

## **Zonificación hidrogeológica para el manejo de los recursos hídricos de la subcuenca Río Gil González, Rivas.**

Maynor Ruiz Álvarez

---

*Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, Nicaragua. [maynor.ruiz02@gmail.com](mailto:maynor.ruiz02@gmail.com)*

### **Resumen.**

Se ha realizado la zonificación hidrogeológica para el manejo de los recursos hídricos de la subcuenca Río Gil González, utilizando la superposición de evaluaciones: geológica, hidrológica e hidrogeológica. Se utilizaron los criterios geológicos, hidrogeológicos, tipo de suelos para definir cada una de las zonas, basadas en similitud de propiedades hidráulicas del medio geológico. La subcuenca del Río Gil González se localiza en el flanco oeste del Lago Cocibolca, pertenece a la cuenca de los grandes Lagos Nicaragüenses y es compartida por los municipios de Belén, Potosí y Buenos Aires, con un área total de 68.43Km<sup>2</sup>. Geomorfológicamente se establecieron tres tipos de relieve: montañoso, ondulado o colinas y valles, todos dominados por los tipos de rocas. La geología está dominada por sedimentos Cretácicos de la Formación Rivas y sedimentos Cuaternarios, acumulados por erosión y deposición aluvial. Los tipos de suelos dominantes son suelos Alfisoles, Vertisoles y Entisoles predominantemente suelos arcillosos con una permeabilidad limitada. Se establecieron cuatro zonas hidrogeológicas: acuíferos aluviales, acuíferos fracturados, acuíferos intramontanos, esteros y humedales.

**Palabras claves:** Geología, Suelo, Hidrogeología, Zonificación Hidrogeológica.

### **Introducción.**

La evaluación de una zona basada en criterios geológicos, hidrogeológicos e hidrológicos permite realizar la zonificación hidrogeológica, definiendo zonas de similares condiciones hidráulicas del medio geológico.

El objetivo principal de este estudio es la zonificación hidrogeológica como herramienta para el plan de manejo de los recursos hídricos, contribuyendo con datos técnicos científicos de la disponibilidad y aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos.

Las actividades agropecuarias han provocado la deforestación. El cambio ambiental, MASRENACE, (2010), ha provocado la desaparición de algunos manantiales, profundización del nivel del agua y baja en los caudales del río, hasta desaparecer en época de estiaje.

Krasny & Hetch, (1998), realizaron la “Caracterización Hidrogeológica e Hidrogeoquímica de la Región Pacífica”. Este trabajo incluye el acuífero de Nandaime de forma general, sin la subdivisión a acuíferos locales. El CIRA/UNAN, (2006), determinó que el balance

hídrico presentaba un déficit por la pérdida de capacidad de retención del suelo, especialmente en la parte alta y media. Esto motivó a la alcaldía de Belén, a formular el Plan de Desarrollo Municipal, a través del proyecto “Programa de Manejo Sostenible de Recursos Naturales y Fomento de Competencias Empresariales” (MASRENACE), ejecutado con el apoyo de la cooperación alemana a través del Departamento de Desarrollo Económico (DED) y Cooperación Técnica Alemana (GIZ), Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales de Nicaragua (MARENA), Instituto Nicaragüense de Tecnología Agrícola (INTA) y Compañía Azucarera del Sur CASUR.

Actualmente se desarrolla dentro de la subcuenca un proyecto de Pagos por Servicios Ambientales (PSA), financiado por la Unión Europea (UE), CASUR, GIZ y las Alcaldías de los Municipios que la conforman. Se presenta ahora una zonificación a detalle de la hidrogeología de la subcuenca. El fin es diferenciar zonas de productividad. De esta manera las actividades de recuperación y conservación podrán enfocarse en las zonas de mayor dinámica hídrica.

## Materiales y Métodos.

### Caracterización del área de estudio.

La subcuenca Río Gil González con 68.43 km<sup>2</sup> de superficie, pertenece a la cuenca No. 69 Río San Juan. Desde su parte más alta en la divisoria de aguas que drenan hacia al océano Pacífico hasta la parte más baja cerca del Lago de Nicaragua, se encuentra compartido por los municipios de Belén, Potosí y Buenos Aires, lo que le confiere un carácter intermunicipal.

