

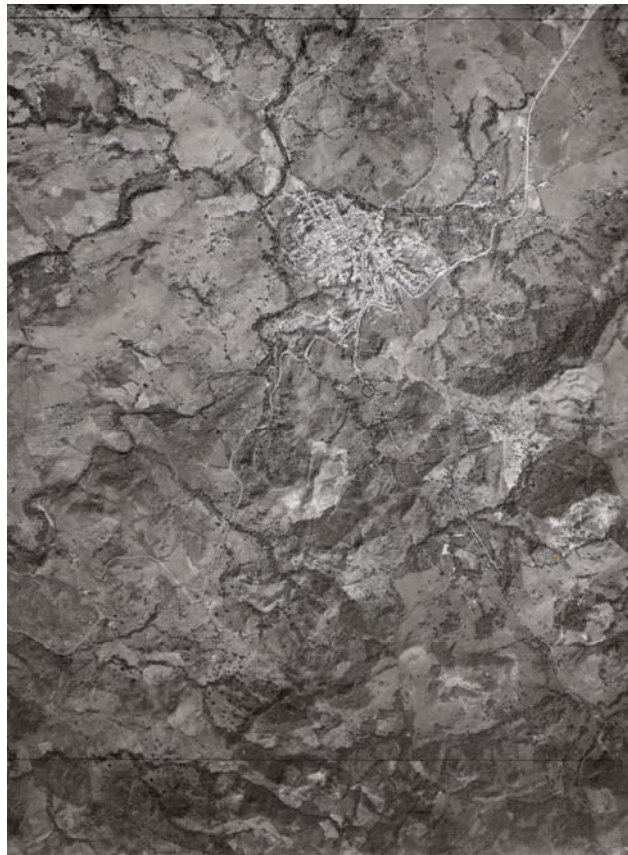


**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA
UNAN-MANAGUA**

**CENTRO PARA LA INVESTIGACIÓN EN RECURSOS
ACUÁTICOS DE NICARAGUA.
CIRA/UNAN**



**Trabajo de Tesis
para optar al grado de
Master en Ciencias del Agua**



EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HÍDRICO DEL ENTORNO DE LA CIUDAD DE BOACO

Presentado por: Nelson Vicente Buitrago Trujillo

Managua, Diciembre 2005

Patrocinado por la Red Centroamericana para el Manejo de los Recursos
Hídricos (RED CARA)



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA
UNAN-MANAGUA**

**CENTRO PARA LA INVESTIGACIÓN EN RECURSOS
ACUÁTICOS DE NICARAGUA.
CIRA/UNAN**



**Trabajo de Tesis
para optar al grado de
Master en Ciencias del Agua**



EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HÍDRICO DEL ENTORNO DE LA CIUDAD DE BOACO

Presentado por: Nelson Vicente Buitrago Trujillo
Comité de tesis: Director: MSc. Yelba Flores Meza
Asesora: MSc Thelma Salvatierra Suárez
Asesora: MSc Heyddy Calderón Palma.

Managua, Diciembre 2005

Patrocinado por la Red Centroamericana para el Manejo de los Recursos
Hídricos (RED CARA)

CONTENIDO

Dedicatoria	I
Agradecimientos	II
Índice de Cuadros	III
Índice de Figuras	IV
Índice de Gráficos	V
Índice de Apéndices	VI
Índice de Abreviaturas	VII
Resumen	IX
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Ubicación y Acceso del área de estudio.....	2
1.2 Antecedentes.....	3
1.3 Descripción del problema.....	4
1.4 Justificación.....	5
1.5 Objetivos.....	6
II. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Características Generales del Departamento de Boaco.....	7
2.2 Recursos Hídricos Superficiales.....	7
2.3 Clima del municipio de Boaco.....	8
2.4 Vegetación del municipio de Boaco.....	9
2.5 Tipos y usos de suelos del municipio de Boaco.....	10
2.6 Geomorfología y Relieve.....	13
2.7 Geología.....	16
2.7.1 Geología Regional.....	16

2.7.2 Geología de Nicaragua.....	17
2.7.3 Geología del área de estudio.....	19
2.8 Resumen del marco teórico.....	25
III. METODOLOGIA.....	26
3.1 Fase preliminar.....	26
3.2 Fase de campo.....	26
3.3 Fase final.....	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
4. Discusión a partir de Ehrenborg, J, 1996.....	30
4.1 Hidrología de superficie	32
4.1.1 Ríos.....	32
4.1.2 Balance hídrico superficial.....	37
4.1.2.1 Estimación de los excesos y déficit aplicados a la zona de estudio.....	37
V. USO Y CONSUMO.....	42
VI. HIDROGEOLOGÍA.....	45
6.1 Medio hidrogeológico.....	45
6.1.1 Litología de pozos perforados.....	45
6.1.2 Unidades hidrogeológicas.....	47
6.1.3 Características hidráulicas.....	48
6.1.4 Hidrodinámica.....	58
6.1.4.1 Relación agua subterránea y agua superficial.....	59
6.2 Geofísica aplicada a la investigación de agua subterránea en la subcuenca las cañas.....	65
6.2.1 Sondeos electromagnéticos.....	65
6.2.2 Procesamiento de los datos.....	67
6.2.3 Interpretación de los resultados.....	69

6.3 Esquemas hidrogeológicos de las subcuencas	
Las Cañas y Fonseca.....	72
VII. BALANCE HÍDRICO SUBTERRÁNEO.....	76
7.1 Calculo de la recarga directa, aplicada a la subcuenca Las Cañas.....	77
7.1.1 Balance hídrico de suelos.....	77
7.1.1.1 Recarga de retorno.....	80
7.1.1.2 Recarga Lateral.....	81
7.1.1.3 Recarga total como producto de los diferentes aspectos que presenta este fenómeno.....	81
7.2 Calculo del balance hídrico por formación geológica aplicado al acuífero Fonseca.....	82
7.2.1 Recarga por Geología como ingreso al sistema (QE).....	84
VIII. MODELO CONCEPTUAL DE LOS ACUÍFEROS FONSECA Y LAS CAÑAS.....	88
IX. DESARROLLO DE ABASTECIMIENTO FUTURO.....	93
X. CONCLUSIONES.....	99
XI. RECOMENDACIONES.....	100
XII. BIBLIOGRAFÍA.....	102
APÉNDICES.....	105
GLOSARIO.....	157

DEDICATORIA

A la memoria de mis padres, hermanos y familiares, a los amigos de infancia de la villa de Santiago de Boaco y a los sueños más preciosos que aún no se cumplen.

AGRADECIMIENTOS

El agradecimiento es una de las palabras claves en la producción intelectual de este estudio. Es por eso que mi eterno agradecimiento es con aquellas personas e instituciones que colaboraron de alguna u otra forma con sus consejos u orientaciones, las cuales se nombran a continuación.

Katherine Vamenn y coordinación del posgrado. Yelba Flores Meza, Thelma Salvatierra Suárez, Heydy Calderón Palma, William Martínez Bermúdez, Enoc Castillo Hernández, Laurence R Bentley, Roger Berríos, Benedicto Valdez, Martha Sánchez y Ana Carolina Castellón.

Red Centroamericana del programa de manejo de los Recursos Hídricos (Red CARA), Centro para la Investigación de Recursos Acuáticos de Nicaragua (CIRA-UNAN), Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados de Boaco y Managua (ENACAL).

Nuevamente muchas gracias a aquellas personas e instituciones que olvido nombrar, por alguna u otra razón, las cuales quiero que sepan que han colaborado en el fortalecimiento de la sociedad nicaragüense.

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.1 Nueva estratigrafía.....	20
Cuadro No.2 Correlación Litoestratigráfica Regional.....	21
Cuadro No.3 Índice de la densidad de ángulos y fallas.....	24
Cuadro No.4 Propuesta Estratigráfica local.....	31
Cuadro No 5 Datos de precipitación promedio anual 1971-2004.....	32
Cuadro No 6 Características generales de las subcuencas Las Cañas y Fonseca.....	33
Cuadro No 7 Caudales medios mensuales de la subcuenca Fonseca.....	34
Cuadro No 8 Caudales medios mensuales de la subcuenca Las Cañas.....	34
Cuadro No 9 Valores y parámetros del balance hídrico superficial, deducidos de la precipitación mensual y la evapotranspiración potencial mensual, en la zona de estudio.....	40
Cuadro No 10 Consumo reportado para las épocas de 1994-1995 y calculada en el presente trabajo para 2004.....	42
Cuadro No 11 Dato básico de nivel de cobertura (%), para deducir la población urbana y el consumo en litros / hab / días, periodo 1990 e inicios del 2000.....	43
Cuadro No 12 Datos porcentuales de perdidas técnicas al sistema entre 1996 y 2001.....	43
Cuadro No 13 Clasificación hidrogeológica para definir el uso potencial de las fuentes.....	47
Cuadro No 14 Valores de permeabilidad a diferentes profundidades.....	48
Cuadro No 15 Datos básicos para el cálculo de las transmisibilidades.....	49
Cuadro No 16. Datos básicos para el cálculo de las transmisibilidades.....	55
Cuadro No 17 Comparación porcentual entre el rendimiento, abatimiento y capacidad específica.....	56
Cuadro No 18 Selección de pozos de la tabla C2, para la elaboración de mapa piezométrico.....	61
Cuadro No 19 Resumen de piezometría entorno de la ciudad de Boaco.....	63

Cuadro No 20	Clasificación de manantiales.....	64
Cuadro No 21	Resultados de la inversión de los sondeos electromagnéticos.....	68
Cuadro No 22	Clasificación de rocas volcánicas y sedimentarias y rango de resistividades [ρ (Ω m)] en la subcuenca Las Cañas.....	72
Cuadro No 23	Resultado de los valores de la recarga total.....	81
Cuadro No 24	Índice de infiltración porcentual de las formaciones geológicas....	84
Cuadro No 25	Recarga por medio hidrogeológico Fonseca.....	84
Cuadro No 26	Resultados de bombeo, salida de agua subterránea al río Fonseca y evapotranspiración.....	85
Cuadro No 27	Resultado de escorrentía subterránea en el acuífero Fonseca....	86
Cuadro No 28	Resultados de caudal entrante y saliente de aguas subterránea en el acuífero Fonseca.....	86
Cuadro No 29	Pronóstico de demanda para la ciudad de Boaco.....	94
Cuadro No 30	Demanda diaria promedio al 2001.....	95
Cuadro No 31	Demanda diaria promedio proyectada al 2025.....	96
Cuadro No 32	Significado del criterio balance hídrico de suelos versus criterio formación geológica para cada uno de los términos de la demanda.....	97

INDICE DE FIGURAS

Figura No 1.	Localización del departamento de Boaco en Nicaragua y área de las subcuencas del Fonseca y Las Cañas.....	2
Figura No 2.	Mapa de zonas de vida, según Holdridge.....	10
Figura No 3.	Mapa edafológico del Dpto de Boaco.....	12
Figura No 4.	Mapa de clases agrológicas del Dpto de Boaco.....	13
Figura No 5.	Mapa geomorfológico del Dpto de Boaco.....	15
Figura No 6.	Mapa de relieve del entorno de la ciudad de Boaco.....	15
Figura No 7.	Rasgos Geotectónicos de América Central.....	17

Figura No 8. Mapa geológico de Nicaragua.....	18
Figura No 9. Flujograma del proceso metodológico.....	28
Figura No 10. Correlación estratigráfica circundante a la ciudad de Boaco.....	46
Figura No 11. Mapa piezométrico.....	62
Figura No 12. Mapa con la ubicación de los sondeos electromagnéticos.....	66
Figura No 13 Secciones geoelectricas interpretadas a través de los perfiles A-B, C-D, y E-F.....	70
Figura No 14. Secciones geoelectricas interpretadas a través de los perfiles G-H, G-F e I-J.....	71
Figura No 15. Esquema hidrogeológico subcuenca del Fonseca.....	73
Figura No 16. Esquema hidrogeológico subcuenca Las Cañas..	74

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico No 1. Balance hídrico superficial del Dpto. de Boaco.....	8
Gráfico No 2. Caudales medios mensuales Río Fonseca.....	35
Gráfico No 3. Caudales medios mensuales Río Las Cañas.....	36
Gráfico No 4. Balance hídrico superficial con datos de la estación Boaco.....	41
Gráfico No 5. Prueba escalonada, pozo San Cristóbal-Las Cañas.....	50
Gráfico No 6. Prueba de bombeo Las Cañas-Santa Blanca 4.....	51
Gráfico No 7. Prueba de bombeo (descenso) Las Cañas-Santa Blanca.....	52
Gráfico No 8. Prueba de bombeo (ascenso) Las Cañas-Santa Blanca.....	52
Gráfico No 9. Prueba de bombeo (descenso) en río Fonseca.....	53
Gráfico No 10. Prueba de bombeo (ascenso) en río Fonseca.....	54

Gráfico No 11. Comparación porcentual entre el rendimiento, abatimiento y capacidad específica.....	57
Gráfico No 12. Posición geográfica de los manantiales versus altitud.....	63
Gráfico No 13. Manantiales versus posición geográfica.....	75
Gráfico No 14. Tasa de infiltración en arcilla con grietas.....	77
Gráfico No 15. Tasa de infiltración en arcilla con arenas.....	78
Gráfico No 16. Tasa de infiltración en arcilla con grietas.....	78
Gráfico No 17. Tasa de infiltración en arcilla con arenas.....	79

INDICE APENDICES

Apéndice A	A.1	Índice de densidades y ángulos de fallas (Tablas A.1.1; A.1.2).....	106
	A.2	Espesores Promedios de las formaciones geológicas del del área de estudio (Tabla A.2.1).....	107
	A.3	Estudio teórico y practico geoestructural y macropetrográfico, a la escala 1:50.000, 1:100.000 y escala 1:250.000, para obtener mapas básicos de la geología en el área de estudio a escala 1:50.000, y perfiles estratigráficos con escalas verticales 1:10.000, y escalas horizontales 1:50.000 (Figuras AG –1; AG –2; AG-3; AG-4; AG-5; AG-6).....	107
Apéndice B		Resultados y discusión de hidrología de superficie Tablas B.2; B.3; B.4; B.5; B.6; BH1; BH2; BH3; BH4.....	114
Apéndice C		Resultados y discusión de hidrogeología	

Litología de pozos perforados (Tabla C:1)	
Pozos y manantiales (Tablas C.2; C.3)	
Relación agua subterránea y agua superficial	
(Tabla D.9).....	127

Apéndice D	Resultados y discusión de balance hídrico subterráneo
	Calculo de la recarga potencial (Tablas D.1;D.2;D.3;D.4)
	Calculo de la recarga directa (Tablas D.5;D.6;
	D.7;D.8).....
	142

LISTA DE ABREVIATURAS.

And - Andesita.
Agl - Aglomerado.
ALMA – Almacenamiento.
Bas - Basalto.
Coyol (Tc) - grupo Coyol.
dep sil pir – depósitos piroclásticos silíceos del Matagalpa
Dac - Dacita.
D-ALMA – Variación de la reserva de agua utilizada por las plantas.
D – Domestico
Esc - Esguerrimiento
Etr o ETR - Evapotranspiración real
ETP – Evapotranspiración potencial.
E – Este
ENACAL - Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado.
fc - Flujo de Ceniza.
fc – Capacidad de infiltración (Inciso.VIII.1.1)
gpd – galones por día
gpm – galones por minuto
Hm - Hectómetros
INYPISA – Información de Proyecto. S.A.
Ign - Ignimbrita.
INETER - Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales.
INAA - Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado.
IRENA - Instituto de Recursos Naturales y el Ambiente.

Km – Kilómetros
l / s – litros sobre segundos
l / habitantes – día litros sobre habitantes sobre días
Mat (Tomm) - Grupo Matagalpa,
m - metros.
m.s.n.t = metros sobre el nivel del terreno.
MMC / año - Millones de Metros Cúbicos por año
m³ - metros cúbicos
mm / h – milímetros sobre horas
m² - metros cuadrados
N – Norte
NICASOLUM - INGENIERIA DE MATERIALES. S.A
NRC – No reconocido en el terreno
nd – Dato no obtenido
O – Oeste
P - Precipitación
PRNOT – Programa Nacional de Ordenamiento Territorial.
PP - Pozo perforado
PE – Pozo excavado
% - Por ciento
Pp - Precipitación pluvial media mensual (mm).
Pe - Precipitación efectiva (mm)
Qal - Cuaternario aluvial.
Qal – r. Cuaternario aluvial – residual.
Riol - Riolita.
RAAS – Región Autónoma del Atlántico Sur
RAAN - Región Autónoma del Atlántico Norte
S – Sur

RESUMEN

Autor: Nelson Vicente Buitrago Trujillo

Titulo del Trabajo: EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HÍDRICO DEL ENTORNO DE LA CIUDAD DE BOACO

Año de publicación: 2005

El incremento de las poblaciones en el ámbito mundial es un fenómeno socio-económico que trae consigo demanda en grandes proporciones en todos los niveles y aspectos; originando escasez que como consecuencia viene acompañada de secuelas de hambre, guerras y otros aspectos negativos.

No obstante la población [19541 habitantes, (INEC, 1996)] de la ciudad de Boaco no escapa de la globalidad del problema de la escasez de agua sobre todo en los meses de Febrero, Marzo y Abril.

El departamento y la ciudad de Boaco, están ubicados en una zona agrícola y ganadera a 88 Km al NE de Managua. La población posee problemas de abastecimiento de agua a pesar de contar con fuentes superficiales, no es autosuficiente para corregir dicho problema.

Por eso ante las propuestas planteadas por el Plan Nacional de Desarrollo se llevó a cabo este trabajo en el periodo del año 2004 al 2005, cuyo objetivo general es estimar el potencial hidrogeológico para el abastecimiento de agua de la ciudad de Boaco.

Los resultados del área en estudio (< 303 km² alrededor y en la ciudad de Boaco), se obtuvieron mediante un diseño metodológico compuesto de tres fases. La fase preliminar que consiste en la selección e interpretación de datos existentes ya sea obtenidos de informes y otros obtenidos en el campo. La fase de campo que es recopilación y análisis de información de hidrología de superficie, agua subterránea, geología y geofísica para obtener datos confiables en periodos seco y lluvioso. Y la fase final que es la correlación de la información existente y de campo más la elaboración del informe final.

Para los resultados en la determinación del medio hidrogeológico se conceptualiza como un acuífero fisurado, discontinuo (no acuífero) por causa de meteorización y erosión alterna de moderada a baja.

En la identificación de posibles fuentes de agua para abastecimiento, se define que son estructuras almacenadoras de agua las fallas, fracturas, fisuras y escombramientos de las mismas litoestructuras.

En la estimación del potencial hídrico de la zona para una demanda futura se define como acuíferos de confinados a semiconfinados y de uso y aprovechamiento local.

Por tanto se concluye, que la demanda de agua potable de la ciudad de Boaco debe ser considerada bajo normas estrictas de planes del desarrollo de captación de agua superficial y subterránea, tomando en cuenta el aspecto integral ecosistémico como también los problemas transfronterizos de cuencas y acuíferos con una visión de futuro.

Las recomendaciones se basan en que por las limitaciones de tiempo y dinero, se deben de hacer estudios en una escala mayor que las del presente. Para hacer un diagnóstico ambiental que permita aumentar el potencial de los recursos hídricos y la preservación del ambiente; basado en planes de ordenamiento territorial y plan de manejo de cuencas que permitan una mejor distribución de las actividades y establecer normas que favorezcan la restauración y preservación ambiental; así como también normas que se orienten a subsanar la escasez de los recursos hídricos. Todo esto con la conformación de un comité de cuencas que revista importancia para que la población se apodere del problema y la solución de los recursos hídricos en la ciudad.

Palabras Claves: Medio hidrogeológico, potencial hídrico, demanda futura.

I. INTRODUCCIÓN

El volumen de información recopilado en esta tesis se refiere a reportes e informes técnicos (ver bibliografía) no sistemáticamente ordenados de las actividades y a un análisis escueto en el tema de la escasez del agua. Razón por la cual este estudio trata el tema de los recursos hídricos con elementos que a sano juicio son una primer guía metodológica aplicada a acuíferos fracturados someros en la región Central de Nicaragua.

Los recursos hídricos, es un aspecto mundial, que ha suscitado actualmente conflictos en varios órdenes por problemas de escasez, originado por el aumento de la población y los problemas ambientales. La Ciudad de Boaco, no escapa a estos problemas, de manera que este trabajo enfoca un problema de cantidad, en el entorno de esta ciudad, donde las fuentes se reducen cuantitativa y cualitativamente con el paso del tiempo.

Adversamente, es necesario agregar que la reducción cualitativa trae consecuencias de reducción de cantidad ante el conocimiento antrópico de dicha realidad.

Esta tesis tiene dos puntos de vista, geológico e hidrogeológico, para lo cual es imperante describir el medio y la potencialidad; conocimientos que son de suma importancia en los planes de desarrollo integral hídrico.

La ciudad de Boaco, ha sufrido desde hace cuarenta años deforestación causada por la actividad ganadera que incide agudamente en el agotamiento de los recursos hídricos.

Es por eso que la contribución científica de proyectos, como éste debe ser tomada en cuenta en la planificación municipal, con un enfoque de cuenca que obedezca a intereses comunitarios y que trascen más allá de los límites del municipio tomando en consideración los límites de cuenca y la influencia de cuencas vecinas.

1.1 Ubicación y acceso del área de estudio

El departamento como la ciudad de Boaco; está contenido en las cuencas del río Grande de Matagalpa (17,365 km²) y la cuenca del Río San Juan (29,824 km²), las que drenan sus aguas al Océano Atlántico. Se localiza en la parte Central Suroeste de la Región Central de Nicaragua.

Los límites del Departamento de Boaco están determinados por los departamentos de Matagalpa al norte, Chontales al sur y suroeste, Managua y Granada al oeste, la Región Autónoma del Atlántico Sur (RAAS) al noreste y el Lago de Nicaragua al suroeste. (Figura N° 1)

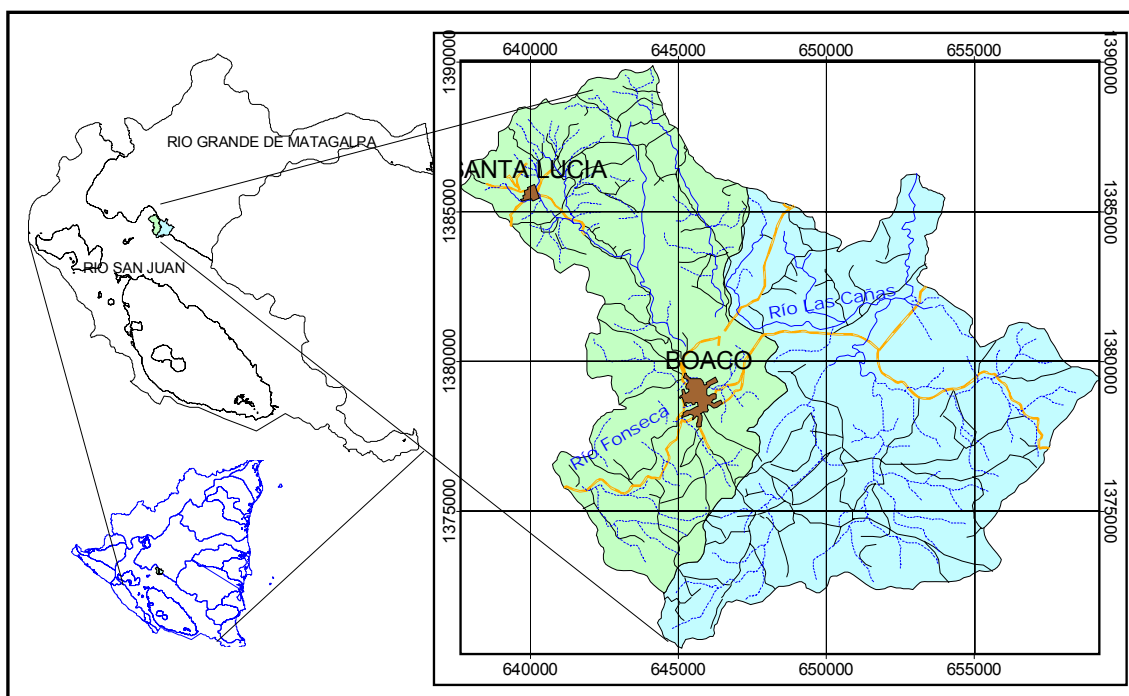


Figura N° 1. Localización del departamento de Boaco en Nicaragua y áreas de las subcuencas del Río Fonseca y Río Las Cañas

La ciudad de Boaco, que ha funcionado como cabecera departamental, se encuentra a 88 Km al noreste de Managua y a 90 Km al norte de Juigalpa.

El área de estudio comprende 303 km² de los cuales se aborda parte de los municipios de Santa Lucía y Boaco, donde se hace énfasis en la parte media de las subcuena del río Fonseca y la parte baja de la subcuena del Río Las Cañas.

El municipio de Boaco, tiene una población de 43,041 habitantes, y una densidad poblacional de 41.3 habitantes / km² (INEC, 1996); la ciudad de Boaco, la capital del departamento, cuenta con 19,541 habitantes.

1.2 Antecedentes

El Servicio Geológico Nacional y otros estudios (1973), recomendaron el aprovechamiento del valle Teustepe como fuente de abastecimiento de agua para la ciudad de Boaco. Sin embargo esto incurría en altos costos de bombeo, sobre la base de la población proyectada para el año 2,000 de 16,000 habitantes en el casco urbano, lo cual significaba una demanda promedio de 770,000 galones por día (gpd) [1.1 MMC / año] y un consumo máximo diario de 695 gpm (galones por minuto) [1.4 MMC / año].

Otros estudios realizados posteriormente en un esfuerzo de caracterizar las subcuencas de los ríos Fonseca y las Cañas, para encontrar nuevas fuentes de agua, consideraron como importantes las aguas superficiales, de donde se abastece hoy día parcialmente la ciudad de Boaco.

Los estudios establecen que la opción de suministro más conveniente es represar el río La Garrapata (inconstante de Las Cañas). Debido a que tiene características que benefician el desarrollo del turismo y la agroindustria, la energía hidroeléctrica y la irrigación. Además de la poca extensión que abarcaría dicha represa comparada con la infraestructura propuesta para el río Fonseca. Otro elemento importante es que no afectaría otras infraestructuras y la inversión sería recuperada en corto tiempo.

La construcción de presas se ha recomendado, basándose en las observaciones hidrogeológicas que expresan una baja capacidad y dudoso rendimiento de los acuíferos en un perímetro aproximado a los 10 km², cuyo punto es la ciudad de Boaco. Dichos estudios recomiendan investigar y monitorear las aguas subterráneas en el área (INAA 1979, 1980).

1.3 Descripción del problema

En el ámbito nacional el 54% de la población cuenta con servicio de agua potable y solo el 19% con alcantarillado sanitario. El 79% de la población urbana y el 20% de la rural dispone de agua potable, siendo este el más bajo promedio en toda Centro América. La falta de manejo de los recursos hídricos y la ausencia de legislación, ha contribuido a un empeoramiento progresivo de la calidad y cantidad de las aguas tanto superficiales como subterráneas.

Esto se refleja en el área rural del municipio en el que las comarcas no cuentan con servicio domiciliario de agua potable. El abastecimiento se realiza mediante pozos privados o públicos a través de captaciones directas de los ríos o quebradas y con mini acueductos de gravedad, sin ningún tipo de tratamiento.

La cobertura del sistema de saneamiento es del 40 % del cual el 31 % de las viviendas utilizan letrinas mientras el 9 % carecen de sistema de saneamiento alguno.

En el área rural el 63 % de las viviendas dispone de letrinas mientras que el 37 % carece de este servicio.

El área urbana, de Boaco cuenta con el servicio de recolección de basura diaria domiciliar, pero existen barrios dentro de la ciudad que carecen de este servicio, dadas las características orográficas de la misma que hacen muy difícil la accesibilidad a ciertos barrios, el cual contribuye a la contaminación de los recursos hídricos.

El Departamento de Boaco cuenta con determinado potencial de agua superficial, siendo atravesado por numerosos ríos, además de contar con las aguas del Lago de Nicaragua o Cocibolca y el embalse de Las Canoas. A pesar de esto, los recursos no se utilizan al máximo para favorecer a las poblaciones circundantes como lo es la ciudad de Boaco.

En cuanto a los recursos subterráneos, las características geológicas de la zona no permiten el almacenamiento de agua en gran escala lo que impide una explotación planificada de este tipo de recurso. El uso de estos acuíferos se limita

a una extracción mediante pozos excavados. El nivel freático es muy elevado, de 200 a 300 metros, lo que convierte la explotación mediante pozos, en un sistema antieconómico; (INYPESA, 2003).

En general, en el departamento, se recurren a fuentes superficiales de abastecimiento. Solamente en la zona del departamento colindante con el Lago de Nicaragua, se encuentran disponibles cantidades de agua de moderada a elevada lo que se explota a través de pozos.

En cuanto a la calidad del recurso, las aguas superficiales presentan valores altos de conductividad eléctrica y turbiedad debido sobre todo a la actividad agropecuaria predominante de la zona. A pesar de ello, el INAA, en los estudios realizados en 1994, considera las propiedades físico – químicas de las aguas superficiales de Boaco, aptas para el consumo humano.

Toda ésta gama de problemas, se suman a limitados estudios de exploración o bien a estudios en zonas no convenientes donde el recurso hídrico es limitado debido al medio hidrogeológico.

1.4 Justificación

Boaco es una zona agrícola y ganadera, de gran importancia para el desarrollo socioeconómico de Nicaragua y que además posee límites costeros con el mayor cuerpo hídrico del país, el Lago de Nicaragua o Cocibolca. Es de suma urgencia e importancia la realización de evaluaciones que reflejen el estado actual de cada una de las subcuencas que descargan hacia este importante cuerpo de agua.

Es necesario realizar la evaluación del potencial de los recursos hídricos para conocer su disponibilidad y planificar su uso sostenible.

El plan nacional de desarrollo ha plasmado los problemas de agua de la zona, por lo que la realización de un diagnóstico y la elaboración de un plan ambiental, donde se enfatice en la reforestación y manejo de las cuencas, debido a la aguda escasez de agua es de vital importancia para la rehabilitación y posible recuperación de fuentes en vías de extinción. Otro importante acontecimiento es que la Asociación de Municipios del Gran Lago (AMUGRAN), ha solicitado a la

Asamblea Nacional de Nicaragua que se declare el Gran Lago como patrimonio nacional.

En este contexto, se presenta la propuesta de evaluación del potencial de los recursos hídricos en el entorno de la ciudad de Boaco, para determinar la capacidad de las formaciones rocosas, como acuíferos fracturados. Este estudio actualizará la información geológica e hidrogeológica de los acuíferos y se investigará la relación con las subcuencas del río Fonseca y río Las Cañas.

Los resultados de este estudio, serán valiosos para evaluar planes de suministro de agua potable para Boaco, así como para las organizaciones no gubernamentales que trabajan en la zona, autoridades y población en general, usuarios y reguladores de los recursos hídricos.

1.5 Objetivos

1.5.1 General

- ❖ Estimar el potencial hidrogeológico para el abastecimiento del recurso agua de la ciudad de Boaco.

1.5.2 Específicos

- ❖ Determinar la naturaleza del medio hidrogeológico
- ❖ Identificar posibles fuentes de agua para abastecimiento
- ❖ Estimar el potencial hídrico de la zona para una demanda futura

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Características Generales del Departamento de Boaco

El departamento se divide en seis municipios de características físicas muy diferenciadas:

Camoapa, lluvioso, deforestado, desestructurado (punto de vista productivo) y ganadero.

San Lorenzo, seco, con salida al lago y desaprovechado (punto de vista productivo).

San José de los Remates y Santa Lucía, montañosos, frescos y cafetaleros.

Teustepe árido, de transición, con un embalse de alto potencial.

Boaco cabecera departamental, deforestado y con un carácter centralizado.

2.2 Recursos Hídricos Superficiales.

En cuanto a las aguas, la mitad oeste del departamento vierte al Lago de Nicaragua, que pertenece a la cuenca del río San Juan, y la mitad este a la cuenca del río Grande de Matagalpa, hacia el Mar Caribe.

En el territorio Boaqueño nacen los ríos Tecolostote (55 km de largo) y Malacatoya (entre Boaco y Managua aproximadamente < 60 KM) afluentes del Lago Cocibolca. La cuenca del río Fonseca, afluente principal de este último, representa asimismo la parte alta de la Cuenca del Malacatoya, revistiendo importancia máxima, al ser una zona de recarga. El río Fonseca ha abastecido de agua potable a la ciudad de Boaco. En el curso del Malacatoya se construyó el embalse Las Canoas, mermando el caudal hacia el Lago, ya que es utilizada como riego para arroz.

El río Grande de Matagalpa (aproximadamente 300 Km. de largo) actúa en algunos tramos como límite de frontera entre Boaco, Matagalpa y la RAAS. En el

entorno de la ciudad de Boaco se localiza el Río Las Cañas, afluente del río Grande de Matagalpa, en el que se localiza un pequeño valle aluvial.

2.3 Clima del Municipio de Boaco

El clima se caracteriza por ser variado, seco y cálido en los llanos de Malacatoya y Teustepe, algo más fresco y húmedo hacia Santa Lucía, San José de los Remates y Boaco, alcanzando las precipitaciones más altas en Camoapa, cercano al límite departamental.

El municipio posee un clima variable que va desde trópico húmedo de sabana a tropical de selva, con temperaturas que oscilan entre los 24° C y 25° C.

En cuanto al período de canícula, encontramos que existe una canícula fuerte en el extremo occidental del departamento que concierne al área de estudio que se clasifica como de acentuada (25 a 40 días) a severa (mayor de 40 días).

La precipitación pluvial oscila entre 1000 mm y 1200 mm al año, caracterizándose por una distribución uniforme durante todo el año. (INETER – INYPSA 2003).

El Gráfico 1, fue elaborado por INYPSA 2003; para la región Central de datos obtenidos de la estación meteorológica de Boaco.

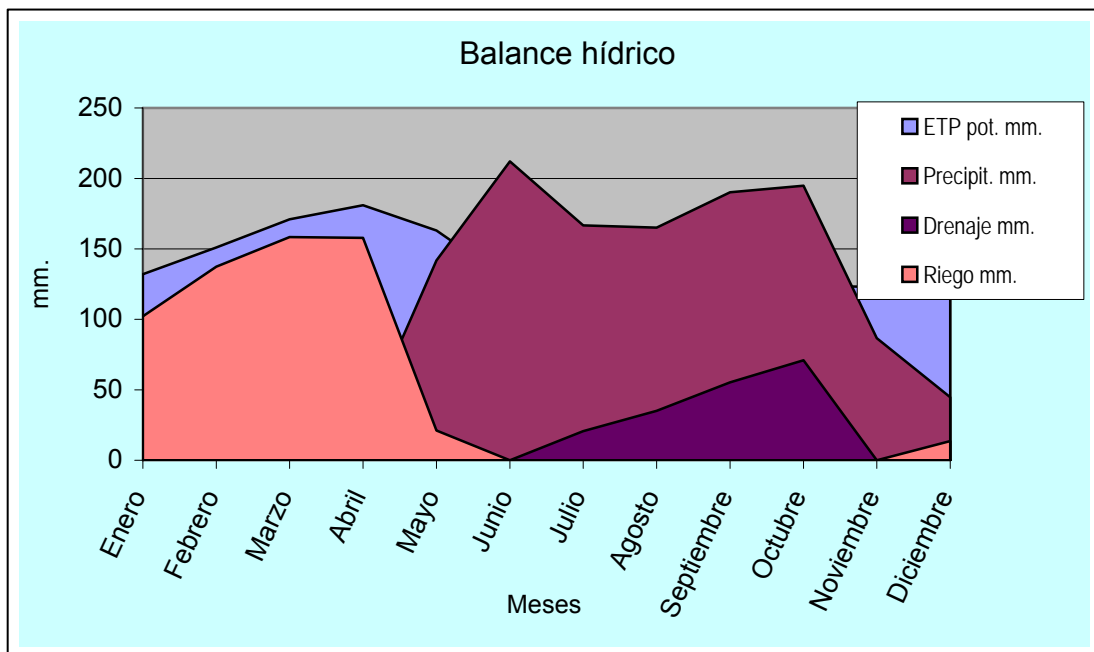


Gráfico No 1. Balance hídrico en el departamento de Boaco. (Tomado de INYPSA - PRONOT, 2003).

Como se puede apreciar en el gráfico No.1, las precipitaciones se inician en Mayo y empiezan a culminar en Noviembre, iniciándose asimismo la Evapotranspiración Potencial (ETP); acentuándose desde Enero y con mayor énfasis en Abril.

2.4 Vegetación del Municipio de Boaco

La vegetación está representada por un bosque tropical que varía desde el matorral seco al occidente del municipio de Boaco (Teustepe) hacia un tropical húmedo al sur (Camoapa); la quema de bosques, la agricultura, extracción de leña y madera, la ganadería y otras actividades han ido deforestando el territorio, y en la actualidad predominan grandes extensiones de pastizales y tacotales, exceptuando la vegetación de las áreas protegidas.

Tanto en el municipio como en el área de estudio se identifican las siguientes zonas de vida, según Holdridge. (Figura N° 2)

Bs-s2 (Bosque húmedo Caribe)

Bosque tropical húmedo templado transición a subtropical

Bosque subtropical húmedo transición subhúmedo

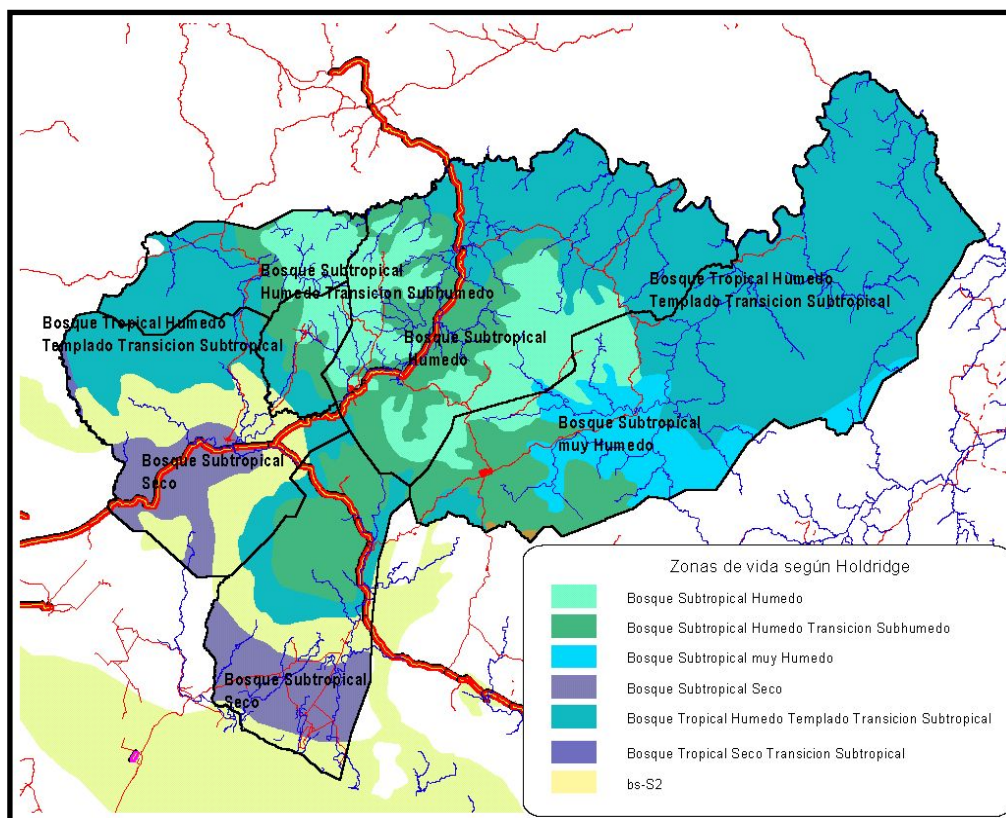


Figura No 2. Mapa de zonas de vida, según Holdridge (Tomado de INIPSA - PRONOT, 2003)

2.5 Tipos y usos de suelos del municipio de Boaco

En las subcuencas del río Fonseca y Las Cañas los suelos se clasifican edafológicamente en: (Ver Figura N° 3).

Mollisoles: En las llanuras onduladas orientales, en el valle del río Malacatoya y Fonseca (Teustepe), y en gran parte de la cuenca del río Grande de Matagalpa (subcuenca río Las Cañas), son suelos con drenaje interno natural de muy pobre a bien drenado, con pendientes del 3 al 10% relativamente poco profundos, fertilidad media-baja, de origen volcánico, sedimentarias; las características edafológicas y climáticas de los suelos ubicados en el valle de Malacatoya (Río Fonseca) los hacen aptos para el cultivo de maíz, sorgo, arroz, caña de azúcar, maní y ajonjolí; en áreas con más pendientes, pastos y algunos frutales.

Vertisoles: En el valle del río Las Cañas, son suelos muy arcillosos que durante la estación seca se contraen y presentan grietas anchas y profundas, y durante la húmeda se expanden, son suelos de profundidad media a alta,(se suelen anegar con facilidad), fértiles. Desarrollados de tobas y sedimentos aluviales y coluviales, ácidos; en general son suelos ricos pero con problemas de drenaje que los hacen apropiados para los cultivos de arroz, sorgo y caña de azúcar. Con tratamientos de suelo (volteos y aireaciones) se puede utilizar para todo tipo de cultivos, en particular: gramíneas, hortícola y frutales.

Los inceptisoles se localizan al sur de Santa Lucía (colindante con el municipio de Boaco), estos suelos son de profundidad media a baja, de drenaje regular, de relieve ondulado con pendientes del 3 al 10%. Desarrollados por cenizas volcánicas, con pH ligeramente ácido. Estos suelos son aptos para cultivos como algodón, cacao, maní, frutales, banano y café. En los casos donde la pendiente es mayor no se recomienda la implantación de cultivos.

Los Alfisoles y Ultisoles son suelos que se localizan en la sierra central de Boaco, son suelos de drenaje medio, poco profundos, de relieve ondulado (pendientes del 3 al 20%), con una fertilidad baja, ácidos; estos suelos son aptos para pastos y para bosques de explotación y conservación.

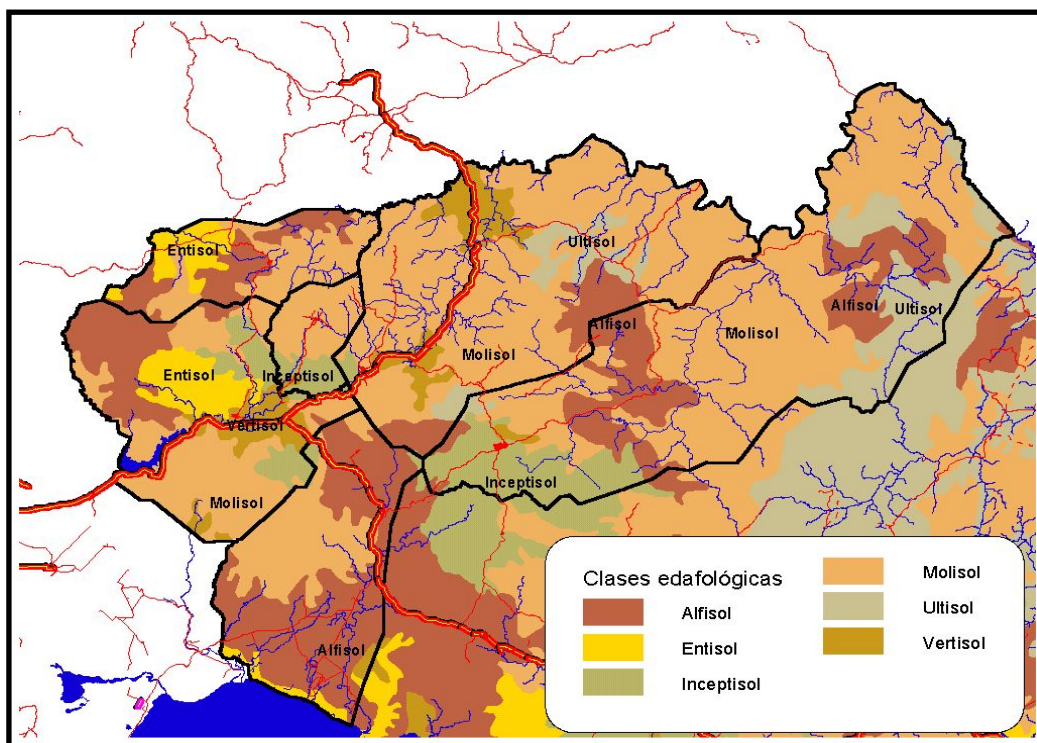


Figura No 3. Mapa edafológico del departamento de Boaco (Tomado de INIPSA - PRONOT, 2003)

La clasificación agrológica de I, II, IV y VI representan para el municipio de Boaco el 8 %, 4 %, 7 % y 80% respectivamente; donde se identifican para estos índices en número romano la capacidad del uso apropiado para cultivos, vegetación y aspecto forestal. Para cierta parte del área en estudio esto representa II; VI; VII; el 4 %; 89 % y 7 %; respectivamente, que corresponde de igual forma para el municipio de Santa Lucía, que es parte de la subcuenca del río Fonseca. Figura N° 4

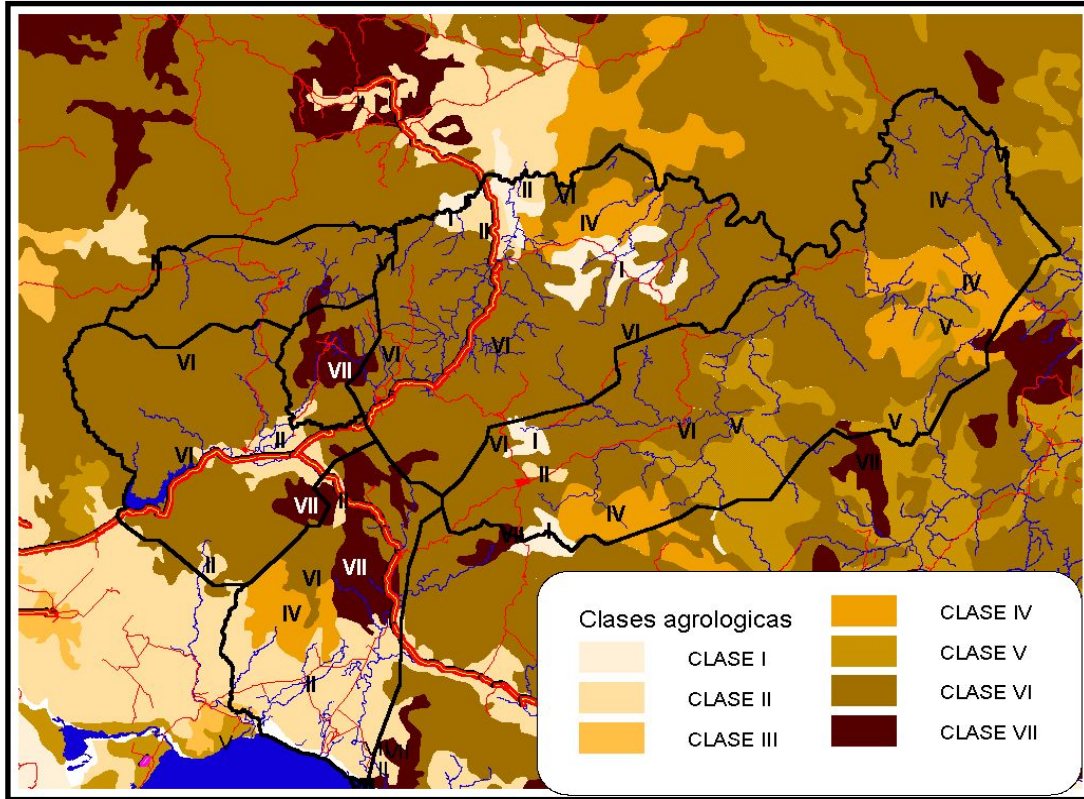


Figura No 4. Mapa de clases agrológicas (Tomado de INYPSA-PRONOT, 2003)

2.6 Geomorfología y Relieve

Desde el punto de vista geomorfológico el municipio y el área de interés se ubican en las unidades geomorfológicas denominada valle, a la cual pertenecen los ríos Fonseca / Malacatoya y el valle Las Cañas y la unidad Macizos Montañoso, compuesto por dos sub-unidades denominadas: Macizo Central

Los rangos de pendientes son de = 0 % al 30 %, con redes de drenajes de carácter dendrítico y anguloso.

Dicha área presenta una topografía ondulada y variada, existiendo, áreas más o menos montañosas como las de Santa Lucía, valles como el del Matagalpa (donde se ubica el río Las Cañas), y los valles del río Fonseca / Malacatoya.

Boaco ocupa las más altas estribaciones de la cordillera Chontaleña y de las serranías de Amerrisque y su territorio se encuentra integrado por numerosos cerros, amplios valles y suaves colinas.

Entre las principales elevaciones cabe mencionar: Mombachito (1059 m, en la unidad Macizo Central de Boaco), Masigüe (1008m, en la unidad Macizo Central de Boaco), Cerro Alegre (1184 m, en la unidad Macizo noroccidental de San José de los Remates) y Santa María (1210 m, en la unidad Macizo noroccidental de San José de los Remates).

Las Unidades geomorfológicas del área de interés son:

Macizo Central de Boaco. Es un área de montaña que se ubica en la parte central del departamento, perteneciendo al municipio de Boaco, la unidad varía desde los 400 msnm hasta los 1,000 msnm.

Piedemonte del Macizo Central: Es un área de transición entre los macizos de Boaco y San José de los Remates, y lo determinan los valles: La Majada, Malacatoya, las Cañas, Murra, Grande de Matagalpa etc.; es de carácter intermedio, con una altitud entre los 400 y 200 msnm, pendientes de suaves a moderadas.

Valle del Fonseca-Malacatoya; definido por el valle que conforman los ríos de igual nombre; el último mencionado se encuentra contenido en el embalse de Las Canoas.

Valle del Olama-Grande de Matagalpa; el valle del Olama y Grande de Matagalpa está conformado por una serie de ríos que vierten al río Grande de Matagalpa, entre los que se encuentran los ríos Olama, Las Cañas, Murra. Figura N° 5 y 6.

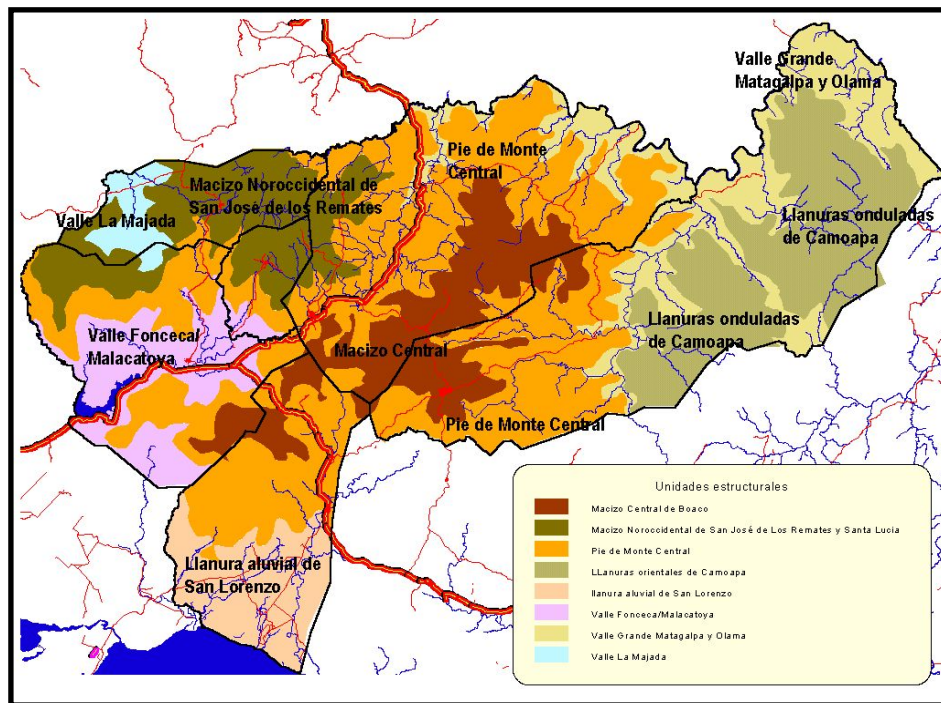


Figura No 5. Mapa geomorfológico del departamento de Boaco. (Tomado de INYPSA - PRONOT, 2003)

Mapa de Relieve

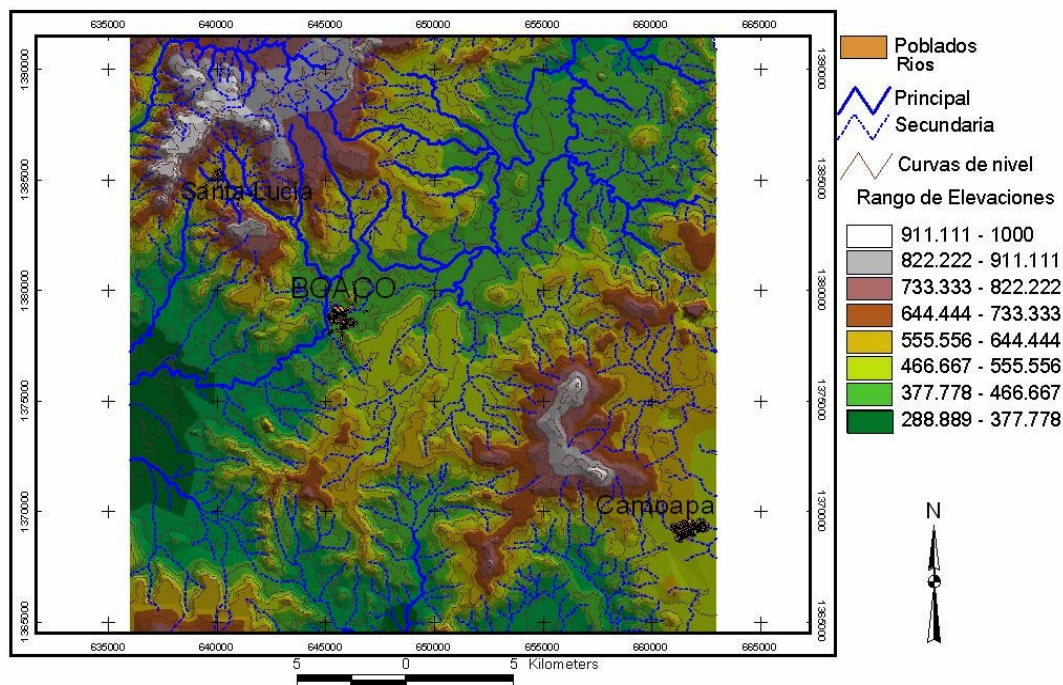


Figura No 6. Mapa de relieve del entorno de la ciudad de Boaco (Por Obando T, y López R. 2005)

2.7 GEOLOGIA

2.7.1 Geología Regional

Según Misar, Z. 1987. La unión continental entre Norte y Sudamérica sucede durante el desarrollo geosinclinal en el Mioceno y Plioceno. Hasta ese período la península de Yucatán era parte de Norteamérica y la península de Panamá era parte de Sudamérica.

La unidad morfológica del norte de las montañas de Centro América alcanza una altura de 3500 metros conservando estructuras NE-SO de la orogenia Paleozoica (Hercinida). El dominio del fenómeno volcánico se evidencia con la presencia de estrato volcanes, derrames lávicos de fallas, depresiones volcano tectónicas, calderas, maares, etc.

Centro América y la región del Caribe se desarrollaron entre dos placas continentales; la placa Norte Americana y la placa Sur Americana en un régimen tectónico de subducción, donde la placa de Cocos (Pacífica) se subduce bajo la placa Caribe. El límite de la placa Caribe en el norte en relación con la placa Norte Americana no está bien definido. Como límite se considera la fosa Bartlett que continúa hacia el continente de América Central en la zona milonítica del sistema de falla Polochic - Motagua (por el río Motagua).

La parte sur de América Central se caracteriza por plegamientos y fallas de edad temprana. Una estructura norte-sur importante es la Depresión de Comayagua en Honduras igual como la Depresión de Nicaragua que tiene una orientación NO-SE.

Las unidades regionales más importantes en el aspecto de la placa continental Caribe, es el istmo Centroamericano, las islas Antillanas y el mar Caribe, como se muestra en el mapa de la tectónica de placas de Centro América. (Ver figura N° 7).

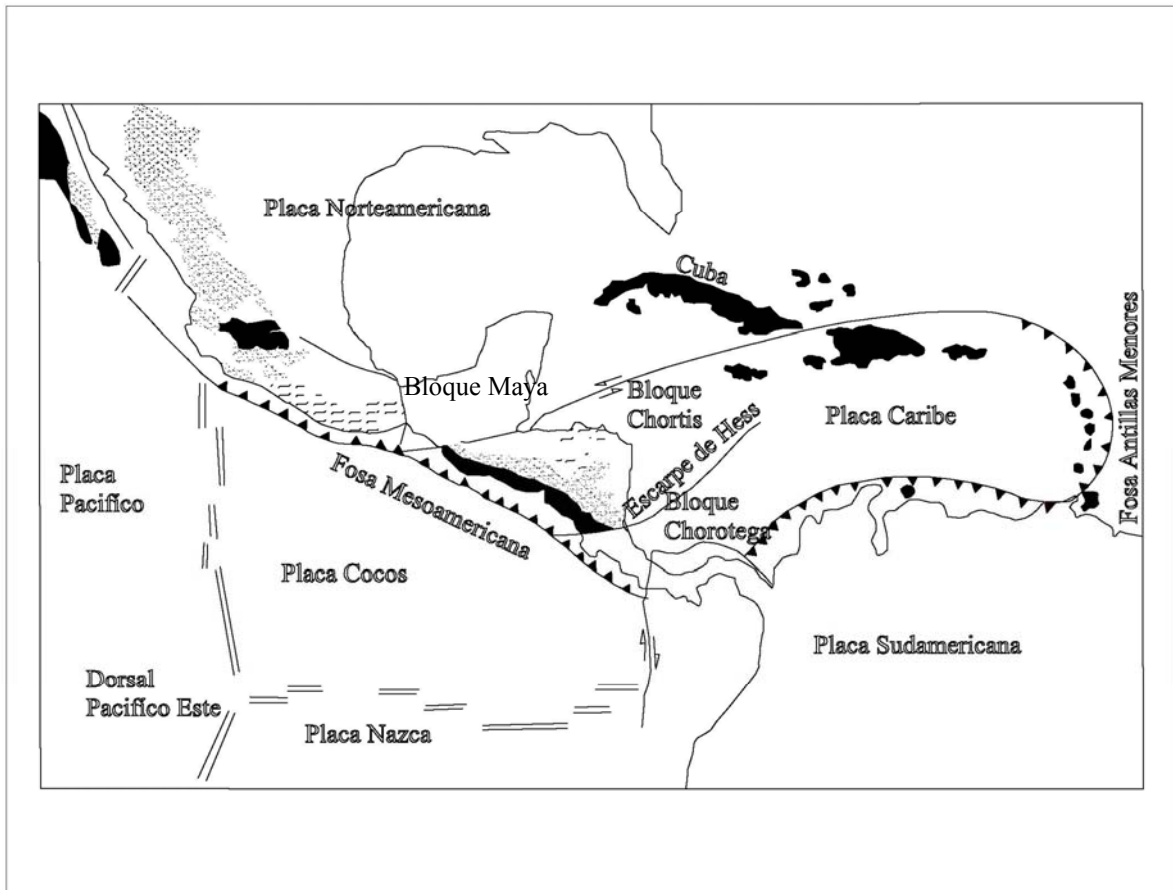


Figura No 7. Rasgos Geotectónicos de América Central y el Caribe. (Molnar and Sykes, 1969; Mann and Buker 1984)

2.7.2 Geología de Nicaragua

Nicaragua está dividida en dos zonas tectónicas diferentes, separadas por una depresión de dirección NO-SE. Las rocas volcánicas Terciarias de Nicaragua ubicadas al E de la depresión se subdividen en tres secuencias distintas. (Figura No 8)

La más antigua corresponde al Grupo Matagalpa, seguida por el Grupo Coyol Inferior y Grupo Coyol Superior. Se considera que hacia el este, en Nicaragua central y en la cercanía de la costa Atlántica aumenta la edad de las rocas volcánicas (pre-Matagalpa). La edad del límite superior de dicho conjunto se

considera como Mioceno Inferior a Medio, mientras que las del Grupo Coyol Superior es Mioceno Superior – Plioceno Medio.

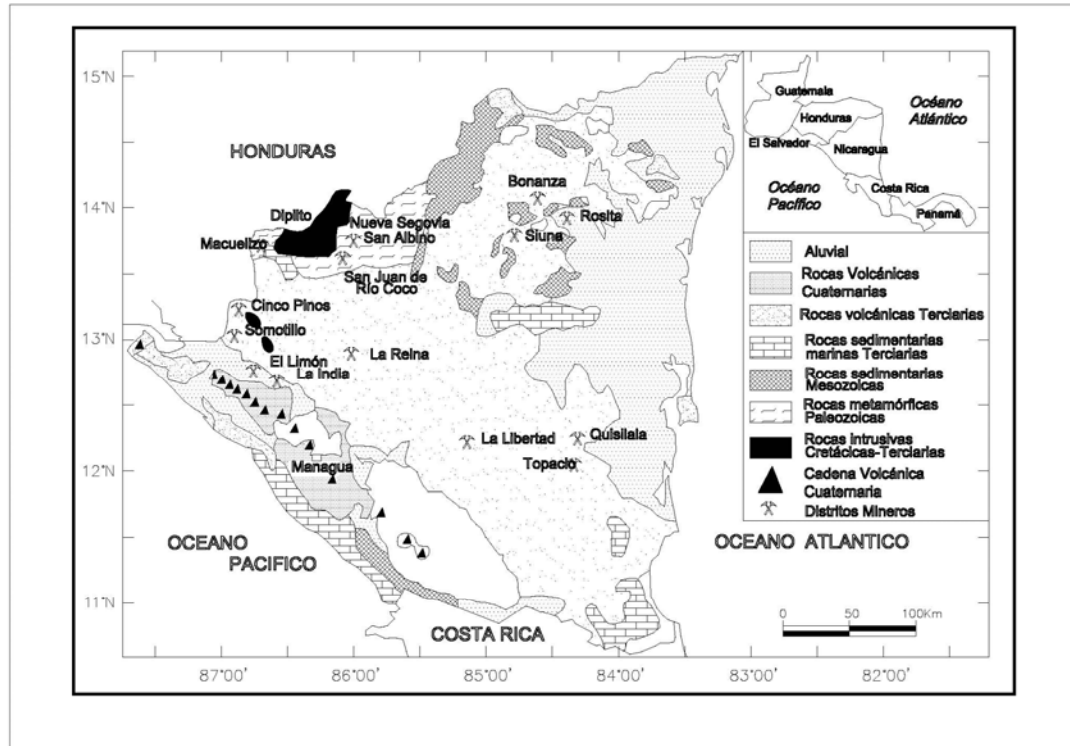


Figura No 8. Mapa Geológico de Nicaragua (Tomado de Rodríguez. D, 1998)

Las rocas sedimentarias de la planicie costera del Pacífico, se depositaron sobre un basamento del tipo complejo Nicoya. La secuencia más antigua está representada por la formación Rivas del Cretácico Superior, seguida por la formación Brito, Masachapa, el Fraile y la formación el Salto del Plioceno.

