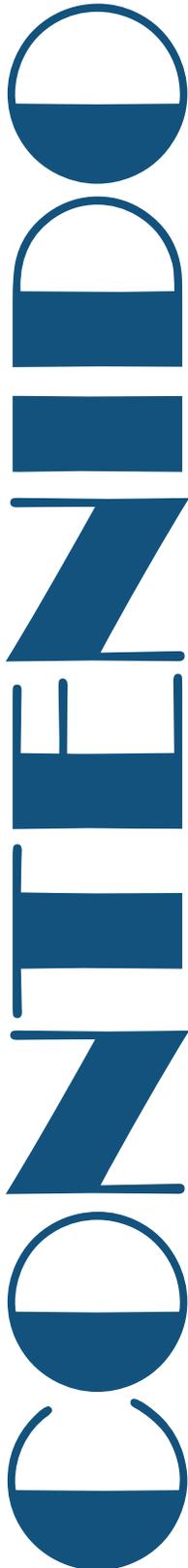


REPORTE:

Hidrogeología de la Comunidad El Chagüiton. 2012

Municipio de Pueblo Nuevo





Créditos	3
Introducción	4
Información general de la comunidad	8
a. Localización	
b. Población	
c. Abastecimiento actual y futuro de agua segura	
Objetivos del estudio	11
Metodología	12
Resultados	15
a. Geología	
b. Clima	
c. Hidrología de superficie	
d. Hidrogeología y calidad del agua	
e. Vulnerabilidad	
Ubicación de los sitios a explotar	31
Características Básicas de la captación	32
Vulnerabilidad y protección de fuentes	34
Conclusiones y Recomendaciones	35
Bibliografía	36

CRÉDITOS

Agua Para las Comunidades y Familias del Café.

Centro Integral de Informática de la Asociación de Desarrollo Social de Nicaragua. CII-ASDENIC

Green Mountain Coffee Roasters. GMCR



Miembros del grupo de investigación

Eddie M. González - Investigador principal

Raúl Díaz - Coordinador

Actuaron como colaboradores los Ingenieros Civiles (inf.) y estudiantes de Ingeniería:

Luisa Valeska López Lambí
Yessenia Victoria Cruz Vídea
Douglas Ariel Velázquez

Tania Yoheysi Flores Casco
Eveling Danioska Zeas Canales
Ludwing Reyes Olivas

Fotografía: Raúl Díaz - CII-ASDENIC

2012

INTRODUCCIÓN

Se realizó la exploración hidrogeológica en los terrenos circundantes a la comunidad de El Chagüiton, en el Municipio de Pueblo Nuevo, con el propósito de localizar los sitios óptimos para construir una obra de captación de agua segura para la población y establecer una base de conocimiento que facilite la gestión productiva del territorio, con la formulación de estrategias y practicas adecuadas al entorno, y el impulso de acciones que garanticen seguridad y soberanía alimentaria con practicas adaptativas.

Se realizo una secuencia de actividades metódicas; desde la formulación de un modelo conceptual hasta trabajo de campo, aportando elementos de Geología, Clima, Hidrodinámica de suelos e Hidrogeología;

de interés para la satisfacción de los objetivos del estudio.

Se realizaron entrevistas cortas para detectar experiencias y actitudes de los actores ciudadanos, localizar pozos, manantiales y accidentes geológicos, topográficos y de la historia hídro-social de la comunidad.

Se encontró que existen dos formaciones acuíferas gobernadas por procesos extensionales, de pequeña superficie y espesor no definido. El primero bajo la cota de los 1100 msnm y El segundo a los 1220 msnm. El inferior localizado en una depresión producto de los desplazamientos de bloques, que ha creado un paquete (aluvial/ coluvial) permeable y altamente trasmisivo, se expone en algunos sectores



(laguna o humedal) y descarga a un pequeño riachuelo que a su vez tributa a la Quebrada El Carmen. El acuífero superior, de pequeñas dimensiones y encajado en una falla extensional, recibe los aportes de agua meteórica (lluvias) y de la recarga artificial accidental desde los reboses de un antiguo sistema de conducción de agua con fines productivos en el sector de Las Termopilas. Su descarga se evidencia sobre los márgenes de los bloques desplazados, sobre las fallas y fracturas detectadas y en el contacto entre materiales volcánicos del terciario superior (entre Plioceno a Pleistoceno).

El mecanismo de recarga artificial debe ser adecuadamente estudiado y documentado con fines de mejoramiento y sistematización de acciones de ingeniería del agua promisorias.

Estos acuíferos están conectados hidrogeológicamente por un sistema de estructuras extensionales (Fallas y fracturas) y superficialmente a través de manantiales y ojos de agua dispersos en todo el terreno que descargan en sitios localizados en los márgenes de los estratos impermeables retornando al medio subterráneo mediante re-infiltración. Producto de este fenómeno no se observan cursos de agua superficial, con excepción del humedal y la quebrada donde descarga

La capacidad del sistema para abastecer a la comunidad, evaluada empíricamente, desde la observación de la descarga a través del río y los manantiales, es suficiente para proveer agua segura en cantidad, esta se estima en 1.4 l/s (litros por segundo) desde el acuífero superior, sin comprometer la salud de los ecosistemas acuáticos y terrestres conectados. No se puede cuantificar el caudal explotable del acuífero inferior pero se supone, a partir de la experiencia de



productores en la extracción de agua de pozos excavados, un caudal superior a 3 l/s.

Los sistemas acuíferos, y sus expresiones superficiales, abren la oportunidad para elegir entre varias opciones de explotación para el aprovisionamiento de agua segura. Podrá explotarse las aguas subterráneas mediante sondeos verticales (Acuífero inferior) y galerías filtrantes o desde los afloramientos en manantiales (Acuífero superior) o la construcción y/o rehabilitación de las obras existentes para la explotación de Quebrada El Carmen equipándoles con una planta de potabilización con tecnologías adecuadas. Dada la existencia de sistemas alimentados por obras de captación sobre dos descargas del acuífero superior, aparece como opción de menor costo el reacondicionamiento del acueducto actual con la relocalización de la obra de toma. Lo anterior tiene que ver fundamentalmente con la disponibilidad de recursos, la visión del futuro y la capacidad de gestionar ese

futuro, en lo que a agua segura se refiere, para y por la población local.

Desde la perspectiva de la Gestión Integrada de los territorios hidrológicos, existen elementos de gestión que parecen favorecerles. La existencia de la reserva Natural Serranías de Teposomoto-El Pataste, que incluye todo el territorio de la comunidad, aparentemente es un elemento viable para la construcción de esta plataforma común para los ciudadanos, las comunidades, los municipios e instituciones de gobierno y ciudadanía.

La red de actores institucionales estaría integrada por el **gobierno municipal de Pueblo Nuevo, Las Sabanas, San José de Cusmapa y San Juan de Limay. Los actores institucionales relevantes, públicos y privados son ASDENIC, (UNIRUACS), FAREN, UNA, CIRA-UNAM, UCA, MARENA, FISE, MINSA, MINED y el INTUR; en interacción con los actores locales productores, individuales y gremializados junto a ciudadanos de**



la comunidad (Hombres, Mujeres y familia) y el Comité de Agua Potable y Saneamiento (CAPS).

La diversidad climática, la calidad de los suelos y la existencia de un mercado creciente para productos agroalimentarios obtenidos con prácticas productivas responsables, la belleza escénica y valores hedónicos de un espacio natural con abundantes curiosidades geológicas, hidrológicas y de biodiversidad; serán la base para la construcción de opciones para proyectos enfocados a la seguridad y soberanía alimentaria. Es pertinente señalar que existe la oportunidad para las actividades de investigar nuevos productos para el mercado nacional y regional, a partir de la biota encontrada.

Otro elemento favorable, es la disposición de parte de la población local para integrarse a las tareas de aprovisionamiento de agua segura. Es relevante la priorización dada al agua para la familia por parte de los productores. Sin embargo algunos evidencian un interés más orientado hacia lo productivo. Esto indica la existencia subyacente de elementos de conflictividad y dispersión de los actores locales, típicos a la naturaleza insustituible del agua, lo cual deja ver la necesidad de una acción de sensibilización sistemática y sostenida desde los actores locales.

Por otra parte los programas del Gobierno de Unidad y Reconciliación Nacional (GURN) para el desarrollo humano, la promoción del turismo social y ambientalmente comprometidos y los programas de construcción de la equidad en el acceso a oportunidades, y recursos para el emprendimiento productivo, en aplicación actual parecen ser acciones de sinergia necesarias y complementarias al aseguramiento de una dotación de agua

de calidad y con la continuidad y cantidad suficientes y adecuada.

Existen elementos de Elevada vulnerabilidad asociados a este edificio geológico, a los suelos, el uso de suelos y las prácticas de gestión del territorio y del agua. Estas crean amenazas para el futuro aprovisionamiento de agua segura en calidad. Sobre algunos factores, especialmente las malas prácticas, se debe actuar de inmediato con prácticas de gestión integrada.



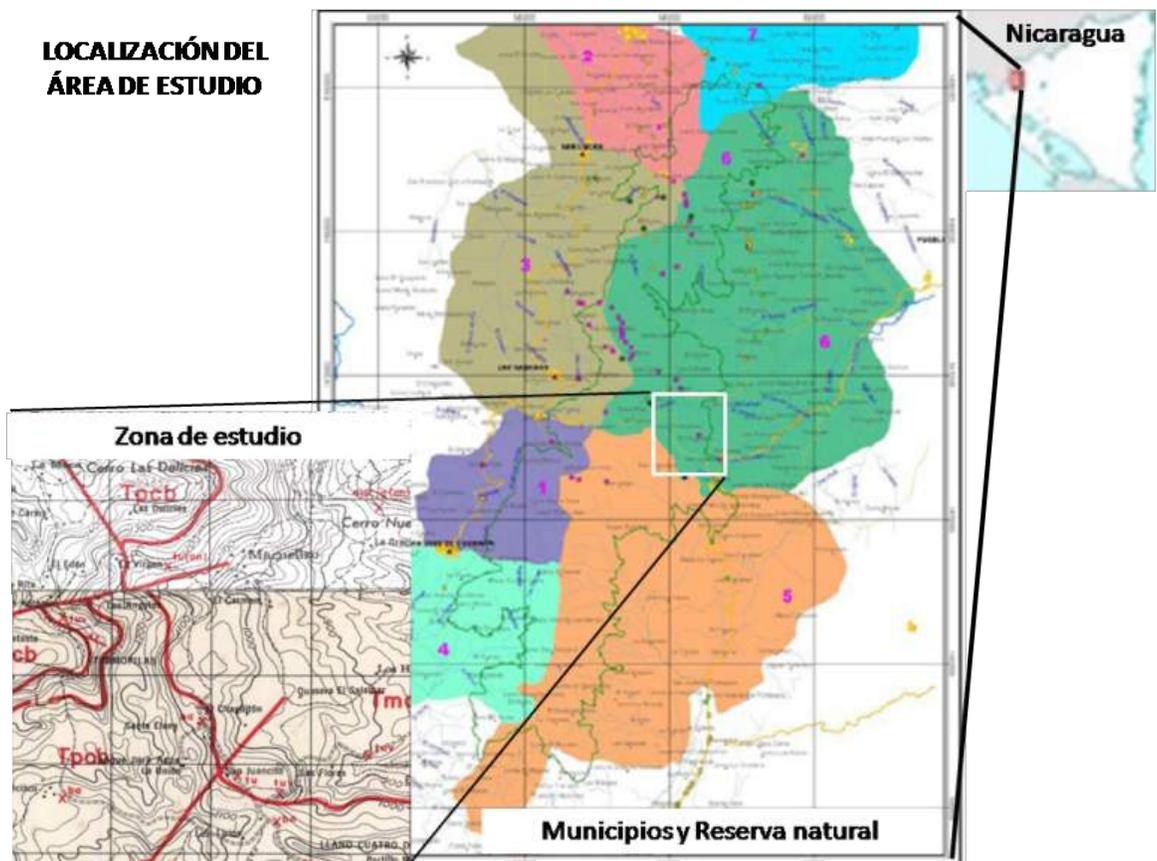
INFORMACIÓN GENERAL DE LA COMUNIDAD

Localización geográfica y topográfica

El área de estudio, con aproximadamente 15 Km² se localiza administrativamente en el municipio de Pueblo Nuevo y comprende desde la línea; ladera Oeste del Cerro El Pataste (1473900, 544000) hasta San Francisco (1470000, 544000) y por el Este desde Lugar el Carmen (1473900, 546000) hasta Los Lirios (1471000, 546000).

