información hídrica básica que se utiliza para el desarrollo y el planeamiento, y la falta de estrategias de descontaminación y recuperación de ríos. Dentro de las actividades del PAES se contempló la instalación de una red hidrométrica básica en la Cuenca Alta del río Lempa consistente en 15 estaciones de medición automática, 4 de ellas ubicadas en el río Lempa y el resto en tributarios de importancia al mismo.

A raíz del evento meteorológico Huracán Mitch ocurrido en la región centroamericana en octubre de 1998 y cuyos efectos generaron en El Salvador inundaciones que provocaron pérdidas humanas, y pérdidas económicas en agricultura, ganadería e infraestructura, la Agencia Estadounidense para el Desarrollo Internacional, (USAID) financió a través del Proyecto de Reconstrucción Post Huracán Mitch la instalación del Sistema de Pronóstico y Alerta Temprana del Río Lempa, y el Sistema de Alerta en el río Grande de San Miguel.

La implementación del sistema comprendió la construcción de una red de estaciones hidrometeorológicas en tiempo real, que se complementaron con la red de estaciones de la Cuenca Alta del Río Lempa, proyectada e instalada por el PAES. El Sistema de Alerta Temprana financiado por USAID incluyó la instalación del equipo, software y modelos hidrológicos para la creación del Centro de Pronóstico Hidrológico (CPH) a ser manejado por el Servicio Hidrológico y Meteorológico (SMHN) de la DGRNR del MAG.

En octubre del año 2001 y después del efecto devastador que tuvieron los terremotos, se crea el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET) adscrito al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), unificando los servicios técnicos de Geología, proveniente del Ministerio de Obras Públicas (MOP); Meteorología e Hidrología, proveniente de la DGRNR del MAG y creando un nuevo Servicio de Estudios Territoriales y Gestión de Riesgos. El Sistema de Pronóstico de Crecidas y Alerta Temprana de la Cuenca del Río Lempa se trasladó con sus funciones, equipo y personal al Servicio Hidrológico Nacional (SHN) del SNET.

Durante los años 2002 y 2003, con los programas de Reconstrucción Post Mitch, Central América Mitigation Initiative (CAMI) y Reconstrucción Post-Terremoto (ERP), el USAID financió y construyó con el apoyo del USGS estaciones con transmisión telemétrica en las cuencas de los ríos Paz (2), Jiboa (1) y Goascorán (2), que actualmente también son parte del Sistema de Monitoreo y Alerta Temprana del SNET.

En diciembre de 2003, se añade a esta red, una estación más en la cuenca alta del Río Goascorán, a través del Proyecto CARE-COBIEWS/SNET, fortaleciéndose de esta manera el SAT del Río Goascorán.

A la fecha se cuenta con una red hidrometeorológica básica de 28 estaciones: 16 estaciones con telemetría, 10 estaciones automáticas y 2 convencionales –en proyecto se incrementará el número en 4 estaciones telemétricas más . (Ver Mapa No. 1)

3. AREAS SUSCEPTIBLES A INUNDACION EN EL SALVADOR

La problemática de inundaciones en áreas urbanas y rurales ha estado presente en El Salvador desde tiempos remotos. Existe literatura histórica de un Huracán que en 1934¹, provocó 500 mm de precipitación en 3 días, provocando inundaciones y pérdidas en todo el país. Así mismo, en 1974, el Huracán Fifi produjo en el país grandes inundaciones.

Los desastres provocados por el Huracán Mitch (Octubre 1998), ha sido de los mayores sufridos en los últimos años en El Salvador. Las pérdidas económicas y efectos sociales fueron estimados en 398 millones de dólares (USD). Solamente en el sector agropecuario, el MAG estimó pérdidas preliminares de 166 millones de dólares (USD). La estimación de muertes fue de 240, 20 personas desaparecidas y 85 mil personas que perdieron sus viviendas, 10 mil 372 casas y 405 escuelas

¹ H.G. Gierloff-Emden, “La Costa de El Salvador”

afectadas ². En el ámbito social, los departamentos con mayores pérdidas fueron Usulután, San Miguel y La Paz.

Las inundaciones sufridas en El Salvador se pueden clasificar en tres tipos:

- a) Inundaciones en cuenca baja de ríos medianos y grandes: Río Lempa, Río Paz, Río Jiboa y Río Goascorán. Ocurren debido a temporales ocasionados por eventos meteorológicos como Huracanes originados en el Caribe. La lluvia es sostenida por 3 a 5 días y que generalmente ocurren en los meses de Septiembre y Octubre.
- b) Inundaciones en cuencas de respuestas rápidas: Cuencas provenientes de volcanes y cordilleras que desembocan en el Océano Pacífico, como: Cara Sucia.-San Pedro, Río Grande de Sonsonate, Mandinga-Comalapa, Estero de Jaltepeque y Bahía de Jiquilisco. Y cuencas interiores que desembocan en ríos como: Angue y Río San José. Este tipo de inundaciones son ocasionadas por precipitaciones altamente convectivas –intensas y localizadas- de 2 a 3 horas de duración, con ocurrencia principalmente en los meses de mayo y junio.
- c) Inundaciones en Cuencas urbanas, también ocasionadas por precipitaciones altamente convectivas. La problemática es generada por las deficiencias o limitaciones en el sistema de drenaje urbano, obras sin control en cauces de ríos y quebradas y exceso de desechos sólidos (basura) en las quebradas.

En el Mapa No. 2, se presentan las áreas susceptibles a inundaciones de El Salvador.

En años recientes, el daño y pérdidas por inundaciones se han incrementado en el país debido a diversos factores: incremento de urbanizaciones y cambio de uso de suelo de las cuencas altas, ubicación de asentamientos humanos sin control ni ordenamiento en áreas de inundación, pérdidas de suelo e incremento de erosión por los cambios de uso de suelo y deforestación, deficiente o inexistente manejo de las cuencas, deficiencias en el planeamiento urbano y de asentamientos, cambios en la distribución temporal y espacial de las lluvias.

4. DISEÑO CONCEPTUAL DE LOS SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA DEL SNET.

El diseño de las redes de monitoreo hidrometeorológico, de los tipos de pronóstico hidrológico, de las redes locales de observación y de monitoreo, así como el procedimiento de emergencia depende básicamente de las siguientes condiciones:

- a) Comportamiento de la cuenca ante inundaciones (tamaño y forma del drenaje)
- b) Tipo de evento (temporal o precipitación convectiva)
- c) Características socio-organizativas de los actores locales.

