



Secretaría Concejo

SESIÓN EXTRAORDINARIA 329-2014

Acta de la Sesión Ordinaria celebrada por la Corporación Municipal del Cantón Central de Heredia, a las dieciocho horas con quince minutos del día jueves 15 de mayo del 2014, en el Salón de Sesiones Municipales "Alfredo González Flores".

REGIDORES PROPIETARIOS

Lic. Manuel de Jesús Zumbado Araya
PRESIDENTE MUNICIPAL

| | |
|--------|-----------------------------------|
| Señora | María Isabel Segura Navarro |
| Señor | Walter Sánchez Chacón |
| Señora | Olga Solís Soto |
| Lic. | Gerardo Lorenzo Badilla Matamoros |
| Señora | Samaris Aguilar Castillo |
| Señor | Herbin Madrigal Padilla |
| Señor | Rolando Salazar Flores |
| Señora | Hilda María Barquero Vargas |

REGIDORES SUPLENTE

| | |
|--------|--------------------------------|
| Señora | Alba Lizeth Buitrago Ramírez |
| Señor | José Alberto Garro Zamora |
| Señora | Maritza Sandoval Vega |
| Señor | Pedro Sánchez Campos |
| MSc. | Catalina Montero Gómez |
| Señor | Minor Meléndez Venegas |
| Señora | Grettel Lorena Guillén Aguilar |
| Señora | Yorleny Araya Artavia |
| Señor | Álvaro Juan Rodríguez Segura |

SÍNDICOS PROPIETARIOS

| | | |
|--------|--------------------------------|------------------|
| Señor | Eduardo Murillo Quirós | Distrito Primero |
| Señora | Nidia María Zamora Brenes | Distrito Segundo |
| Señor | Eliás Morera Arrieta | Distrito Tercero |
| Señor | Edgar Antonio Garro Valenciano | Distrito Cuarto |
| Señor | Rafael Barboza Tenorio | Distrito Quinto |

SÍNDICOS SUPLENTE

| | | |
|--------|-----------------------------------|------------------|
| Señora | Marta Eugenia Zúñiga Hernández | Distrito Primero |
| Señor | Rafael Alberto Orozco Hernández | Distrito Segundo |
| Señora | Annia Quiros Paniagua | Distrito Tercero |
| Señora | María del Carmen Álvarez Bogantes | Distrito Cuarto |
| Señora | Yuri María Ramírez Chacón | Distrito Quinto |

ALCALDE Y SECRETARIA DEL CONCEJO

| | | |
|------|----------------------------|------------------------------|
| MSc. | Flory A. Álvarez Rodríguez | Secretaria Concejo Municipal |
| MBA. | José Manuel Ulate Avendaño | Alcalde Municipal |

ARTÍCULO I: Saludo a Nuestra Señora La Inmaculada Concepción Patrona de esta Municipalidad

ARTÍCULO II: AUDIENCIAS

1. MBA. José Manuel Ulate Avendaño -Alcalde Municipal

Asunto: Presentación de estudios para la elaboración de los mapas de vulnerabilidad hidrogeológicos.

La Geóloga Kembly Soto – Coordinadora de Plan Regulador brinda un saludo al Concejo Municipal. Indica que la elaboración de estos mapas es única y exclusivamente para los distritos urbanos, porque deben acordarse que hace como un año se presentaron los mapas de vulnerabilidad de Vara Blanca para lo cual se hizo un estudio igual aparte para lo que era este distrito. Este estudio va hacer un complemento a la parte de la viabilidad ambiental para poder llevar a setena los índices de fragilidad ambiental y todo lo que es la variable ambiental del Plan Regulador. Sea, esto es un insumo más para el proceso de ordenamiento territorial del cantón. En esta oportunidad la contratación la tiene la Empresa Geos ambiental S.A. donde don Luis Fernando Sáenz es el Geólogo de la empresa y tiene a cargo la contratación y los estudios.

Se encuentran presentes a efectos de atender esta audiencia las siguientes personas:

Sr. Luis Sáenz – Geólogo

Sr. Javier Solano – Ing. Especialista en Sistema de Información Geográfica

Sr. Mario Vargas – Representante de la ESPH

Sr. Frans Ulloa – Representante de la ESPH

Sr. Allan Astorga – Consulta Ambiental – Geólogo

Licda. Ana Lucrecia Quirós – Representante de los vecinos

Sr. Javier Fernández – Representante de La Estación

Sr. Manuel Frer – Representante de La Estación

Sr. Esteban Córdoba – Vecino de la ciudad de Heredia

Ing. Lorelly Marín – Dirección de Inversión Pública

Se transcribe el documento, el cual dice:

Mapas de Vulnerabilidad Hidrogeológica de los distritos de Heredia, Mercedes, San Francisco y Ulloa del Cantón de Heredia

INFORME FINAL

2. INTRODUCCIÓN

El área sujeta al presente estudio se localiza en la Cordillera Volcánica Central, norte Valle Central de Costa Rica.

El área de interés, ha sido motivo de diversos estudios por parte del SENARA y otras instituciones, en materia de agua subterránea, lo que permite aplicar el método GOD que evalúa la vulnerabilidad general y a la vez analiza y clasifica la carga contaminante, tomando en cuenta los factores de ocurrencia del agua subterránea, litología de la zona no saturada y profundidad del agua subterránea.

En este tercer Informe se presentan los resultados de los Parámetros de GOD, insumos para la elaboración de mapas de vulnerabilidad hidrogeológica siguiendo la metodología GOD.

Ubicación cartográfica y administrativa

Desde el punto de vista administrativo¹ el área específicamente abarca 2518 Ha, correspondientes a los distritos N°1 Heredia, N°2 Mercedes, N°3 San Francisco y N°4 Ulloa, del cantón N°1 de Heredia, de la provincia N°4 de Heredia.

Las hojas topográficas, escala 1:50,000, que abarca estos distritos, corresponden a Barva II, hoja 3346-II-SW y 3346-II-SE, escala 1:25,000; Abra I, hoja 3345-I-NW y 3345-I-NE, escala 1:25,000, que son convertidas a la Proyección CRTM05, con corrección a Ocotepaque. La Figura N°1 (Imagen el documento original) muestra la localización del proyecto con base en la hoja cartográfica indicada.

3. GEOLOGÍA LOCAL DE LOS DISTRITOS

La presente sección analiza las propiedades y características geológicas de los materiales presentes en el subsuelo de los distritos por analizar; este mapa base geológico se fundamenta en los diferentes trabajos y publicaciones de G. Soto, 1991, 1999 y 2010, G. Alvarado, 1985, 1988, 2000, 2009 y 2010; P. Denyer 1991 y 2003; A. Alfaro, 2008 y P. Ruiz, 2010, otros autores han realizado estudios cercanos al sitio de estudio, aportando mapas y descripciones de Unidades Litológicas que se encuentran en el sitio de estudio.

Se pretende con el presente estudio disponer del conocimiento integral y directo de la conformación y condiciones geológicas del terreno para la elaboración de mapas temáticos de la amenaza por Vulnerabilidad Hidrogeológica.

La distribución espacial de las unidades o formaciones geológicas, se muestra en la Figura 4.1 Mapa Geológico Local y la Figura 4.2 (Imagen el documento original) Perfil Hidrogeológico tomado de A. Alfaro, 2008, el cual representa las condiciones geológicas e hidrogeológicas de los 5 distritos de Heredia, dado que los pozos que se presentan en dicho perfil, han sido tomados en cuenta para este estudio, tanto en su litología como en los reportes de los posibles niveles freáticos de esas litologías.

A continuación se realizará la caracterización Geológica de las Formaciones expuestas en superficie.

Formación Colima

¹ Según la División Territorial Administrativa de la República de Costa Rica, oficio DVG-613-2007 DE 20 DE JUNIO DEL 2007.

Antiguamente llamada formación Lavas Intracañón. Esta formación afloran en superficie principalmente a lo largo del río Virilla y algunos de sus afluentes; sin embargo, numerosos pozos de perforación para agua cortan estas lavas en prácticamente todo el Valle Central. Se trata de por lo menos siete coladas andesíticas, el espesor promedio de esta formación es de 100 m y el volumen total es de 35 km³. Algunas veces separadas entre sí por capas de tobas o ignimbritas

Formación Tiribí

También conocida como Formación de Depósitos de Avalancha Ardiente, están constituidos principalmente por eventos volcánicos explosivos, caracterizados por flujos piroclásticos. Estos materiales se extienden por todo el Valle Central y sus principales afloramientos se observan en los cañones de los ríos Tiribí, Virilla (Echandi, 1981). Presenta un espesor de 45 m, una extensión de aproximadamente 500 km² y un volumen de 25 km³; originados por una gran explosión volcánica. Se trata de un solo flujo volcánico que, de acuerdo al lugar y posición vertical, presenta varios grados de soldamiento. Esta unidad está compuesta por escorias, grandes fiames de vidrio color negro, bombas negras escoriáceas y fragmentos líticos, todos dentro de una matriz de ceniza color gris parduzco poco consolidada.

