

GEONEFROSALVA, una plataforma SIG en software libre, para la caracterización de los factores de riesgo de la enfermedad renal crónica de causas no tradicionales que afecta la población agrícola de El Salvador.

A. Ribó Arnau ⁽¹⁾, E. Vela Parada ⁽¹⁾, E. Quinteros ⁽¹⁾, R. Mejía ⁽¹⁾, C. M. Orantes ⁽¹⁾, J. Molinas Daví ⁽²⁾, D. L. López ⁽³⁾

⁽¹⁾ Instituto Nacional de Salud del Ministerio de Salud de El Salvador, aribo@salud.gob.sv

⁽²⁾ Universitat de Girona, jmolinas@colgeocat.org

⁽³⁾ Department of Geological Sciences, Ohio University, lopezd@ohio.edu

RESUMEN

El Instituto Nacional de Salud del Ministerio de Salud de El Salvador ha diseñado la plataforma SIG GEONEFROSALVA como herramienta para el estudio de la Enfermedad Renal Crónica de causas no tradicionales que afecta a la población agrícola de El Salvador. Esta plataforma se ha construido mediante software libre (PostgreSQL, Postgis y Quantum GIS), siguiendo las directrices sobre el uso de software no corporativo del Ministerio de Salud. GEONEFROSALVA es una herramienta esencial para la armonización y control de un conjunto heterogéneo de información procedente de diversas fuentes (resultados de análisis de muestras en diferentes fases ambientales, encuestas sobre la exposición ocupacional a tóxicos, coberturas cartográficas, etc) necesario para la caracterización a nivel multidisciplinar tanto de las posibles causas como de los factores de riesgo de la enfermedad renal crónica de causas no tradicionales. La plataforma se pretende ampliar con otra base de datos epidemiológica clínica que contendría información sobre los pacientes con enfermedad renal crónica. Los resultados preliminares de la información ambiental compilada en GEONEFROSALVA muestran niveles altos de metales pesados en el ambiente entre los que destaca el Arsénico, un elemento nefrotóxico, en la comunidad Ciudad Romero, una comunidad agrícola salvadoreña muy afectada por la Enfermedad Renal Crónica de causas no tradicionales.

Palabras clave: *Enfermedad Renal Crónica, SIG, Postgis, El Salvador, arsénico.*

ABSTRACT

The National Institute of Health of Ministry of Health of El Salvador has designed GEONEFROSALVA, a GIS platform as a tool for the study of chronic kidney disease of nontraditional causes, a disease that affecting the agricultural population of El Salvador. This platform has been built using free software (PostgreSQL , PostGIS and Quantum GIS) following Ministry of Health guidelines about the use of non-corporate software. GEONEFROSALVA is a tool to harmonize and control the heterogeneous set of information from various sources (results of analysis samples from different environmental phases, surveys on occupational exposure to toxic, cartographic coverages, etc.) necessary for the multidisciplinary characterization both possible causes and risk factors of Chronic Kidney Disease of nontraditional causes. The platform will extend with other database, that will contain epidemiological and clinical information on kidney patients.

Preliminary results of environmental information compiled in GEONEFROSALVA show high levels of heavy metal contamination in the environmental phases an especially Arsenic pollution, a nephrotoxic element, in the Ciudad Romero Community, a Salvadoran agricultural community greatly affected by chronic kidney disease nontraditional causes.

Key words: *Chronic Kidney Disease, GIS, Postgis, El Salvador, heavy metals, arsenic.*

INTRODUCCIÓN

La enfermedad renal crónica (ERC) es un problema de salud pública global que tiene un carácter epidémico y supone gran costo económico, especialmente en los países en vías de desarrollo. En gran parte del mundo las causas tradicionales de la ERC reportadas mundialmente son la diabetes mellitus (30%-40%) y la hipertensión arterial (25%-30%) están asociadas principalmente con factores de riesgo cardiovascular, estilos de vida poco saludables y al envejecimiento poblacional.

Sin embargo, en la región de Centroamérica, en Sri Lanka, en India, en Nepal y en Vietnam se ha identificado que una gran proporción de los pacientes de ERC no son ni diabéticos ni hipertensos, predomina el género masculino, son menores de 60 años y viven en áreas agrícolas.

Centroamérica ha presentado durante las últimas dos décadas un desconcertante aumento de la ERC, causante de miles de muertes. De acuerdo a los datos disponibles, las tasas de mortalidad específica por insuficiencia renal crónica (CIE 10, N-18), en la Región las tasas de mortalidad son superiores a 10 muertes por 100000 y corresponden en orden decreciente a: Nicaragua (42, 8), El Salvador (41, 9), Perú (19, 1), Guatemala (13, 6) y Panamá (12,3). Canadá y Cuba han notificado las tasas más bajas de mortalidad de la Región. Así, en Nicaragua y El Salvador la mortalidad

fue 17 veces mayor comparada con Cuba; la tasa correspondiente a hombres triplicó la de las mujeres [1].

En estos países toman relevancia los factores de riesgo no tradicionales de la ERC tales como la exposición de la población a sustancias tóxicas tanto a nivel laboral como ambiental, el uso de crónico de medicamentos y el daño renal persistente. En Sri Lanka se ha asociado en esta enfermedad a la exposición crónica a metales pesados y pesticidas .