² Ministerio de Agricultura y Ganadería y CEPAL, “El Salvador: Evaluación de los Daños causados por el Huracán Mitch, 1998.”

- d) Experiencia y conocimientos previos de los actores locales en el manejo y gestión de sus riesgos.
- e) Iniciativa de los gobiernos locales.

Adicionalmente, el tipo de pronóstico hidrológico dependerá de las redes de monitoreo instaladas, del tipo de monitoreo generado por los observadores locales y de las capacidades a nivel de pronóstico del SNET.

Pueden realizarse varios tipos de pronóstico (Ver Figura No. 4)

- a) Lluvia Pronosticada – Nivel (caudal) pronosticado : A través de pronóstico cuantitativo de la lluvia y de utilización de un modelo hidrometeorológico. En El Salvador se recomienda para cuencas grandes (Lempa, Grande de San Miguel), proporciona mayor tiempo de alerta, aunque pueden existir más posibilidades de incerteza.

No tiene mucha aplicación en las lluvias rápidas y convectivas. Su aplicación es más acertada para temporales.

- b) Nivel (caudal) observado – Nivel (Caudal Pronosticado): Se basa en la utilización de estaciones hidrométricas telemétricas en la cuenca alta y baja, y a través de relaciones matemáticas, a través el dato de nivel observado aguas arriba se puede pronosticar el tiempo de llegada y el pico de la crecida aguas abajo. La certeza es mucho mayor, aunque el tiempo de alerta se reduce.

También su utilidad mayor es para eventos como temporales, pero su utilización para eventos rápidos es básica, ya que puede alertar acerca de crecidas instantáneas a pobladores que realizan actividades dentro del río (pesca, baño, extracción de áridos, lavado de ropa)

- c) Lluvia observada y/o pronosticada – Nivel (Caudal) Pronosticado: Se basa en los datos de precipitación precedente (contenido de humedad del suelo), observada y pronosticada. A través de un modelo hidrometeorológico que pronostica nivel o caudal en base a lo que está sucediendo en la cuenca alta.

Su aplicación es de mucha utilidad en las cuencas de respuesta rápida (FLASH FLOODS).³

La selección del modelo hidrológico, no es única. Los modelos hidrológicos utilizados en cuencas medianas y grandes, pueden no ser muy útiles por su diseño y características en los modelos de cuencas pequeñas, y aun más, en las cuencas de respuesta rápida y cuencas urbanas.

³ La National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA) está desarrollando el Modelo de Pronóstico para Crecidas Rápidas (FLASH FLOODS) a ser instalado en los países de Centro América.

Es importante mencionar que las características e involucramiento de la población y los actores locales, también son un factor determinante en el diseño de los sistemas. El apoyo a la red de monitoreo de lluvia y nivel local de parte de las comunidades y sus enlaces, relaciones y redes de comunicación con los demás actores locales, son determinantes para el éxito del funcionamiento del SAT.

A continuación se hará una descripción de los Sistemas de Alerta Temprana instalados por el SNET, describiéndose sus características y condiciones.

5. SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA DEL SNET.

A la fecha, el SNET tiene 5 Sistemas de Alerta Temprana que se monitorean y funcionan a través del Centro de Pronóstico Hidrometeorológico y la Red de monitoreo local. (Ver Mapa No. 3). Los tipos de pronóstico que se generan son los siguientes:

5. 1 Sistema de Pronóstico Precipitación - Escorrentía

El Sistema de Pronóstico y Alerta Temprana por inundaciones instalado en la Cuenca Trinacional del Río Lempa cuenta con 10 estaciones hidrometeorológicas con transmisión telemétrica (2 en Guatemala, 1 en Honduras, y el resto en El Salvador); 16 estaciones de precipitación de transmisión telemétrica, 7 estaciones climatológicas convencionales diarias y 9 estaciones climatológicas con información horaria convencionales. Los productos generados son: Pronóstico de niveles de ríos en 14 sitios en el río Lempa, pronóstico a corto y largo plazo de caudales de entrada en las 4 centrales Hidroeléctricas operadas por CEL y mapas de inundación en el Bajo Lempa. Este sistema opera con la información proporcionada por CEL de manejo de embalses y el Pronóstico Meteorológico del CPM.

El Modelo instalado y calibrado es el desarrollado por el National Weather Service River Forecast System (NWSRFS) de NOAA.

Este tipo de pronóstico se basa en la relación Lluvia pronosticada – Luvia Observada – Nivel Observado para producir un pronóstico de Nivel o caudal en ríos y en las entradas a los Embalses Hidroeléctricos.

5.2 Sistemas de Pronóstico y Alerta Temprana Nivel-Nivel

En estos sistemas el pronóstico hidrológico es de la forma Nivel – Nivel (o Caudal - Caudal). Se cuenta con monitoreo hidrometeorológico en varias estaciones ubicadas en los ríos y el pronóstico se basa en ecuaciones de correlación entre los niveles del río en las estaciones aguas arriba con las estaciones aguas abajo. También se ha desarrollado para los sistemas Curva de Tiempos de Tránsito dadas las condiciones de velocidad de la creciente y humedad precedente. Por otro lado, se cuenta con umbrales que indican diferentes etapas de alerta con base en el nivel del río en las estaciones instaladas aguas arriba y a la posibilidad de que

estos niveles generen inundaciones locales o aguas abajo. Adicionalmente se ha trabajado levantando la información en campo sobre las comunidades con problemas de inundación en diferentes escalas y se ha construido una Red de monitoreo local de comunicaciones y monitoreo en las zonas susceptibles a inundación con las cuales el SNET mantiene comunicación directa.

Estos sistemas están instalados en cuatro cuencas:

- a) Río Grande de San Miguel: 3 estaciones hidrometeorológicas con telemetría, 4 estaciones telemétricas de precipitación.
- b) Río Paz: 2 estaciones hidrometeorológicas en tiempo real. Monitoreo hidrometeorológico (lluvia y nivel del río) en tiempo real en las estaciones telemétricas El Jobo y La Hachadura y estaciones convencionales de precipitación (2 en Guatemala y 2 en El Salvador)
- c) Río Goascorán: 3 estaciones hidrometeorológicas con telemetría y 4 estaciones de lluvia con telemetría.
- d) Río Jiboa, el menos desarrollado a la fecha, solo cuenta con una estación hidrometeorológica en tiempo real.

