

# REPORTE:

## Hidrogeología de la Comunidad de Venecia. 2012

Municipio de Condega





<b>Créditos</b> .....	3
<b>Introducción</b> .....	4
<b>Información general de la comunidad</b> .....	7
a. Localización	
b. Población	
c. Abastecimiento actual y futuro de agua segura	
<b>Objetivos del estudio</b> .....	10
<b>Metodología</b> .....	11
<b>Resultados</b> .....	14
a. Geología	
b. Regimen climático	
c. Hidrología de superficie	
d. Hidrogeología y calidad del agua	
e. Vulnerabilidad	
<b>Ubicación de los sitios a explotar</b> .....	30
<b>Características Básicas de la captación</b> .....	32
<b>Vulnerabilidad y protección de fuentes</b> .....	33
<b>Conclusiones y Recomendaciones</b> .....	35
<b>Bibliografía</b> .....	37

## 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 Venecia, en el Municipio de Condega, 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.

Durante el estudio se construyó un modelo conceptual, se realizo trabajo de campo validando el modelo, aportando elementos de geología, Clima, hidrodinámica de suelos y de hidrogeología; relevantes para la satisfacción de los objetivos del estudio.

Se realizaron entrevistas cortas abiertas 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 existe una pequeña formación acuífera gobernada por fallas extensionales (normales), de más de 140 metros de espesor, sobre la cota de los 1200 msnm. Este acuífero está conectado hidrogeológicamente con la zona de interés por un sistema de microestructuras extensionales y superficialmente a través de manantiales y ojos de agua dispersos en todo el terreno. La capacidad del sistema para abastecer a la comunidad, evaluada empíricamente, desde la descarga a través







de ríos y manantiales, es suficiente para proveer agua segura en cantidad, esta se estima en 0.8 l/s (litros por segundo).

El sistema acuífero y sus expresiones superficiales, abre la oportunidad para elegir entre varias opciones de explotación para el aprovisionamiento de agua segura. Podrá explotarse las aguas subterráneas mediante sondeos verticales, los afloramientos en manantiales o la construcción y/o rehabilitación de los embalses existentes. Se seleccionaron tres sectores para la construcción de obras de captación de diferente tipo, aprovechando la geología local.

Uno en la zona de extensión donde actualmente existe una obra de captación mejorando esta para aprovechar todo el potencial de esta estructura y afloramiento de aguas subterráneas. En esta localización se podrá incorporar los caudales de otras

fuentes (manantiales) si fuese necesario, Esta obra se localiza a 1300 msnm y ya existe el sistema de conducción para su aprovechamiento. El otro se relaciona con los afloramientos que tributan a la Laguna de Venecia que se localizan sobre los 1230 msnm que podrá ser explotada mediante galería horizontal. La otra en el sector Noreste de Cerro Venecia, en las nacientes de Quebrada San Jerónimo, mediante una captación de manantial.

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 y las instituciones involucradas. Existen elementos de gestión del territorio que parecen favorecer las opciones integradas con una plataforma común. La existencia del Parque Ecológico municipal, que incluye todo el territorio de la comunidad aparentemente será un elemento viable para la construcción de esta plataforma común. La red de actores institucionales estaría integrada por el gobierno municipal de Condega, Yali y Telpaneca. Los actores institucionales relevantes, públicos y privados son ASDENIC, Universidad Nacional de Ingeniería (UNI-RUACS), FAREN, MARENA, FISE, MINSA, MINED y el INTUR; en interacción con los actores locales productores cooperativizados y ciudadanos de la comunidad (Hombres, Mujeres y familia)

Otro elemento favorable, identificado durante las giras de campo, es la disposición de parte de la población local para integrarse a las tareas de aprovisionamiento de agua segura.

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.

Sin embargo, se detecto elementos de conflictividad y dispersión de los actores locales típicos a la naturaleza insustituible del agua. Estos giran en torno a la actividad productiva y la desintegración del grupo cooperativo en su funcionalidad y esfuerzo.

Existen elementos de vulnerabilidad asociados a este edificio geológico, a los suelos, el uso de suelos y las malas 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. Se propone una zona de protección para las obras de captación.





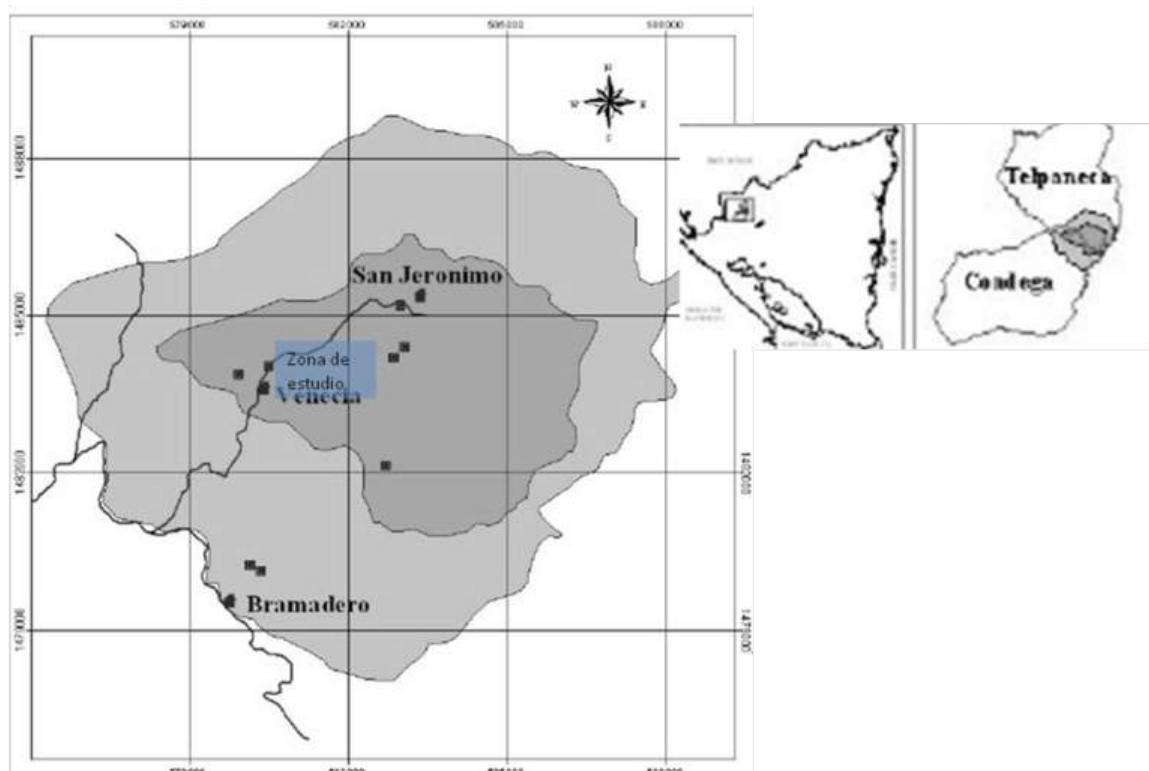
## INFORMACIÓN GENERAL DE LA COMUNIDAD

### Localización geográfica y topográfica

El área de estudio, con aproximadamente 11.5 Km<sup>2</sup> se localiza administrativamente en el municipio de Condega y comprende desde la elevación 1495 Cerro Cantagallo (1483200, 582850) hasta Loma Palmira (1483100, 580700) y más hacia el Oeste las estribaciones del sur del cerro el Fraile. Por el Norte desde El Naranjo (1485200,

5582500) hasta el sur de la Lima, por Providencia (1485500, 579500). Los límites municipales y departamentales entre Telpaneca (Madriz) y Condega (Estelí) cruzan al margen de la comunidad desde Cerro El Fraile, elevación 1281 a Loma Venecia y Cerro Cantagallo. Siguiendo el curso de Río Yalí, está el límite con el Municipio de San Sebastián de Yalí

### Localización: Venecia



La comunidad Venecia se localiza en la zona núcleo de la Parque Ecológico Municipal Cerro Canta Gallo, se ubica a 22 kilómetros al Noreste-Este de la ciudad de



Condega. Hidrológicamente el terreno se localiza en el parte aguas entre la quebrada San Jerónimo y la Quebrada Daraili, ambos tributarios del Río Coco. 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 Venecia.

Sus pobladores se dedican fundamentalmente a la actividad agrícola y pecuaria. Existen algunos servicios de atención en salud y educación. En la actualidad hay procesos sustantivos de avance de actividades cafetera sobre los terrenos de la reserva y de la zona de recarga de las agua subterránea con lo cual se reducirá la disponibilidad de esta en el futuro si no se cambian las practicas de uso de suelo.

La Comunidad se **emplaza** en una depresión entre las elevaciones de Cerro Canta Gallo y el Cerro El Fraile, esta depresión está abierta hacia el Sur y el Norte. Las elevaciones del este (Canta Gallo) están

cubiertas de bosques diversos desde coníferas y Robles (Cerro Palmira) hasta caducifolias y siempre verdes (Canta gallo y Loma Venecia). Mientras al Oeste son básicamente coníferas (bosque ralo) y pasturas de mala calidad.