En la vertiente centroamericana del Pacífico, se ha identificado una alta prevalencia de esta enfermedad (El Salvador, Guatemala, Nicaragua y sur de México). En estos países la población rural es de bajos recursos y muchas veces no tiene resueltas las necesidades básicas (sin acceso a servicios de saneamiento, agua potable, con acceso limitado a la educación y a la red sanitaria y con problemas de desnutrición). La región presenta niveles importantes de contaminación por metales pesados debido a la actividad volcánica [2] y es una de las regiones del mundo donde hay un mayor uso de plaguicidas [3] estimándose alrededor de 400000 casos de intoxicaciones por plaguicidas cada año [4]. En El Salvador la Insuficiencia Renal Crónica (etapa final de la ERC) constituye la tercera de causa de muerte en adultos para ambos sexos, siendo la primera causa en los hombres y la quinta en las mujeres. Se ha identificado una alta prevalencia de la ERC no asociada a las causas tradicionales (ERCnt) en las comunidades agrícolas [5] así como un alta exposición de esta población a contaminantes nefrotóxicos dispuestos en las diferentes fases ambientales [6] y a plaguicidas tóxicos [7]. En El Salvador, no se ha esperado a que la investigación esclarezca definitivamente el problema. Atendiendo al principio precautorio [8], se han iniciado intervenciones preventivas y asistenciales, tanto individuales como poblacionales, orientadas a mitigar el problema en el contexto de la Reforma de Salud que impulsó el actual gobierno.

Para evaluar la grave situación de la epidemia de ERC en Centroamérica el Consejo de Ministros de Salud de Centroamérica y República Dominicana (COMISCA) celebró *Reunión de Alto Nivel Sobre Enfermedad Renal Crónica de Causas No Tradicionales en Centroamérica Declaración de San Salvador* [9] en la que se decidió “promover con urgencia medidas normativas, monitoreo, evaluación y control de los agravantes conocidos de la ERC y factores de riesgo y determinantes sociales asociados a la ERCnt como prioridad en la agenda nacional y regional de salud e incidir al más alto nivel para la construcción de políticas públicas intersectoriales”.

En El Salvador el Instituto Nacional de Salud del Ministerio de Salud de El Salvador (INS-MINSAL) un equipo multidisciplinar formado por médicos, geólogos y especialistas en salud ambiental y ocupacional está llevando a cabo una investigación para caracterizar las causas, para diseñar medidas de prevención y para hacer seguimiento personalizado de los pacientes de esta enfermedad. Un primer paso en esta investigación multidisciplinar ha sido el diseño y generación de una plataforma para el manejo y almacenamiento de la gran cantidad de información compilada y adquirida teniendo en cuenta la dimensión espacial.

OBJETIVOS

El presente trabajo tiene como principal objetivo presentar el diseño de una plataforma de Sistemas de Información Geográfica (SIG), como herramienta de manejo de información de carácter multidisciplinar para: la identificación y caracterización de los factores ambientales de riesgo de la ERC de causas no tradicionales, la prevención de la enfermedad y la mejora del seguimiento de los pacientes.

Esta plataforma constará de herramientas que permitan la armonización de un conjunto heterogéneo de información con componente geográfica, proveniente de fuentes diferentes y de formatos diferentes y que permita la representación gráfica de esta información mediante la generación de mapas interactivos. Siguiendo los lineamientos de trabajo del Ministerio de Salud de El Salvador, el desarrollo de esta plataforma tiene que constituirse fundamentalmente mediante *software* libre.