Este tipo de pronóstico, tiene más certeza que el tipo anterior, pero menos tiempo de respuesta. Aunque según la experiencia del SNET en los dos años anteriores, este tiempo puede variar de entre 5 a 8 horas y es todavía suficiente para emitir alertas y los resultados han sido altamente satisfactorios (95 – 98% de certeza). Con la instalación de estaciones meteorológicas telemétricas (al menos 1) en la cuenca alta de los ríos, puede pasarse a la etapa de pronóstico Lluvia Observada – Nivel Pronosticado a través de un Modelo Hidrológico, que proporciona más tiempo de alerta, aunque tal vez menos certeza.

Con las mejoras de las capacidades tecnológicas y científicas del SNET, puede contarse posteriormente con datos pronosticados de lluvia en forma específica para estas cuencas, y pasar al tipo de pronóstico Lluvia Pronosticada – Nivel Pronosticado a través de la modelación y pronóstico hidrológico. Este tipo de pronóstico puede generar más tiempo de alerta aunque también más incerteza en los resultados.

5.3 Sistemas de Alerta Temprana en Cuencas de Respuesta Rápida.

Adicionalmente se está en el proceso de construcción de Sistemas de Alerta para cuencas de respuesta rápida, en las cuales, se contará básicamente con estaciones de precipitación (al menos una estación con telemetría en la cuenca o región y pluviómetros con radios), observadores locales y un sistema de comunicación basado en radios. Este sistema requerirá una mayor atención a las comunicaciones y al trabajo de los observadores locales.

Este tipo de pronóstico se basará en información de Lluvia Observada y/o Pronosticada – Nivel Pronosticado, debido a que los tiempos de reacción son más cortos y puede incrementarse el tiempo de alerta realizando modelación hidrológica a través de los datos de lluvia observados y los pronosticados por el Centro de Pronóstico Meteorológico (CPM). El tipo de modelo

hidrológico a utilizar en estas cuencas es diferente del utilizado en el Río Lempa y los modelos a utilizar en las otras cuencas de mediano tamaño.

La alerta básicamente se originará con base a tres umbrales: Precipitación precedente (cantidad de agua acumulada en el suelo durante los últimos 10, 7, 5 y 3 días), precipitación pronosticada y precipitación en tiempo real.

Se definiran umbrales para cada uno de estos elementos medidos, que combinados entre sí proporcionan un umbral de alerta de posible iniciación de lluvias.

Las cuencas que se trabajarán en los proximos años con este tipo de pronóstico serán:

- a) Río Cara Sucia- San Pedro
- b) Grande de Sonsonate
- c) Cuenca del Estero de Jaltepeque
- d) Cuenca de la Bahía de Jiquilisco
- e) Cuenca del Río Angue
- f) Cuenca del río San José.

Posteriormente, se trabajará tambien con las cuencas urbanas: San Salvador, San Miguel y Santa Ana.

6. PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN Y EMERGENCIA DE LOS SAT'S

A continuación se hará una breve descripción de los procedimientos de operación y emergencias del Centro de Pronóstico Hidrológico para los Sistemas de Alerta Temprana.

Básicamente se tienen 5 etapas o estados de monitoreo, que dependen de los niveles de los ríos, de la precipitación pronosticada y de la precipitación en tiempo real. Estas etapas, condicionan los procedimientos, turnos y operaciones del Centro de Pronóstico, así como los procedimientos de comunicación con la Red de monitoreo local, a fin de responder de la mejor forma a la emergencia. Estas etapas son internas, al pasar de una a otra, lo que hace es cambiar los procedimientos de operación.

TABLA No. 1 . Descripción de Etapas de Monitoreo y Procedimientos Generales

ETAPA	UMBRALES (precipitación precedente, pronosticada y niveles de ríos)	DISPONIBILIDAD PERSONAL	FRECUENCIA DE MONITOREO	FRECUENCIA DE BOLETINES	AVISOS Y COMUNICACIONES
MONITOREO Y VIGILANCIA	Umbral 1	Régimen 1: Técnicos del CPH en oficina diurno y nocturno de llamada	1 vez al día	1 vez al mes en época seca y 1 vez al día en época lluviosa	
PREAVISO	Umbral 2	Régimen 2: Técnicos del CPH en oficina diurno y nocturno de llamada. Técnicos de apoyo en turnos nocturnos en oficina	2 veces en la noche y 3 veces en el día	1 vez al día y emisión de boletines especiales	Primer aviso: Comunidades en color ROJO
AVISO	Umbral 3	Régimen 3: Técnicos del CPH en oficina diurno y nocturno de llamada. Técnicos de apoyo en turnos nocturnos en oficina	3 veces en la noche y 4 veces en el día	1 vez al día y emisión de boletines especiales	Primer aviso: Comunidades en color ROJO Segundo Aviso: Comité de emergencias locales y organizaciones locales.
ALERTA	Umbral 4	Régimen 4: Turnos rotativos diurnos, nocturnos y de fines de semana de los técnicos del CPH, de los técnicos de apoyo y de los hidrólogos del SHN	Cada hora 3 horas en la noche y en el día	1 vez al día y emisión de boletines especiales	Primer aviso: Comunidades en color ROJO Segundo Aviso: Comité de emergencias locales y Departamentales y organizaciones locales.
EMERGENCIA	Umbral 5	Régimen 4: Turnos rotativos diurnos, nocturnos y de fines de semana de los técnicos del CPH, de los técnicos de apoyo y de los hidrólogos del SHN	Cada 3 horas en la noche y en el día	1 vez al día y emisión de boletines especiales	Primer aviso: Comunidades en color ROJO Y AMARILLO Segundo Aviso: Comité de emergencias locales y organizaciones locales y comités de emergencia nacional.

Es importante mencionar que la comunicación se da directamente del Centro de Pronóstico a la comunidad en riesgo (y paralelamente a los Comités de Emergencia Locales y Departamentales). En el caso de El Salvador, es factible comunicarse con la población vía teléfono celular (aun en la más remota casa de la zona rural, ellos tienen teléfono celular porque en la mayoría de los casos, sus parientes en Estados Unidos los pagan para estar comunicados con ellos), o vía radio (parte del SAT local o comunitario) en los sitios en los cuales no hay teléfonos celulares.

También es importante mencionar, que al comunicarse al Comité de Emergencia Local o Departamental y Nacional, ellos deciden el tipo de alerta que se emitirá a nivel nacional.