Formación Barva

Con este nombre se denomina a varias coladas y depósitos piroclásticos que se originan en la Cordillera Volcánica Central (Echandi, 1981). Se incluyen rocas que han sido contenidas dentro de la formación Lavas Post-Avalancha y otros nombres usados para las coladas más meridionales, como la colada de Cebadilla, la cual se presenta en forma de promontorios de bloques que sobre salen de la planicie ignimbrítica.

Está compuesta por coladas de lavas andesíticas y andesíticas-basálticas con espesores que varían desde los 10 hasta los 80 metros, con intercalaciones de aproximadamente 10 metros de cenizas y ocasionalmente lapilli (Echandi, 1981). Su forma es sumamente irregular, aunque en general se representa una cuña engrosándose al norte.

Dentro de estas se incluyen algunas capas de cenizas finas, las cuales se presentan básicamente en superficie, cubriendo el terreno, evidencia de estas, son las descripciones que se presentan en los reportes de perforación, donde se mencionan espesores de hasta 30 metros de arcillas café, por debajo de estas, no se reporta la presencia de otras capas de cenizas.

En las Figuras 4.2 al 4.5 (Imagen el documento original), se presentan el mapa de ubicación de los pozos y los perfiles representativo de las condiciones geológicas e hidrogeológicas realizado por A. Alfaro, 2008, estudio realizado para el [AyA](#).

Comentario [J1]: Se debe poner un mapa donde se indiquen los perfiles

4. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN EXISTENTE DE POZOS, MANANTIALES Y CAPTACIONES SUPERFICIALES EN BASES DE DATOS INSTITUCIONALES (MINAE, AYA, SENARA Y OTRAS)

La información para desarrollar este apartado se ha recopilado principalmente en las bases de datos digitales y físicas del Área de Investigación y Gestión Hídrica del Senara y la Dirección de Agua del MINAE; se presenta a continuación el procesamiento de los datos requeridos.

El Área de Investigación y Gestión Hídrica del SENARA posee una base de datos de pozos perforados y excavados que se han registrado en todo el país, en la cual se procedió a revisar la información disponible en los cinco distritos que abarca este estudio con respecto al área central del proyecto; la información de los pozos reportados se muestra en la siguiente tabla 5.1 (Imagen el documento original):

Del listado anterior se filtraron los pozos más representativos y que tienen información hidrogeológica más útil y completa para la elaboración del modelo hidrogeológico conceptual.

En la Figura 5.1 (Imagen el documento original) se muestran la ubicación de los pozos más representativos para este estudio de los cuatro distritos de Heredia.

MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL

El siguiente modelo hidrogeológico conceptual se ha interpretado principalmente con el procesamiento de los pozos perforados de las bases de datos del SENARA, el levantamiento geológico local, los estudios de geofísica locales y el mapa geológico de la hoja Abra (Denyer y Arias, 1991), de R. Ramírez & A. Alfaro, 2002 Mapa de Vulnerabilidad Hidrogeológica de una parte del Valle Central de Costa Rica, de A. Alfaro, 2008. Estudios del Acuífero del Barva. Por lo tanto se detalla a continuación y se define el modelo hidrogeológico conceptual para los cuatro distritos urbanos de Heredia.

Los materiales geológicos que se encuentran en esta zona del país, tienen una edad de aproximadamente 5 millones de años. Fueron originados por fracturas que permitieron la erupción de lavas y flujos piroclastos de las formaciones Grifo Alto y Doán, como también las coladas de las Lavas Intracañón y los depósitos de Avalancha Ardiente. Con la formación de los edificios volcánicos de la cordillera Volcánica Central, se dieron los depósitos de lahares y cenizas que rellenaron la depresión originada entre la cordillera y el volcanismo del Mioceno, todo este conjunto de procesos y materiales es conocido actualmente como Valle Central (Denyer et al., 1994).

Para empezar a estudiar estos acuíferos, se aclara que la nomenclatura hidrogeológica y geológica no son iguales, porque fueron propuestas para diferentes objetivos (R. Ramírez & A. Alfaro, 2002). Además hacen la acotación de establecer las siguientes semejanzas: las Lavas Intracañón, corresponden con la Formación Hidrogeológica Colima (Superior e Inferior), la formación Avalancha Ardiente correspondería a Tiribí y los piroclastos y lavas de los estratovolcanes con la formación hidrogeológica Barva; esto también se corrobora con los trabajos del SENARA-BGS, 1985 y Arredondo, 1994. En la figura 5.1, se muestra la Columna Hidrogeológica del Valle Central, cerca del pozo de la Valencia (SENARA, 1988).

Unidad Hidrogeológica 1: constituida por rocas de tobas e ignimbritas pertenecientes a la Formación de Depósitos de Avalancha Ardiente, que hidrogeológicamente es reconocida como Acuitardo, otros autores la denominan como acuífero a esta Formación Tiribí en el Valle Central de Costa Rica.

El espesor probable de la zona no saturada es de unos 40 a 45 m, esto con base en el valor promedio estimado en una interpolación de espesores ponderados por distancias de separación de los pozos AB 470, AB 1035 y AB 520 y comprobado en parte mediante inspección visual de afloramientos a lo largo del río Bermúdez, río Virilla y otros ríos menores donde se pudo inferir las litologías y sus posibles. El techo del acuífero está entre los 50 y los 60 m de profundidad, generándose un efecto artesiano con estabilización del nivel estático entre los 35 y 40 m de profundidad.

Comentario [J2]: Ojo esto es clave para Tiribí

El potencial acuífero de las ignimbritas, con un espesor saturado de unos 30 metros a nivel muy local de la zona de estudio, se clasifica como de medio a bajo por cuanto en la mayoría de los informes finales de perforación de los pozos más cercanos mencionados anteriormente, en los cuales se reportan caudales recomendados de extracción entre los 2 y 3 litros por segundo.

El moderado potencial se ve reflejado con los datos de la transmisividad; por lo que se procedió a procesar la información de la prueba de bombeo de pozos con estos datos; hay valores que se encuentran entre de 43 m²/día y 67 m²/día; por lo que tenemos un promedio aproximado de 55 m²/día. Se le asignan valores de permeabilidad entre 1,16-2,72 * 10⁻⁴ metros por día.

Debe aclararse que el perfil hidrogeológico está orientado paralelamente a la dirección del flujo de agua subterránea que se ha determinado para las rocas de la formación Tiribí. No obstante, se considera que los pozos; los cuales algunos están extrapolados y que están integrados al perfil, brindan información de suficiente calidad que permiten correlacionar al punto de perforación del nuevo pozo con buen nivel de confiabilidad.

Unidad Hidrogeológica 2: Este acuífero de la Formación Colima, se divide en Colima Inferior, Puente de Mulas, Colima Superior y La Libertad, afloran en varios tramos del cañón del río Virilla. El acuífero Colima Inferior está formado por coladas de lava andesítica, separadas entre sí por capas de tobas que actúan como acuitardo separando los acuíferos.

Las lavas del acuífero Colima Inferior presentan permeabilidades por fracturas o por sus características brechosas y producen por pozo hasta 60 L/s de agua de buena calidad. Existen numerosos pozos que captan este acuífero en las zonas de Santo Domingo de Heredia y en San Antonio de Belén; además origina importantes manantiales que descargan en el río Virilla, al oeste de San Antonio de Belén.

El acuífero colima Superior, se encuentra albergado en el Miembro Linda Vista, el cual a su vez, incluye el acuífero colgado La Libertad, separados estos por una capa de tobas, poco permeable.

Una colada de lava con un espesor máximo de 55 m origina el acuífero Colima Superior. Su extensión es conocida desde el cañón del río Virilla, donde produce numerosos manantiales, hasta el sur de Santo Domingo, Heredia y Alajuela, en una faja de unos 11 km de largo por 3.5 km de ancho. La profundidad del acuífero varía generalmente entre los 80 a 100 m.

Comentario [J3]: Hacer hincapié en presentación

Los pozos perforados que captan este acuífero pueden producir caudales superiores a los 100 L/s. La calidad del agua es buena para cualquier uso. Genera los manantiales de Las Animas y Puente de Mulas. El acuífero La Libertad es de relativamente poca extensión, origina manantiales con un caudal aproximado de 100 L/s y aflora en el río Tibás y el río Virilla.

Actualmente, el acuífero Colima se explota por parte de Acueductos y Alcantarillados de la siguiente forma: 1280 l/s del campo de pozos La Valencia, 650 l/s del manantial de Puente de Mulas, 250 l/s de Potrerillos y más de 400 litros de pozos y fuentes privadas. En la Figura 5.2 (Imagen el documento original), se presentan las características hidráulicas de la formación hidrogeológica Colima.

Unidad Hidrogeológica 3: El acuífero de la Formación Barva se origina en las escorias y las lavas fracturadas de la formación Barva, específicamente el Miembro Bermúdez. Se extiende, parcialmente cubierto por cenizas, entre la curva de nivel de los 1 500 m al norte, San Isidro de Heredia al este, por el lado derecho del río Bermúdez. El nivel del agua subterránea presenta fluctuaciones de hasta 7 m, coincidiendo sus oscilaciones con las variaciones pluviométricas estacionales.