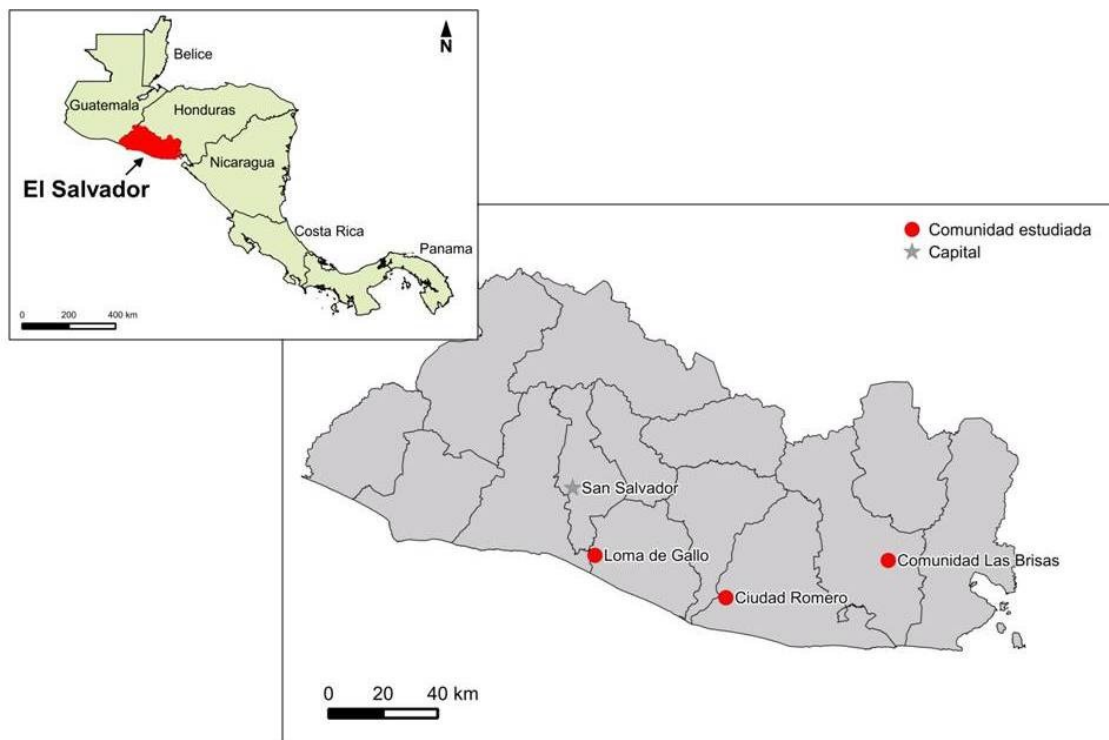


Figura 1: Comunidades en las cuales se han realizado investigaciones ambientales localizadas en el mapa de El Salvador.

METODOLOGÍA

Área de muestreo

En tres comunidades de El Salvador (Figura 1) con alta prevalencia de ERC de causas no tradicionales (Ciudad Romero del Departamento de Usulután, Lomas de Gallo del Departamento de la Paz y Las Brisas del Departamento de San Miguel), técnicos del Instituto Nacional de Salud en colaboración con los inspectores de saneamiento locales han tomado muestras de suelo, de agua superficial (ríos y lagos), de sedimentos en las corrientes superficiales, de agua subterránea, de agua de consumo, de alimentos y de cultivos. Las tres comunidades (Figura 1) presentan una alta tasa de pobreza, una elevada vulnerabilidad social y solamente disponen de los servicios básicos de forma parcial. El principal uso del suelo de las tres comunidades está relacionado con la agricultura familiar y agricultura a gran escala. Los cultivos principales son maíz, caña de azúcar, frijoles y vegetales. La Comunidad Las Brisas y la comunidad Loma de Gallo están situadas cerca de los restos de fábricas abandonadas en donde se formulaban plaguicidas. En ambos casos estos restos se encuentran a menos de 100 m de las comunidades. Ambas fábricas fueron abandonadas a mediados de la década de los 80 y durante todo el tiempo contaron con bidones llenos de residuos de plaguicidas. En Las Brisas, en 2010 se retiraron los depósitos con los residuos de plaguicidas, en el caso de Loma del Gallo los barriles

de residuos no se han retirado y algunos de ellos han sido dañados por vandalismo y presentan fugas.

Análisis de las muestras y compilación de la información

Las muestras obtenidas se han analizado en el Laboratorio Nacional de Referencia del Ministerio de Salud. En suelos se han analizado (33 plaguicidas, 6 metales, el Arsénico y parámetros físicos como pH o contenido en materia orgánica). En aguas se han analizado (34 pesticidas, 7 metales y Arsénico y parámetros físico-químicos como pH, dureza, conductividad y oxígeno disuelto). En alimentos y cultivos se han analizado 6 metales y el Arsénico. Además mediante encuestas se ha obtenido información sobre el uso y manejo de plaguicidas por parte de los agricultores de estas comunidades.

Se ha complementado la información mediante bases de datos de diferentes actores relacionados con la salud ambiental en El Salvador y mediante la compilación bibliográfica de material presente en la web y en bibliotecas.

Georreferenciación de la información

La localización de las muestras así como las viviendas de los encuestados y de los pacientes de ERC ha sido georreferenciada mediante GPS Garmin Montana 650, utilizando el sistema elipsoidal de referencia World Geodetic System 84 (WGS 84) y la proyección Universal Transversal Mercator (UTM). En el caso de publicaciones en donde la localización de los puntos muestreados están en mapas las coordenadas se han obtenido mediante Google Earth.

Software

La información ambiental se ha digitalizado, armonizado y organizado en diferentes tablas mediante el software de base de datos de arquitectura relacional PostgrSQL (Licencia Pública General de GNU) con el módulo PostGIS que añade soporte de objetos geográficos convirtiéndola en una base de datos espacial. La información cartográfica, compuesta principalmente por shapefiles, se incorporó a la base de datos mediante el SIG de código libre QUANTUM GIS. Además se ha desarrollado una herramienta mediante *software* libre para facilitar la introducción de información mediante encuestas.

Organización de la información

La información compilada hasta al momento se ha organizado en tres bases de datos diferentes, una para almacenar datos ambientales, otra para almacenar datos ocupacionales y otra para almacenar datos geográficos. Todos los datos almacenados en las bases de datos se han organizado a partir de su vínculo geográfico. En la base de datos ambiental y la base de datos ocupacional este vínculo ha sido la creación de un campo COD_P_MU que identifica el punto de muestreo. El código está formado mediante una letra P y un correlativo, este campo tiene asociados otros dos campos que presentan las coordenadas UTM (x, y) en metros.

