

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA ALERTA TEMPRANA
EN SALUD, CASO: FIEBRES NO DIFERENCIADAS EN BUCARAMANGA**

Ing. LUIS EDUARDO GUERRA GONZÁLEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
BUCARAMANGA
2016**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA ALERTA TEMPRANA
EN SALUD, CASO: FIEBRES NO DIFERENCIADAS EN BUCARAMANGA**

Ing. LUIS EDUARDO GUERRA GONZÁLEZ

**Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar por el
título de
Magíster en Ingeniería de Sistemas e Informática**

**Director:
Hugo Hernando Andrade Sosa,
Ingeniero de Sistemas, M.Sc**

**Codirector:
Gerardo Muñoz Mantilla,
Bacteriólogo y Laboratorista Clínico, Ph.D**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
BUCARAMANGA
2016**

DEDICATORIA

*Agradecido con quiero dedicar este trabajo a:
Mi madre, quien me ha dado la vida, amor, apoyo, paciencia, y sin
quien esto no habría sido posible;
A algunos de mis familiares, quienes en la distancia me han brindado
su apoyo y su cariño, a mis guías el profesor Hugo, al profesor Gerardo,
Y a mis amigos más cercanos con quienes he compartido y me han
apoyado en todo momento.*

A todos, Gracias Totales.

Eduardo

AGRADECIMIENTOS

Al Profesor Hugo Hernando Andrade Sosa, por su guía, sus consejos, su confianza y por su trabajo de dirección en este trabajo de investigación, consejos que no solo aportaron en la formación profesional, sino también en la formación personal.

Al profesor Gerardo Muñoz Mantilla, por la oportunidad recibida al incluirme como estudiante en su proyecto de investigación, por las enseñanzas recibidas durante el transcurso del trabajo, por su guía y apoyo.

Al ingeniero Giovanni López, un amigo, que aportó de su experiencia y ayuda para la realización de este trabajo de investigación.

A La Universidad Industrial de Santander y a la Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática, por la formación y el apoyo recibido tanto en pregrado como en posgrado.

Al grupo SIMON de Investigación y sus integrantes por acogerme como integrante del mismo, brindarnos los recursos para el desarrollo del trabajo de investigación.

TABLA DE CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN	13
1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	15
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	15
1.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	16
1.3. OBJETIVOS.....	17
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	17
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
2. REVISIÓN DE LA LITERATURA	18
2.1. SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA BASADOS EN COMUNIDAD.....	19
2.1.1. SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA EN EL ÁREA DE SALUD	23
2.2. PROVISIÓN DE INFORMACIÓN, VIGILANCIA EN SALUD PÚBLICA, SISTEMAS DE VIGILANCIA.....	26
2.3. ALGUNAS CONCLUSIONES DE LA REVISIÓN DE LA LITERATURA ...	31
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	32
3.1. PENSAMIENTO SISTÉMICO	32
3.1.1. NOCIÓN DE SISTEMA	33
3.2. UNA TEORÍA SISTÉMICO-INTERPRETATIVA DE LAS ORGANIZACIONES	34
3.2.1. MODELO BÁSICO DE UNA ORGANIZACIÓN	34
3.3. LA METODOLOGÍA DE SISTEMAS BLANDOS.....	36
3.3.1. LA MSB EN ACCIÓN EN EL CAMPO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN	37
3.4. ARQUITECTURA DE SOFTWARE	39
3.4.1. DEFINIENDO ARQUITECTURA DE SOFTWARE.....	40
3.4.2. IMPORTANCIA DE LA ARQUITECTURA DE SOFTWARE.....	41
3.4.3. ESTRUCTURAS ARQUITECTURALES Y VISTAS	43
4. ORGANIZACIÓN SOCIAL DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA	45
4.1. EXPLORACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DE SALUD PÚBLICA	45
4.2. MARCO CONCEPTUAL EN BUSCA DE UNA CONCEPCIÓN ORGANIZACIONAL.....	48

4.3.	EXPLORACIÓN DE ELEMENTOS ORGANIZACIONALES GUIADA POR LA METODOLOGÍA DE SISTEMAS BLANDOS.....	51
4.4.	MODELO FORMAL BÁSICO DE LA ORGANIZACIÓN.....	58
5.	SOSTENIBILIDAD DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA	62
6.	FUNDAMENTOS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA ALERTA TEMPRANA	66
7.	DISEÑO A ALTO NIVEL DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA EL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA	73
7.1.	DISEÑO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN ORIENTADO POR LA MSB 73	
7.2.	IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE REQUISITOS DE ARQUITECTURA.....	74
7.3.	SOLUCION ARQUITECTÓNICA	75
7.3.1.	DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES ARQUITECTÓNICOS....	77
7.3.2.	ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS	84
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	85
8.1.	CONCLUSIONES	85
8.2.	RECOMENDACIONES.....	86
	BIBLIOGRAFÍA.....	87

LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1: Cuatro elementos principales de los sistemas de alerta temprana centrados en la población	21
Figura 2: Progresión de tipos de información que pueden ser usados para indicar un brote inminente de una enfermedad	24
Figura 3: Esquema de un concepto de "organización de actividades humanas" ..	35
Figura 4: Representación icónica del ciclo de aprendizaje de la MSB.....	36
Figura 5: Relaciones entre dato, capta, información y conocimiento	38
Figura 6: Dos sistemas relacionados, implicados en el concepto de 'un sistema de información'.....	39
Figura 7: Ciclo de Arquitectura de Negocio	42
Figura 8: Proceso transmisión enfermedad de Chagas	46
Figura 9: Versión organizada del primer esquema producto de reuniones con el director de la investigación principal	47
Figura 10: Fuentes teórico-conceptuales para construir un modelo de la organización del SAT	51
Figura 11: Modelo de Actividades Humanas genérico inicial del concepto "organización del SAT"	54
Figura 12: Modelo de actividades humanas complementado del concepto "organización del SAT"	57
Figura 13: Modelo formal básico de la organización del SAT	61
Figura 14: Proceso operativo de la organización del SAT	68
Figura 15: Soporte de la organización del SAT. Relación entre TI, SI y actividad de la organización,	74
Figura 16: Ciclos de Influencia en la arquitectura del Sistema de Información para la alerta temprana	75
Figura 17: Patrón de arquitectura de cuatro capas	76
Figura 18: Capa de Base de Datos	77
Figura 19: Capa de dominio.....	79
Figura 20: Capa de servicios	80
Figura 21: Capa de presentación	81
Figura 22: Arquitectura del Sistema de información del SAT	83

LISTA DE ANEXOS

Anexo A: Uso de la Metodología de Sistemas Blandos en la exploración de elementos organizacionales

Anexo B: Diseño a alto nivel del Sistema de Información para la alerta temprana

Anexo C: Documentos producto del trabajo de investigación

RESUMEN

TÍTULO

DISEÑO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA ALERTA TEMPRANA EN SALUD, CASO: FIEBRES NO DIFERENCIADAS EN BUCARAMANGA*

AUTOR

Ing. Luis Eduardo Guerra González **

PALABRAS CLAVE

Sistemas de información, Sistemas de Alerta Temprana, Salud Pública, Fiebres no diferenciadas, Organización, Arquitectura de Software.

DESCRIPCIÓN

El grupo SIMON de investigación adscrito a la escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática (EISI) de la Universidad Industrial de Santander (UIS) en sus labores de investigación, promueve la aplicación del pensamiento sistémico en sus diversas líneas de investigación. Este trabajo de investigación, de enfoque sistémico, ha sido desarrollado en el marco de un proyecto de investigación financiado por Colciencias que aborda una problemática de Salud pública, causada por la enfermedad de Chagas y que está presente en la ciudad de Bucaramanga. El objetivo del proyecto de investigación es la implementación de un Sistema de Alerta Temprana (SAT) para Chagas Agudo en la ciudad de Bucaramanga.

El trabajo de investigación propone el diseño de un sistema de información, a través de la arquitectura de software del mismo, que soporta las actividades de una organización social compuesta por la comunidad que es susceptible de problemáticas de salud pública (como la enfermedad de Chagas o el Dengue entre otras) y por entidades de salud y ambiente que realizarían actividades para atender estas problemáticas. El trabajo se enfoca en las fiebres, que en muchos casos no son diagnosticadas correctamente (no son diferenciadas) ya que es el primer indicio de muchas de las enfermedades infecciosas que afectan a la comunidad.

El diseño del sistema de información se propone a partir de la conceptualización de la organización del SAT, esta conceptualización se realizó mediante la exploración de los elementos ya existentes y nuevos que conformarían la organización con la ayuda de la Metodología de Sistemas Blandos. A través de la exploración organizacional, la revisión de la literatura y otras actividades de la investigación se proponen fundamentos que pueden ser usados para el diseño de un sistema de alerta temprana y también se identifican elementos que son base para la sostenibilidad del SAT.

* Trabajo de Investigación

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática.
Director Ing. Hugo Hernando Andrade Sosa, M.Sc. Codirector Gerardo Muñoz Mantilla, Ph.D

ABSTRACT

TITLE

DESIGN OF AN INFORMATION SYSTEM FOR EARLY WARNING IN HEALTH, CASE: UNSPECIFIED FEVERS IN BUCARAMANGA*

AUTHOR

Luis Eduardo Guerra González**

KEYWORDS

Information Systems, Early Warning Systems, Public Health, Organization, Software Architecture, Unspecified Fever

DESCRIPTION

SIMON research group affiliated to the school of systems engineering and Informatics (EISI) of the Universidad Industrial of Santander (UIS) in their research work, promotes the application of systems thinking in its various lines of research. This work of research, systemic approach, developed within the framework of a research project funded by Colciencias, which deals with a problem of public health, caused by Chagas disease and is present in the city of Bucaramanga. The aim of the research project is the implementation of a system of early warning (EWS) for acute Chagas in the city of Bucaramanga.

This work proposes the design of an information system, through software architecture, which supports the activities of a social organization composed by the community that is susceptible to problems of public health (such as the Chagas disease or Dengue among others) and by institutions of health and environment that would make activities to address these issues. The work focuses on fevers, which in many cases are not diagnosed correctly (are not differentiated) is the first sign of many infectious diseases that affect the community.

The design of the information system is proposed from the conceptualization of the Organization of the EWS, this conceptualization was carried out through the exploration of existing and the new elements that formed the organization with the help of Soft Systems Methodology. Through organizational examination, review of the literature and other research activities, principles are proposed that can be used for the design of an early warning system and also identifies items which are basis for the sustainability of the EWS

* Research work

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática.
Director Ing. Hugo Hernando Andrade Sosa. M.Sc. Codirector Gerardo Muñoz Mantilla, Ph.D

INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Bucaramanga, Santander, Colombia, la aparición de microepidemias de la enfermedad de Chagas, de transmisión oral, constituye un problema de salud pública que motivó la realización de un proyecto de investigación denominado “*Determinación de zonas de riesgo de transmisión de Trypanosoma Cruzi vía oral e implementación de un sistema de alerta temprana para Chagas agudo en Bucaramanga*”. El proyecto, de carácter multidisciplinario, fue financiado por Colciencias¹ y llevado a cabo por la Universidad Industrial de Santander (UIS), al interior del grupo SIMON de Investigación y liderado por el profesor Gerardo Muñoz Mantilla Ph.D, adscrito a la Escuela de Medicina de la UIS. El propósito del proyecto fue identificar la circulación del parásito causante de la enfermedad de Chagas entre los animales domésticos, los mamíferos que habitan en la cercanía, los triatomos y los humanos, con el fin de crear nuevas formas de control que involucren a la comunidad; y la implementación de un sistema de alerta temprana basado en la participación de la comunidad que genere acciones desde los sectores salud y ambiente.

La enfermedad de Chagas, es causada por el parásito llamado *Trypanosoma cruzi*. Este parásito es transmitido por una familia de insectos hematófagos denominados Triatomos. El parásito se transmite a los humanos de diversas formas, entre las cuales se encuentra; la picadura del insecto, (el cual abre una herida para alimentarse y después evacua, dejando sus heces contaminadas con el parásito sobre la herida), transfusiones de sangre contaminada, accidentes de laboratorio, de madre a feto y la transmisión vía oral, la cual sucede cuando se ingieren alimentos contaminados por el parásito. La forma de transmisión vía oral, objeto de investigación del proyecto, sucede cuando los insectos, atraídos por los alimentos, caen sobre ellos y defecan, dejando el parásito en los alimentos, esto se torna común debido a que la zona donde vive la población afectada está rodeada por bosques que contienen tanto al insecto, como animales que sirven de reservorio del parásito que genera la enfermedad.

El grupo SIMON (adscrito a la Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática de la UIS), a cargo del proyecto, realizó labores de carácter educativo en tres instituciones educativas piloto ubicadas en zonas de Bucaramanga expuestas a bosque circundante. Adicionalmente, el grupo aporta diversos trabajos relacionados

¹ Entidad en Colombia que promueve la Ciencia, Tecnología e Innovación, más información en <http://www.colciencias.gov.co>

a nivel de pregrado en Ingeniería de Sistemas y el presente trabajo de investigación a nivel de Maestría (Maestría en Ingeniería de Sistemas e Informática, UIS).

Uno de los objetivos generales del proyecto es Implementar un sistema de alerta temprana para la enfermedad de Chagas agudo, basado en la información de las características del ciclo, la participación comunitaria y la acción del sector salud/ambiente; Al cumplimiento de este objetivo está orientado el presente trabajo de Maestría. En el contexto de este trabajo de investigación, en adelante se denominará *macro-proyecto* al proyecto de investigación financiado por Colciencias.

Este trabajo se planteó bajo la idea que el sistema de alerta temprana se puede implementar pensando en el mismo como un sistema compuesto por una organización social conformada por actores que intervienen en la situación, tales como la comunidad, entidades de salud, entidad de ambiente entre otros. Sobre dicha organización social se puede poner a disposición un sistema de información que soporte las actividades de la misma. Esto da lugar a dos sistemas relacionados que guían el desarrollo del trabajo de investigación; un sistema servido, el cual es la organización social y un sistema que sirve, el sistema de información².

A partir de esta idea se realizó la concepción de la organización social partiendo de una teoría formal de concepción de organizaciones la cual, junto con otros elementos como la revisión de la literatura y el uso de una metodología para estudio organizacional, fueron la base para identificar fundamentos que permitieron la propuesta de la organización social del SAT y el diseño del sistema de información. Particularmente se planteó y estableció que el diseño del sistema de información fuera enfocado en las fiebres no especificadas³ debido a que son un fenómeno recurrente que esconde casos de enfermedades como la enfermedad de Chagas, Dengue, entre otras, permitiendo así a la organización y al sistema de información la opción de abordar otras problemáticas. Se examinaron y consideraron elementos que fundamentan la sostenibilidad del sistema de alerta temprana a largo plazo, a través de mecanismos de información, comunicación y educación en la comunidad y las entidades salud/ambiente. Finalmente, tras la concepción de la organización y la identificación de fundamentos para el diseño del Sistema de Información, se propone un diseño de alto nivel del sistema de información para la alerta temprana que soporte a la organización, (a través de la arquitectura de software del mismo).

² Este concepto, propuesto por Peter Checkland, se detallará más adelante.

³ Diagnóstico de un paciente cuando no se busca detenidamente o no se encuentra la causa que produce una fiebre.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Este capítulo ofrece una breve descripción del problema de investigación, la pregunta de investigación y los objetivos planteados tal y se encuentran en la propuesta del trabajo de investigación.

1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La propagación de enfermedades infecciosas como Chagas, dengue, malaria entre otras, constituye un problema de salud pública que requiere de la atención de los gobiernos, entidades de salud, comunidad y organizaciones pertinentes; se calcula que la enfermedad de Chagas, principalmente en América Latina, de donde la enfermedad es endémica, unos 10 millones de personas están infectadas con *Trypanosoma Cruzi* (World Health Organization, 2012). En Bucaramanga (Santander, Colombia) este problema lo evidenció la aparición de tres microepidemias de Chagas de transmisión oral con alta mortalidad, en zonas densamente pobladas rodeadas de bosques de reforestación. En estas zonas el riesgo persiste debido a la presencia del vector en los bosques aledaños y de animales que sirven como reservorios del parásito causante de la enfermedad. “Una estrategia holística para la prevención y control requeriría: i) desarrollar sistemas de alerta temprana basados en la vigilancia de la comunidad y reforzados periódicamente desde el sector salud y ambiente, ii) concentrar y mantener esfuerzos en sitios más expuestos de la ciudad y iii) dar prioridad en las estrategias de comunicación y educación del conocimiento producido en la investigación local sobre ciclos vitales del parásito” (Muñoz Mantilla, Determinación de zonas de riesgo de transmisión de *Trypanosoma cruzi* vía oral e implementación de un sistema de alerta temprano para chagas agudo en Bucaramanga, 2011).

A raíz de esta problemática surge el proyecto de investigación financiado por Colciencias, al cual está asociado este trabajo de investigación de maestría, como una alternativa al estudio de la situación problemática de salud pública con la enfermedad de Chagas en Bucaramanga. El proyecto tiene como objetivo principal la implementación de un sistema de alerta temprana (SAT), basado en la participación de la comunidad y reforzado periódicamente desde el sector salud y el sector ambiente. Este sistema, que estaría constituido por las personas de la comunidad, las entidades interventoras como el sector salud y las acciones que

estas realizan, requiere de un sistema de comunicación que posibilite el registro de datos y la interacción entre la comunidad y las entidades encargadas de orientar las acciones de intervención pertinentes. Para aportar al cumplimiento del objetivo del macro-proyecto y generación de conocimiento útil para zonas con el mismo problema, el presente trabajo de investigación de Maestría se centra en proponer el diseño un sistema de información que sirva al sistema de alerta temprana. Por lo anterior fue necesario identificar los elementos en los cuales se pueda fundar dicho diseño en vista de las necesidades que plantea el sistema de alerta temprana, la comunidad y los sectores salud y ambiente.

La enfermedad de Chagas, recién adquirida (llamada fase aguda), tiene como principal síntoma la fiebre, al igual que otras enfermedades como el dengue. Un problema que se ha identificado en la labor del diagnóstico de Chagas y otras enfermedades que cursan fiebres, es que el médico en muchas ocasiones evita realizar el diagnóstico completo, y reporta como diagnóstico “fiebre no especificada” y formula medicamento para la fiebre, hecho que puede estar ocultando casos de la enfermedad de Chagas, así como otras patologías. Esta situación es la razón para la vigilancia de casos de fiebre, los cuales puedan ser indicios de brotes tanto de Chagas como de otras enfermedades conocidas y por lo cual el presente trabajo de investigación aborda el tema de las fiebres no especificadas.

1.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

A partir del anterior contexto problémico, surge la necesidad de contestar la siguiente pregunta para esta investigación:

¿Cuáles son los fundamentos que pueden orientar el diseño, la implementación y la sostenibilidad de un sistema de información para el sistema de alerta temprana de enfermedades infecciosas, centrado en la comunidad; específicamente el sistema de información para la alerta temprana de fiebres no especificadas en comunidades de la ciudad de Bucaramanga?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de información para la alerta temprana de enfermedades infecciosas, basado en la participación comunitaria y la acción del sector salud/ambiente, para la alerta temprana de fiebres no especificadas en comunidades de Bucaramanga.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar fundamentos para el diseño de sistemas de información para la alerta temprana de enfermedades infecciosas, que contemplen las características de:
 - Individuos y grupos de la comunidad en relación con la propagación de una epidemia.
 - La distribución geográfica de los grupos de la comunidad y las organizaciones interventoras.
 - La información pertinente y sus fuentes, que permitan establecer las posibles alertas de aparición de brotes de enfermedades.
 - Los recursos tecnológicos pertinentes y viables económica y socialmente.

- Identificar elementos que fundamenten la sostenibilidad a largo plazo del sistema de información para alerta temprana, que contemplen mecanismos de información, educación y comunicación en los miembros de la comunidad y el sector salud/ambiente.

- Orientar el desarrollo y la evaluación de un prototipo de sistema de información para la alerta temprana de enfermedades infecciosas, mediante la codirección de dos trabajos de pregrado.

- Formular el diseño arquitectónico del sistema de información, teniendo como base los fundamentos identificados, para el caso específico de enfermedades que se manifiestan por fiebres en comunidades de Bucaramanga.

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

El objetivo de este capítulo es presentar la revisión de la literatura realizada en los aspectos relacionados a los sistemas de alerta temprana, aspectos que aportaron elementos para el desarrollo de este trabajo de investigación. De acuerdo al concepto de sistema de información tomado como base en este trabajo de investigación (Sistema servido, sistema que sirve, ver sección 3.3.1), la revisión de la literatura se realizó y se presenta de la siguiente forma:

Primero se presentan los aspectos relacionados al sistema servido, en este caso aspectos organizacionales de los Sistemas de Alerta Temprana. Además de los elementos generales comunes a toda organización, se buscó identificar características de los sistemas de alerta temprana, en particular los centrados en la comunidad, para ser tomados en cuenta en la propuesta de modelo de organización y en el diseño del sistema de información. Comprende la revisión de sistemas de alerta temprana centrados en la población y en sistemas de alerta temprana en el área de salud.

Seguidamente se presentan los aspectos relacionados al sistema que sirve, en este caso sistemas de información que sirven en la alerta temprana de desastres tanto generales como en el área de Salud. Se busca identificar características que puedan ser tomadas en cuenta para el diseño del sistema de información. En la literatura al respecto de sistemas que realicen esta función en salud pública existen diversos enfoques y nombres, sin embargo pueden ser denominados sistemas de información ya que cumplen con la función la provisión y uso de información para apoyar determinado objetivo o conjunto de objetivos. En este apartado se presenta el enfoque de vigilancia en salud pública y en particular la vigilancia sindrómica, que por definición es la vigilancia que se realiza a los síntomas que pueda presentar una población, teniendo en cuenta que en el presente trabajo de investigación, el diseño del sistema se enfoca en las fiebres no especificadas.

2.1. SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA BASADOS EN COMUNIDAD

“No hay Sistema de Alerta Temprana perfecto, excepto en el papel, en los planes gubernamentales, o en una presentación de PowerPoint.”