(Sten-Ake, Elming 1985-Proyecto SAREC. Universidad de Luleá, Suecia)

Los terrenos de las unidades geotectónicas de Nicaragua se dividen en:

- Terrenos Paleozoicos – Mesozoicos
- Terrenos Sedimentarios Terciarios
- Terrenos Volcánicos Cuaternarios

- Terrenos Volcanicos Plio – Pleistocénicos
- Terrenos Volcánicos Terciarios
- Terrenos de Unidades Sedimentarias Cuaternarias

Tectónicamente se han reconocido tres fases de movimiento. Dos de éstas fases están de acuerdo a las ya reconocidas regionalmente para la provincia geológica central de Nicaragua. Una fase intensa que dió origen al graben de Nicaragua y que ha ocurrido durante el Terciario Medio afectando fuertemente a la mayoría de las rocas que dieron origen a las estructuras NO-SE(Lillequist y Hodgson 1983).

Durante esta fase, en varios de los casos, los bloques comprendidos entre las fallas, con capas originalmente horizontales, se inclinaron; debido a lo cual, hay cierta discordancia local entre el volcanismo joven y las rocas volcánicas antiguas o en conjunto están dispuestas con inclinaciones regionalmente bien evidenciadas. Estas estructuras se consideran en sentido regional como fallas longitudinales alineadas paralelas al margen del Pacífico.

Una segunda fase posterior, ocasionó estructuras que presentan rumbo NE-SO o casi perpendicular a las estructuras anteriores. En términos regionales, son fallas transversales que interceptan al Sistema Circum Pacífico. (Stoiber y Carr 1974).
Figura N° 8.

2.7.3 Geología del Área de Estudio

Son tres los episodios volcánicos que acontecen en la orogenia nicaragüense, hasta la formación de diferentes terrenos.

Terrenos ignimbríticos montañosos en el Oligoceno-Mioceno, estos están bordeados a lo largo de la Costa Pacífica por terrenos del Arco Volcánico del Coyol Miocénico, seguido por el moderno Arco Volcánico del Plioceno-Pleistocénico.

El terreno de la Depresión de Nicaragua con sedimentos ínterestratificados y depósitos volcánicos dominan los llanos sur occidentales. Los flujos piroclásticos

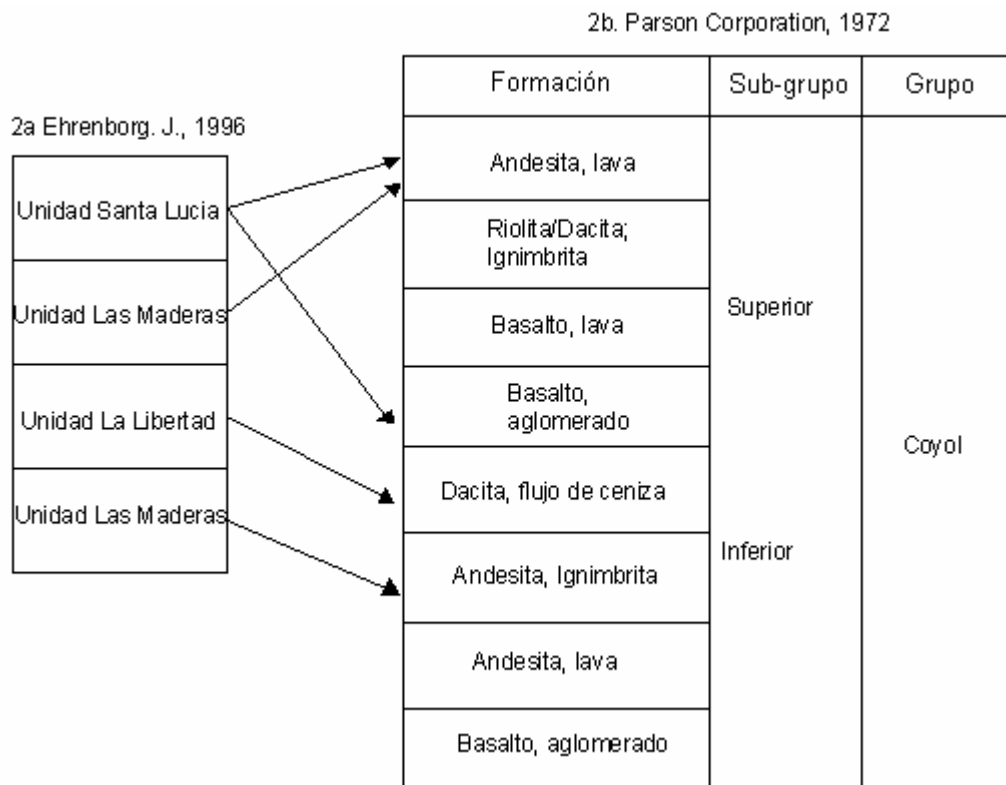
riolíticos hasta dacíticos del Coyol se sitúan al este de dicha estructura. Lavas basálticas a andesíticas, flujos de brechas y conglomerados volcánicos del Grupo Coyol dominan las zonas montañosas nicaragüenses. Las regiones montañosas y colinas están cortadas por valles de orientación NE, las cuales son subyacidas por depósitos piroclásticos silícicos del Matagalpa (Ehrenborg, J, 1996).

A continuación en los Cuadros N° 1 y N° 2; se presentan las relaciones entre el nuevo concepto de estratigrafía señalado por Ehrenborg, 1996 y la vieja estratigrafía señalada por Parsons Corporation en 1972, para lo cual la nueva estratigrafía aborda el área de estudio.

Cuadro N° 1. Nueva Estratigrafía, propuesta por Ehrenborg, J, 1996

NUEVA ESTRATIGRAFIA				
Época		Grupo	Vulcanismo en Estrato-Escudo	Vulcanismo en Escudo Ignimbrítico
Holoceno		Coyol	Unidad Santa Lucia	Unidad Las Maderas
Pleistoceno				
Plioceno				
Mioceno	Tardío		Unidad La Libertad	Unidad Las Maderas
	Medio			
	Temprano			

Cuadro No 2. Correlación Litoestratigrafica Regional, propuesta por Ehrenborg. J., 1996 (2a) y Parson Corporation, 1972 (2b).



La estratigrafía del Grupo Coyol (Parsons Corporation., 1972, Cuadro 2b) es basada en el concepto de ciclos de actividades volcánicas, en el cual cada ciclo se inicia con el volcanismo basáltico, continuando con un vulcanismo andesítico hasta finalizar con un vulcanismo dacítico-riolítico. El primer ciclo fue llamado Subgrupo del Coyol Inferior y el segundo ciclo, Subgrupo del Coyol Superior.

De manera que las evidencias de campo en lo que se refiere a los ciclos volcánicos en la Nueva Estratigrafía nunca demostraron repetición regional litológica y química, por tanto la teoría de la Vieja Estratigrafía es rechazada como tal.

La estratigrafía a detalle (Cuadro N° 2a, y Apéndice A, Figura AG-1, Ehrenborg, J, 1996); para el grupo Coyol está basada en la separación de cráteres, y facies volcánicas medias y distantes. De manera que se identificaron tres tipos de volcanes: domos riolíticos (lava riolítica sub aérea), escudos ignimbríticos (centros

volcánicos riolíticos) y estrato-escudos, [unidades basálticas a andesíticas del grupo Coyol (estrato-volcanes y domos de lavas o plugs)]

El Grupo Matagalpa en la estratigrafía detallada está caracterizado por ignimbritas riolíticas a andesíticas, lapilli acrecionario rico en depósitos de caída piroclástica y raras veces depósitos epiclasticos. Los espesores de este grupo pueden sobrepasar los dos mil metros.

También ocurren alteraciones hidrotermales locales en los sistemas de fallas y fisuras provocadas por la actividad volcánica del Coyol. Algunos plugs ocurren en el Grupo Matagalpa.

Del Grupo Coyol las unidades que se manifiestan en el área de estudio son la Unidad La Libertad, y Unidad de Santa Lucía; (Cuadro N° 2a); representan el 85 % de los terrenos volcánicos en estrato-escudos a pesar de que 15 % en la unidad del cerro Oluma es difícil identificar, esta dificultad es la diferencia de los basalto-andesita entre las unidades Santa Lucía y La Libertad.

La litología de basaltos a basaltos-andesitas de la unidad homogénea de La Libertad, raramente pueden ser identificadas ya que se hace mención de algunos flujos de lava, autobrechas y materiales de salpicadura (conos cineríticos); en contraste con la unidad Santa Lucía representada por litología estrato-volcánica como flujos de lava, laháres, conglomerados volcánicos, y depósitos de caída piroclástica de composición basáltica a andesítica y con menor representatividad flujos lávicos riolíticos a dacíticos, clásticos y domos intra caldera. (Cuadro N° 2a en correlación con Cuadro N° 2b)

Los centros volcánicos de la unidad la Libertad son casi imposibles de identificar, en contraste con los de la unidad Santa Lucía que son caracterizados por volcanes en estrato-escudos, plugs, cráteres y facies medias, flancos empinados, calderas centrales cuyo piso tiene un diámetro de doce kilómetros. (Cuadro No 1)

La actividad del vulcanismo (Cuadros No 1 y No 2a en correlación con cuadro No 2b) en estrato-escudo se inició con erupciones fisurales basálticas asociadas con zonas específicas volcánicas (volcanes en estrato-escudos de la unidad Santa Lucía) donde la actividad volcánica andesítica se concentró. Los estrato-conos

fueron formados en las partes superiores de los grandes volcanes en estrato-escudos. Dichos estrato-conos fueron formados por flujos de lava, brechas, plugs, pómez ignimbríticas y sedimentos epiclásticos todos de composición dacítica hasta riolítica.

La actividad volcánica finalizó con la formación de grandes calderas centrales acompañada de alteración hidrotermal de domos intra-caldera riolíticos y pocos conos cineríticos de composición basáltico-andesítica. Los cambios en el tiempo de actividades volcánicas maficas, intermedias a félsicas (Cuadro N° 2b) son una tendencia general para cada volcán en estrato-escudo. Estas actividades no produjeron horizontes marcados regionalmente y las relaciones de las edades entre los centros eruptivos son desconocidas.

Las unidades de rocas del Mioceno-Tardío-Cuaternario cubren toda la Depresión de Nicaragua y los depósitos Cuaternarios ocurren localmente en las montañas nicaragüenses. Las unidades Miocénicas-Cuaternarias del río Malacatoya incluyen sedimentos no consolidados aluviales, fluviales y lacustres; las unidades cuaternarias del río Grande de Matagalpa en las montañas nicaragüenses incluyen sedimentos aluviales no consolidados, fluviales y lacustres.

Los diques mapeados (Ehrenborg, J, 1996) son 140 de composición basáltica, dos de composición andesítica, uno de composición dacítica y dos de composición riolítica. El mayor número de diques que es del 42 % son subparalelos a la Depresión de Nicaragua de orientación NO, el 20 % son subparalelos a las zonas volcánicas de orientación Este-NE y el 3 % son diques radiales.

Se puede observar en el Cuadro N° 3 como las fallas de orientación NO tienen una alta densidad en el cuadrante Boaco, ¿será que acaso Ehrenborg, J, 1996, clasificó dichas fallas como diques?, es una buena coincidencia de criterios geológicos en la zona pues esto nos permite aseverar también el efecto genético de la Depresión de Nicaragua.

Cuadro No 3. Índice de la densidad de ángulos y fallas. (ver apéndice A, inciso A.1)

Orientación de Fallas geológicas Esc: 1:50 000	Angulo (^o)	Densidad
OON	47	Alta
EEN	61	Media
E-O	0 con respecto al Ecuador	Baja

(Elaboró Buitrago., N. 2005)

Estas orientaciones (cuadro No 3) y localizaciones geográficas de los diques indican una relación genética con dos de tres fases de deformación. Los diques orientados al E-NE pertenecen a la primera fase de deformación caracterizados por juntas dilatación ales NE en strike slip, durante el Mioceno Medio Temprano, los diques dominantes de orientación NO se relacionan con el origen de la Depresión de Nicaragua; y pertenecen a la segunda fase de deformación que es caracterizada por estructuras extensionales NO-SE similares a la Depresión de Nicaragua durante el Mioceno-Medio hasta el Plioceno Temprano, (Weinberg, 1992). Se piensa que muchos de estos diques alimentaron a las unidades volcánicas en estrato-escudos del Grupo Coyal.

Las rocas alteradas por acción hidrotermal, se relacionan en el entorno de los sistemas fisurales y los centros volcánicos de las zonas volcánicas de La Libertad y Las Lajas provocadas por la misma actividad volcánica del Coyal.

Las relaciones entre el Grupo Matagalpa y el Grupo Coyal es que son rocas regionalmente alteradas por las facies zeolíticas (Levy and Nyström, 1987); donde el Grupo Matagalpa presenta un dominio regional mayor que el Grupo Coyal (más local).

Otra diferencia es que el Grupo Coyol presenta un volcanismo en estrato-escudo y volcanismo de domos rió líticos, mientras que el Grupo Matagalpa presenta un vulcanismo ignimbrítico que es menos característico para el Grupo Coyol.

El Grupo Coyol presenta rangos de edades de 4.3 Ma hasta 24.7 Ma y probable 32 Ma; y el Grupo Matagalpa representa edades mayores de 24.3 Ma.

2.8 Dada las características descritas se considera que:

- Desde el medio hidrogeológico se establece la situación hidrogeodinámica en cuanto a la ocurrencia del agua superficial y subterránea en relación con el clima, vegetación, suelo, geomorfología y otros factores que según el alcance del estudio presente; pueda satisfacer la pregunta formulada.
- Con la identificación de fuentes de agua subterránea se establece el potencial del entorno de la ciudad de Boaco en términos de “*recipiente*”; es decir todavía no se llega a una cuantificación; pero se establece una situación del “*imaginario*” de la ocurrencia del recurso hídrico.
- La cuantificación del potencial hídrico de la zona, para una demanda futura es ya el marco de referencia para la planificación ordenada y sistemática en términos de distribución y explotación racional, protección y sostenimiento que permitan un enfoque integral acerca del manejo de cuencas y los aspectos definidos de este concepto.

III. METODOLOGÍA

En este capítulo se presenta la metodología utilizada en el estudio; la secuencia de las técnicas se muestra en el flujograma del proceso metodológico (Figura N° 9), y se ha dividido en las siguientes fases:

3.1 Fase preliminar

Inicialmente una vez identificado y justificado el problema, se procedió a la recolección, revisión, selección e interpretación de datos existentes que fueron suministrados por el ENACAL y el INETER. En esta fase se elaboró el modelo conceptual inicial.

Los datos tratados son de dos tipos: los primeros corresponden a informes existentes, los segundos consisten en parámetros hidráulicos superficiales y subterráneos. Algunos datos geológicos a través de las interpretaciones litológicas registradas y fotointerpretación, pueden asumirse teóricamente.

Los datos geológicos consisten en la visualización macropetrográfica y estructural; para la estructural se aplican los métodos espaciales de diagramas semicircunferenciales ya elaborados y explicados en el apéndice A, inciso A.1.

Para la macropetrografía es indispensable asumir los espesores desde la base cartográfica, en unidades de metros sobre el nivel del terreno (m.s.n.t); ya que con esto se confirman los grosores de los materiales estudiados delimitados.

3.2 Fase de campo

Se realizaron giras de campo para la obtención de datos y la verificación de la confiabilidad, las que incluyeron mediciones de niveles de aguas subterráneas, mediciones de caudales de aguas superficiales en períodos seco y lluvioso; se realizaron pruebas de infiltración de suelos. Se hizo reconocimiento de la geología superficial y la aplicación geofísica.

La aplicación geofísica es explicada tácitamente en el inciso 7.2, la cual consistió en 35 sondeos electromagnéticos aplicados en zonas de fallas para criterios estructurales y en las formaciones geológicas para criterios de espesores.

Es decir la aplicación geocientífica interdisciplinaria obedece a conceptos de determinación de la naturaleza del medio hidrogeológico, y, la identificación de fuentes de agua subterránea para abastecimiento así como su respectiva cuantificación.

- Para la determinación del medio hidrogeológico se consideran las observaciones geológicas en el ámbito de geomorfología, petrografía macroscópica, geología estructural y geofísica.
- En cuanto a la identificación de fuentes de agua; las consideraciones de orden geológicas e hidrogeológicas son relevantes, porque conllevan a la estimación de estas, en términos de fuentes de abastecimiento futuro de la ciudad de Boaco.

3.3 Fase final

En dicha fase se presentan por orden de herramienta auxiliar disciplinaria, los mapas, perfiles, gráficos y figuras en materia de geología e hidrogeología soportado por la discusión de los resultados que afirman la situación geocientífica de los recursos hídricos en el área de estudio.

Es decir se ha correlacionado en materia de geología; la geomorfología así como la litología de los pozos excavados y afloramientos de rocas y de fallas existentes en el campo, con informaciones documentales institucionales.

En materia de geofísica, se logró correlacionar las mediciones y cálculos de las resistividades correspondientes con las rocas en la zona de estudio.

En hidrogeología se logró correlacionar el medio geológico con la potencialidad y situación de los recursos hídricos de la zona en estudio.

De manera que la discusión de estas disciplinas desembocan en una sola correlación que es una respuesta a la escasez de agua, planteada por una gestión institucional de los recursos hídricos.

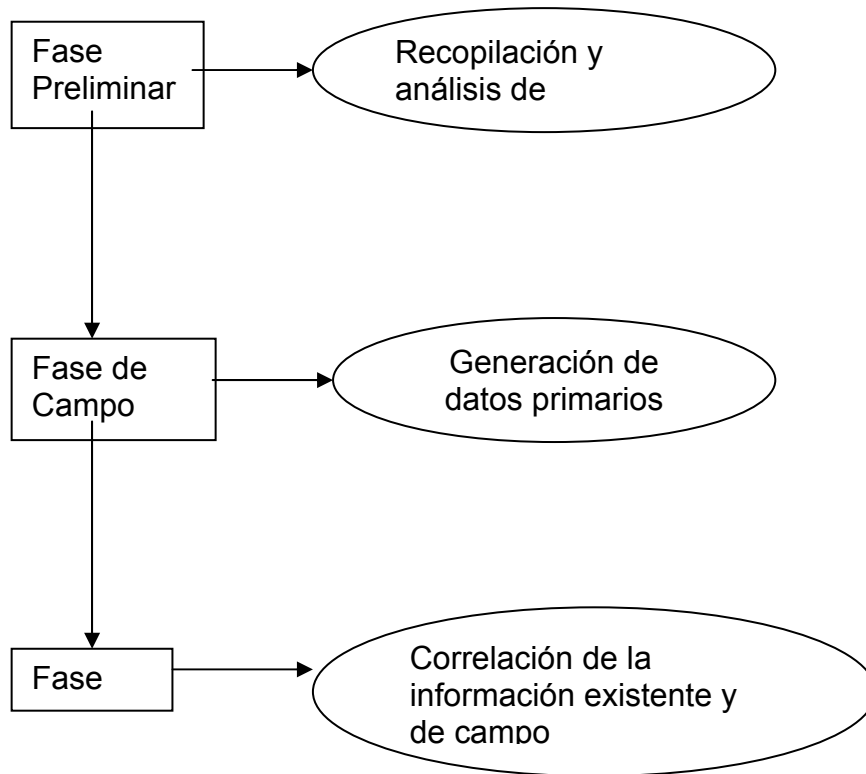


Figura No 9. Flujograma del proceso metodológico

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. Discusión a partir de Ehrenborg, J, 1996 acerca de la geología del área de estudio.

Regionalmente el área de la ciudad de Boaco se sitúa en el extremo SE de la caldera de Santa Lucía y por el alineamiento circular de una caldera resurgente en su borde NO (Apéndice A, Fig.No AG-5). Además, la ciudad de Boaco se encuentra emplazada dentro de una zona de falla orientada hacia el NE, con un desplazamiento aparente extensional y en falla de rumbo (strike slip) donde se encuentra el potencial de agua subterránea que se explota, (Apéndice A, Figuras No AG-4 y No AG-6).

Otra característica de este emplazamiento estructural, es que la ciudad de Boaco también está situada en una especie de fallas en échelon formando un graben y cuyo basamento es la formación Matagalpa.

Otros emplazamientos dentro de la falla NE son los depósitos Cuaternarios estrechados por el carácter geomorfológico en una relación volcano-tectónica de dicho sitio; y depósitos de carácter estrato-cono que pueden ser del Grupo Matagalpa o del Grupo Coyol.

Los valles donde se alojan los depósitos Cuaternarios, tienen una orientación NE provocados por la actividad de las placas Cocos – Caribe cuya ocurrencia se origina en la sección SO del Lago Nicaragua, donde la placa Pacífica se inclina cinco grados más que su sección NO, provocando que el valle de las Cañas no se

desarrolle completamente y que ésta sea una de las razones geológicas de la limitada cantidad de agua subterránea (comunicación verbal con Martínez W,2005).

Por lo dicho anteriormente se presenta en el Cuadro N° 4 y Apéndice A :Inciso A.2 la siguiente propuesta de correlación estratigráfica en el área de estudio con el propósito de poder definir mejor las condiciones hidrogeológicas.

Cuadro N° 4. Propuesta Estratigráfica local por Buitrago, N. 2005.

Edad	Formación	Geología Regional	Geología Local en los alrededores de la ciudad de Boaco
Cuaternario	Formación Cuaternaria	Qa Rocas sedimentarias no consolidadas de tipo aluvial, fluvial y lacustres	Q al- aluvial (arena, limo, bolones) Qr - arcilla Depósitos de carácter fluvial por efecto de la erosión de los ríos de las cabeceras de las cuencas rellenando las planicies y los lados de los cursos fluviales. Q coluvial, al pie de los relieves escarpados como en las márgenes de los valles intramontanos compuestos por guijarros, cascajos y gravas que descienden por efecto de la gravedad. Espesor de Q < 20 m
Terciario	Coyol	Unidad Santa Lucía: Lavas andesíticas, ignimbrítas riódacíticas a dacíticas. Unidad La Libertad: Aglomerados basálticos	Flujos lávicos basálticos (diques) Intercalaciones de aglomerados de composición ácida con flujos andesíticos y basálticos. Espesor promedio Unidad Santa Lucía 444 msnt (metros sobre el nivel de terreno). Esp promedio Unidad La Libertad 540 m.s.n.t

m.s.n.t = metros sobre el nivel de terreno

Terciario	Inferior Medio	Matagalpa	Geología Regional	Geología Local
			Ignimbrítas riolíticas a andesíticas, lapillis acrecionarios ricos en depósitos de caídas piroclásticas	Tommm-Matagalpa indiferenciado (¿tobas aglomeradicas ?) Tommm-Superior Andesita porfirítica-meteorizada interdigitada con basalto afanítico muy denso. Depósitos piroclásticos silícicos del Matagalpa. Espesor promedio 272 msnt

4.1 Hidrología de Superficie

El capítulo esboza la situación de los recursos hídricos en el ámbito de aguas superficiales con el propósito de complementar el panorama potencial en el entorno de Boaco (abordando la parte alta de la subcuenca Fonseca).

Los datos meteorológicos recopilados en INETER presentados en el Cuadro N° 5 corresponden a la estación de Boaco, en un período de 1971 al 2004.

Cuadro N° 5. Datos de precipitación promedio anual en el período de 1971 - 2004 y evapotranspiración real en mm, de la estación Boaco.

Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Suma
P mm	29	14.5	12	22.2	140.1	207.7	167.4	166.1	189.5	191.8	83.5	43	1266.80
E mm	150.9	154.9	199.8	189.2	161.3	122.5	127.3	121.3	119.8	117.2	122.4	126.4	1713

P Precipitación (mm) E Evapotranspiración Potencial (mm)
(INETER, 2004)

Ver Tablas B.3, B.4 y B.5, de Apéndice B.

4.1.1 Ríos

El área de mayor densidad de drenaje es la subcuenca Las Cañas por tener terrenos de carácter de permeabilidad secundaria.

La subcuenca del Fonseca es la segunda de 13 que aportan mayor caudal a la cuenca del Malacatoya, este aporte se debe a que el Fonseca presenta pendientes más abruptas al inicio de su recorrido y cuya subcuenca es de mayor dimensión que la de Las Cañas, aún teniendo igual o menor nivel de permeabilidad secundaria. Razón por la cual, se asume una velocidad de 33 km / hora, del flujo superficial durante lluvias regulares; al iniciar el recorrido entre la ciudad de Boaco y la ciudad de Teustepe donde se une con otro tributario para formar el río Malacatoya.

Es decir en los gráficos N° 2 y N° 3, respectivamente para la subcuenca del Fonseca y Las Cañas, se afirma que el Fonseca aporta un millón doscientos mil metros cúbicos anuales (1,200,000 / año) de caudal con intermitencia actual en el invierno del 2004, y para Las Cañas, setecientos ochenta y ocho punto cuatro

millones de metros cúbicos anuales de caudal con intermitencia actual en la época de lluvia del 2004 (788.4 MMC / año).

La red de drenaje al occidente de la ciudad, tiene como cauce principal el río Fonseca. La cuenca tiene orientación NO respecto a la misma y un área total de 54.05 km² con un escurrimiento teórico de 310 mm / año (Irena, 1986).

La subcuenca Las Cañas tiene un área de 26.9 km².

Se presentan a continuación las características de las dos subcuencas las cuales poseen un drenaje angular a dendrítico.

Cuadro No 6. Características Generales de Las Subcuencas Las Cañas y Fonseca

Subcuenca	Elevación media (metros)	Pendiente (%)	Drenaje (Km / Km ²)	Longitud Total del río (Km)	Escurrimiento Medio (m ³ / s)	Gasto al 95 % de probabilidad (m ³ / s)	Gasto máximo al 1 % de intensidad de lluvia. (m ³ / s)	Fuente
Las Cañas	533	20	0,85	13	0.22	0.05	191.3	INAA, 1984
Fonseca	482	23	0.71 a 0.26	38	0.40	0.09	473	(Gilling R y Gispert A, 1984)

Obsérvese en el hidrograma (Gráfico N° 2 y cuadro N° 7) del Fonseca, como en los anteriores años al 2000 el potencial de dicho río (0.03 m³/ s, hasta 0.5 m³/ s) era evidente; los caudales medios mensuales de aforo en un período de 36 años se mantienen estables, donde se presume que los mayores valores (7 m³/s a 29 m³/s) corresponden a crecidas causadas por huracanes en el año 1968. Para el gráfico N° 3 y cuadro N° 8 de Las Cañas, los valores de estabilidad son de 0.1 m³/ s hasta 0.7 m³/ s y los valores de crecida son de 2 m³/ s a 24 m³/ s; presumiblemente dados los pocos datos encontrados.

Cuadro N° 7 Caudales medios mensuales (m³ / s) de la subcuenca Fonseca.

Meses / años	1968	1969	1972	2001	2002	2004
Enero	nd	0.16	nd	nd	0.09	Nd
Febrero	nd	nd	nd	nd	nd	Nd
Marzo	nd	nd	nd	nd	0.5	Nd
Abril	nd	nd	nd	0.03	0.3	Nd
Mayo	nd	nd	3	nd	nd	Nd
Junio	20	nd	nd	nd	nd	Nd
Julio	17	nd	nd	nd	nd	Nd
Agosto	22	nd	nd	nd	nd	0.5
Septiembre	26	nd	nd	0.3	nd	0.4
Octubre	29	nd	nd	nd	nd	0.3
Noviembre	7	nd	nd	nd	nd	0.03
Diciembre	nd	nd	nd	nd	nd	Nd

Fuente: IRENA,1981

nd: Datos sin aforo, o datos no encontrados

Cuadro No 8. Caudales medios mensuales (m³ / s) de la subcuenca Las Cañas

Meses / años	1980	1981	2004
Enero	nd	2	nd
Febrero	nd	2	nd
Marzo	nd	0.7	nd
Abril	nd	0.1	nd
Mayo	nd	2.1	nd
Junio	nd	nd	nd
Julio	nd	2	Nd
Agosto	nd	12	7
Septiembre	nd	0.4	0.4
Octubre	nd	nd	23
Noviembre	24	nd	Nd
Diciembre	8	nd	Nd

Fuente: IRENA,1981

nd: Datos sin aforo, o datos no encontrados

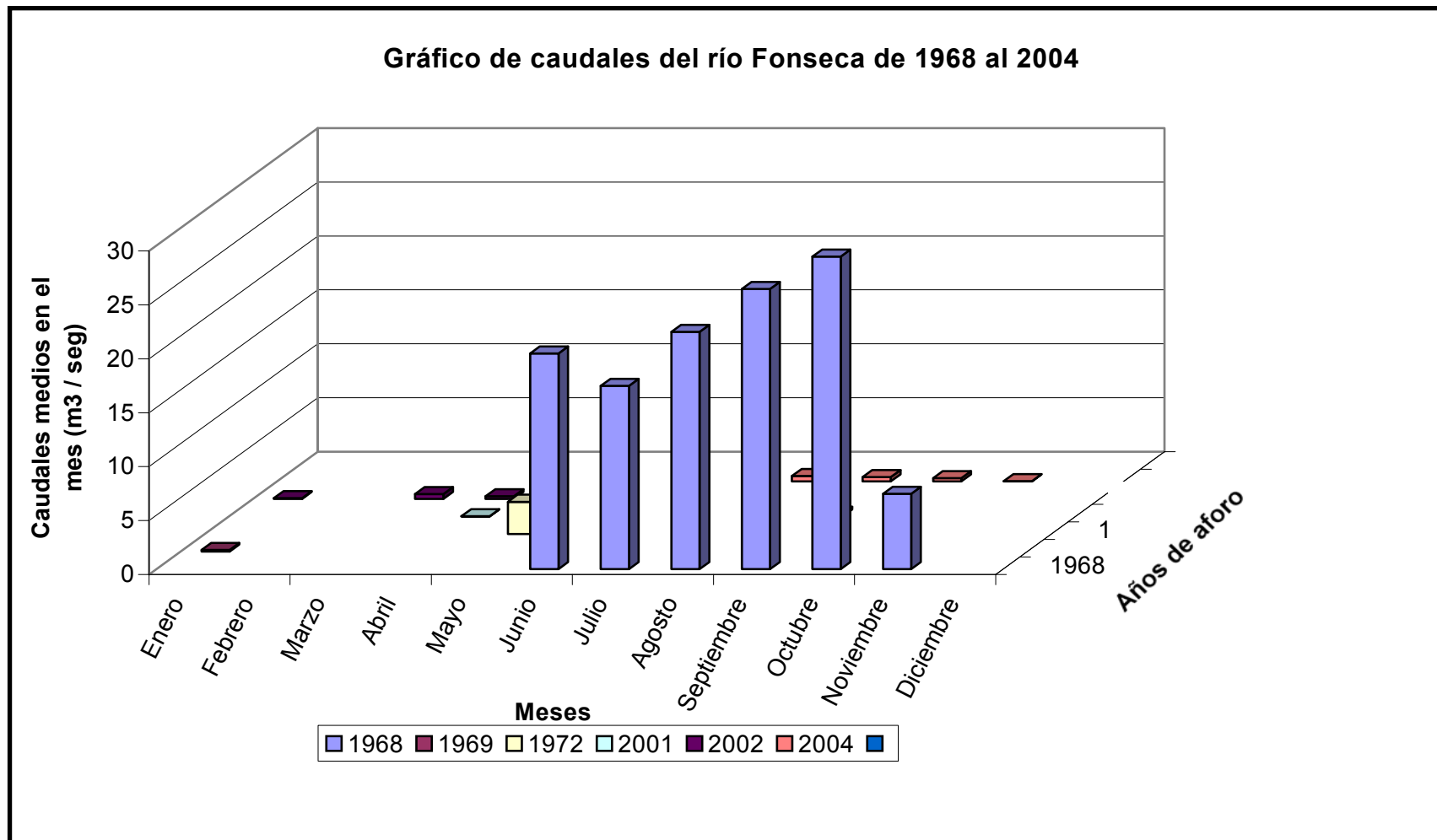


Gráfico N° 2. Caudales Medios Mensuales Río Fonseca 1968-2004 (Modificado por Buitrago, 2005 de IRENA, 1981)

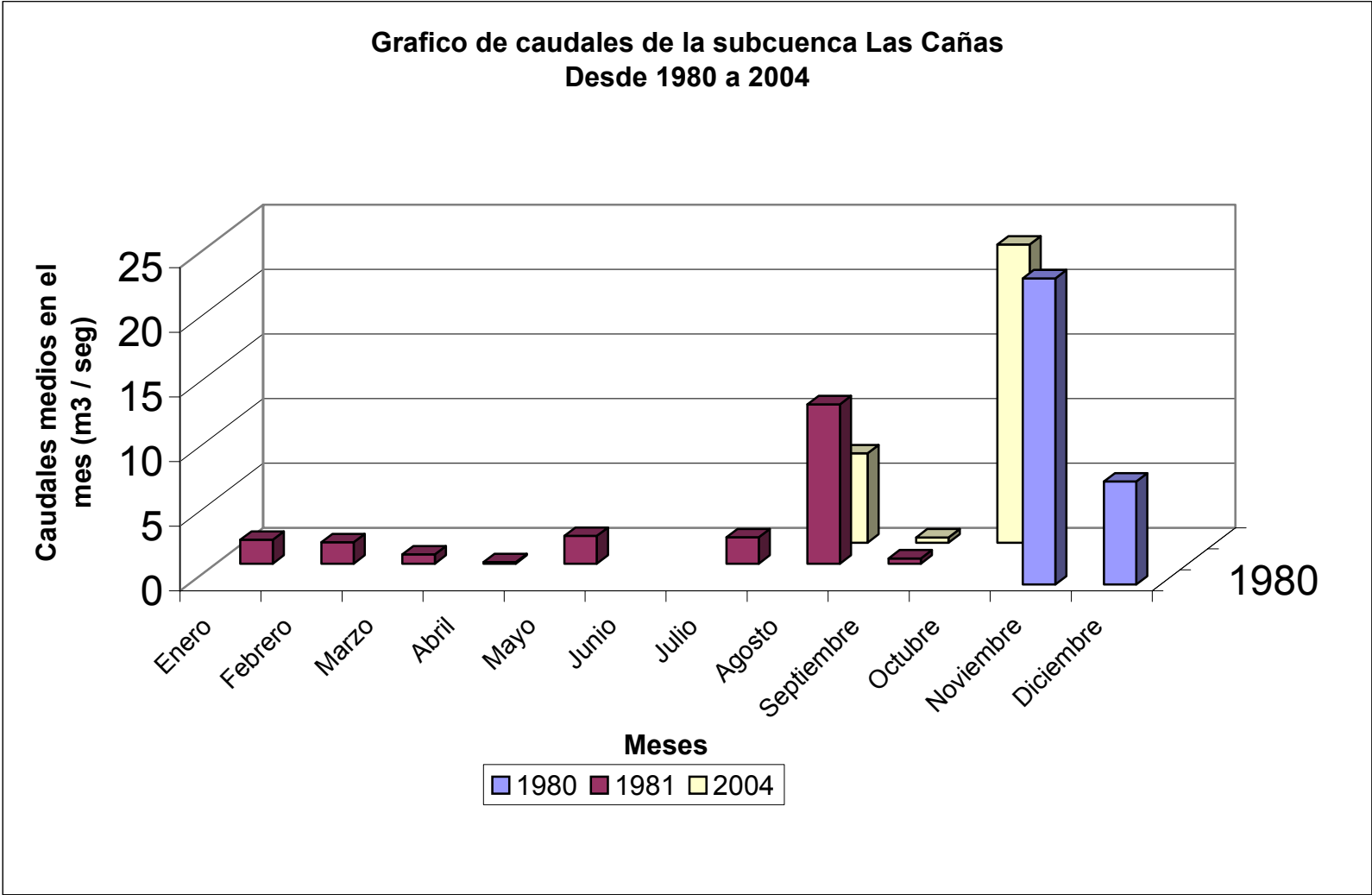


Gráfico N° 3 . Caudales Medios Mensuales Río Las Cañas. 1980-2004. (Modificado por Buitrago, 2005 de IRENA, 1981)

En lo que se refiere a la subcuenca Las Cañas, es una situación similar a la del río Fonseca. Lo importante es que los caudales se mantienen estabilizados, lo cual se debe probablemente a:

- 1 Recuperación natural de los cauces después del huracán Mitch.
- 2 La actitud antrópica ecológica de preservación.

Estos son temas los cuales se tienen que tratar con detenimiento y que no son objeto de estudio de esta tesis. En el apéndice B, tablas B.H.1; B.H.2; B.H.3; B.H.4; se pueden apreciar los caudales calculados y medidos en este trabajo.

4.1.2 Balance hídrico superficial

4.1.2.1 Estimación de los excesos y déficit aplicados a la zona de estudio:

Definición de términos del balance hídrico superficial. (Ver cuadro N^o 9).

Evapotranspiración Potencial (ETP): Es el límite superior de la cantidad de agua que realmente vuelve a la atmósfera por evaporación y transpiración con contenido de humedad y un desarrollo vegetal óptimo, cuya unidad de medida son los milímetros (mm) o pulgadas. Es decir que en el balance hídrico superficial se debe cumplir la condición $ETR \leq ETP$.

Precipitación (P): Es uno de los componentes primarios del ciclo hidrológico como producto de la condensación del vapor de agua en la masa de aire a consecuencia de los cambios de presión y temperatura. Unidad de medida son milímetros o pulgadas.

Almacenamiento (ALMA): Es la reserva de agua utilizada por las plantas

Diferencia de almacenamiento (D-ALMA): Incremento o variación de la reserva de agua utilizada por las plantas.

Evapotranspiración Real (ETR): Es la parte del agua que llega a la tierra, y vuelve a la atmósfera en forma de vapor, directamente por evaporación o, a través de las plantas por transpiración.

EXCESO: Es el excedente de agua que se origina de la escorrentía y la infiltración en unidades de milímetros o pulgadas.

DÉFICIT: Se origina de la demanda a partir del incremento de la reserva de agua utilizada por las plantas.

Los términos de este balance fueron calculados por la tabla del método Thornthwaite – Mather, el cual contabiliza las ganancias de agua por lluvia o riego y las pérdidas por evaporación, escorrentía, drenaje profundo y la variación del almacenamiento de aguas en el suelo. Conocer el balance hídrico de una localidad permite determinar la duración y la magnitud a nivel macroclimático de los periodos con exceso o deficiencia de agua. Se interpreta de la siguiente forma:

El valor de la capacidad máxima de almacenamiento fue de 100 mm, ya que este oscila entre 1 a 400. Y cumple con los valores de la zona en estudio.

La evapotranspiración real ETR (1052.5mm) calculada del método de Thornthwaite – Mather, es mayor en los meses de Mayo hasta Noviembre, entre los años 1971 al 2004.

Para Nicaragua el año hidrológico se inicia a partir del mes de mayo hasta el mes de abril del siguiente año. Ver Cuadro No 9

En mayo cuando se inician las lluvias no hay almacenamiento, es decir la vegetación cuenta con poca reserva de agua; la disminución en la variación de la reserva utilizada por las plantas es uno de los más notorios después del valor que presenta el mes de Abril. $ETR < ETP$, no hay exceso y de hecho el déficit es dado por $ETP > P$

En junio $ETP < P$ para lo cual hay un déficit que se acentúa menos, $ETR = ETP$; el almacenamiento tiende a aumentar, la vegetación cuenta con poca reserva; no hay exceso. La variación de la reserva es mínima.

En julio $ETP < P$ donde hay un almacenamiento que responde a un incremento de variación de la reserva de agua usada por la vegetación, donde hay un exceso mínimo, cuyo déficit permanece estable. $ETR = ETP$.

En agosto $ETP < P$, el almacenamiento permanece igual que el mes de Julio; por lo tanto la oferta de agua permanece igual para la vegetación y el déficit también, el exceso a aumentado, $ETR = ETP$.

En septiembre $ETP < P$, en este caso la precipitación a aumentado con respecto a agosto, sin embargo el almacenamiento y la reserva siguen igual, a aumentado el exceso y el déficit permanece igual. $ETR = ETP$

En octubre $ETP < P$, la vegetación dispone de almacenamiento y la reserva de agua como el déficit permanecen igual al mes de septiembre, aumenta el exceso, y $ETR = ETP$.

En noviembre $ETP > P$ para lo cual ha disminuido el almacenamiento, disminuyendo el incremento de la reserva utilizada por las plantas, $ETR < ETP$. El déficit aumenta y el exceso disminuye.

En diciembre $ETP > P$, es decir el almacenamiento va disminuyendo, y aminora también el incremento de la reserva utilizable por las plantas, aumenta el déficit y el exceso permanece igual que noviembre, $ETR < ETP$.

En enero $ETP > P$, donde el almacenamiento es menor con respecto al mes de diciembre, esto significa mayor disminución del incremento de reserva utilizable por las plantas cuyo exceso permanece igual y el déficit aumento con respecto al mes de Diciembre. $ETR < ETP$.

En febrero $ETP > P$, el almacenamiento ha disminuido notablemente y la disminución del incremento de la reserva utilizable por las plantas es más notorio, donde el exceso permanece igual como en enero, aumentó el déficit, $ETR < ETP$.

Marzo igual que abril presentan una mínima precipitación, esto significa un almacenamiento mínimo y decrece marcadamente en ambos meses la variación de la reserva utilizable por las plantas, el exceso permanece igual y presentan los déficits más altos en todos los meses del año. $ETR < ETP$.

Cuadro No 9. Datos de Precipitación Promedio Anual, y ETR en el periodo de 1971 – 2004, para deducir parámetros del Balance Hídrico Superficial, por el método Thornthwaite – Mather , en la zona de estudio.

Concepto	E	F	M	A	M	J	JL	Ag	S	O	N	D	Total
ETP	150.9	154.9	199.8	189.2	161.3	122.5	127.3	121.3	119.8	117.2	122.4	126.4	1713
P	29	14.5	12	22.2	140.1	207.7	161.4	166.1	189.5	191.8	83.5	43	1260.8
P-ETP	-121	-140	-187	-167	-21	85	40	44	69	74	-38	-83	
ALMA	8	2	0	0	0	85	100	100	100	100	68	29	592
D.ALMA	-242	-382	-569	-736	-757	-16	0	0	0	0	-38	-121	
ETR	50	20.5	14	22.2	140.1	122.6	127.3	121.3	119.8	117.2	115.5	82	1052.5
EXCESO	0	0	0	0	0	0	25	44	69	74	0	0	212
DÉFICIT	100	134	185	167	21	0	0	0	0	0	6	44	657

ETP – Evapotranspiración potencial (mm); P – Precipitación (mm); ALMA – Almacenamiento.

D-ALMA – Variación de la reserva de agua utilizada por las plantas. ETR- Evapotranspiración real (mm).

Sobre la base de este análisis se deduce que hay un alto déficit en los meses de Enero, Febrero, Marzo y Abril entre los años 1971 a 2004, por lo cual se deduce poca disponibilidad de agua a partir de los meses restantes, de manera que se plantea la disponibilidad (V) de agua en el término siguiente:

$$V = P - ETR - ETP$$

Suprimiendo la ETP por no haber una vegetación y una capacidad de campo optimas, se obtiene $V = P - ETR$ $V = 1260.8 - 1052.5 = 208.3$ mm, es decir una baja disponibilidad por año.

Cuya interpretación se puede comparar en el Gráfico N° 4. Es de notar que los datos de precipitación y evapotranspiración potencial en el Gráfico N° 1 del Capítulo 2, alcanzan rangos similares al Gráfico N° 4 calculados en este trabajo.

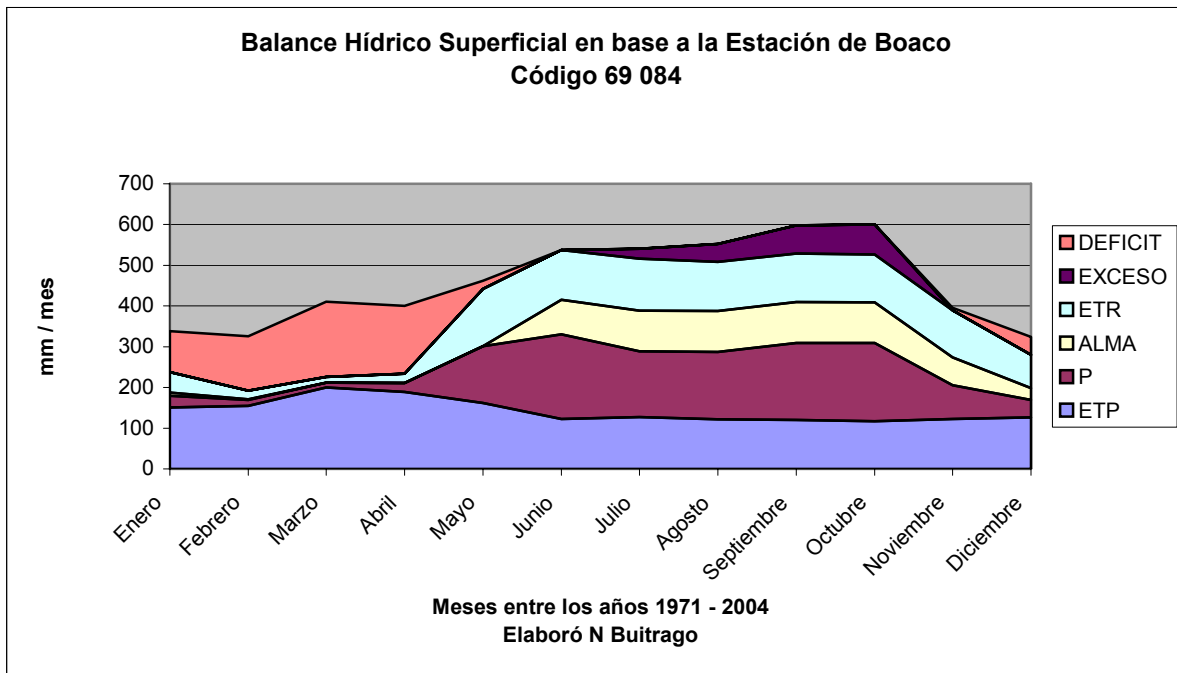


Grafico N° 4. Balance Hídrico con datos de la estación Boaco. Período 1971-2004

El balance hídrico superficial (recarga en zona vadosa), expresa un alto déficit hídrico anual, en los meses de Enero hasta Abril; agudizado por los fenómenos climáticos que se manifiestan en sequías; la evapotranspiración real (ETR), supera anualmente en cinco meses a la precipitación sobre todo en los primeros tres meses de la estación seca; y la evapotranspiración potencial (ETP); supera en el año hidrológico a la precipitación en 7 meses en la estación seca; en el período 1971 – 2004; resultando un balance anual impositivo.

V. USO Y CONSUMO

La población del municipio de Boaco tiene 43,041 habitantes (INEC, 1996); de esa población; la urbana se estima entre 19,517 y 25,000 habitantes.

Según ENACAL 2002; hay una producción actual de 134 l / hab / día para una población servida de agua potable de 71 % (2001) con un cubrimiento de alcantarillado sanitario de 49 %.

El volumen facturado para el 2001, es 531,434 m³ (0.53 MMC / 2001); que representa el 46 % del volumen producido en ese mismo año por todas las fuentes en explotación (987,752 m³ = 0.99 MMC / 2001).

Cuadro N° 10. Consumo reportado para las épocas de 1994-1995 y calculada en el presente trabajo para 2004.

Uso	Consumo	Año	Población	Observaciones	Fuente
Agua potable	512,824 m ³ 513 litros (0.51 MMC / 1994)	1994 - 1995	25,000 Población urbana	mínimo 93 l / hab / día máximo 106 l / hab / día media 101 l / hab / día	UNI, DUT Delmeire J 1995
Agua potable	En área de estudio para 65 fuentes de agua entre pozos y manantiales 7 m ³ / 20000 / día / área de estudio. (2.6 * 10 ⁻³ MMC / 2004)	2004	< 20,000 entre población rural y urbana	Se seleccionó una media de 101 l / hab / día	Tesis 2005

En las observaciones del Cuadro N° 10, se tomó la media de 101 l / hab / día, que corresponde al agua potable suministrada entre 1994 y 1995. En base a este valor se deduce el consumo del año 2004 para la zona en que se inventariaron los pozos.

En lo que respecta al Cuadro N° 10 se corresponde con una población urbana total de 25000 habitantes. Es decir para la década de los años 1990, se asume la misma cantidad de habitantes, con un nivel de cobertura de 62 %.(Cuadro N° 11)

Cuadro No 11. Dato básico de nivel de cobertura (%), para deducir la población urbana y el consumo en litros / habitantes / días entre los años 1990 e inicios del 2000.

Concepto	Año 1994
Población Urbana total	19517
Nivel de cobertura %	60
Coefficiente de pérdidas %	37
Demanda diaria promedio 27.6 l / seg	= 1.6 MMC / 1994

Fuente: INAA 1996

Del Cuadro N° 11 en lo que se refiere a la demanda diaria promedio en 1994 de 1.6 MMC / 1994, se corresponde con el Cuadro N° 30 de la demanda diaria promedio del 2001 de 1.26 MMC / año (Capítulo X).

Cuadro N° 12. Dato porcentual de pérdidas técnicas al sistema, en el 2001, deducido de la diferencia de los volúmenes de producción por todas las fuentes en explotación entre 1996 y 2001 y de la media porcentual del año 1996.

Concepto	Año	%	Fuente
Diferencia entre producción y consumo que constituye el agua no contabilizada y que incluye las pérdidas técnicas al sistema (%)	1996	45	Octubre 1999- Julio 1997 Perfiles de proyecto ENACAL
Diferencia entre producción y consumo constituye el agua no contabilizada y que incluye las pérdidas técnicas al sistema (%)	2001	54	

Volumen producido en 1996, por todas las fuentes en explotación es: 981,432 m³ (0.98 MMC / 1996)

Volumen producido en 2001, por todas las fuentes en explotación es: 987,752 m³ (0.99 MMC / 2001).

O sea que la diferencia de los volúmenes producidos en 1996 y el 2001 representa el 64 %, de manera que para el 2001 (cuadro 12), la ENACAL, evaluó las pérdidas técnicas al sistema de 54 %. Solamente que en el año 1994, el coeficiente de pérdidas representó el 37 % (Cuadro N° 11).

Merece llamar la atención los embalses artificiales utilizados para la ganadería ya que constituyen parte del potencial, los cuales almacenan un volumen menor de 375, 000 m³ (Fig – Ch. 6 apéndice C), que significan para el año 1996 el 41 % y para el 2001 el 40 %, por cada embalse con respecto a los volúmenes producidos por todas las fuentes en explotación.

Por tanto, todos los embalses superficiales multiplicados, constituyen un potencial de grandes proporciones, que pueden aliviar la escasez, si se orientan para ese propósito.

La producción actual de 134 l / hab / día ($4.7 * 10^{-05}$ MMC / hab / año), significa frente al criterio de recarga en la zona vadosa (Balance Hídrico Superficial), tomando en cuenta 7 MMC / año, un porcentaje de 0.0006; ídem para el criterio de recarga más allá de la zona vadosa (Formación Geológica).

En relación a los volúmenes producidos por todas las fuentes en explotación en 1996 y 2001, la producción actual de 134 l / hab / día ($4.7 * 10^{-05}$ MMC / hab / año), significa 0.005 %.

Es necesario agregar que para definir el consumo de agua potable en el área rural y urbana, los pozos son de gran utilidad en los quehaceres domésticos y cotidianos y de la actividad de la agricultura y la ganadería.

VI. HIDROGEOLOGÍA

Este capítulo describe tres temas trascendentales:

En primer lugar el medio hidrogeológico (litologías, estructuras y sus límites, unidades hidrogeológicas que constituyen el acuífero de las subcuencas del río Las Cañas y Fonseca; relaciones agua subterráneas–superficiales y la exposición de otras consideraciones relevantes).

En segundo lugar las condiciones hidrodinámicas como la determinación de los parámetros hidráulicos tales como la transmisibilidad, la conductividad hidráulica, etc.

En tercer lugar el modelo conceptual hidrogeológico basado en los dos temas anteriores.

Es necesario explicar que al aplicar en los dos primeros temas surgió el modelo conceptual hidrogeológico preliminar, el cual se consolidó hasta el ejercicio final de la tesis.

6.1 Medio Hidrogeológico

6.1.1 Litología de pozos perforados

Se seleccionaron los pozos más cercanos a la ciudad de Boaco, a pesar de la carencia de información del sitio, estos han sido utilizados en el presente estudio.

Analizando la litología de los pozos de la subcuenca Las Cañas (valle La Trinidad) se infiere para el sitio donde se encuentran ubicados los pozos B-Santa Blanca 1, B-S Blanca 2, B-S Blanca 3, en los cuales se presenta un banco de arcillas, arenas y limos acumulados sobre ignimbritas con flujos de lavas, pertenecientes al Grupo Matagalpa.

Para los pozos S Blanca 4, S Blanca 5, y el pozo B Hospital presentan una litología de bancos de sedimentos; el pozo Cruz Roja se encuentra en una zona de fractura. (Ver apéndice C, tabla C.1)

Según esta interpretación litológica; para los pozos de la subcuenca del Fonseca, los sedimentos son principalmente arcillas de espesores desde 1.2 a 12.2 metros que se superponen en rocas basálticas. Presentan potencias similares como los pozos de la subcuenca Las Cañas que tienen desde 0.61 m hasta 19.2 m, como se confirma en la Figura N° 10, en los Cuaternarios, por tanto la producción como acuífero, es variable y está limitado por el espesor y extensión.

Para la mejor comprensión litológica – estratigráfica; se correlacionan los pozos del Fonseca y Las Cañas cuyo dominio espacial son las vulcanitas.

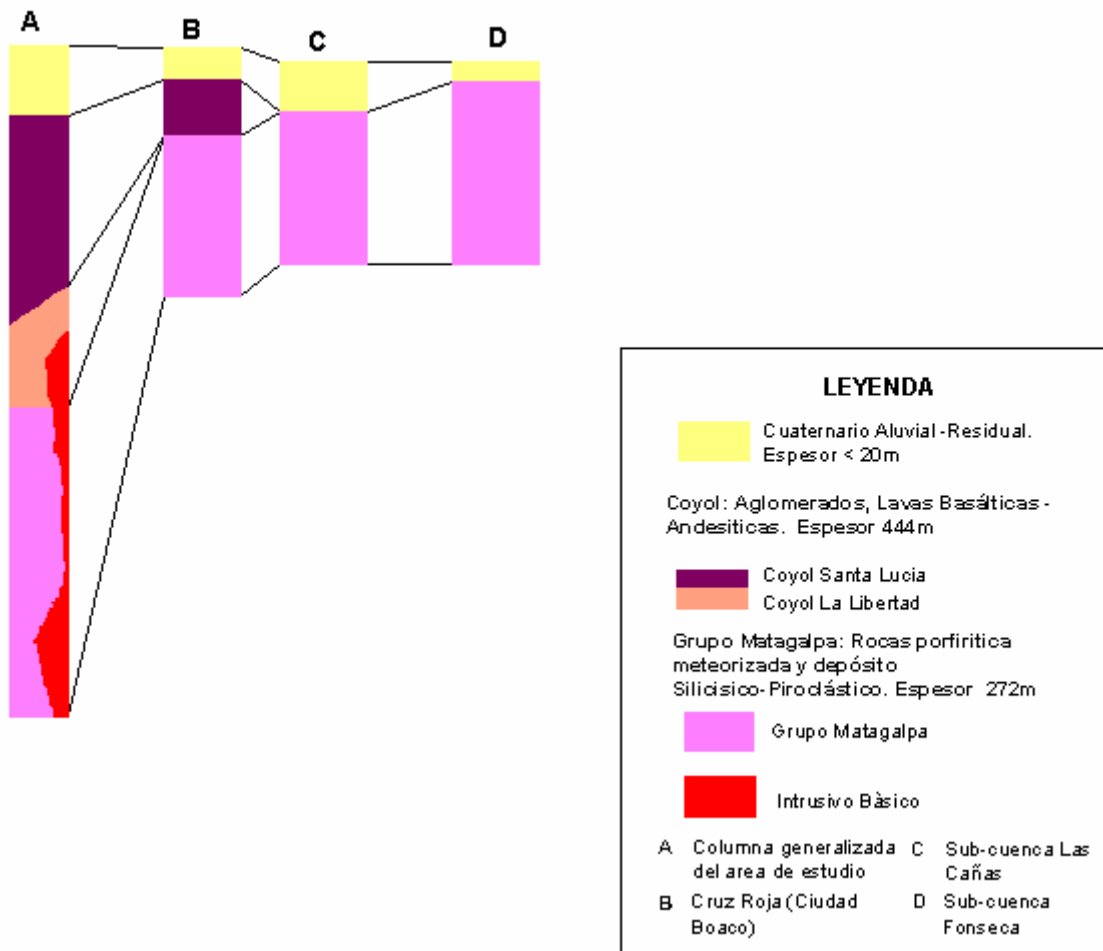


Figura No 10. Correlación estratigráfica circundante a la ciudad de Boaco, (Elaboró Buitrago, N. 2005).

Los espesores Cuaternarios son menores de 20 metros en general, ya que los pozos excavados tienen poca potencia acuífera. Esto se correlaciona con las mediciones geofísicas.

Otra característica observada en el área con respecto a los Cuaternarios (Q), sobre todo en la peniplanicie de Las Cañas; es que los aluviales se alternan con los residuales.

6.1.2 Unidades hidrogeológicas

Las unidades hidrogeológicas del área de estudio son formaciones geológicas, cuyo predominio son las rocas volcánicas Terciarias de tipo ignimbrítico, lavas basalto-andesíticas y aglomerados volcánicos con alternancia en menor escala de materiales Cuaternarios.

Otra característica son las estructuras de tipo extensional y compresional originadas por fases orogénicas, creando sistemas de anticlinorium y sinclinorium con fallas normales y en echelon, ver glosario.

Por tanto estas se clasifican hidrogeológicamente en:

Cuadro N° 13. Clasificación hidrogeológica para definir el uso potencial de las fuentes.

Formación Geológica	Medio Hidrogeológico	Transmisibilidad	Permeabilidad	Subcuenca	Observaciones
Q al – r	Poroso, semiporoso	baja / media	Variable	Las Cañas y Fonseca	Se obtuvieron para las dos subcuencas datos de transmisibilidad (ENACAL) de clase III y IV ; y en esta tesis de IV, III y II que se clasifican según Krásny, para uso local
Unidad Terciaria Santa Lucia (Coyol)	Fisurado / Poroso	baja / media	Variable	Las Cañas y Fonseca	
Unidad Terciaria La Libertad(Coyol)	Fisurado / Poroso	baja / media	Variable	Las Cañas	
Grupo Matagalpa	Fisurado / Poroso	baja / media	Variable	Las Cañas y Fonseca	
Intrusito	Fisurado / compacto	baja / media	Regular	Fonseca	

Fuente: Tomado de Fenzel, N. 1985 y modificado por Buitrago N, 2005, aplicado a la zona en estudio

6.1.3 Características hidráulicas

Según NICASOLUM, 1975; realizó pruebas de permeabilidad de rocas en el lecho del río Fonseca, para lo cual se limita la descripción e interpretación de lo siguiente.

Cuadro N° 14 Valores de permeabilidad en unidad Lugeon, aplicados a diferentes profundidades.

Sondeo	Prueba	Profundidad (m)	Unidad Lugeon
N1	1 ^a	8,2-13.7	0
N2	2 ^a	3.9-7.9	0.30
	2b	10.3-14	0.16
N3	3 ^a	4.5-8.5	2.77
	3b	10-13.7	0.08
N4	4 ^a	5.7-11.2	11
N5	5 ^a	15.24-30.48	1.28

Fuente: NICASOLUM, 1975.

El principio de estas pruebas es someter las rocas a presiones entre 0 a 8 kg / cm², en función del gasto entre 0.01 y 20 l / min.

Lugeon es la unidad que expresa la permeabilidad de la roca, por lo tanto, la prueba 4^a presenta la mayor permeabilidad a menor presión; indica que la roca tiene mayor capacidad reológica y geológica en cuanto a permeabilidad a profundidades someras. Desafortunadamente no hay datos de ubicación de las pruebas, pero se demuestra, que el entorno de la ciudad de Boaco, puede presentar áreas de acumulación de agua subterránea, por lo cual las exploraciones para el aprovechamiento racional son importantes.

Se seleccionó cuatro pozos con información de pruebas de bombeo proporcionadas por ENACAL 2001 y 2002; para lo cual se calculan las transmisibilidades.

Las características constructivas generales de algunos pozos perforados en la zona son las siguientes:

Para el pozo San Cristóbal de las Cañas, se diseñó un diámetro de 4 pulgadas, sin ademe. El equipo de bombeo es sumergible; de dos pulgadas y de 5 HP de fuerza, con generador eléctrico, para los cuales se instaló 61 metros de columna de bombeo.

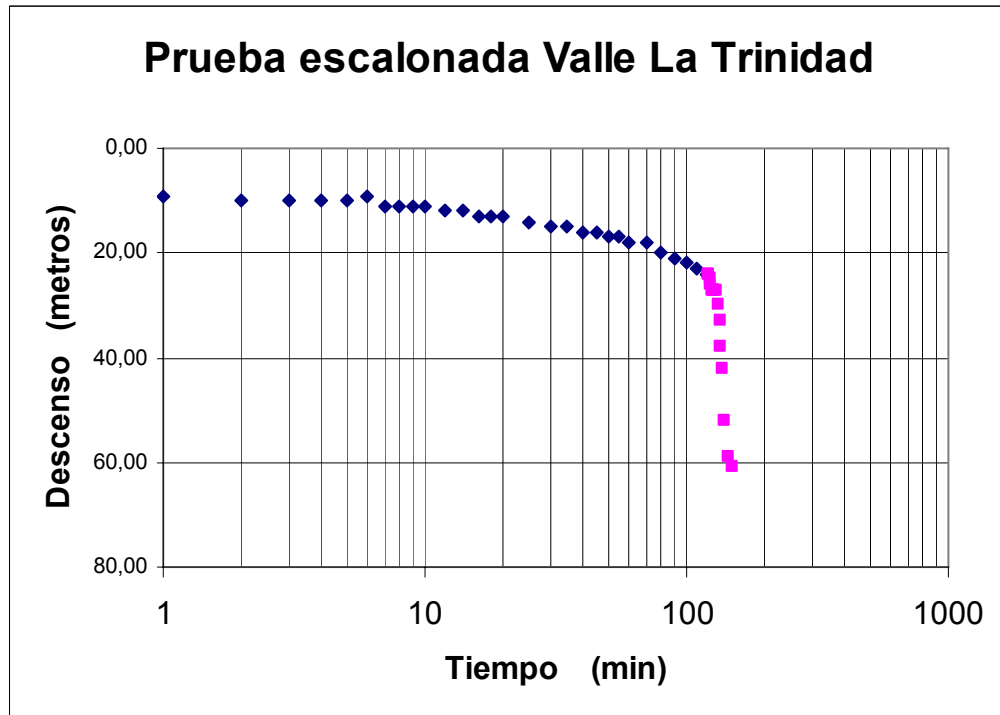
El cuadro N° 15 muestra los detalles de pruebas de bombeo de cuatro pozos seleccionados.