En la base de datos ambiental la información se ha organizado en cuatro tablas (suelos y sedimentos, aguas, alimentos y productos agrícolas). A parte del campo COD_P_MU se ha identificado en cada registro la muestra tomada mediante un código alfanumérico similar a la codificación establecido por otros organismos nacionales generadores de información ambiental: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA). El código está conformado por tres partes: los primeros 6 dígitos son las iniciales del municipio y la comunidad respectivamente, los siguientes

dos dígitos corresponden al tipo de muestra (suelo, agua, alimentos, productos agrícola) y la tercera parte corresponde al número correlativo de la muestra. Se ha añadido otro campo COD_ALT en donde se presentan los otros códigos a los que está asociada la muestra, como por ejemplo el código que se le da a cada muestra analizada en el Laboratorio Nacional de Referencia del Ministerio de Salud o el que se presenta en la fuente original en el caso de datos que provienen de la bibliografía o de bases de datos de otros organismos. A continuación de estos campos, se han añadido otros campos que hacen referencia a la localización de la muestra, identificación del muestreador, resultados de los análisis de laboratorio, resultados de inspecciones *insitu* y la fuente en donde se indica el proyecto o publicación a partir del cual se ha obtenido los resultados.

La información obtenida en las encuestas se ha almacenado en una tabla diferente porque cada encuesta tiene preguntas diferentes y se han realizado en tiempos diferentes. Para almacenar las encuestas en tablas, a cada encuesta también se le ha asignado el código de punto de muestreo y las coordenadas UTM de la vivienda de la persona entrevistada y, a cada entrevista, se le ha asignado un código siguiendo la misma nomenclatura que las muestras ambientales. El resto de campos corresponden a datos sobre la localización y al cuestionario propuesto.

En una tercera base de datos se ha almacenado la información cartográfica obtenida originariamente en archivos en formato de Microsoft .xls y en el formato de ESRI .shp.

RESULTADOS

Bases de datos SIG

Se han construido tres bases de datos con información geográfica utilizando el software de libre acceso PostgreSQL con el complemento Postgis, estas bases son:

- TOX_AMBIEN: almacena la localización de muestras ambientales y los resultados de su análisis (contenido en metales, pesticidas y propiedades fisico-químicas)
- TOX_EXPO: almacena los resultados de las encuestas realizadas a agricultores y otros habitantes de las comunidades estudiadas tomadas para evaluar su exposición a sustancias tóxicas.
- CARTO: almacena información cartográfica útil para las investigaciones toxicoambientales (topografía, divisiones políticas, cartografía de uso del suelo, cartografía geológica, cartografía hidrogeológica).

Estas bases de datos son de arquitectura relacional, por lo que permiten extraer y relacionar la información contenida en las diferentes tablas mediante relaciones lógicas y consultas. Esta arquitectura permite reducir la introducción de información redundante.

Estas bases de datos son abiertas y compatibles entre si. En el caso de las bases de datos TOX_AMBIEN y TOX_EXPO, todas las tablas comparten un campo común, el COD_P_MU. Éste campo común permite, mediante relaciones lógicas entre tablas, tener el control de los diferentes tipos de muestras que se han obtenido en cada punto de muestreo.

Presentar los diferentes tipos de datos en bases de datos diferentes conectables facilita el control de la información pero a la vez ofrece una estructura que posibilita organizar de forma independiente los diferentes tipos de datos. Tener las diferentes tipologías de datos organizados en bases de datos diferentes da más flexibilidad y versatilidad ya que permite utilizar de forma independiente una base de datos para

otros fines y/o proyectos. Este modelo de base de datos es similar a la estructura propuesta por [10] para organizar bases de datos SIG para riesgos geológicos que a su vez puede considerarse como una variante del método híbrido para implementar un SIG originalmente propuesto por [11].

MobiForms. herramienta para la realización de encuestas

Se ha diseñado y desarrollado la herramienta MobiForms (Mobile Forms) para la introducción de datos mediante encuestas directamente en formato digital. Se ha utilizado el *framework* de desarrollo web *Django 1.6* [12], como base del código de MobiForms. MobiForms crea automáticamente una interfaz para rellenar formularios tipo encuesta y los almacena en una base de datos de tipo relacional *SQLite 3* [13] con compatibilidad con PostgreSQL. MobiForms es ejecutable en dispositivos móviles con Sistema Operativo Android 4+ mediante aplicaciones gratuitas de la tienda de aplicaciones. MobiForms se ejecuta sin la necesidad de conexión a Internet y, al ser ejecutable en dispositivos móviles, permite que pueda utilizarse para facilitar la realización de encuestas en el trabajo de campo, y la compilación de la información ocupacional y/o médica.

GEONEFROSALVA, una plataforma SIG para el estudio de las causas de la ERC

Las tres bases de datos Postgis, la herramienta MobiForms, junto con el software SIG de libre acceso, QUANTUM GIS conforman la plataforma SIG llamada GEONEFROSALVA. El diseño de esta plataforma ha permitido armonizar tanto los datos compilados como los adquiridos por las investigaciones llevadas a cabo por el INS-MINSAL y conforma una herramienta eficaz para la investigación de las posibles causas toxicoambientales y ocupacionales de la ERCnt y para establecer acciones preventivas.