Dr. Michael Glantz, University of Colorado Boulder

La existencia del ser humano siempre ha estado acompañada de múltiples peligros de diversas fuentes, tanto aquellos que afectan a un ser humano en forma individual como aquellos que afectan a toda una población y al ambiente que los rodea. En un tiempo en que el cambio climático es una realidad y que es causa de daños ambientales y sociales en regiones ya vulnerables, el mundo debe realizar esfuerzos para adaptarse a lo inevitable. El mundo afronta un creciente número de desastres severos y cada vez más frecuentes para los cuales se deben adoptar estrategias para responder a los diversos peligros.

Los diversos tipos de peligros se pueden clasificar de acuerdo a si son amenazas de “rápida/inesperada aparición” o amenazas de “aparición lenta y progresiva” (United Nations Environment Programme, 2012, pág. 1):

1. Rápida/inesperada aparición:

Estos incluyen peligros como: Derrames de petróleo accidentales, fallas de plantas nucleares, accidentes de plantas químicas (Escape de químicos en el aire o en cuerpos de agua), amenazas geológicas y peligros hidro-meteorológicos.

2. Aparición lenta y progresiva:

Cambios ambientales incrementales pero a largo plazo y acumulativos que usualmente reciben poca atención en sus fases iniciales pero que con el tiempo pueden causar crisis serias. Se incluyen peligros como el deterioro de la calidad del aire o del agua, contaminación del suelo, lluvia ácida, cambios de clima, procesos de desertificación, deforestación, cuestiones de salud y ambiente (enfermedades infecciosas emergentes o re-emergentes) entre otros.

Una estrategia para afrontar estas amenazas son los sistemas de alerta temprana; “Si un sistema de alerta temprana hubiera existido en el lugar cuando el tsunami del 26 de Diciembre de 2004 impactó en la región del océano Índico, miles de vidas pudieron haberse salvado⁴” (United Nations, 2006, pág. V). Los sistemas de alerta temprana efectivos no solo salvan vidas, también ayudan a proteger el ambiente y recursos. En los últimos años, las muertes por desastres han declinado, en parte gracias al rol de los sistemas de alerta temprana y los sistemas de preparación y de respuesta asociados (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), 2004, pág. 38).

La ISDR⁵ define la alerta temprana como “la provisión efectiva y a tiempo de información, a través de instituciones identificadas, que permite a los individuos expuestos a diversos peligros tomar acciones para evitar o reducir los riesgos y prepararse para una respuesta efectiva” (UN/ISDR, 2006).

Existen muchas definiciones de Sistema de Alerta Temprana; no existe un consenso sobre el significado de los términos “Sistema”, “Alerta” o “Temprana”, diferentes sectores de la sociedad necesitan diferentes tiempos para responder. Lo que puede ser “temprano” para algunas poblaciones, es insuficiente para otras. “Alerta” puede ser un amplio rango de perspectivas a alertas específicas, se ha dicho que las tendencias históricas son una forma de alerta, otros reclaman que las alertas deben dar proyecciones futuras. Un “sistema” puede estar compuesto de sub-sistemas que incluyen mecanismos para previsión, transmisión y recepción. Muchas sociedades confían en sistemas de “conocimiento local” informal. Un sistema de alerta temprana puede servir para educar, para reducir daño a la infraestructura y costos económicos, o para salvar vidas (United Nations Environment Programme, 2012). Entonces, la definición de un sistema de alerta temprana debe ser “suficientemente amplia para permitir un amplio rango de interpretaciones y suficientemente flexible para acomodarse en tiempo y espacio al reconocimiento social de nuevos peligros y el desarrollo de nuevas tecnologías para los sistemas de alerta temprana.” (Glantz, 2004)

Los sistemas de monitoreo y servicio de alerta son los más reconocidos en integrar un sistema de alerta temprana, sin embargo la experiencia ha mostrado que las predicciones técnicas de alta calidad por si mismas son insuficientes para alcanzar

⁴ Kofi Annan, Secretario General de las Naciones Unidas

⁵ Estrategia Internacional para la reducción de desastres. ISDR, siglas en inglés de International Strategy for Disaster Reduction,

la reducción deseada de pérdidas e impactos. El factor humano en los sistemas de alerta temprana es muy significativo (Twigg, 2002).

De acuerdo a las Naciones Unidas, un sistema de alerta temprana debe ser centrado en la población. Un sistema de alerta temprana centrado en la población tiene como objetivo “empoderar a los individuos y las comunidades amenazadas por peligros para actuar con suficiente tiempo y en una forma apropiada para reducir la posibilidad de lesiones personales, pérdida de vida, daño a la propiedad y el ambiente y pérdida de sustentos vitales” (United Nations, 2006, pág. 2).

Un sistema de alerta temprana completo y efectivo comprende cuatro elementos interrelacionados: Conocimiento de los riesgos, monitoreo y servicio de alertas, comunicación y diseminación y capacidad de respuesta (ver Figura 1). Una debilidad o falla en cualquiera de las partes puede resultar en la falla de todo el sistema (United Nations, 2006, pág. 2).

Figura 1: Cuatro elementos principales de los sistemas de alerta temprana centrados en la población



Fuente: Plataforma para la promoción de Alerta Temprana de la ISDR/UN

Conocimiento de riesgos

Los riesgos de deben a una combinación de amenazas y vulnerabilidades, para evaluar los riesgos es necesaria la recopilación y análisis de la información. Las

evaluaciones y los mapas de riesgo ayudan motivar a la población, establecer prioridades y como guía para la prevención y respuesta ante desastres.

Monitoreo y servicio de alertas

Los servicios de alerta constituyen el componente fundamental del sistema. Es necesario contar con una base científica sólida para prever y prevenir amenazas. Es indispensable el seguimiento continuo de los parámetros que anteceden a amenazas para elaborar mejores alertas, precisas y oportunas.

Difusión y comunicación

Las alertas deben llegar a las personas en peligro. Se requiere de mensajes claros para generar respuestas adecuadas que ayuden a salvar vidas. Es necesario definir los sistemas de comunicación en los planos local, regional y nacional. El empleo de múltiples canales de comunicación es indispensable para garantizar que la alerta llegue a mayor número de personas.

Capacidad de respuesta

Es indispensable que las comunidades comprendan el riesgo que corren, respeten el servicio de alerta y sepan cómo reaccionar. Al respecto, los programas de educación y preparación desempeñan un papel esencial. También es indispensable que existan planes de gestión de desastres que hayan sido probados. La población debe estar muy informada sobre las opciones que pueden tomar para evitar daños y pérdida de bienes.

Los sistemas de alerta temprana basados en la población tienen algunos aspectos transversales que deben ser tomados en cuenta a la hora de diseñarlos y mantenerlos. Estos aspectos incluyen: Gobernabilidad y arreglos institucionales eficaces, enfoque de amenazas múltiples, participación de las comunidades locales, consideración de la perspectiva de género y la diversidad cultural. Así mismo entre los actores principales que participan en un sistema de alerta temprana deben estar: las comunidades, las autoridades locales, gobiernos nacionales, organismos internacionales, organizaciones no gubernamentales, el sector privado y la comunidad científica y académica. (International Strategy for Disaster Reduction - ISDR, 2006).

2.1.1. SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA EN EL ÁREA DE SALUD

Hasta ahora, se han mostrado características en general de los sistemas de alerta temprana y que aplican para diversidad de amenazas a las que se ven enfrentados los seres humanos. Se presenta aquí información sobre los sistemas de alerta temprana en el área de salud buscando características más específicas de sistemas de alerta temprana en esa área.

Las amenazas a la salud de una población, son las epidemias de enfermedades infecciosas. Las epidemias se clasifican como un peligro que aparece de forma lenta y progresiva, lo que se refiere al contagio progresivo de las personas, contagio que puede ser relativamente rápido, dependiendo de la epidemiología de la enfermedad. Las epidemias plantean un riesgo significativo de carácter mundial que puede minar la seguridad y desarrollo global. Sistemas de vigilancia para epidemias en seres humanos y en animales existen globalmente en varias etapas de desarrollo y efectividad. Sistemas de alerta temprana comprensivos para epidemias están sin desarrollarse en países en vía de desarrollo, a pesar de que los sistemas de información están en uso para el monitoreo y detección epidemiológica. (United Nations, 2006, pág. 14).

La principal organización que coordina esfuerzos internacionales para reducir el riesgo de transmisión de enfermedades infecciosas y epidemias es la Organización Mundial de la Salud (OMS)⁶. Otras instituciones que cooperan con la organización mundial de la salud son los Centros Europeos para la Prevención y Control de enfermedades así como los Centros de Control de Enfermedades⁷ de los Estados Unidos que detectan e investigan problemas de salud y proveen información de epidemias y enfermedades alrededor del mundo.

Poca atención se había puesto en el desarrollo de sistemas de alerta temprana para epidemias de enfermedades infecciosas. El objetivo de un Sistema de alerta temprana para enfermedades sería el de “proveer al personal de salud pública y el público en general de noticias lo más pronto posible sobre la posibilidad de un brote de una enfermedad en una ubicación particular, ampliando así el posible rango de posibles respuestas”. (Committee on Climate, Ecosystems, Infectious Disease, and Human Health, 2001, pág. 86).

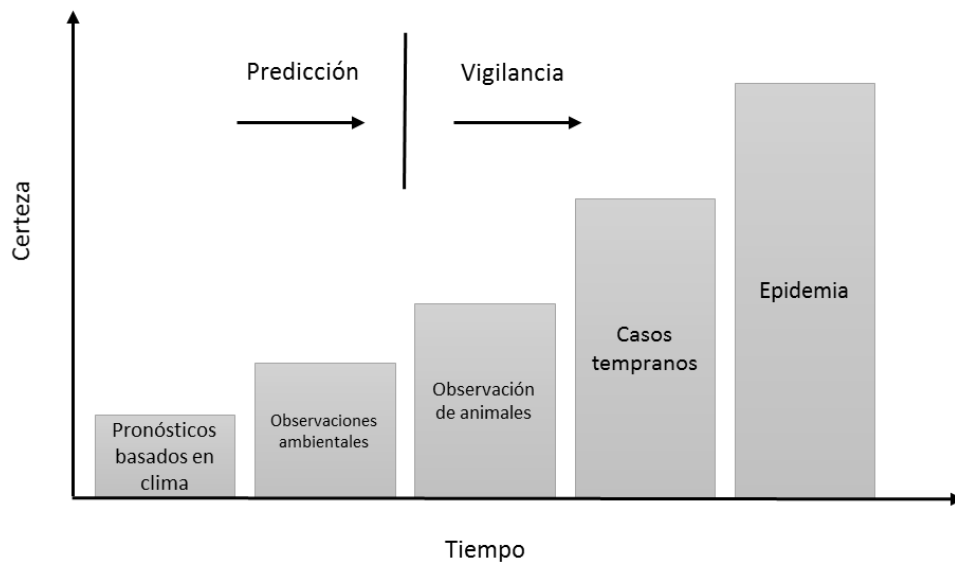
⁶ <http://www.who.int/es/>

⁷ En inglés Centres for Disease Control, CDC's

Para la OMS, los sistemas de alerta temprana en su mayoría de casos son sistemas de vigilancia que, a tiempo, recogen información de enfermedades propensas a epidemias con el objetivo de poner en funcionamiento intervenciones de salud pública. En la mayoría de casos los sistemas de alerta temprana se basan en una revisión profunda de los datos captados hecha por epidemiólogos lo cual rara vez es realizado de una forma sistemática. La OMS está fortaleciendo los sistemas de vigilancia existentes para enfermedades infecciosas, desarrollando sistemas de alerta temprana basados en nuevas técnicas y conceptos (Organización Mundial de la Salud, 2004).

Respecto al riesgo de transmisión de enfermedades, el barómetro más comúnmente usado para impedir epidemias es la aparición de casos tempranos de la enfermedad en una población. Este enfoque de “vigilancia y respuesta” provee una certeza bastante predictiva para impedir un brote de una enfermedad pero frecuentemente deja a las autoridades de salud pública poca antelación para realizar acciones y prevenir que el agente de la enfermedad se disemine. Otros enfoques como las observaciones del ambiente y pronósticos basados en el clima pueden dar indicios de la proximidad de un brote de una enfermedad, sin embargo estos enfoques predictivos tienen un menor grado de certeza.

Figura 2: Progresión de tipos de información que pueden ser usados para indicar un brote inminente de una enfermedad



Fuente: Traducción libre de (Committee on Climate, Ecosystems, Infectious Disease, and Human Health, 2001, pág. 87)

En este tipo de sistemas, entre más temprano se quiera generar una alerta, la certeza de la misma respecto a la existencia de riesgos es menor tal y como se

puede interpretar en la Figura 2. Así mismo cuando se presentan indicios de epidemia ya puede ser muy tarde.

El objetivo de un sistema de alerta temprana para enfermedades infecciosas no solo debe ser el mejorar las capacidades de monitoreo y predicción, sino también mejorar la coordinación entre las partes relevantes como las organizaciones científicas, las entidades de gobierno local y nacional que manejan el riesgo, desarrollar estrategias de respuesta y mejorar también los canales de comunicación usados para diseminar la información de alerta (Committee on Climate, Ecosystems, Infectious Disease, and Human Health, 2001, pág. 88).

Además de los componentes de los sistemas de alerta temprana en general, se pueden destacar algunos componentes centrales de un sistema de alerta temprana para enfermedades infecciosas:

Vigilancia para estudio epidemiológico:

Históricamente, la vigilancia se ha enfocado especialmente en monitorear la incidencia de infecciones o enfermedades. En el contexto de una sistema de alerta temprana, sin embargo, la vigilancia necesita incluir el monitoreo en los cambios de abundancia en la población de vectores, así como la vigilancia de animales que puedan proveer una indicación temprana de la presencia de un patógeno particular en un área.

Observaciones ambientales:

Las observaciones ambientales juegan un papel importante en un sistema de alerta temprana para enfermedades, en parte por el impacto del clima, o eventos climáticos.

Valoración de la vulnerabilidad:

La vulnerabilidad se refiere a la sensibilidad de la población a una amenaza, así como su habilidad para lidiar con la amenaza. Provee un contexto para interpretar los datos de vigilancia y entender el impacto de otros factores. Factores de riesgo comunes en países en vías de desarrollo (y en áreas de países desarrollados) incluyen la falta de acceso a agua potable, higiene pobre, albergues inadecuados y baja cobertura de inmunización. La vulnerabilidad de una comunidad también se ve afectada por factores como la edad y la densidad poblacional.

2.2. PROVISIÓN DE INFORMACIÓN, VIGILANCIA EN SALUD PÚBLICA, SISTEMAS DE VIGILANCIA

De acuerdo a la definición de la OMS presentada sobre los sistemas de alerta temprana en salud pública y lo que se encuentra en la literatura respecto a las epidemias de enfermedades infecciosas y las estrategias para combatirlas, es común encontrar información de los llamados “sistemas de vigilancia” y que se pueden ver como sistemas de información especializados de los cuales se pueden obtener características a ser tomadas en cuenta en el diseño del sistema de información para la alerta temprana.

En la literatura es común encontrar el término “vigilancia epidemiológica”, sin embargo “el uso del término *epidemiológica* para modificar el término *vigilancia* es engañoso. La epidemiología es una amplia disciplina que incorpora investigación y entrenamiento que es distinto a un proceso de salud pública que llamamos *vigilancia*. Un término más apropiado es *vigilancia en salud pública*, porque retiene los beneficios originales del término *epidemiología*, citado previamente, y remueve algo de la confusión que rodea la actual práctica” (Thacker & Berkelman, 1988).

“La vigilancia en salud pública es la recolección sistemática, análisis e interpretación continua de datos relacionados con la salud necesarios para la planeación, implementación y evaluación de la práctica de salud pública” (World Health Organization, 2012). Dicha vigilancia:

- Sirve como un sistema de alerta temprana para emergencias inminentes de salud pública.
- Documentar el impacto de una intervención, o rastrear el progreso hacia un objetivo específico; y
- Monitorear y clarificar la epidemiología de los problemas de salud, para permitir establecer prioridades e informar políticas y estrategias de salud pública.

El banco mundial describe seis categorías de los usos de la vigilancia en salud pública (Garcia-Albreu, Halperin, & Daniel, 2002).

1. Reconocer casos o grupos de casos que permitan disparar intervenciones para prevenir la transmisión o reducir la morbilidad⁸ y la mortalidad.

⁸ Proporción de personas que enferman en un sitio y tiempo determinado. <http://lema.rae.es/drae/?val=morbilidad>

2. Evaluar el impacto en la salud pública de eventos de salud o determinar y medir tendencias.
3. Demostrar la necesidad de programas y recursos de intervención de salud pública, y asignar recursos durante la planeación de salud pública.
4. Monitorear la efectividad de las medidas de prevención y el control y estrategias de intervención.
5. Identificar grupos de población o áreas geográficas en alto riesgo como objetivos de intervención y guiar estudios analíticos.
6. Desarrollar hipótesis que guíen a estudios analíticos acerca de los factores de riesgo para la causación, propagación o progresión de enfermedades.

Componentes de la vigilancia en salud pública:

La vigilancia en salud pública empieza con la definición del tipo de datos a recolectar (Choi B. C., 1998) y el proceso de vigilancia de salud pública pasa por tres etapas cíclicas: recolección de datos, análisis e interpretación, y diseminación temprana de hallazgos (Chambers, Ehrlich, O'Connor, Edwards, & Hockin, 2006). Adicionalmente, los sistemas de vigilancia deben poder evaluar las acciones de salud pública (incluido el servicio de vigilancia mismo, el cual es una acción de salud pública).

1. *Marco de datos.* Al establecer un sistema de vigilancia la primera pregunta es que categorías de información deben ser perseguidas por el sistema (Abelsohn, Frank, & Eyles, 2009). Usualmente el marco de datos es definido en términos de indicadores. Un indicador es un factor medible que permite a los tomadores de decisiones a estimar objetivamente el tamaño del problema de salud y monitorear los procesos, productos o los efectos de la intervención en la población (Nsubuga, White, & Tracker, 2006). La información de salud puede clasificarse en tres grandes áreas: Características del individuo, medio externo e intervenciones que afectan la salud; estas pueden ser usadas como modelo para seleccionar indicadores (Wilk, 1991).
2. *Recolección de datos.* Después de definir el marco de datos, la etapa de recolección de datos inicia por escoger las mejores fuentes y métodos para obtener los datos que son necesarios. Esto puede requerir balancear las necesidades de información como la completitud, simplicidad y tiempo (Choi B. C., 2012). Enfoques clave de recolección de datos incluyen: Encuestas de

salud, datos administrativos, reportes obligatorios, reportes voluntarios, estudios de grupos especiales. Las fuentes de datos pueden variar de país a país, dependiendo del estado de desarrollo y sofisticación de los servicios de salud pública y las instalaciones de laboratorios la disponibilidad de computadores y redes de computadores, entre otros (Evans, 1982). Se han discutidos las ventajas y desventajas de las siguientes fuentes de datos para vigilancia en salud pública: Certificados de defunción, reporte de casos, reportes epidemiológicos, reporte de laboratorio de agentes etiológicos, investigación de casos individuales, investigaciones epidémicas, encuestas de marcadores de enfermedades infecciosas, reservorios animales y estudios de distribución de vectores, datos demográficos, datos ambientales, registros de hospital, registros de profesionales, reportes de laboratorios de salud pública, registros de enfermedades, datos de venta y uso de drogas y bióticos, absentismo de escuelas y trabajo, encuestas de salud y población general y reportes de noticias (Declich & Carter, 1994).

3. *Análisis/Interpretación de datos.* La etapa de análisis e interpretación de datos incluye el análisis de expertos de los datos que han sido recolectados para determinar la ocurrencia de una preocupación de salud y las características y comportamientos de la población respecto a la preocupación de salud, así como los cambios en el tiempo. Los datos de vigilancia deberían ser analizados en términos de tiempo, lugar y persona (Fraser, Beral, & Chilvers, 1978), examinado tendencias en el tiempo y distribución geográfica y comparando edad, género y grupos poblacionales (Chambers, Ehrlich, O'Connor, Edwards, & Hockin, 2006). Existen análisis de datos más avanzados para vigilancia, ejemplos de ellos son análisis de series de tiempo, análisis geoespacial, regresión logística, tendencias y análisis de áreas pequeñas, modelos matemáticos para estudiar la dinámica de infección dentro de comunidades y métodos para estimación de epidemias basados en datos de vigilancia (Choi B. C., 2012, pág. 12) [cita a otros autores]. Entender las fuentes de los posibles sesgos en los estudios pueden ayudar a la interpretación de resultados (Cain & Detsky, 2008). En muchos casos puede ser difícil decidir si un cambio detectado es real o artificial, esta cuestión debe ser respondida antes que una acción sea contemplada (Eylenbosch & Noah, 1988).

4. *Producción/Diseminación de Información.* La etapa final en el proceso de vigilancia en salud pública es la comunicación a tiempo de la información a los usuarios. Los usuarios de la información son aquellos que necesitan conocerla para propósitos de planeación de programas y toma de decisiones (Centers for Disease Control, 1992). Incluye profesionales de la salud pública, planeación en salud, epidemiólogos, investigadores y políticos, así como miembros del público y el medio. También debe incluir a quienes proveen reportes y quienes recolectan datos. Aunque los esfuerzos de control normalmente no son vistos como parte de la vigilancia, su vínculo a la salud pública es una práctica esencial. La razón para recolectar, analizar y diseminar la información de una enfermedad es para controlar esa enfermedad. Se ha dicho que “la recolección y análisis debería consumir recursos si no hay acciones que le sigan” (Foege, Hogan, & Newton, 1976).