Cuadro N° 15. Datos básicos para la elaboración del gráfico de pruebas de bombeo, y el cálculo de las transmisibilidades.

Profundidad Total del pozo (m)	Nombre del pozo	Diámetro (m)	NEA (m)	Etapas	Duración (minutos)	Caudal (m^3/d)	Descenso (m)	Capacidad específica ($m^2/h/m$)	Nivel Dinámico (m)	Observaciones
82	San Cristóbal – Las Cañas.	0.10	7.52	Prueba definitiva	120	54	1.9	1.19	9.4	Gráfico 5 Se achicó a los 30 minutos de bombeo El bombeo idóneo es de $54 m^3/d$
19.2	Santa Blanca 4 – Las Cañas.		5.4	Prueba definitiva	40	108	8	5.6	13	Gráfico 6
19.5	Santa Blanca – Las Cañas.		5.2	Prueba definitiva	1440	218	7	1.31	12	Gráficos 7 y 8. Se estima el ascenso de 6.1 metros Y tiempo de 220 minutos
108	Pozo perforado # 6 del Fonseca	0.20	2.4	Prueba definitiva	90	52.24	24.1	2.17	26.5	Gráfico 9 y 10 Para el ascenso se contempla 25 metros y tiempo de 50 minutos

Fuente: ENACAL 2001 Y 2002 (Modificado por Buitrago, N. 2005. De Suárez, M.; Berríos, B. 2001 y Munguía, F. 2002).

RESULTADOS DEL CUADRO N° 15



(Modificado por Buitrago, N. 2005. De Suárez, M. y Berríos, B. 2001)

Gráfico No 5. Prueba escalonada y en descenso de bombeo en pozo San Cristóbal – Las Cañas

Se estima la transmisibilidad por la omisión de la proyección de rebajamiento en consideración que el bombeo idóneo es de $54 \text{ m}^3 / \text{día}$, de acuerdo con la prueba definitiva; de manera que la transmisibilidad se formula con las condiciones de no equilibrio por el método de Jacob que se define:

$$T = 0.183 \cdot Q / s$$

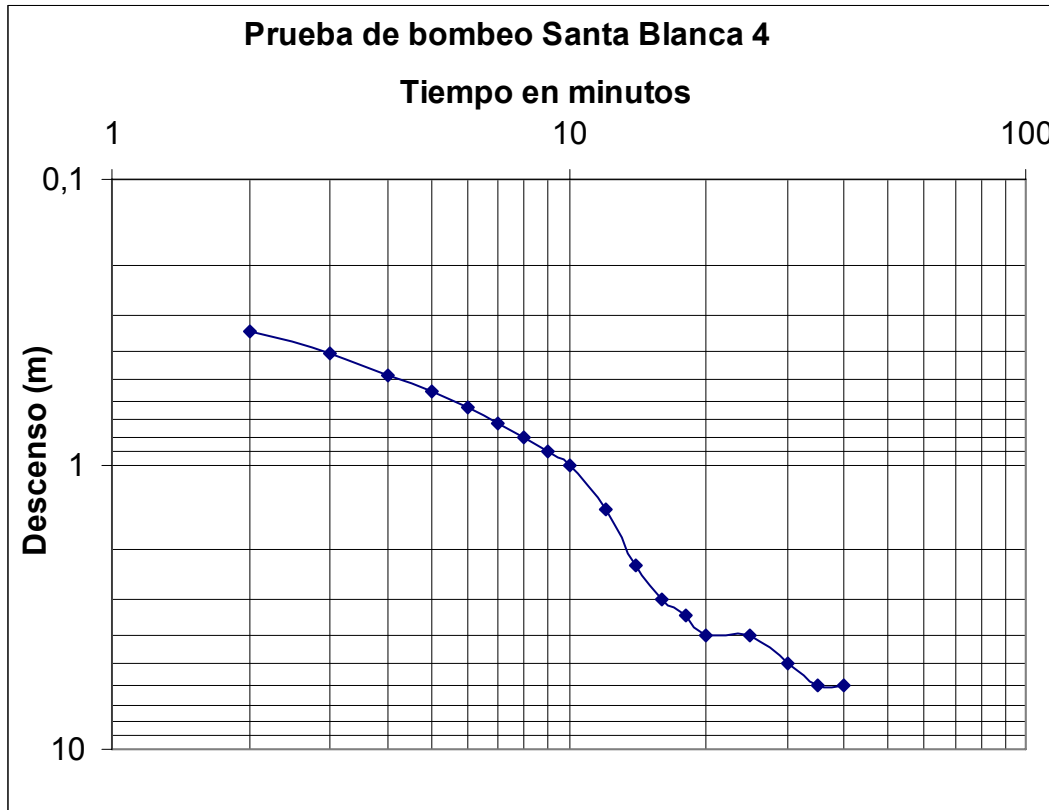
T - Transmisibilidad ($\text{m}^2 / \text{día}$)

Q – Caudal ($\text{m}^3 / \text{día}$)

s – Descenso (m)

Se obtiene entonces que la $T = 1.1 \text{ m}^2 / \text{día}$.

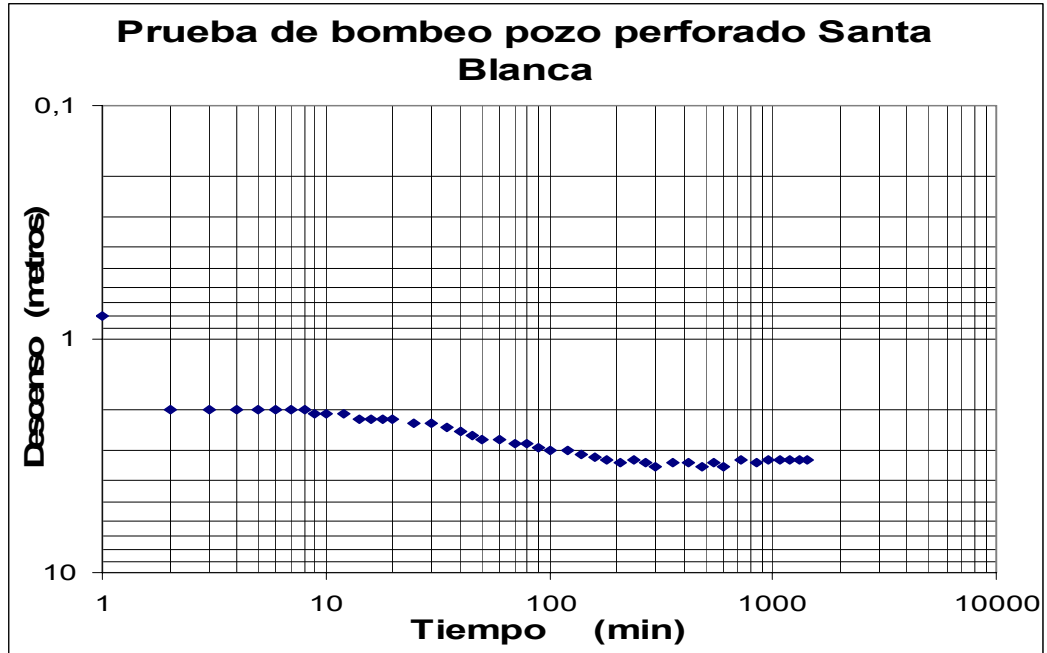
Puede observarse asimismo en el gráfico N° 5; que después de 120 minutos, el comportamiento del descenso tiene una tendencia de haber encontrado una barrera hidráulica, por encontrarse en una zona de falla.



(Modificado por Buitrago, N. 2005. De Suárez, M. y Berríos, B. 2001)

Gráfico No 6. Prueba de bombeo en descenso, pozo perforado Santa Blanca 4 (valle Las Cañas)

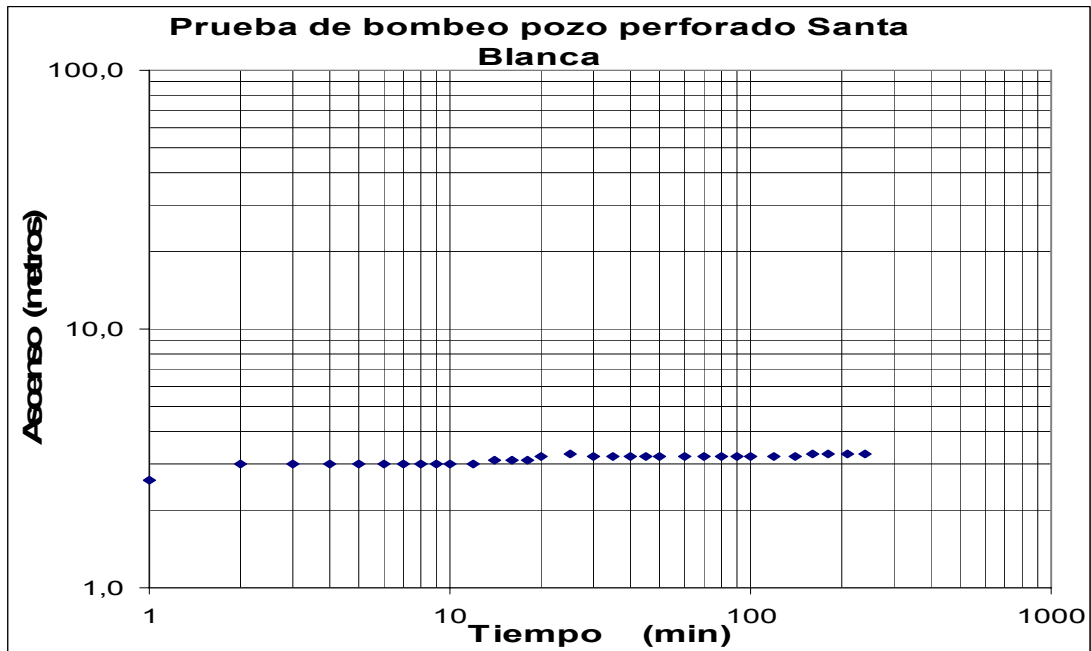
$$T = 4.1 \text{ m}^2 / \text{día}$$



(Modificado por Buitrago,N. 2005. De Suárez, M. y Berríos, B. 2001)

Gráfico No 7. Prueba de bombeo en descenso pozo perforado Santa Blanca (valle Las Cañas)

$T = 39.8 \text{ m}^2 / \text{día}$

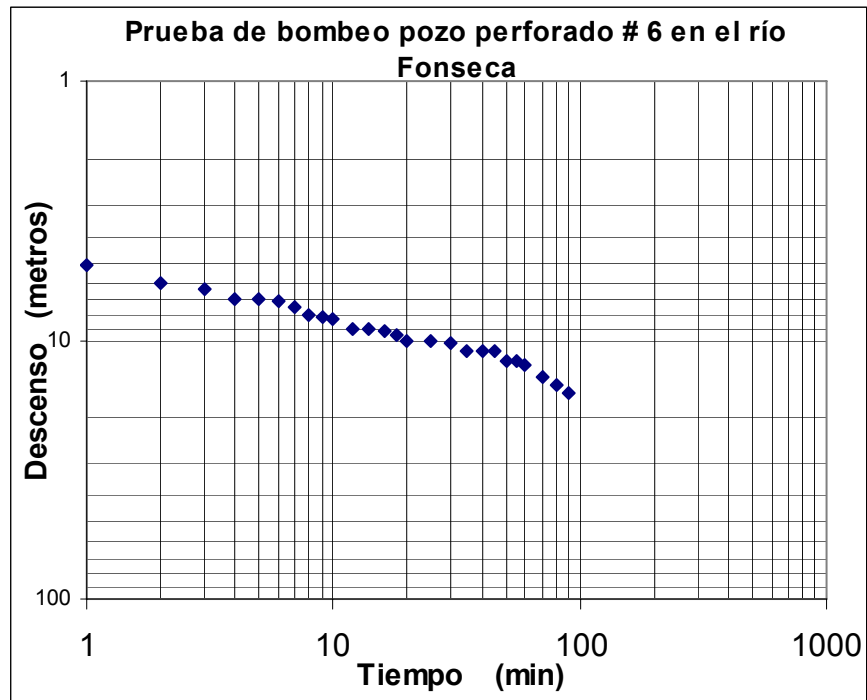


(Modificado por Buitrago,N. 2005. De Suárez, M. y Berríos, B. 2001)

Gráfico No 8. Prueba de bombeo en ascenso pozo perforado Santa Blanca-Las Cañas

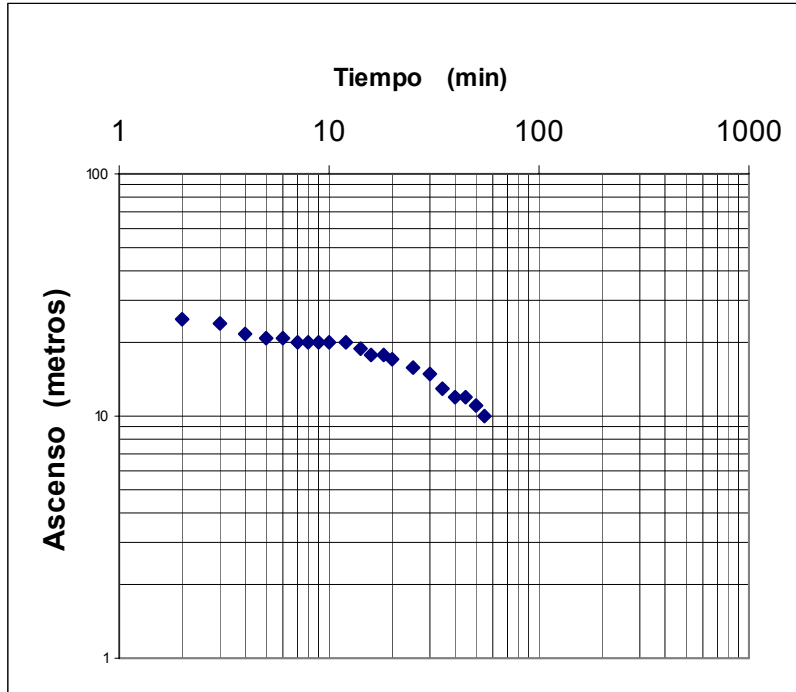
$$T = 133 \text{ m}^2 / \text{día}$$

Para el pozo perforado # 6 [Coord E 643000, N 137900 (gráfico No 10)] del Fonseca; una vez cesado el bombeo, se registraron 60 minutos de recuperación de niveles, quedando 8 metros de depresión residual. Según el registro de pruebas, el agua inicio a salir caliente a las cuatro horas y salió más caliente aún después de nueve horas continuas, hasta el final de la prueba.



(Modificado por Buitrago, N. 2005. De Berríos, B y Munguía, F. 2002)

Gráfico No 9. Prueba de bombeo en descenso, pozo perforado # 6 en el río Fonseca
 $T = 328 \text{ m}^2 / \text{día}$



(Modificado por Buitrago, N. 2005. De Berríos, B y Munguía, F. 2002)

Gráfico No 10 Prueba de bombeo en ascenso de pozo perforado # 6 en el río Fonseca

$T = 24 \text{ m}^2/\text{día}$

Es importante anotar que para las pruebas de descenso y ascenso (gráficos N° 9 y N° 10) del Fonseca en un período de 50 minutos el descenso es mayor (12 metros) que el ascenso (10 metros). Así el descenso y el ascenso (gráficos No 7 y No 8) en el acuífero de Las Cañas es de igual valor de 3.3 metros con diferencias de tiempo substanciales de 1440 minutos y 240 minutos respectivamente cuyo aspecto se debe a las propiedades reológicas y geológicas del acuífero.

En relación a las propiedades reológicas, es necesario recordar que alguno de los pozos bombeados por ENACAL, se sitúan en lentes arcillosos, dado que la masa del cuerpo de agua ejerce un peso, la lente se dilata (propiedades reológicas) de manera que el valor del descenso es mayor y puede ocupar mayor tiempo al evacuar la superficie del cono de deyección.

El Cuadro N° 16 muestra las características hidráulicas de pozos perforados en la subcuenca Las Cañas y Fonseca; obtenidas de ENACAL e INETER.

Cuadro 16. Datos originales de transmisibilidad, de ENACAL e INETER.

Cuenca	Descenso (m)	Capacidad Especifica m ² /h/m	Fecha de Prueba	NEA m	Caudal m ³ /h	Duración Min	Transmisibilidad M ² / d	Profundidad total m	Fuente
Las Cañas	nd	nd	20-09-1973	5.5	5.6	nd	3.28	19.2	INETER
Las Cañas	nd	nd	24-08-1973	nd	9	40 descenso		nd	INETER
Las Cañas	nd	nd	24-08-1973	3.7	9	1440 descenso	62.2	19.5	INETER
Las Cañas	nd	nd	10-05-2001	7.5	2.71	150	0.539	82	ENACAL
Pozo PE Fonseca	nd	nd	10-01-2001	nd	0.0289	40	20.72	nd	ENACAL
Pozo PE Fonseca	nd	nd	10.01-2001	nd	0.0289	420	81.71	nd	ENACAL
Pozo San Cristóbal Las Cañas	8	0.11	30-05-2001	9.4	2.70	150	0.89	82	ENACAL
Fonseca	0.71	3	11-10-2001	nd	2.5	40	51.2	nd	ENACAL
pp # Fonseca	nd	nd	15-05-2002	2.4	0.604	1590	25.60	108	ENACAL
pp # 6 Fonseca	nd	nd	Junio 2002	2.4	0.604	60	19.34	108	ENACAL

nd – Dato no obtenido

En las conclusiones de los análisis de pruebas de bombeo, para el pozo con fecha 30-05-2001. El ENACAL determinó que es improductivo debido al descenso brusco del nivel de bombeo. Lo cual indica que el pozo San Cristóbal – Las Cañas, está conectado con alguna fractura, ya que se encuentra en el borde SE de los sistemas originados por la falla NE (fig No 13, sección C-D) que cruza la zona de estudio, o bien por la

alternabilidad de material permeable, (sondeos que miden la heterogeneidad del medio. BA4, BB2, CB2, CB1 y BB3, fig No 13)

Para el pozo con fecha 15-05-2002 que pertenece a la subcuena de río Fonseca, se determinó por la capacidad específica, proyectada a 50 horas de bombeo continuo con $1.86 \text{ m}^2 / \text{h} / \text{m}$ que está dentro del rango de pozos de uso comunitario, cuyo valor está representado para rocas fracturadas de 61 a 91 metros de profundidad, evidenciado por anomalías térmicas.

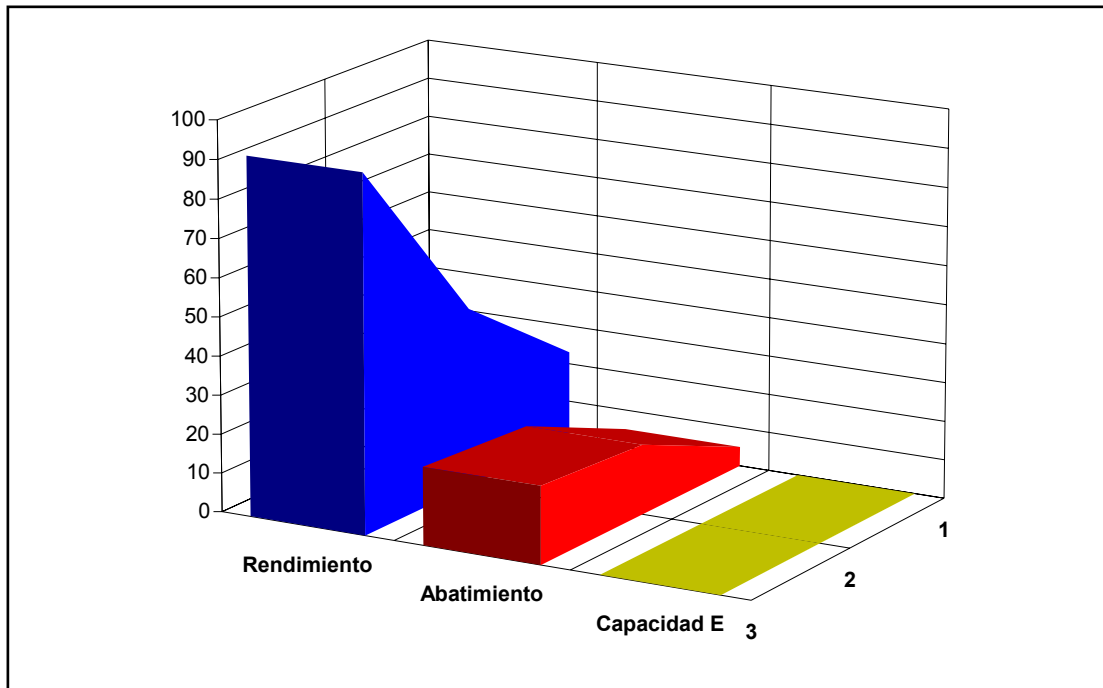
Es decir pozos como éste con un régimen de bombeo de 6 horas continuas proyectado para 0.5 año sin recarga y con un caudal de $90.8 \text{ m}^3/\text{h}$ (proyección de rebajamiento) dan claros indicios de fuentes de agua aprovechables localmente.

Otros pozos exploratorios en las riberas del Fonseca, publicados por ENACAL en Octubre de 2001 y con fecha 10-01-2001, de acuerdo a los gráficos semilogarítmicos por el método de Theis, sugieren que las curvas de abatimiento versus tiempo muestran un comportamiento sin interrupción sobre la base de pruebas de bombeo de 40 minutos y 420 minutos, por lo cual expresa un medio homogéneo en donde no se encuentran barreras hidráulicas ni recargas.

Al analizar la relación, entre los caudales, descensos y capacidad específica, de los cuatro pozos presentados en los cuadros No 17a y 17b , existe la tendencia a nivel porcentual de que aumenta el rendimiento, igual el abatimiento cuya capacidad específica es constante, significa que los mantos acuíferos de estos pozos se comportan como artesianos y con flujo laminar. (Gráficos No 11a y No 11b)

Cuadro No 17a. Comparación porcentual entre el rendimiento, abatimiento y capacidad específica. (Datos según Berríos, B. 2001 y modificados por Buitrago, N. 2005)

Rendimiento o caudal en %	23	46	92
Abatimiento en %	5	18	20
Capacidad Específica en %	0.013	0.023	0.05



(Datos según Berríos, B. 2001 y modificados por Buitrago, N. 2005)

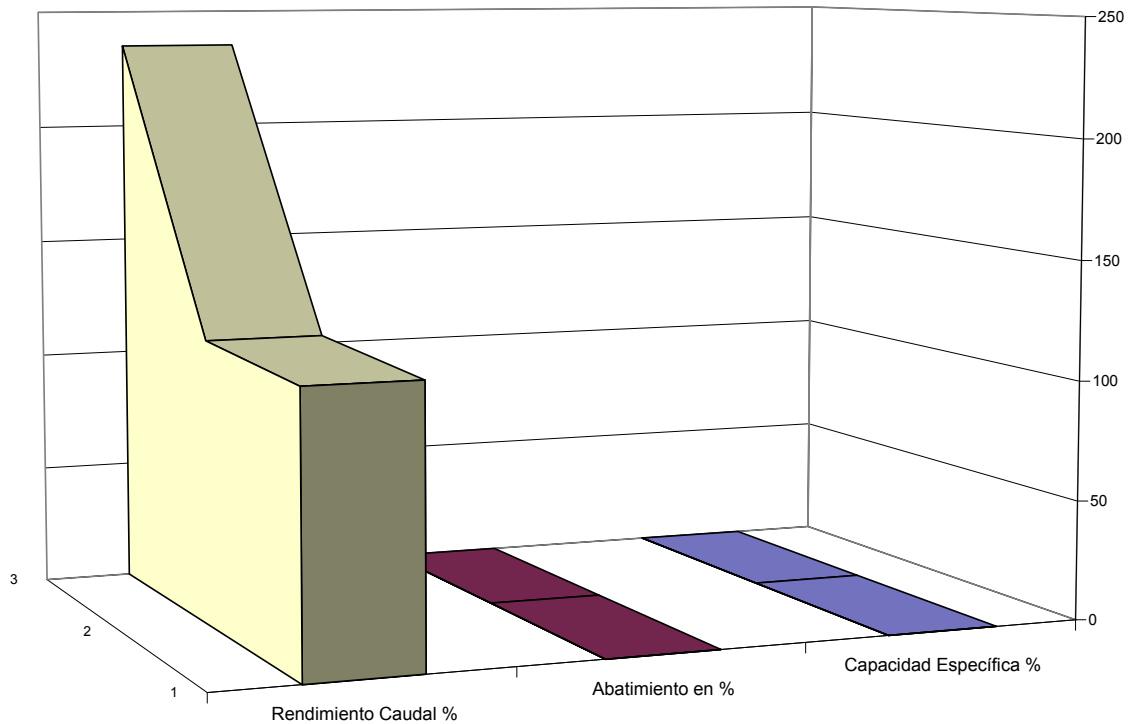
Gráfico No 11a. Comparación porcentual entre el rendimiento, abatimiento y capacidad específica

Cuadro No 17b. Comparación porcentual entre el rendimiento, abatimiento y capacidad específica.

(Datos según Valdez, B. 2005 y modificados por Buitrago, N. 2005)

Rendimiento o caudal en %	114	118	235
Abatimiento en %	0.46	1.7	1.9
Capacidad Específica en %	0.03	0.03	0.12

Obsérvese en los cuadros 17 a y b y los gráficos 11 a y b; que los parámetros dados por dos autores conservan la misma proporcionalidad, es decir que los valores mínimos corresponden a la Capacidad Específica, los valores intermedios al Abatimiento y los valores máximos al Rendimiento o Caudal afirmando de esta manera el enunciado del artesianismo.



(Datos según Valdez, B. 2005 y modificados por Buitrago, N. 2005)

Gráfico No 11b. Comparación porcentual entre el rendimiento, abatimiento y capacidad específica

6.1.4 Hidrodinámica

El movimiento del agua subterránea, en realidad tiene carácter subsuperficial, en la formación Terciaria y Cuaternaria, en dependencia de las condiciones climáticas, geomorfológicas y geológicas. Pero incide grandemente en lo que respecta a la formación Cuaternaria, cuyo espesor no alcanza los veinte metros.

La Tabla C.3 del Apéndice C; ilustra las fluctuaciones de los niveles medidos en este estudio durante el invierno y el verano del 2004.

El aspecto de fallas y fracturas, en el Terciario y Cuaternario, que acumulan agua, es condicionado por la descomposición mineral en las profundidades de las mismas, para la circulación o bien obstaculizando.

En las formaciones Terciarias donde existen fallas y fracturas, o bien un escombramiento de dichas rocas, debido a los fenómenos atmosféricos; la ocurrencia de manantiales en el área tiende a ser subsuperficial.

6.1.4.1 Relación agua subterránea y agua superficial

Según el mapa de puntos de agua e isopiezas (Fig No 11); se afirma que el río Las Cañas y el Fonseca son efluentes alimentados por aguas subsuperficiales a través de los manantiales.

Desafortunadamente, esto no se comprobó con los accesorios piezométricos instalados en el río Fonseca por la geología misma del sitio; pero en Las Cañas (Coordenadas E: 656000 y N:138800) se practicó infiltración en el lecho del cauce principal; donde en determinado punto se calculó una velocidad (V) de $2.9 \cdot 10^{-08}$ m / seg; una conductividad (K) de $1 \cdot 10^{-08}$ m / seg; caudal (Q) de $4 \cdot 10^{-08}$ m³ / seg.; $i = 2.9$

Estos parámetros fueron calculados por las fórmulas de las leyes de Darcy.

$$V = K \cdot i$$

V – Velocidad (m / seg)

K – Conductividad hidráulica (m/ seg.). Dado por el tipo de material del lecho del cauce.

i – Gradiente hidráulico (adimensional)

$i = \Delta h / \Delta L$ (Δh – diferencia de altura de sección y

ΔL – diferencia de longitud de sección)

$Q = V \cdot A$ - (m³ / seg) donde $A = 0.12$ m²

Q – Caudal (m³ / seg)

K – Conductividad hidráulica (m/ seg)

i – Gradiente hidráulico (adimensional e idem a la formula anterior)

A – Área de la sección (m²)

Ver Tabla D.9 del apéndice D

En la Tabla C.2, Apéndice C; en los alrededores de la ciudad de Boaco se inventariaron 41 pozos, de los cuales 9 pertenecen al municipio de Santa Lucía de la subcuenca Fonseca, 4 pozos perforados fueron reconocidos en el campo. Asimismo fueron inventariados 22 manantiales de los cuales 2 pertenecen a Santa Lucía.

La fluctuación del agua en los pozos excavados está entre 0 a 14 metros, en la época lluviosa a la seca. (Ver tabla C.3. Apéndice C)

Desde los años de 1973 hasta 2002 (Tabla C.2. Apéndice C), se registran profundidades de agua de 2.4 hasta 76.2 metros, en pozos perforados de la época lluviosa a la seca. En 32 años, los niveles durante las épocas mencionadas, se mantienen estables.

En el Apéndice C, Tabla C.2, se muestra el inventario de pozos perforados históricos de informes de ENACAL que no se reconocieron en el campo.

El mapa piezométrico, se obtuvo de los niveles de agua de los pozos mostrados en el cuadro 18, por considerarse representativos del área y seleccionados de la Tabla C.2. Apéndice C,. Las distancias horizontales entre ellos son de 1 a 2 km ya que no hay uniformidad de distribución.

Cuadro N° 18. Selección de pozos de la tabla C.2. Apéndice C; para la elaboración del mapa piezométrico de la zona en estudio.

Tipo de fuente	Coordenadas		Fecha	Prof M	Altura M	Nivel Freático m.s.n.m	Hoja Topo	Carga msnm	Usos
	E	N							
PP 6	643000	137900	16-05-002	109	332	3	Boaco	329	Comunitario
PP	647899	1380246	03 o 05-2002	51.8	380	4	Boaco	376	NRC
PP M-136	645700	1378900	22-11-2001	51.8	378	10	Boaco	368	Cruz Roja de Boaco
PP VII	644800	1376200	6/5/1995	60.96	378	40	Boaco	338	NRC
PP Hospital	645000	1378150	27-03-1989	91.46	320	8	Boaco	312	NRC
PE	651566	1374096	11-03-004	3.94	449	4	Boaco	445	D
PE	645997	1377410	22-10-004	3.12	416	3	Boaco	413	D
PE	646666	1376139	22-10-004	2.61	449	1	Boaco	448	D
PE	650464	1377896	22-10-004	14.25	549	7	Boaco	542	D
PE	651827	1375802	20-10-004	2.77	569	1	Boaco	568	D
PE	650464	1377896	22-10-004	14.73	601	8	Boaco	593	D
PE	653148	1378666	10-03-004	7.91	425	5	Boaco	420	D
PE	651748	1379582	20-10-004	6.77	444	3	Boaco	441	D
PE	651679	1380191	20-10-004	8.04	402	6	Boaco	396	D
PE	651109	1380759	20-10-004	8.3	391	8	Boaco	383	D
PE	652628	1381617	20-10-004	2.2	379	1	Boaco	378	D
PP	652460	1382150	1973	138.1	363	12	Boaco	351	D

Fuente: Datos suministrados por ENACAL, 2005

PP Pozo perforado NRC – No reconocido en el terreno

PE – Pozo excavado D – Doméstico

Nota: Algunas coordenadas se asumen debido a que en algunos informes entregados, estas no fueron suministradas.

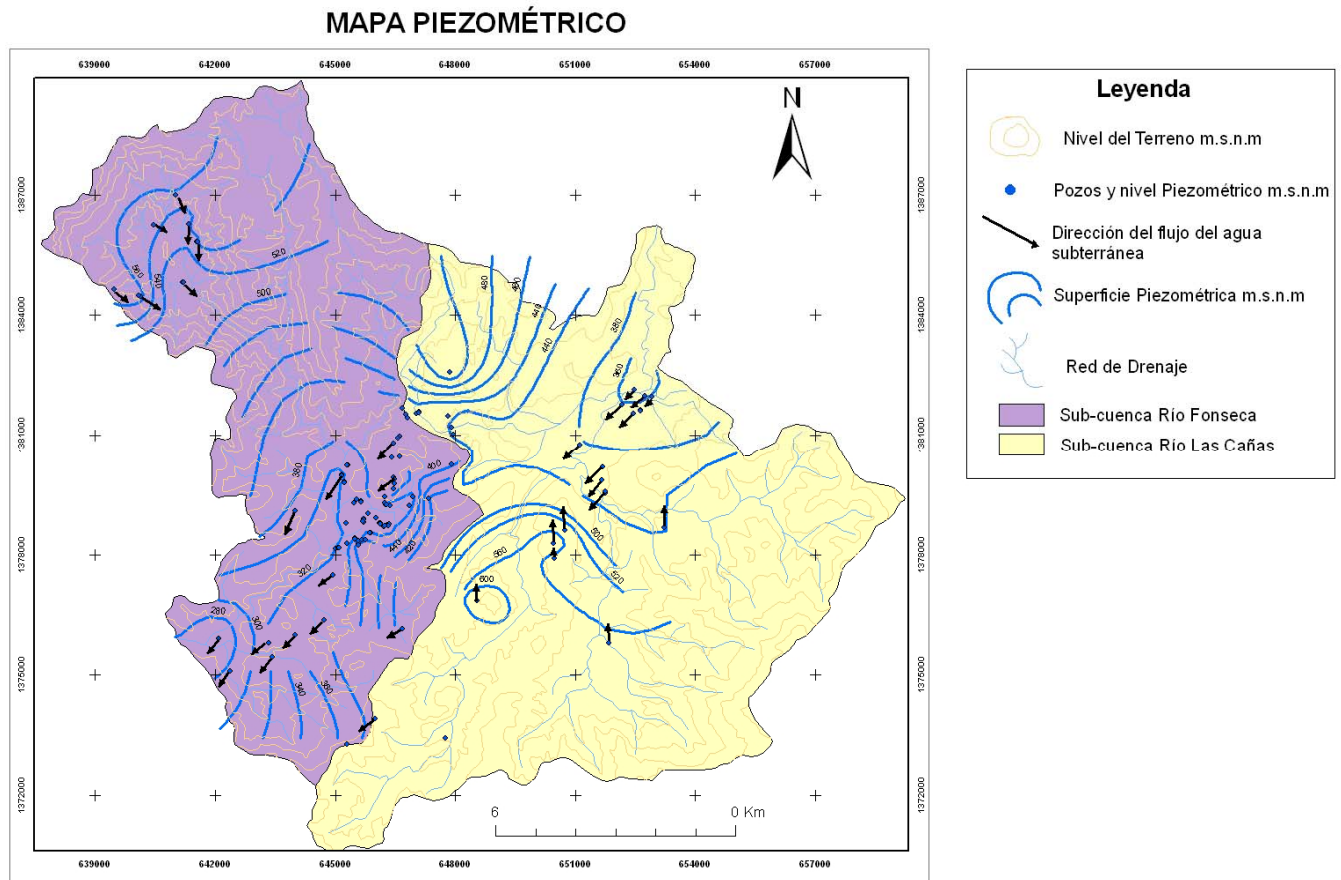


Figura No 11. Mapa piezométrico, (Buitrago N. 2005)

El mapa de la figura N° 11, muestra los puntos de agua de manantiales y pozos, como descarga de agua subterránea que se manifiestan en la formación Terciaria y Cuaternaria. Para las cargas piezométricas se calcularon en función de la elevación del terreno y el nivel del agua subterránea. La dirección del flujo indica que existen descargas hacia los ríos Fonseca y Las Cañas. Se ha dividido en cuatro secciones de acuerdo a la zona de recarga y descarga. Cuadro N° 19.

Cuadro No 19. Resumen de Piezometría Entorno de la Ciudad de Boaco

Sección (Puntos Geográficos)	Dirección de flujo	Rango de niveles o carga piezométrica (m.s.n.m)	Promedio de Gradiente Hidráulico
Noroeste de la Ciudad de Boaco	NO-SE	380 a 560	0.01
Suroeste de la ciudad de Boaco	NE-SO	280 a 380	0.01
Sureste de la ciudad de Boaco	S - N	440 a 600	0.02
Noreste de la ciudad de Boaco	NE - SO	360 a 380	0.02

(Elaboró Buitrago, N)

N – Norte, S – Sur, E – Este, O - Oeste

El promedio de gradiente hidráulico en la zona en estudio es 0.015; deducido en cada punto geográfico en base a la dirección del flujo y evaluado conforme a la distancia entre carga piezométrica. En consideración a las características hidrodinámicas, se puede expresar que los pozos excavados y perforados de poca y mediana profundidad son de niveles muy variables y acusan gran sensibilidad a la precipitación.

El nivel máximo de altura para los manantiales en la zona alcanza los 558 msnm y el mínimo es de 264 msnm, para un área de 4 a 10 Km. ², teniendo como eje la ciudad de Boaco. En el aspecto de la altura versus ubicación de estos manantiales (Gráfico N° 12), sugiere que dichas fuentes se presentan como descarga de aguas de precipitación atmosférica y que circulan a través de fallas.

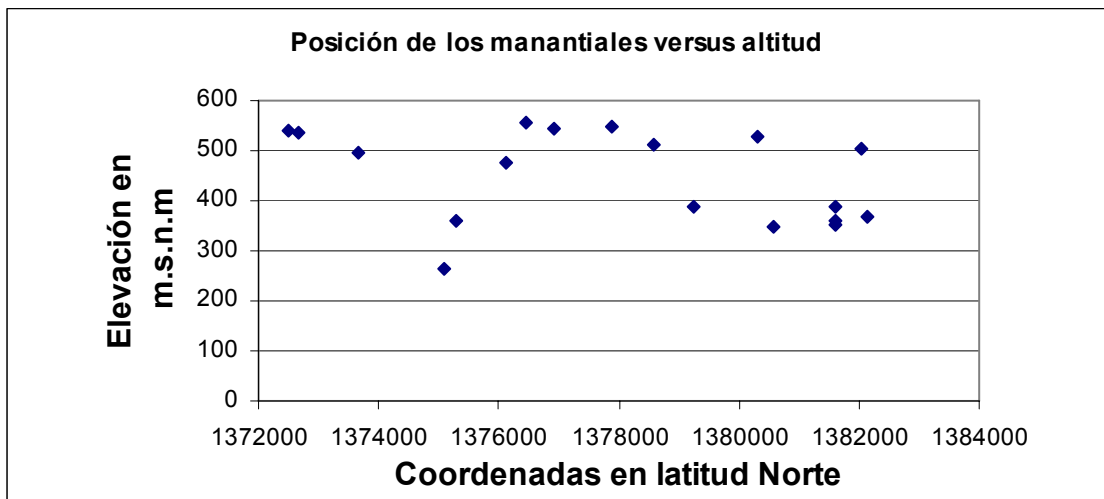


Gráfico No 12, (Buitrago, 2005)

La mayoría de los manantiales clasificados según el caudal (Meinzer; O) se muestra en el Cuadro N° 20.

Cuadro N° 20. Clasificación de manantiales de acuerdo con el caudal y magnitud, en la zona de estudio

Manantial	Coordenadas		Caudal	Magnitud
	E	N		
Tule occidental Cuenca Las Cañas	657223	1377887	0.13 l / s	Sexto Orden
Tule occidental Cuenca Las Cañas	657219	1377876	0.54 l / s	Sexto Orden
Cerro Largo Cuenca Las Cañas	648000	1376919	5.6 l / s	Quinto Orden
Cuesta San Juan Cuenca Las Cañas	647624	1382050	0.64 l / s	Quinto Orden
Los Limones Cuenca Las Cañas	647000	1381000	0.16 l / s	Sexto Orden
Valle El Tule Cuenca Las Cañas	657218	1377883	0.18 l / s	Sexto Orden
La Esperanza cuenca Fonseca	643996	1381619	14 l / s	Cuarto Orden
La Esperanza cuenca Fonseca	643996	1381619	1.1 l / s	Quinto Orden
Cerro Grande cuenca Fonseca	641000	1382000	2 l / s	Quinto Orden

(Modificado por Buitrago, N. 2005 a partir de Meinzer; O)

Según el cuadro No 20 los manantiales suministran agua localmente, los flujos en la mayoría son de caudal bajo, debido a la susceptibilidad del nivel freático con las precipitaciones o causado por la actividad antropogénica.

6.2 Geofísica aplicada a la investigación de agua subterránea en la subcuenca Las Cañas

De acuerdo con los mapas geológicos 1:50,000 de la hoja 3053-II (INETER, 1979), el mapa geológico minero 1: 250,000 (INMINE, 1995), la fotointerpretación y el reconocimiento de campo; en el área de estudio afloran los siguientes tipos de rocas: Las rocas volcánicas de edad Terciaria y de los Grupos Matagalpa compuestas principalmente por ignimbritas, tobas, lavas andesíticas, dacíticas y basálticas. Estas rocas no presentan prácticamente permeabilidad a menos que estén afectadas por fallas y fracturamiento.

En el área de la subcuenca Las Cañas, se observan tres sistemas de fallas: E—O, NO—SE y SO—NE. Cuyos rumbos son gobernados por la geotectónica regional de América Central, cuyo tema se abordó en el capítulo IV.

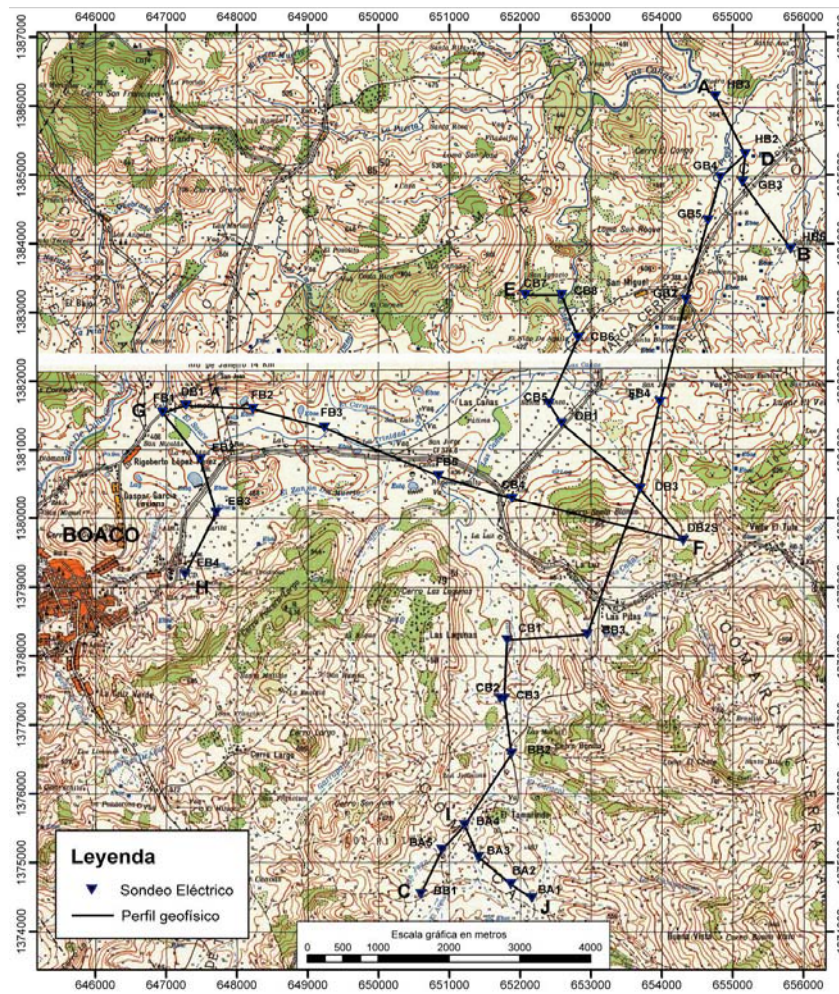
6.2.1 Sondeos electromagnéticos

En el área se efectuaron 35 sondeos electromagnéticos (Figura No 12) utilizando la técnica denominada método electromagnético en el dominio del tiempo. En esencia, los resultados del método son iguales a los obtenidos mediante el método de sondeos eléctricos verticales de corriente continua y las variaciones verticales de la resistividad eléctrica del subsuelo con la profundidad.

Los sondeos fueron efectuados con el equipo TEMFAST-48 de fabricación holandesa, el que se opera a través de una computadora portátil con ayuda de un programa de cómputo. Este equipo genera impulsos de corriente hasta en el orden de 4.0 A y es capaz de medir el campo magnético secundario en una ventana de tiempo de hasta 16.0 ms, con un error no mayor que 1 micro v/A (Manual del TEMFAST-48, 2002).

El arreglo empleado para la excitación de corriente y la medición del campo magnético secundario es el denominado lazo-lazo central, consiste en efectuar tanto la transmisión del impulso como la medición del campo secundario en el mismo lazo o bobina. La ventana de tiempo utilizada en cada sondeo fue de 16.0 ms, con 48 mediciones

discretas en la ventana de tiempo dada. Cada medición se efectuó 8 veces. El arreglo utilizado fue de 50 x 50 m².



(Fuente: Traña, M. y Buitrago, N. 2005)

Figura No 12. Mapa con la ubicación de los sondeos electromagnéticos.

El método representa una de las variantes de los métodos electromagnéticos inductivos de exploración geofísica, basado en el estudio de la propagación y atenuación de los campos electromagnéticos transitorios (Matveev, 1982), generados por pulsos de corriente e inducidos en el subsuelo a través de un lazo conductor o bobina.

Como consecuencia del campo transitorio inducido, se origina un campo magnético secundario, el que se registra comúnmente también con un lazo o bobina. Uno de los principales parámetros que caracteriza el estado del campo magnético secundario es el

tiempo que transcurre después de suspender el impulso de corriente. Con el transcurso del tiempo las corrientes circulares secundarias penetran a mayor y mayor profundidad.

La magnitud del campo magnético secundario medida en superficie depende del tiempo, también de la conductividad eléctrica del subsuelo, esto permite efectuar sondeos electromagnéticos verticales para obtener las variaciones de la conductividad con la profundidad $\sigma(h)$ (resistividad $\rho(h)$).

6.2.2 Procesamiento de los datos

Los resultados obtenidos fueron corregidos, para eliminar los valores anómalos del campo electromagnético. Los valores anómalos se obtuvieron al final de la ventana de tiempo debido a señal muy débil por la fuerte atenuación del campo, ocasionado por los bajos valores de resistividad del basamento. Posteriormente los datos fueron invertidos para la obtención del modelo 1D en cada sondeo, en los que se calcularon las resistividades y los espesores de los estratos resistivos reales con ayuda del programa TEM-RES.

El programa permite efectuar la interpretación de los sondeos realizados con los equipos TEMFAST-32/48 (Manual TEMRESEARCH, 1999). El programa puede calcular la respuesta de un modelo unidimensional de hasta 8 capas. Los resultados de la inversión se muestran en el Cuadro N° 21.

Cuadro N° 21. Resultados de la inversión de los sondeos electromagnéticos

SETS	X	Y	ELE	ρ_1	ρ_2	ρ_3	ρ_4	ρ_5	ρ_6	ρ_7	ρ_8	Z12	Z23	Z34	Z45	Z56	Z67	Z78
BA1	652165	1374484	459	10.6	41.3	1.8	8.3	2.1	188.7	0.6		-5.3	-23.3	-33.0	-58.8	-80.8	-153.0	
BA2	651867	1374684	458	5.4	7.1	2.0	7.1	1.2				-5.3	-29.5	-41.3	-207.3			
BA3	651411	1375080	463	11.0	66.7	1.9	4.6	2.1	1012.3			-5.0	-13.5	-27.5	-48.5	-57.0		
BA4	651215	1375542	469	5.0	39.7	1.5	99.5	2.1	972.6	17.1		-5.0	-9.0	-12.0	-23.3	-28.8	-57.3	
BA5	650895	1375183	460	8.0	99.5	5.8	3.3	4.2	972.6			-3.8	-9.0	-25.5	-47.3	-71.0		
BB1	650599	1374545	460	17.1	99.5	6.3	15.8	3.3	188.7	1.9		-3.8	-32.5	-61.8	-83.8	-110.5	-145.8	
BB2	651877	1376577	458	5.4	5.8	99.5	1.8	7.4	5.0			-9.3	-25.5	-75.3	-103.8	-138.0		
BB3	652946	1378311	418	10.2	4.1	2.1	75.2	1.0				-22.3	-69.8	-83.8	-133.3			
CB1	651814	1378229	398	10.6	28.8	3.5	196.4	3.1	1.6			-6.0	-41.3	-98.0	-184.5	-208.5		
CB2	651777	1377380	404	7.7	492.8	1.8	4.4	30.0	2.3			-6.0	-46.8	-59.5	-103.3	-156.0		
CB3	651718	1377380	407	7.1	1.5	6.1	28.8	2.5	181.3	4.8		-7.8	-10.3	-25.8	-50.3	-70.5	-122.5	
CB4	651886	1380292	399	4.4	11.5	4.8	1.8	99.5	7.7	7.4		-4.3	-18.8	-36.3	-51.3	-67.3	-119.3	
CB5	652407	1381673	369	6.3	12.9	3.5	16.4	4.8	17.1	1.0		-3.3	-7.8	-12.0	-19.5	-67.3	-106.3	
CB6	652820	1382629	370	8.0	99.5	4.2	12.4	5.8	8.3	15.2		-3.3	-8.3	-12.0	-18.3	-31.8	-69.0	
CB7	652072	1383253	376	5.8	61.6	4.1	21.8	7.7	270.4	4.2		-3.3	-8.0	-12.0	-52.3	-83.3	-134.0	
CB8	652583	1383253	365	3.7	69.4	4.6	11.0	15.8	6.3	30.0	6.3	-3.3	-6.8	-11.5	-46.3	-77.3	-122.0	-173.5
DB1	652583	1381388	369	3.7	69.4	1.6	3.6	3.2	181.3	2.0		-3.3	-5.0	-7.0	-13.3	-41.3	-80.8	
EB2	647482	1380865	400	6.8	20.9	26.6	8.7	8.7	8.7	8.7		-5.3	-25.0	-60.8	-160.8	-260.8	-360.8	
FB1	646951	1381540	427	6.8	4.8	10.2	2.4	131.6	61.6			-8.3	-16.5	-39.0	-48.5	-72.0		
FB2	648224	1381597	406	7.1	20.9	5.8	2.1	81.5				-6.8	-16.3	-39.0	-51.8			
FB3	649235	1381325	387	7.7	20.9	4.6	2.1	19.3	2.2	230.4	11.5	-6.8	-12.5	-31.5	-39.0	-59.8	-78.0	-148.8
FB4	653974	1381699	400	4.4	8.3	4.6	5.8	3.3	1.7	8.7		-4.0	-7.0	-23.3	-32.5	-65.3	-78.3	
FB5	650847	1380623	380	5.0	8.3	5.4	103.5	9.8				-4.0	-9.0	-20.5	-62.0			
GB2	654340	1383184	400	4.2	11.5	7.4	16.4	3.3	3.3			-5.0	-18.0	-30.5	-46.0	-146.0		
GB3	655139	1384894	341	5.4	15.2	5.2	2.7	3.9	1.4			-5.0	-16.8	-30.0	-43.8	-52.5		
GB4	654827	1384961	338	3.7	4.8	23.6	3.9	2.6				-5.0	-12.0	-26.8	-76.3			
GB5	654653	1384336	342	5.8	19.3	4.6	357.8	9.4				-5.0	-14.8	-47.3	-89.8			
HB2	655178	1385297	340	6.8	24.5	3.7	1.4	1.0				-5.0	-24.3	-61.0	-87.3			
HB3	654756	1386139	340	10.6	24.5	14.6	22.7	678.6				-5.0	-23.3	-42.3	-77.0			
HB5	655821	1383925	353	5.0	6.1	293.0	2.3	601.9				-4.0	-23.0	-51.8	-63.3			
EB3	647709	1380079	397	5.6	14.0	2.9	27.7	4.1				-4.0	-24.0	-58.0	-81.3			
EB4	647267	1379181	400	11.0	6.3	14.0	7.4	3.5				-2.5	-16.3	-45.0	-69.5			
DB2S	654302	1379670	495	5.0	32.5	12.4	31.2	2.5	13.5			-5.8	-12.5	-38.3	-70.5	-105.8		
DB3	653692	1380437	458	7.4	20.9	4.6	2.2	3.9	44.7			-5.8	-12.5	-41.3	-54.3	-86.8		
DB1	647278	1381645	450	5.6	20.9	3.2	7.1	3.6	142.6			-4.5	-9.0	-16.5	-53.5	-68.5		

(Fuente: Traña, M. 2005)

SETS = Secciones geofísicas de los perfiles

Observaciones

Las coordenadas X, Y están en el sistema UTM NAD27

Elev - es la elevación de cada sondeo tomada del mapa topográfico 1:50,000.

$\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_8$ son los valores de resistividades reales de las capas 1, 2, ..., 8 en Ohm.m.

Z12, Z23, ..., Z78 son las profundidades de las interfaces entre las capas 1-2, 2-3, ..., 7-8 en metros.

6.2.3 Interpretación de los resultados

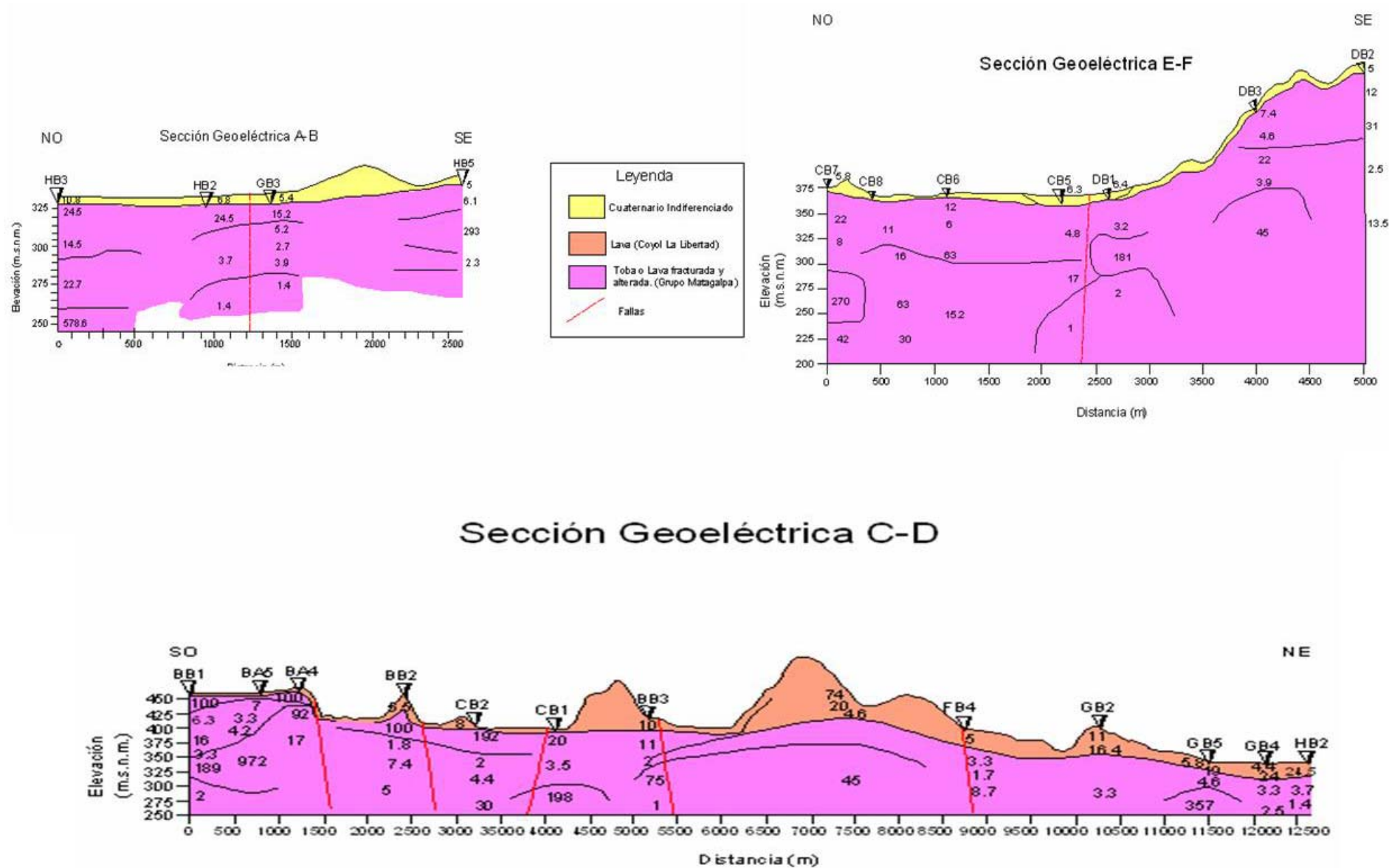
Con los resultados obtenidos de la inversión se reconstruyeron seis secciones geoelectricas a lo largo de seis perfiles (ver Figura N° 12). Las secciones geoelectricas fueron interpretadas en el contexto de la geología del área. Los resultados de la interpretación se muestran en las secciones de la Figura N° 13.A-B.

El espesor de la zona meteorizada y los materiales Cuaternarios Indiferenciados en ocasiones escasamente alcanzan la decena de metros.

El aspecto más importante en la realización de los sondeos electromagnéticos en el área de estudio fue la detección de posibles fallas y fracturas; en la interpretación de las secciones geoelectricas, estas fueron trazadas de acuerdo con el grado de heterogeneidad horizontal de los valores de resistividad real.

En general los resultados muestran que el área presenta variaciones horizontales de resistividades, indicando que la tectónica como los depósitos volcánicos son muy complejos. Por otro lado, en presencia de fallas o fracturas es muy difícil distinguir las lavas de las tobas o ignimbritas, porque las lavas fuertemente alteradas disminuyen los valores de resistividad con las tobas o ignimbritas no alteradas.

La sección que presenta mayor fracturamiento es la trazada (Figura N° 13) a través del perfil C-D. La zona de mayor heterogeneidad en esta sección se presenta en el sector de los sondeos BA4, BB2, CB2, CB1 Y BB3 ubicados en la subcuenca las Cañas. Es decir que estas secciones geoelectricas a través de los perfiles señalan el rango de resistividades [ρ (Ω m)], que dadas las interpretaciones geológicas se clasifican en el cuadro N°. 22 A y 22 B.



(Fuente: Traña, M. y Buitrago, N. 2005)
 Figura N° 13. Secciones geoelectricas interpretadas a través de los perfiles A—B, C—D y E—F



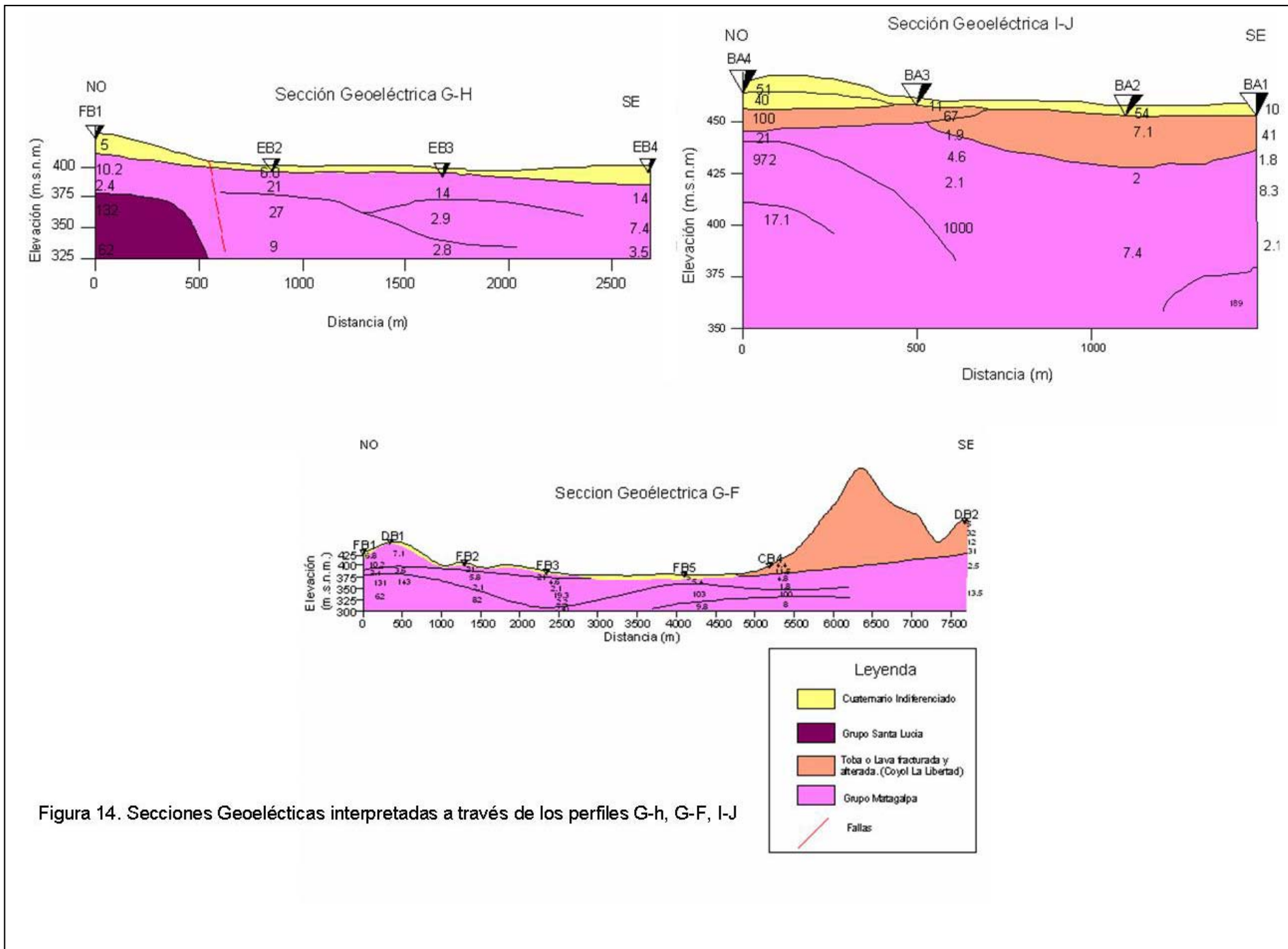


Figura 14. Secciones Geoelectricas interpretadas a través de los perfiles G-h, G-F, I-J

Cuadro No 22 A y 22 B Clasificación geofísica de rocas volcánicas, volcánicas-sedimentarias y sedimentarias; y rango de resistividades [ρ (Ω m)] en la subcuenca Las Cañas.