Las condiciones de fracturamiento y el carácter escoriáceo y brechoso hacen de estas lavas uno de los tipos rocosos más permeables del área y los mayores manantiales conocidos fuera del cañón del Virilla, brotan de esta unidad. Algunos de estos manantiales son Ojo de Agua (375 l/s), Echeverría (125 L/s), Conafruit (125 L/s). La calidad físico-química del agua es variable, está generalmente dentro de los límites de potabilidad aceptables, pero se ha comprobado su contaminación bacteriológica local en Ojo de Agua, (Vargas, 2000).

Unidad Hidrogeológica 4: Cabe mencionar que los acuitardos se caracterizan por un lento tránsito hidráulico (bajas permeabilidades), dependiendo del contexto donde se presentan, confinan capas acuíferas y se definen a partir del medio que los rodee, en este caso los más representativos son: el Miembro Puente de Mulas (espesor máximo 38 m) separando a los acuíferos Colima Inferior del Colima Superior y confinando al Colima Inferior, (SENARA-BGS, 1985) y la formación Tiribí, este separando los acuíferos Colima Superior y Barva.

A partir de la información del Estudio Hidrogeológico del Valle Central de Costa Rica (BGS- SENARA, 1984), se han construido de manera local, la distribución de las curvas isofreáticas para Colima y Tiribí, las mismas se observan en la Figura 6.1 (Mapa de Elementos Hidrogeológicos).

Según las curvas construidas, se puede determinar que el acuífero de la formación Colima, se localiza a 138 m de profundidad por debajo de la zona de estudio. Por las características propias de dicha formación, el acuífero se localiza en rocas fracturadas de la formación Colima, por lo que se considera un acuífero fisural. En la Figura 5.3, se muestra las características hidrogeológicas de Barva, R. Ramírez & A. Alfaro, 2002.

5. MÉTODO GOD

La metodología de GOD fue desarrollada en 1987 por Foster, y trata de ser simple y sistemática. Éste se considera el primer paso para la determinación de la vulnerabilidad a la contaminación de aguas subterráneas con el fin de establecer prioridades. El método determina la vulnerabilidad intrínseca por lo que no toma en cuenta el tipo de contaminante.

Este método establece la vulnerabilidad del acuífero, como una función de la inaccesibilidad de la zona saturada, desde el punto de vista hidráulico, a la penetración de contaminantes y de la capacidad de atenuación de los estratos encima de la zona saturada como resultado de su retención física y la reacción química con los contaminantes (Foster, Hirata, Gómez, D' Elia, 2003).

Es claro que se trata de un método empírico que establece la vulnerabilidad relativa como la interacción entre la inaccesibilidad hidráulica y la capacidad de atenuación, factores que poseen relaciones complejas que dependen de gran cantidad de variables difíciles sino imposibles de cuantificar. Para solventar este inconveniente la metodología utiliza la clasificación de tres fases discretas que son:

- Distancia del agua (nivel freático)
- Ocurrencia del agua subterránea (tipo de acuífero)
- Substrato litológico (litología)

Cuando los datos son escasos, cubren mal el territorio o son inciertos, la aplicación de DRASTIC induce a realizar suposiciones arriesgadas. En cambio, el método GOD (Foster, 1987; Foster & Hirata, 1991) fue desarrollado específicamente para zonas cuya información acerca del subsuelo y sistemas de agua subterránea es escasa. Además, tiene una estructura simple y pragmática que lo hace superior al modelo DRASTIC en la interpretación de resultados. El método GOD estima la vulnerabilidad de un acuífero, multiplicando tres parámetros que representan tres tipos de información espacial:

- **G** (Groundwater occurrence) índice por condición de confinamiento del acuífero u ocurrencia del agua subterránea, esto es, modo de ocurrencia del embalse subterráneo o tipo de acuífero.
- **O** (Overlying lithology) índice del substrato litológico en términos de grado de consolidación y características litológicas, esto es, la litología de la zona no saturada.
- **D** (Depth to Groundwater) índice por profundidad del nivel del agua o techo del acuífero confinado, esta es la profundidad al agua subterránea

PARÁMETRO: GRADO DE CONFINAMIENTO HIDRAÚLICO (G)

Corresponde a la identificación del tipo de acuífero, cuyo índice puede variar entre 0 y 1. El modo de ocurrencia del embalse varía entre la inexistencia de acuíferos (evaluado con índice 0), en un extremo, y presencia de un acuífero libre o freático (evaluado con índice 1), en el otro extremo, pasando por acuíferos artesianos, confinados y semiconfinados.

OCURRENCIA DEL ESTRATO SUPRAYACIENTE (O)

Corresponde a la caracterización de la zona no saturada del acuífero. Este se evalúa considerando dos características: el grado de fracturamiento y las características litológicas y como consecuencia, en forma indirecta y relativa, la porosidad, permeabilidad y contenido o retención específica de humedad de la zona no saturada (Foster e Hirata, 1991). Esta información se usa para obtener un índice que puede variar en un rango entre 0,4 y 1.

DISTANCIA DEL NIVEL DEL AGUA (D)

Consiste en determinar la profundidad del nivel freático en caso de acuíferos freáticos, o la profundidad al techo del acuífero en casos de acuíferos confinados. De acuerdo a la profundidad observada, este tercer componente puede tomar un valor entre 0,4 y 1.

El producto de estos tres componentes arroja un índice de vulnerabilidad que puede variar entre 0 y 1, indicando vulnerabilidades desde despreciables a extremas. Se puede corregir el hecho de no considerar directamente el suelo, que en general es un parámetro esencial, añadiendo sufijos al índice de vulnerabilidad, que consideran la capacidad de atenuación y el grado de fisuración del suelo (Custodio, 1995).

Las grandes simplificaciones introducidas por este método están justificadas por la disponibilidad real de datos, pero como contrapartida, se pierde definición y no es posible diferenciar un tipo de contaminante de otro. Así, el valor numérico obtenido significa una u otra cosa en función del contaminante que se considere y su interpretación queda en cierto grado, al criterio personal de quien lo interpreta (Custodio, 1995).

Cada uno de los factores posee valores entre cero y uno, entre mayor es el valor, más desfavorable es la condición (ver Figura 6.1, (Imagen el documento original)). Este método solo asigna un peso indirecto a las variables a través de sus valores.

Algunos otros factores reconocidos como modificadores de la vulnerabilidad son tomados en cuenta por el método dentro de la carga contaminante. Entre estos se puede citar la infiltración efectiva y el tipo de suelo.

Otra característica del método, importante de destacar es que sólo toma en cuenta la posible atenuación antes de alcanzar la zona saturada, sin tomar en cuenta la dilución y dispersión en el acuífero.

Se considera vulnerabilidad muy baja si el valor es menor a 0.1, baja si el valor está entre 0.1 y 0.3, moderada si está entre 0.3 y 0.5, alta si está entre 0.5 y 0.7 y extrema si es mayor a 0.7.

6. ANÁLISIS

El análisis de la información se centrará en las tres variables del método GOD, iniciándose por las profundidades en relación al modelo de elevación del terreno (MDT), el tipo de acuífero y la litología.

Análisis de profundidades del nivel freático

Del Modelo de Elevación Digital (MDT), se toma el análisis de profundidades que se requieren. En éste informe final se incluye un modelo sin corrección hidrológica, dejándose para los siguientes estudios a futuro éste tipo de corrección, que consisten darle dirección a los flujos del agua en cada cauce desde aguas arriba a aguas abajo, con lo que se consigue una mejor representación espacial del relieve de las Isofreáticas, estos valores están respaldados con la Base de Datos de los Pozos del SENARA, 2013. Con base en la información de las interpolaciones de isofreáticas de Tiribí y Colima Superior se puede obtener la tabla de aguas respectivas. El procedimiento para obtener la profundidad incluye la resta aritmética del modelo de elevación digital de la superficie de nivel freático. Las profundidades obtenidas se muestran en las Figuras 6.1 y 6.2 (Imagen el documento original).

Comentario [M46004]: OCURRENCIA DEL ESTRATO SUPRAYACIENTE

Comentario [M46005]: DISTANCIA DEL NIVEL DEL AGUA

Comentario [LS6]:

Comentario [LS7]:

Comentario [M46008]: MODELO DE

Comentario [M46009]: TERCER?

PARÁMETROS DE GOD

Ahora considerando la variación de las profundidades del agua subterránea, dada en las Figuras 7.3 y 7.4 (Imagen el documento original), se obtienen los valores que se presentan en el cuadro 7.1.

1.1.1 Parámetro G.

Se expone las consideraciones según el método para la asignación de cada valor a cada formación según las consideraciones acuíferas. En la Figura 7.3 (Imagen el documento original), se muestra el mapa para el parámetro G.