Los **suelos** tienen una textura que va desde franco hasta franco arcillosa con perfiles desde completos (Mollisoles y Alfisoles) a recientes y sin horizontes de diagnostico (Entisoles) y en algunos sectores aparecen Inseptisoles. Presentan abundantes bloques de roca de diferente tamaño en el perfil, son bloques de ignimbritas, basaltos y otros materiales, producto de la erosión de las laderas y del mal uso del suelo.

En algunos de estos bloques se evidencia un origen ligado a esfuerzos tectónicos de compresión en los cuales sufrieron milonitización e indican la presencia de fallas con desplazamiento horizontal.

Su **red de drenaje** se compone de un curso de agua permanente, Este tiene su nacimiento en las laderas del Este del área de estudio a elevaciones mayores a 1350 msnm. Fluyen en cauces de red dendrítica gruesa hacia el sur, se unen, y participan de la formación de la Quebrada Daraili. Tributario del río Yali. Muchos riachuelos y manantiales intermitentes les aportan sus caudales para hacer de esta quebrada la principal red de flujo superficial. A este cursos de agua se suman los caudales aportados por el derrame de la Presa y laguna Venecia.

La **población** meta al año 2005 se componía de 550 Habitantes. La zona rural del municipio tiene una tasa de crecimiento menor al 2.5 % según el Censo 2005 con referencia a 1995. La población de para el año 2012 estimada es de 589 ciudadanos.



**La demanda actual de agua estimada<sup>1</sup>** es de 35.35 m<sup>3</sup>/día. Tomando una dotación de 60 lppd (Litros por persona y día). El caudal demandado a la fuente es de 0.41 l/s (Litros por segundo)

Con estos valores para el año 2032 la población esperable será de 1072 personas. En ese periodo la comunidad demandará una dotación en régimen diario de 65 m<sup>3</sup>. Para satisfacer esta demanda la fuente de captación debe asegurar un caudal en régimen continuo (las 24 Horas del día) de 0.74 l/s Esta demanda puede aumentar en tanto ocurran mejorías en la calidad de vida de la población.

Esta población se alberga en 128 casas. Resultando un índice medio de 4.29 habitantes por casa. Si proyectamos al futuro y considerando las condiciones citadas anteriormente al 2032 habrá 250 viviendas. El volumen anual demandado en el año final será de 23,725 m<sup>3</sup> aproximadamente.

Existe un acueducto con su obra 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, fundamentalmente en verano. Todas las fuentes de agua existentes están expuestas a los factores de tiempo y contaminación. La existencia de letrinas es notable.

Aunque existen una cantidad de fuentes potenciales (ojos de agua y manantiales) que son utilizados en la actualidad de manera 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. La fuente más segura en términos de cantidad aunque demanda mayores costos de operación es la denominada Laguna de Venecia, cuerpo de agua de aproximadamente 0.75 Ha de extensión y unos 2 metros de profundidad media. Esta laguna artificial está contaminada y demanda una planta de potabilización y una unidad de bombeo para operar con ella, así como actividades de protección de su zona de Recarga y de drenaje superficial.

Dentro de la zona de estudio existen, en algunos sectores, pendientes empinadas en las cuales, los terraplenes y taludes, podrían cortarse o derrumbarse en la época de lluvias, al cambiar su uso actual de bosques a tierras de cultivo. Este proceso de cambio de uso ya está ocurriendo.



<sup>1</sup>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 Venecia (Condega) y para el impulso y sostenibilidad 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 el flujo 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 general 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 MAGFOR, se elaborara una aproximación de la infiltración recarga mediante el Método de Cook modificado por Shoscinky y Mozila 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 Isolneas 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  $\frac{1}{4}$  a  $\frac{1}{2}$  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

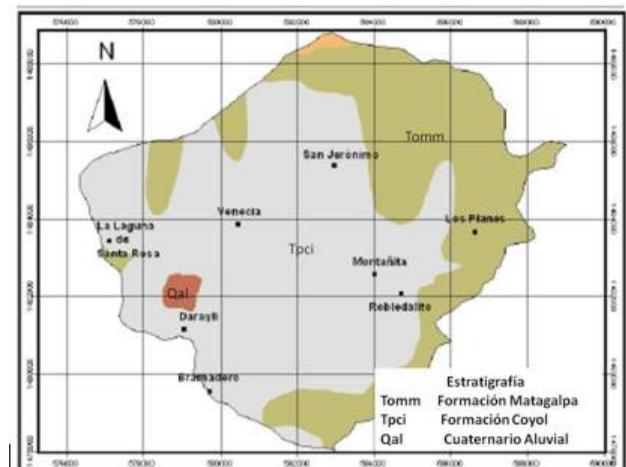
Existen varias referencias sobre la geología e hidrogeología de la zona de estudio, especialmente como descripciones geológicas generales de la Región nor-central de la República de Nicaragua. Entre otras se puede citar a Fenzl, 1989; Hogdson Valrey, 1998, Mapa geológico de 1971 hoja 295-II y III.

De acuerdo con estas referencias, estos terrenos se remontan a la Era Cenozoica del periodo Terciario y corresponden a dos épocas, Plioceno y Mioceno. Sobre estas rocas se han formado suelos del cuaternario (Pleistoceno a reciente). En la parte más superficial aparecen las rocas del Terciario superior (Plioceno) con edades cercanas a  $6 \times 10^6$  años y sobreyacen a las rocas del Terciario inferior (Mioceno) con edades mayores a  $12 \times 10^6$  años.

A los materiales de Plioceno corresponden las rocas de la formación Coyol superior. Estas se componen de rocas del tipo de aglomerados, basaltos, andesitas, tobas e ignimbritas. Bajo estas aparecen las rocas de la formación coyol inferior 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.

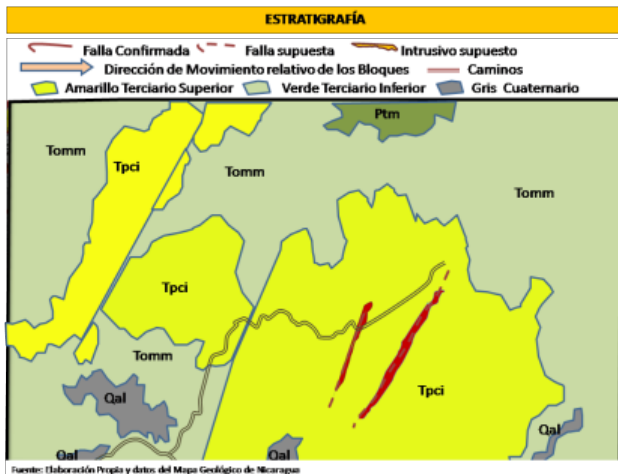


En la propuesta de plan de manejo del área protegida Parque Ecológico Municipal, Cerro Canta Gallo, (García Herrera y otros, 2004) se señala que los terrenos de Canta gallo pertenecen al terciario en las formaciones Coyol y Matagalpa y con una estratigrafía básica de dos capas. En la más superficial se encuentran Ignimbritas del terciario superior (Tpci) que sobreyacen a la formación Matagalpa de terciario inferior (Tomm)

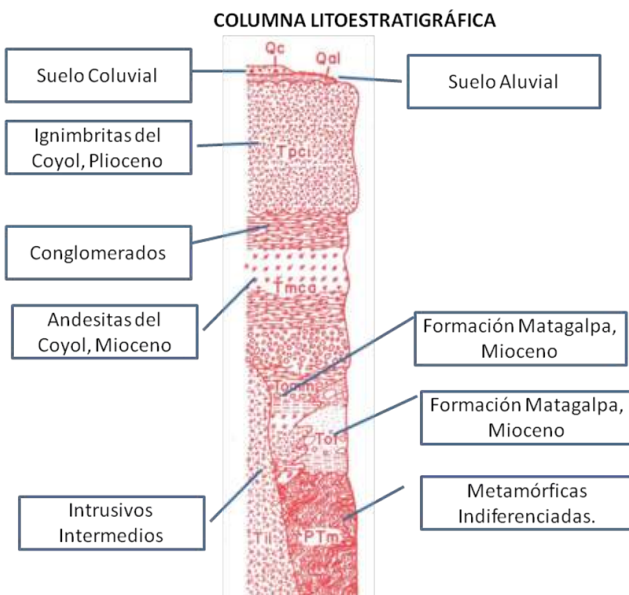




Sin embargo esta estratigrafía ha sido encontrada sumamente diferente en este levantamiento, el cual se representa en la imagen siguiente:



La columna estratigráfica resultante, en coincidencia con el mapeo geológico de Nicaragua de 1971:



Estas formaciones han sido interrumpidas varias veces por movimientos tectónicos que las han fracturado y fallado, al mismo tiempo que han permitido la incorporación de rocas ígneas intrusivas más jóvenes.

Se debe señalar que se ha supuesto la presencia de unos estratos originados durante el terciario superior que en las

secciones transversales se identificaran como "Tpc", que si bien no fueron observados en el terreno, se evidencian mediante materiales expuestos a los largo de las quebradas. Estos materiales son similares a basaltos y andesitas enriquecidas con diversos minerales.