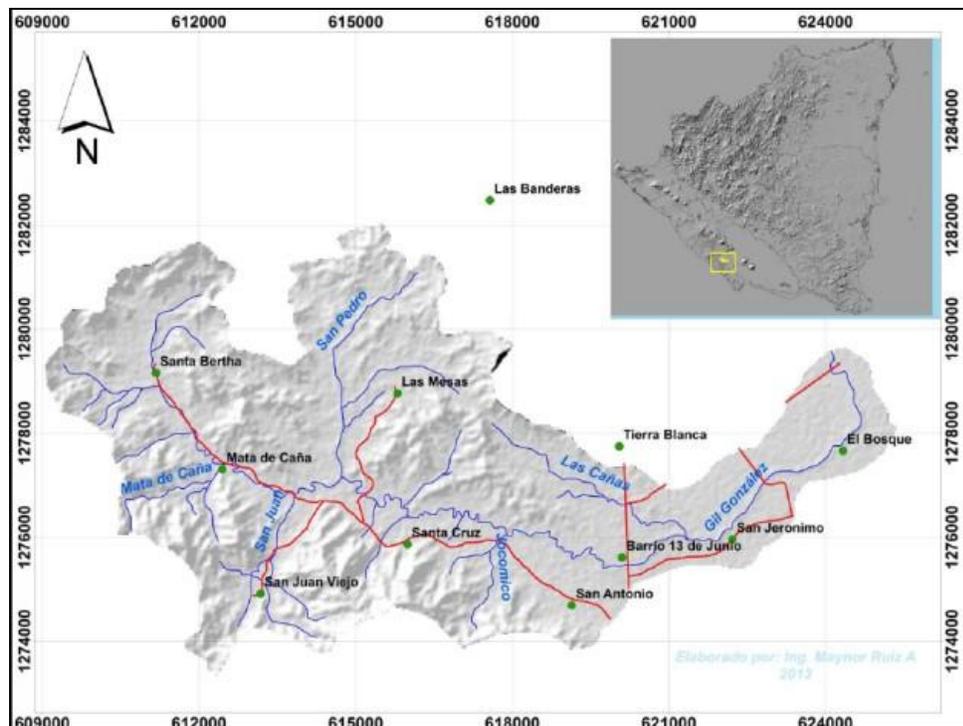


Figura 1. Mapa de ubicación de la Subcuenca Río Gil González.

## **Caracterización Geológica.**

A partir de información existente se determinaron los tipos de rocas y estructuras. Se definieron las unidades geomorfológicas, luego se realizó el reconocimiento y verificación en el campo de la información anterior y generación de información nueva, relevante para el estudio.

## **Hidrogeología.**

Se realizó la caracterización física a detalle de la subcuenca, para determinar el comportamiento frente a la precipitación. Se realizaron mediciones mensuales del caudal de los principales tributarios y el río principal. Se instalaron dispositivos para determinar la relación río-acuífero.

La caracterización hidrogeológica se basó en la determinación del comportamiento de manantiales y niveles de pozo en el mismo período de medición de caudales. El análisis de la dinámica se comparó con métodos empíricos que utilizan la precipitación y temperatura como parámetros principales.

## **Zonificación Hidrogeológica.**

Determinado el comportamiento superficial y subterráneo de los recursos hídricos, se definieron zonas con similares características hidráulicas. Esta zonificación es la herramienta que los tomadores de decisiones podrán utilizar en la planificación territorial.

## **Resultados.**

### **Geomorfología.**

Las pendientes tienen un rango entre 15° y 25°, son suaves a moderadamente escarpadas.

Relieve Montañoso: Dominado por elevaciones entre 200 y 320 msnm. Las pendientes entre 25° a 30°. Se distinguen los cerros Montaña San Cristóbal y La Virgen entre las mayores alturas.