A través de la conformación de la Red de monitoreo local y del levantamiento de información en campo, las comunidades ubicadas en zonas susceptibles a inundación han sido clasificadas de acuerdo a la frecuencia de sufrir inundaciones en ROJA (anual), AMARILLO (2 a 5 años) y VERDE (5 y más). Adicionalmente al estado de monitoreo que se tenga en el Centro de Pronóstico, el aviso también dependerá del tipo de evento:

- a) Crecidas y repunta: Comunidades en color rojo y que desarrollan labores en el río: lavado de ropa, extracción de áridos, pesca, baño, abrevadero
- b) Crecidas que abarcan zonas de inundación anuales: Comunidades en color rojo
- c) Crecidas que abarcan zonas de inundación de 2 a 5 años: Comunidades en color amarillo
- d) Crecidas que abarcan la totalidad de zonas de inundación: Comunidades en color verde.

6. EL PAPEL DEL SNET COMO INSTITUCION CIENTIFICA DE MONITOREO HIDROMETEOROLOGICO EN LO GUBERNAMENTAL.

El papel de los servicios técnicos y de monitoreo de hidrología, meteorología y gestión de riesgos en el SNET, es desarrollar y mantener el monitoreo hidrometeorológico de las condiciones hidroclimáticas de las cuencas. Así mismo, desarrollar los análisis hidrometeorológicos que permitan realizar los pronósticos de crecidas y emisión de avisos y alertas a las comunidades y comités de emergencia. La implementación del SAT no solamente involucra las estaciones de monitoreo, sino el desarrollo de las herramientas de análisis de las amenazas y vulnerabilidades ante eventos hidrometeorológicos. Entre ellos están:

- a) Comportamiento y respuesta de las cuencas ante las precipitaciones, respuesta de los ríos
- b) Correlación en niveles de estaciones ubicadas en cuenca media para el pronóstico de los niveles a ser alcanzados en la cuenca baja.
- c) Tiempos de tránsito que permitan establecer el tiempo de llegada de las crecidas a la cuenca baja o zonas inundables.
- d) Determinación de áreas susceptibles a inundación y de comunidades vulnerables: mapas de inundación y listado de Red de monitoreo local. Establecimiento de niveles de peligrosidad de las casas y comunidades.
- e) Establecimiento de Sistemas de monitoreo sobre cambios en las vulnerabilidades de las zonas.
- f) Creación y fortalecimiento de la Red de monitoreo local (en conjunto con las entidades locales e institucionales de emergencia). Capacitaciones sobre monitoreo hidrometeorológico como apoyo de la Red de monitoreo local, retroalimentación de los impactos de los eventos y capacitación a la Red de monitoreo local para la interpretación de los avisos.
- g) Establecimiento de protocolos de comunicación y desarrollo de procedimientos de operación y emergencia de los Centros de Pronóstico y de el SNET.

Se ha observado, que los Sistemas de Alerta Temprana instalados después del Huracán Mitch en zonas vulnerables a inundación, basados solamente en la organización comunitaria y municipal, no han tenido mucha sostenibilidad en el tiempo, ya que los cambios de gobiernos municipales, el

limitado apoyo y disponibilidad de fondos, han llevado a que la experiencia y conocimientos adquiridos, las capacidades e instrumentación instaladas, no han logrado una supervivencia y un seguimiento real después de algunos años. A pesar de ello, estas bases comunales ahora son el punto de partida de las Redes Locales en las que un apoyo institucional (gubernamental o no gubernamental) de monitoreo y alerta decidido, puedan darle continuidad a los sistemas de monitoreo y alerta.

El reto del SNET en servir de soporte científico nacional a estos sistemas es grande, pero existe la disponibilidad local, institucional y comunitaria de poder fortalecer las iniciativas establecidas, sin que este apoyo pueda significar un financiamiento de los sistemas de monitoreo y de comunicación, pero sí un decidido soporte a la búsqueda de financiamiento en el ámbito local y nacional.

7. EL PAPEL DE LA RED DE MONITOREO LOCAL ⁴

La concepción, diseño y construcción de la Red de monitoreo local no puede ser única para las diferentes áreas en riesgo. Su construcción debe basarse en el tipo de amenaza de las zonas, en la organización municipal, comunitaria, los organismos locales existentes y hasta en la idiosincrasia y capacidades de las poblaciones.

El Sistema de Gestión de Riesgo como parte de los Sistemas de Alerta Temprana, es un sistema dinámico e integral por medio del cual un grupo humano toma conciencia del riesgo que enfrenta, lo analiza y lo entiende, considera las opciones y prioridades en términos de su reducción, considera los recursos disponibles para enfrentarlo, diseña las estrategias e instrumentos necesarios para afrontarlo, negocia su aplicación y toma la decisión de hacerlo. Finalmente se implementa la solución más apropiada en términos del contexto concreto en que se produce o se puede producir el riesgo.

En ese contexto, el Servicio Nacional de Estudios Territoriales, se encuentra en proceso de construcción y consolidación de una Red de Enlaces locales con el fin de establecer una comunicación permanente sobre el comportamiento de las amenazas, que le permita al SNET conocer mejor el comportamiento de los ríos y eventos con la retroalimentación de la población, y a la población, tomar mejores decisiones para su desarrollo local.

La Red de monitoreo local, es un concepto que abarca un número representativo de ciudadanos, líderes locales y comunales, instituciones descentralizadas gubernamentales (Unidades de Salud, escuelas), Policía Nacional Civil, Fuerza Naval, Destacamentos Militares, Municipalidades, ONG's que viven ya sea en zonas identificadas como de alto riesgo y/o habitan en las cuencas medias y altas de las zonas susceptibles a inundación y que asumen con responsabilidad la tarea del manejo integral de su riesgo y/o el apoyo en el monitoreo de las variables hidrometeorológicas respectivas, con el fin de apoyar al SNET en el monitoreo en campo.

⁴ Red de monitoreo local, SNET, Pagina web: <http://www.snet.gob.sv/Riesgo/promocion/red.htm>

Para la formación de la Red de monitoreo local, personal de los Servicios de Gestión de Riesgo, Hidrología y Meteorología del SNET, se desplazaron a las zonas con alto riesgo a inundaciones, ubicadas principalmente en las áreas bajas de los ríos Paz, Jiboa, Lempa, Grande de San Miguel y Goascorán, para identificar a los líderes comunales y habitantes con quienes se inició el proceso de organización con el fin de implementar la vigilancia local de los diferentes fenómenos de origen natural y su incidencia en los municipios. Este proceso está en implementación en otras cuencas del país (Cara Sucia).