La comunidad Chagüiton, se localiza en la zona núcleo de la Reserva Natural Serranías de Tepesomoto - El Pataste, a 18 kilómetros al suroeste de la ciudad de Pueblo Nuevo. La comunidad, como asentamiento humano, es muy joven, se inicio su construcción a finales de la década de los Ochenta sobre los terrenos de la antigua Hacienda El Chagüitón. La Comunidad se emplaza en la base del Cerro el Pataste cuyas lade-

LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



ras están cubiertas de bosques diversos de caducifolias y siempre verdes cuando son escarpadas o cuando se dedican a la producción de café.



Los **suelos** tienen una textura que va desde franco a franco arcillosa hasta arcillosos con perfiles desde completos (Mollisoles y Alfisoles) a recientes y sin horizontes de diagnóstico (Entisoles), en algunos sitios muy escarpados aparecen Litosoles, especialmente en laderas de fuerte pendiente. Los suelos presentan abundantes bloques de roca de diferente tamaño en el perfil, son bloques de ignimbritas basálticas (Tpci), basaltos (Tpcb), conglomerados basálticos o Dacíticos (Tpcl) y otros materiales volcánicos jóvenes, producto de la erosión de las laderas y del mal uso del suelo. Solo en la partes de baja pendiente se presentan suelos enriquecidos con arcillas que por los materiales parentales potenciales (Ignimbritas) son no expandibles y poco permeables.

Su **red de drenaje** se compone de un curso de agua permanente, Este tiene su nacimiento una pequeña laguna o humedal, localizado en N 1473125, E 545750, que fluye y se une a la Quebrada El Carmen; tributario del río Pueblo Nuevo. Existen dos cursos de agua

permanente que tienen como característica su corto recorrido y su reincorporación a las aguas subterráneas al pasar de una estructura a otra, el más importante desde la perspectiva del caudal está localizado en las cercanías de la hacienda Los Ángeles, su nacimiento se localiza en N 1473250, E 544300 y se reincorpora a la formación subterránea recargando el acuífero en N 1473250, E 545100. Además existen, un número no determinado, manantiales que se alinean en la ladera por debajo de los 1200 msnm desde el Lugar denominado Termopilas hasta la Unión y más al sur. Estos aparecen en el borde de los estratos impermeable fracturados

Sus pobladores se dedican fundamentalmente a la actividad agrícola (Café y Hortalizas) y pecuaria a pequeña escala. Las tierras dedicadas a la ganadería extensiva ya están completamente deforestadas. Una de las dificultades fundamentales de la comunidad es la estacionalidad del trabajo (empleo) que se reduce a las cosechas del café y de las hortalizas cultivadas por algunos productores. Esto hace que la gestión del agua y de formas de aseguramiento de la seguridad alimentaria tomen relevancia, y estas formas deben basarse en conocimiento científico, de los territorios y sus recursos, las oportunidades para aprovechar de manera sostenible estos recursos y como insertarlos en el mercado mediante estrategias para su desarrollo.

La población meta al año 2005 se componía de 165 Habitantes. El municipio tiene una tasa de crecimiento del 0.5 % según el Censo 2005 con referencia a 1995, esto obliga a aplicar el mandato de la norma técnica obligatoria en APyS que señala que la tasa de crecimiento nunca debe ser menor a 2.5% ni mayor de 4%. La población de para el año 2012 estimada es de 196 ciudada-

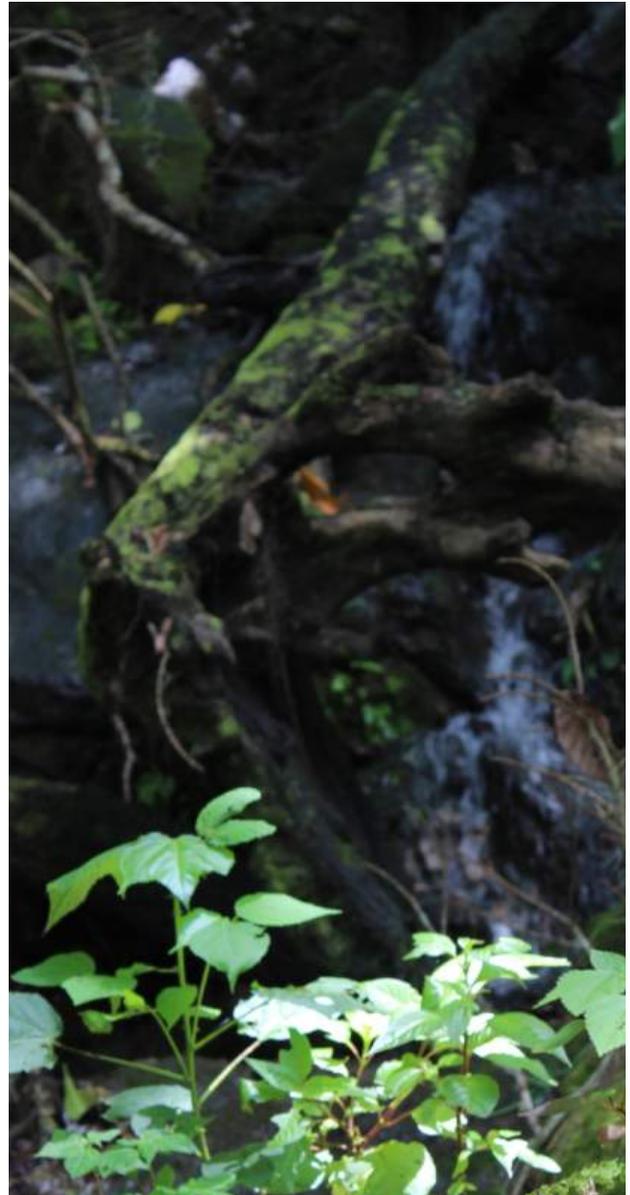
nos. Con estos valores para el año 2032 la población esperable será de 321 personas.

La demanda actual de agua estimada¹ es de 11.76 m³/día. Tomando una dotación de 60 lppd (Litros por persona y día). El caudal demandado a la fuente es de 0.13 l/s (Litros por segundo) En el periodo de diseño, (20) la comunidad demandará una dotación en régimen diario de 19.26 m³. Para satisfacer esta demanda la fuente de captación debe asegurar un caudal en régimen continuo (las 24 Horas del día) de 0.22 l/s Esta demanda puede aumentar en tanto ocurran mejorías en la calidad de vida de la población. En 2005 esta población se albergaba en 35 casas. Resultando un índice medio de 4.71 habitantes por casa. Si proyectamos al futuro y considerando las condiciones citadas anteriormente al 2032 habrá 68 viviendas. Cabe señalar que en los municipios del Departamento de Estelí se observa en ese periodo intercensal una tendencia marcada a la reducción de la población rural y un incremento de la población urbana.

Agua Potable

Existe un acueducto con sus obras de toma, conducción, tanque de almacenamiento y red de distribución. Sin embargo no abastece de manera continua a la comunidad ni en la cantidad adecuada de agua. Se encontraron dos obras de toma conectadas al acueducto y otras para el servicio particular. Los pobladores expresan que estos manantiales son permanentes y tienen más agua que la que se les extrae, lo cual fue constatado en los recorridos de reconocimiento en campo. Aunque existen una cantidad de fuentes potenciales (ojos de agua y manantiales) que

son utilizados en la actualidad de manera privada y no organizada, se logra observar la necesidad imperiosa de establecer un consenso entre la comunidad y los dueños de la tierra para administrar el recurso agua entre todos los usuarios; priorizando el agua para uso humano y en segundo orden la producción de alimentos, y la vida silvestre.



¹ Para el diseño de Obras de abastecimiento se debe aplicar la NTON respectiva, tomando un periodo de diseño de 20 años, una dotación de 60 lppd y una tasa mínima de crecimiento poblacional del 2.5%. La misma norma recomienda el uso de una progresión geométrica en casos de incertidumbre en la dinámica poblacional.

OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Objetivo General

Realizar la prospección de los recursos hídricos disponibles para el abastecimiento de agua segura a la comunidad de El Chagüiton promoviendo la construcción de una comunidad saludable con sostenibilidad ambiental y de la seguridad y soberanía alimentaria de las familias.

Objetivos específicos

1. Realizar una prospección geológica por indicios que permita identificar la formación acuífera local y establecer sus procesos básicos de funcionamiento
2. Identificar las principales estructuras geológicas que afectan la ocurrencia de aguas subterráneas
3. Localizar los sectores óptimos para la construcción de las obras de captación
4. Establecer características generales de la obra de captación.
5. Identificar Áreas de Máxima Vulnerabilidad del sistema acuífero local.



METODOLOGÍA

La prospección se dividirá en cuatro fases: preliminar, detalle, diseño de captación y devolución de resultados.

I.- Fase preliminar o general:

Su contenido será la recopilación, sistematización y análisis de toda la información existente, incluyendo la que dispone la institución contratante y organismos que trabajan en el territorio (**UNAN, FISE, ALCALDIAS, ENACAL, MINSA, MARENA, MAGFOR, etc.**)

1. ¿Se conoce de problemas relacionados con la calidad y cantidad del agua?
2. ¿Cuál es la población o actividad afectada?
3. Definir la escala y la naturaleza de la exploración. Que otros aspectos, además del agua es necesario explorar como clima y tiempo, suelos y usos de suelos, vegetación, población, mujer y familia, Calidad del agua y peligros toxicológicos de origen Geológico (Metales pesados y Metaloides) mediante el análisis de datos institucionales y personales del asesor.
4. Obtener todos los datos disponibles en las instituciones, empresas e investigadores individuales sobre temas tales como Geología, Hidrología, Geografía, Temperatura ambiente, composición química e isotópica del agua reportada en estudios previos,

Variaciones temporales y espaciales del agua ya reportadas o expresadas por la población local.

5. Estudiar la demanda actual y futura de agua. Esto se hará a partir de la dinámica poblacional registrada en los censos nacionales de población, vivienda y nivel de vida; y los registros de instituciones que operan acueductos rurales (FISE, ENACAL, CAPS) y organización comunal.
6. Desarrollar un modelo conceptual o varios modelos posibles sobre la información previa obtenida. Este será una herramienta poderosa para el trabajo de campo en Geología, para conocimiento del régimen de flujo superficial (Hidrología de superficie), régimen de flujo subterráneo, (Infiltración y la recarga potencial de acuíferos, protección de las fuentes (Pozos y manantiales)

El modelo conceptual se representará mediante Mapas y Secciones Transversales, que permitan visualizar la información en un modelo multidimensional del terreno. Sobre la base de los problemas, los objetivos y el modelo conceptual construido se definirán las necesidades de información de campo.

De su evaluación se obtendrá las necesidades de información para el buen suceso

de la exploración y que esta sea de utilidad práctica.

II.- Fase de profundización o a detalle

Su contenido será verificación y ampliación de modelo conceptual. Además se obtendrá información de campo y de la gente sobre el comportamiento del agua en la comunidad. En esta fase se desarrollara completamente:

1. Modelo Geológico:

- a) Se desarrollara sobre un mapa topográfico de escala 1:20,000 (Mapa topográfico de INETER 1,998 de escala 1:50,000 ampliado)
- b) Sobre este se volcara la información proveniente de Carta geológica de 1971 (1:50,000), Imagen de radar de 1971 (1:100,000) e información secundaria relevante
- c) Se incorporara la información del Estudio Hidrogeológico e Hidrogeoquímico de Castillo Matute et al, (2002) y de Fenzl, N (1988)
- d) Se desarrollara una columna litoestratigráfica aproximada y de estructura geológicas locales
- e) Reconocimientos del terreno.
Durante esta se verificara las estructuras geológicas, estratigrafía expuesta, red de drenaje y el modelo de elevaciones y se localizaran/verificaran los posos y manantiales existentes en el terreno.
- f) Confirmación del modelo conceptual e integración de modificaciones y hallazgos
- g) Registro fotográfico del paisaje.

2. Clima Local

- a) Se analizarán las series cronológicas de lluvia en 24 horas para las estaciones disponibles para cada comunidad con fines de obtener una visión gene-

ral sobre las tendencias y patrones de lluvia.

- b) Se procesara las series temporales de temperatura de la estación AG de Condega para identificar patrones de temperatura y su influencia potencial o real sobre el agua local.
- c) Se Tomará la información sobre precipitación y temperatura ambiental obtenidos del análisis de series temporales y se compararán con los documentos oficiales de INETER para aproximar la lluvia media y por gradiente adiabático seco y húmedo se aproximara la temperatura de las comunidades.
- d) Se cuantificará las abstracciones por evapotranspiración desde la lluvia interceptada y consumida por la vegetación.
- e) Con ayuda de la población y secciones transversales del territorio se localizaran las zonas de vida con propósitos de comparación y precisión para definir estrategias de desarrollo basadas en lo local.