Colinas: Alcanza elevaciones medias de hasta 175m. Pueden apreciarse mesetas, relieve plano con elevación entre 150 hasta 200m.

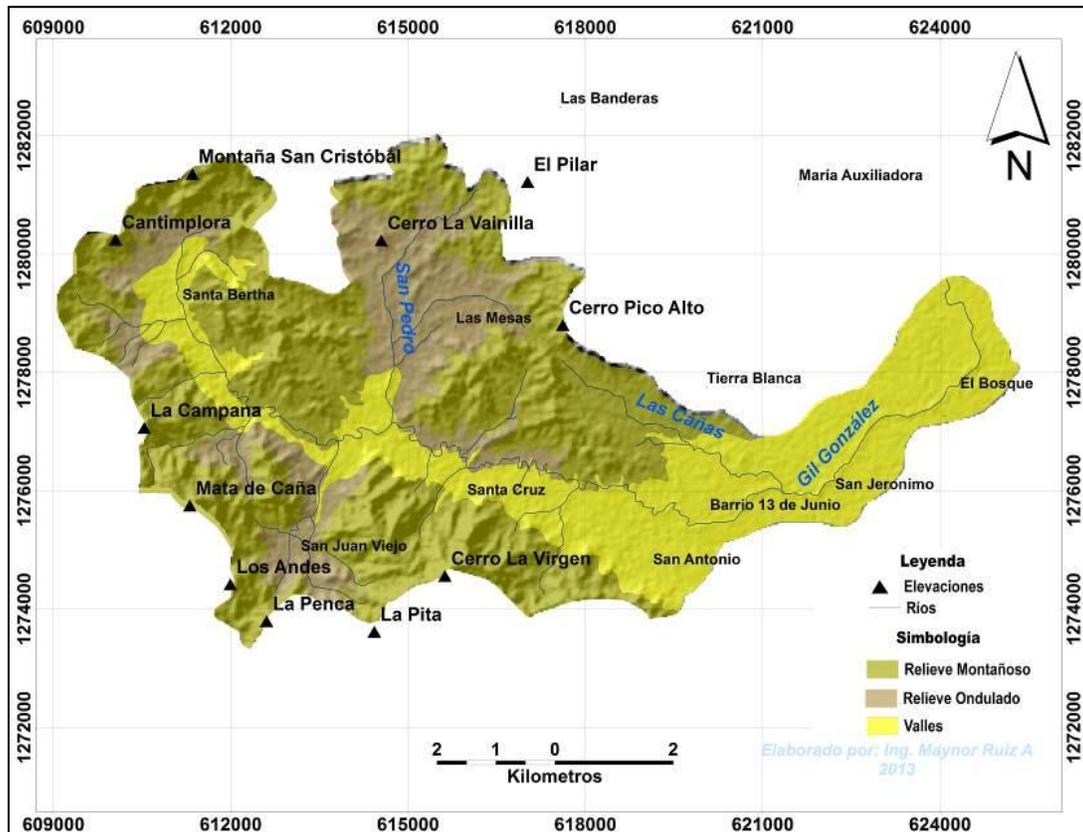


Figura 2. Mapa geomorfológico de la Subcuenca Río Gil González.

Valles: El Río Gil González corre sobre un valle de considerable extensión, que puede alcanzar más de un kilómetro de ancho. El valle está formado por materiales que son depositados producto de la erosión de las rocas aguas arriba del río. Las pendientes oscilan entre  $0^{\circ}$  a  $10^{\circ}$ .

### Geología.

La subcuenca Río Gil González está constituida por sedimentos Cretácicos agrupados en la Formación Rivas y sedimentos Cuaternarios producto de la erosión. Se definieron seis unidades litológicas: Arcosas (As), en el área de Mata de Caña, Santa Berta y San Pedro las Mesas, Areniscas de Grano Grueso (GG), en las áreas el Huacalito y Santa Berta; Lutitas (Lt), principalmente en San Juan Viejo, La Gloria y San Pedro; Arenisca y Lutitas (AL), cerca de Santa Berta y La Cantimplora.