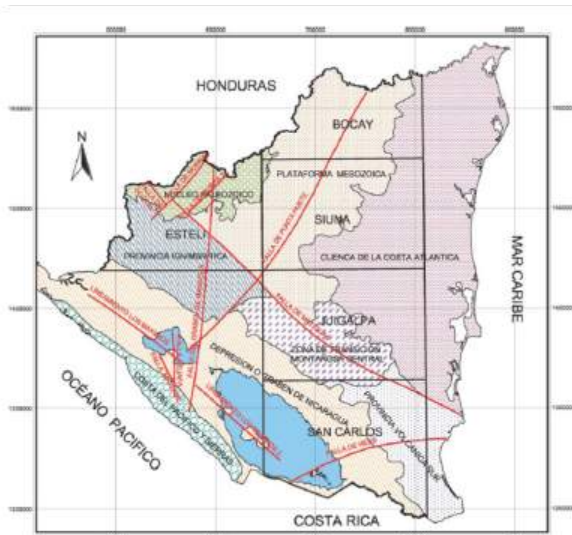


Es habitual encontrar flujos sustantivos de agua en el contacto entre los materiales del cuaternario (coluvial o aluvial) y el terciario, lo cual parece ser la vía de descarga de aguas subterráneas en el territorio bajo estudio. Especialmente **ocurren flujos** de agua subsuperficial y descarga de aguas subterráneas entre los paquetes ignimbritas meteorizadas y los paquetes 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, reproduciendo hacia el interior del territorio nacional los efectos de la actividad de la zona de choque entre placas tectónicas.

Esto es apreciable en el mapa de provincias geoestructurales de la República de Nicaragua (INETER, 2004)



Esta red de fallas y fracturas reproducen los procesos que han ocurrido, después de la formación de la Nicaragua pretérita en los fondos marinos, y condujeron a la formación de la Nicaragua actual.

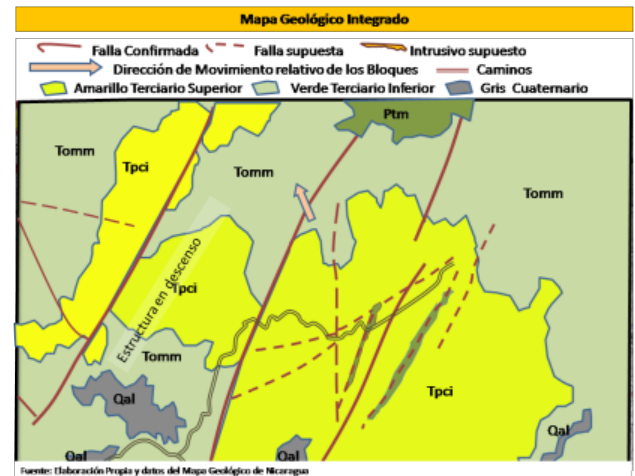
La actividad de la zona de contacto de entre placas (Zona de Subducción del Pacífico) cuya actividad tiene un patrón Noroeste-Sudeste, que en el pasado remoto se encontraba próxima a los territorios de la provincia volcánica del terciario, genero esfuerzos transversales que a su vez condujeron a la formación de zonas de estiramiento de los materiales terrestres (Extensión) que producto de la acción de la gravedad se hundén (Fallas normales) como en la estructura visible que corre de la Comunidad de Santa Rosa y Sabana Grande en dirección noreste hasta Valle de San Andrés. Los empujes transformantes de la zona de subducción generan este tipo de zonas en toda la región norte de Nicaragua. Muchas de estas estructuras tienen carácter regional como la Alineación Punta Huete, Tipitapa y Estelí. En las alineaciones de rumbo Noroeste aparecen asociadas calderas volcánicas que dieron origen a los materiales que hoy encontramos en estos terrenos.



En la zona de estudio este estiramiento se evidencia en una red de fallas de carácter extensional con rumbo NE- SO que producen en las formas del paisaje un aspecto de escalera.

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:

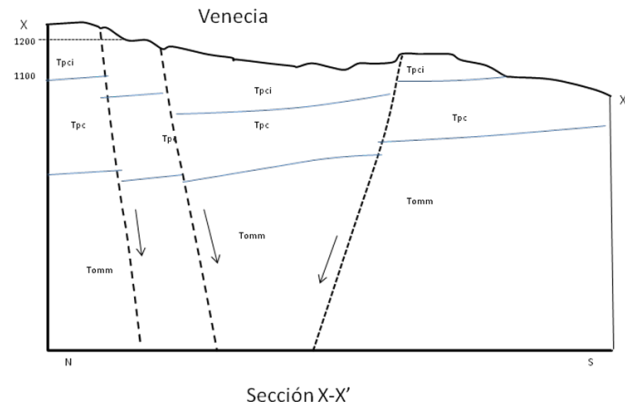
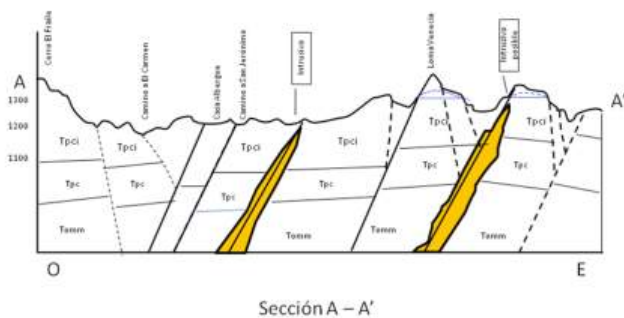


Esta estructura se hace más visible al combinar el mapa con secciones transversales que las evidencian. Estas secciones se levantaron en:



En la sección B – B' se indica una aproximación a niveles de agua ajustadas a la estructura del edificio. Los puntos en azul y blanco indican las nacientes explotadas en la actualidad con alguna obra de ingeniería sea rustica o no.

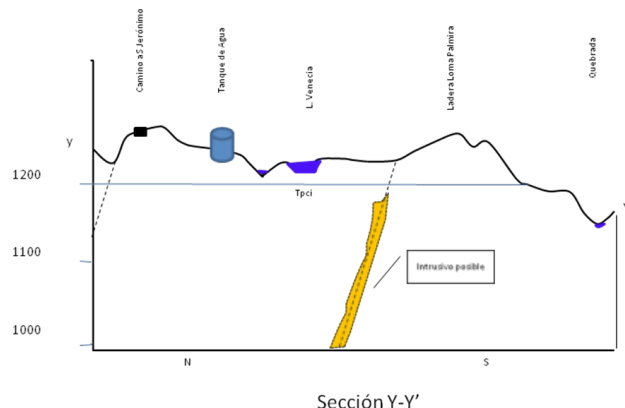
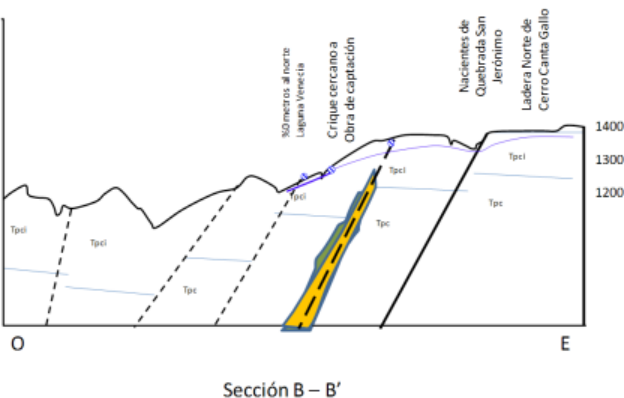
En las sección X - X', con rumbo de trazo Norte Sur y vista desde el Oeste, se refleja con claridad la estructura en descenso en la cual se emplaza la comunidad de Venecia



En Y – Y' se aprecia la estructura del terciario inferior, aparentemente instruida por materiales del terciario superior cuyo rumbo es NE y gobierna las aportaciones de aguas subterráneas a la laguna Venecia. En el extremo

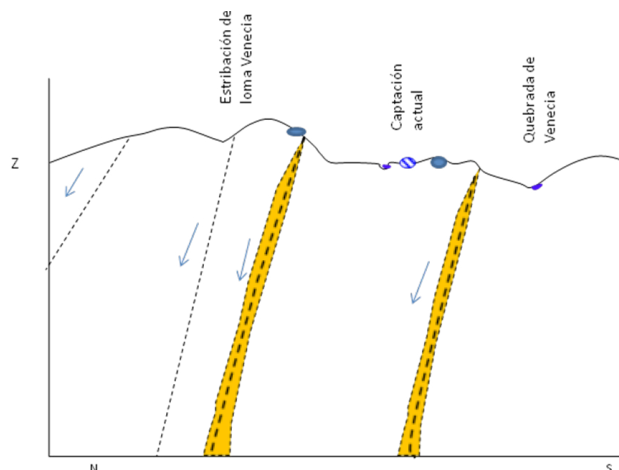
De esta sección (A – A') se obtienen dos explicaciones fundamentales la estructura escalonada se hace muy evidente y la localización de cada estructura en el relieve deja ver el control geológico de la ocurrencia del agua subterránea en una formación fracturada e instruida por materiales impermeables que gobiernan el flujo.

Sur aparece la quebrada que llamamos Venecia, que recibe las descargas de la estructura localizada al Este y que drena las elevaciones de Loma Venecia y Cerro Canta Gallo naciendo en el Lugar el Culebrero.