Vigilancia sindrómica

La vigilancia descrita anteriormente, generalmente pasiva y dependiente de confirmación de laboratorio es la llamada vigilancia tradicional; los sistemas de vigilancia tradicionales han servido bien a la salud pública en detectar y responder a brotes de enfermedades infecciosas, sin embargo, en este mundo cambiante, donde hoy en día existen amenazas de bioterrorismo, pandemias inminentes de influenza, movimiento masivo de poblaciones y enfermedades infecciosas emergentes, se requiere de sistemas de vigilancia que provean suficiente tiempo para una adecuada respuesta de salud pública (Hope, Durrheim, d'Espaignet, & Dalton, 2006). Los sistemas de vigilancia tradicionales frecuentemente operan con una demora considerable, además que requieren de sistemas de vigilancia complementarios para proveer el tiempo de antelación necesario. Los sistemas de vigilancia sindrómica pueden cumplir este rol (Buehler, Berkelman, & Hartley, 2003).

El objetivo fundamental de la vigilancia sindrómica es identificar tempranamente grupos enfermos, antes de que los diagnósticos sean confirmados y reportados a las agencias de salud pública y para realizar una respuesta rápida, reduciendo así la morbilidad y la mortalidad (Henning, 2004).

Diversos nombres han sido usados para describir los sistemas de vigilancia en salud pública para la detección temprana de brotes, incluidos (Henning, 2004):

- Sistemas de alerta temprana

- Vigilancia de pródromo⁹
- Sistemas de detección de brotes
- Vigilancia centinela basada en sistemas de información
- Sistemas de Bio-vigilancia
- Vigilancia de indicadores de salud; y
- Vigilancia basada en síntomas.
- Sin embargo, vigilancia sindrómica es el término que ha persistido.

Es importante que no se invierta poco en educar y comunicar con los profesionales de la salud acerca de la importancia de reconocer síndromes clínicos inusuales. Médicos astutos y preparados pueden ser detectores más sensibles y seguros de eventos de bioterrorismo y brotes de enfermedades que algoritmos estadísticos (Kaufmann, Pesik, & Meltzar, 2005).

Las fuentes de datos para la vigilancia en salud pública tradicionalmente han sido divididos en tres grupos: datos pre-clínicos, datos clínicos pre-diagnóstico y datos de diagnóstico. La vigilancia sindrómica usualmente usa dos tipos de fuentes de datos: los datos pre-clínicos y datos clínicos pre-diagnóstico; la vigilancia tradicional generalmente se enfoca en datos de diagnóstico (Berger, Shiau, & Weintraub, 2006). Ejemplos de datos usados por la vigilancia sindrómica incluyen: datos (pre-diagnóstico) “indicadores” (por ejemplo síndromes, ventas de medicamentos, absentismo, quejas de los jefes de los pacientes), registros de farmacia, consultas a teléfonos médicos, centros de control de envenenamiento, llamadas de emergencia, llamadas telefónicas o uso de Internet a sitios de cuidado de la salud, solicitudes de pruebas de laboratorio, registros médicos veterinarios, pedidos de pruebas para gripe, patrones de uso de cuidado de la salud, servicios de ambulancia, número de admisiones en hospitales (Kats, May, Baker, & Test, 2011).

La literatura muestra que los países desarrollados tienden a usar sistemas altamente automatizados, para altas áreas de captura y cuando hay atención en bioterrorismo. Usualmente estos sistemas involucran recolección y análisis electrónicos de datos. Por otro lado, sistemas menos automatizados y menos independientes de tecnologías de Información son vistos más frecuentemente en países en vías de desarrollo y frecuentemente incorporan algunos elementos de entrada manual de datos, extracción de datos o análisis o el uso de tecnología móvil, resultando en una detección que es “cerca al tiempo real” y no en “tiempo real” (Kats, May, Baker, & Test, 2011). En una forma básica, la vigilancia sindrómica “es

⁹ Malestar que precede a una enfermedad. <http://lema.rae.es/drae/?val=pr%C3%B3dromo>

una herramienta efectiva para la vigilancia en países desarrollados” y debe ser soportada (May, Chretien, & Pavlin, 2009).

2.3. ALGUNAS CONCLUSIONES DE LA REVISIÓN DE LA LITERATURA

- En el área de la salud no es frecuente encontrar muchas iniciativas con el nombre sistema de alerta temprana, sin embargo se realizan diversas actividades relacionadas tales como el establecimiento de sistemas de vigilancia que persiguen el objetivo de actuar ante la presencia de enfermedades que afectan la salud de una población. Por tanto estas actividades y sistemas aportan elementos para la conceptualización de una organización social y la propuesta de diseño de un sistema de información que la soporte.
- Los cuatro elementos propuestos por las Naciones Unidas (Conocimiento de riesgos, Monitoreo y servicio de alerta, Difusión y comunicación, Capacidad de respuesta) son un referente para el diseño y establecimiento de un sistema de alerta temprana para problemáticas de salud pública representadas por enfermedades como la enfermedad de Chagas que afectan a las comunidades.
- “La definición de un sistema de alerta temprana debe ser flexible y adaptable a las condiciones donde se implemente”, en particular esta afirmación es adecuada para la problemática de salud pública, y por tanto tenerse presente al momento de diseñar e implementar un sistema de alerta temprana.
- Los sistemas tecnológicos asociados a la vigilancia en salud pública pueden ser considerados sistemas de información especializados y aportan elementos para el diseño de un sistema de información para la alerta temprana.

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Este capítulo presenta la fundamentación teórica base para el desarrollo del presente trabajo de investigación. En primer lugar, el pensamiento sistémico como paradigma en el cual se enmarcan los desarrollos de este trabajo, principalmente las siguientes expresiones del pensamiento sistémico: La Metodología de Sistemas Blandos (MSB) y la teoría Sistémico-Interpretativa de Organizaciones como bases teórico-conceptuales en la concepción y exploración de organizaciones humanas con propósito. Se presenta el papel que juega la MSB en el campo de los Sistemas de Información; El concepto de sistema de Información presentado por Checkland es la base en el presente trabajo. En los aspectos de diseño de un sistema software se presenta la fundamentación teórica que permite formular y presentar el diseño a alto nivel (arquitectura de software) del sistema de información para el Sistema de Alerta Temprana.

3.1. PENSAMIENTO SISTÉMICO

El pensamiento sistémico es el paradigma que orienta el presente trabajo de investigación en los aspectos relacionados con la exploración e interpretación de los elementos de la organización del Sistema de Alerta Temprana, considerándola como un sistema que posee una dinámica de cambio (dinámica de cambio de la organización) que se ha de tener en cuenta en una propuesta de conformación formal, en su sostenibilidad y en el subsecuente diseño de un sistema de información que la soporte.

El término paradigma se aborda como el significado introducido por Thomas Kuhn (1975) que según Moreno (El aro y la trama: Episteme, Modernidad y Pueblo, 1993, págs. 30-31) puede entenderse como: “El paradigma vendría a ser una estructura coherente constituida por una red [compuesta de:] 1) Conceptos a través de los cuales los científicos ven su campo. 2) Creencias metodológicas y teóricas entrelazadas que permiten la selección, evaluación y crítica de temas, problemas y métodos. 3) Compromisos entre los miembros de una comunidad científica, todo lo cual implica una definición específica del campo de la ciencia correspondiente y se expresa en una tradición orgánica de investigación” y que puede resumirse en “una estructura conceptual, de creencias metodológicas y teóricas entrelazadas que *abre el campo de visión* de una comunidad científica específica, a la vez que la constituye

como tal” (Andrade Sosa, Dyner R., Espinosa, López Garay, & Sotaquirá, 2001, pág. 46).

El pensamiento sistémico busca complementar al paradigma de la ciencia tradicional, cuyo problema principal es su incapacidad de hacer frente a la complejidad, en especial por la premisa de Descartes, de dividir los problemas en partes separadas (el principio más central a la práctica científica) y que asume que esta división no distorsionará el fenómeno que estudia. Asume que los componentes que resultan de la división serán iguales cuando se estudian individualmente a cuando asumen su papel en el todo (Checkland, *Systems Thinking, Systems Practice*, 1981, pág. 47).

El pensamiento sistémico es entonces, un pensamiento impulsado continuamente por un “afán holista¹⁰”, es decir, una búsqueda de unidad en la diversidad (Andrade Sosa, Dyner R., Espinosa, López Garay, & Sotaquirá, 2001, pág. 35). Lo anterior se puede entender como un paradigma de pensamiento en el que se desea describir o ver el mundo en términos de unidades totales (o totalidades) enlazadas en jerarquías con otras unidades totales. El pensamiento sistémico se expresa de diversas maneras en las diversas corrientes como la Teoría General de Sistemas, el Análisis de Sistemas, la Ingeniería de Sistemas, la Investigación de Operaciones, la Cibernética y la Cibernética Organizacional, la Dinámica de Sistemas, la Metodología de Sistemas Blandos, entre otras.

3.1.1. NOCIÓN DE SISTEMA

La noción adoptada de *sistema* proviene del propio paradigma sistémico donde se asume como: “la unidad constituida por la relación autorreferencial dinámica entre figura y fondo” (Andrade Sosa, Dyner R., Espinosa, López Garay, & Sotaquirá, 2001, pág. 82), en otras palabras las cosas no son cosas-en-sí-mismas, explicar su carácter unitario requiere entender su relación con el entorno o fondo en el que se presentan.

¹⁰ La palabra griega holón significa unidad (entera, completa) todo, totalidad

3.2. UNA TEORÍA SISTÉMICO-INTERPRETATIVA DE LAS ORGANIZACIONES

El primer paso en la concepción de una organización para el SAT es la identificación de una teoría que brinde una base que permita identificar en una situación real los elementos que constituyen la organización. La teoría Sistémico-Interpretativa de las organizaciones, enfocada principalmente en las actividades humanas y las imágenes del mundo de los individuos, presenta los aspectos ontológicos y epistemológicos para concebir organizaciones. Como parte de la Sistemología Interpretativa, la teoría tiene presente un entendimiento adelantado del *Weltanschauung* (visión del mundo), que mediante un pensamiento sistémico crítico, relaciona las imágenes de mundo de los individuos pertenecientes a un grupo cultural o social determinado, con cómo el ser humano estructura su realidad y sus acciones en general, de acuerdo con prácticas sociales establecidas (Andrade Sosa, Dyner R., Espinosa, López Garay, & Sotaquirá, 2001, pág. 358).

La teoría presenta, en primera instancia, la organización definida como “un sistema de actividades expresamente ordenado (“organizado”) de acuerdo con un fin que ha sido definido de antemano” (Fuenmayor, 2001, pág. 22). Mediante un conjunto de definiciones, permite esbozar un modelo formal básico que en el transcurso de su obra enriquece mediante discusiones ontológicas y epistemológicas.

3.2.1. MODELO BÁSICO DE UNA ORGANIZACIÓN

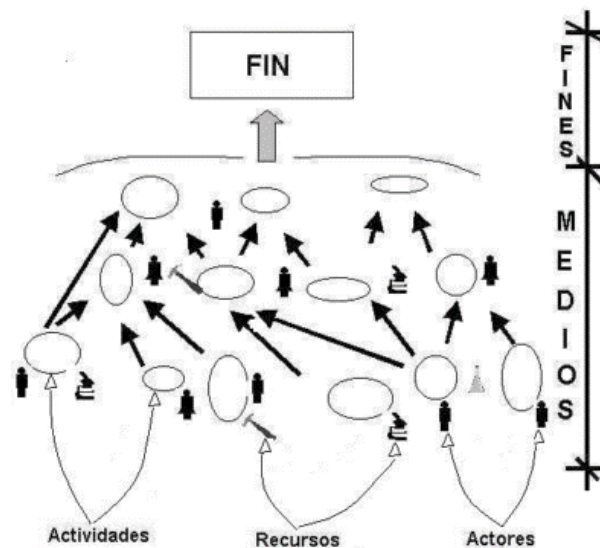
El modelo básico de la organización se sirve de las siguientes definiciones (Fuenmayor, 2001, pág. 20):

- **Organización:** Un sistema de actividades humanas (realizadas con o sin instrumentos) diseñadas y formalmente realizadas con el propósito de cumplir con un fin prefijado y explícitamente predefinido.
- **Organizacional:** Referente a la organización.
- **Eficiencia:** Medida de economía en recursos y tiempo para lograr fines prefijados.
- **Racionalidad:** Cualidad referente a la acción organizacional dirigida a cumplir fines prefijados.
- **Formal:** Referente al fin prefijado y explícitamente predefinido.

- **Actividades:** Conjunto de acciones entendidas como proceso cuyo sentido está fundado en el propósito de transformar un estado de cosas en otro. Formalmente se entiende que cada actividad organizacional contribuye con la realización del fin prefijado mencionado en la definición de “organización”.
- **Objetivo:** Definición de un fin.
- **Recursos:** Bienes materiales requeridos para realizar actividades.
- **Actores:** Personas que realizan actividades en la organización.
- **Entorno Socio-Organizacional:** Micro-sociedad emergente de las relaciones (formales y no formales) sostenidas entre los actores de una cierta organización.
- **Sector social receptor:** Sector de la sociedad que recibe el producto (bien o servicio) de la organización.

La organización se trata de un “sistema de actividades orientado por un propósito”. Las actividades requieren del concurso de un grupo de personas que se denominan “actores”. La realización de dichas actividades requiere de un conjunto de recursos cuya distribución y uso pretenden ser lo más económico posible de tal manera que pueda cumplirse al menor costo.

Figura 3: Esquema de un concepto de "organización de actividades humanas"



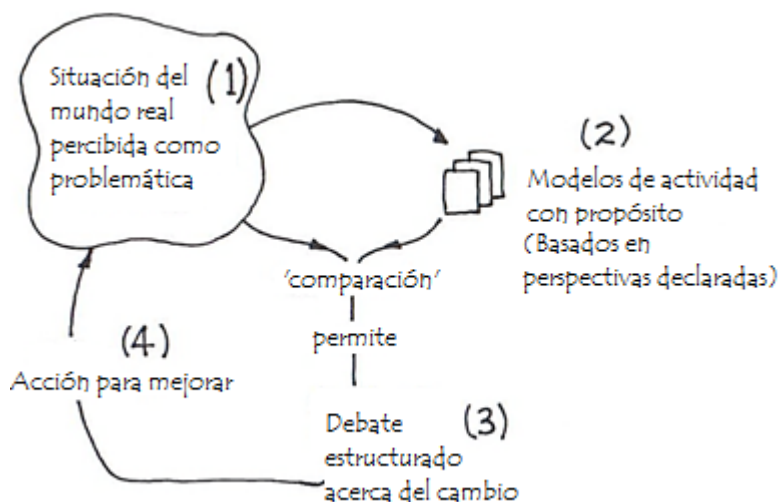
Fuente: (Fuenmayor, 2001, pág. 23)

3.3. LA METODOLOGÍA DE SISTEMAS BLANDOS

La MSB es “un proceso organizado, flexible para lidiar con situaciones que son percibidas como problemáticas, situaciones que llaman a acciones que se realicen para mejorarlas, hacerlas más aceptables, menos llenas de tensiones y con menos preguntas sin responder. El ‘proceso’ referido es un proceso organizado de pensamiento de la manera para realizar una ‘acción para mejorar’ la situación; es un proceso basado en un cuerpo particular de ideas, las llamadas ideas de *sistemas*.” (Checkland & Poulter, Learning for Action: A short Definitive Account of Soft Systems Methodology and its use for Practitioners, Teachers and Students, 2006, pág. 4). El proceso de la MSB toma la forma de un ciclo, esto es, apropiadamente usado, un ciclo de aprendizaje que va desde indagar acerca de una situación problemática, hasta definir/tomar una acción para mejorarla (Checkland & Poulter, Learning for Action: A short Definitive Account of Soft Systems Methodology and its use for Practitioners, Teachers and Students, 2006, pág. 12).

Adicionalmente la MSB contribuye en el aprendizaje de las necesidades de información de la organización, aprendizaje que se convierte en la base en el proceso de diseño de un Sistema de Información que soporte a la organización. El proceso organizado se muestra en la Figura 4

Figura 4: Representación icónica del ciclo de aprendizaje de la MSB



Fuente: Traducción libre (Checkland & Poulter, Learning for Action: A short Definitive Account of Soft Systems Methodology and its use for Practitioners, Teachers and Students, 2006, pág. 13)

Los elementos en la figura se describen a continuación:

1. Explorar acerca de la situación inicial que es percibida como problemática.
2. Elaborar algunos modelos de actividades humanas con propósito que sean relevantes a la situación; cada modelo, como un dispositivo intelectual, es construido en base a una visión del mundo particular.
3. Usando modelos para preguntar por las situación real. Esto trae estructura a la discusión acerca de la situación, el objetivo de la discusión es encontrar cambios que sean tanto deseables como viables en la situación particular.
4. Definir/tomar la acción para mejorar la situación. En principio el ciclo de aprendizaje nunca termina, se debe tomar la decisión de cuando termina. Algunos estudios terminan después de definir la acción, otros después de implementarla.

3.3.1. LA MSB EN ACCIÓN EN EL CAMPO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN

A través de la aplicación de la MSB en situaciones de administración, los aspectos relacionados con la provisión de información siempre han estado presentes. Como resultado la MSB se ha usado en multitud de trabajos en el área de Sistemas de Información (SI) y Tecnologías de Información (TI). Su relevancia radica que, en cuanto se tienen modelos de actividad humana, estos pueden ser usados para hacer preguntas enfocadas en la información.

Mucho del trabajo con SI se realiza en el contexto de las organizaciones, las cuales, en mucha de la literatura, son vistas como unidades sociales cuyos miembros colectivamente persiguen objetivos declarados. Dado esto, el proceso organizacional básico es visto como la toma racional de decisiones, persiguiendo un fin explícito. Esto aparentemente provee la noción del rol de un SI: proveer información que soporte la toma de decisiones a varios niveles, desde lo estratégico hasta lo operacional. (Checkland & Holwell, Information, Systems and Information Systems - making sense of the field, 1998, pág. 85). Sin embargo este modelo es simplista. En la literatura de SI una corriente naciente de pensamiento ve las organizaciones en términos más sutiles; las ve como un proceso cultural en el cual la realidad es continuamente definida y redefinida mediante la conversación y la acción que expresan las múltiples agendas de tanto los miembros de la organización como de otros miembros significativos que no hacen parte de la organización.

En el contexto de las organizaciones, la información es ese algo necesario como soporte de la acción con propósito, por lo cual es necesario tener claro el concepto de lo que es “información”. El mundo se nos presenta en incontables hechos que llamamos **datos**, cuando tenemos interés en conocerlos, se convierten en lo que Checkland y Holwell (Checkland & Poulter, Learning for Action: A short Definitive Account of Soft Systems Methodology and its use for Practitioners, Teachers and Students, 2006, pág. 112) han sugerido llamar “**capta**”. Cuando colocamos ese capta en un contexto de interés y adquiere significado para nosotros, llamamos a ese capta con significado “**información**”; a manera de ejemplo, la posición de las manecillas del reloj se convierte en información cuando sabemos que vamos tarde a una reunión. Finalmente, reunimos grupos de información relacionada en estructuras más grandes y duraderas de “**conocimiento**”. La Figura 5 muestra las relaciones entre dato, capta, información y conocimiento.

Figura 5: Relaciones entre dato, capta, información y conocimiento

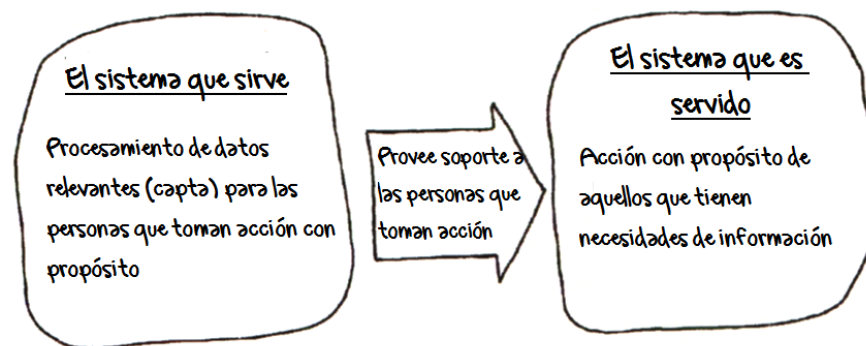


Fuente: (Checkland & Holwell, Information, Systems and Information Systems - making sense of the field, 1998, pág. 90)
Traducción libre.

Definido el concepto de “información” usado dentro de la MSB, la cual ha probado su relevancia en el campo de los SI, queda presentar el concepto de “sistema de información” que enmarca el trabajo que se pueda realizar con la MSB. Al igual que el concepto de “organización” y de “información”, en la literatura de SI se pueden encontrar diversos pensamientos sobre eso que llamamos “Sistema de información”. La naturaleza de un sistema de información es la de una función que da soporte a las personas que toman acción con propósito en una organización humana (Checkland & Holwell, Information, Systems and Information Systems - making sense of the field, 1998, pág. 110).

Entonces, se puede pensar un sistema de información como dos sistemas relacionados; un sistema servido soportado por un sistema que sirve, siendo el sistema servido un sistema social con alguna actividad con propósito y el sistema que sirve conformado por el sistema computacional de manipulación de datos y las personas que lo mantienen, lo operan y lo modifican. El sistema tecnológico (el sistema que sirve) es comúnmente conceptualizado por otros como el sistema de información.

Figura 6: Dos sistemas relacionados, implicados en el concepto de 'un sistema de información'



Fuente: (Checkland & Holwell, Information, Systems and Information Systems - making sense of the field, 1998, pág. 111)
Traducción libre.

De un sistema que sirve o soporta otro, es un principio básico del pensamiento sistémico que las características necesarias del sistema que sirve solo pueden ser identificadas en base a un análisis previo del sistema servido (Checkland & Holwell, Information, Systems and Information Systems - making sense of the field, 1998, pág. 111). Esta definición presentada por Checkland es la que este trabajo de investigación toma como base para su desarrollo.

3.4. ARQUITECTURA DE SOFTWARE

Este capítulo presenta un resumen con los aspectos más importantes que envuelven el concepto de Arquitectura de Software, la importancia que esta representa en el aspecto técnico y organizacional y las estructuras o elementos que permiten describirla.