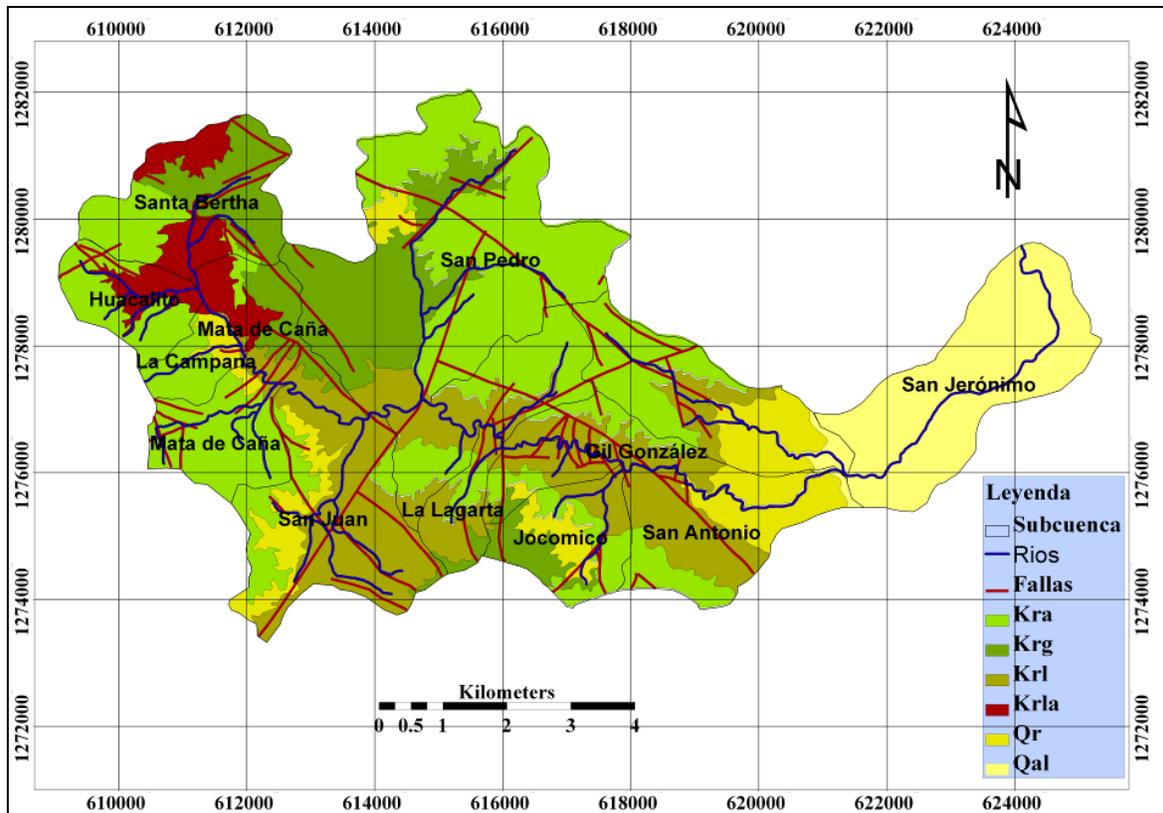


Figura 3. Mapa Geológico de la Subcuenca Río Gil González.

Las unidades están afectadas por sistemas de fallas y fracturas, con dirección predominante NO-SE y NESO con ángulos de  $120^\circ$  entre sí. El espaciamiento entre los grupos de fracturas es de alrededor de 10 cm. Ocasionalmente, denso 1-2 cm. La longitud oscila entre 1 a 5m. Con menor frecuencia ocurren grupos de fracturas que forman ángulos de  $180^\circ$  a  $290^\circ$ , con los principales sistemas de fallas Los materiales geológicos más recientes son representados por: Unidad Cuaternario Residual (Qr), formada por productos de la meteorización de las rocas de la Unidad Areniscas (Kra). Unidad Cuaternario Aluvial (Qal), cubren la parte baja de la subcuenca, la mayoría de los cauces de los ríos y quebradas y las aéreas más próximas al Lago Cocibolca.