En investigaciones de carácter multidisciplinar el diseño de una plataforma SIG formado con una base de datos compleja (o múltiples bases de datos) representan grandes ventajas y suponen contribuciones en los siguientes aspectos: 1) los datos procedentes de diferentes características (análisis de aguas, análisis de suelos, encuestas, cartografía científica, cartografía política, etc.) han sido armonizados e incorporados en bases de datos en un formato homogéneo y de utilización inmediata, 2) los diferentes tipos de datos se han organizado en bases de datos independientes y cada una contiene toda la información disponible de su fuente, permitiendo su uso en otras aplicaciones distintas de las investigaciones en ERC, 3) la arquitectura de las bases de datos es abierta, permitiendo la incorporación de nuevos datos y su actualización, 4) la capacidad de la plataforma en la generación de mapas puede ser muy útil en mayor o menor grado en otras aplicaciones para las que sea necesario el manejo de datos ambientales similares. 5) la utilización de *software* de libre acceso en todas las partes de esta plataforma la convierte en una herramienta muy rentable y exportable especialmente para realizar investigaciones en países en vías de desarrollo.

Aplicación de la plataforma SIG GEONEFROSALVA

La plataforma GEONEFROSALVA se ha utilizado para analizar la distribución espacial de factores de riesgo ambientales y ocupacionales de metales pesados y pesticidas en el Bajo Lempa y se han presentado los resultados preliminares en diferentes congresos a nivel internacional (por ejemplo [[6], [7], [14] y [15]. Uno de los resultados destacados muestra que el Bajo Lempa presenta una elevada contaminación ambiental por Arsénico. Esta contaminación supone un grave problema para la población de esta región porque el arsénico es un carcinógeno y está asociado, entre otras, con enfermedades cardiovasculares, enfermedades respiratorias y con déficits neurocognitivos en niños [16]. También, según las investigaciones realizadas en Sri Lanka se identifica el Arsénico como uno

de los factores de riesgo de la ERCnt [17]. La Figura 2 es un mapa temático realizado con QUANTUM GIS que muestra los niveles de Arsénico en las aguas superficiales del Bajo Lempa. El valor máximo de Arsénico identificado en el Río Espino (0.012 mg/L) sobrepasa el límite de 0.005 mg/l establecido para la vida acuática según la [18], en otros casos las concentraciones de As son similares al límite (punto situado en la parte alta del meandro del Río Lempa y el punto localizado en la camaronera adyacente al Río Espino).

PASOS A SEGUIR

El enfoque integral que está llevando a cabo el INS-MINSAL para el estudio de la ERCnt está en las primeras fases de desarrollo, siguiendo la evolución de las investigaciones la plataforma SIG GEONEFROSALVA se irá adaptando y complementando según las necesidades. Además esta plataforma sirve como modelo para la implementación de la tecnología SIG en otros proyectos del INS-MINSAL. A continuación se presentan las siguientes iniciativas previstas:

- Incorporación de una nueva base datos con información clínica de los pacientes de ERCnt. Esta base de datos almacenaría datos epidemiológicos y clínicos como información sobre mortalidad, morbilidad, mediciones físicas, historias clínicas, análisis de laboratorio y diagnósticos. Esta base de datos se llamaría EPI-CLIN y el componente espacial de las diferentes tablas sería las coordenadas de la vivienda del paciente y un campo en donde se establecería el código COD_P_MU en donde se identificaría la vivienda como punto de muestreo de igual forma a las bases de datos TOX_AMBIEN y TOX_EXPO. Con esta base de datos la plataforma SIG GEONEFROSALVA estaría completa. La Figura 3 muestra el esquema de como contribuiría la plataforma en la caracterización de la ERCnt. La información almacenada en las bases de datos podrá ser utilizada para la creación de mapas SIG interactivos que permitirán hacer análisis espacial de la información mediante la superposición de diferentes capas temáticas, operaciones geoestadísticas, etc. Este análisis espacial permitirá obtener la distribución espacial de los diferentes parámetros estudiados (como por ejemplo el Arsénico en aguas superficiales mostrado en la Figura 2), así como la relación entre parámetros y finalmente permitirán establecer modelos explicativos teniendo en cuenta la componente espacial. Además mediante consultas se podrán obtener tablas resultado de la combinación de diferentes tablas y bases de datos que permitirán un manejo completo de la información y que son compatibles con el *software* estadístico estándar (i.e. SPSS, R, etc.).

- Se complementará la base de datos CARTOG con información ráster (fotografías aéreas, mapas de contorno). Esto permitirá incorporar resultados a la base de datos, así como facilitar la ubicación visual de los datos.