La sección Z – Z' corta el terreno desde loma Venecia por el norte, en esta sección se localizan las estructuras que gobiernan el sistema acuífero local y establecen su funcionamiento. Entre los intrusivos ocurre la surgencia de manantiales y se define los terrenos que tributan a cada cuerpo de agua superficial. En el sitio señalado como Captación actual descarga la formación mas facilmente explotable desde la perspectiva de costos de operación



## 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 PARA EL TERRITORIO DE VENECIA													
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 Calculada	17.89	18.89	20.39	21.79	21.49	19.89	19.29	19.59	19.39	18.99	18.29	17.99	17.89
<b>Media anual (C°)</b>													<b>19.49</b>

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)

### Precipitaciones

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

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.

Para estimar la lluvia media se procedió mediante análisis deductivo y se obtienen unas tendencias relativas a la influencia de la elevación y localización en el régimen de lluvia.

Este procedimiento, aunque desmejora la precisión es el único disponible por los escasos datos.

En el territorio de Canta Gallo existe una fuerte influencia orográfica, que guarda similitudes con la condición de clima de los Cerros de Yali, aunque este más expuesto e influido por los Alisios del Noreste que penetran al territorio nacional y avanzan siguiendo el eje de la cuenca del Río Coco en cuyo margen se localiza.

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

1. Las lluvias en Venecia inician temprano en mayo y terminan en Febrero
2. En el Cerro llueve más que en la comunidad por eso salen todas las quebradas de allí.

3. La neblina siempre aparece en el cerro en la mañana hasta las ocho o nueve y siempre hay sereno

Esto nos lleva a pensar que la estación que guarda mayores similitudes en sus registros será Los Horcones localizada en San Rafael del Norte (1461250, 600750) a 1300 msnm y recibe la influencia de los alisios del Noreste, aunque no directamente como Canta Gallo, por localizarse tras los Cerros de Yali.

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
<b>Media anual (mm)</b>													<b>1848.50</b>
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 este y pacifico de Nicaragua, permiten asegurar que la zona tiene una fuerte influencia orográfica marcada en el régimen de lluvias.

## 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 = 2.15														
Variable	Mes del Año												Total	
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.		Ene.
Temp	17.89	18.89	20.39	21.79	21.49	19.89	19.29	19.59	19.39	18.99	18.29	17.99	17.89	
i	7.48	7.97	7.72	7.33	7.21	7.78	8.83	9.55	9.36	8.45	8.34	8.42	7.48	98.44
Etp sin corregir	65.03	71.19	68.11	63.19	61.81	68.87	82.36	92.08	89.60	77.48	75.94	77.07	65.03	957.76
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.	65.03	69.40	64.87	59.36	59.14	66.86	81.06	93.01	91.67	80.71	78.47	77.32	65.03	951.92

**La Evapotranspiración Potencial es cercana de unos 951.92 mm/Año**

**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	0.25	Vegetación caducifolia y Coníferas con Buena cobertura en 70% del terreno
Factor de Textura	0.1	Suelos poco profundos con piedras en el perfil. Malas prácticas de manejo. Buen a excesivo drenaje interno con flujo hipodérmico intenso. Presencia de Horizontes fuertemente argilizados en el
Factor de Pendiente	0.06	Suelos con fuerte pendiente en 50% del terreno. 50% con pendiente moderada, lomas y Huertas con Malas prácticas 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 41 % de las lluvias anuales. Esta infiltración al suelo es equivalente a 740.8 mm/Año

	Cobertura	Pendiente	Textura	
Ic =	0.25	0.06	0.1	<b>0.41</b>



Comunidad Venecia								
Balance de Humedad Local								
Ref.: Estacion Los Horcones			Abstracciones				Balance	
1320		msnm	Infiltración			Etp	Total	Balance
W-86°04'00"		N-13°13'00"	Vegetación	Suelos	Pendiente			
Lluvias anuales			mm/Año	mm/Año	mm/Año	mm/Año	mm/Año	Esc.
No.	Año	Lluvia						Superficial
1	1972	1394.20	348.55	139.42	83.65	738.93	1226.90	167.30
2	1973	1764.40	441.10	176.44	105.86	935.13	1552.67	211.73
3	1974	1608.60	402.15	160.86	96.52	852.56	1415.57	193.03
4	1975	1744.60	436.15	174.46	104.68	924.64	1535.25	209.35
5	1976	1629.60	407.40	162.96	97.78	863.69	1434.05	195.55
6	1977	1470.80	367.70	147.08	88.25	779.52	1294.30	176.50
7	1978	903.20	225.80	90.32	54.19	478.70	794.82	108.38
8	1979	1977.10	494.28	197.71	118.63	1047.86	1739.85	237.25
9	1980	2142.60	535.65	214.26	128.56	1135.58	1885.49	257.11
10	1981	2000.80	500.20	200.08	120.05	1060.42	1760.70	240.10
11	1982	2238.60	559.65	223.86	134.32	1186.46	1969.97	268.63
12	1983	1189.20	297.30	118.92	71.35	630.28	1046.50	142.70
13	1984	1455.70	363.93	145.57	87.34	771.52	1281.02	174.68
14	1985	1228.60	307.15	122.86	73.72	651.16	1081.17	147.43
15	1986	1610.60	402.65	161.06	96.64	853.62	1417.33	193.27
16	1987	1713.30	428.33	171.33	102.80	908.05	1507.70	205.60
17	1988	2692.50	673.13	269.25	161.55	1427.03	2369.40	323.10
18	1989	2105.60	526.40	210.56	126.34	1115.97	1852.93	252.67
19	1990	1553.70	388.43	155.37	93.22	823.46	1367.26	186.44
20	1991	1400.30	350.08	140.03	84.02	742.16	1232.26	168.04
21	1992	1442.00	360.50	144.20	86.52	764.26	1268.96	173.04
22	1993	2173.00	543.25	217.30	130.38	1151.69	1912.24	260.76
23	1994	1671.70	417.93	167.17	100.30	886.00	1471.10	200.60
24	1995	1959.00	489.75	195.90	117.54	1038.27	1723.92	235.08
25	1996	2437.30	609.33	243.73	146.24	1291.77	2144.82	292.48
26	1997	2165.10	541.28	216.51	129.91	1147.50	1905.29	259.81
27	1998	3269.90	817.48	326.99	196.19	1733.05	2877.51	392.39
28	1999	2506.80	626.70	250.68	150.41	1328.60	2205.98	300.82
29	2000	2115.70	528.93	211.57	126.94	1121.32	1861.82	253.88
30	2001	1379.00	344.75	137.90	82.74	730.87	1213.52	165.48
31	2002	1551.60	387.90	155.16	93.10	822.35	1365.41	186.19
32	2003	1480.70	370.18	148.07	88.84	784.77	1303.02	177.68
33	2004	1771.10	442.78	177.11	106.27	938.68	1558.57	212.53
34	2005	1878.90	469.73	187.89	112.73	995.82	1653.43	225.47
35	2006	1543.70	385.93	154.37	92.62	818.16	1358.46	185.24
36	2007	1876.10	469.03	187.61	112.57	994.33	1650.97	225.13
<b>Media aritmética</b>		<b>1806.82</b>	<b>451.71</b>	<b>180.68</b>	<b>108.41</b>	<b>957.62</b>	<b>1590.00</b>	<b>216.82</b>
<b>Desviación Est.</b>		<b>507.39</b>	<b>115.93</b>	<b>46.37</b>	<b>27.82</b>	<b>245.78</b>	<b>446.50</b>	<b>55.65</b>
<b>Potencial de Infiltracion Anual</b>			<b>740.80</b>					
<b>Rango: ±</b>			<b>190.13</b>					

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.

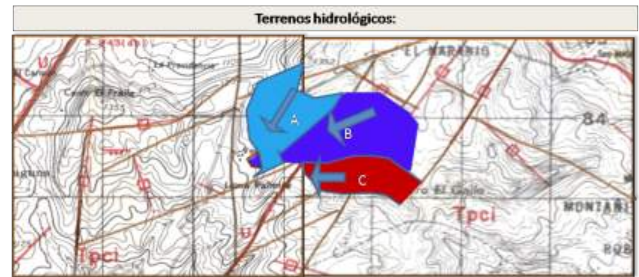
Desde las determinaciones directas mediante infiltrometro de anillo sencillo, se encontró que la infiltración está fuertemente influida por la tipología de suelos y la posición en el paisaje donde estos aparecen (Catena) y las prácticas de uso de suelo. Apareciendo tres terrenos claramente diferenciados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



### Hidrogeología: Funcionamiento del acuífero local

#### Zonas de recarga y descarga:

El análisis de los datos colectados confirma el modelo de acuífero en medio fallado y fracturado y evidencia que es un sistema de pequeño tamaño que descarga hacia la Quebrada Venecia (Terreno B) y a la Laguna del mismo nombre (terreno A) por dos vías diferentes. Así mismo un tercer terreno (C) se evidencia sumamente permeable e incapaz de almacenar agua por tiempo prolongado y que además es muy sensible a los cambios de uso de suelos. En la grafica siguiente se representan las tres secciones del terreno que, presentando diferentes capacidades hidrodinámicas estimadas.