3.4.1. DEFINIENDO ARQUITECTURA DE SOFTWARE

En el campo de la arquitectura de software se pueden encontrar diversas definiciones del concepto que orientan el desarrollo del mismo, a continuación se presenta una de ellas:

“La arquitectura de software de un programa o un sistema computacional es la estructura o estructuras de un sistema, que comprenden los elementos de software, las propiedades externamente visibles de esos elementos y las relaciones entre ellos” (Bass, Clements, & Kazman, 2003, pág. 21).

Propiedades “externamente visibles” se refiere a las suposiciones que pueden hacer otros elementos de un elemento, como los servicios que provee, características de rendimiento, manejo de fallas, uso de recursos compartidos, etc.

Algunas implicaciones de esta definición son:

- **La arquitectura define elementos del software.** La arquitectura encapsula la información acerca de cómo los elementos se relacionan con otros. Una arquitectura es una abstracción de un sistema que omite los detalles de los elementos que no afectan como ellos usan, son usados, se relacionan o interactúan con otros elementos.
- **Los sistemas pueden y comprenden más de una estructura.** Los proyectos de software son divididos en unidades de implementación que a menudo se asignan responsabilidades y equipos de programación. Estas unidades de implementación constituyen datos y programas de carácter público que pueden ser invocados desde otras unidades de implementación así como aquellos programas y datos que son privados. Este tipo de estructura, frecuentemente utilizado para describir el sistema, es muy estático ya que se enfoca en la subdivisión de la funcionalidad del sistema en unidades de implementación asignadas a equipos de desarrollo. Otras estructuras están más enfocadas en la forma que los elementos interactúan con otros en tiempo de ejecución y llevar a cabo la funcionalidad del sistema.
- **Cada sistema computacional con software tiene una arquitectura de software.** Cada sistema puede ser mostrado como un conjunto de elementos y las relaciones entre ellos. Aunque un sistema tenga una arquitectura, por

diversas razones puede no ser conocida por todos, con lo cual se puede ilustrar la diferencia entre la arquitectura de un sistema y la representación de esa arquitectura. Desafortunadamente una arquitectura puede existir independiente de su descripción o especificación, por ello la importancia de la documentación de la arquitectura y la reconstrucción de la arquitectura

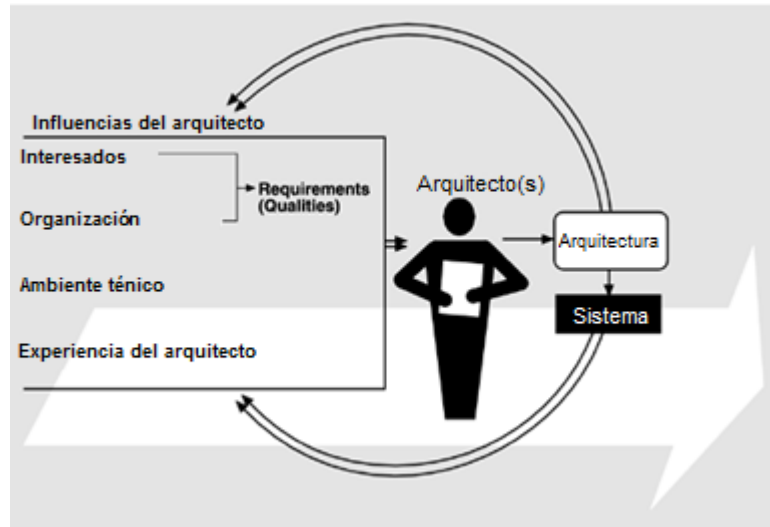
- ***El comportamiento del cada elemento es parte de la arquitectura.*** El comportamiento de los elementos es el que permite a los mismos interactuar uno con el otro.

3.4.2. IMPORTANCIA DE LA ARQUITECTURA DE SOFTWARE

La arquitectura sirve como una herramienta importante para la comunicación, el razonamiento, el análisis y el crecimiento de un sistema. Se ha dicho que si se conocen los requerimientos de un sistema, se puede construir la arquitectura para el mismo, sin embargo esto no es necesariamente cierto, ejemplo de esto es que cada interesado (stakeholders) tiene sus propios intereses, objetivos, algunos de los cuales pueden ser contradictorios; que la estructura de la organización puede dar forma a la arquitectura de software, etc.

Se puede decir que la arquitectura de software es resultado de influencias de tipo *técnico, social y del negocio*. Su existencia de turno afecta los ambientes técnico, social y de negocio que subsecuentemente influenciarán futuras arquitecturas (Bass, Clements, & Kazman, 2003, pág. 5). Este ciclo de influencias del ambiente a la arquitectura y de vuelta al ambiente es llamado por BASS (Bass, Clements, & Kazman, 2003) el Ciclo de la arquitectura de Negocio, en inglés (*Architecture Business Cycle – ABC*)

Figura 7: Ciclo de Arquitectura de Negocio



Fuente: (Bass, Clements, & Kazman, 2003, pág. 11)

Lo mostrado anteriormente muestra la importancia de la arquitectura a nivel organizacional, ya desde una perspectiva técnica hay fundamentalmente tres razones de importancia para la arquitectura de software (Bass, Clements, & Kazman, 2003, pág. 26):

- **Comunicación entre los interesados (Stakeholders).** La arquitectura de software representa una abstracción común del sistema que los interesados pueden usar para tener un entendimiento mutuo, comunicarse, realizar negociaciones y llegar a consensos.
- **Decisiones de diseño tempranas.** La arquitectura de software manifiesta las decisiones tempranas de diseño sobre un sistema. Estas decisiones tendrán importantes implicaciones a la hora de desarrollar, desplegar y mantener el sistema.
- **Abstracción de un sistema transferible.** La arquitectura de software constituye un modelo de como un sistema está estructurado y como sus elementos trabajan juntos, este modelo es transferible a otros sistemas que presenten atributos y requerimientos funcionales similares y al mismo tiempo promueve la reutilización a gran escala.

3.4.3. ESTRUCTURAS ARQUITECTURALES Y VISTAS

El neurólogo, el ortopedista, el hematólogo y el dermatólogo tienen una vista diferente de la estructura del cuerpo humano. Otros especialistas como el oftalmólogo se concentran en subsistemas. Pese a que esas vistas gráficamente son diferentes y tienen varias propiedades diferentes, todas están directamente relacionadas: Todas describen la arquitectura del cuerpo humano. De la misma forma, los sistemas modernos son lo bastante complejos como para tratar todos sus aspectos de una sola vez. En su lugar es preferible restringir la atención a una de las estructuras de software en cada momento (o a un pequeño conjunto de ellas). Así, para comunicar información significativa acerca de la arquitectura, debe tenerse claro que la *estructura* o estructuras se están discutiendo en el momento, que *vista* de la arquitectura estamos observando.

Una **vista** es una representación de un conjunto coherente de elementos arquitectónicos y las relaciones entre ellos, realizado por y para los interesados del sistema.

Una **estructura** es un conjunto de elementos tal y como ellos existen en el hardware o el software. Por ejemplo una estructura de módulo es un conjunto de módulos del sistema y su organización. Una vista de módulo es la representación de esa estructura, documentada y usada por los interesados del sistema. Las estructuras arquitectónicas pueden ser divididas en tres grandes grupos dependiendo de la naturaleza de los elementos que ellos muestran.

- **Estructuras de módulo.** Aquí los elementos son módulos, que son unidades de implementación. Los módulos representan una manera basada en código de representar el sistema. Las estructuras de módulo nos permiten responder preguntas como: ¿Cuál es la responsabilidad de la funcionalidad primaria asignada a cada módulo? ¿Qué otros elementos del software son un módulo que se pueda usar? ¿Qué otro software usa el módulo? ¿Qué otros módulos están relacionados a otros mediante relaciones de generalización o especialización (como la herencia)?
- **Estructuras de Componentes y Conectores.** Aquí los elementos son componentes de tiempo de ejecución (principales unidades de computación) y conectores (vehículos de comunicación entre componentes). Permiten responder preguntas como ¿Cuáles son los mayores elementos en ejecución y cómo interactúan? ¿Cuál es el mayor almacenamiento de datos

compartido? ¿Qué partes del sistema están replicados? ¿Cómo los datos se mueven a través del sistema? ¿Qué partes del sistema pueden correr en paralelo? ¿Cómo cambia la estructura del sistema cuando se ejecuta?

- **Estructuras de asignación.** Las estructuras de asignación muestran las relaciones entre los elementos del software y los elementos en uno o más ambientes externos en el que el software es creado y ejecutado. Responden a preguntas como ¿En qué procesador se ejecuta cada elemento del software? ¿En qué archivos es almacenado cada elemento durante el desarrollo, pruebas y construcción del sistema? ¿Cuál es la asignación de los elementos de software a los equipos de desarrollo?

Estas tres estructuras corresponden a tres grandes tipos de decisión que el diseño arquitectónico involucra:

- ¿Cómo el sistema es estructurado como un conjunto de unidades de código (módulos)?
- ¿Cómo el sistema es estructurado como un conjunto de elementos que tienen comportamiento en tiempo de ejecución (componentes) e interacciones (conectores)?
- ¿Cómo el sistema está relacionado con estructuras (no de software) en su ambiente (como los CPU, sistema de archivos, redes, equipos de desarrollo, etc.)?

4. ORGANIZACIÓN SOCIAL DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA

Este capítulo presenta una propuesta de conceptualización de la organización social del Sistema de Alerta Temprana (SAT) en términos de sus elementos y su dinámica de cambio, los cuales se identificaron a partir de una exploración de los elementos tales como las personas, las entidades y las actividades, que hacen parte de la problemática de salud pública. Esta exploración se llevó a cabo con la ayuda de la Metodología de Sistemas Blandos (MSB), la teoría sistémico-interpretativa de las organizaciones y la revisión de la literatura sobre Sistemas de Alerta Temprana, particularmente los denominados “centrados en la población” o “Basados en Comunidad”.

Es objeto del trabajo de investigación proponer el diseño de un sistema de información para el SAT. Un sistema de información se establece sobre una organización, que para esta situación de estudio, no está formalmente constituida, sin embargo, existen elementos que pueden ser parte de la misma, por ejemplo las entidades que realizan actividades acordes al que sería el objetivo de la organización.

4.1. EXPLORACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DE SALUD PÚBLICA

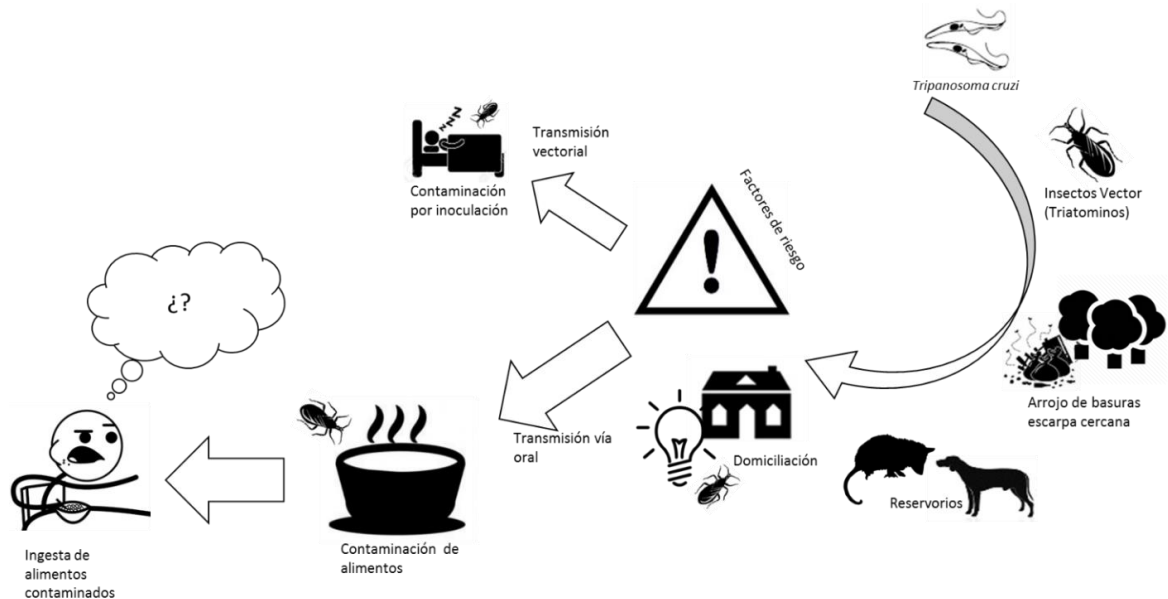
Para formular una propuesta de organización, hay que comprender el contexto en que ella funciona. Esta comprensión se empezó a ganar mediante reuniones con el líder del proyecto de investigación, el profesor Gerardo Muñoz Mantilla¹¹, Ph.D, quien conoce algunas de las características del problema de salud pública que representa la enfermedad de Chagas y cuyas ideas son un insumo inicial en la concepción de una organización social y el diseño de un sistema de información que sirve a la organización.

La enfermedad de Chagas es causada por un parásito llamado *Trypanosoma Cruzi* el cual se transmite entre individuos (Animales y seres humanos) a través de un conjunto de insectos vector, denominados triatominos. El problema, ilustrado en la

¹¹ El profesor formuló el proyecto de investigación financiado por Colciencias y es el director del mismo.

Figura 8, inicia con la presencia de estos insectos en las comunidades; entre las causas de que el insecto se acerque a ellas desde los bosques donde habitan se encuentra que las personas de la comunidad arrojan basuras en la escarpa que limita con los bosques, que atrae a mamíferos domésticos y silvestres en búsqueda de alimento.

Figura 8: Proceso transmisión enfermedad de Chagas



Estos animales, que actúan como reservorios¹² del parásito, a su vez atraen al insecto debido a que son su fuente de alimento, estos son hematófagos (se alimentan de sangre). Con la cercanía de las viviendas a los bosques, los insectos se ven atraídos a las casas principalmente por las luces de las mismas, así como por el olor de los alimentos y las mascotas que tienen las personas, y se esconden en las hendidias y lugares oscuros lo cual se conoce como domiciliación.

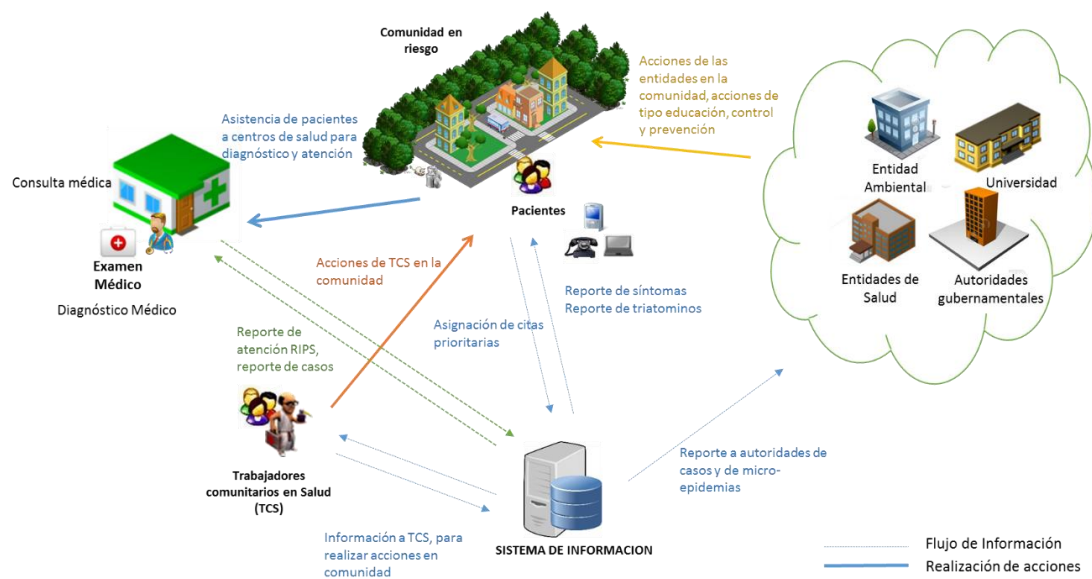
Estando el insecto en las viviendas, hay dos formas principales de transmisión de la enfermedad, una es la conocida como transmisión vectorial, en la cual el insecto se acerca a las personas mientras duermen para alimentarse de sangre, en el lugar de la picadura, defecan y la persona al rascarse, se inocular el parásito presente en las heces. La otra, objetivo de estudio para el macro-proyecto, es conocida como transmisión vía oral y sucede cuando el insecto cae en los alimentos, como jugos o

¹² Están contaminados por el parásito pero no sufren la enfermedad.

sopas y los contamina con el parásito, las personas adquieren el parásito al ingerir los alimentos contaminados produciendo Chagas Agudo.

Conocida la problemática de salud pública por parte de los integrantes del equipo conformados por profesionales y estudiantes de Ingeniería de Sistemas, se continuó con reuniones que dieron como resultado un esquema de funcionamiento de un prototipo de sistema de información, de acuerdo al punto de vista, principalmente del director del macro-proyecto. Producto de estas reuniones surgió un esquema similar al mostrado en la Figura 9 y que fue la base para el desarrollo del primer prototipo a través de un trabajo de grado¹³ (en Ingeniería de Sistemas, Universidad Industrial de Santander) realizado por el grupo SIMON de Investigación, con la participación del autor en la co-dirección del mismo.

Figura 9: Versión organizada del primer esquema producto de reuniones con el director de la investigación principal



¹³ Sistema de Información Educación y Comunicación en enfermedades infecciosas que cursan con fiebres agudas, Universidad Industrial de Santander, Trabajo de Grado, autores: Augusto Miguel Imbett, Evelyn Julitza Carrillo, Director Hugo Hernando Andrade.

4.2. MARCO CONCEPTUAL EN BUSCA DE UNA CONCEPCIÓN ORGANIZACIONAL

Esta sección presenta los conceptos que guían la concepción de la organización del Sistema de Alerta Temprana.

NOCIONES DE SALUD

Este trabajo de investigación se realizó teniendo en cuenta nociones asociadas a la salud y la salud pública dado que está enmarcado en un macro-proyecto en esta área. Estas nociones de salud son base en el contexto del macro-proyecto y se relacionan a varias características de una organización para la alerta temprana en salud. Las principales nociones que orientan el enfoque de la organización que se conceptualizó se presentan a continuación:

Salud:

"La salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades" (Organización Mundial de la Salud, 1946).

De acuerdo a la definición, implica que el cuidado de la salud integra elementos sociales y de bienestar de las personas en múltiples aspectos.

Salud pública:

"La salud pública es la ciencia y el arte de prevenir las enfermedades, prolongar la vida y fomentar la salud y la eficiencia física y mental mediante esfuerzos organizados de la comunidad para sanear el medio ambiente, controlar las infecciones de la comunidad y educar al individuo en cuanto a los principios de la higiene personal; organizar servicios médicos y de enfermería para el diagnóstico precoz y el tratamiento preventivo de las enfermedades, así como desarrollar la maquinaria social que le asegure a cada individuo de la comunidad un nivel de vida adecuado para el mantenimiento de la salud" (Winslow, 1920).

Promoción de la salud:

La promoción de la salud es el proceso de habilitar a las personas para incrementar el control sobre su salud y mejorarla. Para alcanzar un estado de bienestar físico, mental y social, un individuo o grupo debe poder

identificar y realizar sus aspiraciones, satisfacer sus necesidades y adaptarse y hacer frente al ambiente. La promoción de la salud es no solamente responsabilidad del sector salud, sino va más hacia bienestar y estilos de vida saludables. (Organización Mundial de la Salud, 1986) y (Organización Mundial de la Salud, 1997)

Atención Primaria en Salud (APS):

“...Es la asistencia sanitaria esencial basada en métodos y tecnologías prácticos, científicamente fundados y socialmente aceptables, puesta al alcance de todos los individuos y familias de la comunidad mediante su plena participación y a un costo que la comunidad y el país puedan soportar, en todas y cada una de las etapas de su desarrollo con un espíritu de autorresponsabilidad y autodeterminación. La atención primaria forma parte integrante tanto del sistema nacional de salud, del que constituye la función central y el núcleo principal, como del desarrollo social y económico global de la comunidad” (Organización Mundial de la Salud, 1978).

En Colombia, teniendo en cuenta lo dispuesto en el Artículo 2o. de la Ley 1438 de 2011 en la que se plantea que el SGSSS ¹⁴ “...estará orientado a generar condiciones que protejan la salud de los colombianos, siendo el bienestar del usuario el eje central y núcleo articulador de las políticas en salud. Para esto concurrirán acciones de salud pública, promoción de la salud, prevención de la enfermedad y demás prestaciones en el marco de una estrategia de Atención Primaria en Salud” (Congreso de Colombia, 2011).