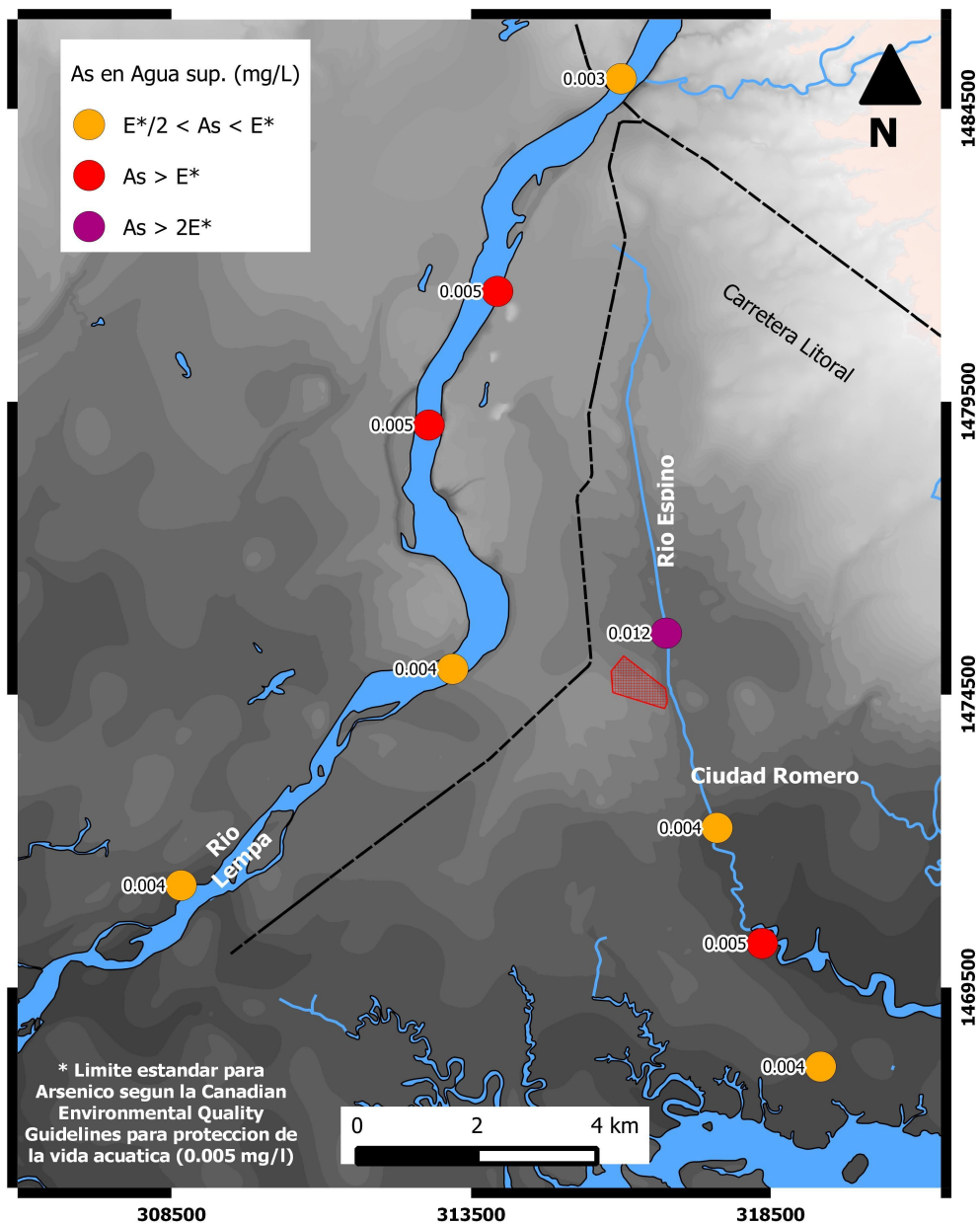


Figura 2. Distribución de las muestras de las muestras agua superficial y de los resultados de su contenido en Arsénico. El contenido en Arsénico se ha comparado con el estándar de Canadá para la calidad de la protección de la vida acuática [18]. Figura generada mediante Quantum GIS.

- Incorporación de la información a nivel nacional sobre calidad de agua de consumo y de intoxicaciones agudas por plaguicidas. Esto permitirá el análisis a nivel nacional de diferentes factores de riesgo.
- Aplicación del modelo de plataforma GIS GEONEFROSALVA, a la plataforma que se diseñará para la Encuesta Nacional de Enfermedades Crónicas no Transmisibles llevada a cabo por la Unidad de Determinantes de la Salud del INS-MINSAL. Esta plataforma será compatible con la GEONEFROSALVA y permitirá apoyar las investigaciones sobre la ERCnt.
- Crear un WEB-GIS poniendo la información compilada (no personal) *online* sea de más fácil acceso. Esta base de datos *online* acompañada de los correspondientes metadatos estandarizados, puede ser la línea base de proyectos tipo Living Lab [18] o de proyectos que trabajen el concepto One Health. Y además, siguiendo las recomendaciones del *Action Team 6 Follow Up Initiative* propuesto por United Nations Office for Outer Space Affairs (UNOOSA) [17] el acceso de investigadores internacionales a esta base de datos permitirá utilizar los resultados obtenidos como *inputs* para investigaciones sobre la salud a nivel global.