3. Modelo Hidrológico

- a) Se creara un modelo hidrogeomorfológico con fines de visibilizar la respuesta hidrológica del territorio y los efectos adversos de la actividad humana sobre terrenos sensibles.
- b) Se localizarán y cuantificará el caudal de todas las fuentes de agua superficial y sus territorios de tributación
- c) Se cuantificará la escorrentía desde un modelo teórico (Modelo de Cook) comparado con los registros guardados en la memoria de la población.

4. Modelo Hidrogeológico:

- a) Desde el modelo geológico construido se validara en campo y sobre el se superimpondrá las series de suelos y usos actuales, reportadas por MA-

GFOR, se elaborara una aproximación de la infiltración recarga mediante el Método de Cook modificado por Shoscinky y Mozilla de la UCR-Red CARA.

- b) Se medirá el Nivel Estático de las Aguas Subterráneas (NEA), con referencia a la elevación del terreno, mediante GPS y se verificará en la Carta topográfica, para la elaboración de una mapa de niveles de agua subterránea (Mapa de Isolineas del NEA) y dirección de flujos
- c) Con el aforo de los manantiales y surgencias se contrastaran los resultados con hidrología de superficie y con cualquier dato relevante y de apreciable veracidad que se obtenga con fines de registros base para el monitoreo y seguimiento.
- d) Se tomará en cuenta el registro oral de los ciudadanos de la comunidad en lo referente a manantiales de antes y de ahora, (efímeros y permanentes) que ya no aparecen o se han convertido en intermitentes; se registrara su localización.
- e) Se Integrara el modelo conceptual de Geología con los resultados de Hidrología y Régimen Meteorico y con ellos se hará aproximación de Hidrogeología Local.

III. Fase de Diseño de la Captación

La Información procesada e incorporada en los modelos, permitirá el diseño de la obra de captación, la delimitación de las áreas de protección, seguridad y el régimen de explotación. El diseño contendrá:

I. Para un Pozo

- i. Del Agujero
 - a. Profundidad nominal
 - b. Diámetro del agujero
 - c. Revestimiento

- d. Instalación de tubo piezométrico
- e. Filtro de grava de ¼ a ½ pulgadas
- f. Instalación tubo de engrave
- g. Sello sanitario
- h. Limites del área de protección

ii. Recomendaciones para la Limpieza y desarrollo

iii. Análisis de pruebas de Bombeo (si se realizan)

II. Para un Manantial

1. De la toma
 - a. Caudal nominal
 - b. Caudal explotable
 - c. Infraestructura requerida en la toma
 - d. Filtro de arena
 - e. Desinfección
 - f. Protección sanitaria
 - g. Limites del área de protección

2. Recomendaciones para Mantenimiento y operación

Se desarrollara un Modelo de Vulnerabilidad de la fuente por el método del área de recarga y el índice de Vulnerabilidad GOD (Foster 1988 y Foster e Hirata, 1988).

Con este análisis, ASDENIC y la comunidad beneficiaria podrán, dentro de las dinámicas de ordenación del territorio y manejo integrado de cuencas, proponer e impulsar acciones de protección/conservación de los recursos hídricos locales.

La comunidad también podrá ver y representar las acciones necesarias en las tareas de garantizar agua segura para cada ciudadano sin comprometer al ambiente y los recursos naturales locales.

RESULTADOS

GEOLOGÍA

La geología de un territorio determina la ocurrencia de aguas subterráneas y condiciona las propiedades hidráulicas de la formación y su capacidad para abastecer a los diversos usuarios. De la misma forma la geomorfología, la estructura y estratigrafía condicionan la localización de las surgencias (manantiales). Es sobre el edificio geológico que se dan los estímulos climáticos como lluvia, radiación solar, etc.



Localización geológica de la zona de estudio

Existen varias referencias sobre la geología del territorio, especialmente como descripciones geológicas generales de la Región nor-central de la República de

Nicaragua. Entre otras se puede citar a Fenzl, 1989; Hogdson Valrey, 1998, Mapa geológico de 1971 hoja 2855-I y 2856 II.

El territorio se localiza dentro de las **Tierras altas del interior también llamada provincia volcánica del terciario**. Son compuestas de materiales emitidos y depositados durante el terciario volcánico que sobreyacen a la formación Matagalpa y esta a la plataforma Mesozoica.



De acuerdo con estas referencias, estos terrenos se remontan al **Periodo Terciario** de la **Era Cenozoica** y corresponden a dos épocas, **Plioceno y Mioceno**. Sobre estas rocas se han formado suelos del cuaternario (**Pleistoceno a reciente**).

Estratigrafía

La secuencia estratigráfica, de acuerdo con estas fuentes es:

En la parte más superficial aparecen paquetes de suelos de cobertura, paquetes coluviales y aluviales que rellenan las depresiones y suavizan el perfil de las laderas empinadas, luego aparecen las rocas del Terciario superior (Plioceno) con edades cercanas a 6×10^6 años y sobreyacen a las rocas del Terciario inferior (Mioceno) con edades mayores a 12×10^6 años.

Los materiales de la formación Coyol superior se componen de rocas del tipo de Tobas e

Ignimbritas, Conglomerados, Aglomerados, Basaltos y materiales indiferenciados. Bajo estas aparecen las rocas de la formación coyol inferior de tipo Dacitas (Tmcd) que a su vez sobreyacen a la formación Matagalpa, ambas del Mioceno. De acuerdo con estos autores estas formaciones almacenan y transmiten agua por permeabilidad secundaria (fracturas y fallas y diaclasas).

De acuerdo al mapa geológico (hoja 2855 I) en el territorio existe una secuencia estratigráfica que se representa de la superficie hacia la profundidad, en una organización que se representa según el grafico siguiente

Cuatenario Coluvial

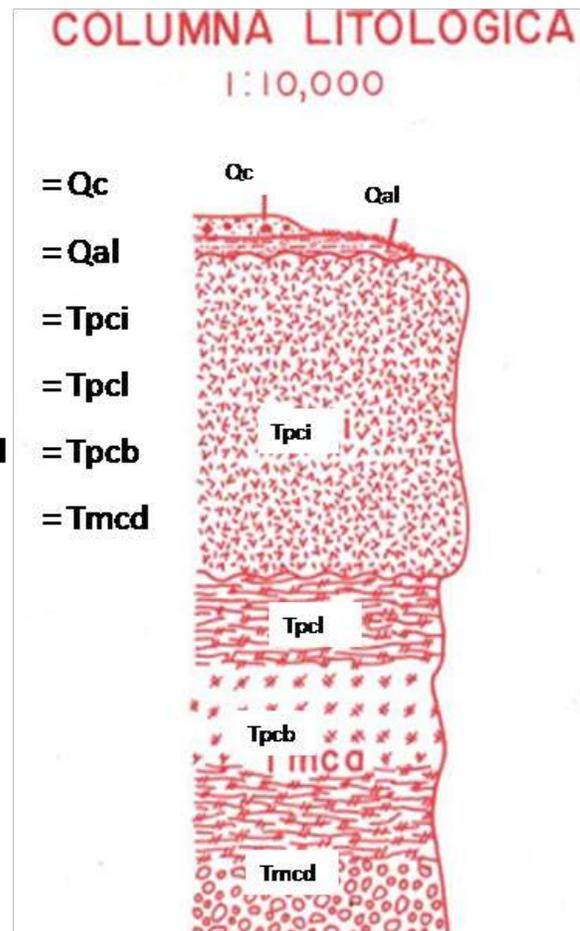
Cuatenario Aluvial

Ignimbritas del Coyol, plioceno

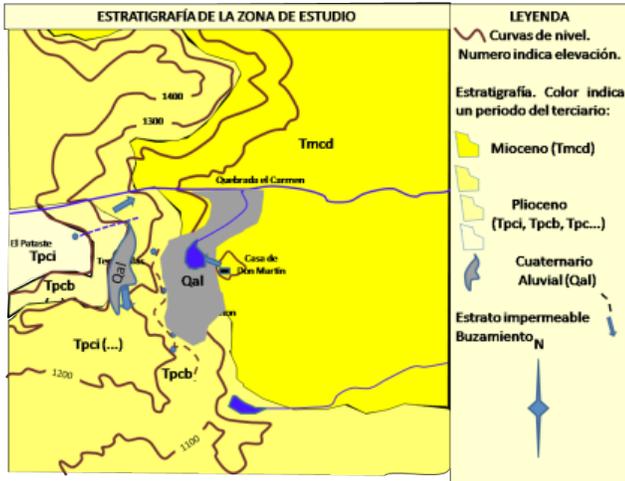
Conglomerados a indiferenciados

Basaltos del terciario, plioceno, coyol

Dacitas del terciario, mioceno, coyol



Esta columna en el plano se aprecia adecuadamente en el mapa de superposición siguiente:



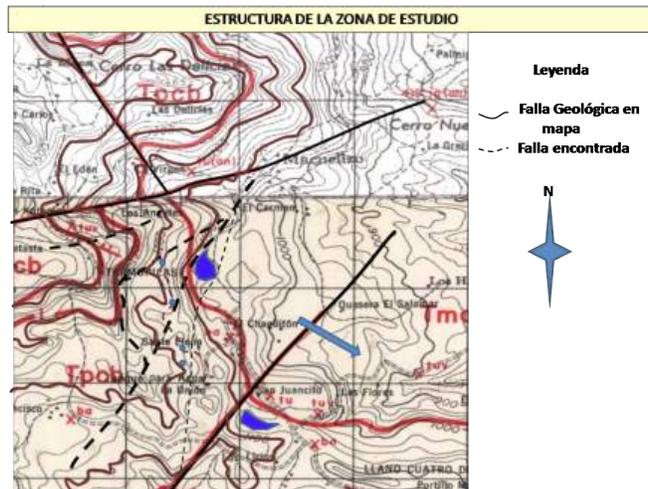
Estas formaciones han sido interrumpidas varias veces por movimientos tectónicos que las han fracturado y fallado, al mismo tiempo que han permitido la aparición de zonas de acumulación de coluviales y aluviales en el cuaternario en los cuales se ha dado la formación de acuíferos y en la fracturas y contactos entre estratos aparecen manantiales.

Es habitual encontrar flujos sustantivos de agua en el contacto entre los materiales del cuaternario (coluvial o aluvial) y el terciario, lo cual parece ser la vía de descarga de aguas subterráneas en el territorio bajo estudio. Especialmente ocurren flujos de agua sub-superficial y descarga entre los paquetes de conglomerados, materiales indiferenciados e ignimbritas fracturadas y en todos los paquetes de coluviales

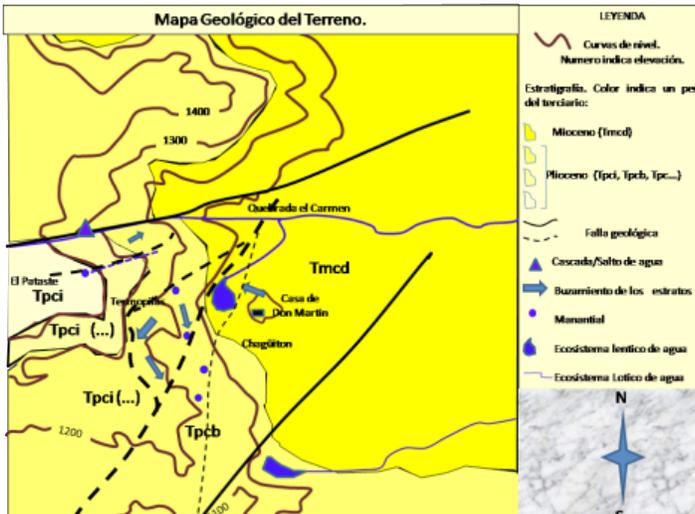
Estructura Geológica

En la zona de estudio se ha encontrado la existencia de una red intensa de fallamiento y fracturación con rumbo preferencial Noreste – Suroeste que ha conducido la formación de un edificio geológico en extensión. Esta