A. Rocas Volcánicas – Sedimentarias
Textura: Lavas y tobos
Tipos de rocas: Andesitas y basaltos
Rango de resistividades (ρ): 10.2 Ω m hasta 1012.3 Ω m
B. Rocas Sedimentarias
Textura: Aluviales y residuales
Tipos de sedimentos: Arenas gruesas, guijarros, bolones, gravas y arcillas
Rango de resistividades (ρ): 1 Ω m hasta 40 Ω m

(Elaboró Buitrago, N. 2005)

6.3 Esquemas Hidrogeológicos de las subcuencas Las Cañas y Fonseca

La ocurrencia de agua subterránea, en el área de estudio es estructuralmente, de diaclasamientos, fracturamientos y fallas. Dentro del carácter petroquímico, predominan las rocas de tipo intermedio a félsico de edad Terciaria (ver glosario), con moderada a baja meteorización y descomposición en zonas de rupturas u ocurrencia de meteorización y descomposición, fuera de dichas estructuras. Por consiguiente se forman aluviales y suelos residuales Cuaternarios de espesores de menos de 20 metros.

Se han identificado dos modelos de acuíferos a escala semidetalle de las subcuencas del Fonseca y Las Cañas, que tienen las particularidades siguientes:

Para la subcuenca del Fonseca, dicho cuerpo de agua está controlado por fallas que forman valles en “ V “Y”o “S”; influenciado, por estructuras circulares. Dicha particularidad, permite la acumulación de material aluvial y coluvial predominantemente en la ribera del río Fonseca. Entonces se define el siguiente modelo conceptual: Figuras N° 15 y 16.

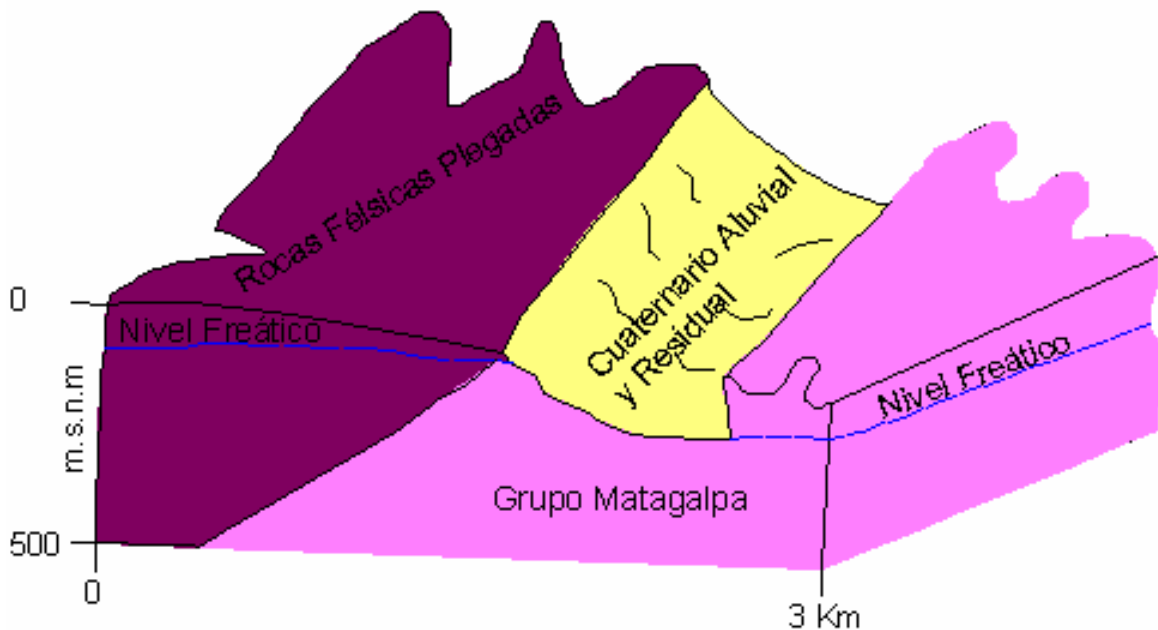


Figura Nº 15. Esquema Hidrogeológico Subcuenca Fonseca (Buitrago, N. 2005)

Para la subcuenca Las Cañas, las estructuras son más abiertas alternándose con cerradas (lineales y circulares) con menor densidad que la subcuenca del río Fonseca. Esta alternancia de estructuras, crean valles de gran extensión y forma una cobertura de suelos residuales a aluviales con espesores probables de menos de 20 metros.

El factor petroquímico, es de similar característica en las dos subcuencas ya que es común, el carácter máfico, intermedio a félsico de las rocas (ver glosario), esto por una estructura de envergadura como es la falla NE que intercepta las fallas NO (ver apéndice A, figuras AG-4, AG-5, AG-6) en donde se emplazan Las Cañas y el Fonseca.

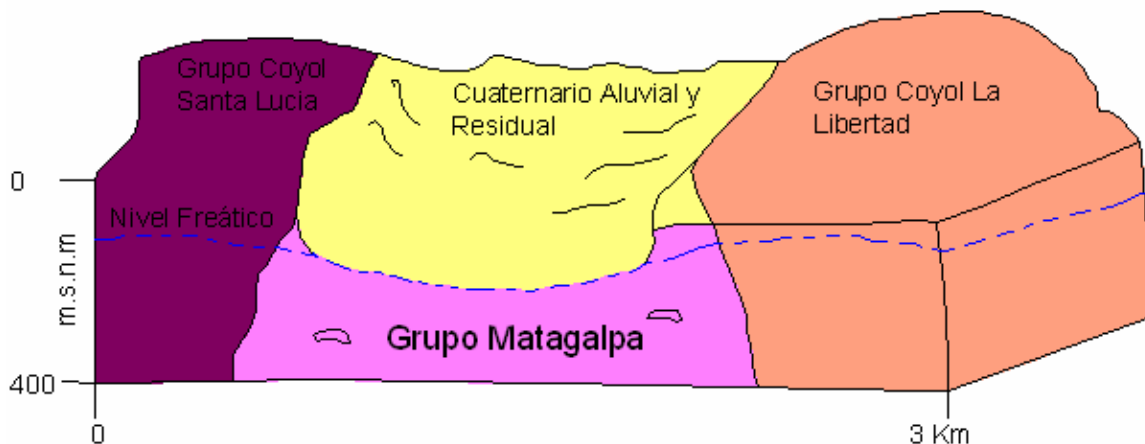


Figura No 16. Esquema Hidrogeológico Las Cañas (Buitrago, N. 2005)

Los manantiales se han clasificado de acuerdo a la posición en el terreno desde el punto de vista topográfico, litológico, causa y modo de su presencia (Guzmán, R v Jova G) en:

- Manantiales colgados (Acuitardos)

Estos se presentan generalmente en medio de las pendientes alimentados por la precipitación.

- Manantiales desbordantes en fallas

Estos manantiales se presentan sobre fracturamientos y fallas al lado de materiales producto de la meteorización de las rocas subyacentes y rocas yacentes no meteorizadas alimentados por la precipitación.

- Manantiales de escombros

Surgen en las pendientes cubiertas por los productos de meteorización cuya permeabilidad predominante es supeditada a las rocas fracturadas yacentes en contacto con estas, alimentados por la precipitación.

Para ilustración del lector se aprecian los modelos mencionados en el Apéndice C.

Una buena definición de los acuíferos colgados, es tener presente la altitud en función de la posición geográfica; y latitudes versus longitudes; tal como lo indican los gráficos N° 12 y 13. Esto se cumple para pozos situados en manantiales.

El Grafico N° 13 es claro en mostrar como en la zona de Boaco, los manantiales se alinean en fallas y/o fracturas.

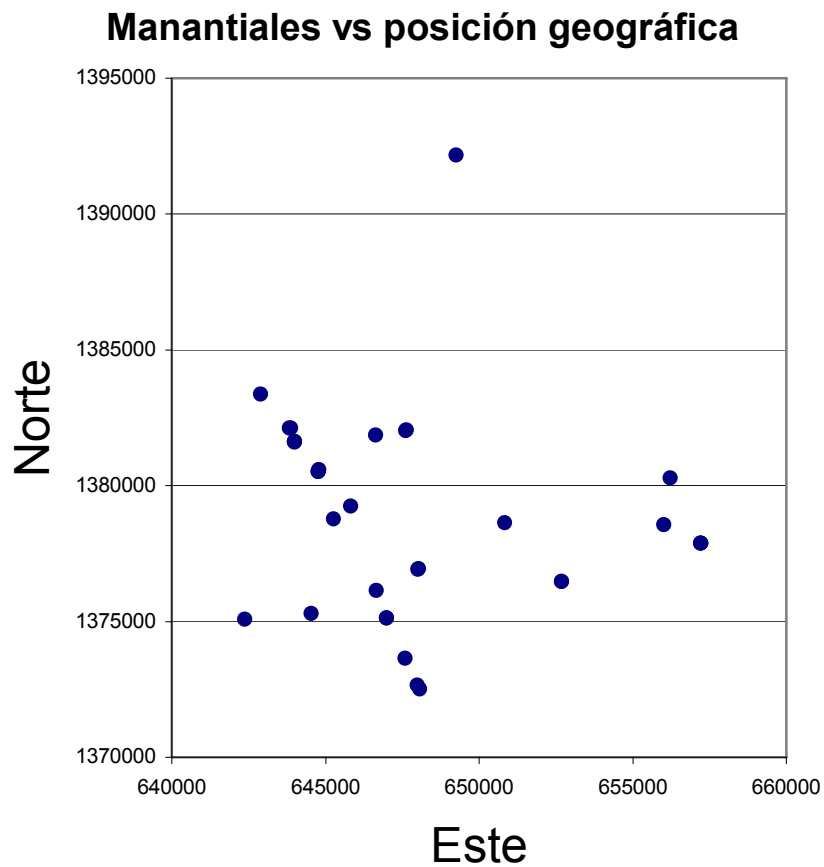


Gráfico N° 13 (Carroll y Buitrago 2005)

VII. Balance hídrico subterráneo

Para la determinación de la recarga se consideran dos metodologías; con el propósito de comparar la disponibilidad de agua subterránea: Balance Hídrico de Suelos aplicada a la subcuenca Las Cañas y Formación Geológica aplicada a la subcuenca Fonseca.

La recarga por Balance Hídrico de Suelos, se basa en la interacción de los parámetros agronómicos-climáticos, que abordan el aspecto subsuperficial de la recarga natural al acuífero heterogéneo (granulométricamente y estratigráficamente) y homogéneo (solo la capa aluvial o residual de lentes arcillosos). Únicamente en la zona vadosa, ya que afirma las dificultades de recarga, debido a la geología del sitio, y por no tener dispositivos climáticos y geotécnicos que apoyen la evaluación de dicho elemento.

El método utilizado del balance hídrico de suelos, (Gunther Schosinsky con Penman & Grindley), se considera una variación lineal de la evapotranspiración potencial con respecto a la evapotranspiración real. Esta relación establece, que si la humedad del suelo se aproxima al punto de marchites, se incrementa la dificultad de obtener agua del suelo para las plantas, se cierran las estomas para guardar humedad, es decir que existe menos evapotranspiración.

La combinación consiste en la ponderación de los coeficientes de infiltración que corresponden a la fracción de lluvia que aparentemente se infiltra y que es dado por la ecuación:

$$C = (K_p + K_v + K_{fc})$$

C (tanto por uno) = Coeficiente de infiltración

K_p (tanto por uno) = Fracción que infiltra por efecto de pendiente

K_v (tanto por uno) = Fracción que infiltra por efecto de cobertura vegetal

K_{fc} (tanto por uno) = Fracción que infiltra por textura de suelo

La aplicación de los coeficientes son condicionados por lluvias mayores de 5 mm por mes, vinculados a los parámetros agronómicos, (ver apéndice D, tablas D1, D2, D3, D4).

La infiltración después de la zona vadosa (zona saturada), se condiciona por una serie de términos de orden geohidrológico-climático-agronómico; como la geología indexada por el porcentaje de infiltración donde interviene el parámetro de lluvia. Dicho método es utilizado por razones económicas y de tiempo.

7.1 Cálculo de la Recarga Directa, aplicada a la subcuenca Las Cañas

7.1.1 Balance Hídrico de suelos

Para este efecto se realizaron las pruebas de infiltración, en un área de 32.68 km² de la subcuenca Las Cañas, las cuales se presentan en los gráficos N°s 14, 15, 16 y 17.

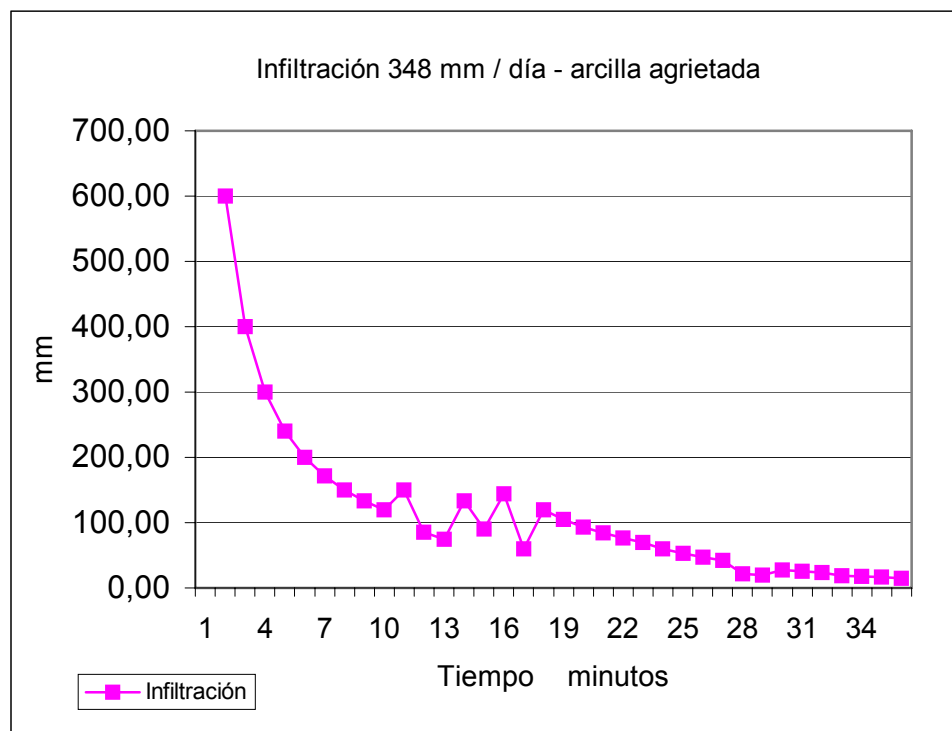


Gráfico N° 14. Tasa de infiltración. Suelo arcilloso con grietas a 5 km al Este de Boaco, en el valle Las Cañas. (Buitrago, N. 2005)

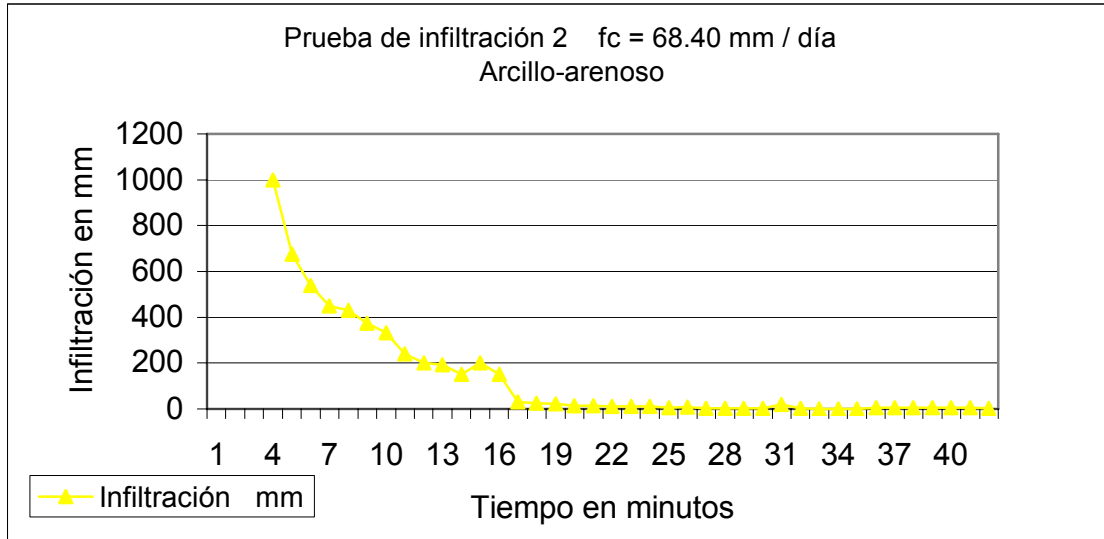


Gráfico 15. Tasa de infiltración. Suelo arcillo-arenoso a 6 km al Este de Boaco, en el valle Las Cañas. (Buitrago, N. 2005)

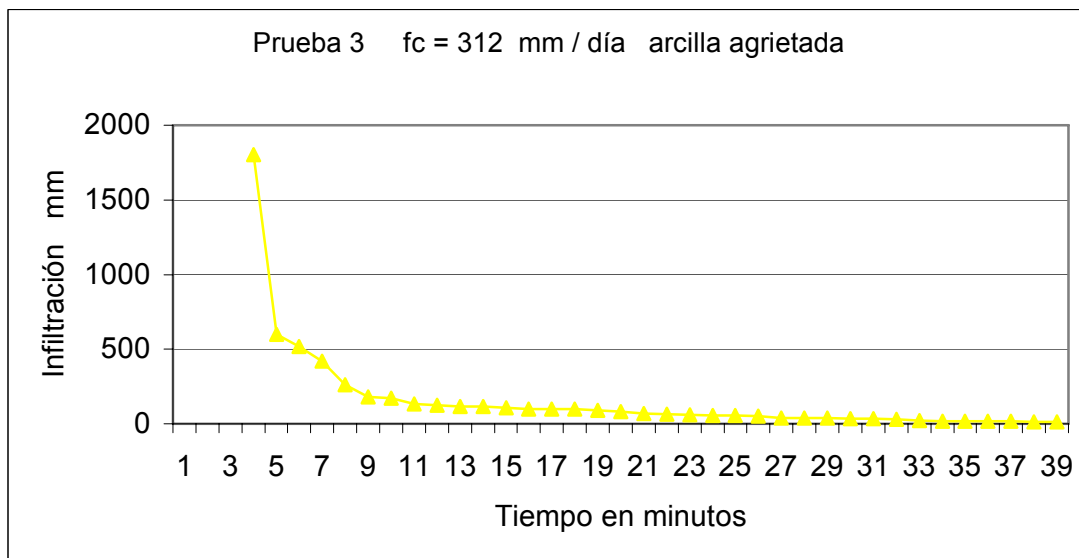


Gráfico 16. Tasa de infiltración. Suelo arcilloso agrietado a 7 km al Este de Boaco, en el valle Las Cañas. (Buitrago, N. 2005)

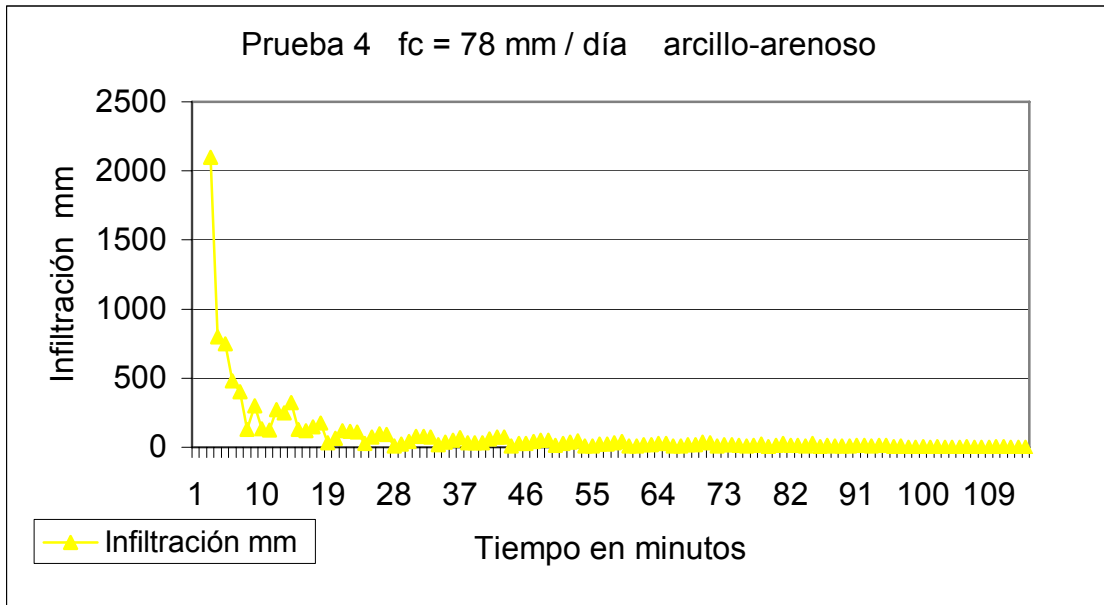


Gráfico No 17. Tasa de infiltración. Suelo arcillo arenoso a 7 km al Este de Boaco, en el valle Las Cañas. (Buitrago, N. 2005)

Estas pruebas, tienen el criterio para las tasas de infiltración básica dadas en mm / horas, (Schosinsky-Losilla), que según el autor se refieren a suelos de granulometría fina (arcillas y materiales mezclados con esta), pero que a las arenas se han interpretado como suelos arcillosos agrietados, durante el período seco.

De manera que se puede expresar que la tasa de infiltración básica de estos suelos es muy baja. (Apéndice D, tablas D.5, D.6, D.7, D.8).

La ocurrencia de agua subterránea en el área de estudio, es de recarga de lluvia, controlada en mayor parte por la geología (Fallamiento regional y local NE-NO), topografía y el tipo de suelo de carácter residual y aluvial.

En el caso de la subcuenca Las Cañas, ésta posee suelos residuales a aluviales, en donde predomina una cobertura de pastos y se presentan ondulaciones de terreno producto de la erosión y el tectonismo.

Los valores de recarga potencial calculado corresponden a un área de 32.68 km² en un triple eje de dirección E-NE-SE entre 5 a 10 Km. de la ciudad de Boaco. De manera que los valores de recarga obtenido corresponden a suelos arcillo-arenosos y suelos agrietados arcillosos, con pendientes del 1 al 7 % y con una cobertura de pastizales,

[Ver tablas D.1, D.2, D.3 y D.4; en apéndice D (Balance de suelos)].

Los porcentajes de infiltración se acentúan mayormente en los suelos arenosos ya que presentan mayor capacidad de infiltración, pero dicho comportamiento obedece más bien al agrietamiento de los suelos arcillosos durante el período seco.

Otros aspectos de la recarga al acuífero Las Cañas se definen a continuación:

7.1.1.1 Recarga de Retorno

La recarga de retorno en el área de estudio son aquellas que proceden del exceso de riego y por fugas en el sistema de abastecimiento de agua y descargas sanitarias. En general para Nicaragua, estas fugas oscilan entre el 40 % y el 60 % (WASTWATER International, 1999 en Espinoza, M)

En la zona Las Cañas, el retorno de agua por riego y fugas en el sistema de abastecimiento y de descargas sanitarias, no se consideran importantes por ser una área rural donde la actividad ganadera es el principal rubro y dista de 3 a 5 km al E y NE de la ciudad de Boaco.

Para la ciudad de Boaco, se conocen las pérdidas técnicas al sistema, que se evaluó para el año 2001 con el 54 %; pero para la recarga de retorno aplicada a fugas en el abastecimiento; se estima en un 50 % (728 m^3) del total de volumen diario del agua que circula en la red ($1456 \text{ m}^3 / \text{día}$), deducido del volumen facturado para el 2001, que es (0.53 MMC / 2001).

Es decir que 728 m^3 ($7.3 * 10^{-04}$ MMC), representa el 0.01 % de la recarga total subsuperficial al acuífero de Las Cañas de 7 MMC.

Cuando no se conoce la cantidad abastecida, se estima el 30 % de la población rural del municipio o urbana de la ciudad de Boaco, que es de 20,000; multiplicada por el consumo per cápita (134 l /habitantes-día) igual a $0.13 \text{ m}^3 / \text{día}$ ($4.7 * 10^{-05}$ MMC / año).

7.1.1.2 Recarga Lateral

En la recarga lateral se consideran los caudales de los manantiales del estudio, cuyo aporte total se calculó en 0.8 MMC / año.

7.1.1.3 Recarga Total como producto de los diferentes aspectos que presenta este fenómeno

Los valores de recarga potencial se definen de acuerdo a los parámetros calculados acorde con dos tipos de suelos que expresan la capacidad de infiltración (fc en mm/hora). Se presentan en el apéndice D; tablas D.1, D.2, D.3, D.4.

Las recargas potenciales son para Las Cañas 1 y 3, que corresponden a suelos agrietados de 151.21 mm/año y 163.83 mm/año respectivamente, con mayor acentuación en los meses de Junio a Noviembre.

Para Las Cañas 2 y 4 que corresponden a suelos arcillo-arenosos, las recargas potenciales son de cero mm/año respectivamente. De manera que la recarga potencial, se afecta por baja capacidad de campo y punto de marchites es decir, baja disponibilidad de humedad del suelo, por lo tanto, se deduce que hay una evapotranspiración real y potencial que son suficientes para originar dicho fenómeno.

Para la obtención de la recarga total se cuantifica en 32.68 km² en dos tipos de suelos en la parte baja de la subcuenca Las Cañas. Los resultados se expresan en el cuadro 23. (ver tablas D.1, D.2, D.3 y D.4 del apéndice D).

Cuadro No 23. Resultado de los valores de la recarga total (Rt) en MMC / año.

Subcuenca Las Cañas	Tipo de Suelo	Área m ²	Rt (m/año)	Recarga (Rt) (m ³ /año)	Rt MMC / año
Las Cañas 1	Arcillo arenoso	32680 * 10 ³	0	0	0
Las Cañas 2	Arcilla agrietada	32680 * 10 ³	0.2	6536 * 10 ³	7
Total			0.2	6536 * 10 ³	7

(Elaboró Buitrago, N. 2005)

Rt (m/año) Recarga total para un solo tipo de suelo

Rt (m³/año) Recarga total como producto del área y la recarga total para un tipo de suelo.

Rt (MMC / año) Recarga total de los dos tipos de suelo.

La recarga en la zona vadosa (balance hídrico de suelos), y la producción hídrica de todas las fuentes en explotación en 1996 (0.98 MMC / año) y 2001 (0.99 MMC / año), con la recarga total en dos tipos de suelos para Las Cañas, es de 7 MMC / año; representan el 14 % respectivamente; lo cual cumple las expectativas de aprovechamiento.

7.2 Cálculo del balance hídrico por formación geológica aplicado al acuífero Fonseca.

Esta consiste en la cuantificación de las reservas o déficit de agua, en el acuífero Fonseca, para fines de valorar un equilibrio de la relación entre recarga-descarga. Dicha variación de almacenamiento del balance se obtiene en magnitud de MMC anuales (millones de metros cúbicos anuales).

La disponibilidad se expresa como la diferencia entre las entradas y salidas al acuífero:

$$V = QE - QS \text{ o sea}$$

$$V = (Ip + Rr + Ir) - (B + Qt + Et + Pp + Es)$$

V = Variación del almacenamiento

QE = Ingresos al sistema

QS = Egresos al sistema

Como se observa en la ecuación del estudio de balance subterráneo, se consideran todos los posibles egresos producidos de forma natural, por conexión hidráulica con cuerpos superficiales importantes que influyen como descarga del sistema acuífero (ríos, manantiales, etc).

Son egresos también aquellas actividades, como la descarga para el abastecimiento de múltiple uso. Son cuantificados de forma directa e indirecta por bombeo de pozos, extracción de agua de ríos o manantiales, etc.

QE: Ingresos al sistema

I_p = Infiltración directa, a falta de información y disponibilidad económica en el estudio se cuantifica la infiltración por el método geológico.

R_r = Retorno de riego según Custodio y Llamas (1983), en los estudios se consideran las condiciones edáficas para asignar un valor del 10 % del bombeo (B).

I_r = Infiltración de aguas superficiales se considera si los ríos son efluentes o influentes.

QS = Egresos al sistema

B = Extracción de agua subterránea (bombeo), se extrae agua para el riego potable e industrial.

Q_t = Salida de agua subterránea a los cauces o ríos, se considera como el escurrimiento base de salida subterránea.

E_s - Escorrentía subterránea cuyo término es cuantificado atendiendo el método de la ley de Darcy según: $E_{-sub} = L * T * i * t$ y es el volumen entrante o saliente según la sección que se calcule.

L – Longitud (m), T – Transmisibilidad ($m^2 / día$); i – gradiente hidráulico

t- tiempo.

P_p = Salida del agua subterránea por percolación profunda que por falta de estudios se considera una perdida del 12 % de la infiltración.

E_t = Evapotranspiración del agua en el terreno, valor que se aplica cuando el agua se encuentra a 5 metros o menos de la superficie del terreno y existe vegetación freática, cuyas raíces alcanzan el depósito de agua subterránea y extraen parte del agua de él.

La evapotranspiración puede producirse cuando existe una capa superficial cuya granulometría favorece el ascenso por capilaridad del agua subterránea hasta la superficie del terreno.

De manera que dicha ecuación tiene el siguiente desarrollo

7.2.1 Recarga por Geología como ingreso al sistema (QE)

El método de la infiltración directa (I_p), consiste en que las unidades están indexadas con un porcentaje de infiltración. Es decir:

Cuadro No 24. Índice de infiltración en por ciento de las formaciones geológicas.

Unidad Geológica	% de infiltración
Qal	20
Qvh	40
Qvp, Qva, Qvm	25
Superficie llana	20
Superficie Inclineda	
TQps (Superior, Medio) TQpl	15
Superficie Llana	5 a 10
Superficie inclinada	

Fuente: JICA (1993), ONU (1974), Bethune D (1991)
Hidrotecnia (1988)

Considerando estos porcentajes, la recarga al acuífero Fonseca sería:

QE Ingresos al sistema acuífero Fonseca: ($I_p + R_r + I_r$)

Cuadro No 25. Recarga por Medio Hidrogeológico (Formación Geológica). Acuífero Fonseca

Concepto	Definición	Resultado	Observaciones
I_p	Infiltración directa de la formación geológica Qal = $1267 / 1000 * 0.20$ =	0.3 4.2 MMC / año	Precipitación: 1267 mm / año (INETER 2001) I_p , se deduce del producto del área por el índice de infiltración. El área del cuaternario del Fonseca se calculó en 14 km ² por que la mayoría de estos materiales se

	Ip (MMC / año)		encuentran a lo largo y ancho del río, es decir un cuarto del área de la cuenca.
Tam = Tomm = Tmc	Índice de infiltración directa de la formación Tmc = 1267 / 1000 * 0.05 Ip (MMC / año) =	= 0.06 = 2 MMC / año	Precipitación: 1267 mm/año (INETER 2001) Tam – Tamarindo Tomm – Matagalpa Tmc . Coyoil Área (km ²):32.68. Esta área de la formación Terciaria, se considera igual en km ² que la de la subcuenca Las Cañas de tipo Terciario – Cuaternario, y se le da igual valor de indexación por correlación de edad terciaria. Esto con el propósito de equilibrar el cálculo de la infiltración en las dos subcuencas.
Rr	Retorno de riego	0.014 MMC / año	10 % de bombeo
Ir	Infiltración de aguas superficiales en la subcuenca Fonseca		Para el caso de influencia de aguas al acuífero, no se determino por la geología del lugar y por dispositivos apropiados; por tanto este término no se considera.

(Elaboró Buitrago, N. 2005)

Disponibilidad en cuanto a ingresos (QE) del acuífero Fonseca

$$QE = Ip + Rr + Ir$$

$$QE = 6.2 \text{ MMC / año}$$

QS Egresos al sistema acuífero Fonseca: (B+Qt+Et+Es+Pp)

Cuadro N° 26. Resultados de bombeo, salida de agua subterránea al río Fonseca, y evapotranspiración.

Concepto	Definición	Resultado	Observaciones
B -	Extracción de dos pozos, en el 2001; de agua subterránea para	0.14 MMC / año	(ENACAL, 2002) En Boaco existen 4 pozos, cuyo caudal de extracción, es de 0.28 MMC / año; para lo cual se calcula con asignación de dos

	abastecimiento.		pozos a la subcuenca Fonseca.
Qt =	Salida de agua subterránea a los cauces o ríos	$1.5 * 10^{-10}$ MMC / año	Tomado del caudal (Q) de la prueba de infiltración (Seepages); de los egresos del acuífero Las Cañas. (se considera como un aporte de fisuras) y como sinónimo de escorrentía subterránea.
Et	Evapotranspiración	$= 2 * 10^{-06}$ MMC / año	El valor de la ETP en la zona es de 1713 mm / año
Pp	Percolación Profunda	0.4 MMC / año	Este calculo se obtiene del 12 % del promedio de la infiltración potencial (Ip)

(Elaboró Buitrago, N. 2005)

ES Escorrentía subterránea.

Cuadro N° 27. Resultados de escorrentía subterránea en el acuífero Fonseca.

Sección	T (m ² / día)	l	l (m)	t (año)
Sección del río Fonseca	82	0.007	1800	365
ES	= 0.4 MMC / año			

(Elaboró Buitrago, N. 2005)

Para la estimación de este parámetro se consideran pozos espejos en cualquier sección de los Cuaternarios que se alojan en el acuífero Fonseca.

El cuadro No 28, muestra el caudal que es parte del concepto de la escorrentía subterránea, por tanto se toma el promedio de los dos elementos para estimación de la disponibilidad.

Cuadro N° 28. Resultados del caudal entrante y saliente de agua subterránea en el acuífero Fonseca.

Sección Río Fonseca	K (m / seg)	A (m ²)	i
$Q = k * A * i$	$1 * 10^{-08}$	32673	0.007
$qt = 8.4 * 10^{-10}$ MMC / año			

K = Permeabilidad, A = Área (m²), i = gradiente hidráulico
 qt = Caudal de entrada y salida subterránea (Elaboró Buitrago, N. 2005)

Escorrentía promedio subterránea total (ES_t) = 0.2 MMC / año

Los valores de transmisibilidad de $82 \text{ m}^2 / \text{día}$; se obtuvieron del Cuadro N° 16 de datos originales de transmisibilidad, suministrados por ENACAL.

Disponibilidad en cuanto a egresos (QS) del acuífero Fonseca

$$QS = B + Qt + Et + Es + Pp$$

$$QS = 0.7 \text{ MMC} / \text{año}$$

$$\text{Disponibilidad total del acuífero Fonseca } V_t = QE + QS = 6.9 \text{ MMC} / \text{año}$$

Para el criterio de formación geológica (6.9 MMC / año), los volúmenes producidos por año por todas las fuentes en explotación entre 1996 (0.98 MMC / 1996) y 2001 (0.99 MMC / 2001), frente a la disponibilidad del aporte de cada una de las subcuencas, representan 14 %, respectivamente. Lo cual evidencia las expectativas de aprovechamiento.

VIII. MODELO CONCEPTUAL DE LOS ACUÍFEROS FONSECA Y LAS CAÑAS

Las estructuras hacia el oriente de la ciudad, facilitan un mejor desarrollo de las aguas subsuperficiales, presentando en parte una litología de aluviales tanto en la peniplanicie, como en la ribera del río principal Las Cañas, que propicia una mejor situación acuífera.

Hacia el SE de las Cañas, se inician nuevamente características similares a las áreas occidentales y norte del Fonseca, también en esta área, geológicamente existen fallas y fracturas que también pueden formar acuíferos de buena calidad para el suministro local. (Apéndice A. Figura Nos AG-4, AG-5, AG-6 y perfil de geofísica, Figura 13 C-D).

Las estructuras hacia el centro, norte y el occidente en la cuenca del río Fonseca, están vinculadas por valles estrechos que pueden facilitar la acumulación de material permeable que formen acuífero de importancia local, esto es evidente, ya que en la ribera del río Fonseca se explotan pozos perforados y excavados. Similarmente puede ocurrir con los valles al norte, sureste y sur de Las Cañas.

Es difícil determinar en la parte norte y occidental en el Fonseca el carácter acuífero de las fallas y fracturamientos, debido a que existe alternancia de materiales con meteorización que rellenan las fisuras, grietas, etc. Por otro lado el espesor y extensión del aluvial disminuye considerablemente, de manera que esto no permite un flujo de agua subterránea uniforme como en otros lugares de las riberas del río Fonseca.

El modelo conceptual del acuífero de la zona en estudio, está basado en los tipos de ocurrencia subterránea, definidos por manantiales emplazados en fracturamientos. Es evidente que el modelo que presenta el acuífero del río Fonseca tiene mayor densidad de fracturas NO y bordes de estructuras circulares que estrechan la subcuenca.

Esto puede significar una fuente de agua, que dependa de la acumulación y extensión de materiales permeables a lo largo y ancho del valle; también los sistemas de fracturas del Fonseca forman acuíferos de permeabilidad secundaria. La subcuenca del Fonseca es pobre en suelos aflorando mayoritariamente las rocas volcánicas Terciarias.

En la subcuenca Las Cañas, el modelo es difícil de describir en la peniplanicie (ver glosario); ya que aparentemente está rellena por Cuaternarios que según las investigaciones evidencian más de veinte metros de espesor, pero la geología instruye en una alternabilidad de los materiales permeables situados por fracturamientos difíciles de fotointerpretar y por la resistencia de los materiales a la erosión, meteorización y descomposición. (Apéndice C, Figura Ch.3).

Es decir que la alternabilidad de los materiales permeables, ocurre por efecto de rugosidad (geoformas de carácter ondulado) que se dan en la peniplanicie acompañada de fallas o fracturas que hacen aflorar rocas resistentes o no; a la erosión, descomposición y meteorización. Visto de otra manera, algunas rugosidades acumulan material residual o aluvial, en dependencia si el sitio es resistivo a dichos fenómenos o bien, si dicho lugar es receptor de material transportado.

Por tanto el espesor es menor de veinte metros. Según lo explicado los lentes arcillosos suministran agua, que rápidamente se evapora sobre todo en el período seco.

Hacia el norte y noroeste de la subcuenca, el río principal Las Cañas, es alimentado por tributarios controlados por fallas radiales (EO), que asemejan diques andesíticos (Figura AG-6, Apéndice A) de baja a media permeabilidad; estos tributarios durante el invierno rebalsan el río principal.

Hacia el sur predomina la permeabilidad secundaria, controlada por la topografía y dos sistemas de fracturas (NO Y NE).

Las aguas superficiales se desvían hacia el oriente de dicha zona, causado por el movimiento ascensional que ejerce el sistema NO. Es decir, la subcuenca Las Cañas se encuentra en el labio inferior de un doble sistema de fallas (NO-NE), por tanto, se asume que esta sea la causa de mejores permeabilidades, pero que se limitan por el relleno, producto de la erosión, descomposición y la meteorización de las rocas locales. (Apéndice A, mapa geoestructural AG - 5)

Por las características geohidrológicas se considera:

- El acuífero Fonseca es homogéneo puntualmente, cuando se extrae agua de aluviales y residuales por separado, con espesor considerable; el de Las Cañas puede tener el mismo comportamiento, pero también se puede clasificar como discontinuo, con un nivel freático no continuo. Se ha observado que cierto pozo excavado en depósito aluvial durante el invierno no alcanzó el nivel local en la misma zona.
- El acuífero Fonseca depende del espesor y extensión Cuaternario presentando transmisibilidades de $19.3 \text{ m}^2 / \text{día}$, hasta $82 \text{ m}^2 / \text{día}$. Clasificándose según ENACAL, de clase III y de transmisibilidad moderada. En este estudio se clasifica de magnitud de transmisibilidad de clase II y III ($24 \text{ m}^2 / \text{día}$ y $328 \text{ m}^2 / \text{día}$); de denominación de transmisibilidad alta a moderada, respectivamente. Es decir para uso y aprovechamiento local.
- Según ENACAL, el acuífero Las Cañas presenta transmisibilidades de $0.54 \text{ m}^2 / \text{día}$, hasta $62.2 \text{ m}^2 / \text{día}$, clasificándose de clase V y III; de transmisibilidad muy baja a moderada. En este estudio las magnitudes de transmisibilidades son $1.1 \text{ m}^2 / \text{día}$, a $132.9 \text{ m}^2 / \text{día}$; clase IV a II y de denominación de transmisibilidad baja a alta respectivamente. Es decir para uso y aprovechamiento local.
- La profundidad de los pozos excavados en toda la zona, varía con la topografía ya que se correlacionan con los mismos manantiales variando en altura sobre el nivel del mar; entre 200 a 500 metros.
- La dirección S - N de los flujos subsuperficiales se determina en el cuaternario ubicado a 5 kilómetros de la ciudad de Boaco.
- La recarga natural está controlada por el tipo de suelo, que va desde arcillo arenoso a arcilla agrietada y por el tipo de vegetación. En la subcuenca Fonseca su parte media y baja es similar en condiciones meteorológicas y geomorfológicas a las partes altas de recarga de la subcuenca Las Cañas por encontrarse éstas deforestadas.

- La descarga natural se realizó por la ecuación de la escorrentía subterránea que es definida:

Es - Escorrentía subterránea cuyo término es cuantificado atendiendo el método de la ley de Darcy; según $E_{sub} = L \cdot T \cdot i \cdot t$ y es el volumen entrante o saliente según la sección que se calcule.

L – Longitud (m), T – Transmisibilidad ($m^2 / día$); i – gradiente hidráulico

t- tiempo

- Para el caso de la subcuenca Las Cañas; la zona llana es una penillanura y en su parte de recarga es de similar vegetación y relieve como su cuenca vecina.
- La descarga artificial por extracción de cuatro pozos, es de 0.28 MMC / año (ENACAL, 2002); para el acuífero Fonseca. Es decir que para dicho acuífero se asignó una descarga artificial de 0.14 MMC / año.
- La descarga por evapotranspiración, se considera en la subcuenca Fonseca de $2 * 10^{-06}$ MMC / año, aplicada en el criterio de infiltración más allá de la zona vadosa.
- La recarga de retorno en el criterio de la recarga en zona vadosa (capítulo VIII) del balance subterráneo; es entre $7.3 * 10^{-04}$ MMC / año a $4.7 * 10^{-05}$ MMC / año; cuya estimación no es relevante en el considerando de las actividades rurales del sitio.
- Para el criterio de infiltración más allá de la zona vadosa (Formación geológica), del balance subterráneo, representa 0.28 MMC / 2001, definida como Retorno de riego, para lo cual se asignó al acuífero Fonseca 0.14 MMC / 2001, deducida del 10 % de extracción por bombeo.
- La recarga lateral se considera el aporte de los manantiales en toda el área de estudio de 0.8 MMC / año, y como la misma natural procedente de la parte alta, y la que se infiltra de un terreno a otro por fallas y fisuras; de manera que para la subcuenca Fonseca el caudal es; $q_{total} = 8.4 * 10^{-10}$ MMC / año .

- Se define los modelos conceptuales geohidrológicos [ver Apéndice C (Figuras Ch.1.; Ch.2.; Ch.3.; C.h.4.; y C.h.5.) e inciso 7.3], para las dos subcuencas.

Sistema Fonseca: Es un sistema acuífero-río el cual el flujo de agua superficial corre sobre fallas y fracturas anulares del borde sur de la caldera de Santa Lucía. Esto significa que las posibilidades de agua subterránea se dan a lo largo del canal principal comportándose de la siguiente manera.

a - El río capta la precipitación pluvial e infiltra el agua al reservorio en la estación lluviosa.

b – El reservorio (zona de fractura) alimenta el río aportando agua en la estación seca.

Sistema Las Cañas: Definido por un sistema de ríos y quebradas intermitentes, reflejando la presencia de un basamento (rocas del grupo Matagalpa-Tomm); a poca profundidad y con grados de fracturamiento difícil de determinar.

Es importante notar que el modelo cambia a regímenes de flujos superficial permanente al atravesar dos áreas con cobertura aluvial según el mapa geológico 1: 50.000; pero para esta tesis (Buitrago,2005) esto indica que esta cobertura es zona de material residual (en río La Trinidad, Las Cañitas, y Las Cañas); donde la relación cambia en dependencia de la potencia y naturaleza de los sedimentos a acuíferos libres y confinados.

IX. DESARROLLO DE ABASTECIMIENTO FUTURO

El primer sistema de abastecimiento de agua potable para la ciudad de Boaco, fue construido hace más de treinta años. Las instalaciones contemplaban, la captación directa de aguas superficiales (río Fonseca), aplicando desinfección con cloro como único tratamiento.

A finales de la década de los ochenta, el entonces INAA (Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado), implementó un proyecto de emergencia, construyendo obras en un nuevo sitio de captación de agua e incorporando una planta potabilizadora. No obstante, por las mejoras efectuadas, por el carácter emergente del proyecto, no fue posible satisfacer las demandas crecientes de la población.

Según el INAA, el estudio de priorización de inversiones realizado en el ámbito de prefactibilidad y sobre la base de la limitada información disponible, indica la conveniencia de crear un acueducto regional que satisfaga las necesidades de agua de las localidades circunvecinas a la ciudad de Boaco.

Para el abastecimiento de agua regional, se considera que los caudales mínimos de los ríos Fonseca y de Las Cañas, no son suficientes para asegurar la demanda de agua. Por ello, ha identificado una alternativa basada en el aprovechamiento del río La Garrapata (principal o secundario de Las Cañas), mediante la creación de un embalse de regulación anual.

Los aportes de éste embalse, serán complementados con la producción actual del Fonseca, que podrá ser incrementado mediante la ampliación y modificación de la captación actual.

Se observa que en la actualidad no debería existir problemas de suministro si se pudiera disponer del almacenaje suficiente, para recoger el agua sobrante en las horas de menor consumo.

La producción actual es de 134 l / hab / día; es decir el caudal actual de tratamiento es de 31 l / s ($2678.4 \text{ m}^3 / \text{día}$ y $201.5 \text{ m}^3 / \text{h}$), equivalente a 0.9 MMC / año; el problema fundamental está en la época estival (estación seca), en la que los caudales de captación disminuyen sensiblemente.

A finales del año 1996 el número de conexiones de servicio ascendía a 2282 unidades de las cuales el 95 % era del tipo domiciliario. La población servida directamente representaba el 68 % de la población total. En ese mismo año el INAA (Boaco); facturó un volumen de agua de 543,356 m³ (0.54 MMC / 1996) mientras que el volumen producido por todas las fuentes en explotación se estimó en 981,432 m³ (0.98 MMC / 1996).

El rendimiento seguro del río Fonseca es de 30 l / s (2592 m³ / día = 0.9 MMC / año) y el caudal requerido en los años 2010 y 2020 se ha estimado en 91.6 l / s (7914 m³ / día = 2.8 MMC / año) y 116.2 l / s (10040 m³ / día = 3.6 MMC / año) respectivamente.

Entonces el caudal solicitado corresponde a las fuentes de abastecimiento, dado que las fuentes actualmente en uso son capaces de proporcionar 30 l / s (0.9 MMC / año). El déficit en los años señalados (2010 y 2020) corresponden a 61.6 l / s (5322 m³ / día = 1.9 MMC / año) y 86.2 l / s (7448 m³ / día = 2.7 MMC / año) respectivamente.

Como fuente de abastecimiento están las aguas subterráneas que se captan mediante cuatro pozos perforados con una producción total y actual de 5 l / s (432 m³ / día y 32.5 m³ / h) equivalentes a 0.28 MMC / año.

La demanda futura de la ciudad de Boaco ha sido estimada en el estudio de Priorización de Inversiones realizado por el INAA, sobre la base de las proyecciones demográficas, dotaciones y niveles de cobertura y pérdida esperados para los horizontes de mediano y largo plazo.

Cuadro No 29. Pronóstico de Demanda para la Ciudad de Boaco.

Concepto	Años	
	2010	2020
Población urbana Total	32004	40600
Nivel de Cobertura (%)	85	85
Consumo Total (l/s y MMC / año)	50 y 1.6	63.4 y 1.9
Coefficiente de pérdidas (%)	25	25

Demanda diaria promedio (l/s y MMC / año)	66.6 y 2.1	84.5 y 2.6
Demanda diaria Máxima (l/s y MMC / año)	91.6 y 2.8	116.2 y 3.6
Demanda horaria Máxima (l/s y MMC / año)	141.6 y 4.5	179.6 y 5.6

Unidades de conversión; L/s (litro / segundo) = $6.5 \text{ m}^3 / \text{h}$ (metros cúbicos / hora) = $86.4 \text{ m}^3 / \text{día}$ (metros cúbicos / día) = * 365 / 10^6 (factor de conversión a millones de metros cúbicos / año) MMC / año.

(Fuente: INAA 1996)

Por los informes y resultados expresados según INAA 1996; se estima la demanda urbana del 2001 y la demanda urbana en el año 2025 (cuadros N° 30 y N° 31)

Cuadro N° 30 Demanda diaria promedio hasta el 2001

Año	Población Urbana	% conectado	Población urbana conectada	Demanda diaria Promedio
2001	19541 habitantes	71	13874.1 hab.	36.5 l / seg. = $3456 \text{ m}^3 / \text{día}$ = 1.26 MMC / año

(Fuente: INAA 1996)

Basado en las cifras de 1.6 MMC / 1994 del cuadro N° 11; capítulo VI; y de 1.26 MMC / 2001; del Cuadro N° 30; se deduce el criterio de Demanda Diaria Promedio en el 2001.

Para el Cuadro N° 31, se aplica la proyección de población a través de la norma INAA 1996:

$$P_n = P_0 (1 + i)^n$$

P_n - Población futura

P_0 - Población inicial

1 - Coeficiente adicional

i - Tasa de crecimiento poblacional (%)

n - años

Cuadro N° 31 .Demanda diaria promedio proyectada 2025

Año	Población Urbana proyectada	% conectado	Población urbana proyectada conectada	Demanda diaria promedio Proyectada
2025	32651 habitantes	85	27753.4 hab.	73 l / seg. = 6307.2 m ³ / día = 2.3 MMC / año

(Elaboró: Buitrago, N. 2005)

Como se observa en el cuadro N° 29; de este capítulo, los valores entre 2.1 a 2.6 MMC / 2010 y 2020; se corresponde con el valor de 2.3 MMC / 2025 en el cuadro No 31; por lo cual se deduce el criterio de Demanda Diaria Promedio.

Según los resultados deducidos de Las Cañas y el Fonseca; son de considerar el balance hídrico subterráneo, como idóneo, ya que sus dos variantes; Balance Hídrico de Suelos y el de Formación Geológica de disponibilidad de $V = 7 \text{ MMC} / 2001$ por cada subcuenca satisfacen el aprovechamiento requerido.

Es decir el aporte compartido de las dos subcuencas en cuanto al período 1971 – 2004; llena las expectativas de la demanda en sus diferentes términos para los años 2010 y 2020. (cuadro N° 29). Y también para las estimaciones en ésta tesis. (cuadros N° 30 y N° 31)

El cuadro N° 32, expresa en por ciento lo que significan las demandas en sus diferentes términos para los dos criterios mencionados; de acuerdo al cuadro N° 29.

Cuadro No 32.

Significado de balance hídrico de suelos y formación geológica para cada término de la demanda en el considerando del aporte de las dos subcuencas con un aporte de 14 MMC / Año	Año	Año
	2010	2020
Horaria Máxima (%)	32	40
Diaria Máxima (%)	20	26
Diaria Promedio (%)	15	19

(Elaboró: Buitrago, N. 2005)

Se define entonces que los criterios de balance hídrico de suelos y de formación geológica, significan una cobertura de aprovechamiento y no generan ningún déficit.

Para una demanda futura, son significativas las dos opciones, que es la oferta de agua de los acuíferos locales de las dos subcuencas en mención. Esto confirma lo que ENACAL afirma desde la década de los años 1970 hasta la actualidad, de aprovechar las aguas superficiales; que aportan intermitentemente en invierno, 1,200,000 m³ / 2004 (Fonseca) y 788.4 MMC / 2004 (Las Cañas). Sin olvidar por supuesto lo que este proyecto de investigación (2005) recomienda y reafirma; que es la utilización de acuíferos locales.

Como se observa en el párrafo anterior, el aporte de los ríos es mayor del 200 % en los diferentes términos de la demanda, así como también para los volúmenes producidos en los años 1996 y 2001 y el consumo de los volúmenes facturados para esos mismos años; ya que se plantea particularmente que las demandas, volúmenes facturados y de producción, frente a los caudales están muy por debajo (en términos decimales porcentuales).

Verdaderamente esto no representa cuantitativamente una evaluación perfecta, ya que por las condiciones hidrodinámicas y el aspecto como se desarrolló este estudio es difícil de evaluar; pero al menos cumple con los criterios de aprovechamiento local, que en la zona se pueden aplicar con estrategias y políticas del desarrollo integral en beneficio de la población.

Es necesario ante las perspectivas y retos del futuro de proteger y conservar las fuentes locales superficiales y subterráneas; ya que la relación binomio entre la demanda del recurso de agua y la disponibilidad actual de los mismos; tiene una moderada vulnerabilidad en la región central (Cruz-Medal y consultores asociados).

Puntualmente el municipio de Boaco debe estar preparado con estrategias preponderantes desde una óptica integral que permita manejar y sostener las subcuencas y sobre todo los acuíferos locales ya catalogados altamente vulnerables a partir del 2050, condición que adversa los planes de desarrollo.

En otras palabras es necesaria la práctica de la hidrosolidaridad más allá de las cuencas locales.

X. Conclusiones

- La Geología Estructural del Área, define dos sistemas principales de fracturas y fallas EEN con densidades medias y de predominio OON con altas densidades, las que pueden alcanzar grandes profundidades, se distingue además la influencia vulcano-tectónica con estructuras circulares, semicirculares, radiales y estructuras de sinclorium y anticlinorium. Las rocas predominantes son ignimbritas, basaltos y andesitas sobre los pocos espesores de cuaternarios que se han comprobado con el método geofísico dando resistividades de rocas volcánicas, vulcano-sedimentarias y sedimentarias. En toda el área de estudio, se distingue una erosión de baja a moderada, formando una geomorfología rugosa intercalada con relieve llano ondulado.
- La red de drenaje de tipo dendrítico a angular, distingue el recorrido de los ríos a través de fallas y fracturas, y en terrenos que se alternan desde aluviales, a residuales, el cual se porta como influente en la época lluviosa y efluente en la época seca. Dando como resultado de la efluencia velocidades de $2.9 \cdot 10^{-08}$ m / seg; una conductividad (K) de $1 \cdot 10^{-08}$ m / seg; un caudal (Q) de $4 \cdot 10^{-08}$ m³ / seg.; y un gradiente hidráulico de (i) 2.9
- Las formaciones Cuaternarias son de poco espesor, estimándose en este estudio menos de 20 metros, aunque pueden acumular cantidades considerables de agua, para obras locales de poco caudal de explotación.
- Los manantiales como recarga lateral tienen un aporte de 0.8 MMC / año, estos surgen en zonas de falla y en zonas de contacto Cuaternario-basamento de baja permeabilidad.
- Es necesario tomar en consideración que las fuentes de agua subterránea y superficial en las dos subcuencas estudiadas, son altamente susceptibles a la precipitación y evapotranspiración, por tanto es necesario durante la época lluviosa el poder embalsarlas, sobre todo las aguas superficiales que representan intermitentemente 1,200,000 por año para el río Fonseca y 788.4 MMC / año para el río Las Cañas.
- Del total de disponibilidad de agua subterránea entre las dos subcuencas de Las Cañas y El Fonseca que representan 14 MMC / año, se puede considerar, un 50%, de

explotación, con afectación moderadamente marcada al acuífero, es decir, $V_t = 7\text{MMC}$ anuales.

- Las características del acuífero desarrollado en sistemas subsuperficiales, en fallas, fracturas y aluviales de poco espesor, lo hacen especialmente susceptible a la contaminación antropogénica.

XI. Recomendaciones

1. Los estudios de exploración de agua subterránea para obras puntuales, deben ser llevados a cabo en una escala mayor que la realizada en el presente. No obstante este trabajo es útil como obra de referencia para estudios de agua subterránea en medios geológicos heterogéneos desde el punto litoestructural.
2. Es de suma urgencia e importancia llevar a cabo a corto y mediano plazo, el diagnóstico ambiental completo de la zona, ya que lo que permite aumentar el potencial de los recursos hídricos es la preservación del ambiente.
3. La planificación territorial permitirá distribuir las actividades, así como de el crecimiento ordenando de las urbanizaciones en zonas donde no afecte el potencial hídrico del entorno de la ciudad de Boaco.
4. Las campañas ambientales sumadas con alternativas de deposición de desechos sólidos y vertidos, deben estar contempladas en los planes municipales del municipio.
5. Se debe instalar instrumental climatológico y aplicar pruebas geotécnicas para precisar los balances hídricos superficiales, subsuperficiales y subterráneos.
6. Se debe instalar estaciones de aforo o realizarlas mensualmente para monitorear el caudal de los ríos.

7. Deben establecerse normas que favorezcan la restauración ambiental y la preservación de las áreas verdes. Así como también normas que se orienten a subsanar la escasez de los recursos hídricos.
8. La conformación de un comité de cuencas reviste suma importancia para que la población se apodere del problema y la solución de los recursos hídricos en la ciudad.
9. Con un plan de manejo de la subcuenca pueden planificarse cada una de las acciones y medidas a tomar en beneficio del ambiente y la población.
10. El potencial hidrogeológico actual disponible para el abastecimiento de la ciudad de Boaco es de 7 MMC / Año.

XII. Bibliografía

AMUNIC,1997. Revista de caracterización del municipio de Boaco. Publicada por Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal. (INIFOM).

Buitrago,T, Nelson. 2003. Estudio Geológico para Propósitos de Mapificación Hidrogeológica e Hidroquímica. Proyecto de Mapificación Hidrogeológica e Hidroquímica de las Regiones Centro, RAAS Y RAAN de Nicaragua. COSUDE-AGUASAN.

Berríos, B. y Murguía F. 2002. Análisis de Pruebas de Bombeo pozo perforado número 6, Boaco. Dpto. de investigaciones de fuentes. ENACAL.

Custodio,E y Llamas.R. 2001. Hidrología Subterránea. Segunda edición, Ediciones Omega,S.A. 2 tomos.

Castillo,E. Flores, Y. Peña, E. Dávila R. Castro, M. Ruiz,J. Castaño, R. 2004. Informe final. Estudio de Mapificación Hidrogeológica e Hidrogeoquímica de la Región Central de Nicaragua. Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (INETER y COSUDE)

Cruz,Oscar,A. Medal,M,Brenda. Valencia,V. Gutiérrez,M. Fonseca,W. Bonilla, A. Medina, D. 2005. *Efecto del cambio climático en la disponibilidad de los recursos hídricos de Nicaragua.*

DENACAL Servicio Geológico Nacional,1973. Investigación hidrogeológica en el curso superior del río Las Cañas (Boaco). Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo. (PNUD)

Delmeire, J. 1995. Estudio de agua potable y aguas residuales en la ciudad de Boaco.

Ehrenborg,J.1996 “A New Stratigraphy for the tertiary volcanic rocks of the Nicaraguan highland ” Edición: Elming,A,Sten.Widenfalk,L. y Rodriguez. 1981 –1991 Swedish-Nicaraguan joint project. Lulea University of Technology Sweden.

Espinoza,M,Martha.1999 Estudio hidrogeológico del acuífero Granada, Nicaragua. Tesis de maestría en agua. Universidad de Costa Rica. Escuela Centroamericana de geología.

ENACAL,2000. Gestiones de solicitud de financiamiento realizadas para la ejecución del proyecto de agua potable de la ciudad de Boaco.

ENACAL.2002. Solicitud de financiamiento. Abastecimiento de agua potable para la ciudad de Boaco, departamento de Boaco

Gilling,B,Roberto y Gispert Armando.1984. Evaluación de alternativas de solución para fuentes de abastecimiento de agua a la ciudad de Boaco, Tecolostote y Camoapa. INAA Programa de colaboración entre la república de Cuba y república de Nicaragua.

Guzmán,M,Raoul y Jova,D Guillermo.1982. Hidrogeología. Editorial Pueblo y Educación. Habana, Cuba.

Global Water Partnership 2005. GWP- Centro America. Apartado Postal 14- 5000. Liberia, Guanacaste, Costa Rica.

Hodgson, V, Glen. 1991. Geología y su relación con el agua subterránea del área de Santa Lucía-Boaco.

IRENA, Dirección del ambiente. 1986. Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca alta y media del río Malacatoya. Volumen I.

IRENA-PASOLAC, 1992. Plan de rehabilitación ambiental de las cuencas río Fonseca.

Información de Proyecto, S.A (INYPESA), Nov 2003. Programa Nacional de Ordenamiento Territorial. (PRONOT)

INETER, 1973. Archivos de pozos con información litológica e hidroquímica.

INAA, 1997. Solicitud de cooperación técnica no reembolsable al gobierno del Japón. Proyecto Estudio de fuentes de abastecimiento de agua potable para la ciudad de Boaco, departamento de Boaco.

INAA, 1996. Abastecimiento de agua potable de la ciudad de Boaco, departamento de Boaco.

IRENA, 1981. Informe de avance de estudio hidrológico de la cuenca del río Fonseca en Boaco. Sección de recursos hídricos, departamento de Cuencas

Krásny, J. 1995. Hidrogeología de la zona Pacífica de Nicaragua. Nota explicativa al mapa hidrogeológico a escala 1: 250.000.

Martínez y Meyer. 2001. Informe de factibilidad. Estudios y Diseños del Sistema de Alcantarillado Sanitario de la ciudad de Jinotepe. Programa Agua-INAA-Unión Europea. Consultores Asociados.

Misar, Z. 1987. Geología Regional del Mundo

Sanders, L, Laura. 1998. A Manual of field hydrogeology

Miranda, A. Vásquez, B. Berríos, B. 2001. Acciones inmediatas y perspectivas de proyectos encaminadas a la búsqueda de fuentes de agua superficiales y subterráneas para el suministro de agua potable a la ciudad de Boaco. ENACAL.

Suárez, M. y Berríos B. 2001. Informe de resultados de inspección técnica y pruebas de bombeo efectuadas a pozos exploratorios del valle La Trinidad de la subcuenca Las Cañas. Dpto. de investigaciones de fuentes. ENACAL.

Schosinsky, G. y Losilla, M. 1999. Modelo analítico para determinar la infiltración con base en la lluvia mensual. Revista Geológica de América Central, 23

Traña, J, Manuel. 2005. Informe de Geofísica en la subcuenca Las Cañas, Boaco.

Vásquez, M. 2005 . Evaluación del potencial hidrogeológico del acuífero La Bomba, Limón. ICAA. San José, Costa Rica.

Plan Nacional de desarrollo. "Prioridades del departamento". Consultado en <http://www.pnd.gob.ni/Boaco.shtm>. Fecha de consulta: 1-12-2005

"Selección de los tramos a controlar en una perforación" Consultado en http://aguas.igme.es/igme/publica/libro55/pdf/lib55/in_anexo.pdf. Fecha de consulta: 1-20-2005.

www.juntadeandalucia.es Fecha de consulta: 1- 20 – 2005.

html.rincondelvago.com Fecha de consulta: 1- 20 – 2005.

<http://satori.geociencias.unam.mx/LGM/>. Fecha de consulta: 1- 20 – 2005.

APENDICES

Apéndice A : Del capítulo II – Condiciones geológicas.

A.1 Índice de densidades y ángulos de fallas.