### Tipos y uso de suelos.

La mayor parte de la subcuenca del Río Gil González está cubierta por suelos arcillosos clasificados como Alfisoles: ubicados dentro de las Series San Rafael y Serie Rivas, también predominan suelos Vertisoles y suelos Entisoles o aluviales. Los suelos Alfisoles ocupan la mayor parte de la subcuenca del Río Gil González, desarrollándose en las microcuencas de la parte alta y media pueden distinguirse en la parte alta y media del Río San Pedro-Las Mesas y Las Cañas al NE de la subcuenca Rodríguez, (2003). Los Suelos Vertisoles consisten de arcillas negras y pesadas; son profundos y moderadamente profundos, pobremente drenados. En Mata de Caña los suelos son utilizados para el cultivo de arroz y ganadería. En San Juan Viejo y las Mesas se desarrolla la ganadería, se cultiva plátano y no tradicionales. En la parte baja, los suelos están siendo aprovechados para el

monocultivo de caña de azúcar y para ganadería extensiva. Se están haciendo algunos esfuerzos de reforestación.

### Hidrogeología.

La dirección preferencial del flujo de aguas subterráneas es SO-NE, con descarga regional en el Lago Cocibolca. Se distinguen cuatro acuíferos de importancia en la zona de estudio; tres descargan a la Laguna de Ñocarime y posteriormente al lago y el otro es una importante zona donde la descarga de aguas subterránea mantiene un sistema de humedales.

Los límites de los acuíferos están entre la Formación Rivas (que representa el basamento impermeable) y el Lago Cocibolca. Localmente se observa descarga de aguas subterráneas al Río Gil González y sus principales tributarios. La divisoria regional es a la altura de San Antonio, donde el anticlinal de Rivas dirige el flujo directamente al río. Las estructuras de fallas crean tramos de gradiente, indicando esta estructura una zona importante de recarga local del acuífero.