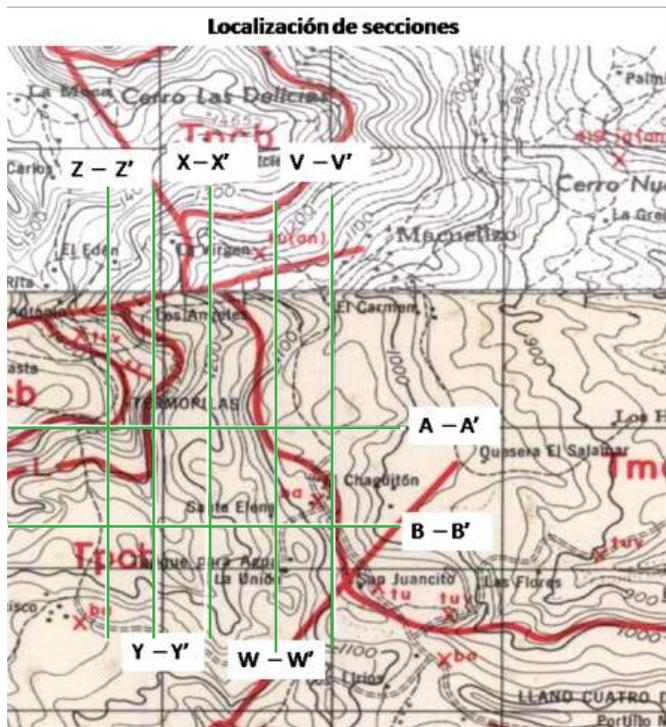
red de fallas y fracturas reproducen los procesos que han ocurrido, después de la formación de la Nicaragua pretérita, y condujeron a la formación de la Nicaragua actual. La actividad de la zona de contacto de entre placas (Zona de Subducción del Pacífico) cuya actividad tiene un patrón Noroeste- Sudeste, que en el pasado remoto se encontraba próxima a los territorios de la provincia volcánica del terciario, genero esfuerzos extensionales que condujeron a la formación de zonas de estiramiento de los materiales terrestres que producto de la acción de la gravedad se hundieron (Fallas normales) como en la estructura visible que corre de San Francisco hacia El Carmen y de Jocomico en dirección a Quesera Salamar. En la zona de estudio el descenso ocurre con dirección sureste (Flecha en la imagen siguiente).



Este estiramiento se evidencia en las formas escalonadas del paisaje. Este aspecto indica la dirección en que los bloques descienden. Esta trama de fallas y fracturas tienen una fuerte influencia en la aparición de manantiales y cursos de agua y determinan la ocurrencia de las aguas subterráneas. **Integrando estratigrafía y estructura aparece el terreno en su estado actual:**



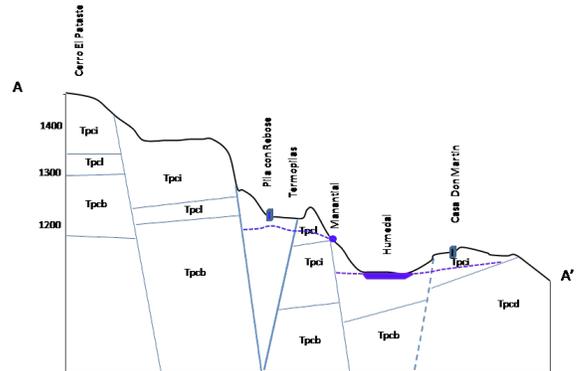
Esta estructura se hace más visible al combinar el mapa con secciones transversales que las evidencian. Estas secciones se levantaron en:



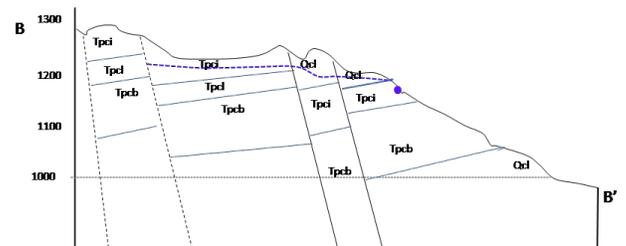
Secciones con Rumbo Este – Oeste

De esta sección (A – A') se obtienen dos explicaciones fundamentales la estructura escalonada se hace muy evidente y la localización de cada estructura en el relieve

deja ver el control geológico de la ocurrencia del agua subterránea en una formación fracturada RELLENA CON MATERIALES DE DERRUBIOS DE LAS LADERAS. Esta sección facilita la imagen de estructuras almacenadoras localizadas en Termopilas y en los terrenos cuyo centro es el Humedal. Localizando los manantiales y cuerpos de agua se puede suponer un nivel de las aguas subterráneas.

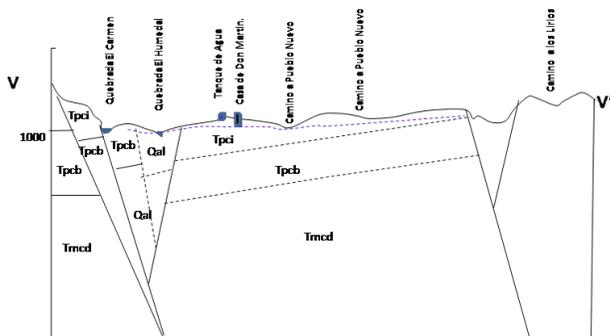


En la sección A – A' también se aprecia el buzamiento de los estratos en dirección Este a Oeste y con una inclinación cercana a los 8°, producto del descenso del bloque. En la sección B – B' reproduce la imagen del edificio escalonado, suavizado por el efecto de la erosión y deposición de materiales. La localización de las surgencias de agua sobre las laderas, y su caudal, indica la existencia de flujos preferenciales desde la zona de Termopilas y los Ángeles a través de estructuras preferenciales de flujo. En esta sección se indica una aproximación a niveles de agua ajustadas a la estructura del edificio. Los puntos en azul indican las nacientes explotadas en la actualidad para el abastecimiento de la comunidad.



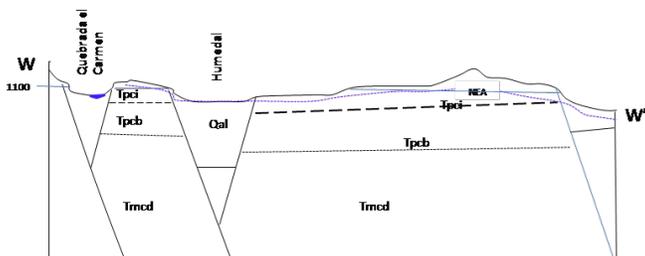
Secciones con Rumbo Norte – Sur

En las sección V - V', con rumbo de trazo Norte Sur y vista desde el Oeste, se refleja con claridad la estructura en descenso en la cual se emplaza la comunidad de Venecia. En esta sección se aprecia el buzamiento de los estratos con sentido S-N.; de Chagüitón hacia el Carmen. Esta inclinación, cercana a 4°, y la encontrada en la sección A- A' determinan el sentido de flujo de las aguas, superficiales y subterráneas del territorio



En V – V' se aprecia la estructura del terciario inferior, que gobierna las aportaciones de aguas subterráneas a la quebrada del humedal.

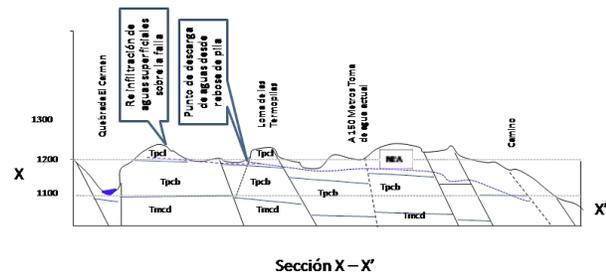
En el extremo Norte aparece la quebrada El Carmen, que recibe las descargas de la estructura localizada al Oeste y que drena las elevaciones de Cerro el aguacatal y tierras aledañas.



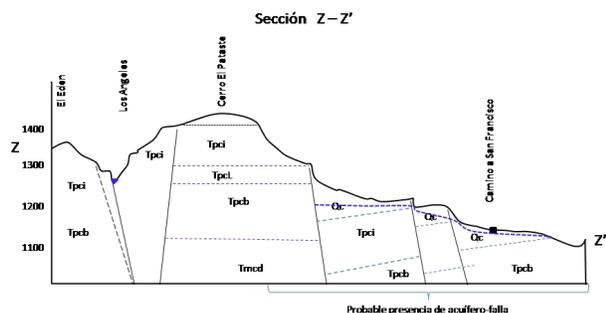
La sección W – W' corta el terreno SOBRE EL HUMEDAL. En esta sección se localizan las estructuras que gobiernan el sistema acuífero inferior y establecen su funcionamiento. Su basamento se inclina

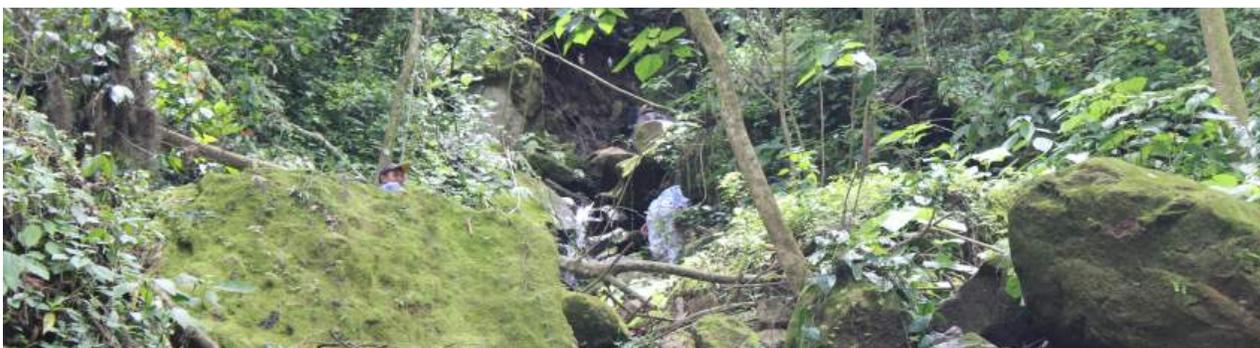
hacia el N-NE. y define la descarga a los cursos de agua superficial en dirección a Quebrada el Carmen..

La sección X–X' corta el terreno sobre la loma cercana al Lugar Las Termopilas. En ella se aprecia la inclinación de los estratos hacia el sur, generando los gradientes necesarios para el flujo hacia los manantiales que aparecen en la Quebrada de los cangrejos. Todos los manantiales se alimentan de esta formación y descargan sus aguas en la ladera Este, re-infiltrándose luego para servir de recarga al acuífero inferior. Este mecanismo crea una alta a severa vulnerabilidad de las formaciones acuíferas frente a los procesos contaminantes y el cambio en el uso de suelos y el régimen climático.



La sección Z – Z' muestra el escalonamiento de los terrenos hacia el sudeste y la disposición de los estratos, que luego de su desplazamiento se inclinan hacia el noroeste. Las elevaciones aportan aguas de escurrimiento, superficial y subsuperficial, que alcanzando las estructuras inferiores, se infiltran recargando el acuífero superior y luego al inferior en una secuencia de procesos de recarga- descarga- recarga, peligrosa pero aprovechable para la gestión del terreno y el agua local.





RÉGIMEN CLIMÁTICO

Temperatura

La temperatura media de la zona es de unos 19.49°C en el año, con máximas de unos 21.79 en Abril y mínimas en Enero con 17.89°C. La temperatura fue obtenida por Gradiente adiabático húmedo con referencia a la estación AG Condega. El coeficiente de disminución de la temperatura en condición húmeda utilizado fue de -0.65°C/100m. Este coeficiente puede ser influido por una serie de ocurrencias como la exposición de las laderas al sol, la presencia de montañas y cuerpos de agua, vientos alisios, etc.

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL													
Comunidad El Chagüiton													
Variable	Mes del Año												
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.
Temp. Media Est. Ref.	22.70	23.70	25.20	26.60	26.30	24.70	24.10	24.40	24.20	23.80	23.10	22.80	22.70
Temp. Media Calculad	18.87	19.87	21.37	22.77	22.47	20.87	20.27	20.57	20.37	19.97	19.27	18.97	18.87
Media anual (C°)													20.47
Para la estimación de la temperatura media del territorio se tomo como estación de referencia a Condega AG. Cód.. 45-050. Con una longitud de registro de 1983 a 2009 (INETER) localizada a 560 msnm.. La elevacion media del territorio de Chaguiton se tomo como 1150 msnm.													

Precipitaciones

Para la determinación de la lluvia mensual se tomaron en cuenta las Estaciones Pluviométricas de Condega y Montañuela de los registros de INETER.