Se establecieron los enlaces que permitiera iniciar un nivel de coordinación muy estrecho a través de capacitación y protocolos de comunicación a implementarse con cada lugar, en caso de generarse un evento extremo. Posteriormente, se realizaron una serie de talleres con el objetivo de explicar la forma de establecer una comunicación directa entre la población y los Comités de Emergencia Locales y el SNET en caso de generarse alertas.

Ahora se cuenta con un directorio de enlaces voluntarios en cada uno de los lugares visitados, con quienes se establece comunicación directa para el intercambio de información. Integran la Red hasta la fecha, aproximadamente 90 líderes entre mujeres y hombres de diferentes localidades del país. Las y los integrantes de la Red se han convertido en vigilantes de que en su caserío, comunidad o cantón, las condiciones socio-económicas permanezcan en equilibrio con su medio ambiente. Es decir, cada miembro de la Red de monitoreo local, asume el compromiso de transmitir al SNET cualquier información que modifique o altere las condiciones normales hidrológicas, meteorológicas, geológicas, vulcanológicas y sismológicas.

Así mismo, el SNET, transmite periódicamente, información sobre el monitoreo que se realiza a los fenómenos de origen natural en estas mismas áreas y hará del conocimiento de las autoridades locales y de los líderes comunales para tomar las decisiones respectivas.

Con la Red de monitoreo local se busca una mayor cobertura mediante una presencia física y activa en las zonas más alejadas y donde la comunicación a través de teléfono y/o radio se hace difícil. Acciones como estas, serán ampliadas y fortalecidas a través de la colaboración de los voluntarios que conforman la Red de monitoreo local, con quienes se pretende, a la vez, permanecer en constante comunicación y organización para:

- a) Fortalecer los niveles de gobiernos locales y comunitarios, dotándolos de la capacidad para analizar las condiciones de riesgo y diseñar, negociar e implementar soluciones con bases sólidas y a la vez flexibles y viables.
- b) Implementar procesos continuos de capacitación que incidan en la creación de riesgo y en la sensibilización y conciencia sobre el mismo: como por ejemplo pobladores, munícipes, ONGs, entre otros.

En la red de monitoreo local se distinguen varios tipos de actividades:

- a) En la cuenca alta los observadores: personas de las comunidades con un radio y un pluviómetro para el aviso de inicio de lluvias y cantidades

- b) En la cuenca baja los receptores de la información que la propagarán según el diseño de su red y sus medios de comunicación.
- c) Los observadores cercanos a estaciones de medición de nivel de río o de lluvia, que confirmarán los datos de nivel o de la ocurrencia de la lluvia.

8. EL PAPEL DE LOS MEDIOS DE COMUNICACION

En la experiencia que el SNET ha tenido a través de su monitoreo y sus Sistemas de Alerta Temprana, la capacidad y el impacto de los medios de comunicación de llegar a la población, es una herramienta a la que se le debe prestar mucha atención. Los comunicadores, como parte de la Red de monitoreo local, pueden ser un aliado o un obstáculo para el desarrollo de la capacitación a distancia de la población sobre los temas de Gestión de Riesgos y Alerta Temprana, por ello, parte de las actividades desarrolladas por el SNET ha sido capacitar a los comunicadores en los temas mencionados y mantener una relación directa en la emisión de boletines especiales, pronósticos y avisos. Si bien para alertas de corto plazo (dos a 10 horas), los medios escritos y la televisión no son los ideales, sí lo han sido para la comunicación de información específica tendiente a orientar y capacitar a la población. En el caso de las alertas de corto plazo, han sido determinantes las radioemisoras locales y nacionales, que pueden llegar a la población en riesgo en poco tiempo.

Es importante, que los medios de comunicación sean concientes acerca de las tareas de Gestión de Riesgos y emisión de alertas, ya que el el sensacionalismo tiende a estar presente y obviar su papel para la emisión de las alarmas, arribando solamente a las zonas de riesgo cuando el desastre ya se ha producido. Pero si los medios de comunicación son orientados y convencidos de la utilidad del apoyo que pueden dar a los Sistemas de Alerta, son un aliado muy importante en la Gestión de Riesgos Nacionales.

9. EL PAPEL DE LA ASISTENCIA INTERNACIONAL Y LOS ORGANISMOS REGIONALES

Generalmente, en los países en vías de desarrollo, el apoyo internacional que se ha tenido ha sido basada en el asistencialismo y en la solución temporal de la problemática del país, sin considerar, la mayoría de las veces, la capacidad de los países en darle sostenibilidad a los sistemas técnico-científicos instalados, a la capacidad técnica establecida y a la misma organización del país e idiosincrasia de los pueblos.

Por lo anterior, la Cooperación Internacional tiene que estar más orientada a apoyar en el desarrollo y fortalecimiento de las capacidades nacionales y locales en el desarrollo y fortalecimiento de las capacidades técnicas que le permitan, hacer sostenibles los sistemas técnico-científicos de monitoreo, análisis y comunicación. Adicionalmente, su papel a nivel de “tomadores de decisión” es muy importante, ya que hay que hacer notar que las redes donadas e instaladas, para que estén en funcionamiento deben ser mantenidas y procesadas por los Servicios Hidrometeorológicos Nacionales. Si bien esta información está en internet en los sitios de los donantes y entes y organismos internacionales, debe hacerse notar que son los países con sus capacidades

presupuestarias y científicas, quienes tienen el reto de mantener las redes en buen funcionamiento y operación.

Así mismo, los entes regionales e instituciones hidrometeorológicas de los demás países de la región, pueden potenciar sus capacidades a través de un intercambio de conocimientos y experiencias en forma horizontal. Esto cada día es más posible con el desarrollo de las comunicaciones y con el poder contar con mecanismos de comunicación y discusión virtuales, conexiones de información en sitios web y la internet.

El apoyo horizontal entre los diferentes Servicios Hidrometeorológicos y el establecimiento de mecanismos virtuales de monitoreo, permite potenciar las capacidades de los servicios que tienen oportunidad de desarrollar herramientas y compartirlas con los Servicios que no han desarrollado estas herramientas (software, capacitación, equipo, instrumental, mantenimiento, etc).

El decidido apoyo que entre los Servicios Hidrometeorológicos en lo regional se ha desarrollado, es el soporte de los análisis técnicos y monitoreo en el tiempo. Este es el caso del Sistema de Pronósticos y Monitoreo establecido en la Cuenca Trinacional del Río Lempa, o el apoyo e intercambio de experiencias y capacitaciones que se hacen entre los servicios hidrometeorológicos de la región y a través de los Foros Climáticos con el soporte de los organismos regionales como SICA, CRRH, CCAD y CEPREDENAC.