1.1.2 Parámetro O.

Este es uno de los más importantes, ya que deben de exponer como surgen las isofreáticas, como se definieron y los valores de cada una, como en el cuadro del GOD. En la Figura 7.4 (Imagen el documento original), se presenta el mapa del parámetro O.

7. MODELACIÓN CON SIG PARA OBTENER EL GOD

En el presente apartado se expone el **escenario más crítico de modelo de GOD**, para los cinco distritos de Heredia, para la formación Tiribí, pues para Colima Superior o Inferior los escenarios de vulnerabilidad acuífera son muy bajos. En el Anexo 1 se incluye un análisis adicional a este estudio.

Se aclara que estas modelaciones por medio de SIG, se deberán comparar con los resultados de los IFAS del PRUGAM.

Modelación por medio del SIG.

La formulación del G O D, es una multiplicación entre tres mapas rasterizados, que a continuación se presentan, en la Figura 8.1 (Imagen el documento original).

En la siguiente Figura 8.2 (Imagen el documento original), se presenta el resultado de la multiplicación rasterizada de los parámetros y en la Figura 8.3 se muestra la Clasificación de Vulnerabilidad Hidrogeológica.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Geología Local, está conformada por la Formación Colima conformada por Lavas e Ignimbritas. La Formación Tiribí, que son Ignimbritas. Por último la Formación Barva, con sus miembros Bermúdez, Lalajuela y San Josecito; litológicamente conforman una secuencia de Lavas, Lahares, Tobas y Lavas.

Se determinó el escenario de GOD, para obtener los mapas de Vulnerabilidad Hidrogeológica. Presenta una concentración de Vulnerabilidades Bajas a Medias en casi la totalidad de los cinco distritos. Asociado a las formaciones **la Vulnerabilidad Alta se localiza en la zona de los márgenes de los ríos Bermúdez y Virilla, asociado a las formaciones Barva, Tiribí y Colima. Viéndose afectada la zona de los residenciales Los Lagos, Arcos y una parte del Cariari.**

Se debe confrontar con los mapas obtenidos con los IFAS del PRUGAM, para realizar un análisis de la información y metodología usado en ese estudio versus la recopilación de una geología reciente, nuevos pozos de agua subterránea y el mejoramiento de las herramientas de SIG.

En el anexo se incluye una metodología para confrontar el caso del distrito de Vara Blanca.

El síndico Elías Morera pregunta que cuanto afectan los ríos contaminados el nivel freático, a lo que responde el señor Luis Sáenz que es bastante relativo en sentido de la formación geológica donde está el agua y el nivel superior donde está el agua.

La regidora Catalina Montero indica que tiene dudas con respecto al nivel de vulnerabilidad por lo que quisiera que se le explique un poquito, además pregunta que como se cruza esta información con las construcciones para que no vaya a dañar esas aguas que están a cierto nivel, cuantos pozos hay y que profundidad hay y cuantos mantos acuíferos y donde se podrían generar para bastecer del agua que se requiere. .

El Geólogo Luis Sáenz señala que si se necesita hacer una urbanización, existen reglamentos de la SETENA y toda una normativa que se debe cumplir actualmente y cuando se tiene una calificación muy alta entra ya el tema de los estudios de impacto ambiental que se deben realizar. Hay calificaciones d1 y D2.

En D1 se hace pruebas de suelo, se hacen pruebas de infiltración, además el Geólogo debe hacer un GOD y hay que hacer estudios que pide la SETENA y SENARA si es una zona de alta vulnerabilidad.

Indica que deben cumplir todas las normas legales que existen, porque van a ser más rigurosos. Afirma que pueden construir, pero si es un proyecto técnico, ambiental y económico por supuesto si cumple con estas tres variables le va a dar positivo. Los mapas los va a tener SENARA, SETENA y la Municipalidad, son de tipo preventivo.

El regidor Gerardo Badilla indica que la información del Cantón de Heredia excluyendo a Vara Blanca como que la información no va o no llega y saltan dudas. Como que no está claro el aterrizaje de lo que se expone. Le queda claro que este cantón tiene una baja vulnerabilidad, entonces se puede interpretar que en cualquier lugar se puede hacer una construcción y se puede dar permiso sin miedo, aunque pasa por SENARA. Manifiesta que de repente quedan cosas de si es o no es. Si la vulnerabilidad es baja desde la Municipalidad se puede otorgar cualquier un tipo de permiso en las zonas de los 4 distritos y si después dice SENARA ahí no se podía, que sucede. En la presentación puso el Ing. Javier Solano que era Ingeniero Civil, por tanto con todo respeto quiere saber cuál es su especialidad en este tema, para tener mayor claridad.

El señor Javier Solano indica que inicialmente es Ingeniero Civil y tiene una especialidad en Informática, una maestría en Hidrología hidráulica, otra maestría en manejo de cuencas además de 25 cursos sobre el tema. En caso de Poás salió el mapa en rojo y si salió en rojo ganaron un juicio y por esa razón se toma como base. En zona

Comentario [M460010]: Se de exponer las consideraciones según el método para la asignación de cada valor a cada formación según las consideraciones acuíferas.

Comentario [M460011]: Este es uno de los más importantes, ya que deben de exponer como surgen las isofreáticas, como se definieron y los valores de cada una, como en el cuadro del GOD

Comentario [M460012]: Cuales dos???

Comentario [M460013]: Asociado a las formaciones....???

rojas es alto y se deben pedir estudios profundos y detallados. Para hacer un Mall deben hacer todo un estudio especializado de suelos, para determinar si se puede o no se puede dar el permiso. Esto es una guía para la Municipalidad.

El regidor Gerardo Badilla indica que ya le queda un poco más claro. Afirma que una persona como regidor o (a) y sabiendo que esto es muy importante, lo más viable es que todos tengan claro de que se habla, a pesar de ser materia muy técnica. Afirma que Don Allan Astorga indica que se identificaron inconsistencias y vacíos técnicos y no se cumpliría con lo que dice el SENARA etc., de ahí que cuando uno lee eso, saltan muchas dudas y quiere saber a qué se refería el Dr. Astorga cuando hace estas anotaciones.

El regidor Minor Meléndez le preocupa dentro de los perfiles que estaban observando, porque de todos es conocido que en verano se racionaliza el agua y observando los estratos de agua Heredia ha estado sin agua y esa es una inquietud fuerte que tiene la población herediana. La capacidad de los mantos acuíferos ha bajado y el nivel freático ha bajado y que va a pasar con esos mantos acuíferos y seguimos desarrollando, por tanto la capacidad de sustentar la ciudad y el crecimiento le preocupa. Tienen un grave problema con quebrada seca porque se sube demasiado el nivel freático y se inundan comunidades y no se puede dragar ese río porque el estrato está muy cerca de mantos acuíferos. Pregunta, qué tanta permeabilidad tienen nuestros suelos, porque hay un pozo cerrado en La Aurora que tiene casi 10 años que se está tratando el agua por contaminación de hidrocarburos. Como estamos en el cantón central, porque la población es densa y como estará en unos años si seguimos utilizando la tierra como se está usando.

Le preocupa las decisiones que se tomen acá. Le preocupa la parte de hidrocarburos y consulta si habrá una zona que tenga una vulnerabilidad media para esos centros.

El señor Luis Sáenz indica que él es Geólogo y firma como Geólogo y como responsable de la empresa y está inscrito ante el colegio de geólogos. Afirma que las aguas subterráneas son unas y otras son las aguas de escorrentía.

Informa que este es un método, un mapa de consulta –orientador-. Con respecto al mani carapiñado es como la bilis en ciertas capas, que son materiales que son muy porosos y que pueden contener agua.

Una cola de lava en la parte central donde va pasando la lava va cristalizando por etapas. Si el va a hacer un desarrollo o proyecto en capitas donde hay agua, y donde podría contaminar, sea, hay agua que podría ser vulnerable a contaminación, para eso existe todo el fundamento de la ley ambiental y matrices de senara y la norma que hay que cumplir. Este es un mapa orientador para concatenarlos con el Plan Regulador y estos métodos se juntan para sacar un mejor producto para un buen ordenamiento territorial y un buen direccionamiento de la municipalidad pero eso no quita que se tengan que hacer estudios con mayor detalle, en cumplimiento de lo que dicen las leyes.

El alcance de este estudio no llega al tema del racionamiento del agua, porque eso ya es otro tema.

La Presidencia indica que es un tema delicado y da la palabra al señor Allan Astorga.

El señor Allan Astorga da un saludo al Concejo Municipal y le agradece el espacio que le brinda para referirse al tema sobre el Dictamen técnico de revisión sobre los mapas de vulnerabilidad hidrogeológica del cantón de Heredia, mismo que presenta a continuación y dice:

Presentación

En lo que sigue se presenta un dictamen técnico de revisión de un informe técnico preparado para la Municipalidad de Heredia y que se titula: "Mapas de Vulnerabilidad Hidrogeológica de los distritos de Mercedes, Heredia, San Francisco y Ulloa del cantón de Heredia"; elaborado por Geosigambial S.A. y SGSA en febrero del 2014.