El análisis de estas estaciones arroja un interesante patrón de incremento de las lluvias aparentemente relacionado con la elevación. Los resultados se compararon con el mapa de lluvias del INETER obteniendo congruencia en los resultados aunque ligeramente mayores en nuestros análisis. En el territorio no existen registros

de precipitación ni otros registros climáticos. Este patrón de incremento en una alineación Noreste sudeste congruente con el sentido de los vientos del Noreste (Alisios) evidencia la una fuerte influencia orográfica en el clima local y el régimen de humedad.

La elevación de los cerros circundantes, mayores a 1500 msnm., los vientos del noreste y parcialmente los vientos provenientes del Golfo de Fonseca que ascienden por las laderas occidentales, determinan la presencia de nubosidad y lluvias durante más de nueve meses en

estos lugares. Los vientos fríos del Norte y Noreste, que penetran al territorio nacional y avanzan siguiendo el eje de la cuenca del Río Coco se encuentran en las elevaciones vecinas a la comunidad con los vientos cálidos del Golfo, creando condiciones para la formación de lluvias de naturaleza meramente orográfica y prácticamente todo el año.

Un aspecto importante del análisis de lluvia fueron los comentarios de los ciudadanos de la comunidad que aseveran tres cosas importantes.

1. Las lluvias inician temprano en mayo y terminan a inicios de marzo
2. En el Cerro El Pataste y más arriba llueve más que en la comunidad.
3. Las quebradas aquí casi no crecen solo la del Carmen. Solo con el Mitch crecieron.

Esto lleva a pensar en unas lluvias superiores a las registradas en Montañuela y cercanas a los 2000 mm/año con máximos lluviosos durante los periodos de cambio estacional terrestre (otoño del hemisferio norte) en los meses de Septiembre –Noviembre.

Comparación de datos de estaciones Pluviométricas					
		Montañuela		Condega	
		920	msnm	560	msnm
		W-86°28'12"	N-13°17'24"	W-86°28'12"	N-13°17'24"
No.	Año	Lluvia		Lluvia	
1	1973	966.90			
2	1974	1272.40			
3	1975	931.70			
4	1976	678.50			
5	1977	863.40			
6	1978	911.00			
7	1979	3720.60			
8	1980	1450.10			
9	1981	1178.00			
10	1982	1059.20			
11	1983	894.80			
12	1984	1070.10		821.6	
13	1985	816.70		491.2	
14	1986	1119.30		657.6	
15	1987	713.60		663.8	
16	1988	1594.80		1090.4	
17	1989	SR		751.7	
18	1990	813.60		732.8	
19	1991	SR		610.1	
20	1992	650.40		484.7	
21	1993	1420.00		1020.6	
22	1994	787.50		600.1	
23	1995	1688.20		1159.4	
24	1996	2497.10		1098.1	
25	1997	1257.90		739.2	
26	1998	2167.90		1372.6	
27	1999	1707.30		942.4	
28	2000	974.20		667.3	
29	2001	1064.00		712.7	
30	2002			937.5	
31	2003			785.8	
32	2004			617.5	
33	2005			1139	
34	2006			771.1	
35	2007			972.0	
36	2008			934.6	
37	2009			769.2	
38	2010			1648.3	
Media aritmé		1269.23		858.937037	
Desviación e		674.60		269.4501383	

Para operacionalizar la lluvia local recurrimos a una estación que guarde similitudes, con la localización de El Chagüiton y las acotaciones realizadas de previo. Retomando la Estación Pluviométrica de los Horcones. La precipitación anual media en esta estación es de 1848.5 mm/Año (\pm 703.66 mm/Año).

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL : Los Horcones PV													
Variable	Mes del Año												
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.
Lluvia media Mensual	92.00	52.40	34.50	30.10	151.2	245.4	227.1	242.6	256.5	242.80	159.20	114.70	22.70
Media anual (mm)													1848.50
Para la estimación de la temperatura media del territorio se tomo como estación de referencia a Los Horcones PV, Cód.. 55-041. Con una longitud de registro de 1972 a 2007 (INETER)													

Las mayores precipitaciones ocurren en Septiembre. Sin embargo, estas se comportan en rango anual con dos picos modales en Junio y Septiembre.

La localización de la comunidad, justo detrás de las elevaciones mayores del sector, en el sentido de los vientos principales (Alisios de Noreste), mas la influencia de los flujos de aire húmedo del Suroeste y Oeste (pacífico de Nicaragua), permiten asegurar que la zona tiene una longitud del periodo de lluvias diferente a los territorios circunvecinos y marcada influencia en la vida de la comunidad y su actividad productiva.

Evapotranspiración

La evapotranspiración en el territorio se calcula por el procedimiento de Thornthwaite. Como se señalo con anterioridad en este documento se estima desde el cálculo de la temperatura local tomando como estación de referencia a Condega AG y aproximándola por gradiente adiabático Húmedo.

Los resultados se presentan en la tabla siguiente:

Cálculo de la Evapotranspiración mensual por la fórmula de Thornthwaite														
Reserva máx: 50%														
a =	2.4026													
Variable	Mes del Año													Total
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	
Temp	18.87	19.87	21.37	22.77	22.47	20.87	20.27	20.57	20.37	19.97	19.27	18.97	18.87	
i	7.47	8.07	9.01	9.92	9.73	8.70	8.32	8.51	8.38	8.14	7.71	7.53	7.47	108.95
Etp sin corr	59.84	67.75	80.69	93.99	91.04	76.23	71.07	73.62	71.92	68.57	62.93	60.61	59.84	938.10
nº días mes	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	28.25	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	
nº horas luz	12.00	11.32	11.43	10.91	11.11	12.37	11.43	12.12	11.88	12.50	12.00	11.65	12.00	
Etp corregida.	59.84	66.04	76.85	88.29	87.11	74.00	69.94	74.37	73.58	71.43	65.03	60.80	59.84	927.12

La Evapotranspiración Potencial es cercana de unos 927.12 mm/Año con lo cual podemos afirmar que las abstracciones en concepto de retorno a la atmosfera son del orden de 50% de la lluvia media anual.

Hidrogeología: Funcionamiento del acuífero local

El conjunto geológico hace pensar en dos pequeños acuíferos falla, contenidos en un paquete de coluvio-aluviales del cuaternario. Cuyo basamento y roca de caja son rocas del terciario superior (Plioceno) que sobreyacen a rocas del terciario inferior (Mioceno), también muy fracturadas y falladas.

Aparecen tres terrenos a partir de la capacidad del suelo para infiltrar, transitar y almacenar agua meteórica:

El sector A, que llamamos arbitrariamente “Acuífero superior” descarga al sector B (acuífero Inferior) que descarga a través de un curso superficial hacia la Quebrada El Carmen. Por tanto ambos sistemas almacenadores reciben recarga desde las elevaciones periféricas, desde las precipitaciones y por sus conexiones hidrogeológicas.

Su capacidad para almacenar y transmitir agua está limitada por la naturaleza de los materiales de relleno. Esto coincide con lo aseverado por los autores citados anteriormente (Fenzl, 1989; Hodgson Valrey, 1998 y Castillo Matute, Et al. 2001) sobre las propiedades y capacidades de estas formaciones para producir agua.

De acuerdo con productores locales cuando se instala una bomba de riego en una captación con caudales cercanos a 12 l/s en el acuífero B este apenas desciende. Esto pone de manifiesto que este acuífero es muy transmisivo.

Balance de Humedad

Para el balance de humedad se utilizó la temperatura media estimada, las lluvias medias registradas en la estación Los Horcones y los factores de abstracción que se indican en la tabla siguiente. Estos fueron estimados a partir de la observación de campo y la experiencia del consultor.

El método de estimación fue el de Cooks, adaptado por FAO-ONU para Centroamérica y modificado por Schoscynki.

Para la estimación de todos los factores de la humedad en el suelo se toman los siguientes valores de ponderación:

Factores Utilizados en el Balance de Humedad anual.		
Factor de Cobertura	0.3	Vegetación caducifolia con Buena cobertura en 70% del terreno
Factor de Textura	0.2	Suelos poco profundos con piedras en el perfil. Malas practicas de manejo. Buen a excesivo drenaje interno con flujo hipodermico intenso. Sin Presencia de Horizontes fuertemente argilizados en
Factor de Pendiente	0.06	Suelos con fuerte pendiente en 60% del terreno. 40% con pendiente moderada, lomas y pasturas con Malas practicas de

El balance refleja que el potencial de retención (Ic) de humedad para la infiltración en el sistema de suelos presentes en el territorio es cercano al 46 % de las lluvias anuales. Esta infiltración al suelo es equivalente a 1101.82 mm/Año

La infiltración potencial y con ello la ocurrencia de la recarga de los acuíferos locales parece ser muy alta, lo cual se confirmó mediante pruebas de infiltración y la observación de la infiltración de impresionantes cantidades de agua en los manantiales, cursos de agua y reboses de

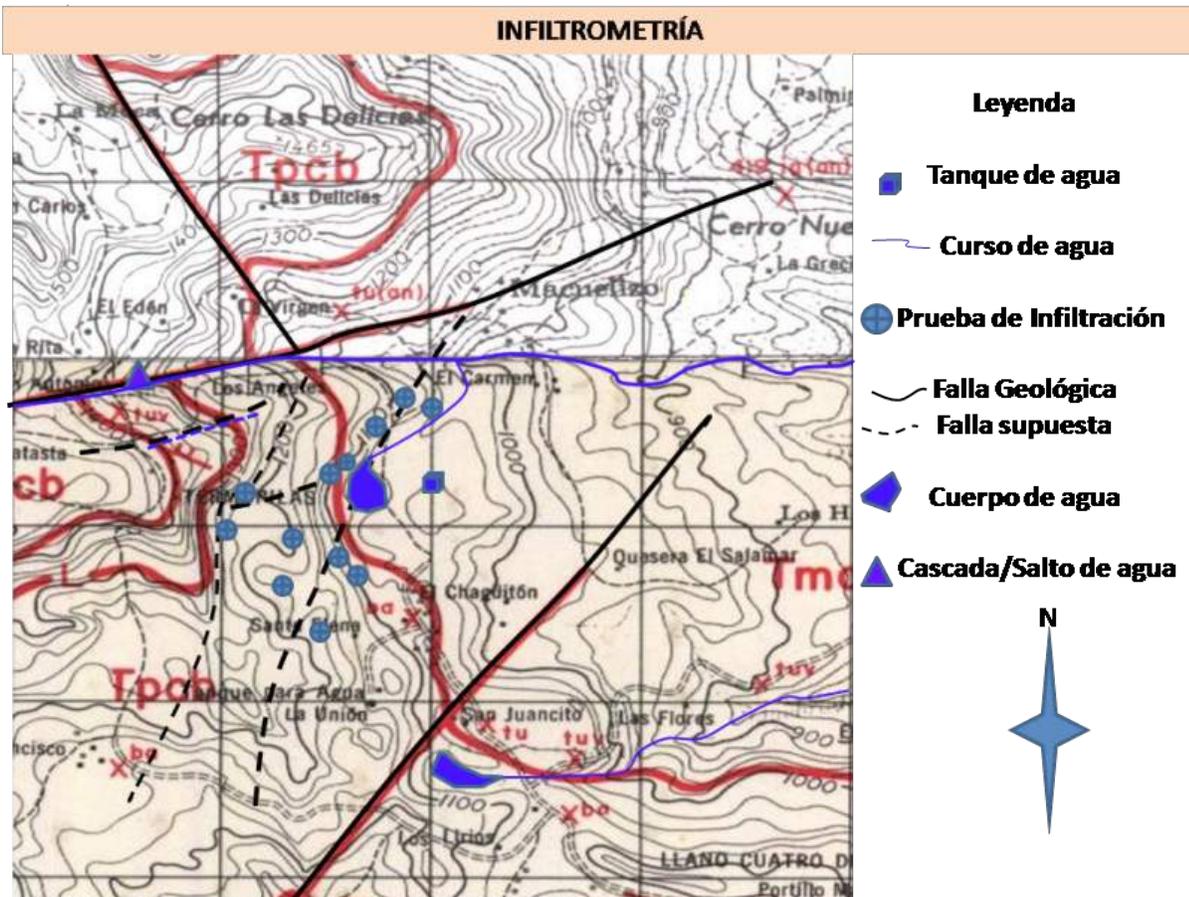
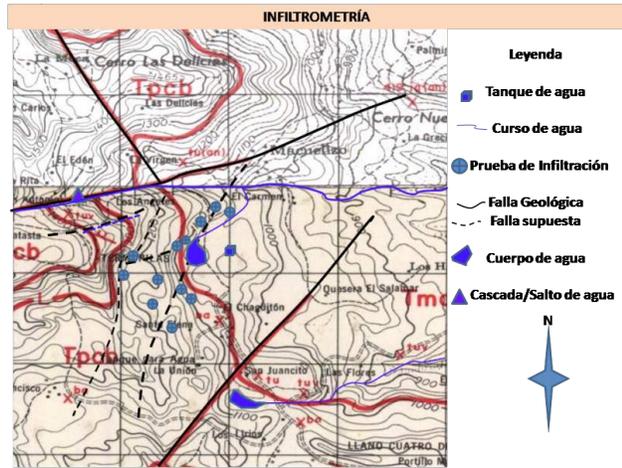
las pilas localizados en la base o inicio de las laderas. Este hallazgo también se observa en las formas terrestres. No existen cauces marcados en el terreno y apenas algunas huellas de flujo superficial en los sitios de descarga de aguas subterráneas. En la hoja de balance se observa que la escorrentía es Negativa, indicando que para que se produzca escorrentía se necesitará más lluvia o que se deterioren las condiciones de los suelos y la cobertura vegetal. Como aparece en Termopilas con trazos incipientes de cursos de agua efímeros y abundantes áreas de encharcamiento.