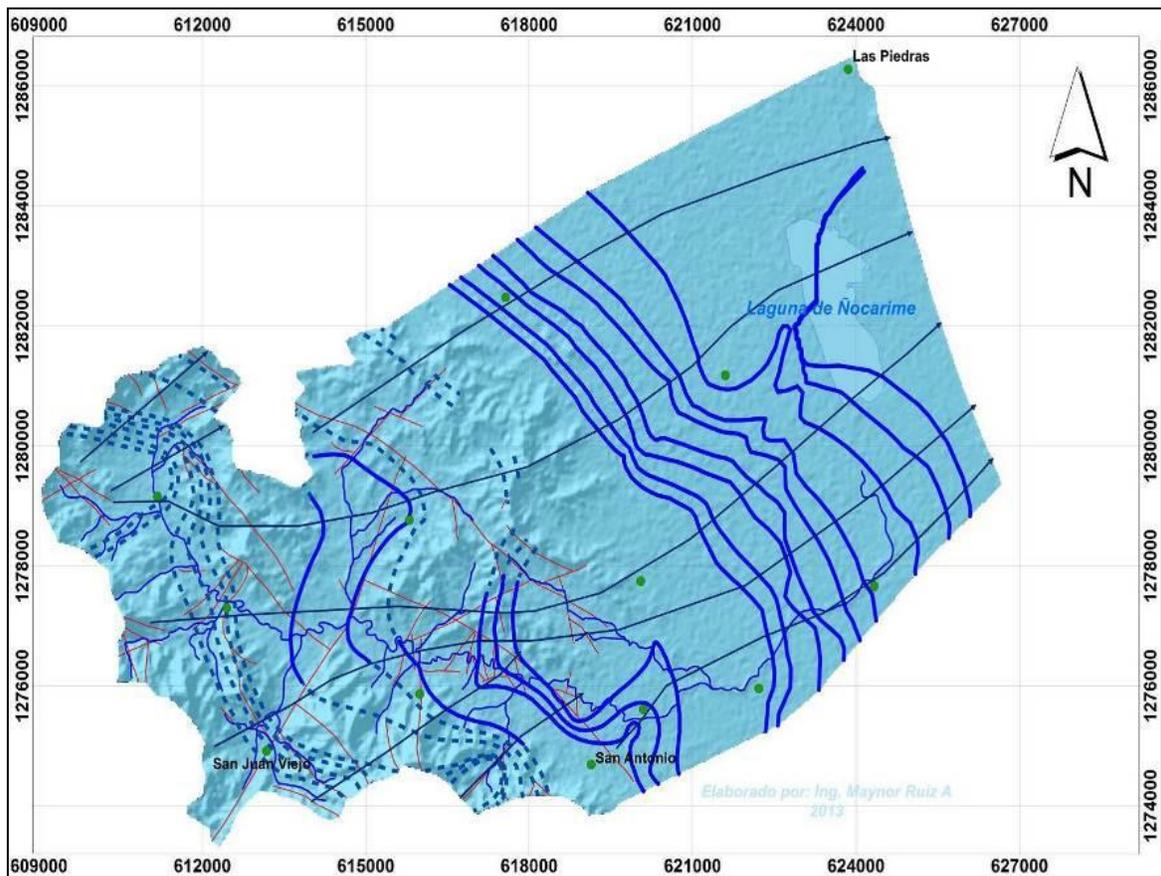


Figura 4. Mapa piezométrico de la Subcuenca Río Gil González.

## Zonificación hidrogeológica.

A partir de los datos obtenidos se delimitaron zonas con similitud hidrogeología, se establecieron cuatro sistemas acuíferos.

Esto permite establecer zonas geográficas de similares características hidrogeológicas. Esto define el comportamiento en cuanto a recarga, geología, tipo de suelos y parámetros hidráulico.