La revisión se hace a solicitud de la Licda. Lucrecia Quirós a fin de obtener una opinión técnica sobre el alcance del estudio que documenta el Informe citado. La evaluación se realiza, para la información suministrada y referida como "Tercer Informe" y la serie de perfiles hidrogeológicos y mapas que lo acompañan en formato digital (pdf).

Como base de referencia para el análisis se utilizan los términos de referencia que establece el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA) para la elaboración de informes de vulnerabilidad hidrogeológica. Además de ello, se hace una valoración general sobre los resultados técnicos obtenidos en el estudio y sus consecuencias prácticas..

Responsabilidad profesional

EL PRESENTE DICTAMEN TÉCNICO SE REALIZA EN EL MARCO DE LA CLÁUSULA DE RESPONSABILIDAD AMBIENTAL ESTABLECIDA EN EL DECRETO EJECUTIVO NO. 32967 – MINAE, A MODO DE UNA DECLARACIÓN JURADA, BAJO LA RESPONSABILIDAD DE: [Allan Astorga Gättgens](#) Licenciado en Geología, Universidad de Costa Rica. C.G.C.R. 112 - Doctor en Ciencias Naturales, Universidad de Stuttgart, Alemania, SETENA CI 084 – 1998. Especialista en Geología Ambiental, Evaluación de Impacto Ambiental, Evaluación Ambiental Estratégica.

1. Introducción

1.1 OBJETIVO DEL DICTAMEN

El dictamen técnico solicitado tiene como finalidad externar opinión técnica sobre la metodología aplicada y referente a los resultados obtenidos para la generación de los mapas de vulnerabilidad hidrogeológica del cantón de Heredia, a fin de determinar si los mismos son concluyentes respecto a su alcance y aplicación práctica respecto al uso del suelo que establece la denominada Matriz del SENARA (Matriz de criterios de uso del suelo según la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos para la protección del recurso hídrico en el cantón Poás), conforme a lo establecido por la Sala Constitucional en el Voto No. 008892 – 2012.

1.2 INFORMACIÓN OBJETO DE ANÁLISIS

La información revisada en el presente documento corresponde con el informe titulado: "Mapas de Vulnerabilidad Hidrogeológica de los distritos de Mercedes, Heredia, San Francisco y Ulloa del cantón de Heredia, Municipalidad de Heredia, TERCER INFORME", así como una serie de perfiles y mapas que lo acompañan, todos en formato digital "cerrado" ("pdf").

1.3 METODOLOGÍA APLICADA

La metodología aplicada para la revisión de la información indicada, ha sido la siguiente:

1. Revisión detallada del informe, así como de los perfiles y mapas que lo acompañan.
2. Comparación de la temática del informe respecto a los términos de referencia que ha establecido el SENARA para este tipo de informes técnicos, particularmente para los casos de los cantones de San Pablo y Santo Domingo, donde el autor ha fungido como profesional responsable de los mapas de vulnerabilidad hidrogeológica; así como del cantón de Belén, del cual, el autor es responsable del Informe Ambiental del Plan Regulador respectivo.
3. Análisis de la argumentación técnica del informe y de las bases con que se establecen los valores para el método GOD.
4. Síntesis de observaciones técnicas al documento.
5. Elaboración del Dictamen Técnico.

1.4 Organización del documento

Aparte del presente capítulo introductorio, en el segundo capítulo de este documento, se presentan la serie de observaciones técnicas que se derivaron de la revisión de la información suministrada. Por su parte, en el tercer capítulo se derivan las conclusiones y recomendaciones respectivas.

9. OBSERVACIONES TÉCNICAS

2.1 Introducción

Las observaciones técnicas que en lo siguiente se presentan, se realizan según el orden del documento. Se presentan observaciones tanto a aspectos de forma, como de fondo, derivadas de la aplicación de la metodología GOD, así como de los términos de referencia que establece el SENARA para este tipo de informes técnicos. Se aclara al lector que el orden con que se presentan las observaciones técnicas no representa ningún priorización o jerarquía de atención.

2.2 Número de Informe

No queda del todo claro si efectivamente el informe analizado corresponde con el Informe Final. Esto por cuanto, en el nombre del archivo digital el documento se refiere como "Informe Final Mapas de Vulnerabilidad Heredia". No obstante, en la portada del documento se indica como "Tercer Informe" sin indicar que se trata de último. Además, en el documento se hace referencia como si se tratara del primer informe. Aunque se trata de un aspecto de forma, se considera importante que quede claro si el documento en cuestión se refiere efectivamente el Informe Final.

A pesar de lo anterior, es importante aclarar que el informe en cuestión, contiene el producto final contratado por la Municipalidad de Heredia, es decir, los mapas de vulnerabilidad hidrogeológica de los distritos de Mercedes, Heredia, San Francisco y Ulloa del cantón de Heredia y que en lo que sigue se abrevian como los mapas de vulnerabilidad del cantón de Heredia.

En consideración de esto, y de que es la información suministrada por la Lic. Quirós, quien lo recibió de la Municipalidad de Heredia en el marco de una orden de la Sala Constitucional, el informe en cuestión se revisa como el Informe Final sobre el tema.

2.3 Autores del informe

Llama la atención que el apartado de "Responsabilidad Profesional" el autor principal del informe sea el ingeniero civil Javier Saborío Bejarano (CFIA - IC - 2949) y no por un profesional en geología.

En dicha sección se señala textualmente que el documento fue "revisado por el Geólogo Lic. Luis Saénz Sánchez", quien también, en principio, firma el documento (nota: el documento digital no contiene la firma de ninguno de los dos profesionales indicados).

Debido a que el tema en cuestión se refiere a un tema del ámbito estrictamente geológico (e hidrogeológico), y en marco de lo establecido por la Ley del Colegio de Geólogos de Costa Rica se hace necesario que el profesional responsable (y por tanto, primer autor del informe) sea un profesional en geología y no un profesional en ingeniería civil.

Es importante señalar que aunque se indique que el informe "fue revisado por un geólogo" es no es suficiente! El caso contrario, de que un geólogo realice un trabajo de un profesional en ingeniería civil y que lo firme como primer autor, indicando que "fue revisado por un ingeniero civil" tampoco sería válido ni legal.

En razón de ello, se considera que este aspecto es relevante y cuestiona seriamente la validez legal del informe técnico aquí analizado.

2.4 Términos de referencia del SENARA

En la Tabla 1, se presentan los "Términos de Referencia generales" que establece el SENARA para la elaboración de Mapas de Vulnerabilidad Hidrogeológica de un cantón.

Dichos términos de referencia fueron utilizados por el autor de este dictamen para la elaboración del informe técnico "Vulnerabilidad Hidrogeológica del cantón de San Pablo y lineamientos sobre el uso del suelo" (ver Astorga et al., 2010) y que finalmente fue aprobado por el SENARA en el año 2011.

Los términos de referencia en cuestión fueron establecidos por la Municipalidad de San Pablo, luego de consultar al SENARA.

Tabla 1
Términos de referencia generales del SENARA para elaboración de Mapas de Vulnerabilidad Hidrogeológica de un cantón

| No. | TEMA | EXPLICACIÓN |
|-----|---|---|
| 1. | Mapa geológico a escala 1:10.000 | Este mapa se debe realizar con cartografiado de campo a 1:10.000, indicando mapa de afloramientos. También debe indicar estructuras geológicas, espesores de suelos y roca y otras características litológicas. |
| 2. | Caracterización de la zona no saturada: | Debido a que el fundamento de las metodologías de vulnerabilidad hidrogeológica es que el contaminante se aplica en la superficie, por lo tanto deben realizarse pruebas de conductividad hidráulica, porosidad, grado de humedad y otros que sean necesarias, para cada una de las unidades geológicas identificadas para el territorio del cantón. Esta información también puede obtenerse complementariamente por medio de extrapolación de datos de estudios realizados en el cantón o en otras áreas cercanas |
| 3. | Configuración del flujo subterráneo (líneas de flujo y equipotenciales): | Este aspecto junto con la geología y los parámetros hidráulicos de los acuíferos, se determinará si se trata de un acuífero: libre o confinado o semiconfinado. Para realizar este aspecto es necesario contar con pozos perforados con una buena distribución en el área de estudio (datos de SENARA) y que los mismos tengan pruebas de bombeo para determinar los parámetros hidráulicos del acuífero. Estos datos se obtendrán del procesamiento de información del archivo de pozos de SENARA. |
| 4. | Construcción de perfiles geológicos: | Que indiquen las características hidráulicas de los estratos geológicos. Se deben realizar hasta 5 perfiles longitudinales y 5 transversales para el cantón. |
| 5. | Mapa de pendientes del terreno: | Según las categorías de capacidad de uso de la tierra (MAG – MIRENEN de 1995). |
| 6. | Levantamiento de pozos y manantiales: | Inventario de pozos y manantiales registrados en los archivos de SENARA y de la Municipalidad, y de ser posible, definir la zona de protección inmediata (zonas de captura) para los pozos de abastecimiento público. |
| 7. | Métodos de vulnerabilidad hidrogeológica | Aplicación de métodos conocidos de tipo GOD, DRASTIC u otros. |
| 8. | Adaptación de la matriz de criterios de usos del suelo: | Según los resultados del mapa de vulnerabilidad y adaptado a las condiciones del cantón de San Pablo y de los usos establecidos en el mismo por la Propuesta del Plan Regulador, basado en zonificación de fragilidad ambiental (según el Decreto Ejecutivo No. 32967 – MINAE). |
| 9. | Redacción del informe técnico | Que resuma todo el trabajo realizado y que emita los lineamientos a incorporar en el expediente ambiental del Plan Regulador ante la SETENA, así como el Reglamento de Desarrollo Sostenible y de zonificación del Plan Regulador. |

Es lógico colegir y en respeto a un principio de igualdad y de consistencia técnica y científica, que para la elaboración de los mapas de vulnerabilidad del cantón de Heredia, se deberían seguir, como mínimo, los términos de referencia señalados en la Tabla 1 y que son lo que ha establecido el SENARA.