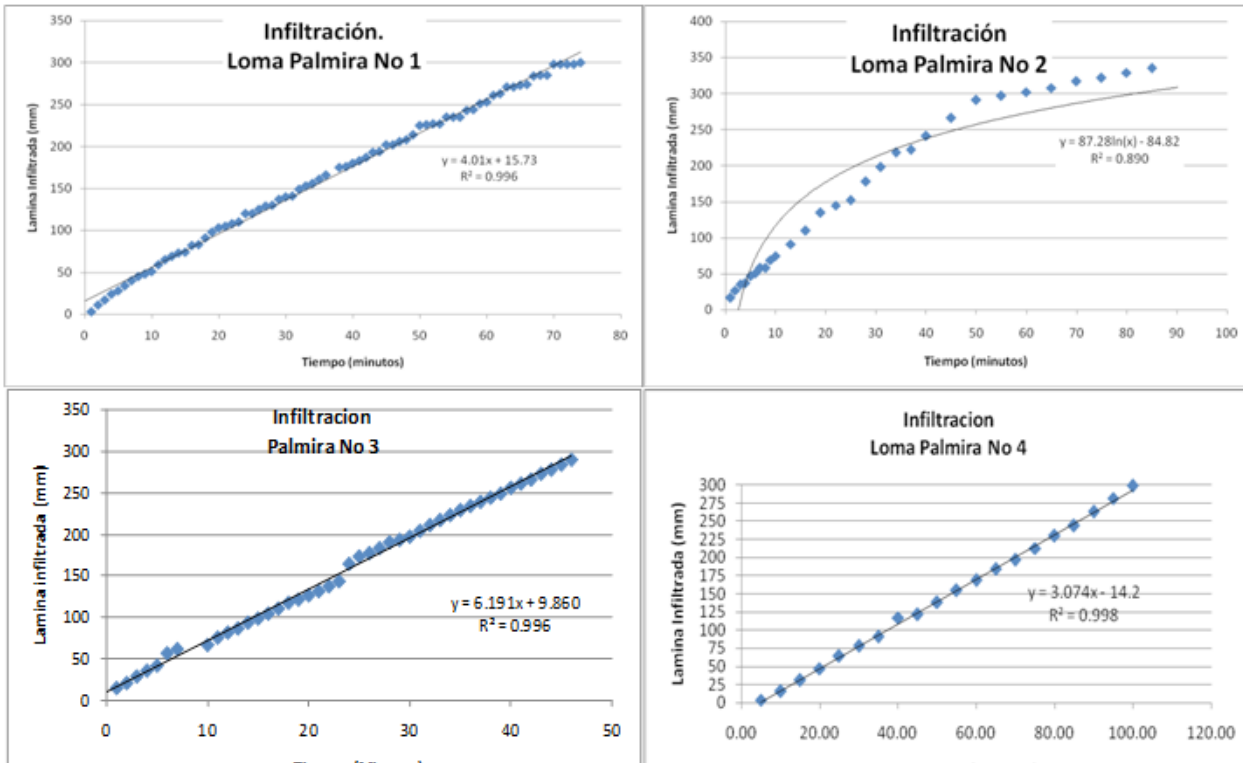


#### A. De Loma Palmira a Cerro Venecia:

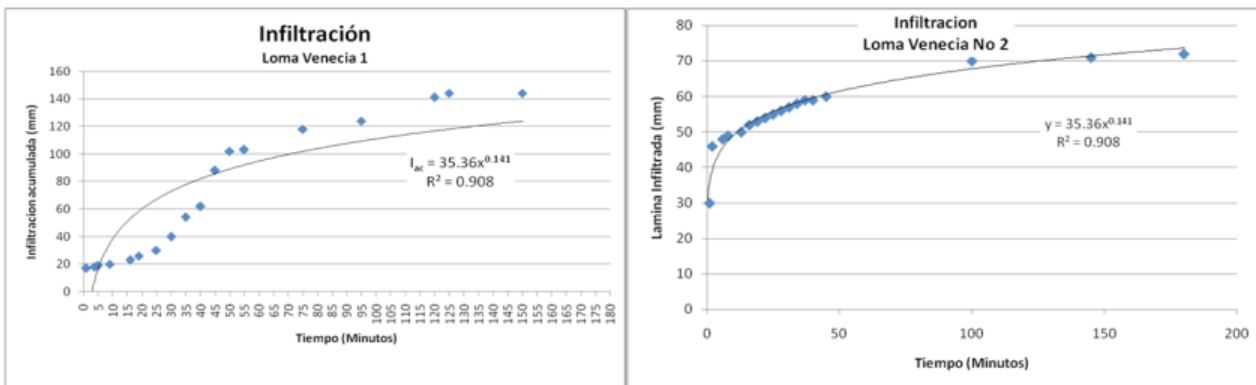
La infiltración básica se encontró en 1.2 a 3.4 mm/minuto. Llevándolo a infiltración diaria la lámina de infiltración potencial es de 1728 a 4896 mm/Día. Se debe hacer notar que los suelos el día de la prueba estaban cerca de la capacidad de campo razón que explica la línea continua de las diversas pruebas.

El encharcamiento de la superficie aparece después de los 45 minutos de corrida. Es de esperar que este encharcamiento marque el inicio del escurrimiento superficial especialmente en los terrenos desprotegidos frente a lluvia de alta intensidad (Este señalamiento es válido para todos los terrenos de la Comunidad).

**La prueba No 2** se realizó en los márgenes de las tierras recién incorporadas al cultivo de granos básicos y al borde del bosque de pinos. Las demás pruebas se realizaron en tierras que evidencian su incorporación anterior a las tareas de la agricultura y la ganadería. Estas últimas evidencian una mayor tasa de infiltración básica y una notable reducción de sus coloides orgánicos y mayor contenido de arcillas y arenas.



B. En este terreno la infiltración se evidencia menor pero con mayor capacidad de almacenar aguas. Las pruebas de infiltración evidencian un comportamiento típico a modificado por actividad humana. Son suelos más pesados con mayor cantidad de arcillas y materiales plásticos. En algunos sectores aparece una material con “textura de chicle” presumiblemente arcillas no expandibles originadas por meteorización de rocas silicicas acidas (Ignimbritas) En ambas pruebas la tasa de infiltración básica es de 0.14 mm/minuto (201.6 mm/día)

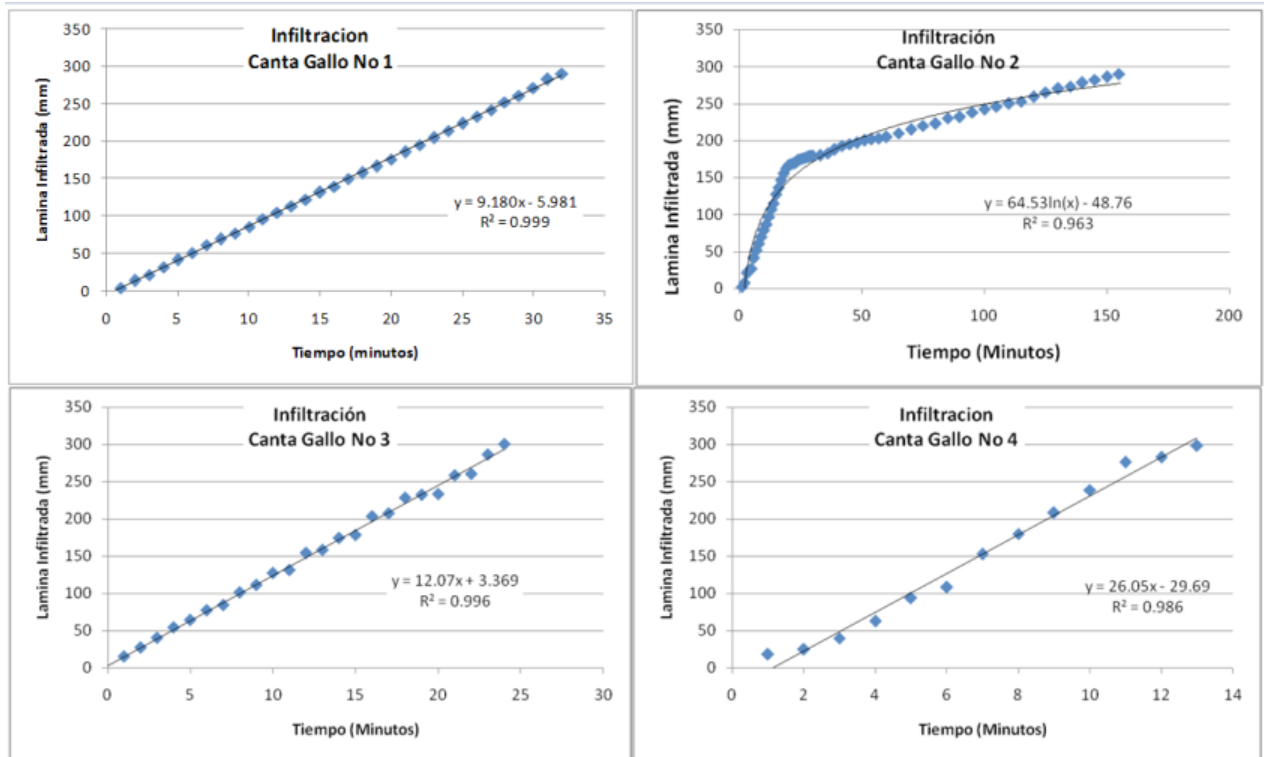


**En la Prueba de infiltración No 1 de la Loma Venecia** (Parcela de trabajo de Don Pablo.) se presenta una anomalía en los primeros momentos del desarrollo del ejercicio. Esto parece indicar el estado de compactación y sellado en superficie de los suelos producto de la actividad agrícola que luego del encharcamiento responden con un incremento de la tasa de infiltración.