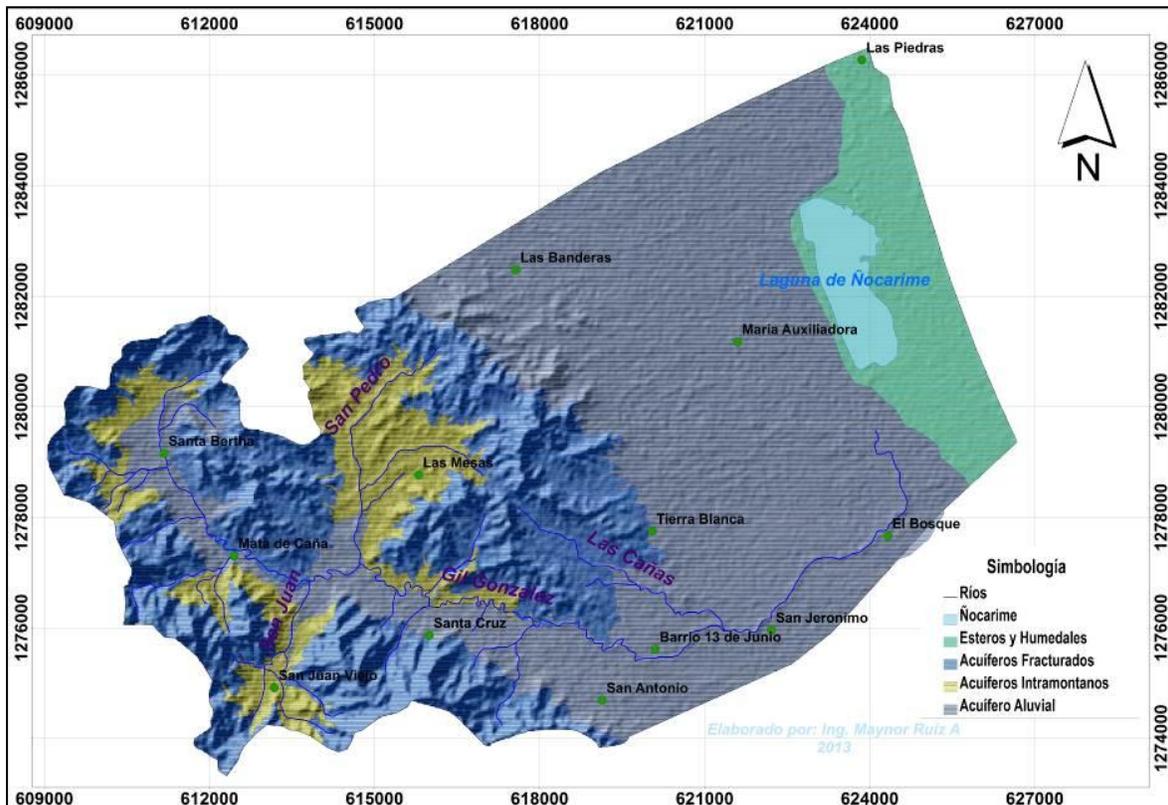


Figura 5. Mapa de Zonificación Hidrogeológica Subcuenca Río Gil González.

Las zonas definidas presentan características marcadas; los acuíferos fracturados cubren una extensa área del acuífero, donde se ubica la mayor parte de la población y donde se realizan actividades agropecuarias extensivas, sin embargo presentan transmisividades muy baja, lo que reduce la capacidad del acuífero si éste es sometido a estrés por extracciones tanto del río, donde mayormente descarga el acuífero, como por pozos o norias.

Los acuíferos intramontanos son los de menor extensión y debido a sus características geológicas también presentan permeabilidades muy bajas, sin embargo es un área con poca población y mayormente es utilizada para aéreas de reforestación.

En el caso de los acuíferos aluviales cubren la mayor parte del área de estudio, generalmente se ubican en las partes más bajas donde las deposición de materiales geológicos con alta porosidad y capacidad de transmitir agua, así mismo dentro de esta zona se realizan las actividades agropecuarias más intensas, cultivo de caña de azúcar, musáceas y frutales, grandes extensiones de áreas de pastoreo, es por estas actividades

sumado a las características propias del acuífero que le confiere una mayor vulnerabilidad en cuanto a contaminación por plaguicidas, nitratos, salinización de suelos, reducción del caudal de los ríos por extracción, disminución de los niveles de aguas subterráneas por bombeo.

El acuífero más productivo es el acuífero aluvial, en la parte baja de los ríos y las planicies de Rivas, debido a que presenta mayor extensión y una zona de recarga amplia, sobre todo por recarga por excedente de riego.

## **Discusión.**

La mayoría de los trabajos relacionados a zonificación están enfocados a definir zonas de uso de suelo que permitan el aumento de la recarga hídrica, países como Colombia tienen amplia experiencia en este tema. Losilla, (2007) propuso la Zonificación Hidrogeológica de los Cantones de Osa y Golfito, Costa Rica, este fue el primer trabajo de este tipo en Centroamérica, permitiendo elaborar el Plan Regulador del Cantón de Osa y Reglamento de Uso de Suelo PRODUS, (2012).

Los resultados obtenidos permiten definir parte del sistema de acuífero fracturados y porosos que conforman el acuífero Nandaime-Rivas Krasny, (1995), obteniéndose las principales características de los mismo, así como las principales tensores ambientales y la vulnerabilidad ante estos.

Las zonas definidas presentan diferentes características, de tipo de suelo, uso de suelo, geología y características hidráulicas del medio hidrogeológico,

Los acuíferos fracturados cubren la zona de mayor pendiente, se presentan generalmente en las rocas fracturadas de las formaciones sedimentarias del Terciario, se trata de un medio poroso fisurado de baja a media transmisividad INETER, (2006).

Los acuíferos intramontanos de menor extensión cubren generalmente las áreas de pequeños valles, originados por sistemas de fallas normales, el material que los conforman son principalmente arena de grano medio, grava y abundante arcilla, por lo que su transmisividad es baja, en esta zona es donde se realizan actividades agropecuarias a pequeña escala, principalmente ganadería y cultivos de granos básicos, estos acuíferos no habían sido definidos aún dado que la escala de trabajos anteriores no lo permitía.