Se aclara que, hasta el momento, el SENARA no ha definido dichos "Términos de Referencia" de una manera oficial, es decir, por medio de un acuerdo de su Junta Directiva. No obstante, son los contenidos temáticos que la Dirección de Investigación en Recursos Hídricos (DIRH) del SENARA establece como mínimos para el informe sobre el tema de vulnerabilidad hidrogeológica. En razón de ello, los mismos son utilizados como referencia para la revisión de la información técnica suministrada.

2.5 Mapa geológico

En la Figura 4.1 del Informe Final analizado se presenta el mapa geológico del área de estudio. No queda claro si dicho mapa se ha confeccionado a la escala solicitada por el SENARA, es decir, a escala 1:10.000. Como parte del mapa se citan una serie de informes de referencia, pero no se indica si el mapa se ha elaborado a partir de datos de campo. Tampoco se indica quién es el geólogo profesional responsable de la elaboración del mapa geológico.

Como complemento del mapa no se presenta un mapa de afloramientos que haya sido utilizado de base para su elaboración.

De igual manera, como parte del mapa, no se indican las líneas de perfiles geológicos (transversales y longitudinales) y su respectiva presentación, con lo cual sea posible tener una idea clara de la condición geológica del subsuelo superior en tres dimensiones.

Es importante aclarar que como parte de la información digital que acompaña el informe se presenta una importante cantidad de perfiles hidrogeológicos. No obstante, llama la atención que no se presenta un mapa con la localización de dichos perfiles hidrogeológicos. Además, la gran mayoría o la totalidad de esos perfiles hidrogeológicos están basados en un estudio del año 2008 realizado por el geólogo Alonso Alfaro Martínez, de manera que los mismos, no fueron elaborados específicamente para el presente estudio técnico de vulnerabilidad hidrogeológica.

El hecho de que se presenten dichos perfiles hidrogeológicos, sin su respectiva localización, impide que se pueda tener una idea de la condición tridimensional de subsuelo superior del área de estudio. Por otro lado, es criterio de autor de este estudio, que la para cumplir los objetivos del SENARA (ver Tabla 1), lo correcto, por parte del autor del informe, era elaborar dos o tres perfiles longitudinales y otra tanto transversales, y que se mostraran en conjunto, con solo la interpretación geológica del autor con su respectiva explicación en el texto.

Finalmente, respecto a este tema, es importante señalar que el mapa geológico presentado es una interpretación que muestra diferencias respecto a la estratigrafía y geología de Heredia elaborada por otros autores, lo cual, al menos requiere de una explicación más detallada, respecto al porqué de esas diferencias.

De igual manera, la explicación sobre las unidades geológicas presentes en el área de estudio resulta muy escueta y general. No se explica con claridad el espesor local de las unidades geológicas, ni de los suelos que las recubren.

En consideración de lo anterior, es criterio del autor de este dictamen que la información geológica presentada en el informe aquí analizado, es limitada e incompleta y por tanto, no es satisfactoria para ser utilizada de base para la elaboración de los mapas de vulnerabilidad hidrogeológica del cantón de Heredia.

Este aspecto requiere ser corregido de forma sustancial y como podrá deducirse, tiene efectos directos respecto a la información técnica que se deriva de ella, pues es una información base fundamental.

2.6 Perfiles hidrogeológicos

Como se indicó en la sección previa, pese a que en el Informe Final mismo, como en la información digital que lo acompaña, se presenta un grupo numeroso de perfiles hidrogeológicos, se presenta el problema de que los mismos no fueron elaborados específicamente para el estudio del mapa de vulnerabilidad. Así mismo, los perfiles no se ubican dentro del mapa del área de estudio y siguen un criterio técnico fundamentado en el objetivo del estudio de vulnerabilidad hidrogeológica. Como se ha dicho, todos los perfiles que se presentan se toman de un estudio previo, realizado con otra finalidad en el año 2008.

Lo procedente, en este tema, es que los perfiles geológicos localizados para mostrar la condición geológica del subsuelo superior del área de estudio y de conformidad con los términos de referencia del SENARA (ver Tabla 1, punto 4), se convirtieran, en perfiles hidrogeológicos interpretando el comportamiento hidrogeológico de cada una de las unidades geológicas y estratigráficas identificadas. Esto, con apoyo de la información litológica e hidrogeológica de los pozos procesados.

El hecho de que esta tarea no se haya realizado de forma detallada y específica, genera serias dudas sobre la información subsiguiente y que se deriva de los datos de los perfiles hidrogeológicos, como por ejemplo, las profundidades de los niveles de aguas subterráneas para las unidades acuíferas identificadas.

2.7 Mapas faltantes

La comparación de la información analizada (Informe Final y mapas y perfiles que lo acompañan) respecto a los términos de referencia del SENARA (ver Tabla 1), se nota la ausencia de algunos mapas importantes para completar la modelación hidrogeológica básica solicitada por el SENARA. Tales mapas son:

- a. Mapa de afloramientos de unidades geológicas.
- b. Mapa de localización de perfiles geológicos e hidrogeológicos (transversales y longitudinales).
- c. Mapa de pendientes, según las categorías de pendientes de MAG – MIRENEM (1995).
- d. Mapa hidrogeológico, con indicación de isofreáticas para los acuíferos presentes en el subsuelo, incluyendo la dirección del flujo de aguas subterráneas.
- e. Mapa de pozos procesados para la realización del estudio, indicando pozos con datos de litología y profundidad del nivel de aguas subterráneas. En este mapa se deben identificar los pozos que se utilizan para el abastecimiento público.
- f. Mapa de sitios donde se realizaron pruebas de infiltración en las diferentes unidades geológicas identificadas.
- g. Mapa de sitios donde se colectaron muestras para análisis geotécnicos de las unidades geológicas identificadas.
- h. Mapa de manantiales identificados en el área de estudio, identificando aquellos que son captados para abastecimiento público.
- i. Mapa de áreas de protección de pozos y manantiales (al menos aquellos captados para el abastecimiento público).

Algunos de estos mapas se pueden presentar combinados o de forma separada, no obstante, tanto en el Informe Final, como en los mapas que lo acompañan, los mismos no son incluidos.

El hecho de que no se presente la información de los mapas arriba indicados, implica que la información de base utilizada para la elaboración del Mapa de Vulnerabilidad, según los criterios del SENARA (ver Tabla 1) está incompleta y por tanto, hace que la misma no pueda ser aceptada como concluyente y definitiva.

Es claro que bajo lo aquí señalado, el estudio analizado, debería ser reelaborado y completado a fin de que puedan realizarse los cálculos correspondientes y así, derivar, con mejor sustento, los mapas de vulnerabilidad hidrogeológica del cantón de Heredia.

Es importante señalar que aunque este valor se establece, con criterio de experto, por el geólogo según la litología presente en la zona no saturada y el espesor del material, el SENARA, para mejorar el criterio, solicita que se realicen pruebas de conductividad hidráulica directamente en el campo, así como ensayos de laboratorio que permitan precisar mejor las características petrofísicas de la zona no saturada que, a su vez, establecen el confinamiento hidráulico del acuífero.

En el caso concreto del estudio aquí analizado, el Grado de Confinamiento Hidráulico que se establece, se hace por la calificación del acuífero como "confinado", "no confinado" o como "acuitado", sin que se establezca con datos concretos para el área de estudio, la característica petrofísica del material geológico de la zona no saturada y el espesor que presenta el mismo. Sin este dato, la calificación que se hace resulta muy subjetiva y hace que el valor que se establezca pueda resultar incorrecto.

Un elemento adicional que debe sumarse a este aspecto y que resulta de gran importancia, es que debido a que, a pesar de que se cuente con cierta información petrofísica y de espesor de la zona no saturada, dado que todavía puede darse cierta subjetividad a la hora de establecer un valor específico, resulta relevante cumplir con un principio de protección al ambiente, como el que se utiliza en la evaluación de impacto ambiental, es decir, considerando el valor más crítico. En otras palabras, a la hora de valorar el criterio en caso de disponer de un eventual rango de decisión, deberá considerarse siempre aquel que signifique mayor protección del recurso hídrico, es decir, aquel que "tienda hacia el 1.0".