Índice de densidades y ángulos de fallas, sustentado en la media aritmética, a la escala 1:50.000, y en métodos de análisis de los elementos espaciales como el diagrama semicircunferencial. De manera que la media aritmética se expresa de la siguiente manera:

$$X = \sum x_i / n$$

X – media aritmética

x_i – fallas, ángulos y espesores de las formaciones geológicas.

n – número de observaciones

El diagrama semicircunferencial tiene como escala:

Tabla A.1.1. Índice de densidades.

Elementos espaciales : Fallas y ángulos

Índice (%)	Densidad
> 100	Muy alta
50-100	Alta
17-50	Media
< 17	Baja

Dando como resultado la siguiente tabla.

Tabla A.1.2. Densidad de fallas geológicas en el cuadrante 1:50.000 de Boaco

Orientación de Fallas geológicas Esc: 1:50 000	Angulo (°)	Densidad
OON	47	Alta
EEN	61	Media
E-O	0 con respecto al Ecuador	Baja

Elaboró Buitrago,N 2005

A.2 Espesores Promedios de las formaciones geológicas del área de estudio

Tabla A.2.1. Tabla de espesores promedios de las formaciones geológicas y su clasificación macropetrográfica del área en estudio.

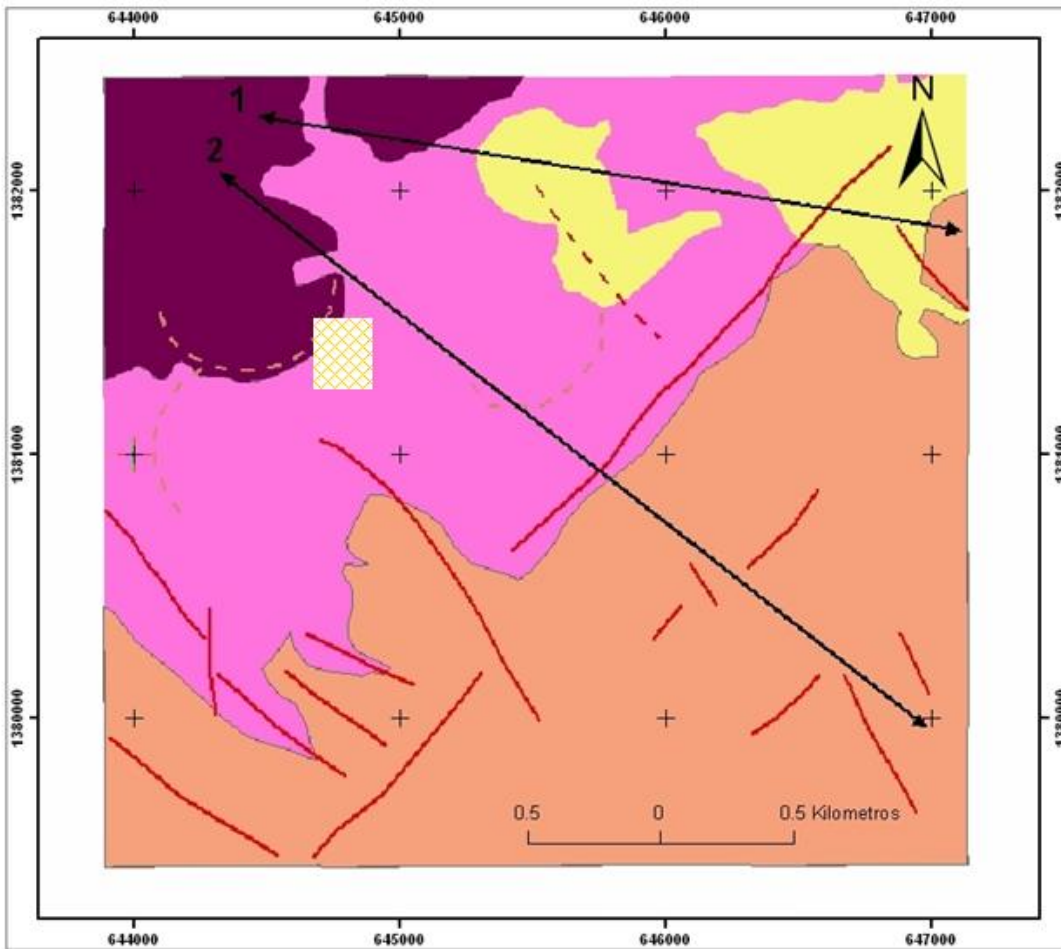
Cuadrante 1:50.000. Boaco

Formación	Edad	Vulcanitas	Volcano-sedimentaria	Sedimento	Espesor Promedio (m.s.n.t)
Cuaternario aluvial	Cuaternario			Arenas, larcillas, bolones	< 20
Unidad Santa Lucia (Coyol)	Terciario	Flujos andesíticos basálticos Diques de flujos lávicos basálticos	Tobas aglomeráticas		444
Unidad La Libertad (Coyol)	Terciario	Flujos andesíticos-basálticos y basaltos			540
Grupo Matagalpa	Terciario	Superior Andesita porfirítica-meteorizada interdigitada con basalto afanítico muy denso. Depósitos piroclásticos silíceos.			272

m.s.n.t – metros sobre el nivel del terreno.
(Elaboró Buitrago, N 2005)

A.3 – Estudio teórico y práctico geoestructural y macropetrográfico, a escala 1:50.000, 1:100.000 y escala 1:250.000, para obtener mapas básicos de la geología en el área de estudio a la escala 1:50.000, y perfiles estratigráficos con escalas verticales 1:10.000, y escalas horizontales 1:50.000

- Fig AG -1 Geología del entorno de la ciudad de Boaco. Escala 1: 50.000
- Fig AG -2 Perfil estratigráfico subcuenca Las Cañas.
- Fig A G-3 Perfil estratigráfico subcuenca Fonseca.
- Fig AG-4, Fig AG-5, Fig AG-6. Mapas geoestructurales del entorno de la ciudad de Boaco.



Leyenda

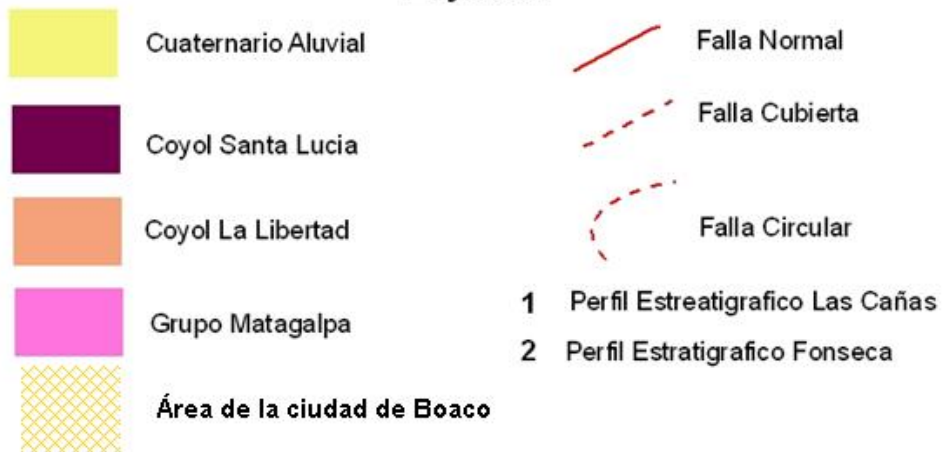


Fig AG-1. Geología del entorno de la ciudad de Boaco. Escala 1:50.000.
(Tomado de Ehrenborg, J, 1996, y modificado por Buitrago 2005)

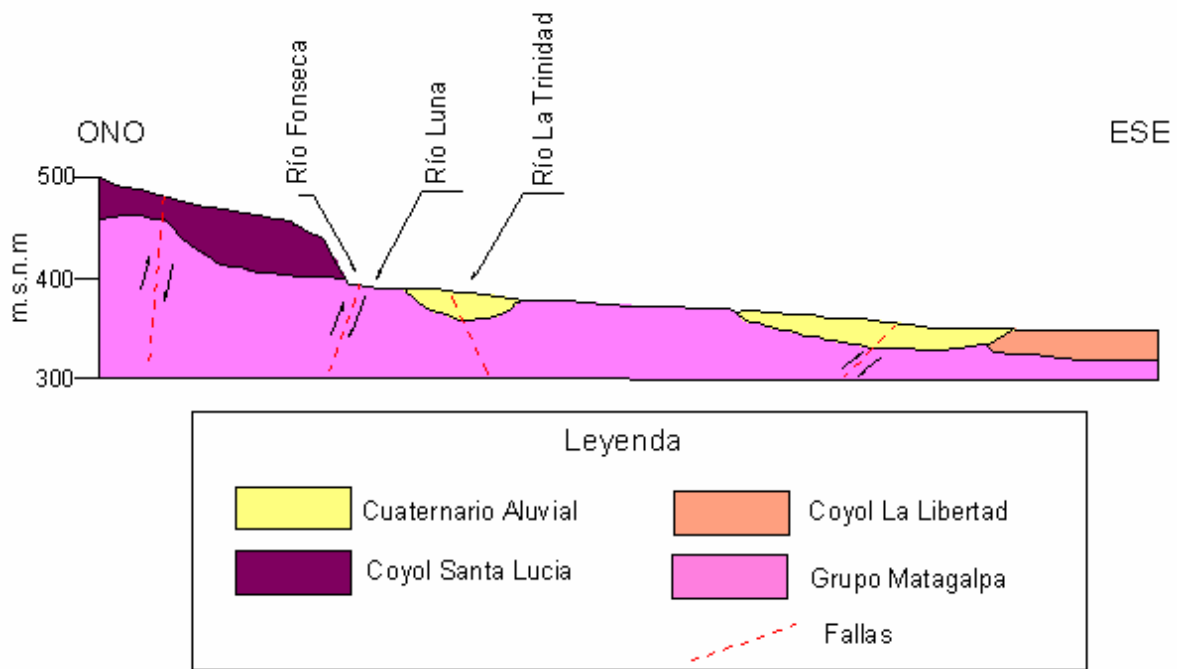


Figura AG-2. Perfil Estratigráfico Sub-cuenca Las Cañas.
Buitrago, 2005

Escala horizontal 1:50,000

Escala vertical 1:10,000

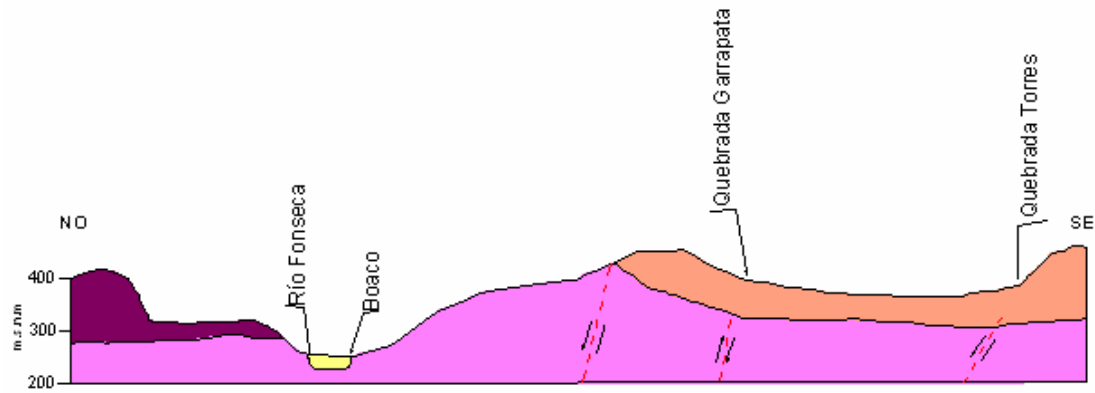


Figura AG-3. Perfil Estratigáfico Sub-cuenca Río Fonseca

Escala horizontal 1:50,000
Escala vertical 1:10,000

Buitrago, N 2005

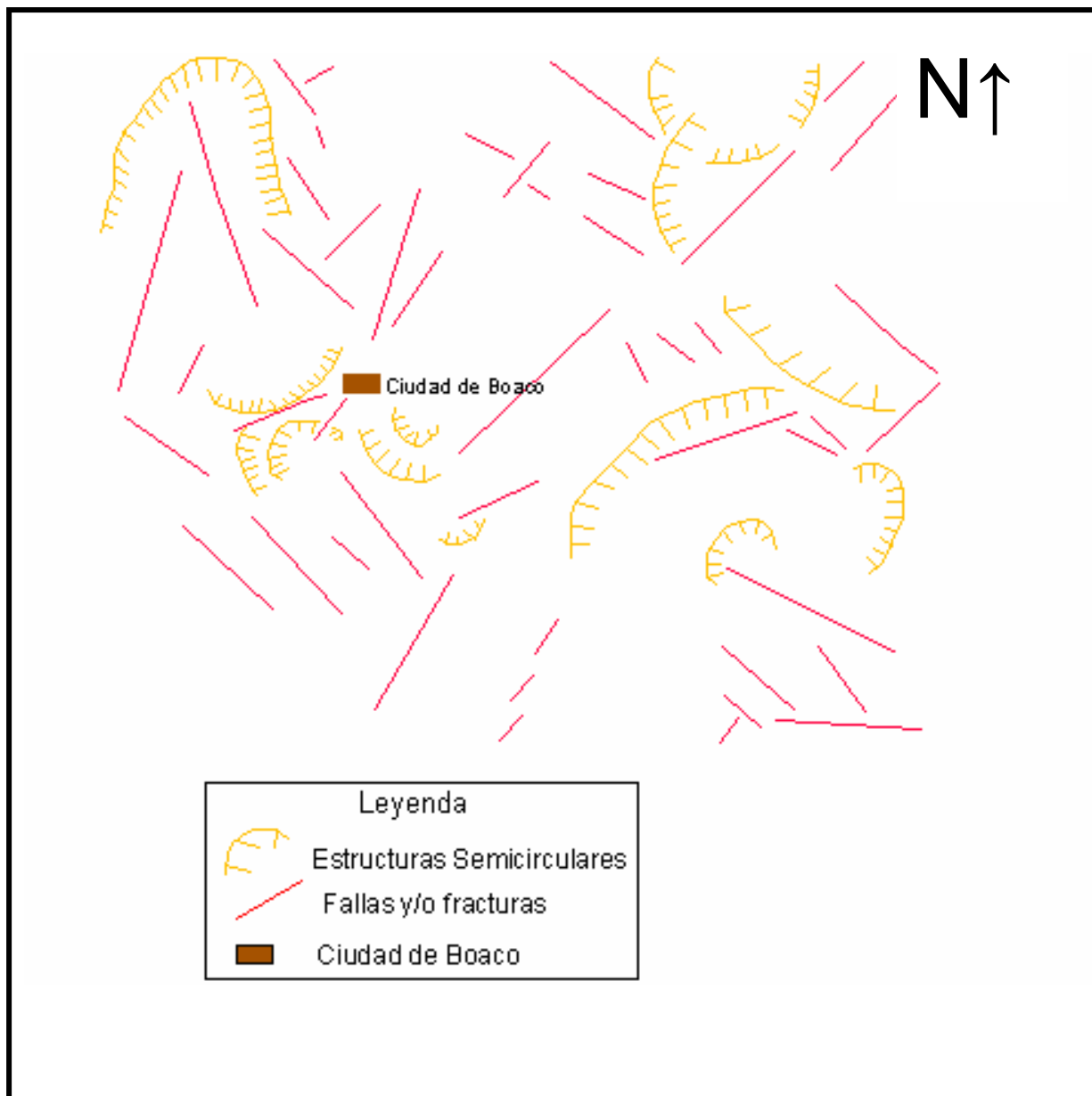


Figura AG4. Mapa geoestructural escala 1:100,000 del entorno de la ciudad de Boaco
Coordenadas aproximadas: Lat.N: 139200 y 137300, Long O: 637400 y 657000
Buitrago,N 2005

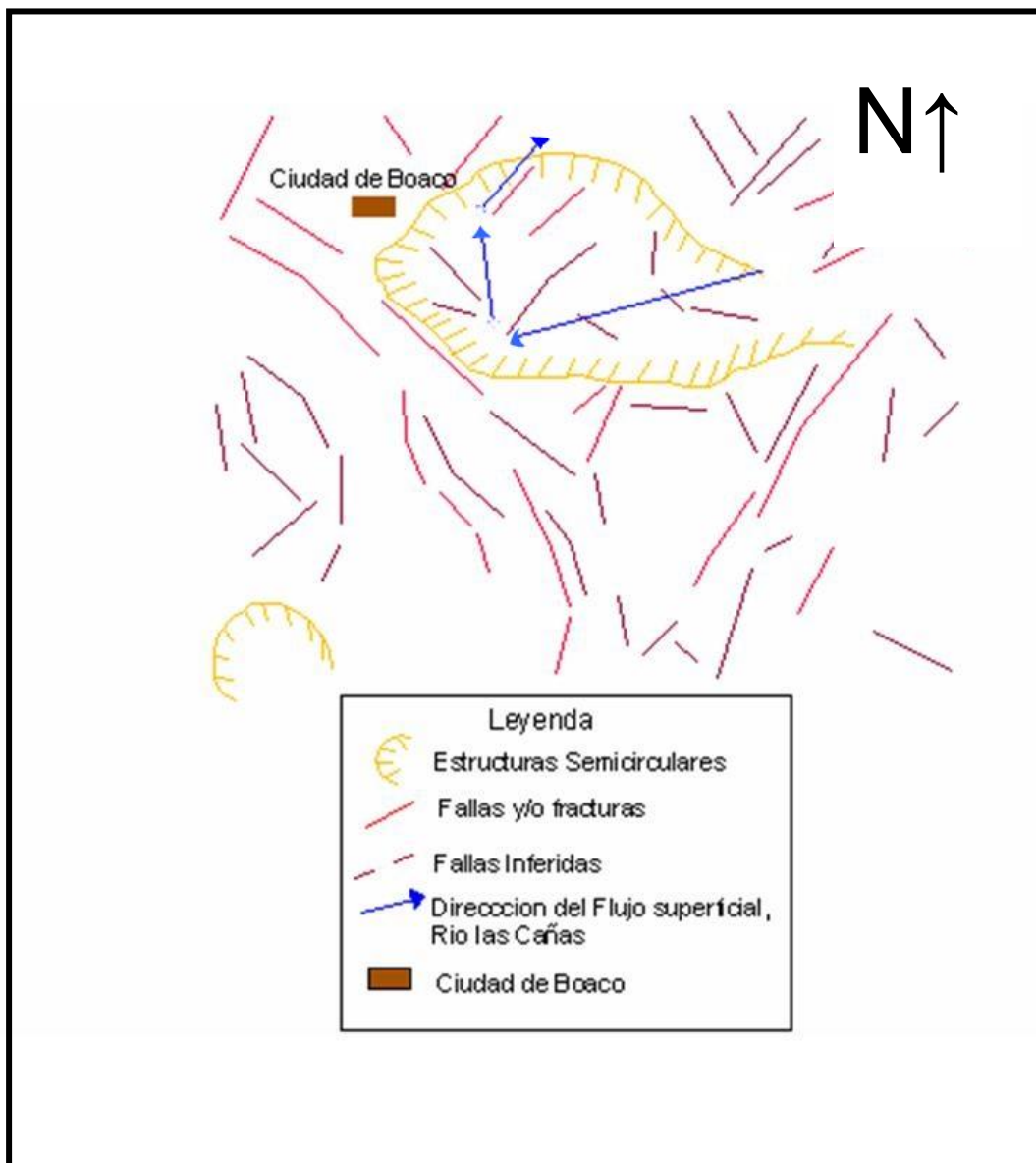


Figura. A-G5. Mapa geoestructural escala 1: 100,000 del entorno de la ciudad de Boaco
 Coordenadas aproximadas: Lat.N: 138100 y 137300, Long O: 637400 y 656000
 Buitrago, N.2005

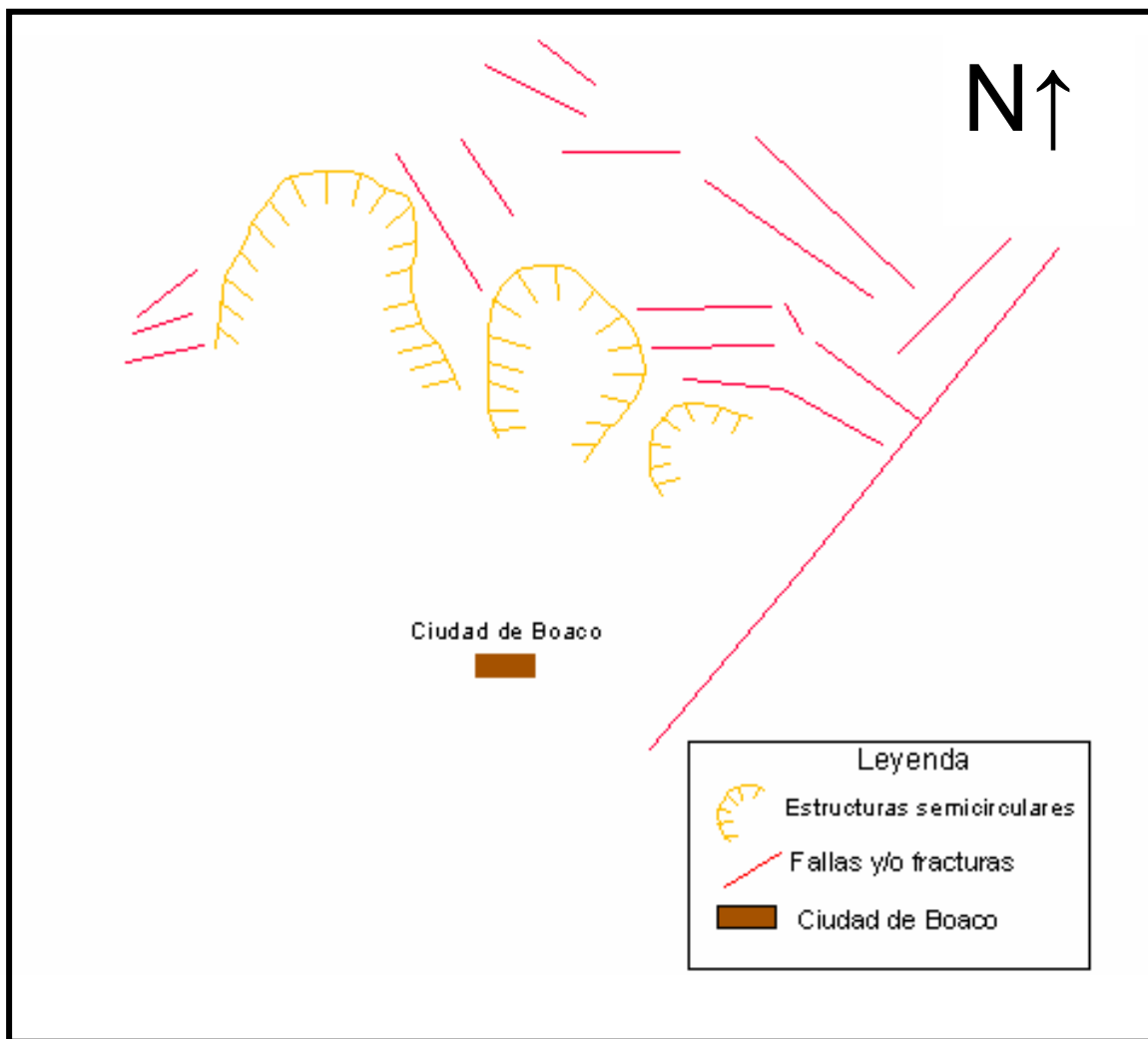
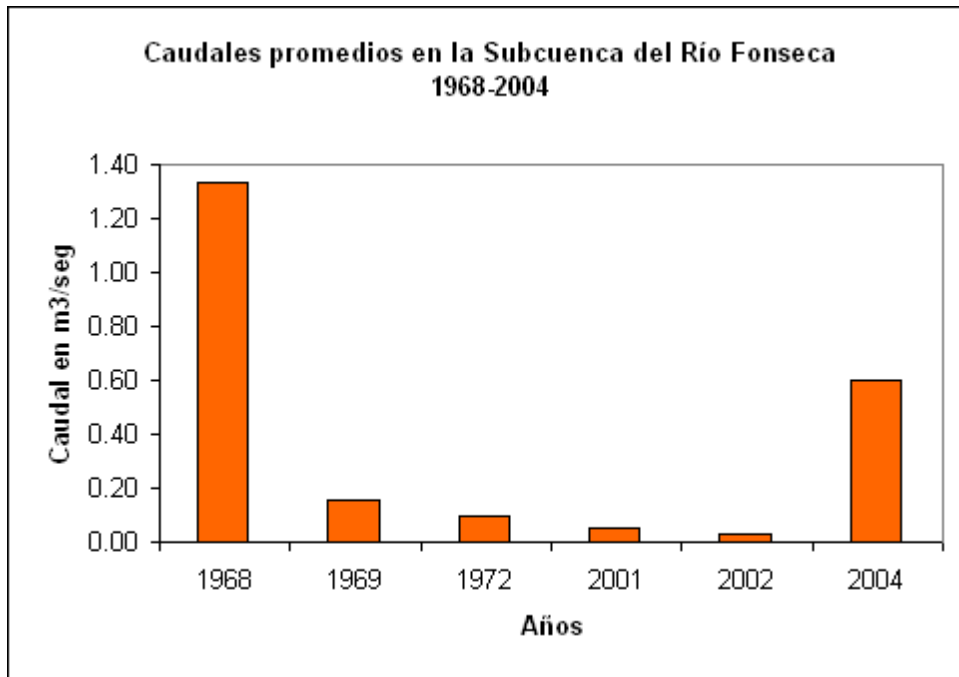


Figura. A-G6. Mapa geoestructural escala 1:100,000 del entorno de la ciudad de Boaco Coordenadas aproximadas: Lat.N: 139200 y 137700, Long O: 637400 y 655000, Buitrago, N 2005

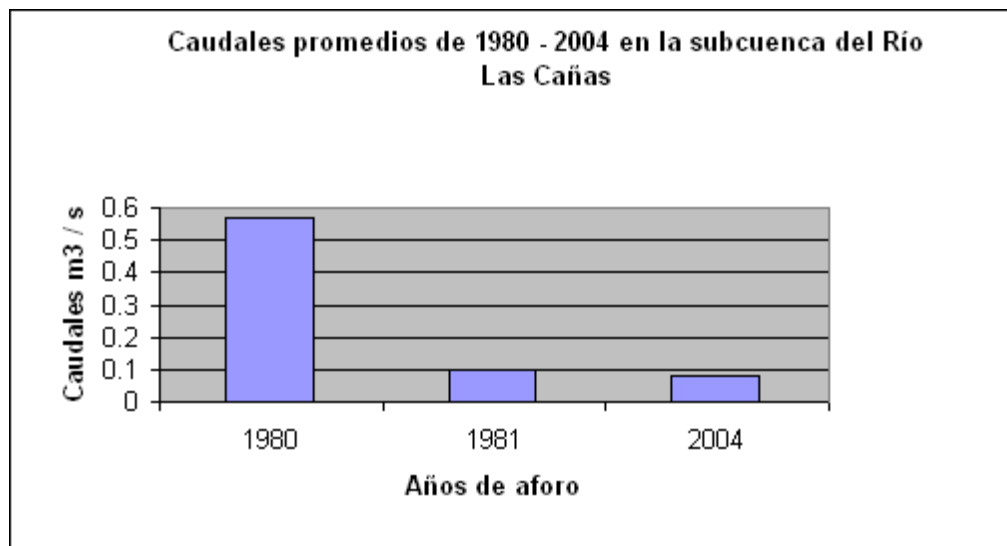
Apéndice B: Del capítulo IV – Resultados y discusión Hidrología de superficie

B.1 Promedios de aforos de 1968 al 2004 en las subcuencas Fonseca y Las Cañas.

	1968	1969	1972	2001	2002	2004
Caudal	1.33	0.156	0.1	0.054	0.031	0.6



	1980	1981	2004
Caudales	0.57	0.1	0.08



B.2 – Registro de aforos del río Las Cañas de 1981 al 2004

Registro de aforos del Río La Garrapata (Subcuenca del Río Las Cañas).

(Fuente: IRENA, 1981 y Buitrago, N. 2005)

Año	Mes	Q m ³ / s	Año	Mes	Q m ³ / s	Año	Mes	Q m ³ / s
1980	Noviembre	0.43	1981	Enero	0.08	1981	Febrero	0.03
1980	Noviembre	0.43	1981	Enero	0.08	1981	Febrero	0.03
1980	Noviembre	1.08	1981	Enero	0.08	1981	Febrero	0.03
1980	Noviembre	1.19	1981	Enero	0.07	1981	Marzo	0.03
1980	Noviembre	0.99	1981	Enero	0.07	1981	Marzo	0.03
1980	Noviembre	1.33	1981	Enero	0.07	1981	Marzo	0.03
1980	Noviembre	1.5	1981	Enero	0.07	1981	Marzo	0.03
1980	Noviembre	0.87	1981	Enero	0.07	1981	Marzo	0.03
1980	Noviembre	0.73	1981	Enero	0.06	1981	Marzo	0.03
1980	Noviembre	0.6	1981	Enero	0.06	1981	Marzo	0.03
1980	Noviembre	0.87	1981	Enero	0.06	1981	Marzo	0.03
1980	Noviembre	0.84	1981	Enero	0.06	1981	Marzo	0.03
1980	Noviembre	0.8	1981	Enero	0.06	1981	Marzo	0.03
1980	Noviembre	1.32	1981	Enero	0.05	1981	Marzo	0.03
1980	Noviembre	1.89	1981	Enero	0.05	1981	Marzo	0.03
1980	Noviembre	1.54	1981	Enero	0.05	1981	Marzo	0.02
1980	Noviembre	1.23	1981	Enero	0.05	1981	Marzo	0.02
1980	Noviembre	1.04	1981	Enero	0.05	1981	Marzo	0.02
1980	Noviembre	0.93	1981	Enero	0.05	1981	Marzo	0.01
1980	Noviembre	0.78	1981	Enero	0.05	1981	Marzo	0.01
1980	Noviembre	0.78	1981	Enero	0.05	1981	Marzo	0.01
1980	Noviembre	0.78	1981	Enero	0.05	1981	Marzo	0.01
1980	Noviembre	0.64	1981	Enero	0.05	1981	Marzo	0.13
1980	Noviembre	0.49	1981	Enero	0.05	1981	Marzo	0.07
1980	Noviembre	0.56	1981	Enero	0.04	1981	Marzo	0.04
1980	Noviembre	0.48	1981	Enero	0.04	1981	Marzo	0.01
1980	Diciembre	0.45	1981	Enero	0.04	1981	Marzo	0.01
1980	Diciembre	0.42	1981	Enero	0.09	1981	Marzo	0.01
1980	Diciembre	0.33	1981	Enero	0.09	1981	Marzo	0.01
1980	Diciembre	0.42	1981	Enero	0.09	1981	Marzo	0.01
1980	Diciembre	0.42	1981	Enero	0.09	1981	Marzo	0.01
1980	Diciembre	0.42	1981	Febrero	0.03	1981	Marzo	0.01
1980	Diciembre	0.51	1981	Febrero	0.03	1981	Marzo	0.01
1980	Diciembre	0.47	1981	Febrero	0.03	1981	Marzo	0.01
1980	Diciembre	0.33	1981	Febrero	0.03	1981	Abril	0.01
1980	Diciembre	0.3	1981	Febrero	0.04	1981	Abril	0.01
1980	Diciembre	0.27	1981	Febrero	0.04	1981	Abril	0.01
1980	Diciembre	0.25	1981	Febrero	0.32	1981	Abril	0.01
1980	Diciembre	0.21	1981	Febrero	0.32	1981	Abril	0.01
1980	Diciembre	0.2	1981	Febrero	0.32	1981	Abril	0.01
1980	Diciembre	0.2	1981	Febrero	0.03	1981	Abril	0.01
1980	Diciembre	0.17	1981	Febrero	0.03	1981	Abril	0.01
1980	Diciembre	0.17	1981	Febrero	0.03	1981	Abril	0.01
1980	Diciembre	0.16	1981	Febrero	0.03	1981	Abril	0.01
1980	Diciembre	0.13	1981	Febrero	0.03	1981	Abril	0.00

1980	Diciembre	0.12	1981	Febrero	0.03	1981	Abril	0.00
1980	Diciembre	0.12	1981	Febrero	0.03	1981	Abril	0.00
1980	Diciembre	0.13	1981	Febrero	0.03	1981	Abril	0.00
1980	Diciembre	0.13	1981	Febrero	0.03	1981	Abril	0.00
1980	Diciembre	0.13	1981	Febrero	0.03	1981	Abril	0.00
1980	Diciembre	0.13	1981	Febrero	0.03	1981	Abril	0.00
1980	Diciembre	0.13	1981	Febrero	0.03	1981	Abril	0.00
1980	Diciembre	0.12	1981	Febrero	0.03	1981	Abril	0.00
1980	Diciembre	0.09	1981	Febrero	0.03	1981	Abril	0.00
1980	Diciembre	0.99	1981	Febrero	0.03	1981	Abril	0.00
1980	Diciembre	0.08	1981	Febrero	0.03	1981	Abril	0.00

Año	Mes	Q m3 / s	Año	Mes	Q m3 / s
1981	Abril	0.00	1981	Julio	0.07
1981	Abril	0.00	1981	Julio	0.06
1981	Abril	0.00	1981	Julio	0.06
1981	Abril	0.00	1981	Julio	0.06
1981	Abril	0.00	1981	Julio	0.06
1981	Abril	0.00	1981	Julio	0.05
1981	Abril	0.00	1981	Julio	0.05
1981	Mayo	0.00	1981	Julio	0.04
1981	Mayo	0.00	1981	Julio	0.04
1981	Mayo	0.00	1981	Julio	0.04
1981	Mayo	0.00	1981	Julio	0.09
1981	Mayo	0.00	1981	Julio	0.08
1981	Mayo	0.00	1981	Julio	0.05
1981	Mayo	0.01	1981	Julio	0.09
1981	Mayo	0.03	1981	Julio	0.06
1981	Mayo	0.13	1981	Agosto	0.12
1981	Mayo	0.14	1981	Agosto	0.14
1981	Mayo	0.178	1981	Agosto	0.17
1981	Mayo	0.16	1981	Agosto	0.33
1981	Mayo	0.17	1981	Agosto	0.50
1981	Mayo	0.17	1981	Agosto	0.2
1981	Mayo	0.14	1981	Agosto	0.17
1981	Mayo	0.14	1981	Agosto	0.15
1981	Mayo	0.14	1981	Agosto	0.13
1981	Mayo	0.13	1981	Agosto	0.10
1981	Mayo	0.13	1981	Agosto	0.07
1981	Mayo	0.11	1981	Agosto	0.08
1981	Mayo	0.11	1981	Agosto	0.2
1981	Mayo	0.09	1981	Agosto	0.84
1981	Mayo	0.07	1981	Agosto	0.48
1981	Mayo	0.04	1981	Agosto	0.42
1981	Mayo	0.03	1981	Agosto	0.41
1981	Mayo	0.01	1981	Agosto	0.37
1981	Mayo	0.01	1981	Agosto	0.28
1981	Mayo	0.01	1981	Agosto	0.26

1981	Mayo	0.01	1981	Agosto	0.25
1981	Mayo	0.01	1981	Agosto	0.17
1981	Mayo	0.02	1981	Agosto	0.16
1981	Julio	0.02	1981	Agosto	0.12
1981	Julio	0.02	1981	Agosto	1.21
1981	Julio	0.02	1981	Agosto	1.52
1981	Julio	0.02	1981	Agosto	0.8
1981	Julio	0.02	1981	Agosto	0.68
1981	Julio	0.02	1981	Agosto	0.59
1981	Julio	0.14	1981	Agosto	1.4
1981	Julio	0.13	1981	Agosto	0.59
1981	Julio	0.16	2004	Agosto	6.9
1981	Julio	0.13	2004	Agosto	0.02
1981	Julio	0.12	2004	Septiembre	0.4
1981	Julio	0.11	2004	Octubre	6.4
1981	Julio	0.08	2004	Octubre	10.2
1981	Julio	0.08	2004	Octubre	1.4
1981	Julio	0.07	2004	Octubre	20.2
1981	Julio	0.07			

Registro de aforos del Río Fonseca en el período comprendido de 1968 -2004.
(Fuente: IRENA, 1981 y Buitrago, N. 2005)

Año	Mes	Q m ³ / s	Año	Mes	Q m ³ / s
1968	Junio	2	1968	Noviembre	0.89
1968	Junio	1.92	1968	Noviembre	0.11
1968	Junio	2.04	1968	Noviembre	0.94
1968	Junio	1.94	1968	Noviembre	1.05
1968	Junio	2.18	1968	Noviembre	1.01
1968	Junio	2.32	1968	Noviembre	0.45
1968	Junio	0.22	1968	Noviembre	0.68
1968	Junio	0.24	1968	Noviembre	0.46
1968	Junio	0.17	1968	Noviembre	0.44
1968	Junio	0.19	1969	Enero	0.16
1968	Junio	0.18	1972	Mayo	0.04
1968	Junio	0.21	1972	Mayo	0.04
1968	Junio	0.59	1972	Mayo	0.04
1968	Junio	0.71	1972	Mayo	0.07
1968	Junio	0.75	1972	Mayo	0.08
1968	Junio	0.77	1972	Mayo	0.2
1968	Junio	0.38	1972	Mayo	0.21
1968	Junio	0.4	1972	Mayo	0.26
1968	Junio	0.61	1972	Mayo	0.27
1968	Junio	0.55	1972	Mayo	0.19
1968	Junio	1.58	1972	Mayo	0.19
1968	Junio	1.61	1972	Mayo	0.16
1968	Julio	0.92	1972	Mayo	0.17
1968	Julio	1.41	1972	Mayo	0.11

1968	Julio	1.41	1972	Mayo	0.11
1968	Julio	1.84	1972	Mayo	0.09
1968	Julio	1.98	1972	Mayo	0.10
1968	Julio	1.32	1972	Mayo	0.09
1968	Julio	1.32	1972	Mayo	0.09
1968	Julio	0.77	1972	Mayo	0.08
1968	Julio	0.83	1972	Mayo	0.08
1968	Julio	1.74	1972	Junio	0.07
1968	Julio	1.78	1972	Junio	0.08
1968	Julio	1.03	1972	Junio	0.08
1968	Julio	1.06	1972	Junio	0.08
1968	Julio	0.79	1972	Junio	0.06
1968	Agosto	0.81	1972	Junio	0.05
1968	Agosto	0.99	1972	Junio	0.05
1968	Agosto	0.97	1972	Junio	0.05
1968	Agosto	1.92	1972	Junio	0.05
1968	Agosto	1.93	1972	Junio	0.05
1968	Agosto	1.48	1972	Junio	0.05
1968	Agosto	1.45	1972	Junio	0.05
1968	Agosto	1.11	1972	Junio	0.06
1968	Agosto	1.13	1972	Junio	0.09
1968	Agosto	0.78	1972	Junio	0.07
1968	Agosto	0.79	1972	Junio	0.10

Año	Mes	Q m3 / s	Año	Mes	Q m3 / s
1968	Agosto	2.04	1972	Junio	0.10
1968	Agosto	2.01	1972	Junio	0.08
1968	Agosto	1.42	1972	Junio	0.11
1968	Agosto	1.42	2001	Septiembre	0.22
1968	Agosto	1.51	2001	Septiembre	0.07
1968	Agosto	1.65	2001	Abril	0.02
1968	Septiembre	2.73	2001	Abril	0.01
1968	Septiembre	2.77	2001	Abril	0.01
1968	Septiembre	3.37	2001	Abril	0.01
1968	Septiembre	1.97	2002	Abril	0.07
1968	Septiembre	1.93	2002	Abril	0.04
1968	Septiembre	1.96	2002	Abril	0.02
1968	Septiembre	1.20	2002	Abril	0.02
1968	Septiembre	1.19	2002	Abril	0.01
1968	Septiembre	1.38	2002	Abril	0.04
1968	Septiembre	1.43	2002	Abril	0.03
1968	Septiembre	1.04	2002	Abril	0.01
1968	Septiembre	0.99	2002	Abril	0.03
1968	Septiembre	1.45	2002	Enero	0.09
1968	Septiembre	1.4	2002	Marzo	0.03
1968	Septiembre	0.77	2002	Marzo	0.03
1968	Septiembre	0.78	2002	Marzo	0.01

1968	Octubre	1.46	2002	Marzo	0.04
1968	Octubre	1.43	2002	Marzo	0.04
1968	Octubre	0.80	2002	Marzo	0.04
1968	Octubre	0.80	2002	Marzo	0.07
1968	Octubre	1.23	2002	Marzo	0.07
1968	Octubre	1.26	2002	Marzo	0.04
1968	Octubre	3.66	2002	Marzo	0.02
1968	Octubre	3.72	2002	Marzo	0.02
1968	Octubre	2.85	2002	Marzo	0.01
1968	Octubre	2.94	2002	Marzo	0.03
1968	Octubre	1.96	2002	Marzo	0.02
1968	Octubre	1.92	2002	Marzo	0.01
1968	Octubre	3.17	2002	Marzo	0.03
1968	Octubre	1.52	2004	Agosto	0.5
1968	Octubre	1.49	2004	Septiembre	0.4
1968	Noviembre	0.76	2004	Octubre	0.29
1968	Noviembre	0.75	2004	Noviembre	0.03

B.3 Datos de precipitación en mm

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA
RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL

Estación: - BOACO / BOACO

Latitud: 12° 28' 12" N

Código: 69 084

Longitud: 85° 39' 18" W

Años: 1971 – 2004

Elevación: 400 msnm

Parámetro: precipitación (mm)

Tipo: HMO

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1971	104.4	15.3	-	-	-	-	148.5	158.9	221	133.1	21	68.9	871.1
1972	38.3	14.7	1.3	1.3	107.8	83.8	195.6	146.7	159.7	74.8	59.4	56.7	940.1
1973	9.7	2.9	1.8	0.2	248.5	167.6	167.7	133.9	215.2	273.2	84.7	19.3	1324.7
1974	52.3	7.6	22.6	22.6	30.2	138.8	72.9	159.4	299	163.5	13.2	51.2	1033.3
1975	82	4	4.9	8.5	87.6	130.7	121.9	201.5	204.3	152.1	94.6	22.9	1115
1976	37.3	13.3	20	0.8	57.6	242.6	150.3	124.9	73.6	59.6	61.8	52.7	894.5
1977	5	9.4	0	2.2	143.4	289.9	165.7	62	195.1	92	49.6	34.4	1048.7
1978	20.7	0.2	2.2	0.3	168.1	175.9	248.4	135.4	152.3	148.9	44.4	56.5	1153.3
1979	60.5	1.6	20.2	287	60.4	-	-	96	214.6	219.5	36.7	78	1074.5
1980	26.5	5.4	4.1	0	310.3	190.5	226.5	59	193.5	245.4	239.1	40.7	1541
1981	0	27.7	58.1	13.6	128.7	505.1	79.2	266.9	109.2	167.5	49.4	19.8	1425.2
1982	36.5	37.9	23.2	39.3	497.3	242.3	222.8	115.6	139.5	117.5	37.7	34	1543.6
1983	5.4	10.2	3.2	1.9	37.3	197.9	161.1	175.1	203.2	146.5	64.3	72.8	1078.9
1984	17.3	13.1	15.7	0.5	65.5	167.2	190.6	191.1	237.9	190.9	25.8	85.9	1201.5
1985	24.5	42	25.9	1.2	92.5	241.5	144.9	114.7	124.7	195.6	90.5	76.1	1174.1
1986	11.1	7.4	0.4	3.8	197.1	281	196	117.5	118.1	65.2	121.8	31.6	1151
1987	13.2	0.6	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.8
1988	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1991	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1992	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1993	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1994	37.9	24.3	4.7	31.9	172.3	109.9	113.6	121.1	186.4	204.2	141.4	37.9	1185.6
1995	27.7	19.1	22.2	68.2	109.1	279.1	178.6	390	271.4	215.2	71.8	54.5	1706.9
1996	17.4	4.7	3.9	0.9	188.1	183.5	211.4	399.8	180.9	201.6	162.5	33.3	1588
1997	17	17.6	23.3	12.5	2.4	336.9	203.3	139.7	141.9	253.6	178.2	0	1326.4
1998	4	0	15.2	4	127.7	144	121.5	179.5	240.6	761.9	178.5	55.1	1832
1999	43.1	19.9	11.7	8.9	250.1	108	208.9	101.1	147.2	276.2	99.9	2.8	1277.8
2000	23.2	29.9	3.6	0	36.5	236.6	137.3	207	344.9	124.4	65.9	39.5	1248.8
2001	9.5	34.4	0	0	104	117.4	184.6	190.2	174.7	120.3	11.5	8.1	954.7
2002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Suma	724.5	363.2	288.2	509.6	3222.5	4570.2	3851.3	3987	4548.9	4602.7	2003.7	1032.7	29704.5
Media	29	14.5	12	22.2	140.1	207.7	167.4	166.1	189.5	191.8	83.5	43	1188.2
Máximo	104.4	42	58.1	287	497.3	505.1	248.4	399.8	344.9	761.9	239.1	85.9	1832
Mínimo	0	0	0	0	2.4	83.8	72.9	59	73.6	59.6	11.5	0	0

B.4 Evapotranspiración real en mm

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA
RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL

Estación: - BOACO / BOACO

Latitud: 12° 28' 12" N

Código: 69 084

Longitud: 85° 39' 18" W

Años: 1971 – 2004

Elevación: 400 msnm

Parámetro: Evapotranspiración potencial (mm)

Tipo: HMO

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1971	-	-	38.9	-	-	-	187	208.2	137.8	124.2	123.6	140.7	960.5
1972	125.7	197.3	269.3	274	196.4	146	129	123.7	116.8	132.6	109.1	126.4	1945.6
1973	177.4	229.5	259.7	289	250.4	130.3	127	149.4	110.9	109.5	103.2	157.2	2093.8
1974	123.6	176.5	223.9	251	214.9	142.6	153	149.5	123.1	124.3	150.2	131.2	1963.4
1975	135.6	161.5	239.5	290	254.3	155.5	164	113.8	106.9	129	102.4	138.6	1991.5
1976	173.3	166.7	192.9	228	195.5	141.4	132	140.8	137.4	145.1	139.5	139.5	1931.5
1977	196.5	211.2	315.4	222	207	117.2	137	143.7	130.1	146.4	162.9	141.8	2130.9
1978	180.7	204.8	264.1	214	135.4	124.1	99.2	109.7	105.5	129.7	132.7	125.2	1824.7
1979	130.5	195.9	223.7	107	164.9	-	-	39.7	96.7	59.5	84.6	69.8	1172.4
1980	120.5	138.6	165.1	187	108.7	111.5	124	72	85.4	62.9	121.8	139.8	1436.5
1981	131.1	30.9	273.5	145	113	107.1	117	137	154	124.2	106.3	87.2	1526.9
1982	173	46.4	135.3	107	66.7	119.7	123	116.5	-	138	-	154.9	1180.5
1983	191.4	153.6	204.7	175	131.6	105.2	145	107.5	122.7	108.2	146.6	108.5	1699.3
1984	143.1	160.5	149	86.1	145.5	98.7	85.7	85.4	93.6	98.7	110.3	98.7	1355.3
1985	149.9	121.3	153.6	108	95.9	81.9	62.6	137.9	172	125	126.9	114.5	1449.6
1986	154.6	147.1	170.3	156	139.1	134.3	125	105.6	104.5	118.3	115.6	148.8	1618.6
1987	108.1	136	117.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	361.5
1988	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1991	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1992	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1993	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1994	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Suma	2415	2477.8	3396.3	2838	2419	1716	1909	1940.4	1797.4	1875.6	1835.7	2022.8	26643
Media	150.9	154.9	199.8	189	161.3	122.5	127	121.3	119.8	117.2	122.4	126.4	1567.2
Máximo	196.5	229.5	315.4	290	254.3	155.5	187	208.2	172	146.4	162.9	157.2	2130.9
Mínimo	108.1	30.9	38.9	86.1	66.7	81.9	62.6	39.7	85.4	59.5	84.6	69.8	0

B.5 Temperatura media máxima en °C

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA
RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL

Estación: - BOACO / BOACO

Latitud: 12° 28' 12" N

Código: 69 084

Longitud: 85° 39' 18" W

Años: 1971 – 2004

Elevación: 400 msnm

Parámetro: Temperatura media maxima (°C)

Tipo: HMO

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1971	24.1	27.7	29.7	-	-	-	26.1	25.9	27.9	28.3	28	26.5	27.1
1972	26.3	27.6	30	31.3	30.3	29	27	27.4	28	28.7	27.8	26.7	28.3
1973	27.2	28.6	31.7	32.9	31.3	28.2	27.7	28.4	28.6	28.2	27.1	25.9	28.8
1974	26.1	26.9	28.8	29.7	30.2	28.8	27.6	27.6	28	27.2	27.3	26.4	27.9
1975	26	27.2	29.5	31	32.4	28.5	27.4	27.2	27.9	27.7	26.4	25.6	28.1
1976	25.5	26.7	28.3	30	30.3	28.5	27	27.8	28.3	28.9	27.7	27.1	28
1977	27.2	28.6	30.5	31.4	31.4	27.6	27.4	28	28.4	28.5	28.5	27.3	28.7
1978	27.3	28.6	6.8	31.9	31.3	27.4	26.9	27.6	28.1	28.2	27.8	26.6	26.5
1979	27.2	28.3	30.2	30.4	29.9	-	-	28.7	27.9	27.9	27	26.6	28.4
1980	27	28.8	29.5	31.6	31.9	28.5	27.2	28	27.3	27.7	27.5	26.2	28.4
1981	27.2	28.6	30.5	30.1	30.1	28.5	28.5	28.7	28.8	28.4	27.9	27.3	28.7
1982	27.4	28.4	30.2	31.5	29.8	29.1	27.1	27.9	28.4	28	27.8	27.1	28.6
1983	27.8	29.4	31.7	33	33.4	30.9	27.2	28.2	28.5	28.5	28.3	27.1	29.5
1984	27.1	28.3	30.3	32.5	31.6	30.1	28.3	27.9	28.4	28.5	28.6	28.1	29.1
1985	27.5	27.9	30.3	32.3	32.1	28.7	29.6	29.3	29.1	28	27.1	27	29.1
1986	27.1	28.7	30	32	31.7	27.7	27.1	27.7	27.8	28.2	27.1	27.8	28.6
1987	27.8	29.9	34.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30.6
1988	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1991	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1992	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1993	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1994	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Suma	455.9	480.1	492.1	471.7	467.7	401.4	412.2	446.3	451.5	450.9	441.9	429.3	484.5
Media	26.8	28.2	28.9	31.4	31.2	28.7	27.5	27.9	28.2	28.2	27.6	26.8	28.5
Máximo	27.8	29.9	34.1	33	33.4	30.9	29.6	29.3	29.1	28.9	28.6	28.1	354.1
Mínimo	24.1	26.7	6.8	29.7	29.8	27.4	26.1	25.9	27.3	27.2	26.4	25.6	0

B.H.2 Aforos 2004 en la subcuenca Las Cañas.

Site: Sacal#2

Elevation:

317 Measurements at 20% depth

Date: 06/agosto/004

Coordinates:

E655808
N1386616

Stream width: 3 metros

$v = (Rev/t \times 2.2048 + 0.0178) \times 0.3048$

Ancho4= (b5-b3)/2

Point	Distance to initial point (m)	Depth [m]	% depth	Measurement depth (m)	t [s]	Rev	v m/s	Average v (m/s)	Section width (m)	Area (m2)	q m3/s
Punto inicial	0	0	0								
1	0.1	0.2	0.2	0.04	50	0	0	0.34	0.15	0.03	0.01
1	0.2	0.2	0.2	0.04	50	3	0.14				
1	0.1	0.2	0.2	0.04	50	3	0.14				
1	0.1	0.2	0.2	0.04	50	4	0.18				
2	0.1	0.2	0.2	0.04	50	4	0.18	0.65	0.75	0.15	0.10
2	0.15	0.2	0.2	0.04	50	5	0.23				
2	0.5	0.2	0.2	0.04	50	4	0.18				
2	0.1	0.2	0.2	0.04	50	5	0.23				
3	0.3	0.2	0.2	0.04	50	4	0.18	0.54			
3	0.85	0.2	0.2	0.04	50	3	0.14				
3	0.5	0.2	0.2	0.04	50	4	0.18				
3	0	0.2	0.2	0.04	50	3	0.14				
Total	3									0.18	0.11
Promedio										0.09	0.05

Fuente: Buitrago, 2005

q/a= V

0.59

B.H.3 Aforos 2004 en la subcuena Fonseca .

Site: 6 Río Fonseca Elevation: 305 Measurements at 20%.40 % depth Date: 08-Sep-04
 Coordinates: E644580 Stream width: 8.00 metros $v = (Rev/t \times 2.2048 + 0.0178) \times 0.3048$
 N1377906 Ancho4= (b5-b3)/2

Point	Distance to initial point (m)	Depth [m]	% depth	Measurement depth (m)	t [s]	Rev	v m/s	Average v (m/s)	Section width (m)	Area (m2)	q m3/s
Pto inicial	0	0									
1	0.2	0.28	0.2	0.06	50	2	0.09				
1	0.2	0.28	0.2	0.06	50	2	0.09	0.36	0.05	0.01	0.01
1	0.1	0.28	0.4	0.11	50	3	0.14				
1	0.1	0.28	0.4	0.11	50	3	0.14				
2	0.2	0.3	0.2	0.06	50	2	0.09	0.36	0.1	0.03	0.01
2	0.2	0.3	0.2	0.06	50	2	0.09				
2	0.1	0.3	0.4	0.12	50	3	0.14				
2	0.1	0.3	0.4	0.12	50	3	0.14				
3	0.2	0.26	0.2	0.05	50	9	0.40	1.54	0.15	0.04	0.06
3	0.2	0.26	0.2	0.05	50	9	0.40				
3	0.1	0.26	0.4	0.10	50	13	0.58				
3	0.1	0.26	0.4	0.10	50	14	0.62				
4	0.3	0.22	0.2	0.04	50	12	0.53	2.21	0.4	0.09	0.19
4	0.3	0.22	0.2	0.04	50	13	0.58				
4	0.2	0.22	0.4	0.09	50	20	0.89				
4	0.2	0.22	0.4	0.09	50	19	0.84				
5	0.4	0.18	0.2	0.04	50	14	0.62	2.09	0.65	0.12	0.24
5	0.4	0.18	0.2	0.04	50	14	0.62				
5	0.3	0.18	0.4	0.07	50	15	0.67				
5	0.3	0.18	0.4	0.07	50	16	0.71				
6	0.4	0.16	0.2	0.03	50	12	0.53	1.80	0.9	0.14	0.26
6	0.4	0.16	0.2	0.03	50	11	0.49				
6	0.3	0.16	0.4	0.06	50	14	0.62				
6	0.3	0.16	0.4	0.06	50	14	0.62				
7	0.4	0.1	0.2	0.02	50	14	0.62	2.11	1.2	0.12	0.25
7	0.4	0.1	0.2	0.02	50	13	0.58				
7	0.3	0.1	0.4	0.04	50	16	0.71				
7	0.3	0.1	0.4	0.04	50	18	0.80				
8	0.2	0.12	0.2	0.02	50	6	0.27	0.90	1.35	0.16	0.15
8	0.2	0.12	0.2	0.02	50	5	0.23				
8	0.1	0.12	0.4	0.05	50	9	0.40				
8	0.1	0.12	0.4	0.05	50	10	0.45				
9	0.1	0.13	0.2	0.03	50	4	0.18	0.90			
9	0.1	0.13	0.2	0.03	50	6	0.27				
9	0.1	0.13	0.4	0.05	50	8	0.36				
9	0.1	0.13	0.4	0.05	50	8	0.36				
Total		8								0.71	1.17
Promedio										0.09	1.05

Fuente: Buitrago, 2005

$$V = q / a$$

11.72

B.H.4 Aforos 2004 en la subcuenca Fonseca .

Site: 2 **Río Fonseca** Elevation: 348 Measurements at 20%,60 %.80% depth Date: 08-Ago-04
 Coordinates: **E645145** Stream width: 13.50 metros $v = (Rev/t \times 2.2048 + 0.0178) \times 0.3048$
N1380216 Ancho4= (b5-b3)/2

Point	Distance to initial point (m)	Depth [m]	% depth	Measurement depth (m)	t [s]	Rev	v m/s	Average v (m/s)	Section width (m)	Area (m2)	q m3/s
Punto inicial	0	0									
2	0.1	0.1	0.2	0.02	50	2	0.09	0.14	0.2	0.02	0.003
2	0.1	0.1	0.6	0.06	50	2	0.09				
2	0.2	0.1	0.8	0.08	50	0	0				
2	0.2	0.1	0.2	0.02	50	0	0			0	0
3	0.3	0.26	0.6	0.16	50	0	0	0.14	0.4	0.10	0.01
3	0.3	0.26	0.8	0.21	50	0	0				
3	0.2	0.26	0.2	0.05	50	2	0.09			0	0
3	0.2	0.26	0.6	0.16	50	2	0.09			0	0
4	0.1	0.5	0.8	0.4	50	0	0	0.14	0.6	0.3	0.04
4	0.1	0.5	0.2	0.1	50	0	0				
4	0.2	0.5	0.6	0.3	50	2	0.09			0	0
4	0.2	0.5	0.8	0.4	50	2	0.09			0	0
5	0.3	0.62	0.2	0.12	50	0	0	0.14	0.85	0.53	0.07
5	0.3	0.62	0.6	0.37	50	0	0				
5	0.2	0.62	0.8	0.50	50	2	0.09				
5	0.2	0.62	0.2	0.12	50	2	0.09			0	0
6	0.4	0.62	0.6	0.37	50	0	0	0.18	1.1	0.68	0.12
6	0.4	0.62	0.8	0.50	50	0	0				
6	0.2	0.62	0.2	0.12	50	0	0				
6	0.2	0.84	0.6	0.50	50	4	0.18			0	0
7	0.3	0.84	0.8	0.67	50	3	0.14	0.32	1.35	1.13	0.36
7	0.3	0.84	0.2	0.17	50	3	0.14				
7	0.2	0.84	0.6	0.50	50	3	0.14				
7	0.2	0.8	0.8	0.64	50	0	0			0	0
8	0.4	0.8	0.2	0.16	50	0	0	0.21	1.85	1.48	0.31
8	0.4	0.8	0.6	0.48	50	3	0.14				
8	0.3	0.8	0.8	0.64	50	3	0.14	0.32			
8	0.3	0.9	0.2	0.18	50	3	0.14			0	0
9	0.7	0.9	0.6	0.54	50	3	0.14	0.18	3.2	2.88	0.53
9	0.3	0.9	0.8	0.72	50	0	0			0	0
9	0.5	0.9	0.2	0.18	50	0	0				
9	0.5	0.9	0.6	0.54	50	2	0.09				
10	1.7	0.9	0.8	0.72	50	2	0.09	0.22		0	0
10	0.5	0.9	0.2	0.18	50	2	0.09			0	0
10	0.5	0.9	0.6	0.54	50	2	0.09				
10	2	0.9	0.8	0.72	50	0	0				
Total	13.5									7.13	1.46
Promedio										0.89	0.18

Fuente: Buitrago, 2005

q/a=V

0.20

Apéndice C del capítulo VI de hidrogeología.

C.1. Tabla de litología de pozos

Pozo	Elevación	Espesor (m)	Litología	Fuente
	msnm			Cruz
B-Cruz Roja	378	4.57	Arcilla plástica oscura con bolones	Roja de Boaco 2001
		9.15	Toba arcillosa gris	
		22.87	Andesita masiva arcillosa verdusca a rojiza	
		54.88	Andesita fracturada verde oscura	
B-Santa Blanca 1	363	0.61	Arcilla color negro, contiene algunas inclusiones líticas	ENACAL 1973
		0.91	Arcilla con limo y arena y algunas inclusiones líticas, color café. Permeabilidad baja	
		2.74	Limo color café claro, firme, permeabilidad baja. contiene muy poca arena y fragmentos líticos	
		3.7	Arcilla limosa, color café plástica, permeabilidad baja.	
		4.6	Limo arcilloso, color café, permeabilidad baja.	
		10	Arcilla arenosa color café, plástica, permeabilidad baja	
		10.9	Grava arcillosa color gris, plástica, permeabilidad baja. Roca triturada	
		138	Roca, alternancia de ignimbritas con flujos de lavas pertenecientes al grupo Matagalpa	
B-S Blanca 2	360.16	0.61	Arena limosa, firme, color café, permeabilidad baja	ENACAL 1973
		2.4	Similar a espesor 0.61 con arcilla	
		3.4	Limo arenoso con inclusiones líticas color café, gravas subredondeadas equidimensionales con diámetro máximo de 3 mm, permeabilidad baja.	
		4.3	Arena con limos y gravas. Color café, suelta, granos subangulosos y subredondeados equidimensionales, roca triturada , permeable?.	
		5.2	Roca triturada, color gris, lava.	
		6.1	Arcilla con bolones. Color café, plástica, permeabilidad baja.	
		7	Limo arcilloso con gravas. Color café. Roca triturada, permeable.	
		7.9	Arena con bolones arcillosos, color café, plástica, permeabilidad baja.	
		19.8	Ignimbrita color blanco verduzco. Correspondiente al grupo Matagalpa	

B-S Blanca 3	367.23	0.91	Arcilla color negro, permeabilidad baja a nula	ENACAL 1973
		1.8	Limo arenoso con arcilla, color café y escasas inclusiones líticas alteradas. Firme, permeabilidad baja	
		3.7	Idem al espesor 1.8, más arcillosa	
		4.6	Limo arcilloso, color café, firme, contiene inclusiones líticas escasas. Permeabilidad baja.	
		5.5	Limo arenoso, color café, firme, permeabilidad baja	
		6.4	bolones de lava. Color gris a morado subredondeados, diámetro máximo de 3 cms, permeable?	
		7.3	Idem al espesor 6.4, subangulosos y subredondeados	
		8.2	Bolones con arena gruesa y gravas. Color gris y claro, granos subangulosos y subredondeados equidimensionales, permeabilidad alta ? Diámetro máximo de granos 5 cm	
		9.1	Idem al espesor 8.2	
		10	Grava arenosa, color gris, claro y rojizo, granos subangulosos y subredondeados equidimensionales, permeabilidad alta ? diámetro máximo de 1 cm	
		11.9	Limo arenoso con arcilla, color café rojizo, semiplástico, permeabilidad baja	
		12.8	Idem al espesor 11.9 con más arcilla, por tanto más plástico	
		S Blanca 4	362.12	
1.5	Arcilla con gravas, color oscuro granos subredondeados equidimensionales permeabilidad baja.			
3	Arcilla con granos y arena, color oscuro, granos subredondeados equidimensionales, permeabilidad media a baja			

		7.62	Arcilla plástica, permeabilidad baja.	
		9.1	Grava arcillosa, firme a friable, permeabilidad baja	
		12.2	Arcilla con arenas y grano, firme a friable permeabilidad baja.	
		13.7	Arcilla color oscuro, firme a plástica permeabilidad baja.	
		18.3	Limo arenoso con fragmentos líticos color café, firme, granos angulosos, permeabilidad baja, roca triturada	
		19.2	Idem al espesor 18.3, color gris arcilloso, roca triturada	
S Blanca 5	366	1.8	Limo arcillo arenoso con bolones, color café, suelto a ligeramente plástico, permeabilidad baja	ENACAL 1973
		2.7	Idem al espesor 1.8, más plástico y con fragmentos líticos menores	
		3.7	Gravas, color café, contienen limo y arcilla diámetro máximo de los granos de 3 cm permeabilidad?	
		5.5	Grava arenosa, ligeramente arcillosa color café gris, suelta, granos subredondeados, subangulosos equidimensionales, permeabilidad media a alta, diámetro de los granos hasta de 3 cm	
		6.4	Arcilla color café, contiene algunas inclusiones líticas, permeabilidad baja	
		10.7	Idem al espesor 6.4 con mayor cantidad de líticos	
		13.7	Grava limo arcillosa color café, plástica, permeabilidad baja, roca triturada.	