### C. Sector de Culebrero y Estribaciones de Cerro El Gallo.

En este sector la infiltración es excesiva pero además aparece un fuerte flujo hipodérmico o sub-superficial que impide el almacenamiento de agua en la formación por periodos prolongados.



**En la prueba 2 y 4** se evidencia una alteración sensible que podría ser ocasionada por el cambio de uso de suelos. Este sector se evidencia como peligroso frente por los procesos de erosión estructural (interna) que sufren los suelos y es muy sensible a la actividad humana.. Esta erosión interna ha ocasionado la formación de fuertes laderas y profundas cañadas que cubiertas de bosques se estabilizaron. Es de esperar que con la introducción de estos suelos a la agricultura aparezcan procesos de erosión masal.

La escorrentía directa es muy pequeña en este terreno llegando a alcanzar un potencial de 216.82 mm/Año (Ver cuadro de balance de humedad). Esto se confirma con la escasa amplitud de los cauces de quebrada.

Sin embargo, como se señalo con anterioridad, desde las observaciones en el terreno existen formas de escurrimiento hipodérmico o sub-superficial, intenso y peligroso, no solo por el potencial desestabilizador de los taludes sino más bien por el lavado de nutrientes y sustancias coloidales de estos y su evacuación fuera del territorio.

Esto podrá explicar la formación de profundas estructuras de pendientes prominentes en todo el terreno y su coronación en una geoestructura plana por encima de los 1360

msnm. Esta ocurrencia se asocia además a la presencia de fallas y fracturas que se han rellenado con materiales gruesos y poco material fino y arcillas.

La zona de estudio se localiza hidrológicamente en los parteaguas de tributarios del Río Coco o Wanki (Cuenca 45). Esto crea unas condiciones particulares para el estudio hidrológico. La red de drenaje tiene una configuración general dendrítica o en árbol, pero del análisis de cada curso se evidencia un trazado paralelo a subparalelo entre ellos ajustado a la geoestructura, integrándose al final en la Quebrada Daraili, tributario del Río Yali.

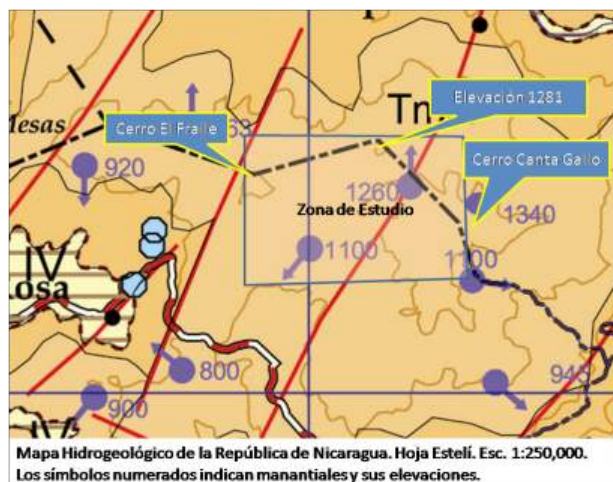
La infiltración media se cuantificó desde el balance de humedad en 740.8 mm/ anuales y el área de la zona de recarga para los terrenos identificados como "A" es de 1.2 Km<sup>2</sup> lo cual conduce a pensar en un volumen total almacenado de 888,960 m<sup>3</sup>/ año, de los cuales la mayor parte escurre como flujo hipodérmico y a fracción retenida.

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 integrando las surgencias superficiales.

### Funcionamiento del acuífero

Castillo y colaboradores, realizaron el estudio Hidrogeológico e Hidrogeoquímico de la región norcentral y del Caribe nicaragüense, estudio que siendo regional, específica 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.



Fenzl en 1989, incluyó en su obra 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 Coyal son: Medio físico fracturado, Transmisividad alta a nula, Permeabilidad variable, Capacidad específica de 0.4 a 13 m<sup>3</sup>/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.

El mismo autor 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.

Coincidiendo con lo señalado por estos autores se ha encontrado que el conjunto geológico hace pensar en un **acuífero falla**, localizado por encima de los 1200 metros (Referido a la elevación de la comunidad)

contenidos en un paquete de Ignimbritas del terciario superior, fracturadas y falladas. Estas sobreyacen a rocas del terciario (Plioceno), también muy fracturadas y falladas. Este acuífero se asocia con la estructura extensional **citada con anterioridad. Aparecen tres terrenos a partir de la capacidad del suelo para infiltrar y almacenar agua meteórica:**

El sector señalado como A descarga a la Laguna de Venecia y recibe sus recargas desde las elevaciones periféricas por encima de los 1220 msnm. Otras descargas ocurren a través de medio fracturado como el caso del pequeño manantial frente a la casa albergue y en la hondonada cercana. Esta estructura tiene conexiones hidrogeológicas con los terrenos del sector B mediante fallas y fracturas aunque aparentemente existen diques que instruyen lo que denominamos Falla laguna.

En los terrenos de “B”, la descarga de aguas subterráneas ocurre a través de manantiales que aparecen en la zona definida y se reúnen sus caudales en la pequeña quebrada al este de Loma Palmira que hemos denominada Quebrada Venecia, cuyas nacientes se definen claramente en la sección transversal Z – Z’.

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.

Haciendo uso del mapa geológico de 1971, comparando las imágenes y sobreponiendo la red de drenaje y los manantiales se desarrolló una aproximación a la red de flujo y la dirección de estos para localizar los sitios

de captación. Se parte de la localización de las surgencias:



Custodio et al, señalan que, en los contactos entre diferentes estratos ocurren zonas de alta capacidad transmisiva. Esta aseveración fue comprobada en el terreno, en los alrededores de la obra de captación actual y las laderas circundantes. Existe un estrato de roca fragmentada, gravas y suelo residual que sobreyace a un paquete de arcillas de coloración amarillento en seco hasta rojo en húmedo. En el contacto entre estratos ocurren las surgencias de agua subterránea en todo el terreno.



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.

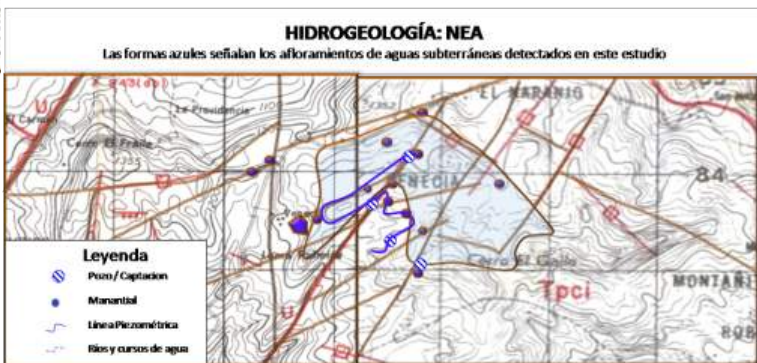
A partir de las surgencias naturales (Manantiales) se logra identificar una línea piezométrica del agua subterránea cerca de los 1300 msnm. Y que coincide con la obra de captación que actualmente se explota para consumo de la comunidad. Muy claramente se define en los terrenos "A"

fluir desde las surgencias naturales de manera improductiva y no útil.

Sin embargo, se debe apuntar e insistir que la elevada permeabilidad del terreno y el funcionamiento del acuífero dejan ver que la explotación segura depende de la integración de diferentes surgencias al acueducto mediante obras de captación en cada uno de ellos.

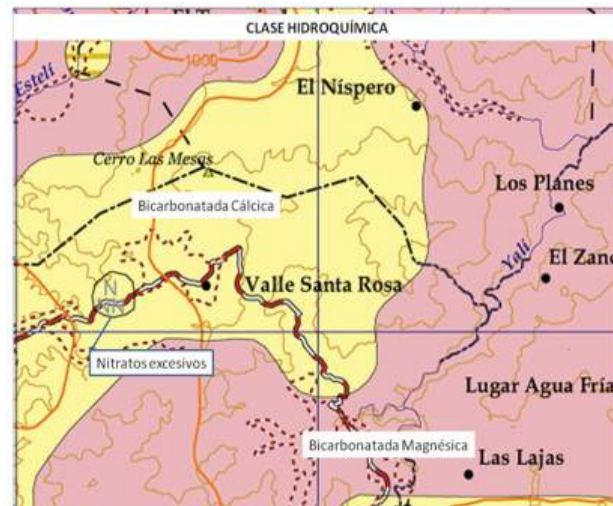
### Observaciones sobre calidad del agua

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 .



No contamos, para este estudio, con elementos de análisis para determinar las propiedades fundamentales del acuífero, sin embargo la experiencia de los ciudadanos más la descripción de la geología nos indican que esta estructura ("A") es segura para explotarle, esta mejor localizada 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 del recurso extraído y la infraestructura existente.

A partir de los caudales observados, la permanencia de los manantiales y lo expresado por la población local, se puede especular sobre la capacidad sostenida del sistema para proveer agua suficiente el conjunto de extracciones podrá aproximarse a 0.8 lps. Este caudal no parece riesgoso para la sostenibilidad del sistema, ya se extrae en algunos momentos o se permite



La clase hidroquímica de las aguas subterráneas, indica claramente la interacción de las aguas meteóricas con los paquetes de roca señalados 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

Existen tres opciones para la construcción de la obra de captación en este caso:

1. Una Captación en la laguna de Venecia con planta de potabilización y bombeo eléctrico
2. Una captación en las nacientes de Quebrada San Jerónimo
3. Una captación por Excavación de Sondeo Vertical con drenes radiales horizontales en las nacientes de Quebrada Venecia integrándoles en una unidad colectora.