Comunidad El Chagüiton								
Balance de Humedad Local								
Estacion de Referencia: Los Horcones			Abstracciones				Balance	
1320		msnm	Infiltración			Etp	Total	Esc. Superficial
W-86°04'00"		N-13°13'00"	Vegetación	Suelos	Pendiente			
Lluvias anuales			mm/Año	mm/Año	mm/Año	mm/Año	mm/Año	
No.	Año	Lluvia						
1	1972	1394.20	418.26	278.84	83.65	738.93	1436.03	-41.83
2	1973	1764.40	529.32	352.88	105.86	935.13	1817.33	-52.93
3	1974	1608.60	482.58	321.72	96.52	852.56	1656.86	-48.26
4	1975	1744.60	523.38	348.92	104.68	924.64	1796.94	-52.34
5	1976	1629.60	488.88	325.92	97.78	863.69	1678.49	-48.89
6	1977	1470.80	441.24	294.16	88.25	779.52	1514.92	-44.12
7	1978	903.20	270.96	180.64	54.19	478.70	930.30	-27.10
8	1979	1977.10	593.13	395.42	118.63	1047.86	2036.41	-59.31
9	1980	2142.60	642.78	428.52	128.56	1135.58	2206.88	-64.28
10	1981	2000.80	600.24	400.16	120.05	1060.42	2060.82	-60.02
11	1982	2238.60	671.58	447.72	134.32	1186.46	2305.76	-67.16
12	1983	1189.20	356.76	237.84	71.35	630.28	1224.88	-35.68
13	1984	1455.70	436.71	291.14	87.34	771.52	1499.37	-43.67
14	1985	1228.60	368.58	245.72	73.72	651.16	1265.46	-36.86
15	1986	1610.60	483.18	322.12	96.64	853.62	1658.92	-48.32
16	1987	1713.30	513.99	342.66	102.80	908.05	1764.70	-51.40
17	1988	2692.50	807.75	538.50	161.55	1427.03	2773.28	-80.78
18	1989	2105.60	631.68	421.12	126.34	1115.97	2168.77	-63.17
19	1990	1553.70	466.11	310.74	93.22	823.46	1600.31	-46.61
20	1991	1400.30	420.09	280.06	84.02	742.16	1442.31	-42.01
21	1992	1442.00	432.60	288.40	86.52	764.26	1485.26	-43.26
22	1993	2173.00	651.90	434.60	130.38	1151.69	2238.19	-65.19
23	1994	1671.70	501.51	334.34	100.30	886.00	1721.85	-50.15
24	1995	1959.00	587.70	391.80	117.54	1038.27	2017.77	-58.77
25	1996	2437.30	731.19	487.46	146.24	1291.77	2510.42	-73.12
26	1997	2165.10	649.53	433.02	129.91	1147.50	2230.05	-64.95
27	1998	3269.90	980.97	653.98	196.19	1733.05	3368.00	-98.10
28	1999	2506.80	752.04	501.36	150.41	1328.60	2582.00	-75.20
29	2000	2115.70	634.71	423.14	126.94	1121.32	2179.17	-63.47
30	2001	1379.00	413.70	275.80	82.74	730.87	1420.37	-41.37
31	2002	1551.60	465.48	310.32	93.10	822.35	1598.15	-46.55
32	2003	1480.70	444.21	296.14	88.84	784.77	1525.12	-44.42
33	2004	1771.10	531.33	354.22	106.27	938.68	1824.23	-53.13
34	2005	1878.90	563.67	375.78	112.73	995.82	1935.27	-56.37
35	2006	1543.70	463.11	308.74	92.62	818.16	1590.01	-46.31
36	2007	1876.10	562.83	375.22	112.57	994.33	1932.38	-56.28
Media aritmética		1806.82	542.05	361.36	108.41	957.62	1861.03	-54.20
Desviación Est.		507.39	139.12	92.75	27.82	245.78	522.61	13.91
Potencial de Infiltracion Anual			1011.82					
Rango: ±			259.69					

Desde las determinaciones directas mediante infiltrómetro de anillo sencillo, se encontró que la infiltración está fuertemente influida por la tipología de suelos y la posición en el paisaje donde estos aparecen (Catena) y las prácticas de uso de suelo. Apareciendo dos terrenos claramente diferenciados por su capacidad de infiltrar y almacenar agua, que se ajustan adecuadamente a la estructura geológica encontrada y la tipología de rocas. La localización de las pruebas (Factor determinante para determinaciones efectivas) se refleja en el mapa siguiente:

Zonas de recarga y descarga:

Con la observación del terreno, la infiltrimetría y los comentarios de la población se realizó una aproximación de los terrenos hidrológicos resultado en dos áreas de interés para el análisis de la recarga, la descarga y el almacenamiento de agua. En la grafica siguiente se representan las dos secciones del terreno que, presentando diferentes capacidades hidrodinámicas estimadas que se comportan como zonas de recarga:

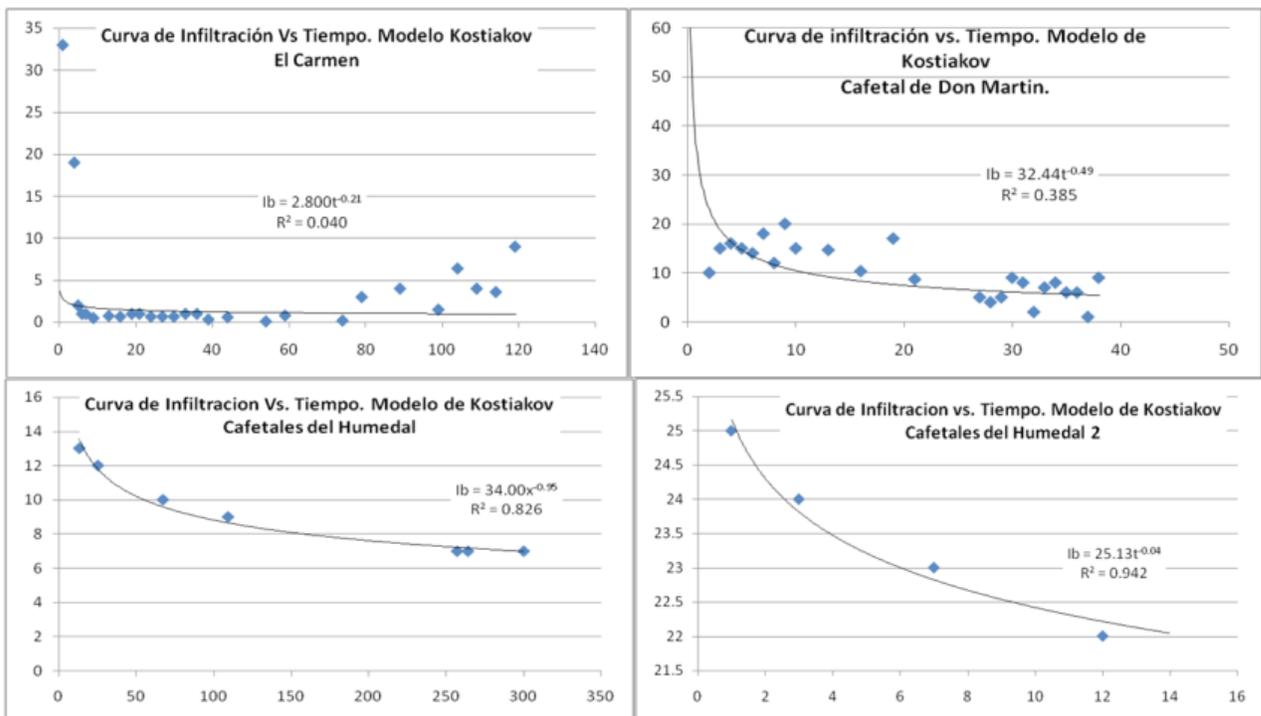


Esto confirma el modelo geológico y el modelo de acuífero en medio fallado y fracturado. Se evidencia un sistema de pequeño tamaño (A) localizado bajo los suelos de Termopilas, que descarga hacia la formación inferior (B) y por este a la quebrada el Carmen. A ambos lados de estos terrenos aparecen los materiales de cobertura de las laderas (planos de falla) son paquetes de materiales coluviales que, cubriendo los materiales volcánicos del terciario crean bandas de terreno de elevada capacidad para infiltrar agua (Suelo sumamente permeable e incapaz de almacenar agua por tiempo prolongado y que además es muy sensible a los cambios de uso y a la contaminación).

A. De Quebrada los Ángeles al Humedal:

La infiltración básica determinada por infiltrometría de anillo sencillo se encontró en 0.2 a 4.4 mm/minuto. Llevándolo a infiltración diaria la lámina de infiltración potencial es de 288 a 6,336 mm/Día.

La menor tasa de infiltración aparece en los suelos planos y la mayor en la base de la ladera. Se debe hacer notar que los suelos el día de la prueba estaban húmedos sin saturación y próximos a su capacidad de campo, razón que explica la línea continua de las diversas pruebas. Sin embargo por la observación de la re infiltración de cursos de agua y reboses de obras hidráulicas en el terreno, existe una banda de suelos extremadamente permeables en el margen occidental.

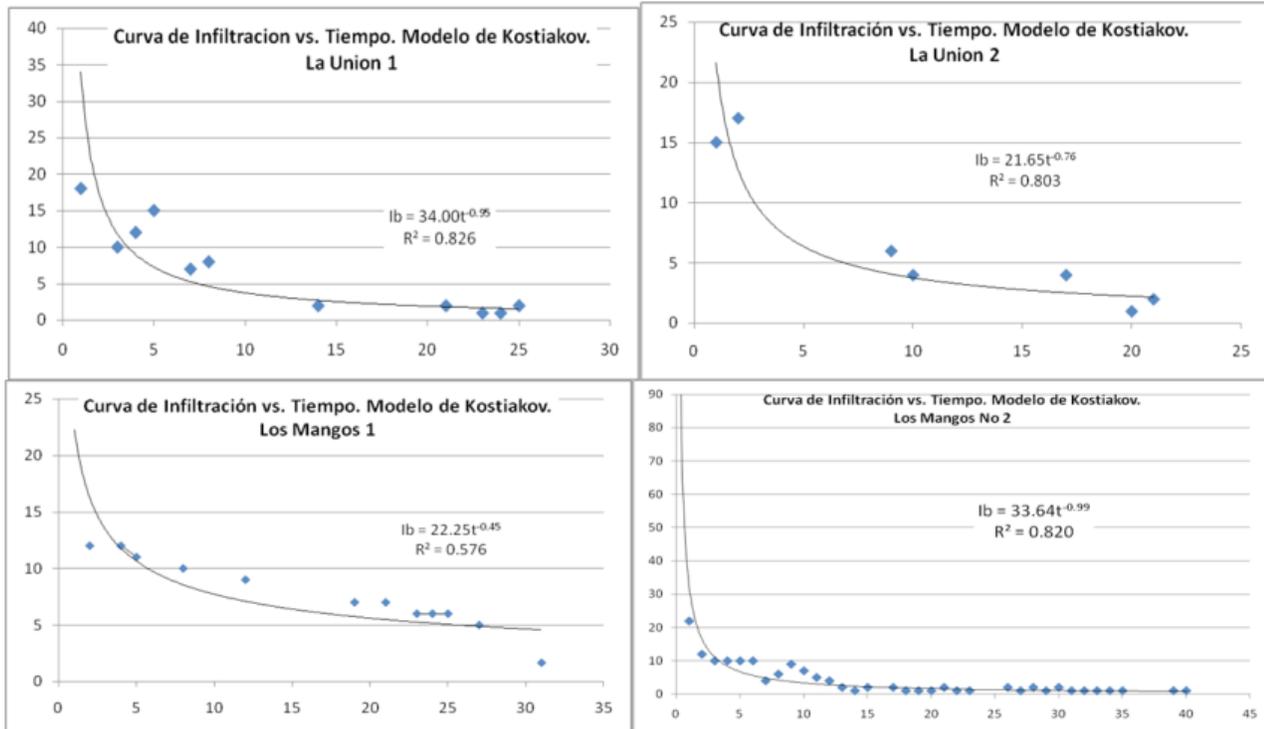


El encharcamiento de la superficie y la tasa básica de infiltración aparecen después de los entre 12 a 74 minutos de corrida. Es de esperar que este encharcamiento marque el inicio del escurrimiento superficial especialmente en los terrenos desprotegidos frente a lluvias de alta intensidad.