		16.8	Roca triturada color oscuro (lava)	
B Hospital	320	0.91	Tierra vegetal arcillosa	INAA Entre 1994 al 2001
		10.6	Arcilla plástica color café con bolones pequeños	
		15.2	arcilla plástica color gris con pómez y poca arena 21.3	
		21.3	Limos compactos multicolor con pequeños bolones	
		30.5	Arcillas inestables color gris	
		37	Limos semicompactos color gris con bastante arena	
		61	Arcillas compactas con arenas, color gris rocas terciarias	
		91.4	Arcillas compactas color café oscuro	
Río Fonseca		0-4.4	Arcilla	ENACAL 1973
		4.4-7.5	Roca fracturada con incrustaciones de carbonato cálcico sellando las fracturas clasificada como diabasa olivínica	
Río Fonseca		0-3	Arcilla	ENACAL 1973
		tres a 6	Roca fracturada con incrustaciones de carbonato cálcico sellando las fracturas clasificada como diabasa olivínica	

Río Fonseca	0-2.4	Arcilla	ENACAL 1973
	2.4-6.9	Roca fracturada con incrustaciones de carbonato cálcico sellando las fracturas clasificada como diabasa olivínica	
Río Fonseca	0-1.3	Arcilla	ENACAL 1973
	1.3-6.9	Roca fracturada con incrustaciones de carbonato cálcico sellando las fracturas clasificada como diabasa olivínica	
Río Fonseca	0-3.7	Arcilla	ENACAL 1973
	3.7-10.5	Roca fracturada con incrustaciones de carbonato cálcico sellando las fracturas clasificada como diabasa olivínica	
Río Fonseca	0-3.7	Arcilla	ENACAL 1973
	3.7-10.5	Roca fracturada con incrustaciones de carbonato cálcico sellando las fracturas clasificada como diabasa olivínica	
Río Fonseca	0-4.8	Arcilla	ENACAL 1973
	4.8-5.6	Roca fracturada con incrustaciones de carbonato cálcico sellando las fracturas clasificada como diabasa olivínica	
Río Fonseca	0-2.6	Arcilla con bolones de riolita vítrea	ENACAL 1973
	2.6-12.2	Bolones de riolita ignimbrítica	
	12.2-9.4	Roca fracturada con incrustaciones de carbonato cálcico sellando las fracturas clasificada como diabasa olivínica	

Río Fonseca	0-1.2	Arcilla	ENACAL 1973
	1.2-11.6	Bolones de riolita ignimbrítica	
	11.6-13.1	Roca fracturada con incrustaciones de carbonato cálcico sellando las fracturas clasificada como diabasa olivínica	
Río Fonseca	0 – 0.67	Arcilla	ENACAL 1973
	0.67 – 12.2	Arcilla con bolones de riolita ignimbrítica	
	12.2 – 18.3	Roca fracturada con incrustaciones de carbonato cálcico sellando las fracturas clasificada como diabasa olivínica	
p-6 Río Fonseca	0-105.4	Basalto	ENACAL 1973

Nota: Toda la litología con fuentes de ENACAL O INETER, que se presenta en este estudio, son recopilaciones que están archivadas en dichas instituciones y no representan diferencias en cuanto a su contenido o redacción ya que fueron suministradas en el pasado por las mismas empresas de perforación. De manera que la tabla (C1) fue tomada para interpretar el inciso 7.1.1 Litología de pozos perforados del capítulo 7.1 Medio Hidrogeológico.

Tabla C.2

NRC No reconocido en el terreno	
Com Comunitario	
D Doméstico	
C. Roja - Cruz Roja de Boaco	
nm= No medido	

Capitulo VI. Inventario de pozos y manantiales en el área de estudio.

Informacion de campo 2004; e información obtenida de ENACAL e INETER

Tipo de Fuente	Coordenadas		Fecha	Profundidad m	Elevación del Terreno (m)	Nivel Estático (m)	Hoja	Uso
	Este	Norte					Topo	
PP	652440	1381540	08/08/1973	19.2	367	6.1	Boaco	Com
PP	652460	1382150	año 1973	138.1	363	11.9	Boaco	NRC
PP	636000	1371000	17/11/1981	35.6	200	5.5	Boaco	Com
PP Hospital	645000	1378150	27/03/1989	91.46	320	7.01	Boaco	NRC
PP	636000	1374000	06/10/1994	30.48	191	7.32	Boaco	Com
PP VII	644800	1376200	05/06/1995	60.96	348	9.14	Boaco	Com
PP	644000	1376000	27/01/1995	182.8	388	7.62	Boaco	Com
PP	647000	1381000	26/02/1995	249.9	406	76.2	Boaco	Com
PP	640259	1375653	07/10/1996	54.8	208	6.1	Boaco	Com
PP	639397	1376002	07/12/1996	48.7	208	nm	Boaco	Com
PP	638883	1375612	17/07/1996	61	228	9.14-24	Boaco	Com
PP	636242	1377255	22/07/1996	45.7	188	12.1	Boaco	Com
PP	637915	1371522	06/01/1999	46	205.2	9.7	Boaco	Com
PP M-136	645700	1378900	2001	51.8	378	9.14	Boaco	C. Roja
PP	645147	1379962	04/02/002	108.8	322	5.18	Boaco	Com
PP	647899	1380246	05/2002	51.08	380	3.7	Boaco	NRC
PP 6	643000	137900	16/05/002	109	332	2.4	Boaco	Com
PE	642360	1375085	08/03/004	4.45	243	4.08	Boaco	D
PE	643410	1375449	09/03/004	6.65	327	4.94	Boaco	D
manantial	644525	1375294	03/09/2004		359		Boaco	Com
manantial	652689	1376467	03/10/2004		558		Boaco	Com
manantial	657223	1377887	03/10/2004		549		Boaco	Com
manantial	647589	1373649	03/10/2004		497		Boaco	Com
manantial	648068	1372511	03/10/2004		540		Boaco	Com
manantial	647992	1372649	03/10/2004		537		Boaco	Com
manantial	656000	1378574	03/10/2004		513		Boaco	Com
PE	653148	1378666	10-03-004	7.91	425	4.18	Boaco	D
PE	651566	1374096	11/03/004	3.94	449	3.49	Boaco	D
PE	640086	1384508	12/03/004	10.34	578	nm	Boaco	D
PE	646773	1381178	12/03/004	nm	424	5.67	Boaco	D
PE	638191	1379557	29/03/004	39.4	290	35.4	Boaco	D
PE	640080	1384486	29/03/2004	10.13	578	9.76	Sta Lucia	D
manantial	643983	1381597	29/03/2004		352		Boaco	Com
manantial	643825	1382129	29/03/2004		368		Boaco	Com
manantial	644773	1380582	29/03/2004		348		Boaco	Com
PE	639468	1384645	30/03/2004	16.69	580	12.5	Sta Lucia	D
PE	640463	1386239	30/03/2004	6.29	551	5.23	Sta Lucia	D
PE	641016	1387005	30/03/2004	6.88	564	4.64	Sta Lucia	D
PE	641543	1385826	30/03/2004	4.05	523	2.66	Sta Lucia	D
PE	641190	1384819	30/03/2004	14.1	490	11.8	Sta Lucia	D
PE	641272	1386346	30/03/2004	13.06	531	10.83	Sta Lucia	D
PE	646207	1378686	31/03/2004	4.8	344	2.41	Boaco	D
PE	646937	1379450	31/03/004	9.28	378	7.03	Boaco	D
PE	635765	1375988	21/10/004	12.42	220	10.52	Boaco	D
PE	637275	1374384	21/10/004	13	226	12.15	Boaco	D
PE	645997	1377410	22/10/004	3.12	416	2.47	Boaco	D
PE	650464	1377896	22/10/004	14.73	549	7.93	Boaco	D
PE	650454	1378286	1/05/004	9	600	8.54	Boaco	D
PE	651658	1379861	1/05/004	7.46	403	5.6	Boaco	D
PE	646614	1380453	15/05/004	7.3	408	7.1	Boaco	D
PP	645306	1380242	22/05/004	44.36	358	12.4	Boaco	Com
PP	640846	1375637	22/05/004	nm	235	nm	Boaco	Com
manantial	657218	1377883	08/06/2004		549		Boaco	Com

Tipo de Fuente	Coordenadas		Fecha	Profundidad m	Elevación del Terreno (m)	Nivel Estático (m)	Hoja	Uso
	Este	Norte					Topo	
manantial	648000	1376919	08/07/2004		543		Boaco	Com
manantial	646983	1375140	08/07/2004		503		Boaco	Com
manantial	644525	1375298	08/07/2004		359		Boaco	Com
manantial	647624	1382050	08/07/2004		503		Boaco	Com
manantial	656215	1380294	08/07/2004		529		Boaco	Com
manantial	646645	1376137	08/07/2004		475		Boaco	Com
manantial	642365	1375080	08/07/2004		264		Boaco	Com
manantial	643996	1381619	08/07/2004		389		Boaco	Com
manantial	642892	1383369	08/08/2004		490		Sta Lucia	Com
manantial	649259	1392177	10/07/2004		700		Sta Lucia	Com
PE	649373	1388438	14/10/004	0.5	476	0.3	Sta Lucia	D
PE	645298	1380231	14/10/005	nm	383	0.42	Boaco	D
PE	647379	1379012	14/10/006	nm	430	nm	Boaco	D
PE	649373	1388438	14/10/007	9.37	476	3.66	Sta Lucia	D
PE	644938	1377496	15/10/004	1.78	347	0.19	Boaco	D
PE	644707	1376361	15/10/005	7.8	366	0.34	Boaco	D
manantial	657219	1377876	19/10/004		549		Boaco	Com
PE	653206	1378678	20/10/004	4.4	420	0.5	Boaco	D
PE	655408	1379546	20/10/005	nm	464	nm	Boaco	D
PE	655803	1385453	20/10/006	11.55	415	4.09	Boaco	D
PE	651827	1375802	20/10/007	2.77	569	0.17	Boaco	D
PE	648540	1376858	20/10/008	14.73	601	7.93	Boaco	D
PE	651748	1379582	20/10/009	6.77	444	2.37	Boaco	D
PE	651679	1380191	20/10/010	8.04	402	5.7	Boaco	D
PE	651109	1380759	20/10/011	8.3	391	7.6	Boaco	D
PE	652628	1381617	20/10/012	2.2	379	0.2	Boaco	D
PE	653213	1378704	20/10/013	3.12	416	2.47	Boaco	D
PE	646666	1376139	22 / 10 /04	2.61	449	0.15	Boaco	D
PE	650464	1377896	23 / 10 /04	14.25	549	6.45	Boaco	D

Tabla C.3 Comparación de niveles de algunos pozos en invierno y verano

Pozo	Coordenadas		Nivel estático	Fecha	Fluctuación (m)	Observación
	Este	Norte				
PE	653148	1378666	4.18	10-03-004	4	
			0.5	20-10-004		
PE	646773	1381178	5.67	12-03-004	0.33	
			6	22-05-2004		
PE	641543	1385826	2.66	30-03-2004	1.05	
			1.61	21-10-2004		
PE	641190	1384819	11.8	30-03-2004	0.9	
			10.9	21-10-2004		
PE	641272	1386346	10.83	30-03-2004	0.71	
			11.54	21-10-2004		
PE	646207	1378686	0.36	31-03-2004	2.05	
			2.41	15-10.2004		
PE	646937	1379450	7.03	31-03-2004	14	
			20.57	15-05-004		
PE	637275	1374384	2.2	29-03-004	10	
			12.15	21-10.004		
PE	645997	1377410	10.13	10-03-004	8	
			2.47	22-10-2004		
PE	650464	1377896	6.45	03/10/2004	1.5	
			7.93	22-10-2004		
PE	651658	1379861	5.6	05/01/2004	3.23	
			2.37	20-10-2004		
PE	646614	1380453	7.1	15-05-2004	5.2	
			12.27	22-10.2004		
PE	645306	1380242	12.4	22-05-2004	12	
			0.42	14-10-2004		
PE	649373	1388438	0.3	22-05-2004	3.4	
			3.66	14-10-2004		
PE	647379	1379012	3.69	31-03-004	5.31	
			9	20-10-2004		
PE	653206	1378678	0.5	20-10-2004	2	
			2.47	22-10-2004		
PE	651827	1375802	0.17	22-10-2004	0	
			0.17	20-10-004		
PE	648540	1376858	14.5	1-05-004	7	
			7.93	22-10-2004		
PE	651748	1379582	2.37	1-05-004	3.2	
			5.6	20-10-004		
PE	651679	1380191	7.6	1-05-004	0.14	
			7.74	22-10-2004		
PE	652628	1381617	1.3	1-05-004	1.1	
			0.2	20-10-004		
PE	653213	1378704	2.47	1-05-004	1.71	
			4.18	22-10-2004		

**Modelo de ocurrencia de agua subterránea
Subcuenca Las Cañas y Río Fonseca
Acuitardos**

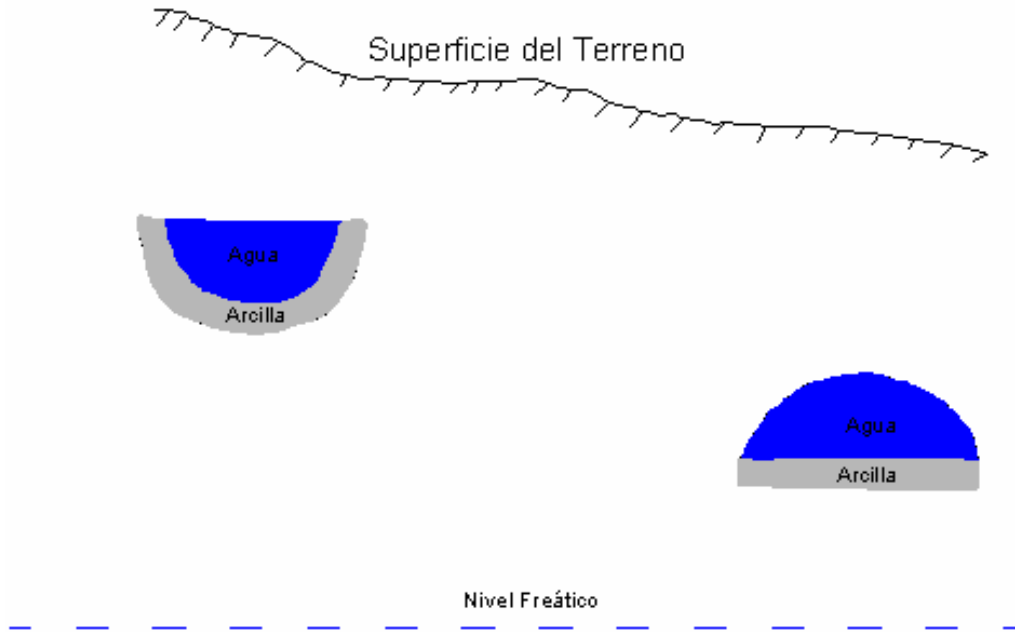


Figura Ch.1. Esquema de manantiales clasificados según la posición que ocupan en el terreno desde el punto de vista topográfico, litológico, causa y modo de su presencia (Guzmán, R y Jova G)



Manantial desbordante en falla

Manantial de escombros

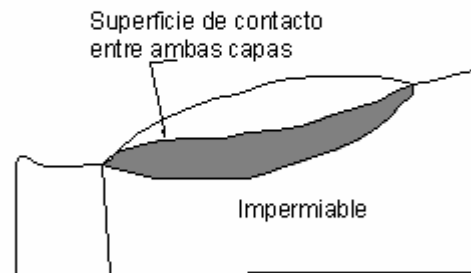
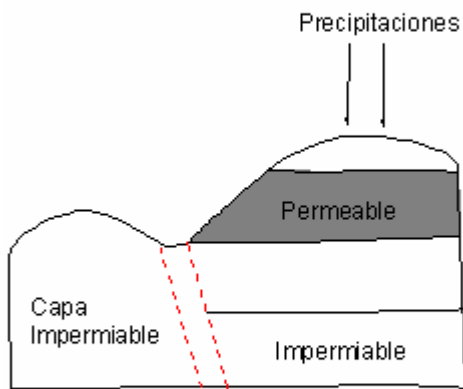


Figura ch 2. Tipos de Manantiales

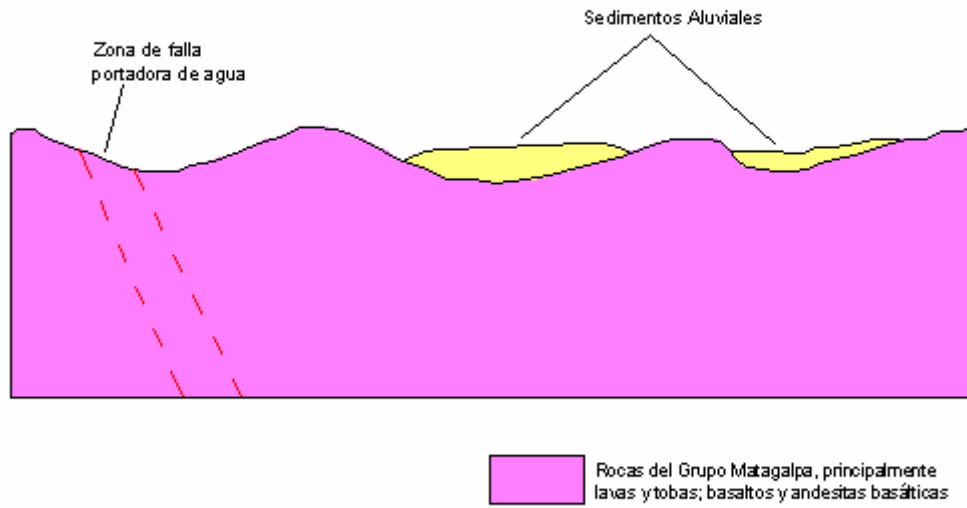


Figura Ch. 3. Esquema de fuentes de agua con alternancia de material permeable en la subcuenca Las Cañas. Fuente: Buitrago, 2005

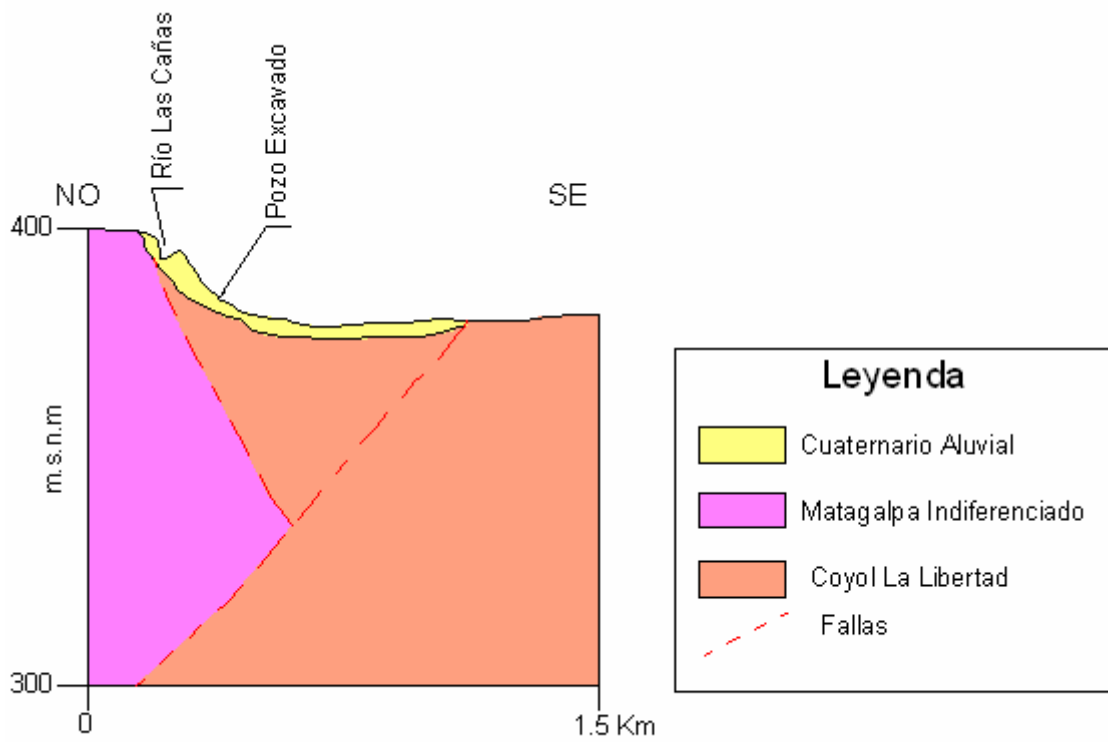


Figura Ch. 4 Esquema Hidrogeológico Las Cañas
 Fuente: Buitrago, 2005

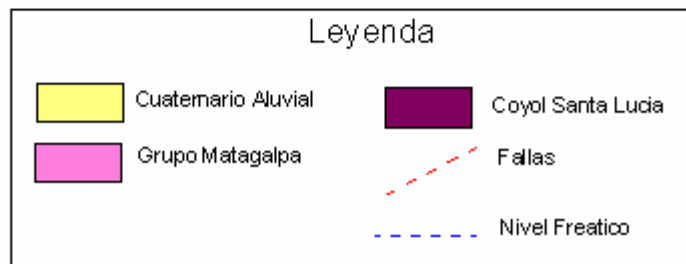
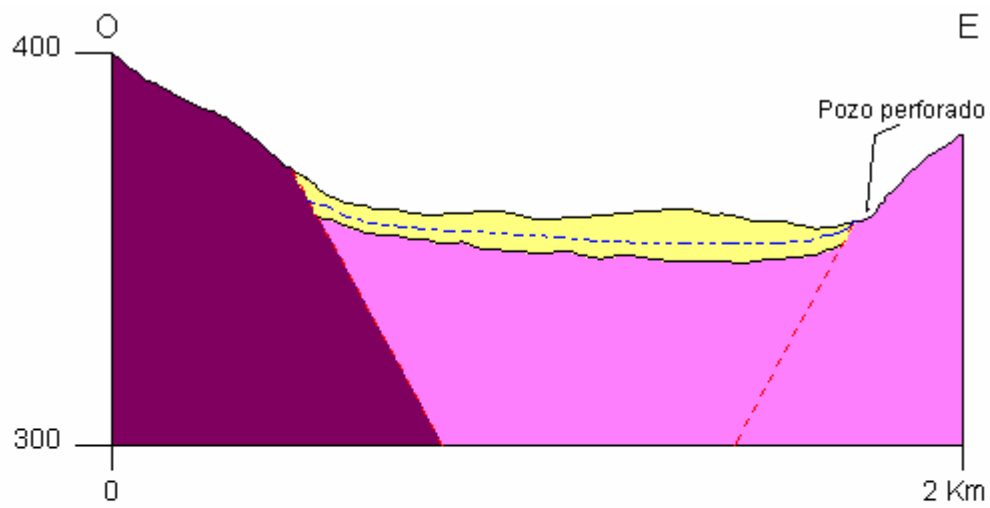
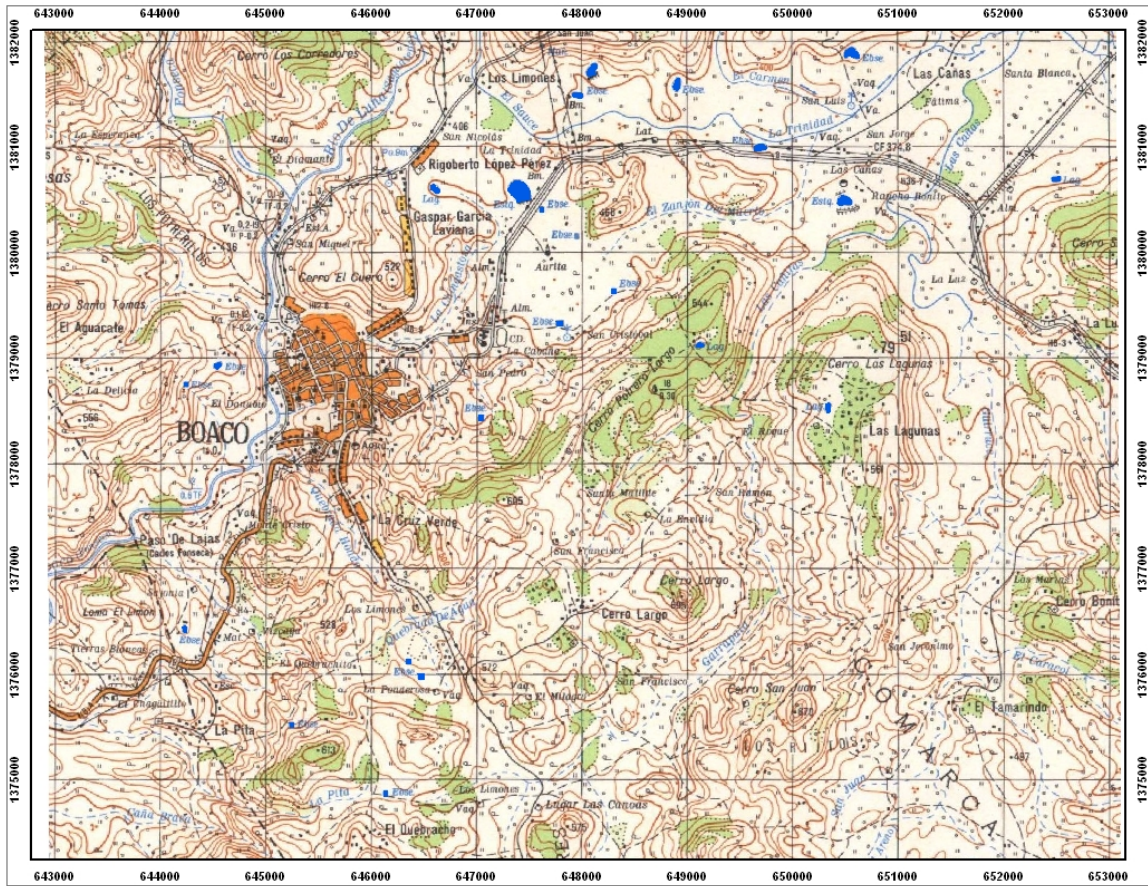



Figura Ch. 5 Esquema hidrogeológico Las Cañas (valle La Trinidad)

Fuente: Buitrago, 2005



 Embalses

Escala 1:50,000

Fig – Ch. 6 Embalses para ganado con volúmenes de menos de 375,000 m³ al NE de Boaco.
Fuente: Buitrago, 2005

Tabla D1. BALANCE HIDRICO DE SUELOS
Gunther Schosinsky

Zona de Estudio: Subcuenca Las Cañas
Fecha: 07 de julio de 2004

Textura de Suelo: Arcilla agrietada

Simbología

fc: Capacidad de Infiltración.	P: Precipitación Media Mensual.
I: Infiltración.	Pi: Precipitación que infiltra.
CC: Capacidad de Campo.	ESC: Escorrentía Superficial
PM: Punto de Marchitez.	ETP: Evapotranspiración Potencial.
PR: Profundidad de Raíces.	ETR: Evapotranspiración Real.
(CC-PM): Rango de Agua Disponible.	HSi: Humedad de Suelo Inicial.
DS: Densidad de Suelo.	HD: Humedad Disponible
C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR	HSf: Humedad de Suelo Final.
C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR	DCC: Déficit de Capacidad de Campo.
Kp: Factor por pendiente (ver léame)	Rp: Recarga Potencial
Kv: Factor por vegetación (ver léame)	NR: Necesidad de Riego.
Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración	Ret: Retención de lluvia

fc [mm/d]	348			
Kp [0.01%]	0.1		por peso	
Kv [0.01%]	0.18		(%)	(mm)
Kfc [0.01%]	0.7859	CC	27	80.6
I [0.01%] =	1	PM	13	24.8
DS (g/cm ³):	1.55	(CC-PM	14	55.8
PR (mm)	400			
HSi (mm)	67.6			
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?	10			
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, oi	0.2			

Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)	29	14.5	12	22.2	140.1	207.7	167.4	166.1	189.5	191.8	83.5	43	1266.8
Ret [mm]	5.8	5	5	5	28.02	41.54	33.48	33.22	37.9	38.36	16.7	8.6	258.62
Pi (mm)	23.2	9.5	7	17.2	112.08	166.16	133.92	132.88	151.6	153.44	66.8	34.4	1008.2
ESC (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ETP (mm)	150.9	154.9	199.8	189.2	161.3	122.5	127.3	121.3	119.8	117.2	122.4	126.4	1713
HSi (mm)	51.8	24.8	24.8	24.8	24.8	56.23	80.6	80.6	80.6	120.9	80.6	80.6	
C1	0.8996416	0.1703	0.1254	0.3082	1	1	1	1	1	1	1	1	1
C2	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0.0036	0	0
HD (mm)	50.2	9.5	7	17.2	112.08	197.59	189.72	188.68	207.4	249.54	122.6	90.2	
ETR (mm)	50.2	9.5	7	17.2	80.65	122.5	127.3	121.3	119.8	117.2	61.419	63.2	897.27
HSf (mm)	24.8	24.8	24.8	24.8	56.23	80.6	80.6	80.6	80.6	80.6	80.6	51.8	
DCC (mm)	55.8	55.8	55.8	55.8	24.37	0	0	0	0	0	0	28.8	
Rp (mm)	0	0	0	0	0	19.29	6.62	11.58	31.8	76.54	5.3806	0	151.21
NR (mm)	156.5	201.2	248.6	227.8	105.02	0	0	0	0	0	60.981	92	1092.1

Tabla D2. BALANCE HIDRICO DE SUELOS
Gunther Schosinsky

Zona de Estudio: Subcuenca Las Cañas
Fecha: 07 de julio de 2004

Textura de Suelo: Arcillo arenoso

Simbología

fc: Capacidad de Infiltración.	P: Precipitación Media Mensual.
I: Infiltración.	Pi: Precipitación que infiltra.
CC: Capacidad de Campo.	ESC: Escorrentía Superficial
PM: Punto de Marchitez.	ETP: Evapotranspiración Potencial.
PR: Profundidad de Raíces.	ETR: Evapotranspiración Real.
(CC-PM): Rango de Agua Disponible.	HSi: Humedad de Suelo Inicial.
DS: Densidad de Suelo.	HD: Humedad Disponible
C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR	HSf: Humedad de Suelo Final.
C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR	DCC: Déficit de Capacidad de Campo.
Kp: Factor por pendiente (ver léame)	Rp: Recarga Potencial
Kv: Factor por vegetación (ver léame)	NR: Necesidad de Riego.
Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración	Ret: Retención de lluvia

fc [mm/d]	68.4			
Kp [0.01%]	0.1		por peso	
Kv [0.01%]	0.18		(%)	(mm)
Kfc [0.01%]	0.3946	CC	35.00	192.20
I [0.01%] =	0.6746	PM	19.00	93.00
DS (g/cm ³):	1.55	(CC-PM	16.00	99.20
PR (mm)	400			
HSi (mm)	120.9			
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12	10			
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2,	0.2			

Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)	29	14.5	12	22.2	140.1	207.7	167.4	166.1	189.5	191.8	83.5	43	1266.8
Ret [mm]	5.8	5	5	5	28.02	41.54	33.48	33.22	37.9	38.36	16.7	8.6	258.62
Pi (mm)	15.65	6.409089	4.7225	11.604	75.614	112.1	90.348	89.646	102.28	103.52	45.066	23.208	680.16
ESC (mm)	7.548	3.090911	2.2775	5.5962	36.466	54.062	43.572	43.234	49.324	49.923	21.734	11.192	328.02
ETP (mm)	150.9	154.9	199.8	189.2	161.3	122.5	127.3	121.3	119.8	117.2	122.4	126.4	1713
HSi (mm)	118.9	102.95883	96.589	93	93.538	107.24	155.72	165.88	169.67	120.9	157.42	141.28	
C1	0.419	0.1649992	0.0838	0.117	0.7677	1	1	1	1	1	1	0.7207	
C2	0	0	0	0	0	0.0387	0.2597	0.4156	0.5962	0.1433	0	0	
HD (mm)	41.6	16.367916	8.3112	11.604	76.152	126.34	153.07	162.53	178.95	131.42	109.48	71.492	
ETR (mm)	31.64	12.779184	8.3112	11.066	61.912	63.62	80.183	85.858	95.615	66.998	61.2	45.547	624.73
HSf (mm)	103	96.588732	93	93.538	107.24	155.72	165.88	169.67	176.33	157.42	141.28	118.94	
DCC (mm)	89.24	95.611268	99.2	98.662	84.96	36.482	26.316	22.528	15.867	34.781	50.915	73.255	
Rp (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NR (mm)	208.5	237.73208	290.69	276.8	184.35	95.362	73.434	57.97	40.052	84.983	112.12	154.11	1816.1

Tabla D3. BALANCE HIDRICO DE SUELOS
Gunther Schosinsky

Zona de Estudio: Subcuenca Las Cañas
Fecha: 07 de julio de 2004

Textura de Suelo: Arcilla agrietada

Simbología

fc: Capacidad de Infiltración.	P: Precipitación Media Mensual.
I: Infiltración.	Pi: Precipitación que infiltra.
CC: Capacidad de Campo.	ESC: Escorrentía Superficial
PM: Punto de Marchitez.	ETP: Evapotranspiración Potencial.
PR: Profundidad de Raíces.	ETR: Evapotranspiración Real.
(CC-PM): Rango de Agua Disponible.	HSi: Humedad de Suelo Inicial.
DS: Densidad de Suelo.	HD: Humedad Disponible
C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR	HSf: Humedad de Suelo Final.
C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR	DCC: Déficit de Capacidad de Campo.
Kp: Factor por pendiente (ver léame)	Rp: Recarga Potencial
Kv: Factor por vegetación (ver léame)	NR: Necesidad de Riego.
Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración	Ret: Retención de lluvia

fc [mm/d]	312			
Kp [0.01%]	0.1			
Kv [0.01%]	0.18			
Kfc [0.01%]	0.7623			
I [0.01%] =	1			
DS (g/cm3):	1.55			
PR (mm)	400			
HSi (mm)	120.9			
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12	10			
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2,	0.2			
		CC	27	80.6
		PM	13	37.2
		(CC-PM	14	43.4

Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)	29	14.5	12	22.2	140.1	207.7	167.4	166.1	189.5	191.8	83.5	43	1266.8
Ret [mm]	5.8	5	5	5	28.02	41.54	33.48	33.22	37.9	38.36	16.7	8.6	258.62
Pi (mm)	23.2	9.5	7	17.2	112.08	166.16	133.92	132.88	151.6	153.44	66.8	34.4	1008.2
ESC (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ETP (mm)	150.9	154.9	199.8	189.2	161.3	122.5	127.3	121.3	119.8	117.2	122.4	126.4	1713
HSi (mm)	51.8	37.2	37.2	37.2	37.2	68.63	80.6	80.6	80.6	120.9	80.6	80.6	
C1	0.871	0.219	0.1612903	0.3963	1	1	1	1	1	1	1	1	1
C2	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	
HD (mm)	37.8	9.5	7	17.2	112.08	197.59	177.32	176.28	195	237.14	110.2	77.8	
ETR (mm)	37.8	9.5	7	17.2	80.65	122.5	127.3	121.3	119.8	117.2	61.2	63.2	884.65
HSf (mm)	37.2	37.2	37.2	37.2	68.63	80.6	80.6	80.6	80.6	80.6	80.6	51.8	
DCC (mm)	43.4	43.4	43.4	43.4	11.97	0	0	0	0	0	0	28.8	
Rp (mm)	0	0	0	0	0	31.69	6.62	11.58	31.8	76.54	5.6	0	163.83
NR (mm)	156.5	188.8	236.2	215.4	92.62	0	0	0	0	0	61.2	92	1042.7

**Tabla D4. BALANCE HIDRICO DE SUELOS
Gunther Scho**

Zona de Estudio: Subcuenca Las Cañas
Fecha: 07 de julio de 2004

Textura de Suelo: Arcillo arenoso

Simbología

fc: Capacidad de Infiltración.
I: Infiltración.
CC: Capacidad de Campo.
PM: Punto de Marchitez.
PR: Profundidad de Raíces.
(CC-PM): Rango de Agua Disponible.
DS: Densidad de Suelo.
C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR
C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR
Kp: Factor por pendiente (ver léame)
Kv: Factor por vegetación (ver léame)
Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración

P: Precipitación Media Mensual.
Pi: Precipitación que infiltra.
ESC: Escorrentía Superficial
ETP: Evapotranspiración Potencial.
ETR: Evapotranspiración Real.
HSi: Humedad de Suelo Inicial.
HD: Humedad Disponible
HSf: Humedad de Suelo Final.
DCC: Déficit de Capacidad de Campo.
Rp: Recarga Potencial
NR: Necesidad de Riego.
Ret: Retención de lluvia

fc [mm/d]	78			
Kp [0.01%]	0.1			por peso
Kv [0.01%]	0.18			(%) (mm)
Kfc [0.01%]	0.42822926	CC	35.00	192.2
I [0.01%] =	0.70822926	PM	19.00	93
DS (g/cm ³):	1.55	(CC-PM	16.00	99.2
PR (mm)	400			
HSi (mm)	120.9			
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3.	10			
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=	0.2			

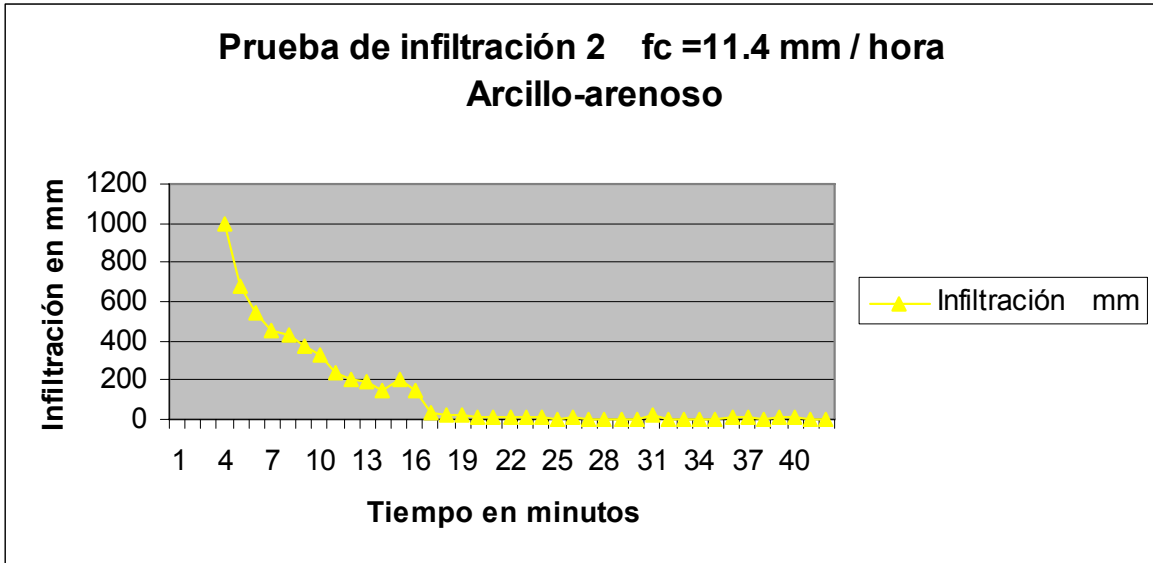
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)	29	14.5	12	22.2	140.1	207.7	167.4	166.1	189.5	191.8	83.5	43	1266.8
Ret [mm]	5.8	5	5	5	28.02	41.54	33.48	33.22	37.9	38.36	16.7	8.6	258.62
Pi (mm)	16.431	6.7282	4.958	12.1815432	79.378	117.68	94.846	94.11	107.37	108.67	47.31	24.363	714.02
ESC (mm)	6.7691	2.7718	2.042	5.01845678	32.702	48.481	39.074	38.77	44.232	44.769	19.49	10.037	294.16
ETP (mm)	150.9	154.9	199.8	189.2	161.3	122.5	127.3	121.3	119.8	117.2	122.4	126.4	1713
HSi (mm)	120.94	103.62	96.8	93	93.565	107.95	158.12	168.36	172.37	120.9	159.53	145.64	
C1	0.4473	0.1749	0.088	0.12279781	0.8059	1	1	1	1	1	1	1	0.7762
C2	0	0	0	0	0	0.1021	0.3293	0.4856	0.6748	0.1953	0	0	0
HD (mm)	44.375	17.352	8.762	12.1815432	79.943	132.63	159.97	169.47	186.74	136.57	113.84	77.001	
ETR (mm)	33.751	13.548	8.762	11.6166733	64.994	67.504	84.613	90.099	100.32	70.043	61.2	49.057	655.5
HSf (mm)	103.62	96.805	93	93.5648699	107.95	158.12	168.36	172.37	179.42	159.53	145.64	120.94	
DCC (mm)	88.576	95.395	99.2	98.6351301	84.251	34.075	23.842	19.832	12.782	32.672	46.562	71.256	
Rp (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NR (mm)	205.73	236.75	290.2	276.218457	180.56	89.072	66.529	51.032	32.264	79.829	107.76	148.6	1764.6

Tabla D5

Prueba No 2 Fecha:22/04/2004 Ubicación: Las
Coord. Este: 646763 Cañas
Coord. Norte: 1304820 1381149 Inicio: 9.46 a.m
Final:15.55 pm

TIEMPO (min)	INFILTRACION (mm)
0	
1	
2	
3	1000
4	675.0
5	540.0
6	450.0
7	428.6
8	375.0
9	333.3
10	240.0
12	200.0
14	192.9
16	150.0
18	200.0
20	150.0
25	31.2
30	26.0
35	22.3
40	15.0
45	13.3
50	12.0
55	10.9
60	10.0
70	4.3
80	7.5
90	2.0
100	2.4
110	1.6
120	1.5
130	18.5
140	2.1
150	1.2
160	1.1
170	1.1
180	6.7
210	5.7
240	5.0
270	6.7
300	6.0
330	5.5
360	1.7

	mm / min		mm / hora		
210 min	0.19	60	11.4	arcillo-arenoso	



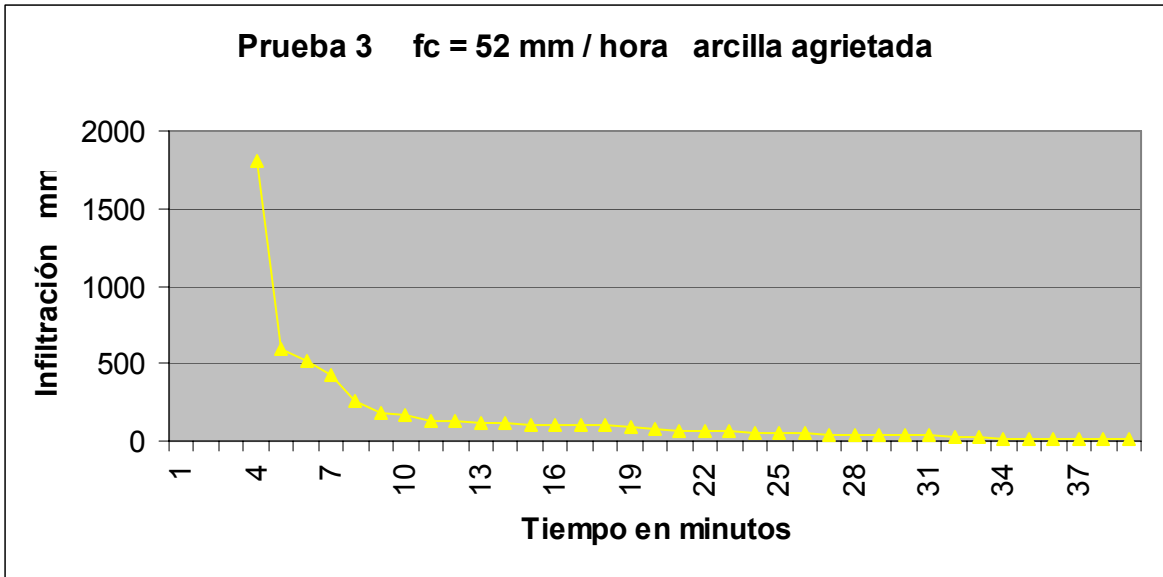
Fuente: Buitrago, 2005

Tabla D6

Prueba No 3 **Fecha:14/05/2004** **Ubicación: Las Cañas**
Coord. Este: 650577 **Inicio: 9.46 a.m**
Coord. Norte: 1380881 **Final: 13.44pm**

TIEMPO (min)		INFILTRACION (mm)
0		
1		
2		1803.0
3		600.0
4		520.3
5		420.0
6		262.5
7		180.0
8		171.4
9		130.7
10		126.0
12		116.3
14		114.4
16		107.7
18		100.0
20		100.0
22		97.0
24		90.2
26		82.9
28		69.2
30		62.4
35		60.2
40		55.8
45		54.0
50		51.6
55		40.6
60		40.0
65		36.5
70		34.3
80		33.3
90		30.2
100		22.8
120		17.4
140	30	17.4
160	50	15.2
180	70	15.2
210	100	13.5
240	130	11.8

130	113.3
mm / min	mm / hora
0.871538462	60.0 52.29230769



Fuente: Buitrago, 2005

Tabla D7

Prueba No 4 **Fecha:15/05/2004** **Ubicación:** Las Cañas
Coord. Este: **652841** **Inicio: 8.11 a.m**
Coord. Norte: **1381499** **Final:6.11 am**

TIEMPO (min)	ALTURA	ALTURA (cm)	DIFERENCIAL	INFILTRACION (mm)
0		18	0	
1	17.9		2	
2	10.9		7	2100
3	6.9		4	800
4	1.9	18	5	750
5	17.8		4	480
6	13.8		4	400
7	12.3		1.5	128.6
8	8.3		4	300
9	6.3		2	133.3
10	4.24		2.06	123.6
11	17.7	18	5	272.7
12	12.7		5	250
13	5.7		7	323.1
14	2.7	18	3	128.6
15	17.6		3	120
16	13.6		4	150
17	8.6		5	176.5
18	7.6		1	33.3
19	5.58		2.02	63.8
20	1.58	18	4	120
21	17.5		4.09	116.9
22	13.41		4.09	111.5
23	12.33		1.08	28.2
24	9.32		3.01	75.3
25	17.4	18	4.02	96.5
26	13.31		4.09	94.4
27	12.81		0.5	11.1
28	11.72		1.09	23.4
29	9.65		2.07	42.8
30	5.65		4	80
31	17.3	18	4.02	77.8
32	13.28		4.02	75.4
33	12.21		1.07	19.5
34	10.15		2.06	36.4
35	7.15		3	51.4
36	3.12		4.03	67.2
37	17.2	18	2.06	33.4

38	15.14		2.06	32.5
39	13.06		2.08	32
40	9.06		4	60
41	17.1	18	5	73.2
42	12.08		5.02	71.7
43	11.58		0.5	7
44	9.5		2.08	28.4
45	7.42		2.08	27.7
46	4.39	18	3.03	39.5
47	17		4	51.1
48	13		4	50
49	11.91		1.09	13.3
50	9.41		2.5	30
51	6.41		3	35.3
52	2.41	18	4	46.2
53	16.9		1	11.3
54	15.9		1	11.1
55	13.9		2	21.8
56	11.9		2	21.4
57	8.9		3	31.6
58	4.9	18	4	41.4
59	16.8		1	10.2
60	15.8		1	10
61	13.8		2	19.7
62	11.8		2	19.4
63	8.8		3	28.6
64	5.8		3	28.1
65	4.8		1	9.2
66	3.8		1	9.1
67	16.7		2	17.9
68	14.7		2	17.6
69	10.7		4	34.8
70	6.7		4	34.3
71	5.8		0.9	7.6
72	3.8		2	16.7
73	16.6		2	16.4
75	14.6		2	16
77	13.6		1	7.8
79	11.6		2	15.2
81	8.6		3	22.2
83	7.8		0.8	5.8
85	5.8		2	14.1
90	1.8	18	4	26.7
95	16.5		2	12.6
100	14.5		2	12
105	12.5		2	11.4
110	7.5		5	27.3
115	6.5		1	5.2
120	3.5	18	3	15

125	16.4		2	9.6
130	14.4		2	9.2
135	12.4		2	8.9
140	9.4		3	12.9
150	6.4		3	12
160	3.4	18	3	11.3
170	16.3		4	14.1
180	12.3		4	13.3
370	8.3		4	6.5
470	1.3	18	7	8.9
570	16.2		0.2	0.2
670	16		0.2	0.2
770	10		6	4.7
870	8		2	1.4
970	2	18	6	3.7
1007	16.1		3	1.8
1017	13.1		3	1.8
1027	10.1		3	1.8
1037	4.1	18	6	3.5
1047	16		2	1.1
1057	14		2	1.1
1067	12		2	1.1
1077	7		5	2.8
1087	0		7	3.9
1097	4	18	4	2.2
2007	15.9		6	1.8
2010	9.9		6	1.8

110

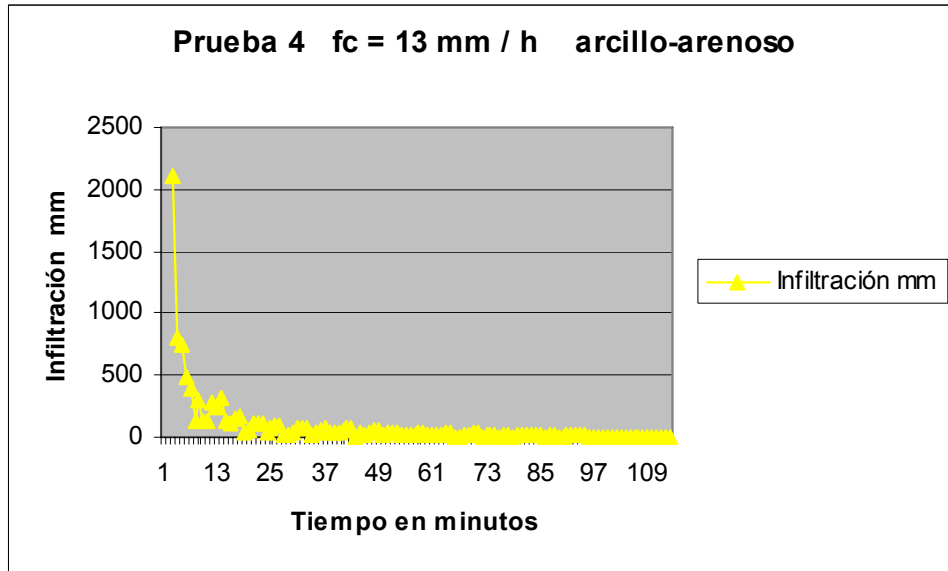
24.7

mm / min

mm / hora

0.224545455

60 13.472727



Fuente: Buitrago, 2005

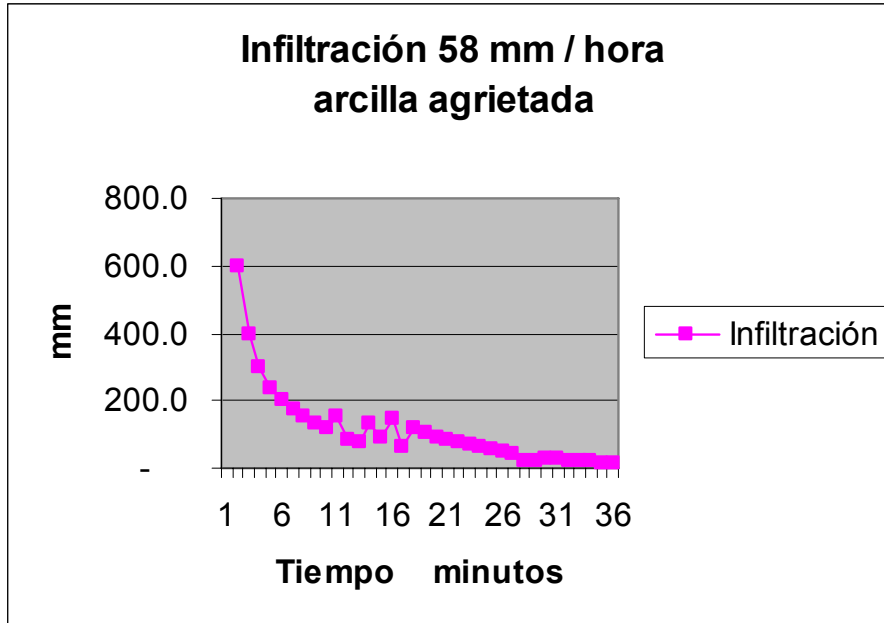
Tabla D8**PRUEBAS DE INFILTRACION (DOBLE ANILLO)**

Ubicación:

Prueba No.1 Fecha: 2104004 Las Cañas Terrenos Cilindro2 21,22.23 abril 2004
 Inicio: 12.29 p.m
 Coordenada Norte: 1381481 Final:15.30 p.m
 Coordenada Este: 647877

TIEMPO (min)	ALTURA (cm)	ALTURA (cm)	DIFERENCIAL		INFILTRACION (mm)
0	28	28	0	0	-
1	27		1	1	
2	25		2	3	600.0
3	23		2	5	400.0
4	21		2	7	300.0
5	19		2	9	240.0
6	17		2	11	200.0
7	15		2	13	171.4
8	13		2	15	150.0
9	11		2	17	133.3
10	9	28	2	19	120.0
12	26		3	22	150.0
14	24	28	2	24	85.7
16	25		2	26	75.0
18	21		4	30	133.3
20	18		3	33	90.0
25	12	28	6	39	144.0
30	26		3	42	60.0
35	19	28	7	49	120.0
40	26		7	56	105.0
45	19	28	7	63	93.3
50	25		7	70	84.0
55	18		7	77	76.4
60	7	28	7	84	70.0
70	25		7	91	60.0
80	18		7	98	52.5
90	8	28	7		46.7
100	25		7		42.0
110	21	28	4		21.8
120	25		4		20.0
130	19	28	6		27.7
140	25		6		25.7
150	19	28	6		24.0
160	25		5		18.8
170	20	28	5		17.6
180	25		5		16.7
210	20		5		14.3

			mm / min		mm / hora
50.0		48.6	0.9719888	60	58.31932773



Fuente: Buitrago, 2005

Tabla D9

Cálculo de infiltración en el el lecho del río Las Cañas

Datos

$\Delta h = 90 \text{ ml}$			
$\Delta L = 31.4 \text{ cm}$			
$i = \Delta h / \Delta L$	2.9	adimensional	
$A = 2 \pi r h$			
$A = 2 \pi (6.3 \text{ cm})(31.4 \text{ cm}) = 1243 \text{ cm}^2$			0.12 m ²
$K = 10^{-6} \text{ cm / seg}$			
$Q = V * A$			
$V = K * i$	$2.9 * 10^{-06} \text{ cm / seg}$		$2.9 * 10^{-08} \text{ m / seg}$
$Q = V * A$	$4 * 10^{-08}$	m ³ / seg	

Fuente: Buitrago, 2005

GLOSARIO

Este glosario ha sido elaborado y ordenado en secuencia alfabética, de acuerdo a las temáticas de geología, hidrogeología y de la demanda futura en la ciudad de Boaco. Además de ofrecer un tema general con palabras auxiliares.

TÉRMINOS GEOLÓGICOS (CAPITULO II)

Anticlinorium: Capas levantadas de la corteza terrestre originadas por esfuerzos compresionales a gran escala.

Aluviones: Es el material fragmentario transportado por una corriente de agua depositada en su llanura de inundación en el curso bajo del río.

Aglomerado: Es decir, un conjunto caótico de materiales piroclásticos principalmente gruesos, de angulares a redondeados.

Agentes erosivos: Son aquellos agentes naturales que se encargan de producir una modelación en la corteza terrestre, tales como viento, lluvia.

Basalto: Roca ígnea mafica volcánica de grano fino y color oscuro

Basalto afanítico muy denso: Es decir con alta concentración de mineral de anfibolita.

Buzamiento: Angulo de inclinación de un estrato con respecto a la horizontal.

Cuaternario: Período más moderno del Cenozoico. Comenzó hace unos dos millones de años y dura hasta la actualidad. Se divide en dos épocas: Pleistoceno y Holoceno.

Coluvial o coluvión: Depósito acumulado en la parte inferior de una vertiente o a su pie por efecto, principalmente, de una arrollada difusa. Estos materiales han sufrido un corto transporte.

Clásticos: Sedimento bien clasificado de acuerdo al tamaño de las partículas, por ejemplo una arenisca eólica puede estar bien clasificada por influencia del viento al tamaño de arena media constante. Por el contrario los sedimentos mal clasificados tienen grandes gamas de tamaño.

Caldera resurgente: Pertenece a la cuarta fase en la formación de una caldera, es decir se define como la actividad volcánica renovada sobre el fondo de la caldera, pero en el

caso de la zona de estudio se entiende como una estructura en la cual se interrumpe la actividad magmática y posterior intervención de la erosión y meteorización.

Cuarzo: Mineral de alta dureza compuesto de sílica, SiO_2 , son formadores de diferentes tipos de rocas, incluyendo arenas y granitos. Existe gran variedad de cuarzos como ágatas, calcedonias, ópalos y otros.

Cenozoico: (Hace 10 millones de años) Dícese de los terrenos y formaciones correspondientes a la Era Terciaria y Cuaternaria.

Cuerpo intrusivo ígneo: Como el sill o los batolitos, su nomenclatura se debe a la posición que ocupan respecto a las rocas y estratos circundantes. El sill por ejemplo se intrusióna paralelo al plano de las rocas circundantes.

Ceniza volcánica: Es el material sólido más fino arrojado por los volcanes.

Detritos: Fragmentos o granos que provienen de la desintegración o erosión de la roca.

Diabasa: Roca ígnea de textura fina, de color oscuro gris a negra compuesta principalmente de feldespatos y piroxenos.

Descomposición: Son alteraciones que alteran la roca o no la pueden alterar. Sialítica es la alteración que no afecta al sílice.

Domos intracaldera: Se define como domo volcánico que es una bóveda formada por erupciones de lava que no han podido extenderse a consecuencia de su poca fluidez.

Diques radiales: Es una intrusión a modo de muro que corta la estratificación, masas ígneas u otras intrusiones y cuyo espesor es pequeño respecto de su longitud. El dique radial se forma alrededor de los edificios volcánicos.

Discordancia: Deposición de los estratos rocosos en sentido inverso al de su lugar de deposición. Por ejemplo estratos planos y más recientes sobre otros más antiguos plegados y posteriormente allanados.

Depresión: Hondonada o valle profundo situado dentro de un área montañosa o a un nivel inferior de las tierras que lo circundan.

Diaclasa: Ruptura de un estrato rocoso debido a un esfuerzo, en la que no hay desplazamiento.

Dacita: Roca volcánica gris clara que contiene mezcla de plagioclasa y otros minerales cristalinos en vidrios silíceos, se asemeja a la riolita.

Estratigrafía: Estudio de las capas de rocas, su distribución, medio de deposición, edad, etc.

Estrato: Una capa de roca sedimentaria.

Erosión: Conjunto de fenómenos exteriores a la corteza terrestre que contribuyen a modificar las formas creadas por los fenómenos endógenos como el tectonismo y vulcanismo.

Estructuras de tipo extensional y compresional: La estructura en geología es la disposición y orden de las partes de la corteza, en el caso de estructuras compresionales se habla de diferentes clases de plegamientos como los anticlinorium y sinclinorium. En el caso de estructuras extensionales se habla de depresiones y grabenes.

Estrato-escudos: Los estrato-escudos en la zona de estudio son las unidades basálticas a andesíticas del grupo Coyal llamadas asimismo estrato-volcanes y plugs.

Estrato-conos: Estos se forman en las partes superiores de los grandes volcanes en estrato-escudos.

Estrato volcán: Volcán compuesto de capas alternas de lava y ceniza.

Eoceno: (Entre 60 a 70 millones de años) Serie de rocas o depósitos sedimentarios de la segunda época del período Terciario caracterizado por climas tibios y la aparición de modernas familias de mamíferos.

Extrusivo: Cuerpo volcánico que se extruye y forma diques radiales en los flancos de los edificios volcánicos, son el producto de erupciones fisurales y pueden formar chimeneas. En la zona de estudio se caracterizan por ser de composición basáltica y andesítica.

Feldespatos: Uno de los grupos minerales más abundantes formadores de rocas ígneas y plutónicas y algunas metamórficas. Consiste de silicatos de aluminio con potasio, sodio, calcio y raramente bario. Cerca del 60 % de estos minerales forman el manto superior de la corteza terrestre.

Fisura: Ruptura parcial de un estrato rocoso debido a un esfuerzo, en la que no hay desplazamiento.

Fallas radiales: Idem a diques radiales, solamente que la diferencia es que el origen de estas estructuras es por los procesos volcanotectónicos.

Fallas normales y en echelon: Fallas normales es por el movimiento del labio inferior hundido. Y las fallas en echelon son el conjunto de fallas normales que convergen en un solo bloque hundido.

Facies zeolíticas: Las facies son el conjunto de caracteres petrográficos y paleontológicos que definen un depósito o una roca, en el caso de la facie zeolítica, intervienen el grupo de tectosilicatos muy propagados en la naturaleza que se mezclan con aluminosilicatos de una a dos valencias, caracterizado por el agua que los enlaza en grandes espacios de sus estructuras.

Falla: Fractura de capas geológicas, acompañada de un desplazamiento vertical, oblicuo u horizontal de los bloques.

Graben: Bloques levantados, fracturados y fallados o hundidos.

Grupo Coyol: Es la secuencia más reciente de las rocas volcánicas Terciarias en Nicaragua su edad data desde el Mioceno Temprano hasta el pleistoceno, caracterizándose por una geomorfología clara y unidades como la de Santa Lucía y La Libertad, diferenciándose una litología de lavas andesíticas, basálticas y aglomerados basálticos en la zona de estudio.

Grupo Matagalpa: Es el más antiguo en la zona de estudio y data del Terciario Medio Inferior, su litología se caracteriza en el área por depósitos piroclásticos silíceos.

Geosinclinal: Parte de la corteza terrestre que se hunde, generalmente de forma continuada en la epirogénesis. Esta asociada con el vulcanismo.

Gravas: Mezcla inconsolidada de fragmentos de rocas o guijarros

Geología: Ciencia que estudia el origen, historia y estructura de la Tierra.

Horst: Bloques elevados.

Intrusivo: Cuerpo plutónico formado por granitos que se inyecta desde grandes profundidades de la Tierra hasta llegar a la superficie o bien no logran alcanzarla, puede extenderse en muchos kilómetros cuadrados. Generalmente estos cuerpos cuando no alcanzan la superficie, pueden ser descubiertos por la erosión.