Se recomienda una captación por sondeo Vertical con drenes radiales horizontales en la captación actual mas incorporación de otras fuentes.

La explotación por sondeo vertical y drenes radiales parte del aprovechamiento de las características del relieve y las conexiones hidrogeológicas evidenciadas.

La obra de captación se localizara en el mismo emplazamiento de la actual, ligeramente más abajo y tendrá unas pantallas impermeables (faldones) alineados a los cuales se instalaran los drenes horizontales radiales, construidos con tubos de PVC de 150 mm de diámetro o mayor empaquetados en una gruesa capa filtrante de arenas gruesas y grava..

El sitio dependerá de las gestiones que sea capaz de realizar la comunidad, sus habitantes y su órgano de gestión del Agua segura, El Comité de Agua Potable y Saneamiento, con los propietarios de los terrenos (la Cooperativa). Esta opción puede o no alterar el uso de suelo, dependiendo del diseño, para los propietarios del terreno, aunque si deberá imponerse 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 operación.



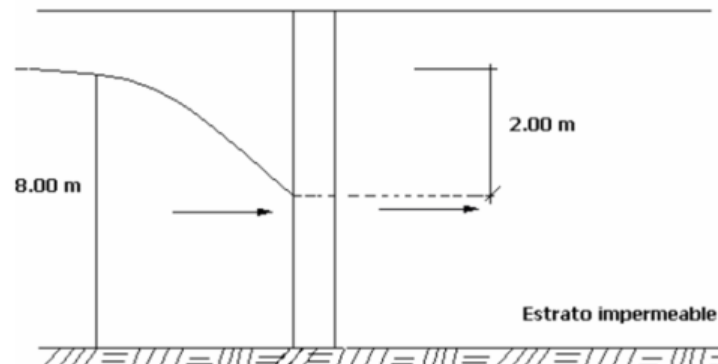


## CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LA CAPTACIÓN:

La obra deberá constar de una obra de captación principal o colectora (Pozo excavado o Noria) de dos metros de diámetro interno y cuatro metros de profundidad que alcance los paquetes de arcilla y la roca de base. Su excavación debe ser cuidadosa para evitar la fuga de las aguas a través de los materiales coluviales del sitio.

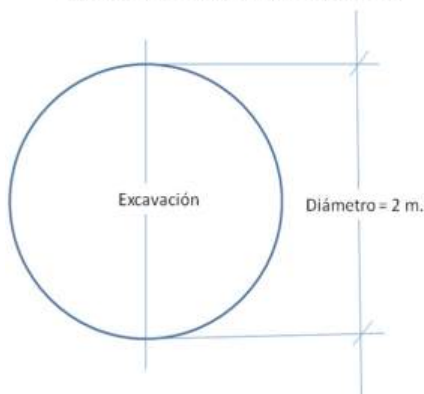
El pozo principal se comportará como una cámara colectora con tres entradas: dos desde drenes radiales y una desde un paquete de filtración directo. La profundidad de Sondeo debe ser de  $\approx 12$  pies (4 m), con lo cual se lograra alcanzar el manto de arcillas yacentes en el sector desde los 4 pies y con un espesor aproximado de 6 pies, este espesor ocurre entre roca fracturada y materiales coluviales por lo que la permeabilidad secundaria será fundamental.

La cámara de colección debe comprometer todo el espesor del acuífero y recibir aguas desde uno de sus lados y los drenes radiales.

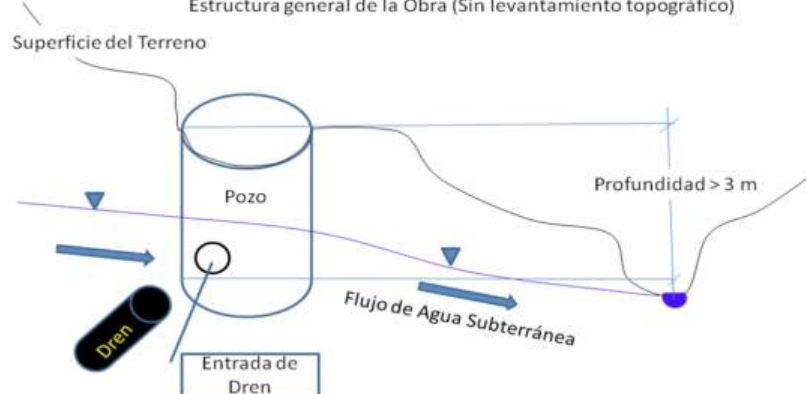


Diámetro del agujero:	> 2 metros
Profundidad:	Hasta cuatro metros
Revestimiento:	Ladrillo u otro material pre construido, Concreto y hierro estructural

Dimensiones recomendadas para la captación

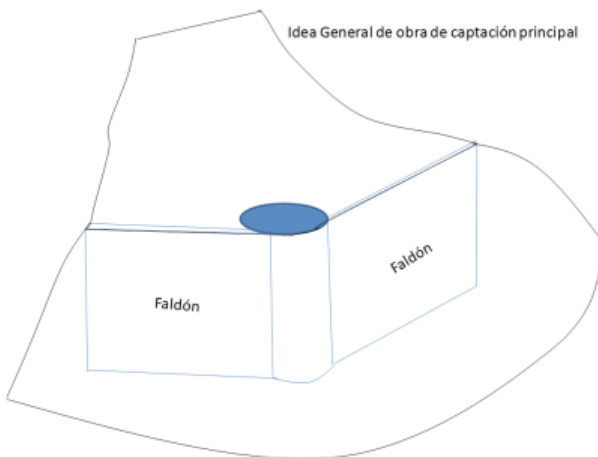


Estructura general de la Obra (Sin levantamiento topográfico)

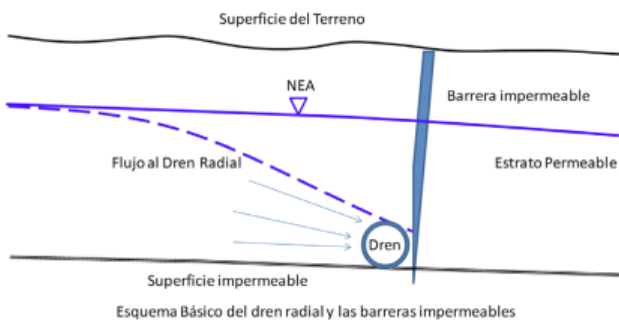


Paquete filtrante de la cámara de colección: La cámara de colección recibirá una cantidad de agua directamente para lo cual se debe realizar un filtro de grava y arena aguas arriba de la obra de unos dos pies de espesor y cubierto con una capa de concreto como sello

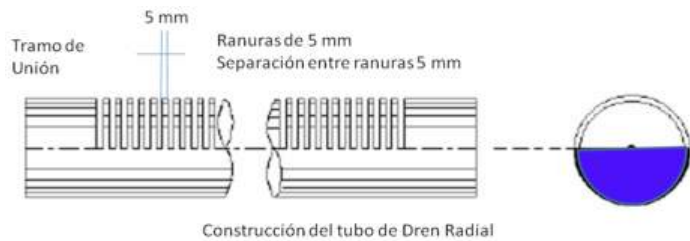
Desde esta obra se construirá dos faldones impermeables ajustados a la topografía del sitio que aseguren la captación desde una distancia aproximada de 10 metros en cada dirección normales a la ladera y perpendiculares a la dirección de flujo de agua subterránea.



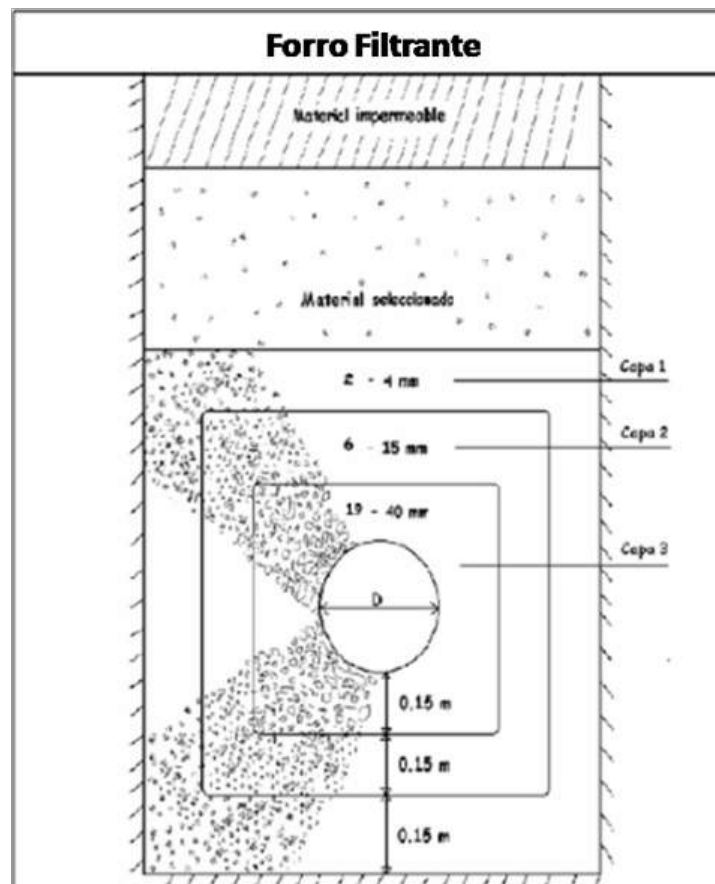
Los materiales para estos faldones o pantallas impermeables pueden ser desde concreto a arcillas o sencillamente plásticos adecuadamente instalados. Tras estos faldones se instalarán los drenes radiales en tubo PVC ranurado y forrados en un paquete de gravas y arenas gruesas



Cada dren se construirá con tubos de PVC ranurado o perforado adecuadamente y se le dejara una pendiente mínima de 2 % de forma tal que cualquier material que acompañe al agua captada sea arrastrado hacia la captación central colectora.