Sin embargo, al analizar el paisaje aparecen lugares donde hay huellas de encharcamiento y alta permeabilidad en los márgenes, lo cual se suprime escorrentía, se crean flujos que se concentran y almacenan en superficie y desde ahí se incorporan al agua hipodérmica y subterránea.

B. Del Humedal a la Unión:

En este terreno la infiltración básica está entre 0.4 a 1.66 mm/minuto. Las pruebas de infiltración evidencian un comportamiento típico a modificado por actividad humana producto del sello de superficie en las actividades de manejo del café. Son suelos de textura intermedia entre (franco arcillosos) ricos en materia orgánica, de pendiente moderadamente ondulada a ondulados con algunos sectores escarpados. Son más pesados que los suelos de las laderas y más friables que los suelos planos.

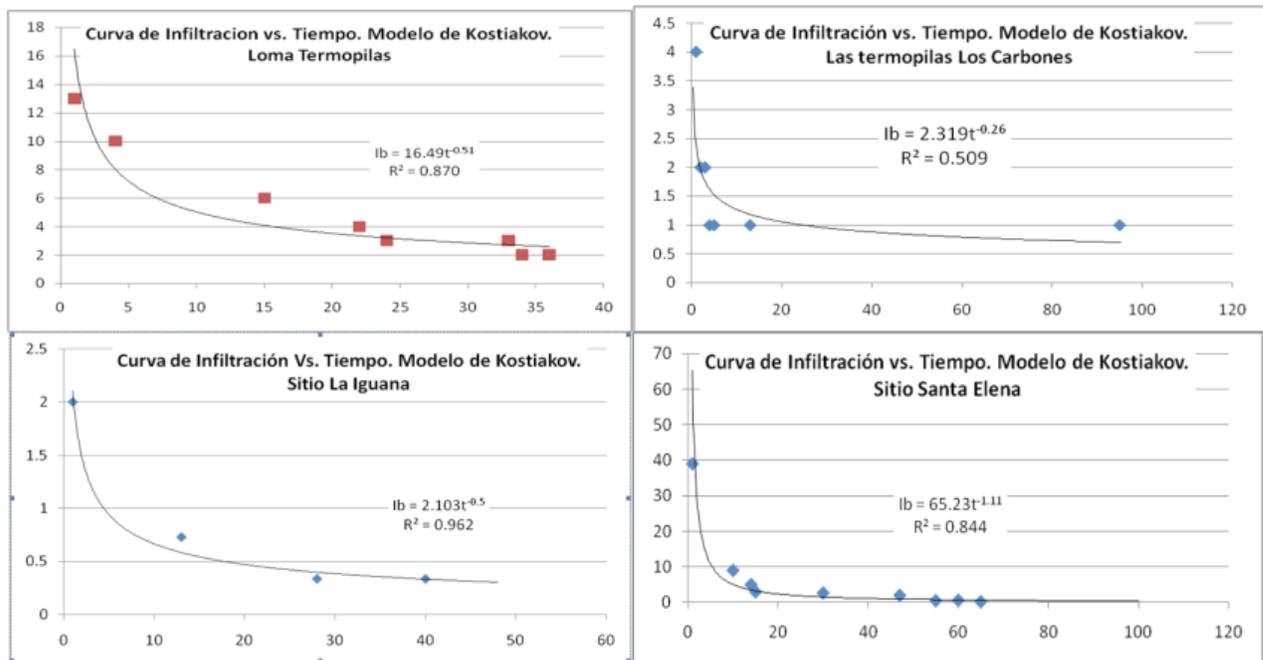


En las Pruebas de infiltración de la Unión, se presenta una anomalía en los primeros momentos del desarrollo del ejercicio. Esto parece indicar el estado de compactación y sellado en superficie de los suelos producto de la actividad agrícola (Mantenimiento del café) que luego del encharcamiento responden con un incremento de la tasa de infiltración.

C. Sector de Termopilas.

En este sector la infiltración es presenta dos extremos de acuerdo a la localización del punto de observación. De la observación empírica se toma la re infiltración de la Quebrada de los Ángeles y del rebose de la pila en Termopilas. Cada punto evidencia una excesiva

o vigorosa infiltración (entre 200 a 60 galones por minuto) y se localizan ambas en la base de la ladera este del cerro El Pataste. Se ha supuesto que esta localización coincide con los planos de falla que corren por este terreno. Las pruebas de infiltración en los terrenos planos se comportan de manera diferente con tasas de infiltración que van de 0.012 a 0.4 mm/minuto. Paradójicamente la menor tasa de infiltración se presenta a escasos metros de la pila de rebose en termopilas.



La escorrentía directa es muy pequeña a nula en este terreno (Ver cuadro de balance de humedad).

Esto se confirma con la escasa amplitud de los cauces de quebrada, la presencia de sectores que evidencian encharcamiento sin mostrar descarga superficial. Todas las descargas ocurren en el margen este coincidiendo con el borde de los estratos expuestos.

La infiltración media se cuantifico desde el balance de humedad, ligeramente mayor a los 1000 mm/año y el área de la zona de recarga para los terrenos identificados como "A" es menor a 0.5 km², lo cual conduce a pensar en un volumen total infiltrado de 500,000 m³/año, de los cuales la mayor parte escurre como flujo hipodérmico y la

fracción retenida como agua subterránea es muy pequeña y depende de la recarga artificial accidental citada.

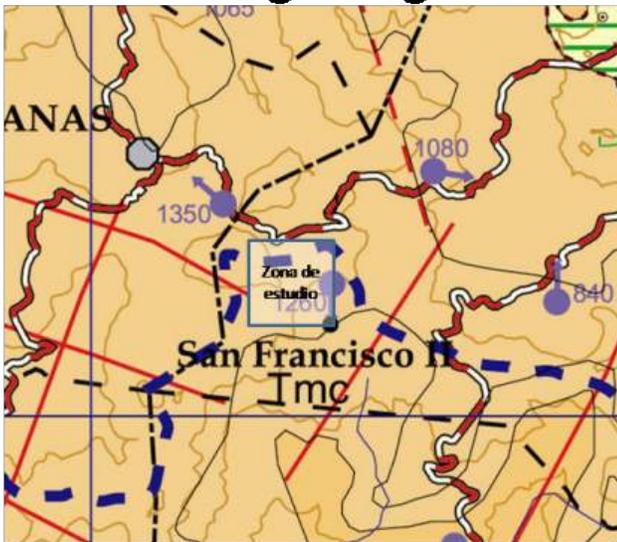
Buena parte de los flujos hipodérmicos y la mayor cantidad de aguas superficiales que surgen en los bordes del sector a se re infiltran y recargan el acuífero inferior (B) que además recibe la recarga desde su superficie. El acuífero Inferior de mayor superficie, descarga a través de un pequeño curso de agua y por resume, apareciendo en este sector plantas aparentemente freatofitas. El curso de agua tiene un caudal aproximado (Desde la observación visual) de unos tres litros por segundo. (En Julio) que puede descender ligeramente en la época de estiaje.

Al no contar con determinaciones reales de los flujos superficiales durante el año hidrológico no podemos más que suponer que existe suficiente agua almacenada para satisfacer la demanda y esta se puede explotar desde las surgencias superficiales de mayor caudal del acuífero superior (A) que se encuentra más protegido y se conoce como hacerlo estable pro recarga artificial..

Funcionamiento del acuífero

Castillo y colaboradores, realizaron el estudio Hidrogeológico e Hidrogeoquímico de la región norcentral y del Caribe nicaragüense, estudio que siendo regional, especifica a ese nivel las características fundamentales de la ocurrencia de agua subterránea para la zona de estudio. En ese documento aparecen algunas de las estructuras fundamentales que ayudan a comprender la ocurrencia de las aguas locales tanto superficiales como subterráneas y su calidad, vulnerabilidad y posibilidad de uso para diferentes sectores, naturaleza, sociedad y economía.

Hidrogeológico



Fenzl en 1989, incluyó las principales propiedades de las formaciones geológicas nicaragüenses desde la perspectiva hidrogeológica y describió las mismas.

Las propiedades hidrogeológicas más importantes citadas por este autor para la formación Coyol son: Medio físico fracturado, Transmisividad alta a nula, Permeabilidad variable, Capacidad específica de 0.4 a 13 m³/h/m. Fenzl señala que la presencia de paleosuelos y rocas altamente meteorizadas separados por rocas frescas (jóvenes) y fracturadas, favorece la creación de acuíferos colgados. Además señala que "...Las grandes diferencias en los parámetros hidrogeológicos evidencian la heterogeneidad del medio hidrogeológico. La búsqueda de aguas subterráneas solo puede ser realizada localmente y estudiando cada caso individualmente. Por su parte, Custodio, E. et al, cuando afirman que, en los contactos entre diferentes estratos ocurren zonas de alta capacidad trasmisiva, lo cual valida y confirma las observaciones previas de estas ocurrencias en las laderas del terreno. Todo lo anterior fue comprobado en el terreno, en los alrededores de la obra de captación actual y las laderas circundantes donde existe un estrato de roca fragmentada, gravas y conglomerados permeables que sobreyace a un paquete de ignimbritas, donde aparecen los manantiales de agua subterránea.

Al analizar la infiltración y los mecanismos de recarga se evidencia una alta sensibilidad a las alteraciones de uso de los suelos del área y de la zona de influencia al acuífero local y con peligro de transporte de la contaminación que pueda alcanzar el cuerpo de agua de interés.

No se cuenta para este estudio, con elementos para determinar las propiedades fundamentales del acuífero, sin embargo la experiencia de los ciudadanos más la descripción de la geología nos indican que el acuífero superior ("A") es seguro para explotarlo, está mejor localizado y de fácil

acceso para la modificación de las estructuras de la captación y su mantenimiento. Otra razón sustantiva para elegirle es que los costos de operación pueden ser menores por lo favorable localización con respecto a los usuarios finales y la infraestructura existente operando por gravedad.

Observaciones sobre calidad del agua

La calidad del agua, desde una perspectiva meramente geológica y de su ocurrencia natural se toma desde lo que indica el mapa hidrogeoquímico del INETER .



La clase hidroquímica de las aguas subterráneas, indica claramente la interacción de las aguas meteóricas con los paquetes de roca del terciario superior, especialmente los de Ignimbritas y los suelos formados desde este material.

Pero también indican la presencia de unos materiales de naturaleza cálcica propios de aquellos generados por la actividad volcánica y Vulcano-tectónica del terciario superior. Son aguas de pH moderadamente ácido (entre 6 a 6.8) a moderadamente alcalinas (7 a 7.8). Su capacidad corrosiva de débil a moderada, son aguas suaves con un poco de dureza cálcica. Su composición

iónica indicará un tiempo de residencia corto a moderado.

Un rasgo que les podrá distinguir será su moderado a alto contenido de Sílice disuelto por su interacción con Ignimbritas.



UBICACIÓN DE LOS SITIOS A EXPLOTAR

La fuente más segura en términos de cantidad aunque demanda mayores costos de operación es la que denominamos acuífero inferior sin embargo está expuesto a la contaminación microbiológica y de agresivos de origen agrícola, por tanto demanda una vigilancia estricta de la calidad. La expresión superficial de este es un humedal (cuerpo de agua superficial) de aproximadamente 1.00 Ha de extensión y menos 2 metros de profundidad.

Una segunda alternativa es el reacondicionamiento del sistema actual, por la existencia de un acueducto cuya toma se localiza en el manantial y curso de agua que denominamos los cangrejos (Aproximadamente en 1472500, 545300) debiendo relocalizar la obra de captación y transformarla en una galería de filtración culminada en un doble reservorio uno de sedimentación y otro de almacén en la toma y administración de los caudales entre usuarios. Se debe anotar que esta fuente aporta agua para el acueducto de la comunidad, para consumo de una finca y para aguada de ganado; además de sostener la biota acuática.