10. FINANCIAMIENTO Y SOSTENIBILIDAD DE LOS SISTEMAS.

Después de una discusión sobre el diseño y desarrollo técnico-científico y social de los Sistemas de Alerta Temprana, los países en vías de desarrollo afrontamos la necesidad de soportar y dar sostenibilidad al monitoreo e investigación hidrometeorológica, en el tiempo. Lo anterior consume fondos y requerimientos que muchas veces no son sostenibles por los presupuestos del Gobierno Central. Ante necesidades sociales como Salud y Educación, el monitoreo hidrometeorológico, la Gestión de Riesgos y la investigación científica, puede no ser una prioridad en los países. Ha ocurrido en décadas pasadas, que los bien montados sistemas de observación e investigación, el personal altamente calificado y las capacidades instaladas en las instituciones gubernamentales, se han perdido debido a la falta de fondos para el mantenimiento de los mismos. Sin embargo, estos sistemas vienen a ser importantes cuando un fenómeno ha impactado, generando cuantiosos daños y pérdidas, ya que un monitoreo y vigilancia previa, pudo haber reducido considerablemente las pérdidas, especialmente las humanas.

Posiblemente, una de las opciones de financiamiento de los sistemas de monitoreo y análisis hidrometeorológicos con fines de alertamiento por inundaciones, estriba en los servicios paralelos que la información generada y las capacidades instaladas puedan dar para el desarrollo de las actividades económicas y de aseguramiento de las inversiones que se requieran en el país.

Por ejemplo, para las empresas de generación hidroeléctrica, el contar con pronósticos a corto y mediano plazo, le permite planificar de una mejor manera la oferta hídrica y hacer un manejo más

eficiente de sus embalses. También las pérdidas que se pueden ocasionar por descargas tardías ante incrementos en las precipitaciones, pueden generarle gastos que con un mejor sistema de monitoreo pueda minimizar.

Así mismo, el desarrollo de actividades productivas como puertos, sistemas de riego, desarrollo de zonas industriales, turismo, y el manejo en sí mismo del agua para los diferentes usos, generan una demanda de información hidrológica que pueda ser suplida por los servicios hidrometeorológicos del país.

El desarrollo de estudios de balances hídricos, escenarios climáticos, escenarios de disponibilidad hídrica, información para la construcción de puentes, carretera, sistemas de riego, aviación civil, etc., con información adecuada y de alta calidad, puede contribuir a asegurar las inversiones económicas del país y privadas. Por tanto, la venta de este tipo de servicios y la recuperación parcial de costos, puede apoyar a financiar el mantenimiento de las redes de monitoreo, de comunicación y de alerta temprana que tienen un fin mas social.

Por otro lado, las comunidades y municipalidades, la búsqueda de soporte y financiamiento local, puede disminuir la carga del mantenimiento de redes de observación y comunicación a la institución central. Esta carga distribuida entre los usuarios y las redes sociales, puede ser más manejable a mediano plazo, que una carga económica centralizada en una institución del Estado.

11. CONCLUSIONES

- a) Un Sistema de Alerta Temprana y de Monitoreo Hidrometeorológico para inundaciones, es más que una red de instrumentos de observación hidrometeorológicas y una red de comunicaciones. Un SAT, en su desarrollo completo, debe ser un Sistema con un soporte técnico científico de conocimiento de comportamiento de ríos y cuencas, de evolución de vulnerabilidades, de mapeo de áreas de inundación, de soporte nacional y regional en el monitoreo de las amenazas, del desarrollo de una Red de monitoreo local involucrada en el monitoreo de las condiciones locales, y en la retroalimentación de los efectos que pueda tener la amenaza en su entorno.
- b) El éxito de un diseño de Sistema de Alerta Temprana para inundaciones, estriba en la participación compartida en forma adecuada de las responsabilidades de monitoreo, investigación, alerta, comunicación y financiamiento de los mismos, en los cuales el involucramiento de todos los componentes de la sociedad en los niveles locales, nacionales, regionales e internacionales juega un papel importante que potencia las capacidades individuales.
- c) Los Sistemas de Alerta Temprana deben integrarse a los procesos de desarrollo locales, para poder ser sostenibles en las comunidades que viven el riesgo continuamente.⁵

⁵ El SNET estará preparando un Documento Conceptual sobre los Sistemas de Alerta y los Procesos de Desarrollo Locales, en el cual se profundizará en los temas apuntados en este documento sobre el tema Red de monitoreo local de Monitoreo.

- d) El decidido soporte y apoyo de la Cooperación Internacional, debe ser aprovechado al máximo para construir las capacidades locales y darle continuidad a los sistemas, de tal manera que no esperemos un nuevo evento que ocasione desastres, para volver a levantar capacidades con el apoyo internacional.
- e) El soporte horizontal, intercambio de experiencias y compartimiento de capacidades de los entes de monitoreo y análisis científico, potencia e incrementa las capacidades individuales.
- f) El financiamiento y sostenibilidad de los Sistemas de Alerta Temprana, puede estar basado en el desarrollo de productos y actividades paralelos, por ejemplo, el conocimiento de la disponibilidad hídrica, de sus usos para actividades productivas y de desarrollo.

DISEÑO DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA POR INUNDACIONES

PARTE EXTERNA DEL SISTEMA – SOPORTE PARA SNET

- Cooperación y Asistencia Técnica y Financiera Internacional (USAID, IADB, NOAA, USGS, OMM)
- Sostenibilidad Financiera (Venta de Servicios a través del Fondo de Actividades Especiales, CEL, Presupuesto General)
- Cooperación Técnica Horizontal, Monitoreo e Intercambio de Experiencias (Servicios Hidrometeorológicos de Centro América, Organismos Regionales como CRRH, SICA, CCAD, CEPREDENAC)
- Apoyo Local y Nacional en monitoreo (Red de monitoreo local, CEL, ONG's, MSPAS, MAG, PNC, Fuerza Naval, Destacamentos Militares, Comités de Emergencia Local y Departamental)

MONITOREO E INSTRUMENTACION (SNET)

- Estaciones Hidrometeorológicas en Tiempo Real
- Centro de Pronóstico Hidrológico y Modelo de Pronóstico de Ríos.
- Pronóstico Meteorológico
- Monitoreo y Mantenimiento continuo de la red de estaciones
- Análisis Hidrológicos e Hidráulicos, Umbrales, Tiempos de Tránsito, Correlación de Niveles, Mapas de Inundación)
- Procedimientos de Operación y Emergencia, Protocolos de Comunicación