La zona de mayor extensión la conforma el acuífero Aluvial, comprende las zonas más bajas y próximas al Lago Cocibolca, esta área es incluida por INETER, (2006) como parte de la Cuenca Granada, sin embargo desde el punto de vista geológico los materiales que la conforman son principalmente sedimentos provenientes de rocas sedimentarias que han sido erosionadas.

Presenta una transmisividad de media a alta,  $600\text{m}^2/\text{d}$ , las diferencias significativas en los niveles de agua medidas en pozos en esta área indican que existen diferentes acuíferos, por lo que podemos considerar un sistema acuífero.

Tomando como base este sistema acuífero, las actividades agrícolas que se desarrollan en esta área y el asentamiento poblacional, se considera una zona vulnerable frente a la contaminación ya sea por agroquímicos, aguas residuales u otro compuesto que pueda ser utilizado y que potencialmente contamine el acuífero.

## **Conclusiones.**

Las zonas definidas presentaron características que permitieron diferenciarlas desde el punto de vista hidrogeológico, así como por las diferentes actividades que se realizan dentro de ellas; los acuíferos fracturados cubren una extensa área, son de baja permeabilidad y poco poblados con mayor área de bosques, dentro de ellos se localizan las zonas de mayor productividad hídrica por lo tanto deberán de ser priorizados en las planificaciones de recuperación y conservación de hídrica.

Los acuíferos intramontanos son de baja permeabilidad presenta la mayor población, las área de bosques son reducidas por lo que están más sometidos a explotación de aguas subterráneas, los acuíferos aluviales son más permeables y donde se realizan las actividades más intensa de cultivo, siendo más vulnerables a contaminación por plaguicidas.

Dentro de los acuíferos fracturados se ubican los poblados de La Campana y Santa Cruz, dentro de los acuíferos intramontanos se localizan Santa Bertha, Mata de Caña, Las Mesas y San Pedro. A los acuíferos aluviales pertenecen San Antonio, El Bosque, San Jerónimo, Las Banderas y María Auxiliadora.

La zonificación hidrogeológica de la subcuenca Río Gil González sirve como una herramienta para planificar el uso y manejo sostenible de la cuenca y la ejecución de programas y proyectos específicos dirigidos a conservar, preservar, proteger o prevenir el deterioro y/o restaurar la cuenca hidrográfica.

## **Agradecimientos**

Al CIRA/UNAN-Managua, Thelma Salvatierra por su apoyo decidido al incluir esta investigación dentro del proyecto CIRA/UNAN-Managua/FUNDENIC S.O.S, las Municipalidades Belén, Buenos Aires y Potosí.

## **Literatura Citada**

- CIRA/UNAN. (2006). *Calidad y Disponibilidad del Agua de la Subcuenca Río Gil González en el area de influencia Municipal Belén y potosí*. Managua: CIRA/UNAN.
- INETER. (2006). *Estudio hidrogeológico del Sistema Acuífero Las Sierras, informe de la primera fase*. Managua: INETER.
- Krasny, J. (1995). *Mapa hidrogeológico de la zona pacífico de Nicaragua*. Managua: INETER.
- Krasny, J., & Hetch, G. (1998). *Caracterización Hidrogeológica e Hidroquímica de la Región Pacífica de Nicaragua* (Primera ed.). Managua: INETER.
- Losilla, M. (2007). *Zonificación Hidrogeológica de los Cantones de Osa y Golfito*. San José: Universidad de Costa Rica.

- MASRENACE. (2010). *Programa de Manejo Sostenible de Recursos naturales y Fomento de Competencias Empresariales*. Managua: Departamento de Desarrollo Económico (DED).
- PRODUS. (2012). *Plan Regulador del Canton de Osa y Reglamento de Uso de Suelo*. San José: Universidad de Costa Ricas.
- Rodrigues, M. (2003). *Estado de los suelos y Capacidad de Uso de la tierra en el Municipio de Belén*. Rivas: Escuela Internacional de Agricultura de Rivas.