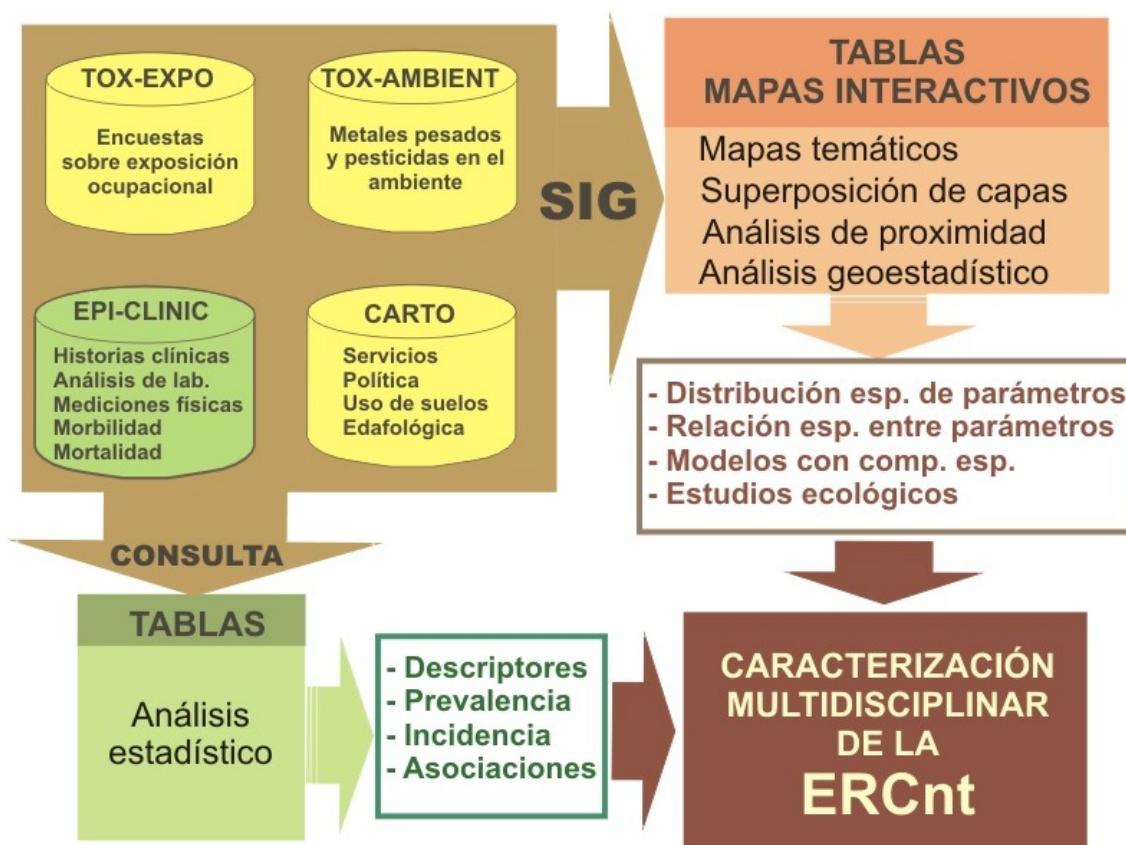


Figura 3. Flujo de trabajo en donde se muestra la contribución de la plataforma SIG GEONEFROSALVA en la caracterización de la ERCnt. En este esquema se ha incorporado la base de datos EPI-CLINIC, actualmente en proceso de construcción.

AGRADECIMIENTOS

Esta bases de datos se ha construido en gran parte gracias a los aportes de información que han realizado la Dirección de Tecnologías de Información y Comunicaciones (DTIC) del MINSAL, a la Unidad de Salud Ambiental del MINSAL, a

los análisis de muestras del Laboratorio Nacional de Referencia del MINSAL, a la Dirección General Observatorio Ambiental del Ministerio de Medioambiente y Recursos Naturales (MARN), a la Dirección General de Saneamiento Ambiental del MINSAL y a la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA).

Este trabajo está siendo parcialmente financiado por el proyecto de Desarrollo y Fortalecimiento Institucional del INS de El Salvador de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) y por el Ministerio de Salud de El Salvador.