Estos conceptos que guiaron la concepción organizacional, principalmente en el objetivo y actividades de la misma, fue parte del contenido de un Diplomado en Salud Comunitaria, realizado en conjunto con personas adscritas a las Escuelas de Medicina, Trabajo Social e Ingeniería de Sistemas e Informática de la Universidad Industrial de Santander y que fue ofrecido de manera gratuita a las personas que viven en las zonas de riesgo de la enfermedad y que se pretendió formar como Trabajadores Comunitarios en Salud (TCS)

¹⁴ Sistema General de Seguridad Social en Salud

REVISIÓN DE LITERATURA

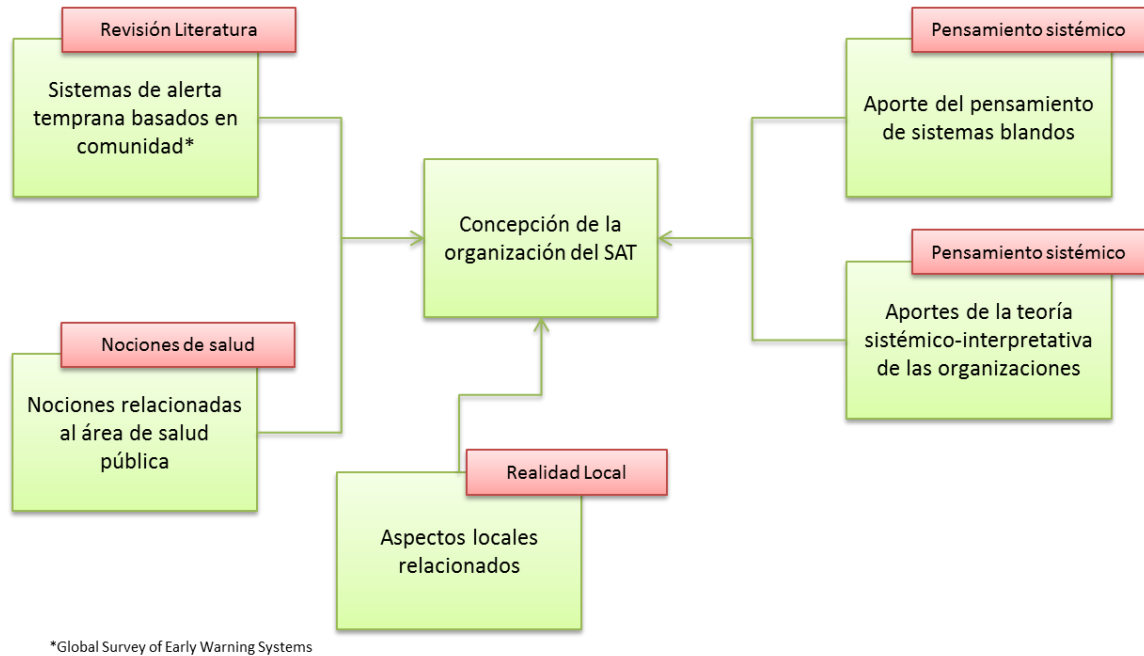
El Capítulo 2 presentó la revisión de la literatura donde se exponen los elementos que constituyen un sistema de alerta temprana “centrado en la población”, así como aspectos transversales a dichos elementos, en los cuales existen diversos elementos que son del ámbito organizacional, tales como los actores que deberían pertenecer a la organización, políticas que deberían ser implementadas, entre otros.

PENSAMIENTO SISTÉMICO

El capítulo 3 presentó la fundamentación teórica, entre la cual se encuentra la Sistemología Interpretativa, en particular la teoría sistémico-interpretativa de las organizaciones que brinda elementos para interpretar organizaciones humanas agregando una visión interpretativa de las mismas que descansa en el supuesto que “diferentes actores o grupos de actores actúan de acuerdo a diferentes interpretaciones sobre la organización y sobre las relaciones sociales que se establecen entre ellos” (Fuenmayor, 2001, pág. 33).

También, en el mismo capítulo 3 se presentó la Metodología de Sistemas Blandos (MSB) como parte del pensamiento de sistemas blandos, que son aquellos que no están claramente estructurados; la MSB provee un sistema de aprendizaje organizacional que permite indagar los elementos existentes en la situación que puedan conformar la organización e identificar características de la misma, tales como roles y actividades.

Figura 10: Fuentes teórico-conceptuales para construir un modelo de la organización del SAT



Los aspectos locales relacionados incluyen las entidades que participan en el macro-proyecto y aquellos que se exploraron a través de la investigación local con la ayuda del equipo de investigación.

4.3. EXPLORACIÓN DE ELEMENTOS ORGANIZACIONALES GUIADA POR LA METODOLOGÍA DE SISTEMAS BLANDOS

La tarea de exploración organizacional se llevó a cabo mediante la aplicación de un primer ciclo de la MSB con personas que trabajan en las entidades que participarían y algunas personas que hacen parte de la comunidad en riesgo de transmisión de la enfermedad de Chagas. Este trabajo se realizó mediante múltiples actividades realizadas por miembros del equipo de investigación a través de la interacción con personas de las comunidades de los barrios piloto, con personal de centros de salud, la CDMB y la secretaría de salud de Bucaramanga.

En esta sección se presenta un resumen y las principales conclusiones surgidas a partir de la exploración organizacional; el proceso puede verse más detallado en el anexo 1.

El proceso de la MSB toma forma de un ciclo de aprendizaje que contiene cuatro diferentes tipos de actividades (Checkland & Poulter, Learning for Action: A short Definitive Account of Soft Systems Methodology and its use for Practitioners, Teachers and Students, 2006, pág. 13):

1. Percibir la situación inicial que es vista como problemática.
2. Hacer modelos de actividad con propósito que serán relevantes a la situación.
3. Usar los modelos para preguntarse por la situación real.
4. Definir/tomar acciones para mejorar la situación.

La primera actividad es percibir la situación inicial, obtener una mejor comprensión de la situación. Esto se realizó mediante reuniones, lectura de documentos y conversaciones con diversos actores lo que dio como resultado la siguiente situación problemática percibida:

A través de un macro-proyecto de investigación, se quiere establecer un Sistema de Alerta Temprana para Chagas Agudo en Bucaramanga¹⁵ que desea contar con la participación en conjunto de la comunidad, entidades de salud, entidades de medio ambiente y gobierno.

Para establecer un Sistema de alerta temprana se debe estructurar la situación, en la cual se puede observar:

La comunidad desconoce muchas de las enfermedades a las que están expuestos, entre ellas la enfermedad de Chagas. Esta problemática generalmente queda en segundo plano por las preocupaciones del diario vivir de la comunidad. Adicionalmente no siempre tienen una buena imagen del sistema de salud.

Las entidades de salud atienden muchos de los problemas de salud de la comunidad, sin embargo no siempre tienen la capacidad suficiente o tienen inconvenientes para un diagnóstico adecuado en cada ocasión. También

¹⁵ Objetivo del macro-proyecto “Determinación de zonas de riesgo de transmisión de Trypanosoma Cruzi e implementación de un sistema de alerta temprana para Chagas agudo en Bucaramanga” financiado por Colciencias.

argumentan que muchas veces en la comunidad se acude a curanderos locales, no se asiste a centros de salud o se auto-medican.

El sector ambiente no necesariamente está consciente de la relación del cuidado del ambiente con la salud. Tienen sus propios problemas internos que cuestionan la principal función de la entidad.

Parte importante de la problemática es la no existencia de acciones coordinadas entre las partes que deben estar involucradas en este tipo de problemáticas, es decir, no existe una organización en la realización de actividades.

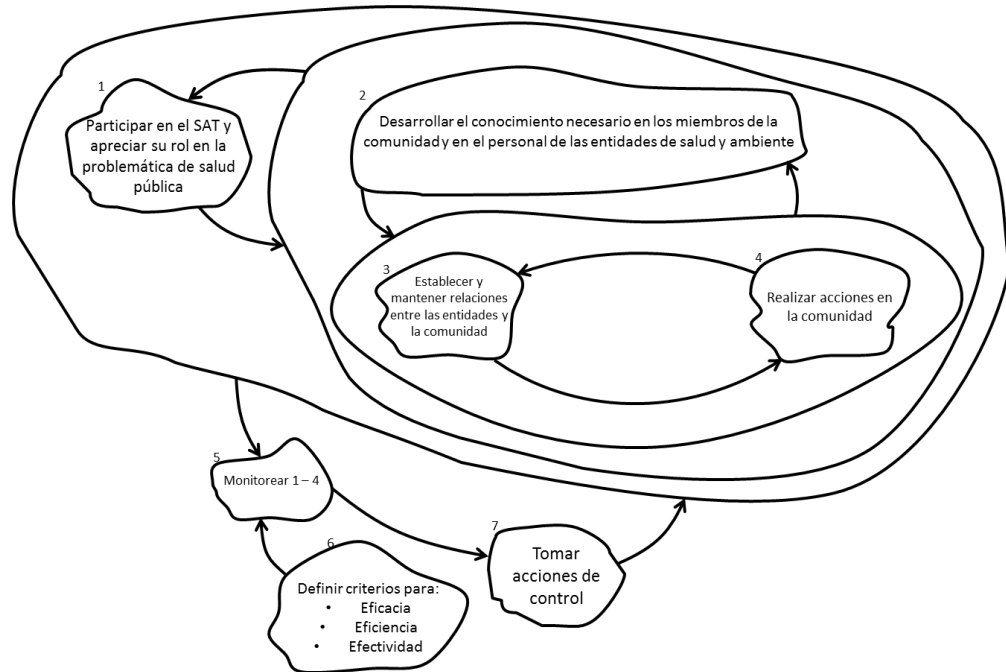
Para la no existencia formal de esta organización, que es parte de la situación problemática, se propuso el modelo formal básico de la organización el cual se ve complementado con el uso de la MSB.

La segunda actividad es realizar los modelos. Debido al tiempo disponible, los alcances del trabajo de investigación y la limitada cantidad de interacciones con los actores de las entidades, una indagación profunda con la MSB no fue posible. Debido a esto se eligió la realización de algunos modelos genéricos para el concepto “organización del SAT” de la misma manera que Checkland lo presenta como alternativa del uso de modelos (Checkland & Poulter, Learning for Action: A short Definitive Account of Soft Systems Methodology and its use for Practitioners, Teachers and Students, 2006, pág. 52) y como lo ilustra en uno de los ejemplos de aplicación de la MSB¹⁶.

Estos modelos reflejan la transformación necesaria para mejorar la situación problemática la cual es la creación y funcionamiento de la organización social y la realización de las actividades como estrategia al problema de salud pública que representan enfermedades infecciosas como la enfermedad de Chagas y el Dengue. La Figura 11 presenta el modelo inicial de actividades humanas con propósito genérico del concepto “Organización del SAT”.

¹⁶ Ejemplo disponible en la página 115 del libro “Learning for Action: A Short Definitive Account of Soft Systems Methodology and its use for Practitioners, Teachers and Students”, (Checkland & Poulter, Learning for Action: A short Definitive Account of Soft Systems Methodology and its use for Practitioners, Teachers and Students, 2006).

Figura 11: Modelo de Actividades Humanas genérico inicial del concepto “organización del SAT”



La tercera actividad es estructurar una discusión sobre el problema a partir del modelo. Este modelo de actividades humanas con propósito junto con un modelo formal básico de la organización que fue surgiendo en paralelo (ver sección 4.4), fueron usados como instrumentos de indagación de la situación y la definición de posibles actividades de la organización del SAT, de acuerdo al punto de vista de los actores y las actividades que ya realizan en sus respectivas entidades. En esta etapa de la metodología, a través de las reuniones fue posible ampliar el modelo de actividades humanas y explorar los aspectos social y político también objeto de indagación de la MSB.

Se describe a continuación apartes de las discusiones a través de reuniones y actividades con los actores:

- Por parte de la comunidad, la realización de actividades en la comunidad se basa en la tarea que puedan realizar los TCS. Los TCS son personas de la comunidad, voluntarias y con disposición a colaboración. Dependiendo de contar con estas personas y que su iniciativa individual y colectiva persista en el tiempo es sostenible esta característica, por lo que es importante identificarlos, formarlos y apoyarlos. La organización debe motivar la formación y las actividades de los TCS, por lo que la participación en la

misma de entidades gubernamentales y académicas puede ser un factor decisivo.

- Algunos participantes de la comunidad expresan que mejorar las condiciones de vida de los habitantes de las zonas más expuestas a riesgos es una medida que ayudaría a disminuir la problemática, sin embargo este es un aspecto que no depende directamente de los actores o la organización misma, algunos aspectos como el económico o algunos problemas sociales.
- Los centros de salud deben mejorar sus internos e infraestructuras para ofrecer un mejor soporte en materia de atención a casos de enfermedades de estas características. Este es un cambio para mejorar que no necesariamente posible desde el contexto del SAT. La salud en Colombia debe inclinarse más a la Atención Primaria en Salud (APS), en el marco de la cual se pueden realizar acciones para prevenir la enfermedad en etapas tempranas.
- Debe definirse el rol de las entidades para el establecimiento del sistema de alerta temprana como estrategia contra la enfermedad de Chagas, en el marco del cual, otras enfermedades pueden ser abordadas, por tener características similares, como por ejemplo que son transmitidas por vector. En este sentido, la entidad ambiental CDMB, presentó una propuesta de su rol en el SAT que refleja un papel en educación, investigación e intervención ambiental.
- La participación de la universidad, como entidad académica y científica es ideal para impulsar este tipo de iniciativas si no se cuenta con participación del sector político de la ciudad que impulse y sostenga la iniciativa.

Como los puntos anteriores, se mencionaron muchos factores, tanto generales como específicos para mejorar la situación, es decir la transformación en organización, muchos de los cuales expresaban actividades que pueden realizarse. Algunas de esas actividades ya son realizadas por las entidades, otras son propuestas por los mismos actores y otras son complemento de las expuestas por el equipo de investigación.

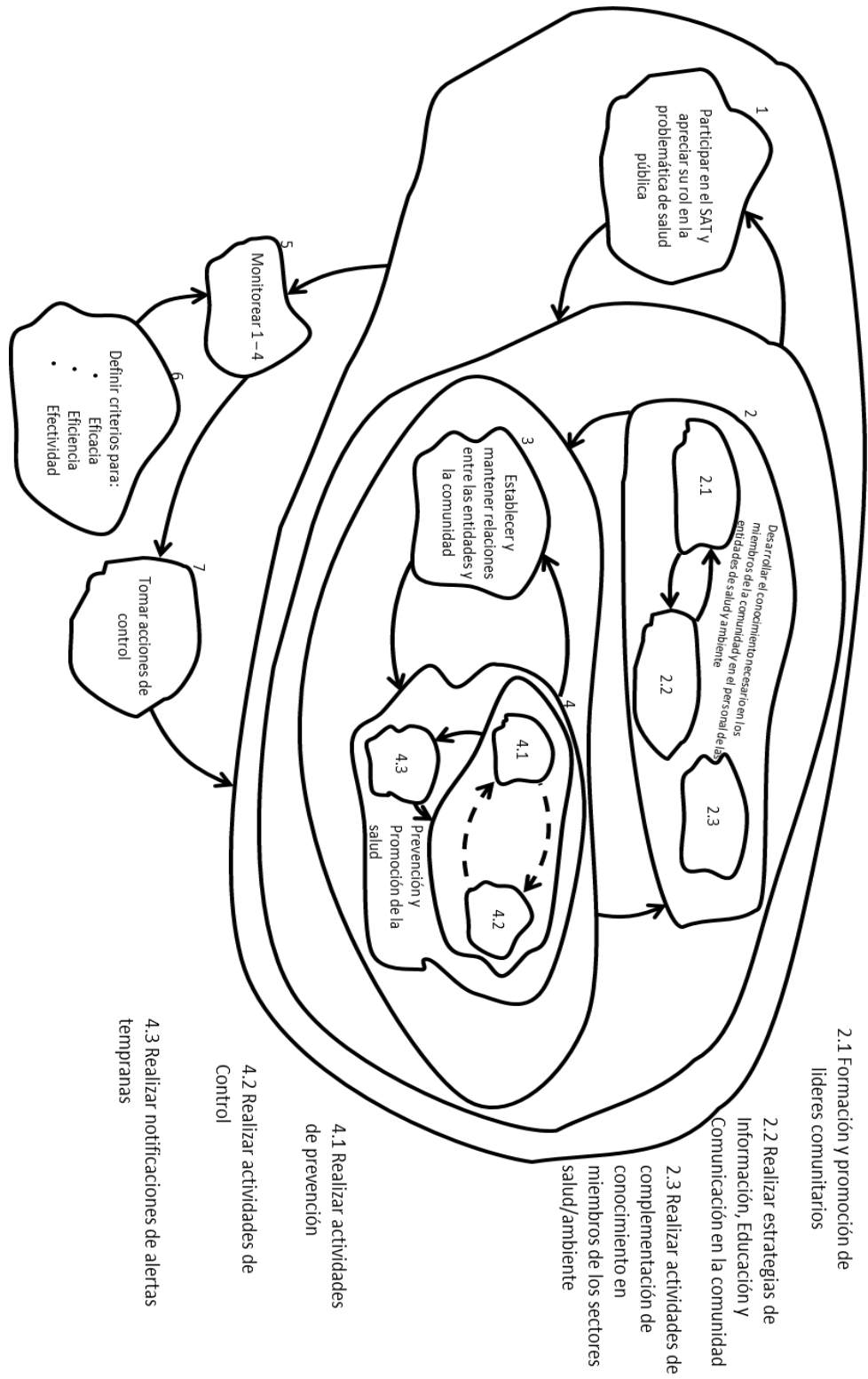
Finalmente, en la última de la actividad de la MSB se definen cambios deseables para mejorar la situación problemática descrita y como resultado surge un conjunto de actividades de la organización expresados mediante un modelo de actividades

humanas con propósito complementado (Figura 12) y consideraciones de conformación de la organización, así como conclusiones y recomendaciones para continuar con un aprendizaje de la organización.

El cambio para mejorar que debe sufrir la situación es la conformación de la organización, esto permitiría dar funcionamiento al SAT. Esta conformación demanda como cambio principal la integración y realización de actividades de la misma, las cuales se definieron a partir de resultados de investigación y la discusión estructurada realizada con diversos actores y que a futuro pueden sufrir cambios y surgir nuevas actividades.

Las actividades de la organización, de acuerdo al modelo de actividades humanas inicial se clasifican en actividades o acciones de educación, acciones de prevención de enfermedades y acciones de control de enfermedades, actividades de control del sistema.

Figura 12: Modelo de actividades humanas complementado del concepto "organización del SAT"



4.4. MODELO FORMAL BÁSICO DE LA ORGANIZACIÓN.

El modelo formal básico de la Organización del SAT fue surgiendo en paralelo con la exploración organizacional presentada en la sección anterior. Con un marco conceptual como base para la construcción del modelo se toman, en primera instancia, elementos organizacionales expuestos en la literatura sobre el desarrollo de Sistemas de Alerta Temprana y se usan los elementos que brindan corrientes del pensamiento sistémico como la Sistemología Interpretativa y el pensamiento sistémico blando en el contexto de las organizaciones. De acuerdo a los elementos de la Teoría Sistémico-Interpretativa de las organizaciones descrita en la sección 3.2, las definiciones iniciales del modelo formal básico de la organización del SAT:

OBJETIVO:

Toda organización tiene un objetivo definido, por el cual se trabaja para alcanzar a través de las actividades de la organización. A pesar de las palabras “alerta temprana”, el objetivo del SAT y de su organización va mucho más allá, el planteamiento del objetivo proviene de las definiciones que inmersas en el área de la salud como *Promoción de la Salud y Atención Primaria en Salud* entre otras.

Estas definiciones apuntan a un enfoque claro que consiste en la prevención en lugar que el tratamiento, a tratar etapas tempranas de las enfermedades, a mejorar las condiciones sociales que permitan lograrlo.

De acuerdo a la anterior, el objetivo propuesto para la organización del SAT es **“La prevención, control y alerta temprana de enfermedad infecciosas, como la enfermedad de Chagas y el Dengue, en las comunidades en riesgo de la ciudad de Bucaramanga”**. Esta definición implica una serie de actores y actividades que también son elementos del modelo de organización.

ACTORES:

Los actores (personas, grupos, organizaciones) son aquellos que toman decisiones o realizan actividades en una organización social. El objetivo del macro-proyecto, en el que está enmarcado este trabajo de investigación, incluye la participación de la **comunidad**, lo que los convierte en el primer y principal actor. Como parte de esta comunidad, un elemento importante dentro de la propuesta es el denominado Trabajador Comunitario en Salud (TCS), que son miembros de la comunidad que

trabajan casi exclusivamente en entornos comunitarios. Se desempeñan como enlaces entre los consumidores de servicios de atención de salud y los proveedores a fin de promover la salud en grupos que tradicionalmente han carecido de acceso a una atención de salud adecuada (Witmer, Seifer, Finocchio, & O'Neal, 1995). En el marco del macro-proyecto, se entrenaron algunos TCS a través de un Diplomado en Salud Comunitario, de carácter gratuito ofrecido por la Universidad Industrial de Santander.

También en el macro-proyecto se cuenta con la participación de la entidad de cuidado ambiental de la ciudad (CDMB) y algunas instituciones del sector salud. El **sector salud** como actor, está compuesto a su vez de actores cuyas actividades están directamente relacionadas con el cuidado de la salud, tanto la prevención como el tratamiento son actividades fundamentales del sector salud. Entre los actores del sector salud encontramos los médicos, enfermeras, estudiantes de medicina y áreas relacionadas y personal de trabajo de campo.

De acuerdo a los determinantes de la salud, además de factores sociales y económicos, existen factores ambientales que determinan el estado de salud de los individuos (Organización Mundial de la Salud, 2009) y que hacen fundamental el trabajo del **sector ambiente** en las comunidades, principalmente por la zona en que está ubicada la ciudad, rodeada de bosques, que favorece la existencia de enfermedades como la enfermedad de Chagas y el Dengue.

Además de estos actores, algunos de los cuales son mencionados en la literatura sobre sistemas de alerta temprana, también hay otros actores principales que deben participar en los sistemas de alerta temprana (International Strategy for Disaster Reduction - ISDR, 2006, pág. 4). Estos actores incluyen **autoridades locales y nacionales** (diferentes a salud o ambiente), que tengan alto grado de conocimiento de los riesgos y participen en la tarea de implementar y mantener el SAT, **Organizaciones no gubernamentales, organismos internacionales y el sector privado**, que apoyen en la tarea de genera conciencia en las personas, coordinación, asistencia, fomento de intercambio de información, entre otras actividades complementarias. La **comunidad científica y académica** juega también un papel crucial al ofrecer insumos científicos y técnicos para ayudar a los gobiernos y comunidades a desarrollar sistemas de alerta temprana.

ACTIVIDADES:

Las actividades de la organización son las acciones que realizan los actores de la misma que permiten la consecución de sus objetivos. Las actividades que son parte de la organización pueden ser las ya realizadas por las entidades, o pueden incluir

actividades nuevas que sean propuestas. La identificación de estas actividades y propuesta de nuevas son parte de la exploración organizacional que se realizó con los actores y el equipo de investigación y se presenta en la siguiente sección.

Las actividades de la organización son de varios tipos de acuerdo a los diversos aspectos que contempla la organización en la problemática de salud pública, Entre dichos aspectos se encuentran, el educativo, la prevención de enfermedades, el control de enfermedades.