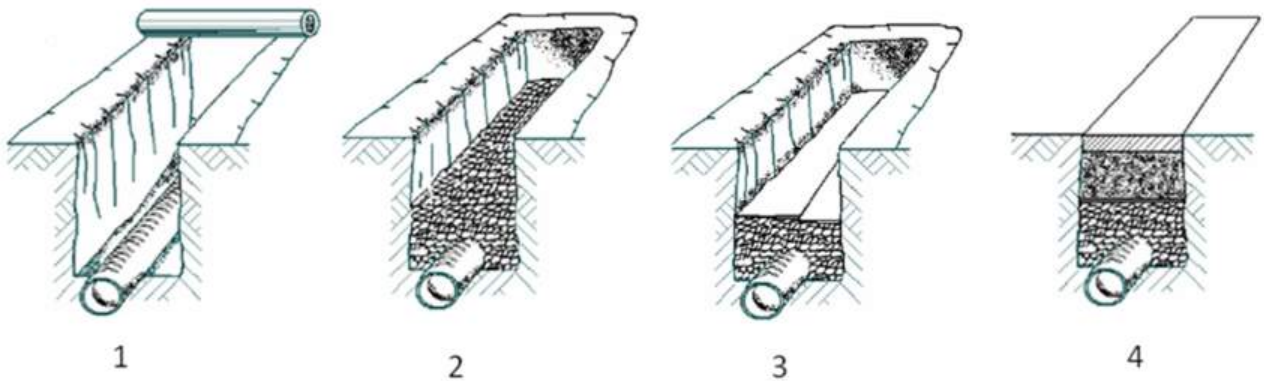


Los drenes se deberán forrar con medio granular de varios diámetros facilitando el avance del agua hacia el dren. Se anexa un esquema tomado de las recomendaciones de CEPIS para la construcción de galerías filtrantes



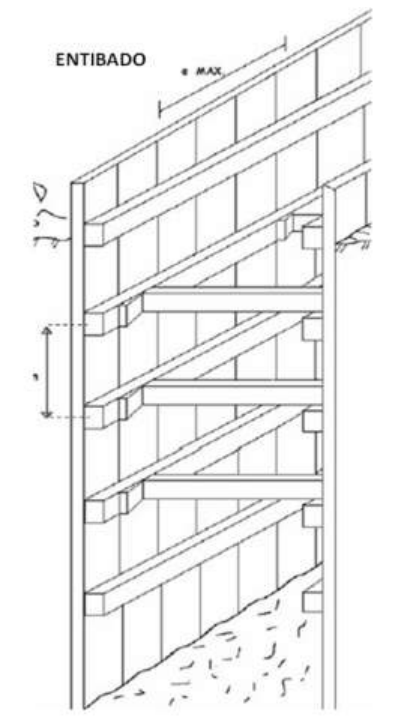
Para la construcción de los drenes radiales se sigue una secuencia sencilla de cinco pasos:

1. Impermeabilización del talud aguas abajo y entibado de la zanja.
2. Excavación, conformación e instalación del tubo ranurado
3. Construcción del forro de medio granular
4. Sellado del forro granular
5. Sellado de techo del dren en la superficie



Proceso constructivo del Dren radial filtrante

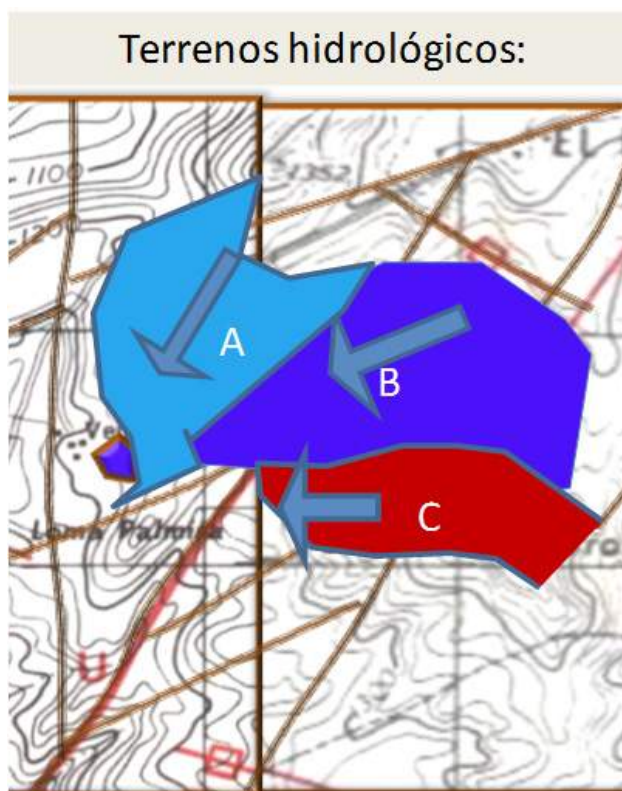
Durante las operaciones de construcción es necesario asegurar al personal y la obra contra derrumbes, para ello se debe construir un entibado de la zanja. Este se puede hacer de madera u otro material disponible



## 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.

En este caso, la vulnerabilidad del sistema de aguas subterráneas coincide plenamente con las zonas de recarga y sentido de flujo determinados.



**Sector C:** Apareciendo el área más vulnerable por tipología de suelos, (textura, estructura etc.) y usos de los suelos localizada en el sector C en la imagen anterior. El Índice GOD para este sector, produce valores de 0.98 para alta Vulnerabilidad. En esta zona se deberán continuar los esfuerzos para el uso de prácticas de manejo del suelo y sus bosques adecuado y el no uso de agresivos químicos en la actividad agrícola.

En el **sector B** la vulnerabilidad aparece menor (0.6) pero este sector debe ser cuidadosamente gestionado pues es precisamente la zona de recarga del acuífero a explotar y su colapso será fatal para el abastecimiento de agua para la comunidad.

La presencia de arcillas y materia orgánica abundante junto a una cobertura boscosa en condiciones adecuadas, se presentan como un filtro frente a la contaminación química y microbiológica. Sin embargo la elevada tasa de infiltración básica hace que exista peligro de contaminación para el acuífero.

En el **sector A**, existen peligros de contaminación y deterioro del sistema acuífero y su expresión superficial la laguna de Venecia, producto de la infiltración elevada, el uso de suelos y el espesor potencial de la zona vadosa. El índice de vulnerabilidad resultante es de 0.86.



### **Limites del área de protección de la Captación**

El área de protección de la Captación, estimada mediante la aplicación del procedimiento de Radio Fijo Calculado y Suelos, CFR'S por sus siglas en ingles, se deberá extender alrededor de este, en un diámetro de 25 metros.

En esta área no deberá permitirse actividades de producción 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.

### **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.

Esta actividad será difícil, dado que ya se están estableciendo 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.

Con esto además de promover la salud humana (de la población) se promueve la ocupación y la salud ambiental del territorio.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se recomienda explotar el territorio identificado en este estudio como A mediante una captación vertical con drenes radiales horizontales.

Existen dos sitios con características hidrogeológicas similares que pueden albergar la captación. Ambas están definidas por estructuras geológicas transmisivas que conectan a un acuífero falla: La primera se localiza en las cercanías de la captación actual, la segunda en las laderas orientales de Loma Palmira

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 que ya se han dado en otras comunidades en el pasado.

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.

El espesor del acuífero es de unos 140 metros en sus partes mayores y el área todas de la formación es ligeramente superior a 1 Km<sup>2</sup>. Aunque sus dimensiones

son un estimado se espera una capacidad de almacenamiento anual superior a los 100,000.00 m<sup>3</sup> con lo cual la gestión de los recursos es más importante que la cantidad.

Las captaciones también pueden ser galerías horizontales. Las fracturas podrán contener como relleno materiales coluviales y roca fracturada in situ, con igual composición en los granos y la matriz que el material de la caja.

Si se realiza la excavación de una galería horizontal esta se realizara en Ignimbritas, materiales coluviales y arcillas. 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 superior a 50 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 ciertos 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,

Si proyectamos al futuro y considerando las condiciones citadas anteriormente al 2032 habrá 250 viviendas.

El volumen anual demandado en el año final será de 23, 725 m<sup>3</sup> aproximadamente. En este momento la comunidad deberá recurrir a todas las fuentes de agua disponibles, si se conserva la estructura y protección de los sistemas Hidrológicos actuales.



## 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.

Fenzl, 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 de Venecia.  
Municipio de Condega  
**2012**