En consideración de lo anterior, los datos que definen los rangos de G para las unidades geológicas presentes en el área de estudio y señalados en el Cuadro 6.1 del Informe, requieren ser completados con mayor y mejor sustento. De igual manera el mapa de la Figura 6.3, referente a los parámetros G del área de estudio.

2.9 Ocurrencia del sustrato suprayacente (O)

Este factor complementa la información petrofísica del parámetro G, con los datos de la litología que conforma la zona no saturada.

Al respecto es importante tomar en cuenta que en la gran mayoría de los casos, dicha litología no está formada por un solo tipo de roca, sino por varios. Para poder saber con precisión cuáles son esos tipos de rocas, los datos de la litología de los pozos de extracción de aguas subterráneas procesados para el área de estudio son claves, así como la de los perfiles (geológicos e hidrogeológicos) que se derivan de ellos.

En la Tabla 6.1 de Informe analizado, se establece el parámetro "O", pero dicha información no se encuentra debidamente respaldada con los datos de pozos y perfiles procesados. Este aspecto debería ser solventado de previo a considerar los resultados de su interpretación en el método GOD.

Aquí también debe destacarse el principio señalado previamente en el sentido de que si se presentan varias litologías dentro de la zona no saturada deberá utilizarse la que tenga el valor más alto. Esto en razón de utilizar el mayor criterio de protección ambiental y de las aguas subterráneas.

2.10 Distancia al nivel de agua subterránea o al techo del acuífero (D)

Este parámetro tiene que ver con la profundidad en que se encuentra el nivel de aguas subterráneas en el subsuelo superior cuando el acuífero es libre o no confinado o bien al techo de la unidad geológica acuífera para el caso de acuíferos confinados.

Este dato se obtiene de la revisión e interpretación sistemática de los pozos de extracción de aguas subterráneas que se localicen dentro del área de estudio.

En el caso del estudio aquí analizado, los datos para este parámetro se obtienen de dos mapas, a saber: a) el mapa de la figura 6.1 que presenta el modelo digital de tablas de agua para las isofreáticas Colima Superior y que varían entre 7 y 203 metros bajo la superficie y, b) el mapa de la figura 6.2 que presenta el modelo digital de tablas de agua para las isofreáticas de Tiribi y que varían entre 0 y 121 metros bajo la superficie.

Es importante señalar que en ambos mapas, el Informe señala que la fuente para su digitalización corresponde con la información de J.W. Pérez del SENARA y elaborado en el año 2004. Al respecto, debe notarse que el estudio en cuestión no procesó los datos de los pozos, ni siquiera aquellos nuevos que pudieran haberse perforado durante los últimos 10 años.

Este aspecto deja ver que el modelo utilizado resulta incompleto y por tanto, no es satisfactorio, razón por la cual, requiere ser realizado nuevamente.

2.11 Cálculo del GOD y mapa de vulnerabilidad hidrogeológica

En las figuras 7.1 y 7.2 del Informe se presentan los mapas de valores de GOD y de clasificación de GOD para el área de estudio, respectivamente. En dichos mapas no se indica si el cálculo de GOD se realiza para el Acuífero Tiribi o el Acuífero Colima. Además de esto, se nota un error en la calificación de vulnerabilidad (figura 7.2) respecto a los valores de GOD, en particular para el sector de central del área de estudio (San Francisco), que es de vulnerabilidad medio y no baja. En todo caso, dado lo señalado previamente, estos mapas deberían ser revisados y reelaborados nuevamente.

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 Conclusión

A partir de lo indicado en el Capítulo previo, se identificaron una serie de inconsistencias y vacíos técnicos en el Informe, mapas y perfiles analizados que llevan a la conclusión de que no se cumple a cabalidad con los términos de referencia establecidos por el SENARA para este tipo de estudios técnicos y que, además, el cálculo de GOD realizado tiene errores técnicos que requieren ser enmendados de previo a considerar dicha zonificación de vulnerabilidad hidrogeológica como la oficial del cantón de Heredia a escala 1:10.000.

3.2 Recomendaciones

Dada la conclusión indicada supra, se recomienda lo siguiente:

1. Que el informe no sea considerado todavía como una referencia sobre la zonificación de vulnerabilidad hidrogeológica de los distritos estudiados del cantón de Heredia.
2. Que el Informe sea corregido de forma integral en cumplimiento de los términos de referencia establecidos por el SENARA (ver Tabla 1), completándolo con datos de pruebas de conductividad hidráulica, análisis geotécnico y procesado sistemático de datos de pozos, hasta que se logre dar mayor sustento a la calificación de los parámetros que se utilizan para el cálculo de GOD.

11. REFERENCIAS

Astorga, A., Mende, A., Valerín, E. (2010): Vulnerabilidad hidrogeológica del cantón de San Pablo y lineamientos sobre el uso del suelo. Informe técnico para la Municipalidad de San Pablo, 104 p. (inédito).

Reitera para finalizar que SENARA hace una serie de observaciones y ha venido siendo muy estricto, pide pruebas de infiltración a lo largo de todo el cantón, y hay una serie de procedimientos de forma y de fondo y en este caso no se están cumpliendo. Senara pide como un standart y este documento debería cumplir con esos requisitos técnicos.

Debieron poner en color amarillo las zonas de vulnerabilidad hidrogeológica porque en verde da una ilusión. La Sala pide que se aplique la matriz de SENARA y es lo que está vigente. La Matriz de SENARA vigente es la de Póas y esto va para el Plan regulador.

Aquí lo recomendable es completar los mapas de vulnerabilidad, y que tengan los mapas como condición para aprobar el plan regulador.

La Presidencia indica que se desprende que los mapas señalan los niveles de fragilidad y el municipio debe revisar esos niveles de alto, bajo y medio. Esa matriz de acuerdo a lo resuelto por la sala resulta como un plan regulador por sí mismo. Pregunta que si los mapas pasan bien y son aprobados por senara y se presenta el plan regulador, si las disposiciones que lleva ese Plan Regulador contravienen esa matriz, podría ser que las instituciones estarían rechazando el plan regulador por ser incompatible con la matriz de acuerdo a los índices de vulnerabilidad.

El señor Allan Astorga explica que SENARA se ha vuelto muy desconfiado y pide pruebas de infiltración y dice que vayan y revisen y existe posibilidad que a la hora de hacer esos ensayos se puede modificar y variar un poquito y puede ser que cambien los mapas pero se requiere un estudio y pruebas. SETENA le ordeno a Belén que incorpore la matriz en el Plan Regulador y es muy fuerte porque la matriz de Poas es muy restrictiva.

La Presidencia indica que hay algo importante acá para los miembros del Concejo Municipal y es que estos mapas de vulnerabilidad no los aprueba el Concejo, sino que los remite a SENARA para que los califique con mucha rigurosidad.

La señora Kembly Soto informa que se han presentado los mapas de Vara Blanca y espera que SENARA les indique las debilidades y fortalezas.

Lo que procede es que la administración traslade estos mapas a SENARA. Afirma que ellos les dieron la información y el número de los pozos para realizar los mapas y cuentan con la información que les dieron y lo realizaron como se los pidió SENARA.

La Presidencia manifiesta que se pone en el tapete un documento que es propio de una ponencia que hace el señor Astorga, por tanto la idea es dar oportunidad a la empresa para que ellos revisen la ponencia y también tener el criterio de la Dirección de Inversión, ya que podría ser que haya coincidencia con alguna propuesta para mejorar, con el fin de que se envíe a SENARA, a fin de hacer lo más correcto y que el Concejo sienta más tranquilidad y solidez a la hora de enviar a SENARA.

El Ingeniero Javier Saborío indica que este documento no lo han visto, pero de acuerdo a su exposición debe informar que SENARA no pidió a Heredia lo que dice el señor Astorga. A ellos les pidieron la línea GOD y no las matrices de SENARA.

El regidor Walter Sánchez señala que no quiere cometer la imprudencia y la osadía de referirse a temas eminentemente técnicos, ya que SENARA es quien dice que falta o que hay que corregir. Le indica al señor Astorga que él no pienso lo mismo de Belén, porque Heredia es la Municipalidad N.1 del País en otros temas. Comenta que tiene familiares en Belén y ahí hay toda una polémica como por ejemplo, el tema del permiso para construir un motel, no por lo espiritual sino por el tema técnico. Como es posible que Belén teniendo un Plan Regulador que está siendo objeto de modificaciones de un permiso para que una discoteque como las dimensiones de Rumba se de en la rivera de un río, que es una protección del Río Virilla y otros ejemplos que hay con respecto a la parte ambiental. Acá no se da permiso de construcción sino hay medida de mitigación y este Concejo y la Municipalidad es muy responsable en esta materia. En Belén se está construyendo un mal de grandes dimensiones a 200 metros de quebrada seca, la cual está detrás de la Firestone. Belén da permisos para desarrollos y en una ocasión ellos pedían que se tuviera cuidado con permisos para desarrollos porque se daban problemas de inundaciones y se veían perjudicados, pero ellos sí dan permisos. Indica que en este tema prefiere esperar a que SENARA se pronuncie porque estos son temas muy técnicos.