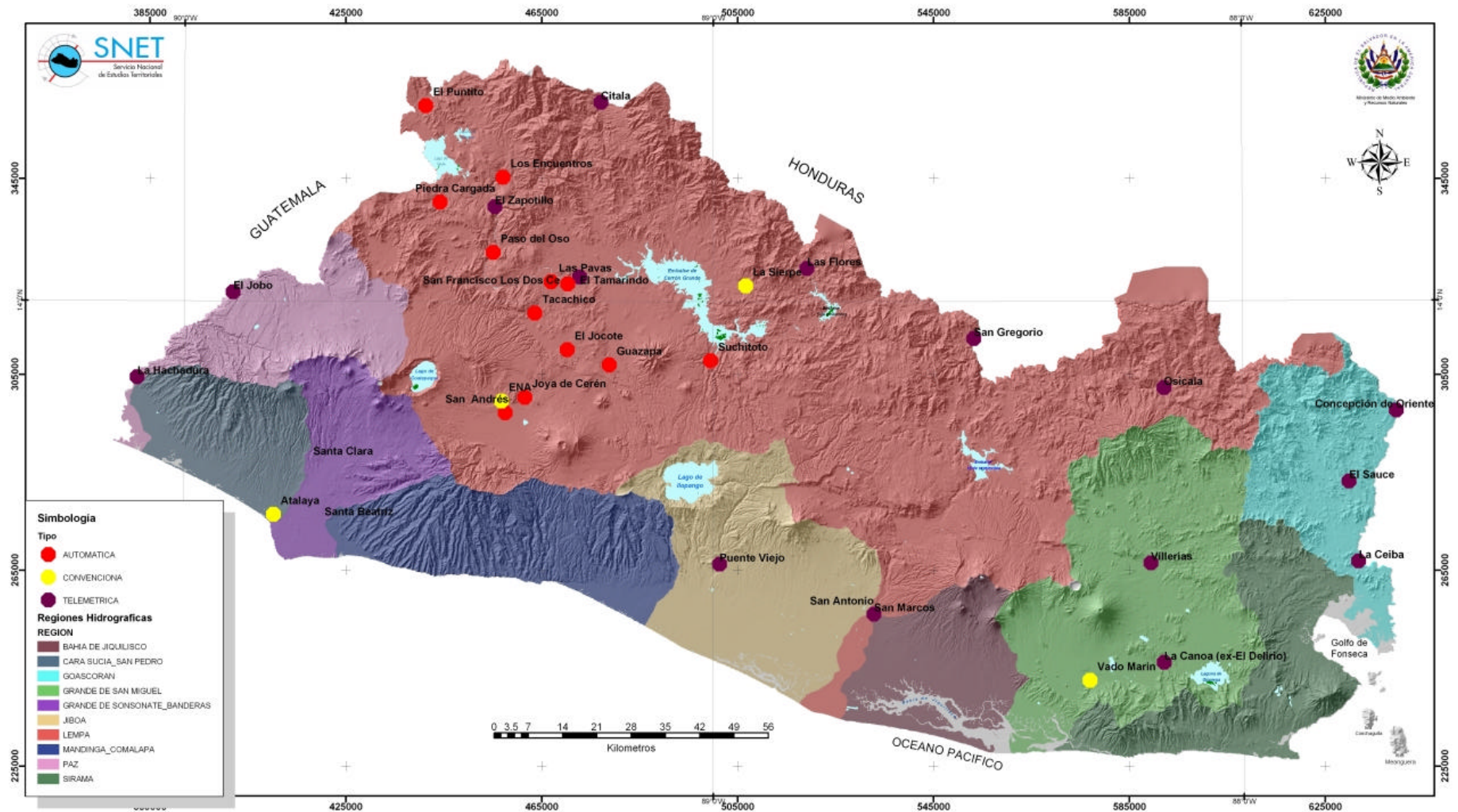
CAPACITACION Y COMUNICACION

- Servicio de Gestión de Riesgos de SNET
- Área de Comunicaciones de SNET
- Centro de Pronóstico Hidrológico
- Radios Nacionales y Locales
- Medios de Comunicación Social