REFERENCIAS

- ◆ [1] PAHO (2013). *Document CE152/25PAHO*. 152nd Session of the Executive Committee. Resolution 52nd Directing Council. PAHO. Chronic kidney disease in agricultural communities in Central America. Washington, 2013. <http://goo.gl/hHYZF7>
- ◆ [2] LÓPEZ D. L., BUNDSCHUH J., BIRKLE P., ARMIENTA M. A., CUMBAL L., SRACEK O., CORNEJO L., ORMACHEA M. (2012). "Arsenic in volcanic geothermal fluids of Latin America". *Science of the Total Environment* 429, pp. 57-75.
- ◆ [3] JENKINS J.J. (2003). *Plaguicidas y Salud en El Salvador: Aproximación a la Problemática*. Organización Panamericana de la Salud. 1a. ed. San Salvador.
- ◆ [4] MURRAY D, WESSELING C., KEIFER M., CORRIOLS M., HENAO S. (2002) "Surveillance of Pesticide-related Illness in the Developing World: Putting the Data to Work". *Int J. Occup. Environ Health* 8(3):pp.243-8.
- ◆ [5] ORANTES CM, HERRERA R, ALMAGUER M., BRIZUELA E. E., HERNÁNDEZ C. E., BARRAYE H (2011). "Chronic Kidney Disease and Associated Risk Factors in the Bajo Lempa Region of El Salvador: Nefrolempa Study, 2009". *MEDICC Review*. 13(4). pp. 14-22.
- ◆ [6] LÓPEZ D.L. RIBÓ A., QUINTEROS E., MEJÍA R., JOVEL R., VANDERVORT D., ORANTES C.M. (2013). "Heavy metals, arsenic and pesticide contamination in an area with high incidence of chronic kidney disease of non-traditional causes in El Salvador". *AGU Fall Meeting, San Francisco 9-13 December*. Poster.
- ◆ [7] MEJÍA R., QUINTEROS E., LÓPEZ A., RIBÓ A., CEDILLOS H., ORANTES C.M., VALLADARES E., LÓPEZ D.L. (2013). "Assessing farmers practice on usage and on disposal pesticide waste". *2nd Pilot International Expert Meeting of virtually connected Regional Meeting Points-Improving Public Health through Low Cost Technology and GPS Tailored Access to Risk and Resources. Action Team 6 Follow Up Initiative* en <http://at6fui.weebly.com/contributions-alphabetic-ordered.html> última visita en 04/03/2014.
- ◆ [8] UNCED (UNITED NATIONS CONFERENCE ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT) (1992). *Rio Declaration on Environment and Development, and the Statement of principles for the Sustainable Management of Forests*. United Nations Conference on Environment and Development (UNCED). Rio de Janeiro, Brazil, 3 to 14 June.
- ◆ [9] COMISCA (2013). "Declaración de San Salvador. Abordaje Integral de la Enfermedad Renal túbulo-intersticial crónica de Centroamérica que afecta predominantemente a las comunidades agrícolas". *Conferencia Internacional y Reunión de Alto Nivel de ERC para Centroamérica y República Dominicana*. <http://goo.gl/dOjMlf> última visita en 04/03/2014.
- ◆ [10] RIBÓ A. (2010). *GIS-Based Seismic Microzonation, development and application to earthquake hazard scenarios for la Vega Baja, SE Spain*. Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona.

- ◆ [11] ARONOFF S. (1989). Geographic information system: a management perspective. WDL Publications, Ottawa, Canada. 294 pp.
- ◆ [12] DJANGO SOFTWARE FOUNDATION (2013). <https://www.djangoproject.com/> Último acceso en 06/03/2014.
- ◆ [13] SQLITE (2014). <http://www.sqlite.org/>. Último acceso en 06/03/2014.
- ◆ [14] RIBÓ A., MEJÍA R., QUINTEROS E., LÓPEZ A., LÓPEX A., ORANTES C.M., JOVEL R., VALLADARES E., LÓPEZ D.L. (2013). "Arsenic Pollution in the Bajo Lempa". *2nd Pilot International Expert Meeting of virtually connected Regional Meeting Points-Improving Public Health through Low Cost Technology and GPS Tailored Access to Risk and Resources. Action Team 6 Follow Up Initiative* en <http://at6fui.weebly.com/contributions-alphabetic-ordered.html> última visita en 04/03/2014.
- ◆ [15] QUINTEROS E., RIBÓ A., JOVEL R., ORANTES C., LÓPEZ D.L. (2013). "DDT and other pesticides pollution in the Bajo Lempa region, El Salvador". *2nd Pilot International Expert Meeting of virtually connected Regional Meeting Points-Improving Public Health through Low Cost Technology and GPS Tailored Access to Risk and Resources. Action Team 6 Follow Up Initiative* en <http://at6fui.weebly.com/contributions-alphabetic-ordered.html> última visita en 04/03/2014.
- ◆ [16] McCLINTOCK T.R., CHEN Y., BUNDSCHUH J., OLIVER J.T., NAVONI J., OLMOS V., LEPORI E. V., AHSAN H., PARVEZ F. (2012). "Arsenic exposure in Latin America: Biomarkers, risk assessments and related health effects". *Science of the Total Environment*. 429. 76-91.
- ◆ [17] JAYASUMANA M.A.C.S., PARANAGAMA P.A., AMARASINGHE M. D., WIJEWARDANE K.M.R.C, DAHANAYAKE K.S., FONSECA S.I., RAJAKURANA K.D.L.M, MAHAMITHAWA A.M.P., SAMARASINGHE U.D. SENANAYAKE V.K. (2013). "Possible link of Chronic arsenic toxicity with Chronic Kidney Disease of unknown etiology in Sri Lanka". *Journal of Natural Sciences Research*.3 (1).64-73
- ◆ [18] CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT (CCME) (2002).*Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life: Summary tables*. Updated. In: Canadian environmental quality guidelines, 1999, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg.189 pp.
- ◆ [18] HERSELMAN, M. (2013). Living Labs and Living Labs Network in Southern Africa. *2nd Pilot International Expert Meeting of virtually connected Regional Meeting Points-Improving Public Health through Low Cost Technology and GPS Tailored Access to Risk and Resources. Action Team 6 Follow Up Initiative* en <http://at6fui.weebly.com/contributions-alphabetic-ordered.html> última visita en 04/03/2014.
- ◆ [19] ACTION TEAM 6 FOLLOW UP INITIATIVE (AT6FUI) (2014). AT6FUI Improving Public Health by Application of Space Technology. Based on UNISPACE III Recommendation6. Recommendations 2013. <http://at6fui.weebly.com/recommendations-2013.html>