RECURSOS:

Los recursos de la organización apoyan la realización de las actividades de la misma que hacen posible lograr los objetivos fijados de la organización. Muchos de estos recursos son parte de las entidades que son parte de la organización. De acuerdo al tipo de actividad pueden ser clasificados así:

- **Recursos de comunicación:** Estos comprenden recursos que permiten a los actores enviar y recibir información que permita realizar las acciones en la comunidad en riesgo. Entre ellos teléfonos móviles, computadores, Call-centers, sitios web de las entidades.
- **Recursos de prevención y promoción:** Estos comprenden aquellos recursos usados para fomentar y realizar la prevención de enfermedades y la promoción de la salud. Material de tipo educativo para enseñar a los estudiantes de las escuelas de la problemática de salud, material para la realización campañas informativas, material para protección de las familias contra insectos y otros animales.
- **Recursos de atención a enfermos:** Los recursos de atención los brinda principalmente el sector salud a través de los centros de salud disponibles cerca a las áreas de riesgo, estos recursos son usados para la atención de personas (diagnóstico, tratamiento, etc.)

ENTORNO SOCIO-ORGANIZACIONAL:

La denominada organización del SAT, está compuesta a su vez por entidades a su interior que mantienen un entorno socio-organizacional propio, compuesto por las relaciones entre los actores propios de cada organización. En la medida en que los actores de una organización gesten relaciones con los actores de otra organización

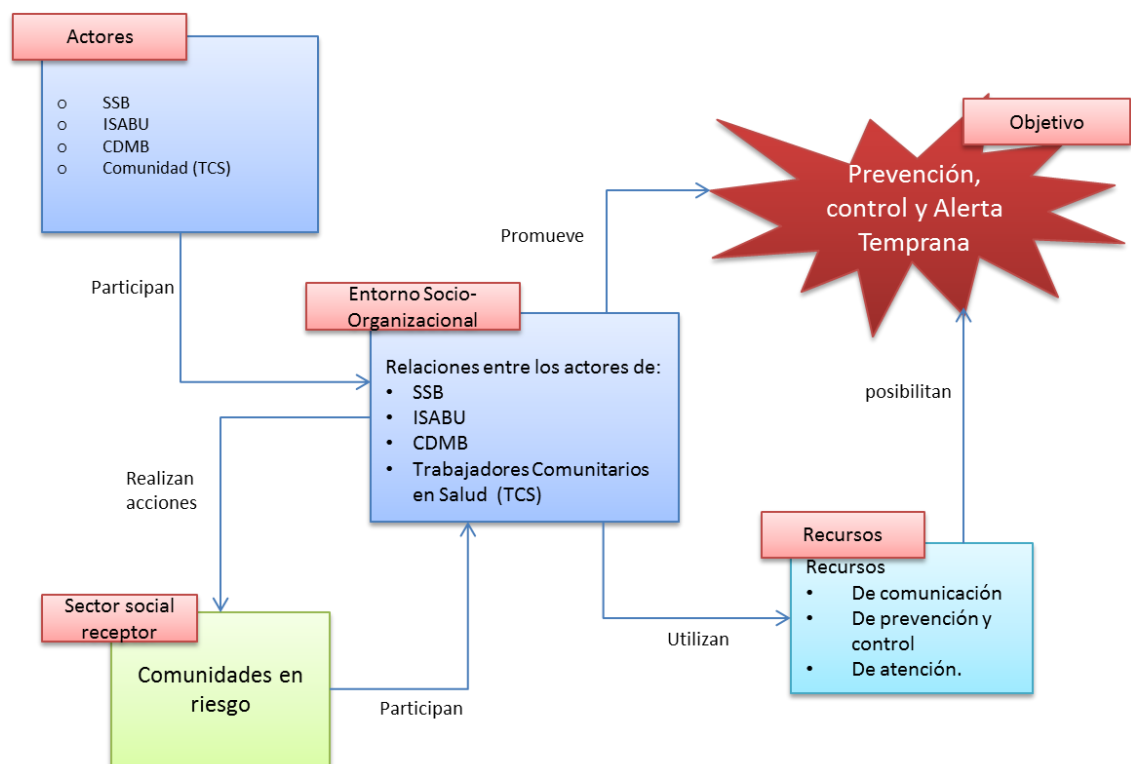
y con la comunidad, emerge una micro sociedad, en última mantenida por las actividades que se realicen con para realizar el objetivo de la organización del SAT.

SECTOR SOCIAL RECEPTOR:

El sector social que es beneficiario de la organización del SAT, está conformado por las comunidades que se encuentran en riesgo y son vulnerables a la aparición y propagación de enfermedades infecciosas. Como bien o servicio recibido esta la prevención y control representado en la salud de la comunidad.

Estos son los principales elementos identificados a partir de la teoría interpretativa de las organizaciones enmarcadas en la situación estudio del presente trabajo de investigación y que se ilustra en conjunto en la Figura 13.

Figura 13: Modelo formal básico de la organización del SAT



5. SOSTENIBILIDAD DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA

Este capítulo presenta consideraciones para la sostenibilidad del Sistema de Alerta Temprana (SAT) surgidas de características de la situación observadas en el transcurso de la investigación tanto del macro-proyecto como de la investigación realizada para el presente trabajo de investigación a nivel de Maestría.

NOCIÓN DE SOSTENIBILIDAD:

El diccionario de la Real académica de la Lengua presenta una noción de sostenibilidad como la cualidad de sostenible¹⁷, la cual a su vez expresa como la cualidad de un proceso de mantenerse a sí mismo, sin merma de los recursos existentes. Se considera entonces que algo sostenible permanece en el largo plazo y se mantiene a sí mismo.

DE LA LITERATURA DE SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA SOBRE SOSTENIBILIDAD:

De acuerdo a la revisión de la literatura, existen diversos factores que aportan a la sostenibilidad de un sistema de alerta temprana, factores que son transversales a los cuatro elementos que comprenden un sistema de alerta temprana basado en comunidad (Conocimiento de riesgos, Servicio de seguimiento y alerta, Difusión y comunicación, Capacidad de respuesta -ver sección 2.1-); que al momento de diseñar y mantener sistemas eficaces de alerta temprana, es necesario tomar en cuenta:

Una gobernabilidad adecuada y acuerdos institucionales muy bien establecidos contribuyen al exitoso desarrollo y a la sostenibilidad de sistemas sólidos de alerta temprana (International Strategy for Disaster Reduction - ISDR, 2006, pág. 3). Un marco jurídico y reglamentario estimula la gobernabilidad y se refuerza a través del compromiso político a largo plazo y arreglos institucionales eficaces. También es necesario establecer coordinación y comunicaciones verticales y horizontales entre los participantes en la alerta temprana.

Para desarrollar sistemas de alerta temprana es indispensable comprender que cada grupo de personas tiene vulnerabilidades distintas en función de su cultura, género u otras características que inciden en su capacidad de prepararse

¹⁷ <http://lema.rae.es/drae/?val=sostenible>

eficazmente para afrontar los desastres, prevenirlos y responder ante los mismos (International Strategy for Disaster Reduction - ISDR, 2006, pág. 3).

CONSIDERACIONES PARA LA SOSTENIBILIDAD DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA

Siendo las enfermedades infecciosas una problemática que puede permanecer por mucho tiempo en una comunidad, el SAT se constituye como una medida para atender esta problemática y como tal la sostenibilidad del mismo se hace necesaria; La sostenibilidad es entonces una característica indispensable en un sistema de alerta temprana.

Plantear consideraciones para promover la sostenibilidad del SAT requiere de un análisis de las características de la situación encontradas durante la exploración realizada por el equipo de investigación. Se presentan a continuación características de la situación y las consideraciones surgidas a partir de ellas:

Existe un conjunto de actores alrededor de la problemática de salud pública; los actores principales son los miembros de comunidades en riesgo de transmisión de enfermedades, los funcionarios de las entidades de salud que atienden dichas comunidades y los funcionarios de la entidad de ambiente de la ciudad que atienden los problemas ambientales que están relacionados con los factores de riesgo de la presencia de enfermedades. La exploración inicial muestra que muchos de los actores implicados en la problemática tienen poco o nulo conocimiento sobre la problemática que afrontan; este poco o nulo conocimiento se presenta tanto en la comunidad como en algunos de los funcionarios de las entidades.

Si no existe un conocimiento adecuado sobre los problemas de salud pública, los actores no podrán realizar las acciones necesarias para afrontarlos. El conocimiento adecuado es aquel conocimiento sobre las enfermedades y sus características que pueden afectar la comunidad y en el contexto del SAT este conocimiento adecuado incluye la forma de participación en el SAT. De lo anterior surge una consideración y es: *el conocimiento adecuado alrededor de la problemática constituye la base para la participación de los actores del sistema de alerta temprana basado en la comunidad.*

La falta de este conocimiento adecuado, se refleja en la ausencia de una cultura de prevención del problema de salud; en el entorno de la problemática de salud pública existe una cultura de salud asistencial en la cual los problemas de salud se atienden

cuando se presentan. A manera de ejemplo, las epidemias de dengue se presentan periódicamente cada dos o tres años (Instituto Nacional de Salud, 2013) debido a que las acciones para su prevención y control solo se realizan cuando empiezan a aparecer los primeros casos, sin embargo una vez pasada la epidemia, las acciones empiezan a dejar de realizarse. En relación a una cultura; “una cultura surge cuando una comunidad humana comienza a conservar generación tras generación una nueva red de coordinaciones de coordinaciones de acciones y emociones como su manera propia de vivir y desaparece o cambia cuando la red de conversaciones que la constituye deja de conservarse” (Maturana, 1993, pág. 30).

De lo anterior se puede considerar que *el conocimiento adecuado puede generar una cultura de atención al problema que permita participar adecuadamente en el sistema de alerta temprana. Una cultura de prevención que se arraigue con el tiempo requiere de una estrategia caracterizada por acciones racionales conscientes.*

En el contexto de la investigación, se realizaron diversas actividades con recursos del macro-proyecto y promovidas por el equipo de investigación; al término del macro-proyecto y desaparezca como agente propulsor de actividades, debe existir un agente que motive la realización de actividades del mismo. Los actores de las entidades relacionadas (salud y ambiente) realizaron diversas actividades en el marco del macro-proyecto debido a la existencia de acuerdos entre el macro-proyecto y las entidades a las que pertenecen, sin embargo fuera del contexto del macro-proyecto, los funcionarios deben realizar las actividades propias de sus entidades las actividades relacionadas al SAT quedan en segundo plano.

Dado lo anterior se puede considerar que *las comunidades y actores de entidades relacionadas necesitan de elementos que motiven su participación en el SAT, esta motivación puede provenir de la debida política que impulse estrategias que permitan la realización de las actividades propias del sistema de alerta temprana.*

UNA ESTRATEGIA DE SOSTENIBILIDAD

De acuerdo a las consideraciones expuestas, impulsar la sostenibilidad del SAT se puede lograr mediante una estrategia educativa que consiste en la realización de acciones educativas que pueden construir y sostener el conocimiento necesario para promover una cultura en torno a la problemática y que permita la participación adecuada de los actores en la problemática de salud pública y en el SAT.

Las actividades educativas se deben realizar en la comunidad y en los funcionarios de las entidades relacionadas, se deben realizar de manera sostenida y así evitar

que el conocimiento y la cultura sobre la problemática se pierdan debido a factores como el cambio generacional, la prioridad de atención a otros problemas del diario vivir, el cambio de funcionarios en entidades, entre otros.

Las estrategias de educación incluyen la realización de actividades en las escuelas desde los primeros grados hasta los grados superiores, enfatizando en la problemática, sus características y las acciones para afrontarla. Así, en el contexto del macro-proyecto, durante un año se realizaron actividades¹⁸ orientadas a esta estrategia en tres escuelas de las áreas de riesgo; además, a través de un trabajo de grado, se desarrolló un ambiente de aprendizaje¹⁹ escolar para apoyar estas actividades.

También se realizó un diplomado que tenía como objetivo la formación de Trabajadores Comunitarios en Salud (TCS), los cuales son personas de la comunidad capacitados en aspectos teóricos y prácticos sobre enfermedades infecciosas que generen movilización social para la promoción de la salud, orientar y proponer alternativas de solución a los problemas de salud pública en sus comunidades (Muñoz Mantilla & Amorocho Pérez, Diplomado en Salud Comunitaria, 2013). Una situación que se observó una vez el diplomado terminó es que pasado un tiempo, el contacto con las personas y las acciones que ellas realizaban se perdieron y la situación volvió a ser la misma.

Adicionalmente se puede realizar actividades para promover la cultura en la comunidad a través de personas como los TCS. Los funcionarios de las entidades pueden complementar sus conocimientos a través de capacitaciones y cursos y así mejorar el trabajo conjunto entre ellos y con la comunidad. Esta estrategia debe ser impulsada de forma exógena por políticas que permitan su realización.

Una estrategia de sostenibilidad es la educación, un proceso educativo consciente construye conocimiento que permite la realización de acciones con sentido en el contexto de la problemática y el SAT y la repetición de esas acciones contribuye a la generación de una transformación cultural en la cual puede el SAT adquiera la característica de auto-sostenibilidad.

¹⁸ Más información en la ponencia: La Dinámica de Sistemas en un proyecto educativo para la sostenibilidad de un Sistema de Alerta Temprana en salud, presentada en el Décimo Congreso latinoamericano de Dinámica de Sistemas, Argentina, 2012.

¹⁹ Ambiente de aprendizaje escolar para apoyar el sostenimiento de Sistema de Alerta Temprana en Chagas, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga 2015. Trabajo de grado en Ingeniería de Sistemas. Autor: Oscar Julian Medrano: Dirección: Hugo Hernando Andrade Sosa

6. FUNDAMENTOS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA ALERTA TEMPRANA

Fundamento (Del lat. *fundamentum*)²⁰.

Principio y cimiento en que estriba y sobre el que se apoya un edificio u otra cosa.

Razón principal o motivo con que se pretende afianzar y asegurar algo.

Raíz, principio y origen en que estriba y tiene su mayor fuerza algo no material.

En este numeral se presentan fundamentos identificados a partir de las tareas de revisión de la literatura, resultados de investigación del macro-proyecto²¹ y el aspecto organizacional (organización del SAT y exploración organizacional). Estos fundamentos son relevantes a la construcción de un Sistema de Alerta Temprana y son aspectos a tener en cuenta para una propuesta de diseño de sistema de información que soporte a la organización del SAT. También pueden sentar una base inicial que pueda ser profundizada y que sirva en el desarrollo de este tipo estrategias contra las amenazas que representa la propagación de enfermedades infecciosas.

Estos fundamentos cubren los aspectos más relevantes que se observaron en la tarea de definir el sistema de alerta temprana como una organización social y un sistema de información, objetivo del presente trabajo de investigación, por lo que, en concordancia con lo expuesto por Checkland respecto a los sistemas de información²², el sistema que sirve (un sistema de información) se construye a partir de una conceptualización del sistema que es servido (una organización).

El diseño del sistema de información como soporte de la organización del SAT se basa en los siguientes fundamentos:

- Fundamento teleológico
- Fundamento organizacional
- Fundamento de la sostenibilidad
- Fundamento epidemiológico
- Fundamento de proceso de alerta temprana
- Fundamento educativo
- Fundamento de tecnologías de información

²⁰ <http://lema.rae.es/drae/?val=Fundamento>

²¹ Resultados obtenidos en el aspecto social, en especial con el trabajo con la comunidad y con las entidades participantes.

²² "Cuando un sistema A soporta uno B, es obvio que no se puede conceptualizar o diseñar A hasta que se haya conceptualizado B" (Checkland & Poulter, Learning for Action: A short Definitive Account of Soft Systems Methodology and its use for Practitioners, Teachers and Students, 2006, pág. 113)

FUNDAMENTO TELEOLÓGICO²³

Las palabras “alerta” y “temprana” intuitivamente expresan un objetivo de comunicar o *alertar* con suficiente tiempo de antelación cuando ocurren eventos que representan un riesgo para una comunidad, ejemplo la aparición de casos de alguna enfermedad infecciosa que tenga el potencial de dispersarse en la población. Sin embargo, tratándose de algunas enfermedades como la enfermedad de Chagas o el Dengue, existen factores de riesgo asociados a las mismas que pueden ser disminuidos y así evitar la aparición de casos de la enfermedad. De acuerdo al marco conceptual, estas actividades caen en la definición de promoción de la salud. Por lo anterior podemos decir que un sistema de alerta temprana para enfermedades infecciosas persigue un conjunto de objetivos, entre ellos la prevención de aparición de casos de enfermedades.

Por diversos factores, no siempre es posible evitar la ocurrencia de casos de una enfermedad en una comunidad, por lo tanto, la alerta temprana para una reacción rápida y adecuada y el control de dichas enfermedades también son objetivos indispensables y complementan el conjunto de objetivos del sistema de alerta temprana. Como el sistema de información se diseña para soportar el SAT, el mismo debe ser diseñado teniendo en cuenta soportar las actividades que son el medio por el cual se cumple el objetivo del sistema de alerta temprana.

El objetivo principal de un Sistema de Alerta Temprana en Salud pública es la prevención, control y respuesta a alerta temprana ante la presencia de enfermedades que afecten a una comunidad.

FUNDAMENTO ORGANIZACIONAL

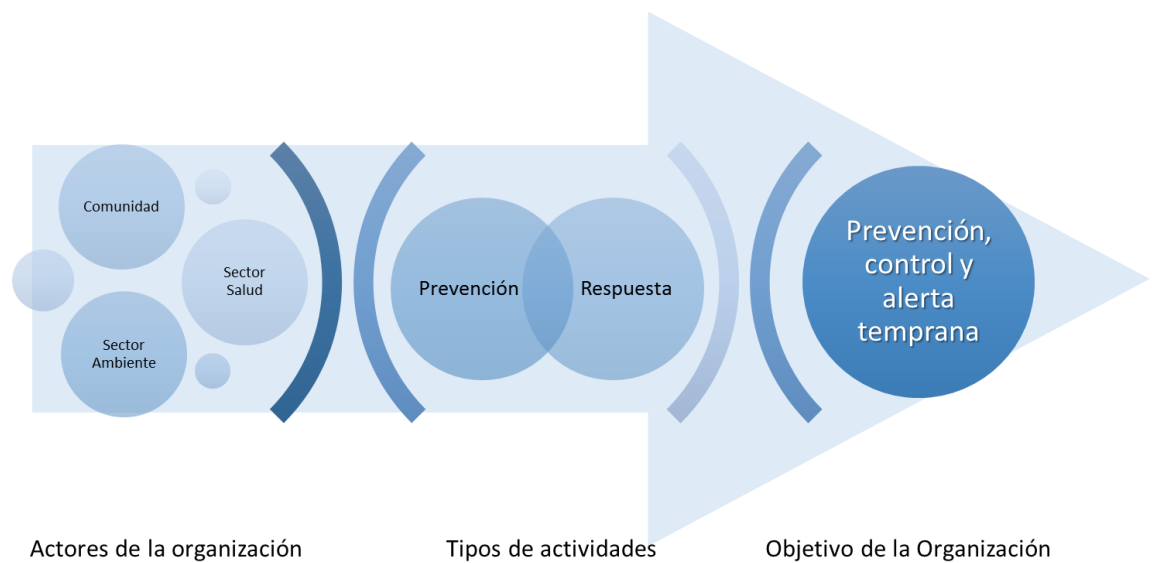
“Nadie crea un sistema de información para su propio beneficio” (Checkland & Poulter, Learning for Action: A short Definitive Account of Soft Systems Methodology and its use for Practitioners, Teachers and Students, 2006, pág. 113), un sistema de información soporta un conjunto de actividades que tienen cierto propósito. El fundamento organización es central en las bases para el diseño del sistema de

²³ Pertenciente o relativo a la teleología [<http://lema.rae.es/drae/?val=teleológico>], Teleología: Doctrina de las causas finales, [<http://lema.rae.es/drae/?val=teleología>]

información para la alerta temprana, que en este caso presenta la particularidad que la organización que soportaría no está formalmente constituida. Generalmente los Sistemas de Información se diseñan y se desarrollan para ser implementados en las organizaciones y contribuir a la realización de los objetivos de las mismas buscando optimizar los recursos y agilizar los procesos.

En el contexto de la problemática de salud pública, debido a que un conjunto de actores (comunidad, sector salud, sector ambiente) que se relacionan para realizar una serie de actividades (actividades de prevención, actividades de respuesta) que buscan un conjunto objetivos (Prevención, control y alerta temprana), estos elementos pueden considerarse parte de una organización social.

Figura 14: Proceso operativo de la organización del SAT



Un sistema de información puede soportar las actividades de la misma, para lo cual deberá realizarse el proceso de obtención de requisitos que demanda la construcción de cualquier sistema de información por alguno de los métodos para ello.

Un sistema de alerta temprana en salud, centrado en las personas, debe formar una organización social que involucre a personas (actores de la organización) que realicen actividades de diversos tipos que permitan realizar el (los) objetivo (s) de la Organización y del sistema de alerta temprana.

FUNDAMENTO DE SOSTENIBILIDAD

La sostenibilidad es la capacidad de algo de mantenerse en el tiempo y es una característica necesaria en un sistema de alerta temprana basado en comunidad que se quiera establecer como una medida contra las problemáticas de salud pública. Diversos factores influyen en la sostenibilidad de un sistema y deben estudiarse de acuerdo a la situación donde se implemente un sistema, sin embargo en general, un factor común y fundamental para la sostenibilidad es el conocimiento de los actores involucrados en la problemática y las estrategias educativas que lo promueven.

FUNDAMENTO EPIDEMIOLÓGICO

La epidemiología es el estudio de la distribución y los determinantes de estados o eventos (en particular de enfermedades) relacionados con la salud y la aplicación de esos estudios al control de enfermedades y otros problemas de salud. Hay diversos métodos para llevar a cabo investigaciones epidemiológicas: la vigilancia y los estudios descriptivos se pueden utilizar para analizar la distribución, y los estudios analíticos permiten analizar los factores determinantes (Organización Mundial de la Salud, 2013).