Ignimbritas: Roca volcánica formada por la soldadura de material tobáceo desde erupciones volcánicas explosivas.

Indiferenciación: Difícil o imposible de distinguir. Las rocas indiferenciadas son aquellas en las cuales no es posible especificar la división de la edad.

Jurásico: (140 a 210 millones de años) Serie de rocas y depósitos sedimentarios del segundo período de la era Mesozoica en el cual los dinosaurios continuaron dominando. Aparecen los pájaros.

Lapillis acrecionarios: Es el producto volcánico formado a partir de la mezcla del agua y la ceniza en las erupciones freáticas.

Litología: Estudia el carácter físico y la formación de una roca. Desde el punto de vista microscópico describe y clasifica la roca.

Lava: Roca formada por el enfriamiento y solidificación de la roca fundida

Milonítica: O milonitización, es el proceso que sufren las rocas en los terrenos que han experimentado fuertes dislocaciones; consiste en su aplastamiento, trituración, etc. Es una forma extrema de cataclasis.

Moderno Arco Volcánico del plioceno-pleistocénico: Se refiere en Nicaragua a la formación de los volcanes cuaternarios.

Movimientos tectónicos: Son los relativos a todas las fuerzas internas de la tierra que levantan, hunden o desplazan los diversos pedazos de la corteza terrestre formando así los rasgos de las mismas (fuerzas endógenas).

Mesozoico: (Hace 35 millones de años). Dícese de los períodos Triásico, Jurásico, y Cretácico, correspondientes a la era secundaria. Entre el Paleozoico y Mesozoico. Caracterizado por el desarrollo de reptiles voladores, pájaros y plantas, y por la aparente extinción de dinosaurios.

Meteorización: Proceso de rotura o disgregación de una roca sobre la superficie de la Tierra.

Olivino: Mineral de silicato de hierro y magnesio, $(Mg, Fe)_2SiO_4$, son parte de las rocas ígneas y metamórficas.

Orogenia Herciniana (Hercínico): Orogenia del Paleozoico que formó las montañas durante el Carbonífero y Pérmico.

Plegamientos: Proceso geológico por el que capas en otro tiempo horizontales, al ser sometidas a presiones laterales, se han arrugado y plegado.

Plioceno: (8 a 30 millones de años) Serie de rocas o depósitos sedimentarios de la última época del período Terciario, caracterizado por la aparición de distintos animales.

Piroclástico: Compuesto principalmente de fragmentos de rocas de origen volcánico.

Pleistoceno: (1 a 8 millones de años) Serie de rocas o depósitos sedimentarios en la segunda época del período cuaternario caracterizado por la alternancia de la aparición y la resección de la glaciación Norte, la aparición de los homínidos y la extinción de numerosos mamíferos de tierra

Paleozoico: (20 a 60 millones de años) Dícese de la era primaria, la era anterior a ésta es el Precámbrico.

Placa: Zonas rígidas de la corteza terrestre y parte del manto superior de la Tierra que se mueven y trasladan unas con otras a lo largo de zonas de actividad sísmica.

Plutonico: Llamadas también rocas ígneas formadas en las partes más profundas de la astenosfera, su antónimo son las rocas volcánicas.

Plugs: Término en inglés que en el castellano significa domo de lava acida.

Rocas sedimentarias: Rocas formadas en la superficie de la Tierra por diagénesis de sedimentos de origen detrítico o clástico (residuos sólidos que resultan de la destrucción del relieve) o químico u orgánico (residuos que resultan de la acción de los seres vivos), Ejemplo caliza y arcilla.

Rocas ígneas: Rocas formadas en profundidad por la solidificación y enfriamiento lento y progresivo del magma. Ejemplo rocas ígneas efusivas como el basalto y la andesita, rocas ígneas intrusivas como los granitos.

Riolita: Roca volcánica ígnea felsica de color claro y equivalente al granito.

Suelos residuales: Son suelos formados en épocas anteriores y bajo condiciones climáticas distintas y que posee características en consonancia con las mismas.

Strike slip (componente): Deslizamiento hacia el rumbo.

Strike slip fault: Falla de rumbo.

Subducción: Es el proceso geológico mediante el cual una de las placas de la corteza es forzada a hundirse bajo de otra.

Sinclinorium: También llamado pseudoanticlinal o falso anticlinal. Es un plegamiento de capas de rocas en forma convexa. Lo opuesto es el anticlinorium.

Silicificación: Proceso en el que el silicio reemplaza el material original de una sustancia.

Suelo: Delgada capa natural compuesta por los elementos de la descomposición de la roca madre. Los factores climáticos y la acción de los seres vivos, que le permite ser el sustento de multitud de especies vegetales y animales. Se pueden distinguir tres capas llamadas horizontes en una sección vertical; las cuales se han asignado como A, B, C.

Textura de suelo y rocas: Tamaño y orden de las partículas.

Toba: Es el término general para rocas consolidadas formadas de los materiales eyectados por las explosiones volcánicas.

Terciario: (Hace unos 60 millones de años) Sistema de rocas o depósitos sedimentarios del primer período de la era Cenozoica, caracterizado aparentemente de una moderna flora, monos y otros mamíferos.

Unidad Santa Lucía: Pertenece al grupo Coyal en la zona de estudio y es fácilmente diferenciable geomorfológicamente.

Unidad La Libertad: Pertenece al grupo Coyal en la zona de estudio y es difícilmente diferenciable geomorfológicamente.

TÉRMINOS HIDROGEOLÓGICOS E HIDROLÓGICOS (CAPITULO IV. HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE, Y VI. HIDROGEOLOGÍA)

Agua de percolación: Es la que se encuentra en los terrenos permeables debido a la porosidad.

Agua de diaclasa: Es la que se encuentra en rocas fisuradas que no sean ni calizas ni dolomias.

Aforar: Medir la cantidad de agua de una corriente en una unidad de tiempo.

Almacenamiento (coeficiente): Es la variación del volumen de agua que un manto acuífero contiene por unidad de área, cuando cambia su nivel piezométrico (mantos acuíferos artesianos) o su nivel de agua (mantos acuíferos libres), en una unidad de longitud.

Agua Potable: Agua exenta de microbios, particularmente colibacilos, es un agua esterilizada o muerta en la que se ha matado todo signo de vida.

Aguas residuales: Son aguas cargadas de desperdicios y residuos producidos por agentes externos a la propia agua (vertidos industriales o urbanos) o bien por la descomposición propia al cabo de mucho tiempo.

Aguas Subterráneas: Las que discurren por las capas interiores de la tierra.

Aguas Superficiales: Las que discurren por la superficie de la tierra.

Agua termal: Agua de manantial que emana a una temperatura elevada, de acuerdo a los niveles de temperatura puede clasificarse en:

Hipertermal: Muy caliente

Mesotermal: Agua tibia.

Hipotermal: Agua fría.

Agua vadosa: Agua somera (zona vadosa o zona de aeración) que se encuentra entre la capa freática y la superficie de la tierra..

Agua intermitente: Son fuentes que no brotan siempre, sino de tiempo en tiempo y con mayor o menor regularidad.

Agua de Valle: Son fuentes que se forman en los lugares en donde la capa acuosa aparece cercana a la superficie del fondo del valle. Estas fuentes son muy irregulares y dejan de manar con frecuencia.

Acuífero: Estrato geológico que contiene agua con posibilidad de ser extraída.

Acuitardos: Es la formación geológica, que contiene apreciables cantidades de agua, la cual transmite muy lentamente.

Acuicludo: Capa impermeable. Término geológico-hidrogeológico con el que se conocen los estratos o capas impermeables a efectos prácticos de explotación de aguas subterráneas.

Abatimiento o descenso: Es la distancia entre el nivel original y el nivel en el cono de depresión.

Balance hídrico: Este término tiene dos acepciones. (1) En hidrología relación entre la evaporación, las precipitaciones, la escorrentía y el almacenamiento superficial y subterráneo en una estación de aforo concreta y en un tiempo determinado. (2) En meteorología movimiento cíclico del agua entre la atmósfera y la superficie de la Tierra, a escala planetaria, en el que se tienen en cuenta las precipitaciones, la evapotranspiración, la humedad y la arrollada.

Curvas equipotenciales: Indican los lugares donde la superficie piezométrica tiene el mismo valor, debido a que los niveles de agua son iguales.

Cuenca: Territorio rodeado de alturas y cuyas aguas afluyen todas a un mismo río, lago o mar.

Capa freática: Dícese de las capas de rocas permeables del terreno empapadas por las aguas de las lluvias que se han filtrado hasta encontrar una capa impermeable. Los pozos ordinarios y artesianos, las fuentes, etc...son formaciones de las capas freáticas.

Capacidad de infiltración: La capacidad de infiltración en un instante de tiempo está dada por un valor constante que se alcanza en determinado tiempo (f_c); el valor máximo de esa capacidad al comienzo de la lluvia (f_0); la constante positiva del tipo de terreno (K) y el tiempo transcurrido desde el comienzo de la lluvia.

Capacidad de campo: Es el grado de humedad de una muestra que ha perdido su agua gravífica o libre.

Caudal: Cantidad de agua que emana o corre.

Ciclo del agua: Movimiento incesante del agua entre la litósfera, atmósfera y la hidrósfera. Las aguas que se encuentran sobre el globo se pueden dividir en dos grandes grupos: las aguas oceánicas o aguas saladas, y las aguas continentales o aguas dulces.

El agua se encuentra en movimiento constante desde la atmósfera hacia la tierra, y de regreso hacia el mar y de estos, tierra y mar, por medio de la energía del sol hacia la atmósfera.

Conductividad Eléctrica: es la propiedad física que tienen los cuerpos de conducir la corriente eléctrica. Se aplica para la búsqueda de fuentes de agua; en el caso de la calidad del agua para medir las altas y bajas conductividades indicando de esta manera si el agua es potable o sirve para determinado uso.

Conductividad Hidráulica: Se conoce como permeabilidad y es la relación de la velocidad y el gradiente hidráulico. $K = V / \Delta h / L$ (cm / seg, m / día, etc)

Condiciones de no equilibrio: Se desarrolla a partir de la fórmula de Theis (1935); que introduce el factor tiempo y el coeficiente de almacenamiento. La fórmula fue deducida inicialmente por la analogía entre el flujo de las aguas subterráneas y el del calor por conducción, después Jacob la demostró usando conceptos hidráulicos directamente.

Condiciones de equilibrio: Es cuando el cono de depresión, cesa su expansión debido a que este se agranda hasta intersecar la superficie de descarga natural del manto acuífero para igualar la razón de bombeo; intersecar una corriente superficial; hasta que haya suficiente recarga vertical debido a la precipitación sobre el área de la base del cono para igualar la razón del bombeo; y , hasta que haya suficiente percolación a través de las formaciones supra o infrayacentes para igualar el gasto del pozo.

Capacidad específica: En los mantos acuíferos artesianos y libres, la capacidad específica de un manto acuífero depende del abatimiento y su rendimiento. Las características óptimas de operación de un pozo se obtienen cuando el producto de la

capacidad específica por el rendimiento es mayor. En condiciones artesianas, si el abatimiento se duplica, el rendimiento también se duplica, en este caso la capacidad específica se mantiene constante.

En los mantos acuíferos libres la parte de este abarcada por el cono de depresión se desagua por el bombeo. Por esto cuando se duplica el abatimiento, el rendimiento será menor que el doble, por tanto la capacidad específica disminuye según aumenta el abatimiento. La capacidad específica máxima se obtiene cuando no hay abatimiento porque no hay reducción del espesor del manto acuífero. La mínima es cuando el abatimiento es máximo y el rendimiento mínimo. La capacidad específica máxima es solo 50 % de la mínima.

Cono de deyección o depresión: Se origina a partir del bombeo, y su dimensión depende del radio de influencia (R) y el abatimiento (s).

Drenaje: Proceso por el cual el agua es eliminada de una zona a través de los ríos.

Dendrítico: en forma de dendrito o ramificación.

Depresión residual: Es la propiedad física que indica en magnitud la diferencia entre la superficie donde se inicia el cono deyección y el límite de éste, originada entre el descenso y el ascenso.

Escorrentía: Lámina de agua que circula en una cuenca de drenaje, es decir la altura en milímetros de agua de lluvia escurrida y extendida uniformemente.

Estiaje: Caudal menor de una corriente de agua. Generalmente se produce en verano.

Efluentes: En hidrología de agua subterránea se refiere al aporte de las aguas subterráneas a los cuerpos de aguas superficiales como ríos, lagos, etc.

Grado de humedad del suelo: Existen diferentes grados de humedad en el suelo que esta dada por el porcentaje de peso del agua contenida en la muestra, antes de desecarla, respecto al peso de la muestra desecada a 105°C . De manera que se clasifica en humedad inicial, disponible y final, cuya unidad puede darse en milímetros o porcentual.

Gradiente hidráulico ($i = \Delta h / \Delta L$ y adimensional): Dado por la diferencia entre cotas y la distancia horizontal; es uno de los parámetros que determina la velocidad y caudal del flujo de agua subterránea.

Hidrogeología o geohidrología: Parte de la geología que se ocupa de las aguas subterráneas.

Hidrología: Ciencia que estudia las aguas superficiales desde el punto de vista geológico, es decir, sus propiedades como agente geológico, su distribución, su composición.

Hidrosolidaridad: Comprendido en este trabajo, dentro del concepto de manejo y sostenibilidad de los recursos hídricos (Manejo de Cuencas); es decir que la comunidad Boaqueña y sus autoridades deben estar organizados y prepararse en la gestión y manejo de su cuenca tomando en cuenta los ámbitos que estén más allá de los límites de su respectiva localidad para prevención y planes en el aspecto señalado.

Infiltrar: Introducirse un líquido entre los poros de un cuerpo sólido.

Influente: En hidrología de agua subterránea se refiere al aporte de las aguas superficiales a los cuerpos de aguas subterráneas.

Ley de Darcy: Define la transmisibilidad como el producto del espesor del acuífero y la permeabilidad del mismo ($K * b$), es decir como el agua subterránea atraviesa el medio con determinada velocidad dada por la distancia, ya sea vertical u horizontal a través de un medio poroso permeable o semipermeable.

Manto acuífero: Zona intermedia de la Tierra comprendida entre la corteza y el núcleo y que contiene agua.

Medio Hidrogeológico: Es el medio natural por el que circula el agua subterránea; está constituido por estratos (conjunto de rocas de diferentes o igual tamaño, suelos y otros materiales), dependiendo si el fenómeno es exógeno o endógeno. Asociado con geoformas y estructuras como fallas o rupturas de diferentes tipos.

Manantial: Es la ventana de salida del agua subterránea a la superficie terrestre

Modelo conceptual hidrogeológico: Es el marco teórico fundamentado en la geología para definir la geohidrodinámica; o bien se define el movimiento y la situación espacial de las aguas subterráneas para tener un criterio del potencial en la zona y con esto poder despegar desde una base científica para concluir y recomendar a cerca del tema de los recursos hídricos.

Nivel dinámico: Es el nuevo nivel que se origina de la extracción del agua subterránea por medio del bombeo e indica el valor del descenso y el ascenso del cono deeyectivo.

Nivel freático: Es la altura a la que llega la superficie alcanzada por la capa freática.

Nivel estático del agua: (NEA) Profundidad a la que se encuentra la superficie del agua subterránea a partir del nivel del terreno llamado nivel de reposo. O bien cuando la superficie del agua está en un cierto punto, hablamos de nivel estático en ese punto.

Pozo (freático en el caso de agua): Excavación vertical practicada en la Tierra hasta encontrar agua o el mineral buscado.

Pozo artesiano: Perforación o sondeo artificial, generalmente profundo, mediante el cual sale a la superficie (agua surgente o ascendente) es decir el agua que se encuentra a presión en una capa permeable encerrada entre dos impermeables.

Potencial hídrico: Es la medida o magnitud que determina tanto la calidad como la cantidad de agua que se puede explotar controladamente para aprovechamiento de la sociedad humana y el conjunto de los seres vivos (flora y fauna) así como las necesidades de los mismos, pero que este aprovechamiento debe de ser de una forma racional y equitativa. Así mismo el sinónimo de potencial es su disponibilidad en cuanto a calidad o cantidad.

Piezómetro: Instrumento para medir presiones.

Punto de marchitez: Es el grado de humedad de un suelo que rodea la zona radicular de la vegetación, tal que la fuerza de succión de las raíces es menor que la de retención del agua por el terreno y en consecuencia las plantas no pueden extraerla.

Permeabilidad secundaria: La permeabilidad es la propiedad de los materiales que se dejan atravesar por fluidos, especialmente por el aire y el agua. Por lo tanto una roca, un suelo son tanto más permeables al agua cuanto mayor sea su porosidad, su fisura,

su agrietamiento. Es decir la permeabilidad secundaria es una propiedad intrínseca al material dado por el grado de porosidad, grietas o rupturas.

Radomancia: es la pseudociencia que se encarga de buscar con un péndulo, donde hay agua.

Transmisibilidad: De acuerdo con las leyes de Darcy, la transmisibilidad es una propiedad que depende del medio hidrogeológico, cuyo parámetro es de suma importancia para clasificar el tipo de fuente subterránea que se quiere aprovechar. Dicho parámetro se define como la relación entre el espesor (b) y la conductividad hidráulica (K) del acuífero. $T = K * b$

Turbidez: Es la propiedad física que tiene el agua de acuerdo a la concentración de partículas orgánicas e inorgánicas que se acumulan en ella.

Vulnerabilidad de los acuíferos: Este concepto encierra dos aspectos que son la calidad y la cantidad del agua, pero que en esta tesis se hace hincapié en la cantidad de agua en el área de estudio. Es decir la vulnerabilidad es la propiedad intrínseca en cuanto a la susceptibilidad de las fuentes de agua de desaparecer del espacio en que están situadas por la actividad antrópica directa e indirecta

Zona de aireación: donde se encuentra el agua vadosa, esta se subdivide a su vez en: zona de humedad superficial del suelo, intermedia y de capilaridad.

Zona de humedad superficial del suelo: donde se encuentra el agua somera y es la zona donde medimos la capacidad de campo. Esta abarca desde la superficie del suelo hasta unos 2 metros de profundidad.

Zona intermedia: Esta se extiende desde la parte inferior de la zona de humedad superficial hasta la parte superior de la zona de capilaridad. Puede tener un espesor insignificante cuando la zona saturada se encuentra cerca de la superficie o tener varios cientos de metros como en las regiones muy áridas, por tanto es la zona pasiva por no ocurrir una evapotranspiración significativa.

Zona de capilaridad: Es la situada por encima de la zona de saturación, el agua de esta zona (agua apoyada) esta en contacto directo con el agua de saturación.

Zona de saturación: Separada de la zona de aireación por el nivel freático, tabla de agua o superficie de agua.

TÉRMINOS GEOMORFOLÓGICOS (CAPITULO II. MARCO TEÓRICO, CAPITULO VII. MODELO CONCEPTUAL DE LOS ACUÍFEROS FONSECA Y LAS CAÑAS)

Geomorfología: Ciencia que estudia la forma o configuración superficial de la Tierra.

TÉRMINOS GEOFÍSICOS (CAPITULO VI. HIDROGEOLOGÍA)

Geofísica: Física de la Tierra y el medio, incluyendo la física de los campos de la meteorología, oceanografía y sismología.

Geoeléctrica: Es uno de los métodos geofísicos aprovechado en la investigación de agua subterránea, que consiste en la conducción de la corriente eléctrica a través del subsuelo y cuyo objetivo es medir las resistividades de los diferentes estratos o rocas, que permitan identificar el medio y deducir las localizaciones de fuentes de agua.

TÉRMINOS CLIMÁTICOS (CAPITULO II. MARCO TEÓRICO, CAPITULO IV. HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE, CAPITULO VII. BALANCE HÍDRICO SUBTERRÁNEO)

Atmósfera: Capa formada por diversos gases que envuelven la tierra

Canícula: Son los períodos en que se presenta las épocas de sequía, y que en el caso de la zona en estudio depende del daño al ecosistema causado por la actividad antrópica, originando de esta forma el cambio climático.

Evapotranspiración Real (ETR): Es la parte del agua que llega a la tierra, y vuelve a la atmósfera en forma de vapor, directamente por evaporación o, a través de las plantas por transpiración.

Pluviómetro: Aparato que sirve para medir la precipitación.

Precipitación (P): Es uno de los componentes primarios del ciclo hidrológico como producto de la condensación del vapor de agua en la masa de aire a consecuencia de los cambios de presión y temperatura. Unidad de medida son milímetros o pulgadas.

Sequía: Período en que la disponibilidad de agua es incapaz de satisfacer las demandas, extendida en un período de tiempo suficientemente largo.

TÉRMINOS GEOGRÁFICOS (CAPITULO II. MARCO TEÓRICO, CAPITULO IV. HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE, CAPITULO VIII. MODELO CONCEPTUAL DE LOS ACUÍFEROS FONSECA Y LAS CAÑAS)

Artesa: Valle llano entre montañas de pendiente acusada.

Cordillera: Son grandes elevaciones del terreno, formadas por la colisión entre dos placas de dos placas de la corteza terrestre. Se caracteriza por las elevadas pendientes, los fuertes desniveles y la juventud. Menos de doscientos (200.000.000) millones de años, por eso , la erosión apenas las a desgastado.

Meseta: región poco accidentada, con un nivel de cumbres bastante constante, que se halla elevada respecto al resto de las regiones vecinas.

Mesa: Culminación plana y batida por los vientos formada por la superficie estructural en el relieve tabular de menor extensión que el páramo.

Península: Tierra cercada por el agua y que sólo por una parte relativamente estrecha, (istmo), está unida con otra tierra de extensión mayor.

Penillanura: Se trata de un relieve poco diferenciado semejante a una llanura suavemente ondulada y con amplios valles en forma de artesa, resultado de un ciclo normal de erosión característico de largas calmas tectónicas.

Valle: Depresión de terreno alargada, más o menos ancha, cruzada por un curso de agua, o por un glaciar.

Valle en V: Es el valle fluvial recorrido por un río, pero en el caso de las subcuenca Fonseca forman valles en forma de Y y S.

TÉRMINOS GENERALES (CAPITULO II. MARCO TEÓRICO; CAPITULO IV. HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE; CAPITULO V. USO Y CONSUMO; CAPITULO VI. HIDROGEOLOGÍA; CAPITULO VII. BALANCE HÍDRICO SUBTERRÁNEO; CAPITULO VIII. MODELO CONCEPTUAL DE LOS ACUÍFEROS FONSECA Y LAS CAÑAS; CAPITULO IX. DESARROLLO DE ABASTECIMIENTO FUTURO)

Caducifolio: Especie de hoja caduca, que se cae de los árboles todos los años al comenzar la estación desfavorable.

Demanda y oferta de agua: Este concepto se comprende que de acuerdo al incremento de la población las necesidades de aprovechamiento y utilización del recurso se ven diezmadas por la disminución de las fuentes de agua tanto en cantidad como en calidad, de manera que la oferta es poca y la demanda se incrementa en función del tiempo y el incremento de población.

Escala: Proporción entre distancia real y distancia en el plano. Puede expresarse de dos modos numérica o gráfica. La escala nos indica el número de veces que se ha reducido la realidad para poder ser representada en un mapa.

Gradiente: Variación del valor de una variable cualquiera, específicamente las que se refieren al clima, como la temperatura, etc....

Geotecnia: Ciencia auxiliar que estudia las propiedades mecánicas de los cuerpos. En el caso de las aguas subterráneas, en este estudio, se aplica para medir el grado de permeabilidad de las rocas y el suelo.

Reología.: Parte de la mecánica que se interesa por las reacciones de la materia causada por las fuerzas de deformación y depende del tiempo y tipo de material.

Suministro de agua: Agua disponible para una comunidad o región.

APENDICES

Apéndice A : Del capítulo IV – Condiciones geológicas.

A.1 Índice de densidades y ángulos de fallas.

Índice de densidades y ángulos de fallas, sustentado en la media aritmética, a la escala 1:50.000, y en métodos de análisis de los elementos espaciales como el diagrama semicircunferencial. De manera que la media aritmética se expresa de la siguiente manera:

$$X = \sum x_i / n$$

X – media aritmética

x_i – fallas, ángulos y espesores de las formaciones geológicas.

n – número de observaciones

El diagrama semicircunferencial tiene como escala:

Tabla A.1.1. Índice de densidades.

Elementos espaciales : Fallas y ángulos

Índice (%)	Densidad
> 100	Muy alta
50-100	Alta
17-50	Media
< 17	Baja

Dando como resultado la siguiente tabla.

Tabla A.1.2. Densidad de fallas geológicas en el cuadrante 1:50.000 de Boaco

Orientación de Fallas geológicas Esc: 1:50 000	Angulo (°)	Densidad
OON	47	Alta
EEN	61	Media
E-O	0 con respecto al Ecuador	Baja

Elaboró Buitrago,N 2005

A.2 Espesores Promedios de las formaciones geológicas del área de estudio

Tabla A.2.1. Tabla de espesores promedios de las formaciones geológicas y su clasificación macropetrográfica del área en estudio.

Cuadrante 1:50.000. Boaco

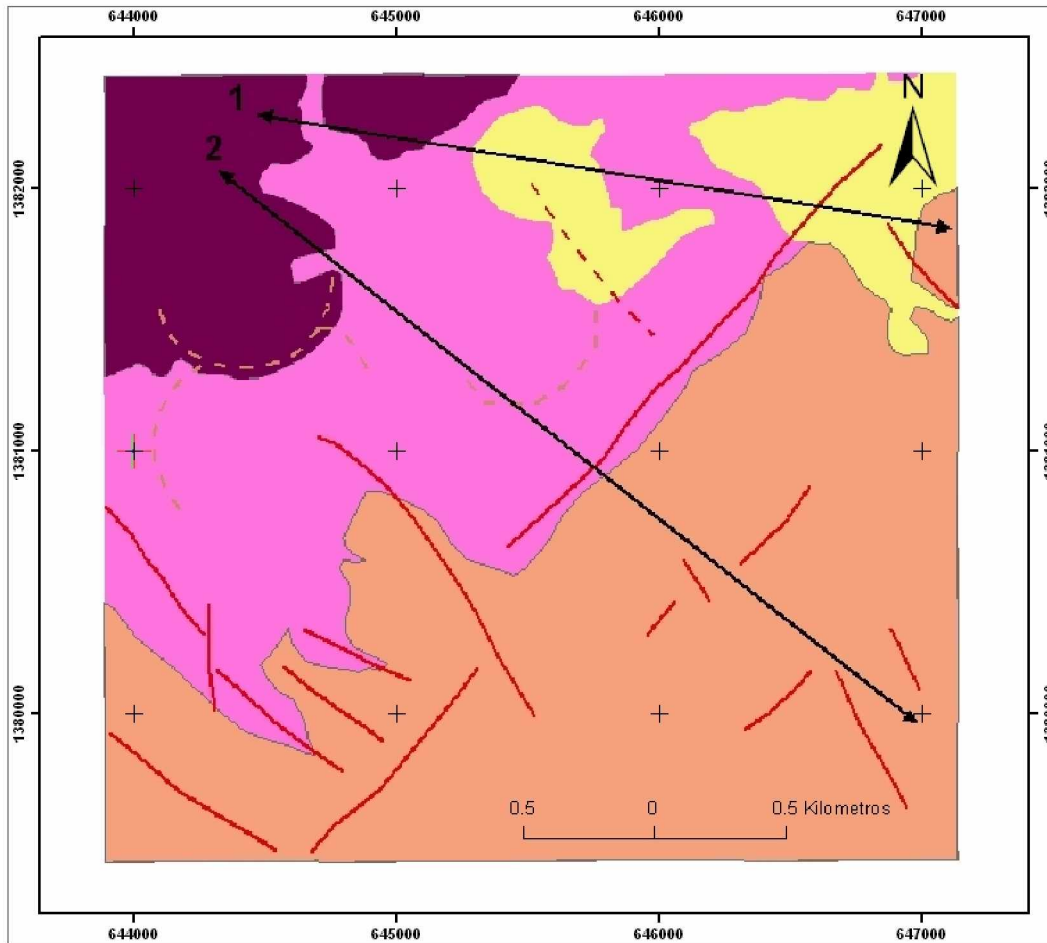
Formación	Edad	Vulcanitas	Volcano-sedimentaria	Sedimento	Espesor Promedio (m.s.n.t)
Cuaternario aluvial	Cuaternario			Arenas, larcillas, bolones	< 20
Unidad Santa Lucia (Coyol)	Terciario	Flujos andesíticos basálticos Diques de flujos lávicos basálticos	Tobas aglomeráticas		444
Unidad La Libertad (Coyol)	Terciario	Flujos andesíticos-basálticos y basaltos			540
Grupo Matagalpa	Terciario	Superior Andesita porfirítica-meteorizada interdigitada con basalto afanítico muy denso. Depósitos piroclásticos silíceos.			272

m.s.n.t – metros sobre el nivel del terreno.

Elaboró Buitrago, N 2005

A.3 – Estudio teórico y práctico geoestructural y macropetrográfico, a escala 1:50.000, 1:100.000 y escala 1:250.000, para obtener mapas básicos de la geología en el área de estudio a la escala 1:50.000, y perfiles estratigráficos con escalas verticales 1:10.000, y escalas horizontales 1:50.000

- Fig AG -1 Geología del entorno de la ciudad de Boaco. Escala 1: 50.000
- Fig AG -2 Perfil estratigráfico subcuenca Las Cañas.
- Fig A G-3 Perfil estratigráfico subcuenca Fonseca.
- Fig AG-4, Fig AG-5, Fig AG-6. Mapas geoestructurales del entorno de la ciudad de Boaco.



Leyenda








- | | | | |
|---|---------------------|---|---------------------------------|
|  | Cuaternario Aluvial |  | Falla Normal |
|  | Coyal Santa Lucia |  | Falla Cubierta |
|  | Coyal La Libertad |  | Falla Circular |
|  | Grupo Matagalpa | 1 | Perfil Estratigrafico Las Cañas |
| | | 2 | Perfil Estratigrafico Fonseca |

Fig AG-1. Geología del entorno de la ciudad de Boaco . Escala 1:50.000. Buitrago 2005

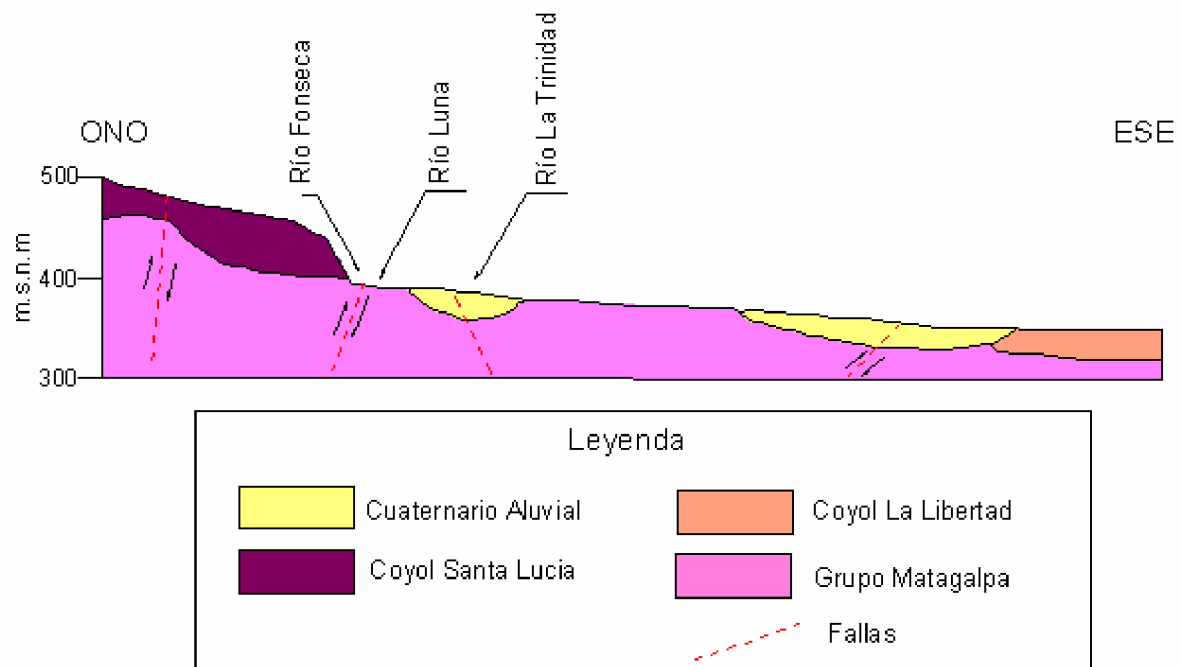


Figura AG-2. Perfil Estratigráfico Sub-cuenca Las Cañas.
Buitrago, 2005

Escala horizontal 1:50,000

Escala vertical 1:10,000

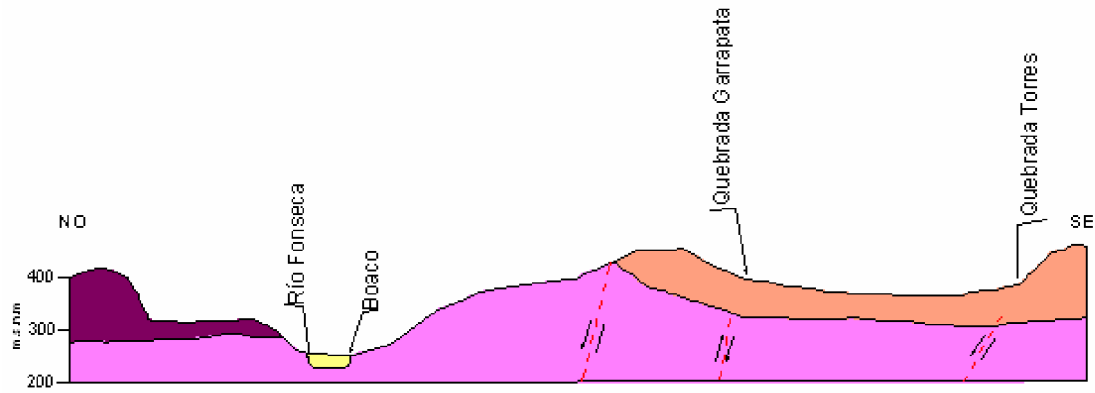
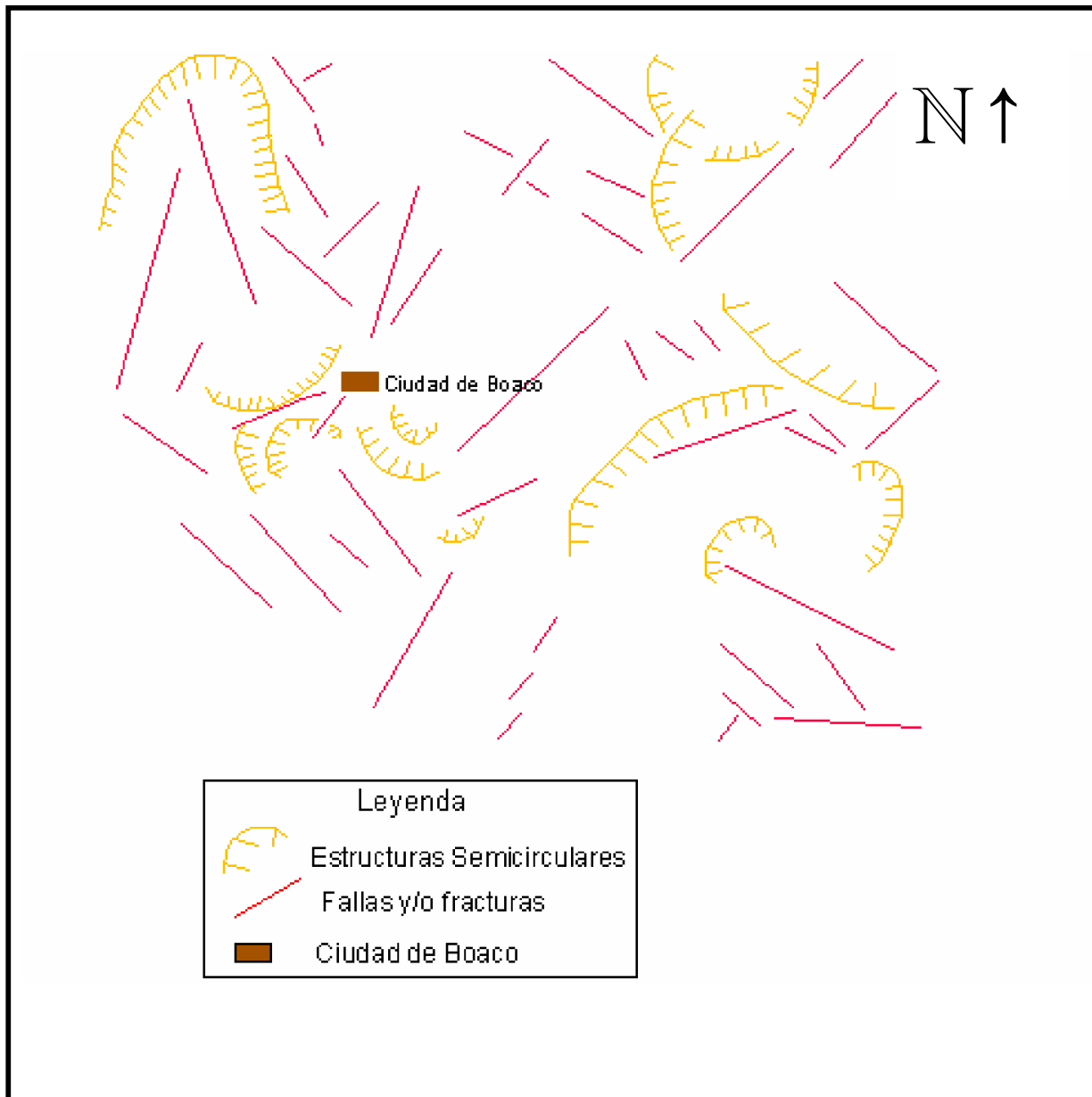


Figura AG-3. Perfil Estratigáfico Sub-cuenca Río Fonseca

Escala horizontal 1:50,000
 Escala vertical 1:10,000

Buitrago, N 2005



AFigura -AG4. Mapa geoestructural escala 1:100,000 del entorno de la ciudad de Boaco
 Ccoordenadas aproximadas: Lat.N: 139200 y 137300, Long O: 637400 y 657000
 BBuitrago,N 2005

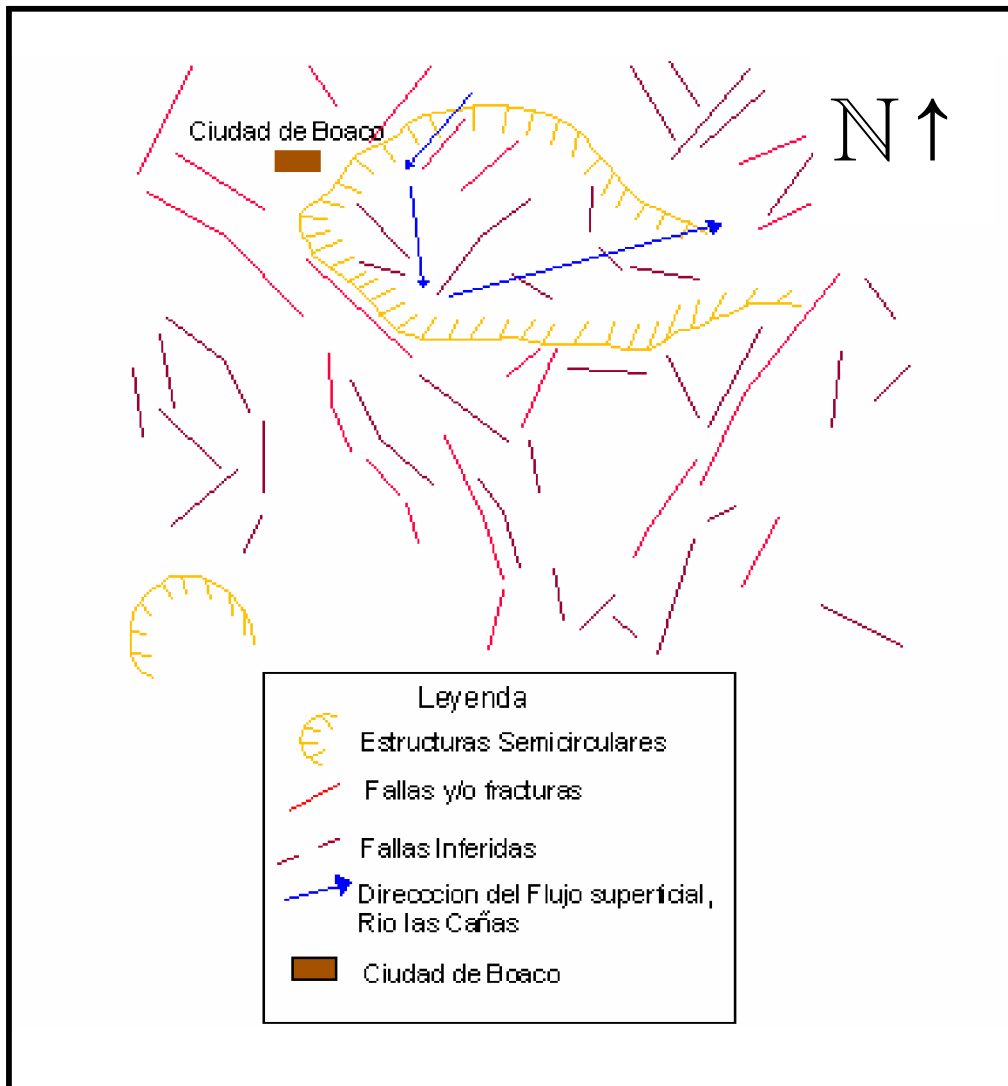


Figura. A-G5. Mapa geoestructural escala 1: 100,000 del entorno de la ciudad de Boaco
 Coordenadas aproximadas: Lat.N: 138100 y 137300, Long O: 637400 y 656000
 Buitrago, N.2005

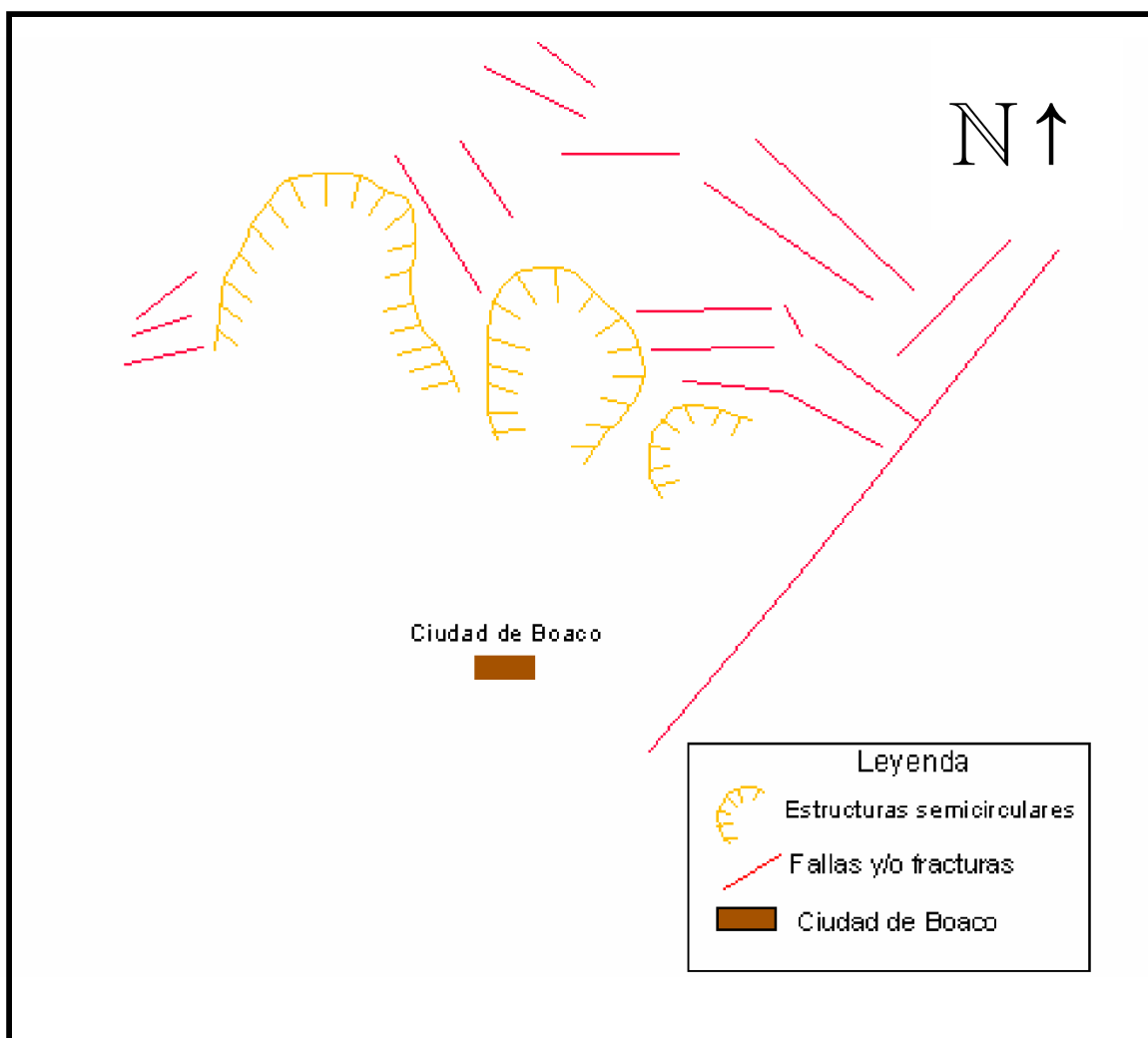
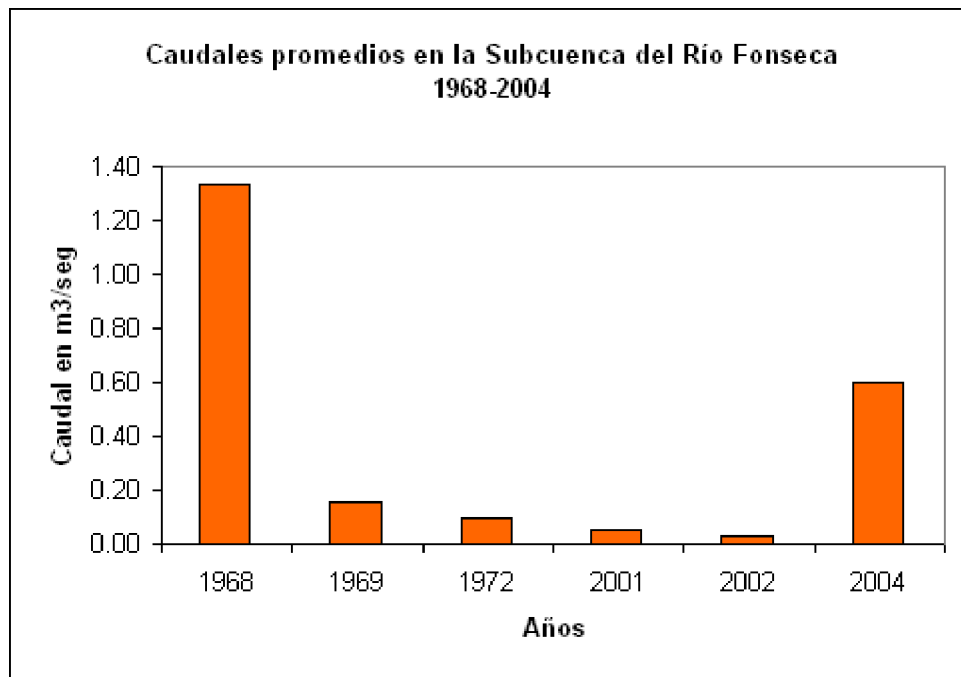


Figura. A-G6. Mapa geoestructural escala 1:100,000 del entorno de la ciudad de Boaco Coordenadas aproximadas: Lat.N: 139200 y 137700, Long O: 637400 y 655000, Buitrago,N 2005

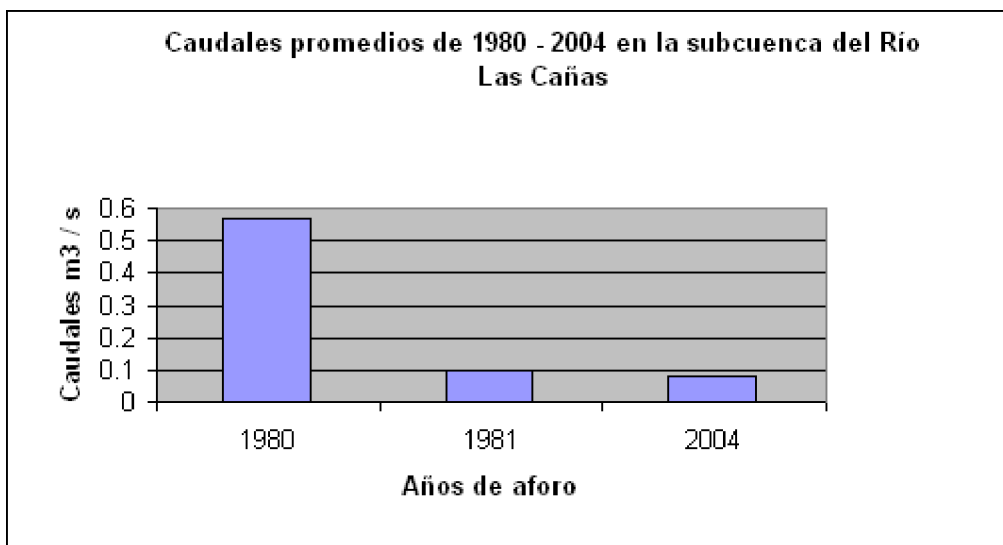
Apéndice B: Del capítulo V – Resultados y discusión Hidrología de superficie

B.1 Promedios de aforos de 1968 al 2004 en las subcuencas Fonseca y Las Cañas.

Caudal	1968	1969	1972	2001	2002	2004
	1.33	0.156	0.1	0.054	0.031	0.6



Caudales	1980	1981	2004
	0.57	0.1	0.08



B.2 – Registro de aforos de los ríos Fonseca y Las Cañas de 1968 al 2004

Registro de aforos del Río La Garrapata (Subcuenca del Río Las Cañas) en el periodo comprendido de 1980 -2004.

Año	Mes	Q m3 / s	Año	Mes	Q m3 / s
1981	Abril	0.00	1981	Julio	0.07
1981	Abril	0.00	1981	Julio	0.06
1981	Abril	0.00	1981	Julio	0.06
1981	Abril	0.00	1981	Julio	0.06
1981	Abril	0.00	1981	Julio	0.06
1981	Abril	0.00	1981	Julio	0.05
1981	Abril	0.00	1981	Julio	0.05
1981	Mayo	0.00	1981	Julio	0.04
1981	Mayo	0.00	1981	Julio	0.04
1981	Mayo	0.00	1981	Julio	0.04
1981	Mayo	0.00	1981	Julio	0.09
1981	Mayo	0.00	1981	Julio	0.08
1981	Mayo	0.00	1981	Julio	0.05
1981	Mayo	0.01	1981	Julio	0.09
1981	Mayo	0.03	1981	Julio	0.06
1981	Mayo	0.13	1981	Agosto	0.12
1981	Mayo	0.14	1981	Agosto	0.14
1981	Mayo	0.178	1981	Agosto	0.17
1981	Mayo	0.16	1981	Agosto	0.33
1981	Mayo	0.17	1981	Agosto	0.50
1981	Mayo	0.17	1981	Agosto	0.2
1981	Mayo	0.14	1981	Agosto	0.17
1981	Mayo	0.14	1981	Agosto	0.15
1981	Mayo	0.14	1981	Agosto	0.13
1981	Mayo	0.13	1981	Agosto	0.10
1981	Mayo	0.13	1981	Agosto	0.07
1981	Mayo	0.11	1981	Agosto	0.08
1981	Mayo	0.11	1981	Agosto	0.2
1981	Mayo	0.09	1981	Agosto	0.84
1981	Mayo	0.07	1981	Agosto	0.48
1981	Mayo	0.04	1981	Agosto	0.42
1981	Mayo	0.03	1981	Agosto	0.41
1981	Mayo	0.01	1981	Agosto	0.37
1981	Mayo	0.01	1981	Agosto	0.28
1981	Mayo	0.01	1981	Agosto	0.26
1981	Mayo	0.01	1981	Agosto	0.25
1981	Mayo	0.01	1981	Agosto	0.17
1981	Mayo	0.02	1981	Agosto	0.16
1981	Julio	0.02	1981	Agosto	0.12
1981	Julio	0.02	1981	Agosto	1.21
1981	Julio	0.02	1981	Agosto	1.52
1981	Julio	0.02	1981	Agosto	0.8
1981	Julio	0.02	1981	Agosto	0.68

1981	Julio	0.02	1981	Agosto	0.59
1981	Julio	0.14	1981	Agosto	1.4
1981	Julio	0.13	1981	Agosto	0.59
1981	Julio	0.16	2004	Agosto	6.9
1981	Julio	0.13	2004	Agosto	0.02
1981	Julio	0.12	2004	Septiembre	0.4
1981	Julio	0.11	2004	Octubre	6.4
1981	Julio	0.08	2004	Octubre	10.2
1981	Julio	0.08	2004	Octubre	1.4
1981	Julio	0.07	2004	Octubre	20.2
1981	Julio	0.07			

Año	Mes	Q m ³ / s	Año	Mes	Q m ³ / s	Año	Mes	Q m ³ / s
1980	Noviembre	0.43	1981	Enero	0.08	1981	Febrero	0.03
1980	Noviembre	0.43	1981	Enero	0.08	1981	Febrero	0.03
1980	Noviembre	1.08	1981	Enero	0.08	1981	Febrero	0.03
1980	Noviembre	1.19	1981	Enero	0.07	1981	Marzo	0.03
1980	Noviembre	0.99	1981	Enero	0.07	1981	Marzo	0.03
1980	Noviembre	1.33	1981	Enero	0.07	1981	Marzo	0.03
1980	Noviembre	1.5	1981	Enero	0.07	1981	Marzo	0.03
1980	Noviembre	0.87	1981	Enero	0.07	1981	Marzo	0.03
1980	Noviembre	0.73	1981	Enero	0.06	1981	Marzo	0.03
1980	Noviembre	0.6	1981	Enero	0.06	1981	Marzo	0.03
1980	Noviembre	0.87	1981	Enero	0.06	1981	Marzo	0.03
1980	Noviembre	0.84	1981	Enero	0.06	1981	Marzo	0.03
1980	Noviembre	0.8	1981	Enero	0.06	1981	Marzo	0.03
1980	Noviembre	1.32	1981	Enero	0.05	1981	Marzo	0.03
1980	Noviembre	1.89	1981	Enero	0.05	1981	Marzo	0.03
1980	Noviembre	1.54	1981	Enero	0.05	1981	Marzo	0.02
1980	Noviembre	1.23	1981	Enero	0.05	1981	Marzo	0.02
1980	Noviembre	1.04	1981	Enero	0.05	1981	Marzo	0.02
1980	Noviembre	0.93	1981	Enero	0.05	1981	Marzo	0.01
1980	Noviembre	0.78	1981	Enero	0.05	1981	Marzo	0.01
1980	Noviembre	0.78	1981	Enero	0.05	1981	Marzo	0.01
1980	Noviembre	0.78	1981	Enero	0.05	1981	Marzo	0.01
1980	Noviembre	0.64	1981	Enero	0.05	1981	Marzo	0.13
1980	Noviembre	0.49	1981	Enero	0.05	1981	Marzo	0.07
1980	Noviembre	0.56	1981	Enero	0.04	1981	Marzo	0.04
1980	Noviembre	0.48	1981	Enero	0.04	1981	Marzo	0.01
1980	Diciembre	0.45	1981	Enero	0.04	1981	Marzo	0.01
1980	Diciembre	0.42	1981	Enero	0.09	1981	Marzo	0.01
1980	Diciembre	0.33	1981	Enero	0.09	1981	Marzo	0.01
1980	Diciembre	0.42	1981	Enero	0.09	1981	Marzo	0.01
1980	Diciembre	0.42	1981	Enero	0.09	1981	Marzo	0.01
1980	Diciembre	0.42	1981	Febrero	0.03	1981	Marzo	0.01
1980	Diciembre	0.51	1981	Febrero	0.03	1981	Marzo	0.01
1980	Diciembre	0.47	1981	Febrero	0.03	1981	Marzo	0.01
1980	Diciembre	0.33	1981	Febrero	0.03	1981	Abril	0.01
1980	Diciembre	0.3	1981	Febrero	0.04	1981	Abril	0.01

1980	Diciembre	0.27	1981	Febrero	0.04	1981	Abril	0.01
1980	Diciembre	0.25	1981	Febrero	0.32	1981	Abril	0.01
1980	Diciembre	0.21	1981	Febrero	0.32	1981	Abril	0.01
1980	Diciembre	0.2	1981	Febrero	0.32	1981	Abril	0.01
1980	Diciembre	0.2	1981	Febrero	0.03	1981	Abril	0.01
1980	Diciembre	0.17	1981	Febrero	0.03	1981	Abril	0.01
1980	Diciembre	0.17	1981	Febrero	0.03	1981	Abril	0.01
1980	Diciembre	0.16	1981	Febrero	0.03	1981	Abril	0.01
1980	Diciembre	0.13	1981	Febrero	0.03	1981	Abril	0.00
1980	Diciembre	0.12	1981	Febrero	0.03	1981	Abril	0.00
1980	Diciembre	0.12	1981	Febrero	0.03	1981	Abril	0.00
1980	Diciembre	0.13	1981	Febrero	0.03	1981	Abril	0.00
1980	Diciembre	0.13	1981	Febrero	0.03	1981	Abril	0.00
1980	Diciembre	0.13	1981	Febrero	0.03	1981	Abril	0.00
1980	Diciembre	0.13	1981	Febrero	0.03	1981	Abril	0.00
1980	Diciembre	0.13	1981	Febrero	0.03	1981	Abril	0.00
1980	Diciembre	0.12	1981	Febrero	0.03	1981	Abril	0.00
1980	Diciembre	0.09	1981	Febrero	0.03	1981	Abril	0.00
1980	Diciembre	0.99	1981	Febrero	0.03	1981	Abril	0.00
1980	Diciembre	0.08	1981	Febrero	0.03	1981	Abril	0.00

Registro de aforos del Río Fonseca en el periodo comprendido de 1968 -2004.