Otra opción es la explotación de la quebrada El Carmen, aprovechando toda la infraestructura existente, agregando una planta de potabilización de tecnología adecuada. Cabe señalar que esta opción

se incluye a la anterior pero de manera indirecta ya que los reboses desde las conducciones se infiltran actuando desde dos perspectivas: Recargando el acuífero y potabilizando el agua de la quebrada.

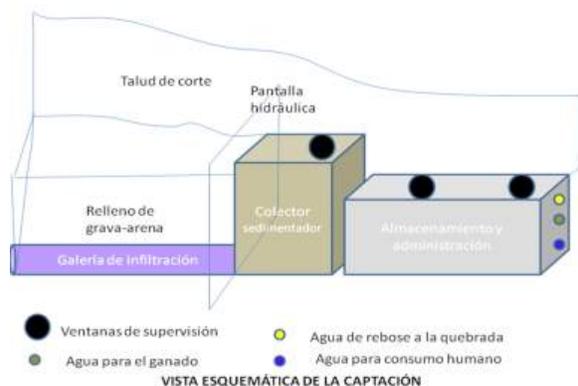
Se recomienda una captación por sondeo horizontal (Galería filtrante) más reservorio de administración del agua en la Quebrada de los Cangrejos. La obra de captación se localizara aguas arriba de la pila de aguada para ganado y empotrada en el talud de la naciente de agua. El sitio dependerá de las gestiones que sea capaz de realizar la comunidad, sus habitantes, sus líderes y su órgano de gestión del Agua segura, con los propietarios de los terrenos. Esta opción, impondrá restricciones en un área de protección, todo lo cual dependerá de las capacidades de diseño y construcción de tales obras. La ventaja sustantiva de esta opción esta en el bajo costo de construcción y operación.



CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LA CAPTACIÓN:

La obra constara de una captación principal o colectora mediante Galería de infiltración, de unos 12 metros o doble galería de 6 metros de longitud y 0.3 metros de diámetro interno cuyo fondo se deberá asentar en la roca de base.

Su excavación debe ser cuidadosa para evitar la fuga de las aguas a través de los materiales coluviales del sitio.



A continuación se deberá construir una cámara colectora y de sedimentación. Conectada en serie con una cámara de almacenamiento y administración del recurso.

Este conjunto deberá eliminar los materiales sólidos que acompañan al agua, almacenar una cantidad de agua y generar una distribución regulada por válvulas para los usuarios del recurso.

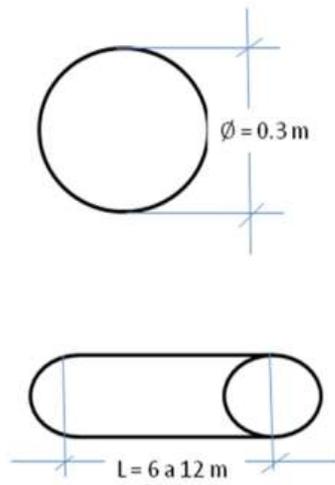
Recomendaciones de diseño:

Galería Filtrante	
Diámetro de la galería:	> 0.3 metros
Longitud:	Una de hasta 12 metros o dos de 6 metros en paralelo
Material de la galería:	Tubo PVC
Paquete filtrante:	Arena de 3 a 5 mm, arena gruesa de 10 a 20 mm, y grava de 25 a 37 mm

La galería debe ser capaz de comprometer toda la sección de flujo detectada y asentarse sobre el lecho de rocas (basamento impermeable), en su extremo distal deberá construirse un sello hidráulico (Pantalla) para obligar el flujo sobre y dentro de la galería. El Colector y sedimentador, construido luego de la galería deberá tener conexión por rebose con la siguiente cámara y una ventana de vigilancia sanitaria

El reservorio de administración, tendrá un volumen de 1/5 del consumo diario de la comunidad y tres salidas ajustadas al régimen de la demanda de los usuarios identificados: Comunidad, finca, ganadería y biota acuática.

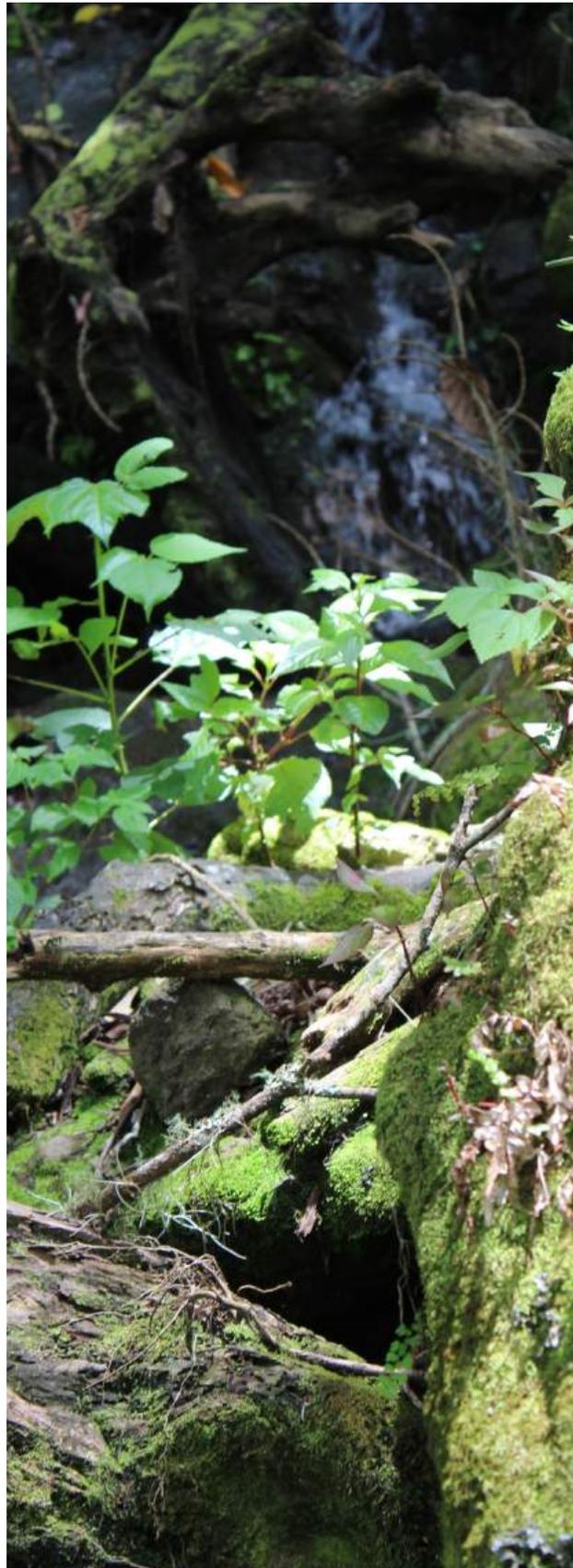
Características generales de la galería filtrante



La administración se realizara mediante un sistema sencillo de válvulas de sierra mediante bola de flotación (Similar a las usadas en los tanques elevados y los sanitarios) instaladas en la pila del ganado y el tanque de agua potable. Cualquier excedente será entregado a la biota acuática y la vida silvestre. Los materiales pueden ser concreto, ladrillo u otros materiales adecuados para agua potable.

Durante las operaciones de construcción es necesario asegurar al personal y la obra contra derrumbes, para ello se debe construir un entibado de la zanja. Este se puede hacer de madera u otro material disponible.

La pantalla de la obra de toma puede ser construida con plásticos, PVC u otro material impermeable.



VULNERABILIDAD Y PROTECCIÓN DE FUENTES

Para este análisis se usó la metodología GOD, propuesta por Foster e Hirata (2003). La vulnerabilidad por contaminación del acuífero frente a los procesos naturales y antropógenos, se ajusta a su geología, tipos de suelo y profundidad del agua subterránea.

Del análisis de la vulnerabilidad se obtiene que el terreno, y sus formaciones acuíferas, es altamente sensible a los procesos contaminantes por su alta tasa de infiltración, poco espesor de los materiales de cobertura y su naturaleza permeable. El Índice GOD para los tres terrenos produce 0.91 (Riesgo severo)

Limites del área de protección de la Captación

El área de protección de la Captación, se deberá extender aguas arriba de esta, en una amplitud de al menos 100 metros de longitud.

En esta área no deberá permitirse actividades de producción peligrosas y la vegetación debe ser protegida y manejada adecuadamente para no comprometer la seguridad de la obra. No se debe permitir la permanencia de animales ni sus excretas en la zona de protección. Durante las operaciones propias de la cosecha de café se debe señalar e insistir en hábitos de deposición de excretas seguros. Además,

por la presencia de biota acuática de interés limnológico y económico este curso debe ser protegido.

Limites del área de Protección Extendida de las Aguas subterráneas

La línea definida del área de recarga se constituye en la zona extendida de protección.

El uso de suelo deberá establecerse en bosque o plantaciones permanentes de sotobosques que incluyan Buenas Prácticas Agrícolas y Responsabilidad socio-ambiental. Esto es particularmente importante a lo largo de los terrenos identificados como A. Esta actividad será difícil, dado que ya están establecidas plantaciones de Café árabe en el área de recarga con reducción de la cobertura boscosa. Y como lo evidencian las pruebas de infiltración esta actividad está teniendo un impacto en la capacidad del suelo para transmitir agua.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se recomienda explotar el territorio identificado en este estudio como A mediante una captación de Galería Horizontal con cámara de sedimentación y almacenamiento. Se recomienda explotar el acuífero aprovechando las estructuras de conexión hidrogeológica.

La captación propuesta es factible dentro del área de estudio tomando para su construcción las debidas negociaciones con los dueños de los terrenos y la comunidad para evitar conflictos entre usuarios. Se recomienda proceder a las negociaciones que culminen con una acción de donación del lote a la estructura de gestión del agua o a la municipalidad.

Aunque sus dimensiones son un estimado se espera una capacidad de almacenamiento anual superior a los 30,000.00 m³ con lo cual la gestión de los recursos es más importante que la cantidad.

Las captaciones también pueden ser galerías horizontales o sondeos verticales en el acuífero B.

Los rellenos de materiales coluviales y roca fracturada in situ y un espesor que se estima considerablemente mayor a 50 metros, indican que esta es la estructura de mayor volumen de almacenamiento.

Si se realiza la excavación de una galería horizontal esta se realizara en materiales coluviales y ignimbritas y conglomerados. Se utilizaran flujos que ahora son improductivos, sin afectar al resto del sistema y con reducido impacto ambiental. Esta obra deberá ser sellada a la superficie y su diámetro debe ser igual o superior a 30 cm.

Existen otros manantiales explotables para lo cual, y solo en caso de necesidad, se requerirá de una captación y su conexión al sistema que se recomienda.

Por sus características, es un acuífero vulnerable en todos los sectores frente a los procesos de la actividad humana y la naturaleza. Para mitigar los impactos de la actividad humana sobre la calidad del agua se recomienda continuar y fortalecer las acciones de aplicación de buenas prácticas agrícolas, buenas prácticas en la deposición de desechos de la actividad agrícola y humanos.



BIBLIOGRAFÍA

Castillo Matute E. S & Colaboradores. 2003 Estudio Hidrogeológico e Hidroquímico del Norte y Este de Nicaragua. INETER con colaboración de Gobiernos y Organismos Amigos de Nicaragua.

Custodio Jimena, E. & Llamas, R. 2001. Hidrología Subterránea. Ed. Omega. Barcelona, España.

Fenzi, N. 1988. Geología, Hidrogeología y Clima de Nicaragua. INETER
García, et al, 2004. Plan de Manejo del Área protegida. Parque ecológico Municipal Cerro Canta Gallo. FAREN.

González, E.M. 2005. Imaginarios en el sistema de producción: Influencia sobre los Recursos Hídricos. Tesis para optar al grado de Maestro en ciencia del Agua. CIRA-UNAN, Managua

-----, Base de datos de Clima, Hidrología y Disponibilidad de agua de calidad. Compilación personal.

Hogdson Valrey, G. 1998. Fundamentos de Geología Relativo a Nicaragua. Sin Referencia editorial, Managua.

INIDE, 2012. Condega en Cifras. Resultados del Censo de Población de 2005

Rodríguez, M. 2003. Notas del curso de Geología. Maestría en Ciencia del Agua. CIRA-UNAN. Managua.



Hidrogeología de la
Comunidad El Chagüiton.
Municipio de Pueblo Nuevo
2012