El diseño del sistema de información puede contemplar un componente donde se maneje el conocimiento de la epidemiología de una enfermedad. Esta información puede cambiar constantemente, por lo cual el sistema debe brindar alternativas para que usuarios expertos introduzcan la información del cambio de las características. Que el sistema cuente con esta información le permitiría establecer condiciones para identificar los momentos donde sea mayor la posibilidad de presencia de la enfermedad y por tanto la generación de alertas. Por ejemplo, la enfermedad de Chagas tiene varias formas de transmisión, siendo la vía oral la que genera mayor preocupación en la ciudad de Bucaramanga. La dinámica y la ocurrencia de los diferentes mecanismos de transmisión de la enfermedad de Chagas variarán de acuerdo con las condiciones y circunstancias de cada región, local y momento (Fundación Oswaldo Cruz).

Un componente basado en este fundamento requeriría de uso de modelos, uso de la estadística, inteligencia artificial y otras áreas que no se contemplan en los alcances de este trabajo de investigación.

Incluir información de la epidemiología de las enfermedades tanto en la organización (sus actores y actividades) como en el sistema de información (a través de modelos o estadísticas modificables) permite al Sistema de Alerta Temprana cumplir con su (s) objetivo (s) de forma más eficiente al graduar el nivel sus actividades de acuerdo al nivel de riesgo que se presente en la comunidad en un momento dado.

FUNDAMENTO DE PROCESO DE ALERTA TEMPRANA

Los sistemas de alerta temprana funcionan bajo un proceso cíclico entre los aspectos operacionales del mismo: monitoreo y predicción, la comunicación de las alertas y las acciones de respuesta (United Nations Environment Programme, 2012, pág. 4). Estos aspectos deben estar presentes en la organización y en un sistema de información que soporte a la misma, especialmente si se piensan como el enfoque de sistemas de alerta temprana centrados en la población, recomendados por el programa para la promoción de la alerta temprana de las naciones unidas²⁴. De acuerdo a lo dispuesto sobre sistemas de alerta temprana centrados en la población (ver sección 2.1.), cada elemento se relaciona con el diseño del sistema de información de la siguiente forma:

- **Conocimiento de riesgos:** El diseño debe considerar incluir componentes para soportar las acciones relacionadas al conocimiento de riesgos y que permitan realimentar el sistema, estas actividades son principalmente de carácter educativo (Fundamento educativo).
- **Monitoreo y predicción:** El sistema debe incluir componentes de seguimiento/vigilancia o conexión a sistemas de seguimiento ya establecidos.
- **Difusión y comunicación:** Este elemento es en el que sistema de información hace su mayor aporte, permitiendo comunicar y difundir la información pertinente a los actores adecuados.
- **Capacidad de respuesta:** La capacidad de respuesta es una actividad que se sirve del proceso de alerta temprana, al recibirse alertas es trabajo de los actores indicados realizar los procedimientos establecidos. El sistema de

²⁴ <http://www.unisdr.org>

información puede proveer esa información y también realizar el registro de las actividades realizadas y el resultado de las mismas.

La organización de un sistema de alerta temprana centrado en la comunidad, y el sistema de información que la sirve, contemplan la incorporación de los elementos del proceso de la alerta temprana (Conocimiento de riesgos, monitoreo y predicción, difusión y comunicación y capacidad de respuesta) y establece la relaciones que permite que funcionen de manera conjunta para lograr el objetivo del sistema.

FUNDAMENTO EDUCATIVO

Para hacer uso de un sistema de alerta temprana, los actores involucrados deben tener el conocimiento de los riesgos que enfrentan y el uso del sistema de alerta temprana; de nada sirve establecer un sistema de alerta temprana si las personas no lo van a usar. Por esta razón es necesario que la implementación de un sistema de alerta temprana contemple acciones de información, educación y comunicación entre los actores involucrados tales como la comunidad, personal médico, personal de entidades de ambiente. Esto involucra el conocimiento de cualquier sistema de información que sea parte del sistema de alerta.

La educación permite que los actores tengan el conocimiento necesario sobre diversos aspectos de la problemática, tales como las enfermedades, factores de riesgo, promoción de la salud, prevención de las enfermedades, alerta temprana, respuesta, entre otros. Diversas estrategias pueden ser adoptadas y para ellas un sistema de información puede desempeñar un papel de soporte a las mismas y a su vez obteniendo información de los resultados de las labores educativas. El uso de diversas herramientas modernas como foros, blogs, redes sociales entre otros puede apoyar esta labor y se pueden integrar al sistema de información.

La inclusión de actividades de educación en el sistema de alerta temprana, fomentadas por la organización y con el soporte de un sistema de información, provee el conocimiento necesario para la realización de las actividades que aportan al funcionamiento del sistema de alerta temprana y lo mantienen operando. Estas

actividades deben realizarse de forma continua como requisito para la sostenibilidad del sistema (Fundamento de sostenibilidad)

FUNDAMENTO DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN

La idea comúnmente difundida de tecnología está asociada a los aparatos electrónicos (o su uso), los cuales cada vez son más comunes, con mejores características y más accesibles. Estos aparatos corresponden a productos de la tecnología y no a la tecnología propiamente dicha. La tecnología el hacer fundado en el saber, es la cara visible de la ciencia. Por lo tanto, al hablar de Tecnologías de Información (TI) se describen aquellos elementos de la acción, incluyendo personas, artefactos y procesos, que se relacionan con el manejo de la información y que se fundamentan en los desarrollos teóricos tomados de las ciencias de la información, las ciencias de la computación, las ciencias administrativas y las ciencias de sistemas (Andrade Sosa & Gómez Flórez, Tecnología Informática en la Escuela, 2009).

De acuerdo a esta definición, la inclusión de TI en el sistema de alerta temprana es establecer los artefactos que son usados por las personas para apoyar los procesos de la organización del SAT. La inclusión de TI es posible en varios de los aspectos o etapas del sistema de alerta temprana como el reporte de información desde fuentes a través de dispositivos como teléfonos móviles, tabletas, computadores portátiles.

El sistema de alerta temprana puede servirse del uso de dispositivos tecnológicos a través de la incorporación de los mismos en el sistema de información que lo soporta. La inclusión de estos dispositivos deber ser de aquellos que están disponibles en el diario vivir de las personas tales como teléfonos móviles, internet, radio, televisión etc. y no la imposición de dispositivos especializados que generen costos adicionales.

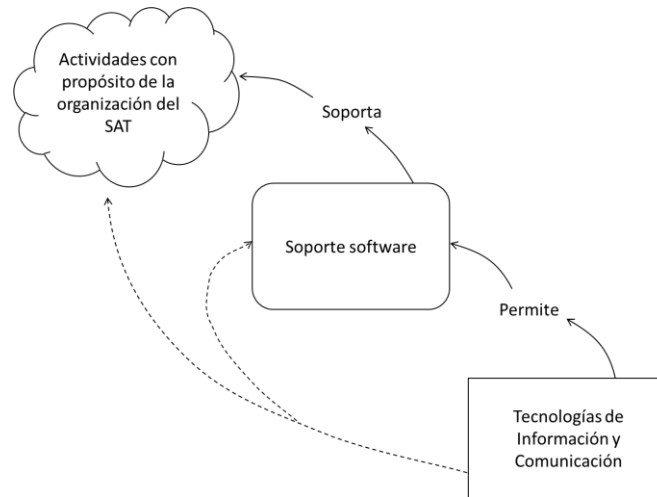
7. DISEÑO A ALTO NIVEL DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA EL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA

Este capítulo presenta el diseño de alto nivel del soporte software para la organización del SAT. El diseño del sistema se aborda siguiendo los aportes presentados por Checkland en el área de sistemas de información, cuya naturaleza es ayudar, soportar o habilitar personas que realizan actividades con algún propósito, en este caso los actores pertenecientes a la organización del SAT. El diseño parte de la exploración de los elementos organizacionales, en particular el sistema de actividades humanas con propósito que surge de la misma y toma en cuenta los fundamentos especificados.

7.1. DISEÑO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN ORIENTADO POR LA MSB

Los sistemas de información se diseñan habitualmente para una organización ya establecida, la cual es objeto de estudio previo para la obtención de los requerimientos necesarios, que son analizados para realizar la propuesta de diseño del sistema. En este trabajo de investigación nos preguntamos por el Sistema de Información (SI) que sirva de soporte a la organización del SAT. A partir de la exploración organizacional y bajo los fundamentos especificados, el modelo formal básico de organización del SAT y su modelo de actividades humanas, se realiza la formulación del diseño del soporte software de acuerdo al proceso de diseño según Checkland (Figura 15).

Figura 15: Soporte de la organización del SAT. Relación entre TI, SI y actividad de la organización,



Fuente: Adaptado de (Checkland & Poulter, Learning for Action: A short Definitive Account of Soft Systems Methodology and its use for Practitioners, Teachers and Students, 2006, pág. 114)

7.2. IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE REQUISITOS DE ARQUITECTURA

El proceso de identificación de requisitos parte del estudio de las actividades humanas formuladas para la organización del SAT y del uso del prototipo de sistema de información (realizado a partir de trabajos de grado en pregrado de Ingeniería de Sistemas) y que fue usado en actividades de investigación. De estos requisitos y los fundamentos especificados se pueden identificar requerimientos no funcionales de los cuales se obtienen los requisitos arquitectónicos y se clasifican teniendo en cuenta atributos de calidad deseados para luego emplearlos para proponer la solución arquitectónica del Sistema de Información que soporta a la Organización del SAT. Se puede consultar la lista de requisitos obtenidos para el sistema en el Anexo 2, en esta sección se presentan los requisitos de arquitectura obtenidos a partir de los mismos.

Los atributos de calidad del sistema deseados son:

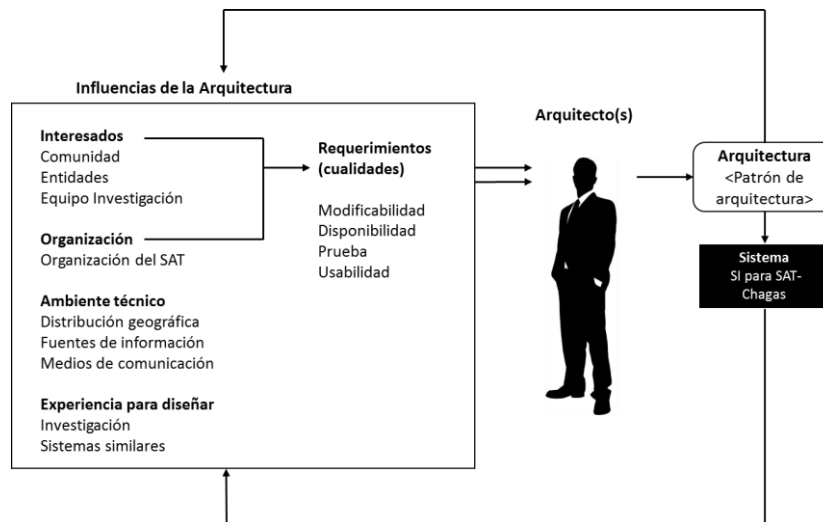
- Disponibilidad
- Capacidad para modificación
- Rendimiento
- Seguridad

- Capacidad para realización de pruebas
- Usabilidad

7.3. SOLUCION ARQUITECTÓNICA

La arquitectura de software es resultado de un conjunto de influencias sobre el arquitecto de software y que orientan el proceso de diseño de la arquitectura. El ciclo de negocios de la arquitectura (ABC – Architecture Business Cycle) ilustrado en la Figura 16 presenta estas influencias sobre el diseño de la arquitectura del sistema de información para la alerta temprana.

Figura 16: Ciclos de Influencia en la arquitectura del Sistema de Información para la alerta temprana



Fuente: Basado en ABC presentado en (Bass, Clements, & Kazman, 2003)

De acuerdo a las influencias, los requisitos arquitectónicos y las características del sistema que se desea diseñar, se ha establecido que el diseño de la arquitectura del sistema siga el patrón arquitectónico de capas. El patrón de arquitectura de capas ayuda a estructurar aplicaciones que se pueden descomponer en grupos de sub-tareas en las que cada grupo de sub-tareas es un nivel particular de abstracción (Buschmann, Meunier, Rohnert, Sommerlad, & Stal, 1996, pág. 31). Adicionalmente este patrón es frecuentemente usado para el diseño de sistemas de información (Buschmann, Meunier, Rohnert, Sommerlad, & Stal, 1996, pág. 47)

La arquitectura de software del sistema muestra el diseño general y no se preocupa por los detalles relacionados con el desarrollo y la implementación del mismo. Estos aspectos deben abordarse al momento de entrar en una fase de desarrollo y requieren de la organización de un equipo de trabajo, asignación de tareas de acuerdo a la arquitectura y especificación detallada de requerimientos funcionales.

El patrón de arquitectura de cuatro capas permite estructurar el significativo número de componentes de presentación y de dominio que representa un sistema de información que soporte los tipos de actividades descritos para la organización del SAT. Este patrón también tiene en cuenta que es posible que las funciones de presentación, proceso de aplicación y manejo de datos se encuentren separadas físicamente. Adicionalmente permite plantear un diseño de sistema que permita a futuro la interconexión con otras aplicaciones e interfaces de usuario en diversos dispositivos. El patrón de arquitectura de cuatro capas se estructura de la siguiente manera:

Figura 17: Patrón de arquitectura de cuatro capas



Fuente: Basado en patrón de arquitectura de capas (Buschmann, Meunier, Rohnert, Sommerlad, & Stal, 1996, pág. 47)

Capa de presentación: Esta capa contiene las interfaces de usuario del sistema de información. Cualquier interfaz de usuario nueva que se cree se colocará en esta capa.

Capa de lógica de aplicación: Esta capa media entre los diferentes componentes de interfaz de usuario y los componentes en la capa de modelo de dominio. Esta capa es responsable por el flujo de aplicación de las diversas partes del sistema.

Capa de dominio: Esta capa contiene los componentes u objetos que hacen parte del modelo del dominio. El modelo de dominio es una representación de los conceptos del mundo real pertinentes a la situación que se quiere modelar en software.

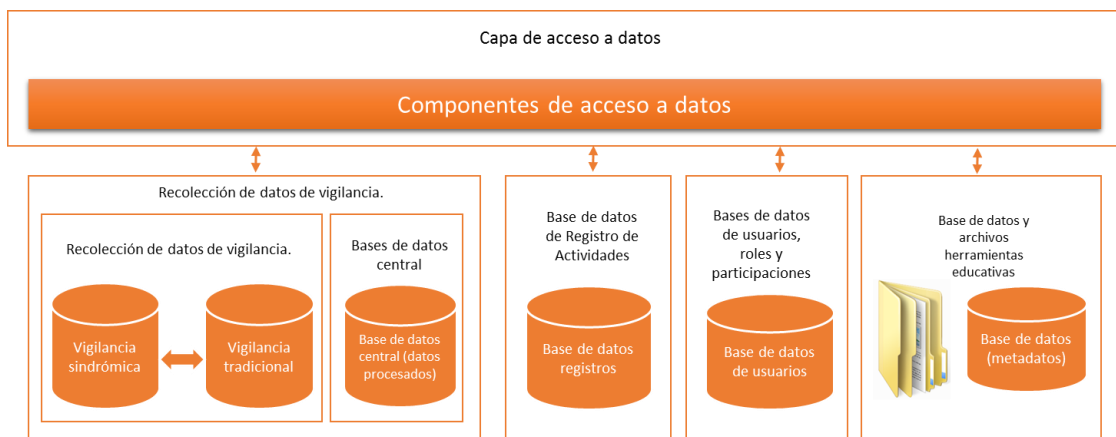
Capa de Base de datos: Esta capa contiene los objetos que representan la conexión ya con entidades externas como otras aplicaciones o acceso a datos.

Las características del modelo formal de organización y sus actividades, los fundamentos identificados y los beneficios que provee el patrón arquitectónico de capas son la base para definir el diseño de alto nivel (arquitectónico) del soporte software de la organización del SAT y que se presenta a continuación (se puede encontrar el proceso de formulación más detallado en el anexo 2):

7.3.1. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES ARQUITECTÓNICOS

La arquitectura del sistema de información está conformada por cuatro capas, cada una de las cuales hace uso de las capas anteriores (capas inferiores en el esquema). Se presenta a continuación la descripción de cada una de las capas.

Figura 18: Capa de Base de Datos



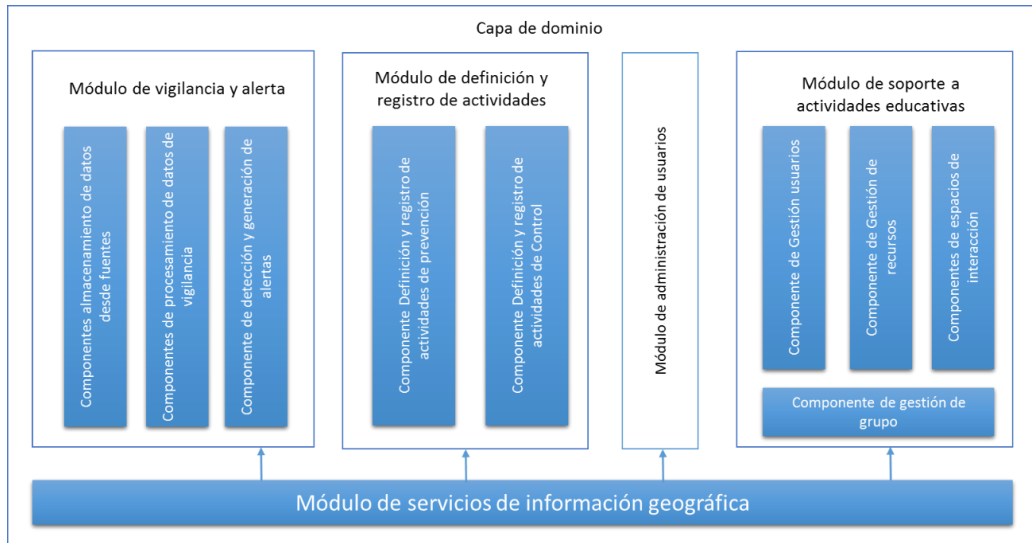
La primera capa es la que permite el acceso a los datos y archivos del sistema (Figura 18). Contiene los componentes necesarios para el acceso a los datos y los recursos que usan las capas superiores.

Los datos y los archivos están compuestos de la siguiente manera:

- **Recolección de datos de vigilancia:** Estas bases de datos contendrían los datos provenientes de las fuentes de datos de la vigilancia tradicional (casos, reporte de laboratorio, etc.) y los datos de la vigilancia sindrómica (síntomas, reporte de vectores, etc.). Estos datos serían procesados para eliminar aquellos datos que no son útiles y serían guardados en una base de datos para datos procesados.
- **Registro de actividades:** Esta base de datos contendría los datos relacionados a las actividades que se realicen en comunidad tanto de prevención como de control.
- **Usuarios, roles y participaciones:** Esta base de datos central contiene los datos de los usuarios del sistema. Existen usuarios globales y usuarios específicos. Por ejemplo, los usuarios que participan en estrategias educativas no necesariamente son usuarios del sistema global. También comprende usuarios como el administrador, los trabajadores comunitarios en Salud, usuarios de entidades de salud, de ambiente, etc.
- **Base de datos y sistema de archivos de herramientas educativas:** Esta base de datos contiene todos los datos y metadatos relacionados al componente educativo del sistema. Así también el sistema de archivo contiene recursos usados en las estrategias educativas del sistema.

Así la capa de acceso a datos tendría los componentes necesarios para acceso a las diferentes bases de datos del sistema. Estas bases de datos no necesariamente se encontrarían en una misma máquina física.

Figura 19: Capa de dominio



La segunda capa es la capa de lógica de dominio (Figura 19), en esta capa se encuentran los módulos y componentes que realizan funciones del sistema y está compuesta por:

- **Módulo de vigilancia y alerta:** Este módulo está a su vez conformado por tres componentes; el *componente de almacenamiento de datos desde fuentes* recibe los datos de las diversas fuentes a través de la capa de servicios y los almacena en las bases de datos dependiendo si son datos de vigilancia tradicional o vigilancia sindrómica. El *componente de procesamiento de datos de vigilancia* toma los datos de las bases de datos de vigilancia, los procesa y los guarda en la base de datos central. Este proceso depura los datos y busca mejorar la sensibilidad y especificidad del sistema en la detección de casos y emisión de alertas. Y el *componente de detección y generación de alertas* en el cual se pueden incluir algoritmos de detección o puede ser accesado por un usuario (con conocimiento necesario) para el análisis de los datos y genere alertas para la examinar posibles casos o para un posible brote de una enfermedad.
- **Módulo de definición y registro de actividades:** Este módulo procesa y almacena la información de las actividades de prevención y control que se realicen. Este módulo permitiría reportar datos al módulo de vigilancia y alerta dependiendo de las actividades que se definan y los datos que proporcionen, que sean útiles para el establecimiento de alertas.

- **Módulo de soporte a actividades educativas:** Este módulo provee el soporte a las actividades educativas que se realicen proporcionando acceso a herramientas y material educativo al momento que se utilicen. Este módulo tiene su propia gestión de usuarios, gestión de grupos, acceso a recursos y espacios de interacción. Pueden existir una o varias estrategias educativas que comparten este módulo.
- **Módulo de administración de usuarios:** Este módulo se encarga de la administración de los usuarios del sistema en sus diferentes roles y actividades.
- **Módulo de servicios de información geográfica:** La información geográfica es indispensable en el sistema, este módulo proporciona asistencia para la ubicación de actores, casos, vectores y todo elemento que sea necesario georreferenciar.