La regidora Samaris Aguilar el señor Saborío dice que no es vinculante lo que dice la sala cuarta en cuanto a la matriz para todos los cantones, sea los mapas de vulnerabilidad no son vinculantes para Heredia.

La Presidencia dice que lo que no es vinculante son los requerimientos que pide SENARA para este tipo de mapas, pero el no se refirió a lo de la sala.

El señor Javier Saborío explica que es vinculante para todas las municipalidades y están haciendo los mapas God y se incluyen en los planes reguladores. No es tan restrictivo lo que se pide para clase media y baja y todo se puede hacer con Ingeniería, pero si es vinculante con el plan regulador la matriz de SENARA. Indica que los mapas God pueden ser aprobados por SENARA.

La regidora Catalina Montero indica que tiene una inquietud con respecto del Plan Regulador y es que si están detenidos hasta que estos mapas estén aprobados.

La señora Kembly Soto indica que está detenido por los Mapas de vulnerabilidad y variable ambiental. En este momento están con la vulnerabilidad y una vez que estén aprobados por SENARA se llevan al SETENA y luego al INVU finalmente.

La regidora Catalina Montero señala que le preocupa porque se está dando permiso a desarrollos sin tener todo esto, por tanto pregunta que si se va a continuar aprobando desarrollos sin tener plan regulador.

La Sra. Kembly Soto – el hecho de que no hay plan regulador no quiere decir que no se aplica la legislación urbana existente y aplicable. Se piden desfogos pluviales, aprobación de setena, medidas de mitigación y aprobada la variable ambiental. Es necesario y urgente el Plan Regulador pero no podemos decir que no aplicamos la legislación, porque se genera desarrollo sostenible con base en la legislación vigente.

El regidor Gerardo Badilla tiene una duda ya que la empresa dice que ellos no fueron contratados para hacer la matriz, por tanto quiere saber hasta cuando esta esa matriz; a lo que responde la señora Kembly Soto que hasta que no estén aprobados las mapas de vulnerabilidad. La Municipalidad puede generar la matriz tomando como base la matriz que ya existe de Poas, para poderla llevar a SETENA.

El señor Luis Sáenz indica que don Minor hizo una consulta sobre el tema de escasez de agua, por lo que le informa que el nivel subsuperficial se abate en verano con los pozos.

// CON MOTIVO Y FUNDAMENTO EN LA PRESENTACIÓN DE LOS MAPAS DE VULNERABILIDAD HIDROGEOLÓGICA DE LOS DISTRITOS DE HEREDIA, MERCEDES, SAN FRANCISCO Y ULLOA DEL CANTÓN DE HEREDIA, SE ACUERDA POR UNANIMIDAD:

- a. **SOLICITAR A LA EMPRESA GEOSIAMBIENTAL S.A. QUE EN EL PLAZO DE 10 DÍAS SE REFIERA A LAS APRECIACIONES TÉCNICAS QUE EL DÍA DE HOY HA PRESENTADO EL DR. ALLAN ASTORGA GATTGENS Y QUE SE DENOMINA "DICTAMEN TÉCNICO DE REVISIÓN SOBRE LOS MAPAS DE VULNERABILIDAD HIDROGEOLÓGICA DEL CANTÓN DE HEREDIA.**
- b. **DE IGUAL FORMA SE SOLICITA LO MISMO A LA ADMINISTRACIÓN PARA QUE LOS PROFESIONALES EN MATERIA AMBIENTAL DE LA DIRECCIÓN DE INVERSIÓN PÚBLICA RINDAN SU CRITERIO TÉCNICO EN EL PLAZO DE 10 DÍAS Y SE LES SOLICITA QUE DEN SU RECOMENDACIÓN CONCRETA SOBRE, "SI SE RECOMIENDA SIEMPRE EL ENVÍO DE LOS MAPAS EN LOS TÉRMINOS QUE HAN SIDO PRESENTADOS A SENARA O SI SE RECOMIENDA ALGÚN TIPO DE MODIFICACIÓN O VARIACIÓN."**

//ACUERDO DEFINITIVAMENTE PROBADO.

La Presidencia agradece la presencia a todos las persona que han venido esta noche para tratar este tema que es de suma importancia.

Alt. No.1. SE ACUERDA POR UNANIMIDAD: Alterar el orden del día para conocer los perfiles de los proyectos: Consejo de Distrito de Heredia Centro, Consejo de Distrito de Vara Blanca, Consejo de Distrito de Ulloa, Consejo de Distrito de Mercedes y Consejo de Distrito de San Francisco.

Punto 1.

- Perfiles de los Proyectos del Consejo de Distrito de Heredia Centro, Consejo de Distrito de Vara Blanca, Consejo de Distrito de Ulloa, Consejo de Distrito de Mercedes y Consejo de Distrito de San Francisco.

La regidora Maritza Segura solicita que se reúna el Consejo de Distrito de Ulloa y el Consejo de Distrito de San Francisco para que se pongan de acuerdo y digan quién va a ayudar al Cencinai del Imas, porque ellos necesitan y es indispensable que digan quién va a meter la mano por el Cencinai de Imas.

La regidora Hilda Barquero felicita al síndico Eduardo Murillo porque están ayudando a los bomberos y es sumamente importante ayudarlo a ellos, de ahí que lo felicita y también felicita a la síndica Marta Zúñiga, porque ellos al ayudar a los bomberos están ayudando a toda Heredia, no solo al distrito Central.

La Presidencia indica que los proyectos son rescatables pero Heredia centro no pensó solo en el centro sino en todo el cantón, porque los bomberos benefician no solo al cantón sino a toda la provincia.

El síndico Elías Morera señala que el año pasado presentaron un proyecto del cencinai de imas y se lo rechazaron, porque está fuera de su jurisdicción, por tanto hay que revisar el tema, porque la idea es ayudar a todos.

La síndica Nidia Zamora manifiesta que ellos presentaron un proyecto de compra de computadora y pantalla entre otros para estas organizaciones que ayudan a toda Heredia.

La regidora Olga Solís comenta que pidió ayuda para el cencinai de santa Cecilia a don Elías, para que lo tomen en cuenta.

//CON MOTIVO Y FUNDAMENTO EN OLOS PERFILES DE PROYECTOS PRESENTADOS POR LOS CONSEJOS DE DISTRITO DE HEREDIA, SE ACUERDA POR UNANIMIDAD:

-
- a. **APROBAR LOS PERFILES DE LOS PROYECTOS ASIGNADOS POR LOS CONSEJOS DE DISTRITO DE ULLOA, HEREDIA CENTRO, SAN FRANCISCO, MERCEDES Y VARA BLANCA, PARA UTILIZAR LOS RECURSOS PROVENIENTES DE LA LEY 7755, LEY DE CONTROL DE LAS PARTIDAS ESPECÍFICAS PARA EL AÑO 2015, MISMOS QUE SE DETALLAN DE LA SIGUIENTE MANERA:**

| <i>Distrito</i> | <i>Nombre del proyecto</i> | <i>Monto</i> |
|------------------------|--|-----------------------|
| <i>San Francisco</i> | <i>Construcción de segunda planta sobre los camerinos de la Plaza de Deportes de Santa Cecilia, para salón de reuniones, con su respectivo servicio sanitario y pila..</i> | <i>¢ 9.947.331,50</i> |
| <i>Heredia</i> | <i>Compra de 8 radios de comunicación Análogos Digitales, para la asociación Pro-Bomberos Voluntarios de Heredia.</i> | <i>¢ 4.133.304,00</i> |
| <i>Ulloa</i> | <i>Continuación y terminación de malla ciclón Parque de APROVIA.</i> | <i>¢1.000.000,00</i> |
| <i>Ulloa</i> | <i>Protección Parque, Construcción malla ciclón y reconstrucción aceras del Parque internas y externas. Aurora 2.</i> | <i>5.323.000,00</i> |
| <i>Vara Blanca</i> | <i>Construcción de cunetas camino Azufre Vara Blanca.</i> | <i>¢5.719.356,00</i> |
| <i>Mercedes</i> | <i>Construcción de Muro de retención en Barrio España, Calle Alfaro.</i> | <i>5.215.374,00</i> |

// ACUERDO DEFINITIVAMENTE APROBADO.

SIN MÁS ASUNTOS QUE TRATAR SE DA POR FINALIZADA LA SESIÓN AL SER LAS VEINTIUN HORAS CON QUINCE MINUTOS.

MSC. FLORY A. ÁLVAREZ RODRÍGUEZ
SECRETARIA CONCEJO MUNICIPAL

LIC. MANUEL ZUMBADO ARAYA
PRESIDENTE MUNICIPAL

far/.