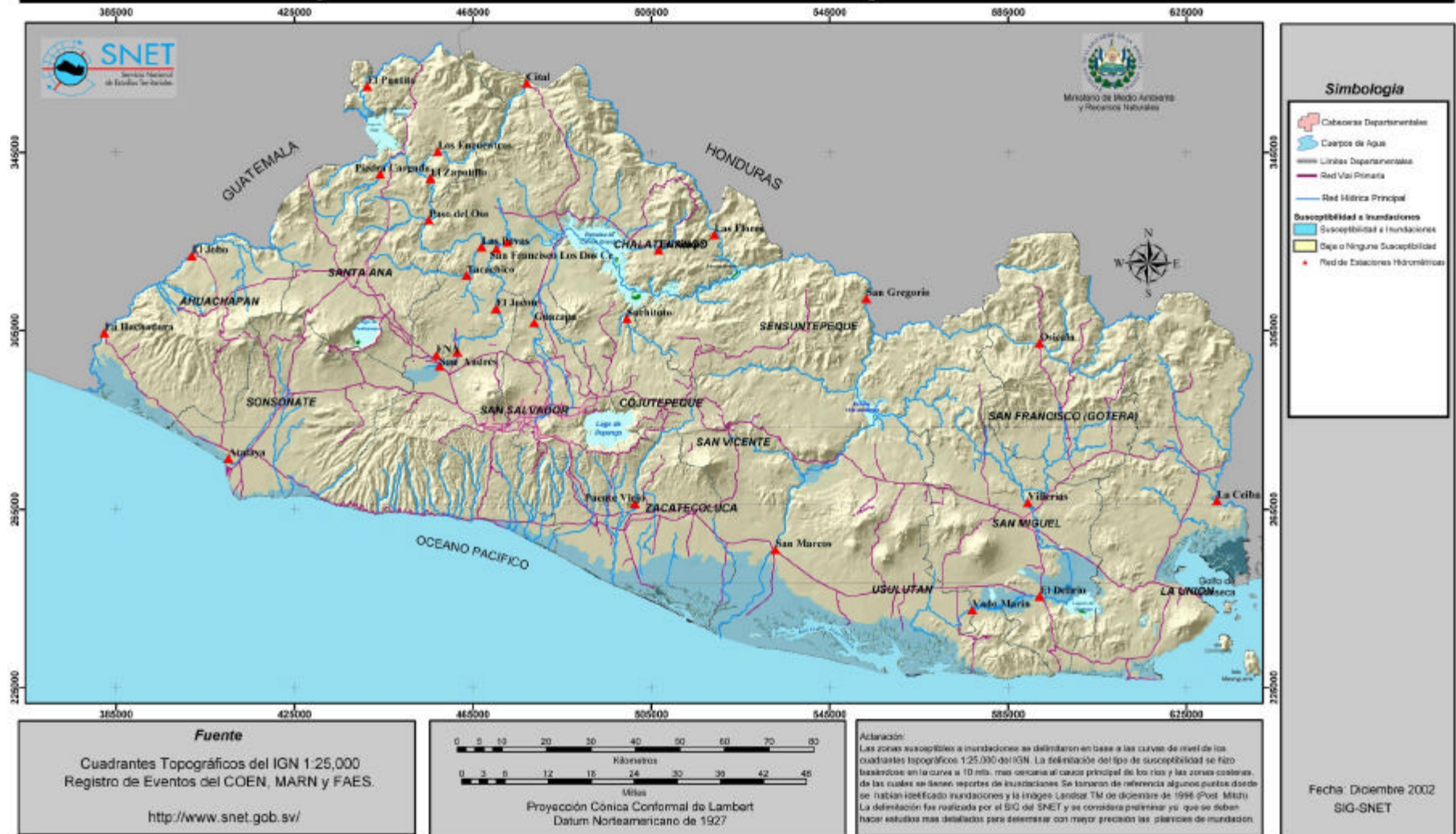
RED DE MONITOREO LOCAL

- Comités de Emergencia Locales, departamentales y nacionales
- Media (TV, radio)
- ONG's locales
- Comunidades
- Unidades de Salud
- Municipalidades
- Policía Nacional Civil
- Fuerza Armada
- Destacamentos Militares
- Fuerza Naval

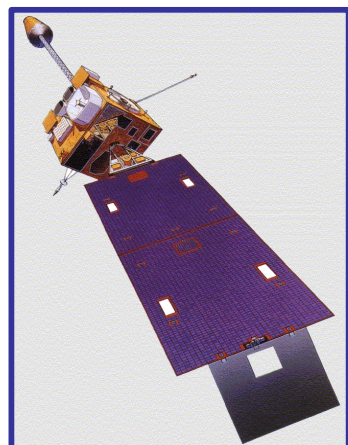
Red de Estaciones Hidrológicas



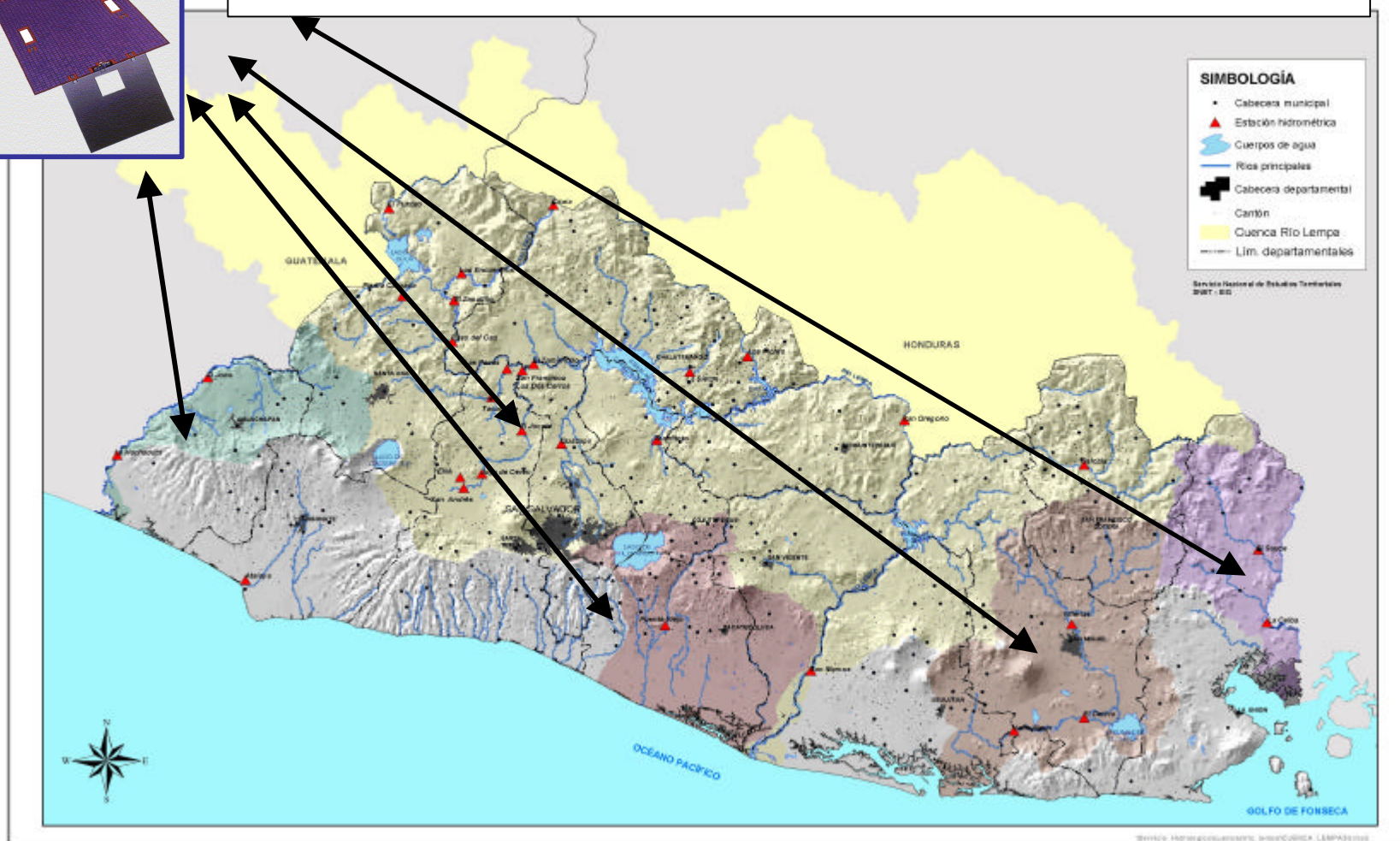
Mapa Preliminar de Areas con Susceptibilidad a Inundaciones



Mapa No. 2



SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA PARA INUNDACIONES - SNET



Mapa No. 3



Figura No. 4