Figura 20: Capa de servicios



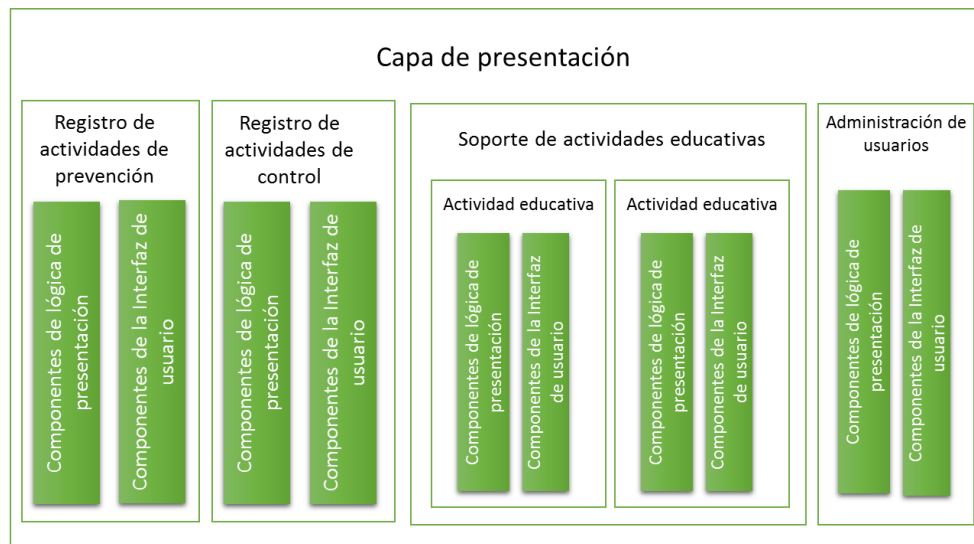
La capa de lógica de aplicación (Figura 20) o también llamada capa de servicios (Fowler) provee los servicios necesarios que permiten interactuar a las interfaces de usuario con la lógica y reglas presentes en la capa de dominio. La capa de servicios está formada por los siguientes módulos:

- **Interfaces de servicios de vigilancia y alerta:** Este módulo provee la interacción entre los diferentes elementos de entrada de datos y generación de alertas y notificaciones. Los datos que recibe el sistema son de varios tipos y proviene de diversas fuentes como el reporte directo de los usuarios a través de la interfaz web del sistema, aplicaciones móviles, a través de un usuario Call Center y otras fuentes que se puedan definir. Los usuarios pueden reportar la presencia de casos de fiebres, la presencia de vectores,

así como ciertos datos pueden provenir de las actividades de prevención y control que son realizadas por los usuarios del sistema. De igual forma los datos también pueden provenir de sistemas externos realizando la debida implementación.

- Interfaces de servicios de registro de actividades: Este módulo provee la interacción a los componentes de interfaz de usuario para el registro de los datos asociados a la realización de actividades de prevención y control en la comunidad.
- Interfaces de servicios de soporte a actividades educativas: Este módulo provee la interacción para la definición y el soporte de realización de actividades educativas. Entre las actividades educativas se encuentra la realización de cursos, diplomados, actividades escolares que pueden contar con el soporte del sistema a través de la disposición de ambientes y recursos para su realización.
- Interfaces de servicios de gestión de usuarios: Provee la interacción con la administración de usuarios, tanto por cada usuario como el administrador de usuarios en los diversos módulos del sistema.

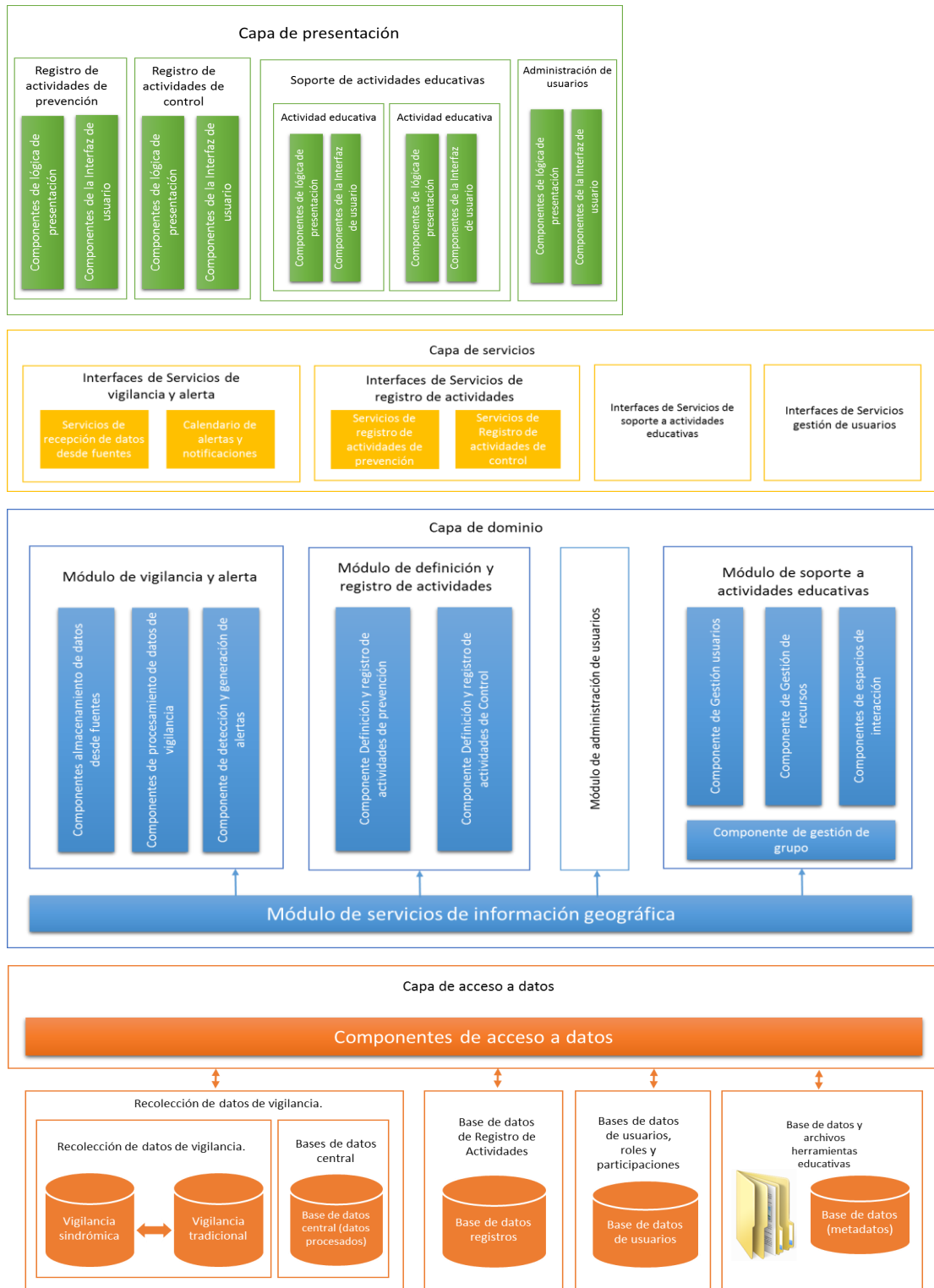
Figura 21: Capa de presentación



Finalmente la capa de presentación (Figura 21) contiene los elementos de las interfaces de usuario de las diversas características del sistema de información. Estas interfaces de usuario del sistema usan los servicios de la capa de servicios y se pueden implementar a través del interfaces web, sin embargo gracias a la arquitectura, también pueden ser interfaces de usuarios desde aplicaciones de escritorio o aplicaciones de dispositivos móviles.

El diagrama completo de la propuesta de arquitectura de software para el sistema de información para la alerta temprana se presenta en la Figura 22.

Figura 22: Arquitectura del Sistema de información del SAT



7.3.2. ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS

Se presenta una serie de orientaciones arquitectónicas a tener en cuenta al momento de continuar con el diseño detallado y la implementación del Sistema de Información que soporta la organización del SAT. Estas orientaciones guían el proceso de diseño y proponen tecnologías que puedan ser usadas para su desarrollo.

- La arquitectura del sistema de información está pensada para un sistema cliente-servidor con la posibilidad de separación física de sus componentes e interacción otros sistemas y dispositivos.
- Con el fin de evitar costos en licencias de software puede utilizarse una tecnología de desarrollo no propietaria y orientada a objetos y a servicios, por ejemplo Java.
- Se recomienda conservar la separación adecuada de acuerdo a la arquitectura con el ánimo de conservar la capacidad de modificación y de agregación de nuevas funciones.
- Se recomienda la utilización de estándares ante la posibilidad de comunicación del sistema de información con sistemas externos.
- Se recomienda utilizar tecnologías del lado del cliente tales como AJAX para la implementación de las interfaces de usuario con el fin de optimización de recursos del servidor y proveer interfaces de fácil uso.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. CONCLUSIONES

- Un sistema de alerta temprana puede pensarse como un sistema conformado principalmente por organización social y un sistema de información que la soporta en la realización de sus actividades. En el contexto de la concepción presentada por Checkland sobre sistemas de información (sistema que sirve, sistema servido), el sistema de alerta temprana es en sí un sistema de información.
- Contrariamente a la idea de “alerta temprana” que denotan la actuación pronta ante la presencia de amenazas, un sistema de alerta temprana en el área de salud pública, es efectivo si evita la ocurrencia de casos de enfermedades, por lo tanto se puede considerar que el principal objetivo de un sistema de alerta temprana en salud pública es la prevención de ocurrencia de casos.
- Los fundamentos especificados y que son base para el diseño del sistema de información, pueden aplicarse para el diseño e implementación de sistemas de alerta temprana con enfoque organizacional y el diseño de sistemas de información que los soporten, esto para sistemas de alerta temprana en diversos lugares y enfermedades de características similares.
- Una estrategia educativa se convierte en un fundamento principal que establece una base para la construcción de un sistema de alerta temprana ya que permite desarrollar el conocimiento adecuado en los diversos actores sobre los riesgos que corren, la realización de las actividades necesarias antes, durante y después de la presencia de emergencias y así cumplir el objetivo del sistema de alerta temprana.
- La ausencia de enfermedades en la comunidad bajo la operación del SAT puede generar una idea contra-intuitiva sobre la necesidad de tener el SAT operando, sin embargo esta situación puede ser indicio de la correcta operación del SAT, ya que se encontraría cumpliendo su objetivo a través de la prevención y por ende debe continuar su operación.

- Implementar un SAT es viable, es posible porque existe el conocimiento para su concepción, existen las herramientas para su implementación, existe la capacidad de formación de las personas y demás factores necesarios. El gobierno puede asumir la construcción de un SAT.

8.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar el trabajo con la comunidad y las instituciones para fortalecer las relaciones que permitan consolidar y formalizar una organización social que se encargue del funcionamiento del sistema de alerta temprana.
- Se recomienda promover la exploración de la organización del SAT una vez formalizada, exploración que puede ser llevada a cabo mediante la aplicación de la Metodología de Sistemas Blandos y que permita conocer más a fondo las situaciones alrededor de las personas, las entidades y las interacciones entre ellos y se genere una dinámica de mejoramiento constante.
- El conocimiento de la problemática y del uso del SAT requiere del establecimiento de estrategias continuas de educación en la comunidad y en las entidades relacionadas, por tanto se recomienda buscar establecer acuerdos y políticas que permitan la realización de dichas actividades.
- Se recomienda continuar el trabajo de diseño mediante la especificación y diseño detallados del sistema de información en base a la arquitectura de software propuesta.
- Se recomienda elaborar una propuesta formal a quien competa donde se especifique el procedimiento para la implementación de un sistema de alerta temprana basado.
- Se recomienda continuar con la realización de pruebas de campo piloto, usando el prototipo de sistema de información y las herramientas de apoyo a las actividades educativas.

BIBLIOGRAFÍA

- Abelsohn, A., Frank, J., & Eyles, J. (2009). Environmental public health tracking/surveillance in Canada: a commentary. *Health-care Policy*, 4(3), 37-52.
- Andrade Sosa, H. H., & Gómez Flórez, L. C. (2009). *Tecnología Informática en la Escuela* (Cuarta ed.). Bucaramanga, Santander, Colombia: Universidad Industrial de Santander.
- Andrade Sosa, H. H., Dyner R., I., Espinosa, Á., López Garay, H., & Sotaquirá, R. (2001). *Pensamiento Sistémico: Diversidad en búsqueda de unidad*. Bucaramanga, Santander, Colombia: Universidad Industrial de Santander.
- Bass, L., Clements, P., & Kazman, R. (2003). *Software Architecture in Practice* (Segunda ed.). Addison Wesley.
- Berger, M., Shiau, R., & Weintraub, J. M. (2006). Review of Syndromic Surveillance: Implications for waterborne disease detection. *Journal of Epidemiology Community Health*(60), 543-550.
- Buehler, J. W., Berkelman, R. L., & Hartley, D. M. (2003). Syndromic surveillance and bioterrorism-related epidemics. *Emerging Infectious Diseases*(9), 1197-1204.
- Buschmann, F., Meunier, R., Rohnert, H., Sommerlad, P., & Stal, M. (1996). *Pattern-Oriented Software Architecture: A system of Patterns*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Cain, D. M., & Detsky, A. S. (2008). Everyone's a little bit biased (even physicians). *Journal of the American Medical Association*, 299(24), 2893-2895.
- Centers for Disease Control. (1992). Lesson five. Public health surveillance. En *Principles of Epidemiology. Self-Study Course 303-G*. Atlanta.
- Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED). (2004). *Thirty Years of Natural Disasters 1974-2003: The Numbers*. Louvain-la-Neuve: UCL Presses Universitaires de Louvain.

- Chambers, L. W., Ehrlich, A., O'Connor, K. S., Edwards, P., & Hockin, J. (2006). Health surveillance: an essential tool to protect and promote the health of the public. *Canadian Journal of Public Health*, 97(3).
- Checkland, P. (1981). *Systems Thinking, Systems Practice*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Checkland, P., & Holwell, S. (1998). *Information, Systems and Information Systems - making sense of the field*. Chichester, England: John Wiley & Sons Ltd.
- Checkland, P., & Poulter, J. (2006). *Learning for Action: A short Definitive Account of Soft Systems Methodology and its use for Practitioners, Teachers and Students*. Chichester, England: John Wiley & Sons Ltd.
- Choi, B. C. (1998). Perspectives on epidemiologic surveillance in the 21st century. *Chronic Diseases in Canada*, 19, 145-151.
- Choi, B. C. (2012). The Past, Present, and Future of Public Health Surveillance. *Scientifica*, 26.
- Committee on Climate, Ecosystems, Infectious Disease, and Human Health. (2001). Toward the Development of Disease Early Warning Systems. En *Under the Weather: Climate, Ecosystems and Infectious Disease* (págs. 86-102). Washington: National Academy Press.
- Declich, S., & Carter, A. O. (1994). Public Health surveillance: historical origins, methods and evaluation. *Bulletin of the World Health Organization*, 72(2), 285-304.
- Evans, A. S. (1982). Surveillance and seroepidemiology. En *Viral Infections of Humans* (págs. 43-64). New York: Plenum press.
- Eylenbosch, W. J., & Noah, N. D. (1988). Historical aspects. En *Surveillance in Health and Disease* (págs. 166-182). Oxford: Oxford University Press.
- Foege, W. H., Hogan, R. C., & Newton, L. H. (1976). Surveillance projects for selected diseases. *International Journal of Epidemiology*, 5(1), 29-37.
- Fowler, M. (s.f.). *Enterprise Patterns*. Recuperado el Abril de 2015, de <http://martinfowler.com/articles/enterprisePatterns.html>

- Fraser, P., Beral, V., & Chilvers, C. (1978). Monitoring disease in England and Wales: methods applicable to routine data-collecting systems. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 32(4), 294-302.
- Fuenmayor, R. (2001). *Interpretando Organizaciones... Introducción a una Teoría Sistémico-Interpretativa de Organizaciones* (Primera ed.). Mérida: Consejo de Estudios de Posgrado, Consejo de Publicaciones, Universidad de Los Andes.
- Fundación Oswaldo Cruz. (s.f.). *Enfermedad de Chagas*. Recuperado el Junio de 2013, de http://www.fiocruz.br/chagas_esp/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=25
- Garcia-Albreu, A., Halperin, W., & Daniel, I. (2002). *Public Health Surveillance Toolkit: A guide for Busy Task Managers*. Washington: World Bank.
- Glantz, M. (2004). *Usable Science 8: Early Warning Systems: Do's and Don'ts*. Shanghai: National Center for Atmospheric Research.
- Guerra González, L. E., Andrade Sosa, H. H., & Muñoz Mantilla, G. (2013). Consideraciones dinámico-sistémicas para la sostenibilidad de un sistema de alerta temprana en Salud. *Memorias del XIII Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas*. México.
- Henning, K. J. (2004). Overview of Syndromic Surveillance - What is Syndromic Surveillance? *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 53, 5-11.
- Hope, K., Durrheim, D. N., d'Espaignet, E. T., & Dalton, C. (2006). Syndromic surveillance: is it a useful tool for local outbreak detection? *Journal of epidemiology and community health*, 60(5), 374-375.
- Imbett Corredo, A. M., & Carrillo Patiño, E. J. (2013). *Sistema de Información Educación y Comunicación en enfermedades infecciosas que cursan con fiebres agudas*. Bucaramanga.
- Instituto Nacional de Salud. (2013). *Situación del dengue en Colombia*. Recuperado el 2014, de <http://www.ins.gov.co/temas-de-interes/paginas/dengue.aspx>
- International Strategy for Disaster Reduction - ISDR. (2006). *Desarrollo de Sistemas de Alerta Temprana: Lista de comprobación*. Bonn: UN/ISDR.
- Kats, R., May, L., Baker, J., & Test, E. (2011). Redefining syndromic surveillance. *Journal of Epidemiology and Global Health*(1), 21-31.

- Kaufmann, A., Pesik, N., & Meltzar, M. (2005). Syndromic surveillance in bioterrorism attack. *Emerging Infectious diseases*, 11, 1487-1488.
- Maturana, H. (1993). *Amor y Juego: fundamentos olvidados de lo humano desde el patriarcado a la democracia* (Primera ed.). Santiago de Chile: J.C.Saenz.
- May, L., Chretien, J. P., & Pavlin, J. A. (2009). Beyond traditional surveillance: applying syndromic surveillance to developing settings-opportunities and challenges. *BMC Public Health*, 9, 1-11.
- Medrano Garcia, O. J. (2015). *Ambiente de aprendizaje escolar para apoyar el sostenimiento de Sistema de Alerta Temprana en Chagas*. Bucaramanga.
- Moreno Omedo, A. (1993). *El aro y la trama: Episteme, Modernidad y Pueblo*. Caracas: Centro de Investigaciones Populares (CIP).
- Muñoz Mantilla, G. (2011). Determinación de zonas de riesgo de transmisión de *Trypanosoma cruzi* vía oral e implementación de un sistema de alerta temprano para chagas agudo en Bucaramanga. Bucaramanga.
- Muñoz Mantilla, G., & Amorocho Pérez, A. P. (2013). *Diplomado en Salud Comunitaria*. Bucaramanga.
- Nsubuga, P., White, M. E., & Tracker, S. B. (2006). Public health surveillance: a tool for targeting and monitoring interventions. En *Disease Control Priorities in Developing Countries*. Washington, DC.: The World Bank and Oxford University Press.
- Organización Mundial de la Salud. (1946). Conferencia Sanitaria Internacional. Nueva York: OMS.
- Organización Mundial de la Salud. (1978). Conferencia Internacional sobre Atención Primaria en Salud de Almería-Atá. Almería-Atá: OMS.
- Organización Mundial de la Salud. (1986). Carta Ottawa a la Promoción de la Salud. *Primera Conferencia Internacional sobre la Promoción de la Salud*. Ottawa. Obtenido de <http://www.who.int/healthpromotion/conferences/previous/ottawa/en/>
- Organización Mundial de la Salud. (1997). Declaración de Yakarta sobre la Promoción de la Salud. *Cuarta Conferencia Internacional sobre la Promoción de la Salud*. Yakarta: OMS.

- Organización Mundial de la Salud. (2004). *WHO | Early Warning Systems*. Recuperado el 2013, de <http://www.who.int/csr/labepidemiology/projects/earlywarnsystem/en/>
- Organización Mundial de la Salud. (2009). *Sitio Web de la Organización Mundial de la Salud*. Recuperado el Julio de 2013, de http://www.who.int/social_determinants/es/
- Organización Mundial de la Salud. (2013). *OMS | Epidemiología*. Recuperado el Junio de 2013, de <http://www.who.int/topics/epidemiology/es/>
- Thacker, S. B., & Berkelman, R. L. (1988). Public health surveillance in the United States. *Epidemiologic Reviews*, 10, 164-190.
- Twigg, J. (2002). The human factor in early warnings: risk perception and appropriate communications. En *Early warning systems for natural disaster reduction* (págs. 19-26). Berlin: Springer.
- UN/ISDR. (2006). *ISDR: Platform for the Promotion of Early Warning*. Recuperado el Junio de 2013, de <http://www.unisdr.org/2006/ppew/>
- UNESCO San José. (2013). Foro Virtual: Los Sistemas de Alerta Temprana en Centroamérica: Una Tarea Pendiente. San José.
- United Nations. (2006). *Global Survey of Early Warning Systems*. Bonn: UN.
- United Nations Environment Programme. (2012). *Climate Early Warning System Feasibility Report: Early Warning Systems and Hazard Prediction*. UNEP.
- United Nations Environment Programme. (2012). *Early Warning Systems: A state of the Art Analysis and Future Directions*. Nairobi.
- Wilk, M. B. (1991). *Health information for Canada: report of the National Task Force on Health Information*. Ottawa: Statistics Canada.
- Winslow, C.-E. A. (1920). The Untitled Fields of Public Health. *Science*(51), 23-30.
- Witmer, A., Seifer, S. D., Finocchio, L., & O'Neal, E. H. (1995). Community health workers: integral members of the health care work force. *Am J Public Health*(85), 1055-1058.

World Health Organization. (Agosto de 2012). *WHO | Chagas disease (American trypanosomiasis)*. Recuperado el 2012, de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs340/en/index.html>

World Health Organization. (2012). *WHO | Public Health Surveillance*. Recuperado el 2013, de http://www.who.int/topics/public_health_surveillance/en/

Yan, W.-r., Nie, S.-f., Dong, H.-j., Palm, L., & Diwan, V. K. (2012). Establishing a web-based integrated surveillance system for early detection of infectious disease epidemic in rural China: a field experimental study. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 4(12), 4.