Año	Mes	Q m3 / s	Año	Mes	Q m3 / s
1968	Agosto	2.04	1972	Junio	0.10
1968	Agosto	2.01	1972	Junio	0.08
1968	Agosto	1.42	1972	Junio	0.11
1968	Agosto	1.42	2001	Septiembre	0.22
1968	Agosto	1.51	2001	Septiembre	0.07
1968	Agosto	1.65	2001	Abril	0.02
1968	Septiembre	2.73	2001	Abril	0.01
1968	Septiembre	2.77	2001	Abril	0.01
1968	Septiembre	3.37	2001	Abril	0.01
1968	Septiembre	1.97	2002	Abril	0.07
1968	Septiembre	1.93	2002	Abril	0.04
1968	Septiembre	1.96	2002	Abril	0.02
1968	Septiembre	1.20	2002	Abril	0.02
1968	Septiembre	1.19	2002	Abril	0.01
1968	Septiembre	1.38	2002	Abril	0.04
1968	Septiembre	1.43	2002	Abril	0.03
1968	Septiembre	1.04	2002	Abril	0.01
1968	Septiembre	0.99	2002	Abril	0.03
1968	Septiembre	1.45	2002	Enero	0.09
1968	Septiembre	1.4	2002	Marzo	0.03
1968	Septiembre	0.77	2002	Marzo	0.03
1968	Septiembre	0.78	2002	Marzo	0.01
1968	Octubre	1.46	2002	Marzo	0.04
1968	Octubre	1.43	2002	Marzo	0.04

1968	Octubre	0.80	2002	Marzo	0.04
1968	Octubre	0.80	2002	Marzo	0.07
1968	Octubre	1.23	2002	Marzo	0.07
1968	Octubre	1.26	2002	Marzo	0.04
1968	Octubre	3.66	2002	Marzo	0.02
1968	Octubre	3.72	2002	Marzo	0.02
1968	Octubre	2.85	2002	Marzo	0.01
1968	Octubre	2.94	2002	Marzo	0.03
1968	Octubre	1.96	2002	Marzo	0.02
1968	Octubre	1.92	2002	Marzo	0.01
1968	Octubre	3.17	2002	Marzo	0.03
1968	Octubre	1.52	2004	Agosto	0.5
1968	Octubre	1.49	2004	Septiembre	0.4
1968	Noviembre	0.76	2004	Octubre	0.29
1968	Noviembre	0.75	2004	Noviembre	0.03

Año	Mes	Q m³ / s	Año	Mes	Q m³ / s
1968	Junio	2	1968	Noviembre	0.89
1968	Junio	1.92	1968	Noviembre	0.11
1968	Junio	2.04	1968	Noviembre	0.94
1968	Junio	1.94	1968	Noviembre	1.05
1968	Junio	2.18	1968	Noviembre	1.01
1968	Junio	2.32	1968	Noviembre	0.45
1968	Junio	0.22	1968	Noviembre	0.68
1968	Junio	0.24	1968	Noviembre	0.46
1968	Junio	0.17	1968	Noviembre	0.44
1968	Junio	0.19	1969	Enero	0.16
1968	Junio	0.18	1972	Mayo	0.04
1968	Junio	0.21	1972	Mayo	0.04
1968	Junio	0.59	1972	Mayo	0.04
1968	Junio	0.71	1972	Mayo	0.07
1968	Junio	0.75	1972	Mayo	0.08
1968	Junio	0.77	1972	Mayo	0.2
1968	Junio	0.38	1972	Mayo	0.21
1968	Junio	0.4	1972	Mayo	0.26
1968	Junio	0.61	1972	Mayo	0.27
1968	Junio	0.55	1972	Mayo	0.19
1968	Junio	1.58	1972	Mayo	0.19
1968	Junio	1.61	1972	Mayo	0.16
1968	Julio	0.92	1972	Mayo	0.17
1968	Julio	1.41	1972	Mayo	0.11
1968	Julio	1.41	1972	Mayo	0.11
1968	Julio	1.84	1972	Mayo	0.09
1968	Julio	1.98	1972	Mayo	0.10
1968	Julio	1.32	1972	Mayo	0.09
1968	Julio	1.32	1972	Mayo	0.09
1968	Julio	0.77	1972	Mayo	0.08
1968	Julio	0.83	1972	Mayo	0.08

1968	Julio	1.74	1972	Junio	0.07
1968	Julio	1.78	1972	Junio	0.08
1968	Julio	1.03	1972	Junio	0.08
1968	Julio	1.06	1972	Junio	0.08
1968	Julio	0.79	1972	Junio	0.06
1968	Agosto	0.81	1972	Junio	0.05
1968	Agosto	0.99	1972	Junio	0.05
1968	Agosto	0.97	1972	Junio	0.05
1968	Agosto	1.92	1972	Junio	0.05
1968	Agosto	1.93	1972	Junio	0.05
1968	Agosto	1.48	1972	Junio	0.05
1968	Agosto	1.45	1972	Junio	0.05
1968	Agosto	1.11	1972	Junio	0.06
1968	Agosto	1.13	1972	Junio	0.09
1968	Agosto	0.78	1972	Junio	0.07
1968	Agosto	0.79	1972	Junio	0.10

B.3 Datos de precipitación en mm

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA
RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL

Estación: - BOACO / BOACO

Latitud: 12° 28' 12" N

Código: 69 084

Longitud: 85° 39' 18" W

Años: 1971 – 2004

Elevación: 400 msnm

Parámetro: precipitación (mm)

Tipo: HMO

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1971	104.4	15.3	-	-	-	-	148.5	158.9	221	133.1	21	68.9	871.1
1972	38.3	14.7	1.3	1.3	107.8	83.8	195.6	146.7	159.7	74.8	59.4	56.7	940.1
1973	9.7	2.9	1.8	0.2	248.5	167.6	167.7	133.9	215.2	273.2	84.7	19.3	1324.7
1974	52.3	7.6	22.6	22.6	30.2	138.8	72.9	159.4	299	163.5	13.2	51.2	1033.3
1975	82	4	4.9	8.5	87.6	130.7	121.9	201.5	204.3	152.1	94.6	22.9	1115
1976	37.3	13.3	20	0.8	57.6	242.6	150.3	124.9	73.6	59.6	61.8	52.7	894.5
1977	5	9.4	0	2.2	143.4	289.9	165.7	62	195.1	92	49.6	34.4	1048.7
1978	20.7	0.2	2.2	0.3	168.1	175.9	248.4	135.4	152.3	148.9	44.4	56.5	1153.3
1979	60.5	1.6	20.2	287	60.4	-	-	96	214.6	219.5	36.7	78	1074.5
1980	26.5	5.4	4.1	0	310.3	190.5	226.5	59	193.5	245.4	239.1	40.7	1541
1981	0	27.7	58.1	13.6	128.7	505.1	79.2	266.9	109.2	167.5	49.4	19.8	1425.2
1982	36.5	37.9	23.2	39.3	497.3	242.3	222.8	115.6	139.5	117.5	37.7	34	1543.6
1983	5.4	10.2	3.2	1.9	37.3	197.9	161.1	175.1	203.2	146.5	64.3	72.8	1078.9
1984	17.3	13.1	15.7	0.5	65.5	167.2	190.6	191.1	237.9	190.9	25.8	85.9	1201.5
1985	24.5	42	25.9	1.2	92.5	241.5	144.9	114.7	124.7	195.6	90.5	76.1	1174.1
1986	11.1	7.4	0.4	3.8	197.1	281	196	117.5	118.1	65.2	121.8	31.6	1151
1987	13.2	0.6	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.8
1988	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1991	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1992	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1993	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1994	37.9	24.3	4.7	31.9	172.3	109.9	113.6	121.1	186.4	204.2	141.4	37.9	1185.6
1995	27.7	19.1	22.2	68.2	109.1	279.1	178.6	390	271.4	215.2	71.8	54.5	1706.9
1996	17.4	4.7	3.9	0.9	188.1	183.5	211.4	399.8	180.9	201.6	162.5	33.3	1588
1997	17	17.6	23.3	12.5	2.4	336.9	203.3	139.7	141.9	253.6	178.2	0	1326.4
1998	4	0	15.2	4	127.7	144	121.5	179.5	240.6	761.9	178.5	55.1	1832
1999	43.1	19.9	11.7	8.9	250.1	108	208.9	101.1	147.2	276.2	99.9	2.8	1277.8
2000	23.2	29.9	3.6	0	36.5	236.6	137.3	207	344.9	124.4	65.9	39.5	1248.8
2001	9.5	34.4	0	0	104	117.4	184.6	190.2	174.7	120.3	11.5	8.1	954.7
2002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Suma	724.5	363.2	288.2	509.6	3222.5	4570.2	3851.3	3987	4548.9	4602.7	2003.7	1032.7	29704.5
Media	29	14.5	12	22.2	140.1	207.7	167.4	166.1	189.5	191.8	83.5	43	1188.2
Máximo	104.4	42	58.1	287	497.3	505.1	248.4	399.8	344.9	761.9	239.1	85.9	1832
Mínimo	0	0	0	0	2.4	83.8	72.9	59	73.6	59.6	11.5	0	0

B.4 Evapotranspiración real en mm

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA
RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL

Estación: - BOACO / BOACO

Código: 69 084

Años: 1971 – 2004

Parámetro: Evapotranspiración potencial (mm)

Latitud: 12° 28' 12" N

Longitud: 85° 39' 18" W

Elevación: 400 msnm

Tipo: HMO

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1971	-	-	38.9	-	-	-	187	208.2	137.8	124.2	123.6	140.7	960.5
1972	125.7	197.3	269.3	274	196.4	146	129	123.7	116.8	132.6	109.1	126.4	1945.6
1973	177.4	229.5	259.7	289	250.4	130.3	127	149.4	110.9	109.5	103.2	157.2	2093.8
1974	123.6	176.5	223.9	251	214.9	142.6	153	149.5	123.1	124.3	150.2	131.2	1963.4
1975	135.6	161.5	239.5	290	254.3	155.5	164	113.8	106.9	129	102.4	138.6	1991.5
1976	173.3	166.7	192.9	228	195.5	141.4	132	140.8	137.4	145.1	139.5	139.5	1931.5
1977	196.5	211.2	315.4	222	207	117.2	137	143.7	130.1	146.4	162.9	141.8	2130.9
1978	180.7	204.8	264.1	214	135.4	124.1	99.2	109.7	105.5	129.7	132.7	125.2	1824.7
1979	130.5	195.9	223.7	107	164.9	-	-	39.7	96.7	59.5	84.6	69.8	1172.4
1980	120.5	138.6	165.1	187	108.7	111.5	124	72	85.4	62.9	121.8	139.8	1436.5
1981	131.1	30.9	273.5	145	113	107.1	117	137	154	124.2	106.3	87.2	1526.9
1982	173	46.4	135.3	107	66.7	119.7	123	116.5	-	138	-	154.9	1180.5
1983	191.4	153.6	204.7	175	131.6	105.2	145	107.5	122.7	108.2	146.6	108.5	1699.3
1984	143.1	160.5	149	86.1	145.5	98.7	85.7	85.4	93.6	98.7	110.3	98.7	1355.3
1985	149.9	121.3	153.6	108	95.9	81.9	62.6	137.9	172	125	126.9	114.5	1449.6
1986	154.6	147.1	170.3	156	139.1	134.3	125	105.6	104.5	118.3	115.6	148.8	1618.6
1987	108.1	136	117.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	361.5
1988	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1991	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1992	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1993	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1994	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Suma	2415	2477.8	3396.3	2838	2419	1716	1909	1940.4	1797.4	1875.6	1835.7	2022.8	26643
Media	150.9	154.9	199.8	189	161.3	122.5	127	121.3	119.8	117.2	122.4	126.4	1567.2
Máximo	196.5	229.5	315.4	290	254.3	155.5	187	208.2	172	146.4	162.9	157.2	2130.9
Mínimo	108.1	30.9	38.9	86.1	66.7	81.9	62.6	39.7	85.4	59.5	84.6	69.8	0

B.5 Temperatura media máxima en °C

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA
RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL

Estación: - BOACO / BOACO

Latitud: 12° 28' 12" N

Código: 69 084

Longitud: 85° 39' 18" W

Años: 1971 – 2004

Elevación: 400 msnm

Parámetro: Temperatura media maxima (°C)

Tipo: HMO

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1971	24.1	27.7	29.7	-	-	-	26.1	25.9	27.9	28.3	28	26.5	27.1
1972	26.3	27.6	30	31.3	30.3	29	27	27.4	28	28.7	27.8	26.7	28.3
1973	27.2	28.6	31.7	32.9	31.3	28.2	27.7	28.4	28.6	28.2	27.1	25.9	28.8
1974	26.1	26.9	28.8	29.7	30.2	28.8	27.6	27.6	28	27.2	27.3	26.4	27.9
1975	26	27.2	29.5	31	32.4	28.5	27.4	27.2	27.9	27.7	26.4	25.6	28.1
1976	25.5	26.7	28.3	30	30.3	28.5	27	27.8	28.3	28.9	27.7	27.1	28
1977	27.2	28.6	30.5	31.4	31.4	27.6	27.4	28	28.4	28.5	28.5	27.3	28.7
1978	27.3	28.6	6.8	31.9	31.3	27.4	26.9	27.6	28.1	28.2	27.8	26.6	26.5
1979	27.2	28.3	30.2	30.4	29.9	-	-	28.7	27.9	27.9	27	26.6	28.4
1980	27	28.8	29.5	31.6	31.9	28.5	27.2	28	27.3	27.7	27.5	26.2	28.4
1981	27.2	28.6	30.5	30.1	30.1	28.5	28.5	28.7	28.8	28.4	27.9	27.3	28.7
1982	27.4	28.4	30.2	31.5	29.8	29.1	27.1	27.9	28.4	28	27.8	27.1	28.6
1983	27.8	29.4	31.7	33	33.4	30.9	27.2	28.2	28.5	28.5	28.3	27.1	29.5
1984	27.1	28.3	30.3	32.5	31.6	30.1	28.3	27.9	28.4	28.5	28.6	28.1	29.1
1985	27.5	27.9	30.3	32.3	32.1	28.7	29.6	29.3	29.1	28	27.1	27	29.1
1986	27.1	28.7	30	32	31.7	27.7	27.1	27.7	27.8	28.2	27.1	27.8	28.6
1987	27.8	29.9	34.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30.6
1988	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1991	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1992	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1993	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1994	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Suma	455.9	480.1	492.1	471.7	467.7	401.4	412.2	446.3	451.5	450.9	441.9	429.3	484.5
Media	26.8	28.2	28.9	31.4	31.2	28.7	27.5	27.9	28.2	28.2	27.6	26.8	28.5
Máximo	27.8	29.9	34.1	33	33.4	30.9	29.6	29.3	29.1	28.9	28.6	28.1	354.1
Mínimo	24.1	26.7	6.8	29.7	29.8	27.4	26.1	25.9	27.3	27.2	26.4	25.6	0

B.H.1 Aforos 2004 en la subcuenca Las Cañas.

Site: 5 Puente Las Cañas Elevation: 228 Measurements at 08-Sep-04
 Coordinates: 651554 Stream width: 8 metros Date: 04
 N 1381642
 v = (Rev/t x 2.2048 + 0.0178) x 0.3048
 Ancho4= (b5-b3)/2

Point	Distance to initial point (m)	Depth [m]	% depth	Measurement depth (m)	t [s]	Rev n	v m/s	Average v (m/s)	Section width (m)	Area (m2)	q m3/s
Pto inicial	0	0									
1	0.2	0.12	0.2	0.02	50	0				0	
1	0.2	0.12	0.2		50	0					
1	0.1	0.12	0.4	0.05	50	0					
1	0.1	0.12	0.4		50	0				0	
2	0.2	0.14	0.2	0.03	50	0					
2	0.2	0.14	0.2		50	0					
2	0.1	0.14	0.4	0.06	50	0				0	
2	0.1	0.14	0.4		50	0					
3	0.1	0.3	0.2	0.06	50	0					
3	0.1	0.3	0.2		50	0					
3	0.2	0.3	0.4	0.12	50	0				0	
3	0.2	0.3	0.4		50	0					
4	0.2	0.28	0.2	0.06	50	0					
4	0.2	0.28	0.2		50	0					
4	0.1	0.28	0.4	0.11	50	0				*	
4	0.1	0.28	0.4		50	0				0	
5	0.2	0.26	0.2	0.05	50	7	0.31	1.13	0.15	0.04	0.04
5	0.2	0.26	0.2		50	7	0.31				
5	0.1	0.26	0.4	0.10	50	9	0.40			0	
5	0.1	0.26	0.4		50	8	0.40			0	
6	0.2	0.26	0.2	0.05	50	7	0.31	1.11	0.3	0.08	0.09
6	0.2	0.26	0.2		50	7	0.31				
6	0.2	0.26	0.4	0.10	50	8	0.36				
6	0.2	0.26	0.4		50	11	0.49			0	
7	0.1	0.34	0.2	0.07	50	10			0.45	0.15	
7	0.1	0.34	0.2		50	9					
7	0.2	0.34	0.4	0.14	50	9				0	
7	0.2	0.34	0.4		50	10				0	
8	0.1	0.48	0.2	0.10	50	7	0.31	0.49	0.85	0.41	0.20
8	0.1	0.48	0.2		50	8	0.36			0	
8	0.2	0.48	0.4	0.19	50	8					
8	0.2	0.48	0.4		50	8				0	
9	0.5	0.36	0.2	0.07	50	0			1.25	0.45	0
9	0.5	0.36	0.2		50	0					
9	0.2	0.36	0.4	0.14	50	0				0	
9	0.4	0.36	0.4		50	0				0	
10	0.5	0.11	0.2	0.02	50	0					
10	0.5	0.11	0.2		50	0				0	
10	0.2	0.11	0.4	0.04	50	0					
10	0.2	0.11	0.4		50	0					
Total	8									1.13	0.33
Promedio								V = q / a	0.49	0.23	0.11

B.H.2 Aforos 2004 en la subcuenca Las Cañas.

Site: Sacal#2
Coordinates:

E655808
N1386616

Elevation:
Stream width: 3 metros

317 Measurements at 20% depth
 $v = (\text{Rev}/t \times 2.2048 + 0.0178) \times 0.3048$
Ancho4= (b5-b3)/2

Date: 06/agosto/004

Point	Distance to initial point (m)	Depth [m]	% depth	Measurement depth (m)	t [s]	Rev	v m/s	Average v (m/s)	Section width (m)	Area (m2)	q m3/s
Punto inicial	0	0	0								
1	0.1	0.2	0.2	0.04	50	0	0	0.34	0.15	0.03	0.01
1	0.2	0.2	0.2	0.04	50	3	0.14				
1	0.1	0.2	0.2	0.04	50	3	0.14				
1	0.1	0.2	0.2	0.04	50	4	0.18				
2	0.1	0.2	0.2	0.04	50	4	0.18	0.65	0.75	0.15	0.10
2	0.15	0.2	0.2	0.04	50	5	0.23				
2	0.5	0.2	0.2	0.04	50	4	0.18				
2	0.1	0.2	0.2	0.04	50	5	0.23				
3	0.3	0.2	0.2	0.04	50	4	0.18	0.54			
3	0.85	0.2	0.2	0.04	50	3	0.14				
3	0.5	0.2	0.2	0.04	50	4	0.18				
3	0	0.2	0.2	0.04	50	3	0.14				
Total	3									0.18	0.11
Promedio										0.09	0.05

q/a= V 0.59

B.H.4 Aforos 2004 en la subcuenca Fonseca .

Site: 2 Río Fonseca Elevation: 348 Measurements at 20%,60 %.80% depth 08-Ago- Date: 04
 Coordinates: E645145 Stream width: 13.50 metros $v = (Rev/t \times 2.2048 + 0.0178) \times 0.3048$
 N1380216 Ancho4= (b5-b3)/2

Point	Distance to initial point (m)	Depth [m]	% depth	Measurement depth (m)	t [s]	Rev	v m/s	Average v (m/s)	Section width (m)	Area (m2)	q m3/s
Punto inicial	0	0									
2	0.1	0.1	0.2	0.02	50	2	0.09	0.14	0.2	0.02	0.003
2	0.1	0.1	0.6	0.06	50	2	0.09				
2	0.2	0.1	0.8	0.08	50	0	0				
2	0.2	0.1	0.2	0.02	50	0	0			0	0
3	0.3	0.26	0.6	0.16	50	0	0	0.14	0.4	0.10	0.01
3	0.3	0.26	0.8	0.21	50	0	0				
3	0.2	0.26	0.2	0.05	50	2	0.09			0	0
3	0.2	0.26	0.6	0.16	50	2	0.09			0	0
4	0.1	0.5	0.8	0.4	50	0	0	0.14	0.6	0.3	0.04
4	0.1	0.5	0.2	0.1	50	0	0				
4	0.2	0.5	0.6	0.3	50	2	0.09			0	0
4	0.2	0.5	0.8	0.4	50	2	0.09			0	0
5	0.3	0.62	0.2	0.12	50	0	0	0.14	0.85	0.53	0.07
5	0.3	0.62	0.6	0.37	50	0	0				
5	0.2	0.62	0.8	0.50	50	2	0.09				
5	0.2	0.62	0.2	0.12	50	2	0.09			0	0
6	0.4	0.62	0.6	0.37	50	0	0	0.18	1.1	0.68	0.12
6	0.4	0.62	0.8	0.50	50	0	0				
6	0.2	0.62	0.2	0.12	50	0	0				
6	0.2	0.84	0.6	0.50	50	4	0.18			0	0
7	0.3	0.84	0.8	0.67	50	3	0.14	0.32	1.35	1.13	0.36
7	0.3	0.84	0.2	0.17	50	3	0.14				
7	0.2	0.84	0.6	0.50	50	3	0.14				
7	0.2	0.8	0.8	0.64	50	0	0			0	0
8	0.4	0.8	0.2	0.16	50	0	0	0.21	1.85	1.48	0.31
8	0.4	0.8	0.6	0.48	50	3	0.14				
8	0.3	0.8	0.8	0.64	50	3	0.14	0.32			
8	0.3	0.9	0.2	0.18	50	3	0.14			0	0
9	0.7	0.9	0.6	0.54	50	3	0.14	0.18	3.2	2.88	0.53
9	0.3	0.9	0.8	0.72	50	0	0			0	0
9	0.5	0.9	0.2	0.18	50	0	0				
9	0.5	0.9	0.6	0.54	50	2	0.09				
10	1.7	0.9	0.8	0.72	50	2	0.09	0.22		0	0
10	0.5	0.9	0.2	0.18	50	2	0.09			0	0
10	0.5	0.9	0.6	0.54	50	2	0.09				
10	2	0.9	0.8	0.72	50	0	0				
Total	13.5									7.13	1.46
Promedio											
										0.89	0.18

$q/a=V \quad 0.20$

Apéndice C del capítulo VII de hidrogeología.

C.1. Tabla de litología de pozos

Pozo	Elevación	Espesor (m)	Litología	Fuente
	msnm			Cruz
B-Cruz Roja	378	4.57	Arcilla plástica oscura con bolones	Roja de Boaco 2001
		9.15	Toba arcillosa gris	
		22.87	Andesita masiva arcillosa verduzca a rojiza	
		54.88	Andesita fracturada verde oscura	
B-Santa Blanca 1	363	0.61	Arcilla color negro, contiene algunas inclusiones líticas	ENACAL 1973
		0.91	Arcilla con limo y arena y algunas inclusiones líticas, color café. Permeabilidad baja	
		2.74	Limo color café claro, firme, permeabilidad baja. contiene muy poca arena y fragmentos líticos	
		3.7	Arcilla limosa, color café plástica, permeabilidad baja.	
		4.6	Limo arcilloso, color café, permeabilidad baja.	
		10	Arcilla arenosa color café, plástica, permeabilidad baja	
		10.9	Grava arcillosa color gris, plástica, permeabilidad baja. Roca triturada	
		138	Roca, alternancia de ignimbritas con flujos de lavas pertenecientes al grupo Matagalpa	
B-S Blanca 2	360.16	0.61	Arena limosa, firme, color café, permeabilidad baja	ENACAL 1973
		2.4	Similar a espesor 0.61 con arcilla	
		3.4	Limo arenoso con inclusiones líticas color café, gravas subredondeadas equidimensionales con diámetro máximo de 3 mm, permeabilidad baja.	
		4.3	Arena con limos y gravas. Color café, suelta, granos subangulosos y subredondeados equidimensionales, roca triturada, permeable?.	
		5.2	Roca triturada, color gris, lava.	
		6.1	Arcilla con bolones. Color café, plástica, permeabilidad baja.	
		7	Limo arcilloso con gravas. Color café. Roca triturada, permeable.	
		7.9	Arena con bolones arcillosos, color café, plástica, permeabilidad baja.	
		19.8	Ignimbrita color blanco verduzco. Correspondiente al grupo Matagalpa	

B-S Blanca 3	367.23	0.91	Arcilla color negro, permeabilidad baja a nula	ENACAL 1973
		1.8	Limo arenoso con arcilla, color café y escasas inclusiones líticas alteradas. Firme, permeabilidad baja	
		3.7	Idem al espesor 1.8, más arcillosa	
		4.6	Limo arcilloso, color café, firme, contiene inclusiones líticas escasas. Permeabilidad baja.	
		5.5	Limo arenoso, color café, firme, permeabilidad baja	
		6.4	bolones de lava. Color gris a morado subredondeados, diámetro máximo de 3 cms, permeable?	
		7.3	Idem al espesor 6.4, subangulosos y subredondeados	
		8.2	Bolones con arena gruesa y gravas. Color gris y claro, granos subangulosos y subredondeados equidimensionales, permeabilidad alta ? Diámetro máximo de granos 5 cm	
		9.1	Idem al espesor 8.2	
		10	Grava arenosa, color gris, claro y rojizo, granos subangulosos y subredondeados equidimensionales, permeabilidad alta ? diámetro máximo de 1 cm	
		11.9	Limo arenoso con arcilla, color café rojizo, semiplástico, permeabilidad baja	
		12.8	Idem al espesor 11.9 con más arcilla, por tanto más plástico	
		13.7	Arcilla arenosa con inclusiones de lava, firme color café gris, permeabilidad baja	
		14.6	Bolones con roca triturada, color gris verdoso, diámetro hasta de 4 cm permeabilidad ? plástica, permeabilidad baja.	
19.2	Roca triturada color gris oscuro. Ignimbrita color gris oscuro del grupo Matagalpa			
S Blanca 4	362.12	0.61	Arcilla color negro	ENACAL 1973
		1.5	Arcilla con gravas, color oscuro granos subredondeados equidimensionales permeabilidad baja.	
		3	Arcilla con granos y arena, color oscuro, granos subredondeados equidimensionales, permeabilidad media a baja	

		7.62	Arcilla plástica, permeabilidad baja.	
		9.1	Grava arcillosa, firme a friable, permeabilidad baja	
		12.2	Arcilla con arenas y grano, firme a friable permeabilidad baja.	
		13.7	Arcilla color oscuro, firme a plástica permeabilidad baja.	
		18.3	Limo arenoso con fragmentos líticos color café, firme, granos angulosos, permeabilidad baja, roca triturada	
		19.2	Idem al espesor 18.3, color gris arcilloso, roca triturada	
S Blanca 5	366	1.8	Limo arcillo arenoso con bolones, color café, suelto a ligeramente plástico, permeabilidad baja	ENACAL 1973
		2.7	Idem al espesor 1.8, más plástico y con fragmentos líticos menores	
		3.7	Gravas, color café, contienen limo y arcilla diámetro máximo de los granos de 3 cm permeabilidad?	
		5.5	Grava arenosa, ligeramente arcillosa color café gris, suelta, granos subredondeados, subangulosos equidimensionales, permeabilidad media a alta, diámetro de los granos hasta de 3 cm	
		6.4	Arcilla color café, contiene algunas inclusiones líticas, permeabilidad baja	
		10.7	Idem al espesor 6.4 con mayor cantidad de líticas	
		13.7	Grava limo arcillosa color café, plástica, permeabilidad baja, roca triturada.	

		16.8	Roca triturada color oscuro (lava)	
B Hospital	320	0.91	Tierra vegetal arcillosa	INAA Entre 1994 al 2001
		10.6	Arcilla plástica color café con bolones pequeños	
		15.2	arcilla plástica color gris con pómez y poca arena 21.3	
		21.3	Limos compactos multicolor con pequeños bolones	
		30.5	Arcillas inestables color gris	
		37	Limos semicompactos color gris con bastante arena	
		61	Arcillas compactas con arenas, color gris rocas terciarias	
		91.4	Arcillas compactas color café oscuro	
		Río Fonseca		
4.4-7.5	Roca fracturada con incrustaciones de carbonato cálcico sellando las fracturas clasificada como diabasa olivínica			
Río Fonseca		0-3	Arcilla	ENACAL 1973
		tres a 6	Roca fracturada con incrustaciones de carbonato cálcico sellando las fracturas clasificada como diabasa olivínica	

Río Fonseca	0-2.4	Arcilla	ENACAL 1973
	2.4-6.9	Roca fracturada con incrustaciones de carbonato cálcico sellando las fracturas clasificada como diabasa olivínica	
Río Fonseca	0-1.3	Arcilla	ENACAL 1973
	1.3-6.9	Roca fracturada con incrustaciones de carbonato cálcico sellando las fracturas clasificada como diabasa olivínica	
Río Fonseca	0-3.7	Arcilla	ENACAL 1973
	3.7-10.5	Roca fracturada con incrustaciones de carbonato cálcico sellando las fracturas clasificada como diabasa olivínica	
Río Fonseca	0-3.7	Arcilla	ENACAL 1973
	3.7-10.5	Roca fracturada con incrustaciones de carbonato cálcico sellando las fracturas clasificada como diabasa olivínica	
Río Fonseca	0-4.8	Arcilla	ENACAL 1973
	4.8-5.6	Roca fracturada con incrustaciones de carbonato cálcico sellando las fracturas clasificada como diabasa olivínica	
Río Fonseca	0-2.6	Arcilla con bolones de riolita vítrea	ENACAL 1973
	2.6-12.2	Bolones de riolita ignimbrítica	
	12.2-9.4	Roca fracturada con incrustaciones de carbonato cálcico sellando las fracturas clasificada como diabasa olivínica	

Río Fonseca		0-1.2	Arcilla	ENACAL 1973
		1.2-11.6	Bolones de riolita ignimbrítica	
		11.6-13.1	Roca fracturada con incrustaciones de carbonato cálcico sellando las fracturas clasificada como diabasa olivínica	
Río Fonseca		0 – 0.67	Arcilla	ENACAL 1973
		0.67 – 12.2	Arcilla con bolones de riolita ignimbrítica	
		12.2 – 18.3	Roca fracturada con incrustaciones de carbonato cálcico sellando las fracturas clasificada como diabasa olivínica	
p-6 Río Fonseca		0-105.4	Basalto	ENACAL 1973

**Tabla
C.2**

NRC No reconocido en el terreno		
Com Comunitario		
D Doméstico		
C. Roja - Cruz Roja de Boaco		
nm= No medido		

Capitulo VII. Inventario de pozos y manantiales en el área de estudio.

Informacion de campo 2004; e información obtenida de ENACAL e INETER

Tipo de Fuente	Coordenadas		Fecha	Profundidad m	Elevación del Terreno (m)	Nivel Estático (m)	Hoja	Uso
	Este	Norte					Topo	
PP	652440	1381540	08/08/1973	19.2	367	6.1	Boaco	Com
PP	652460	1382150	año 1973	138.1	363	11.9	Boaco	NRC
PP	636000	1371000	17/11/1981	35.6	200	5.5	Boaco	Com
PP Hospital	645000	1378150	27/03/1989	91.46	320	7.01	Boaco	NRC
PP	636000	1374000	06/10/1994	30.48	191	7.32	Boaco	Com
PP VII	644800	1376200	05/06/1995	60.96	348	9.14	Boaco	Com
PP	644000	1376000	27/01/1995	182.8	388	7.62	Boaco	Com
PP	647000	1381000	26/02/1995	249.9	406	76.2	Boaco	Com
PP	640259	1375653	07/10/1996	54.8	208	6.1	Boaco	Com
PP	639397	1376002	07/12/1996	48.7	208	nm	Boaco	Com
PP	638883	1375612	17/07/1996	61	228	9.14-24	Boaco	Com
PP	636242	1377255	22/07/1996	45.7	188	12.1	Boaco	Com
PP	637915	1371522	06/01/1999	46	205.2	9.7	Boaco	Com
PP M-136	645700	1378900	2001	51.8	378	9.14	Boaco	C. Roja
PP	645147	1379962	04/02/002	108.8	322	5.18	Boaco	Com
PP	647899	1380246	05/2002	51.08	380	3.7	Boaco	NRC
PP 6	643000	137900	16/05/002	109	332	2.4	Boaco	Com
PE	642360	1375085	08/03/004	4.45	243	4.08	Boaco	D
PE	643410	1375449	09/03/004	6.65	327	4.94	Boaco	D
manantial	644525	1375294	03/09/2004		359		Boaco	Com
manantial	652689	1376467	03/10/2004		558		Boaco	Com
manantial	657223	1377887	03/10/2004		549		Boaco	Com
manantial	647589	1373649	03/10/2004		497		Boaco	Com
manantial	648068	1372511	03/10/2004		540		Boaco	Com
manantial	647992	1372649	03/10/2004		537		Boaco	Com
manantial	656000	1378574	03/10/2004		513		Boaco	Com
PE	653148	1378666	10-03-004	7.91	425	4.18	Boaco	D
PE	651566	1374096	11/03/004	3.94	449	3.49	Boaco	D
PE	640086	1384508	12/03/004	10.34	578	nm	Boaco	D
PE	646773	1381178	12/03/004	nm	424	5.67	Boaco	D
PE	638191	1379557	29/03/004	39.4	290	35.4	Boaco	D
PE	640080	1384486	29/03/2004	10.13	578	9.76	Sta Lucia	D
manantial	643983	1381597	29/03/2004		352		Boaco	Com
manantial	643825	1382129	29/03/2004		368		Boaco	Com
manantial	644773	1380582	29/03/2004		348		Boaco	Com
PE	639468	1384645	30/03/2004	16.69	580	12.5	Sta Lucia	D
PE	640463	1386239	30/03/2004	6.29	551	5.23	Sta Lucia	D
PE	641016	1387005	30/03/2004	6.88	564	4.64	Sta Lucia	D
PE	641543	1385826	30/03/2004	4.05	523	2.66	Sta Lucia	D
PE	641190	1384819	30/03/2004	14.1	490	11.8	Sta Lucia	D

PE	641272	1386346	30/03/2004	13.06	531	10.83	Sta Lucia	D
PE	646207	1378686	31/03/2004	4.8	344	2.41	Boaco	D
PE	646937	1379450	31/03/004	9.28	378	7.03	Boaco	D
PE	635765	1375988	21/10/004	12.42	220	10.52	Boaco	D
PE	637275	1374384	21/10/004	13	226	12.15	Boaco	D
PE	645997	1377410	22/10/004	3.12	416	2.47	Boaco	D
PE	650464	1377896	22/10/004	14.73	549	7.93	Boaco	D
PE	650454	1378286	1/05/004	9	600	8.54	Boaco	D
PE	651658	1379861	1/05/004	7.46	403	5.6	Boaco	D
PE	646614	1380453	15/05/004	7.3	408	7.1	Boaco	D
PP	645306	1380242	22/05/004	44.36	358	12.4	Boaco	Com
PP	640846	1375637	22/05/004	nm	235	nm	Boaco	Com
manantial	657218	1377883	08/06/2004		549		Boaco	Com
manantial	648000	1376919	08/07/2004		543		Boaco	Com
manantial	646983	1375140	08/07/2004		503		Boaco	Com
manantial	644525	1375298	08/07/2004		359		Boaco	Com
manantial	647624	1382050	08/07/2004		503		Boaco	Com
manantial	656215	1380294	08/07/2004		529		Boaco	Com
manantial	646645	1376137	08/07/2004		475		Boaco	Com
manantial	642365	1375080	08/07/2004		264		Boaco	Com
manantial	643996	1381619	08/07/2004		389		Boaco	Com
manantial	642892	1383369	08/08/2004		490		Sta Lucia	Com
manantial	649259	1392177	10/07/2004		700		Sta Lucia	Com
PE	649373	1388438	14/10/004	0.5	476	0.3	Sta Lucia	D
PE	645298	1380231	14/10/005	nm	383	0.42	Boaco	D
PE	647379	1379012	14/10/006	nm	430	nm	Boaco	D
PE	649373	1388438	14/10/007	9.37	476	3.66	Sta Lucia	D
PE	644938	1377496	15/10/004	1.78	347	0.19	Boaco	D
PE	644707	1376361	15/10/005	7.8	366	0.34	Boaco	D
manantial	657219	1377876	19/10/004		549		Boaco	Com
PE	653206	1378678	20/10/004	4.4	420	0.5	Boaco	D
PE	655408	1379546	20/10/005	nm	464	nm	Boaco	D
PE	655803	1385453	20/10/006	11.55	415	4.09	Boaco	D
PE	651827	1375802	20/10/007	2.77	569	0.17	Boaco	D
PE	648540	1376858	20/10/008	14.73	601	7.93	Boaco	D
PE	651748	1379582	20/10/009	6.77	444	2.37	Boaco	D
PE	651679	1380191	20/10/010	8.04	402	5.7	Boaco	D
PE	651109	1380759	20/10/011	8.3	391	7.6	Boaco	D
PE	652628	1381617	20/10/012	2.2	379	0.2	Boaco	D
PE	653213	1378704	20/10/013	3.12	416	2.47	Boaco	D
PE	646666	1376139	22 / 10 /04	2.61	449	0.15	Boaco	D
PE	650464	1377896	23 / 10 /04	14.25	549	6.45	Boaco	D

Tabla C.3 Comparación de niveles de algunos pozos en invierno y verano

Pozo	Coordenadas		Nivel estático	Fecha	Fluctuación (m)
	Este	Norte			
PE	653148	1378666	4.18	10-03-004	4
			0.5	20-10-004	
PE	646773	1381178	5.67	12-03-004	0.33
			6	22-05-2004	
PE	641543	1385826	2.66	30-03-2004	1.05
			1.61	21-10-2004	
PE	641190	1384819	11.8	30-03-2004	0.9
			10.9	21-10-2004	
PE	641272	1386346	10.83	30-03-2004	0.71
			11.54	21-10-2004	
PE	646207	1378686	0.36	31-03-2004	2.05
			2.41	15-10.2004	
PE	646937	1379450	7.03	31-03-2004	14
			20.57	15-05-004	
PE	637275	1374384	2.2	29-03-004	10
			12.15	21-10.004	
PE	645997	1377410	10.13	10-03-004	8
			2.47	22-10-2004	
PE	650464	1377896	6.45	03/10/2004	1.5
			7.93	22-10-2004	
PE	651658	1379861	5.6	05/01/2004	3.23
			2.37	20-10-2004	
PE	646614	1380453	7.1	15-05-2004	5.2
			12.27	22-10.2004	
PE	645306	1380242	12.4	22-05-2004	12
			0.42	14-10-2004	
PE	649373	1388438	0.3	22-05-2004	3.4
			3.66	14-10-2004	
PE	647379	1379012	3.69	31-03-004	5.31
			9	20-10-2004	
PE	653206	1378678	0.5	20-10-2004	2
			2.47	22-10-2004	
PE	651827	1375802	0.17	22-10-2004	0
			0.17	20-10-004	
PE	648540	1376858	14.5	1-05-004	7
			7.93	22-10-2004	
PE	651748	1379582	2.37	1-05-004	3.2
			5.6	20-10-004	
PE	651679	1380191	7.6	1-05-004	0.14
			7.74	22-10-2004	
PE	652628	1381617	1.3	1-05-004	1.1
			0.2	20-10-004	
PE	653213	1378704	2.47	1-05-004	1.71
			4.18	22-10-2004	

**Modelo de ocurrencia de agua subterránea
Subcuenca Las Cañas y Río Fonseca
Acuitardos**

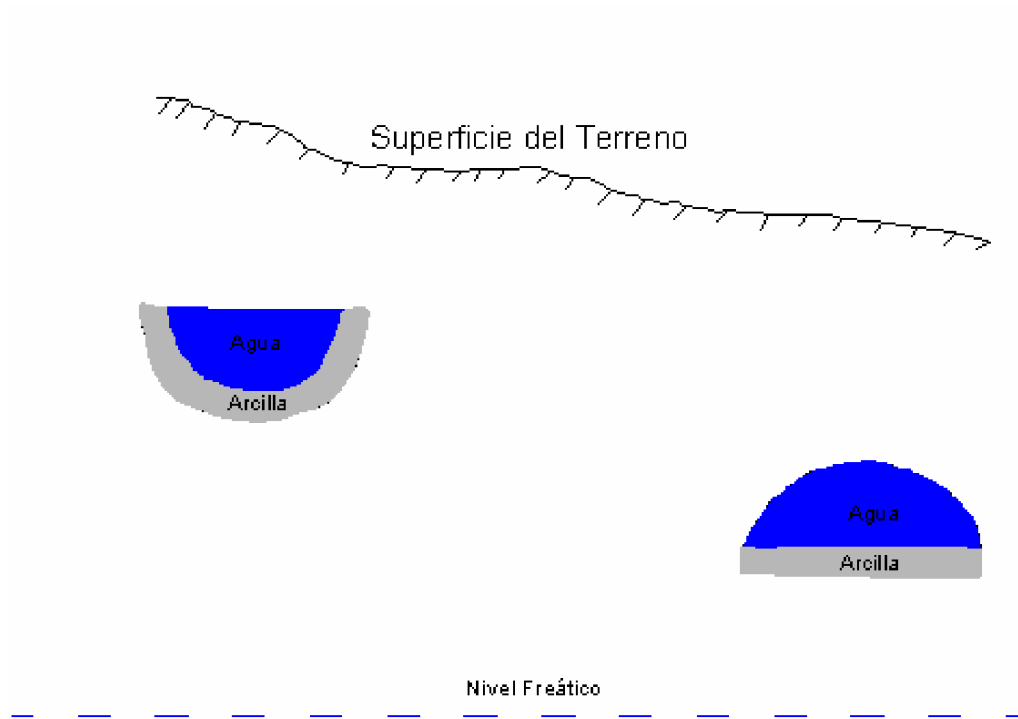
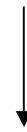


Figura Ch.1. Esquema de manantiales clasificados según la posición que ocupan en el terreno desde el punto de vista topográfico, litológica, causa y modo de su presencia (Guzmán, R y Jova G)



Manantial desbordante en falla



Manantial de escombros

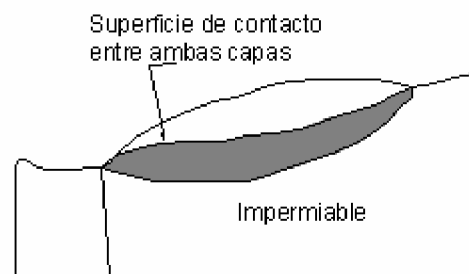
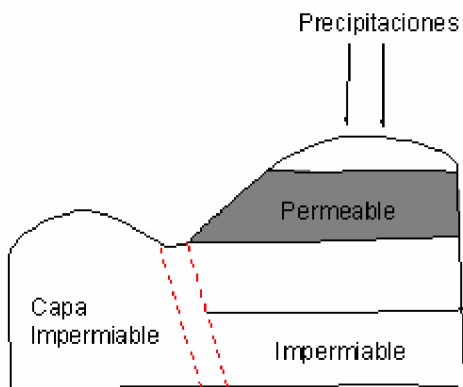


Figura ch 2. Tipos de Manantiales

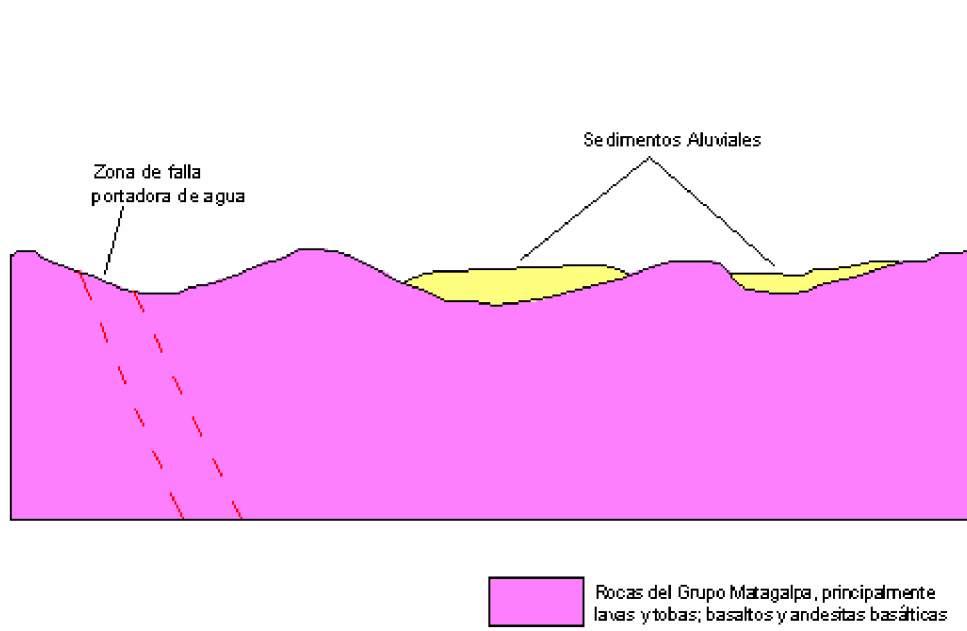


Figura Ch. 3. Esquema de fuentes de agua con alternancia de material permeable en la subcuenca Las Cañas.

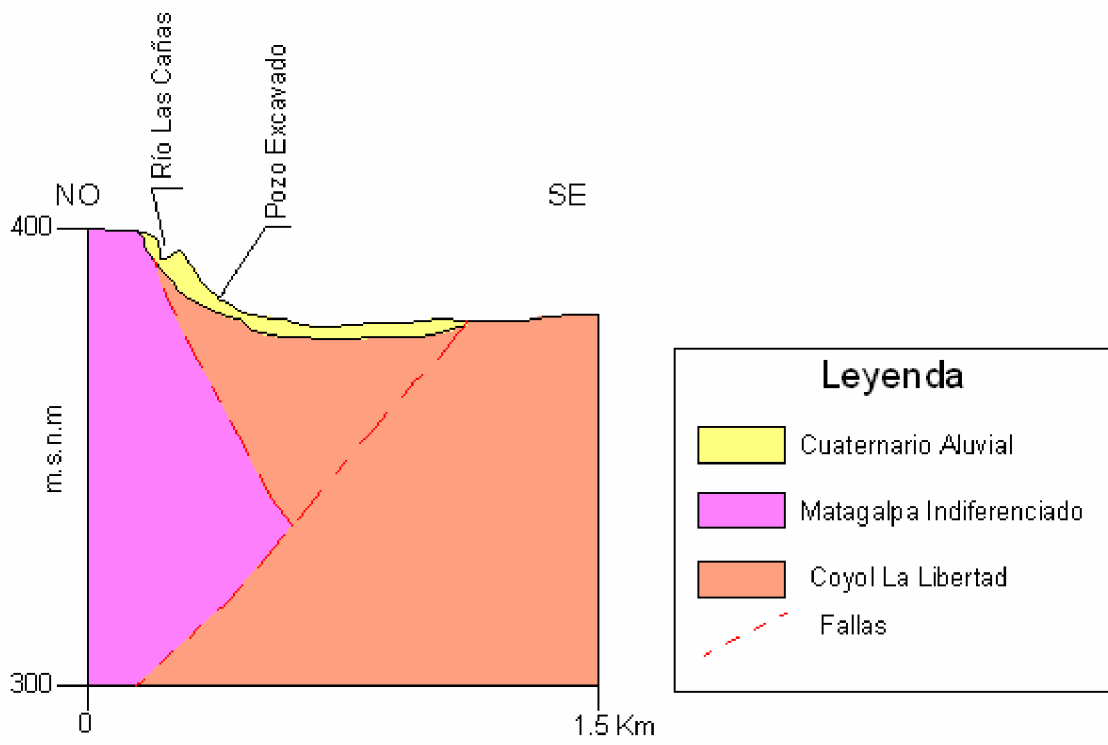


Figura Ch. 4 Esquema Hidrogeológico Las Cañas

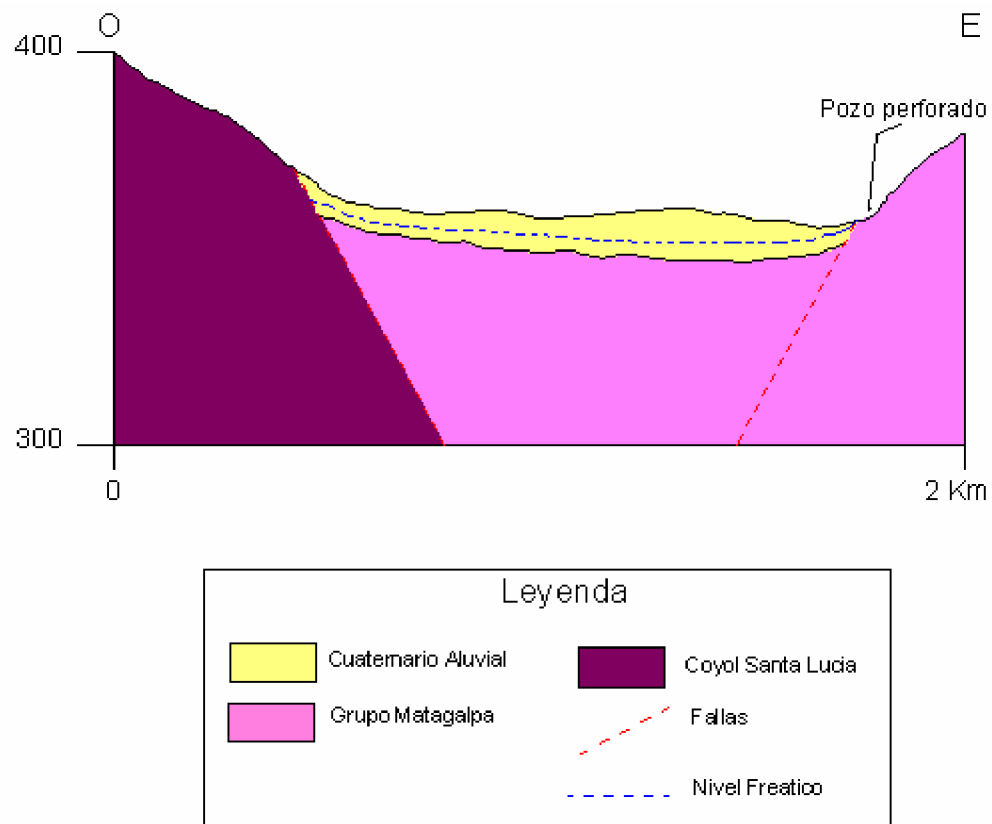
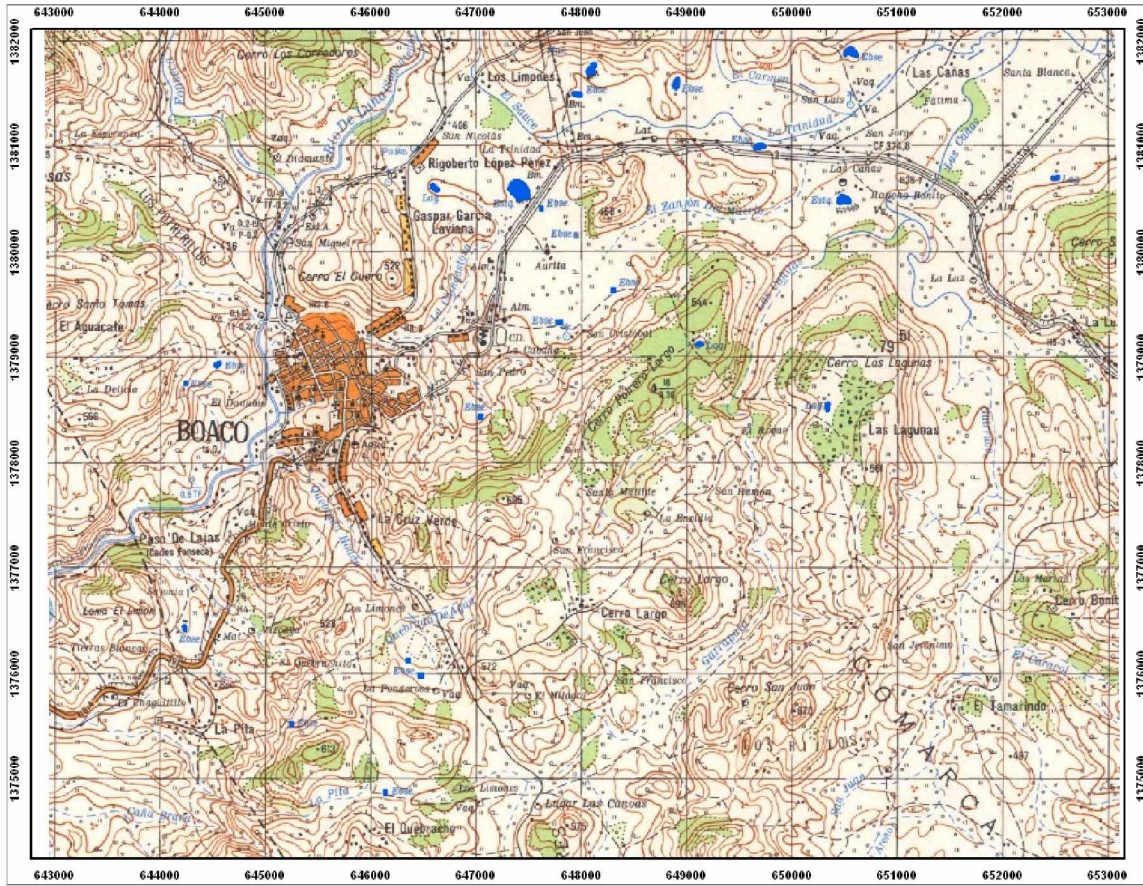



Figura Ch. 5 Esquema hidrogeológico Las Cañas (valle La Trinidad)



 Embalses

Escala 1:50,000

Fig – Ch. 6 Embalses para ganado con volúmenes de menos de 375,000 m³ al NE de Boaco.

Tabla D1. BALANCE HIDRICO DE SUELOS

Gunther Schosinsky

Zona de Estudio: Subcuenca Las Cañas
 Fecha: 07 de julio de 2004

Textura de Suelo: Arcilla agrietada

Simbología

fc: Capacidad de Infiltración.
 I: Infiltración.
 CC: Capacidad de Campo.
 PM: Punto de Marchitez.
 PR: Profundidad de Raíces.

(CC-PM): Rango de Agua Disponible.
 DS: Densidad de Suelo.
 C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR
 C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR
 Kp: Factor por pendiente (ver léame)
 Kv: Factor por vegetación (ver léame)
 Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración

P: Precipitación Media Mensual.
 Pi: Precipitación que infiltra.
 ESC: Escorrentía Superficial
 ETP: Evapotranspiración Potencial.
 ETR: Evapotranspiración Real.
 HSi: Humedad de Suelo Inicial.
 HD: Humedad Disponible
 HSf: Humedad de Suelo Final.
 DCC: Déficit de Capacidad de Campo.
 Rp: Recarga Potencial
 NR: Necesidad de Riego.
 Ret: Retención de lluvia

fc [mm/d]	348			
Kp [0.01%]	0.1			
Kv [0.01%]	0.18			
Kfc [0.01%]	0.7859	CC	27	80.6
I [0.01%] =	1	PM	13	24.8
		(CC-PM)	14	55.8
DS (g/cm3):	1.55			
PR (mm)	400			
HSi (mm)	67.6			
Nº de mes con que inicia				
HSi;1,2,3...12?	10			
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, otros=0.12	0.2			

Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)	29	14.5	12	22.2	140.1	207.7	167.4	166.1	189.5	191.8	83.5	43	1266.8
Ret [mm]	5.8	5	5	5	28.02	41.54	33.48	33.22	37.9	38.36	16.7	8.6	258.62
Pi (mm)	23.2	9.5	7	17.2	112.08	166.16	133.92	132.88	151.6	153.44	66.8	34.4	1008.2
ESC (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ETP (mm)	150.9	154.9	199.8	189.2	161.3	122.5	127.3	121.3	119.8	117.2	122.4	126.4	1713
HSi (mm)	51.8	24.8	24.8	24.8	24.8	56.23	80.6	80.6	80.6	120.9	80.6	80.6	
C1	0.8996416	0.1703	0.1254	0.3082	1	1	1	1	1	1	1	1	
C2	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0.0036	0	
HD (mm)	50.2	9.5	7	17.2	112.08	197.59	189.72	188.68	207.4	249.54	122.6	90.2	
ETR (mm)	50.2	9.5	7	17.2	80.65	122.5	127.3	121.3	119.8	117.2	61.419	63.2	897.27
HSf (mm)	24.8	24.8	24.8	24.8	56.23	80.6	80.6	80.6	80.6	80.6	80.6	51.8	
DCC (mm)	55.8	55.8	55.8	55.8	24.37	0	0	0	0	0	0	28.8	
Rp (mm)	0	0	0	0	0	19.29	6.62	11.58	31.8	76.54	5.3806	0	151.21
NR (mm)	156.5	201.2	248.6	227.8	105.02	0	0	0	0	0	60.981	92	1092.1

Tabla D2. BALANCE HIDRICO DE SUELOS
Gunther Schosinsky

Zona de Estudio: Subcuenca Las Cañas
Fecha: 07 de julio de 2004

Textura de Suelo: Arcillo arenoso

Simbología

fc: Capacidad de Infiltración.	P: Precipitación Media Mensual.
I: Infiltración.	Pi: Precipitación que infiltra.
CC: Capacidad de Campo.	ESC: Escorrentía Superficial
PM: Punto de Marchitez.	ETP: Evapotranspiración Potencial.
PR: Profundidad de Raíces.	ETR: Evapotranspiración Real.
(CC-PM): Rango de Agua Disponible.	HSi: Humedad de Suelo Inicial.
DS: Densidad de Suelo.	HD: Humedad Disponible
C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR	HSf: Humedad de Suelo Final.
C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR	DCC: Déficit de Capacidad de Campo.
Kp: Factor por pendiente (ver léame)	Rp: Recarga Potencial
Kv: Factor por vegetación (ver léame)	
Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración	NR: Necesidad de Riego.
	Ret: Retención de lluvia

fc [mm/d]	68.4			
Kp [0.01%]	0.1			por peso
Kv [0.01%]	0.18			(%) (mm)
Kfc [0.01%]	0.3946	CC	35.00	192.20
I [0.01%] =	0.6746	PM	19.00	93.00
		(CC-PM)	16.00	99.20
DS (g/cm3):	1.55			
PR (mm)	400			
HSi (mm)	120.9			
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?	10			
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, otros=0.12	0.2			

Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)	29	14.5	12	22.2	140.1	207.7	167.4	166.1	189.5	191.8	83.5	43	1266.8
Ret [mm]	5.8	5	5	5	28.02	41.54	33.48	33.22	37.9	38.36	16.7	8.6	258.62
Pi (mm)	15.65	6.409089	4.7225	11.604	75.614	112.1	90.348	89.646	102.28	103.52	45.066	23.208	680.16
ESC (mm)	7.548	3.090911	2.2775	5.5962	36.466	54.062	43.572	43.234	49.324	49.923	21.734	11.192	328.02
ETP (mm)	150.9	154.9	199.8	189.2	161.3	122.5	127.3	121.3	119.8	117.2	122.4	126.4	1713
HSi (mm)	118.9	102.95883	96.589	93	93.538	107.24	155.72	165.88	169.67	120.9	157.42	141.28	
C1	0.419	0.1649992	0.0838	0.117	0.7677	1	1	1	1	1	1	1	0.7207
C2	0	0	0	0	0	0.0387	0.2597	0.4156	0.5962	0.1433	0	0	
HD (mm)	41.6	16.367916	8.3112	11.604	76.152	126.34	153.07	162.53	178.95	131.42	109.48	71.492	
ETR (mm)	31.64	12.779184	8.3112	11.066	61.912	63.62	80.183	85.858	95.615	66.998	61.2	45.547	624.73
HSf (mm)	103	96.588732	93	93.538	107.24	155.72	165.88	169.67	176.33	157.42	141.28	118.94	
DCC (mm)	89.24	95.611268	99.2	98.662	84.96	36.482	26.316	22.528	15.867	34.781	50.915	73.255	
Rp (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NR (mm)	208.5	237.73208	290.69	276.8	184.35	95.362	73.434	57.97	40.052	84.983	112.12	154.11	1816.1

Tabla D3. BALANCE HIDRICO DE SUELOS
Gunther Schosinsky

Zona de Estudio: Subcuenca Las Cañas
Fecha: 07 de julio de 2004

Textura de Suelo: Arcilla agrietada

Simbología

fc: Capacidad de Infiltración.
I: Infiltración.
CC: Capacidad de Campo.
PM: Punto de Marchitez.

PR: Profundidad de Raíces.
(CC-PM): Rango de Agua Disponible.
DS: Densidad de Suelo.

C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR

C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR

Kp: Factor por pendiente (ver léame)

Kv: Factor por vegetación (ver léame)

Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración

P: Precipitación Media Mensual.
Pi: Precipitación que infiltra.
ESC: Escorrentía Superficial
ETP: Evapotranspiración Potencial.
ETR: Evapotranspiración Real.
HSi: Humedad de Suelo Inicial.
HD: Humedad Disponible
HSf: Humedad de Suelo Final.
DCC: Déficit de Capacidad de Campo.
Rp: Recarga Potencial
NR: Necesidad de Riego.
Ret: Retención de lluvia

fc [mm/d]	312													
Kp [0.01%]	0.1													
Kv [0.01%]	0.18													
Kfc [0.01%]	0.7623													
I [0.01%] =	1													
DS (g/cm3):	1.55													
PR (mm)	400													
HSi (mm)	120.9													
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?	10													
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, otros=0.12	0.2													

Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)	29	14.5	12	22.2	140.1	207.7	167.4	166.1	189.5	191.8	83.5	43	1266.8
Ret [mm]	5.8	5	5	5	28.02	41.54	33.48	33.22	37.9	38.36	16.7	8.6	258.62
Pi (mm)	23.2	9.5	7	17.2	112.08	166.16	133.92	132.88	151.6	153.44	66.8	34.4	1008.2
ESC (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ETP (mm)	150.9	154.9	199.8	189.2	161.3	122.5	127.3	121.3	119.8	117.2	122.4	126.4	1713
HSi (mm)	51.8	37.2	37.2	37.2	37.2	68.63	80.6	80.6	80.6	120.9	80.6	80.6	
C1	0.871	0.219	0.1612903	0.3963	1	1	1	1	1	1	1	1	
C2	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	
HD (mm)	37.8	9.5	7	17.2	112.08	197.59	177.32	176.28	195	237.14	110.2	77.8	
ETR (mm)	37.8	9.5	7	17.2	80.65	122.5	127.3	121.3	119.8	117.2	61.2	63.2	884.65
HSf (mm)	37.2	37.2	37.2	37.2	68.63	80.6	80.6	80.6	80.6	80.6	80.6	51.8	
DCC (mm)	43.4	43.4	43.4	43.4	11.97	0	0	0	0	0	0	28.8	
Rp (mm)	0	0	0	0	0	31.69	6.62	11.58	31.8	76.54	5.6	0	163.83
NR (mm)	156.5	188.8	236.2	215.4	92.62	0	0	0	0	0	61.2	92	1042.7

Tabla D4. BALANCE HIDRICO DE SUELOS
Gunther Schosinsky

Zona de Estudio: Subcuenca Las Cañas
Fecha: 07 de julio de 2004

Textura de Suelo: Arcillo arenoso

Simbología

fc: Capacidad de Infiltración.
I: Infiltración.
CC: Capacidad de Campo.
PM: Punto de Marchitez.
PR: Profundidad de Raíces.
(CC-PM): Rango de Agua Disponible.
DS: Densidad de Suelo.
C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR
C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR
Kp: Factor por pendiente (ver léame)
Kv: Factor por vegetación (ver léame)
Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración

P: Precipitación Media Mensual.
Pi: Precipitación que infiltra.
ESC: Escorrentía Superficial
ETP: Evapotranspiración Potencial.
ETR: Evapotranspiración Real.
HSi: Humedad de Suelo Inicial.
HD: Humedad Disponible
HSf: Humedad de Suelo Final.
DCC: Déficit de Capacidad de Campo.
Rp: Recarga Potencial
NR: Necesidad de Riego.
Ret: Retención de Lluvia

fc [mm/d]	78			
Kp [0.01%]	0.1			por peso
Kv [0.01%]	0.18			(%) (mm)
Kfc [0.01%]	0.42822926	CC	35.00	192.2
I [0.01%] =	0.70822926	PM	19.00	93
		(CC-PM)	16.00	99.2
DS (g/cm3):	1.55			
PR (mm)	400			
HSi (mm)	120.9			
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?	10			
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, otros=0.12	0.2			

Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)	29	14.5	12	22.2	140.1	207.7	167.4	166.1	189.5	191.8	83.5	43	1266.8
Ret [mm]	5.8	5	5	5	28.02	41.54	33.48	33.22	37.9	38.36	16.7	8.6	258.62
Pi (mm)	16.431	6.7282	4.958	12.1815432	79.378	117.68	94.846	94.11	107.37	108.67	47.31	24.363	714.02
ESC (mm)	6.7691	2.7718	2.042	5.01845678	32.702	48.481	39.074	38.77	44.232	44.769	19.49	10.037	294.16
ETP (mm)	150.9	154.9	199.8	189.2	161.3	122.5	127.3	121.3	119.8	117.2	122.4	126.4	1713
HSi (mm)	120.94	103.62	96.8	93	93.565	107.95	158.12	168.36	172.37	120.9	159.53	145.64	
C1	0.4473	0.1749	0.088	0.12279781	0.8059	1	1	1	1	1	1	0.7762	
C2	0	0	0	0	0	0.1021	0.3293	0.4856	0.6748	0.1953	0	0	
HD (mm)	44.375	17.352	8.762	12.1815432	79.943	132.63	159.97	169.47	186.74	136.57	113.84	77.001	
ETR (mm)	33.751	13.548	8.762	11.6166733	64.994	67.504	84.613	90.099	100.32	70.043	61.2	49.057	655.5
HSf (mm)	103.62	96.805	93	93.5648699	107.95	158.12	168.36	172.37	179.42	159.53	145.64	120.94	
DCC (mm)	88.576	95.395	99.2	98.6351301	84.251	34.075	23.842	19.832	12.782	32.672	46.562	71.256	
Rp (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NR (mm)	205.73	236.75	290.2	276.218457	180.56	89.072	66.529	51.032	32.264	79.829	107.76	148.6	1764.6

Tabla D5

Prueba No 2 Fecha:22/04/2004 Ubicación:
Coord. Este: 646763 Inicio: 9.46 a.m
Coord. Norte: 1304820 1381149 Final:15.55 pm

TIEMPO (min)	INFILTRACION
0	
1	
2	
3	1000
4	675.0
5	540.0
6	450.0
7	428.6
8	375.0
9	333.3
10	240.0
12	200.0
14	192.9
16	150.0
18	200.0
20	150.0
25	31.2
30	26.0
35	22.3
40	15.0
45	13.3
50	12.0
55	10.9
60	10.0
70	4.3
80	7.5
90	2.0
100	2.4
110	1.6
120	1.5
130	18.5
140	2.1
150	1.2
160	1.1
170	1.1
180	6.7
210	5.7
240	5.0
270	6.7
300	6.0
330	5.5
360	1.7

	mm / min		mm / hora		
210 min	0.19	60	11.4	arcillo-arenoso	

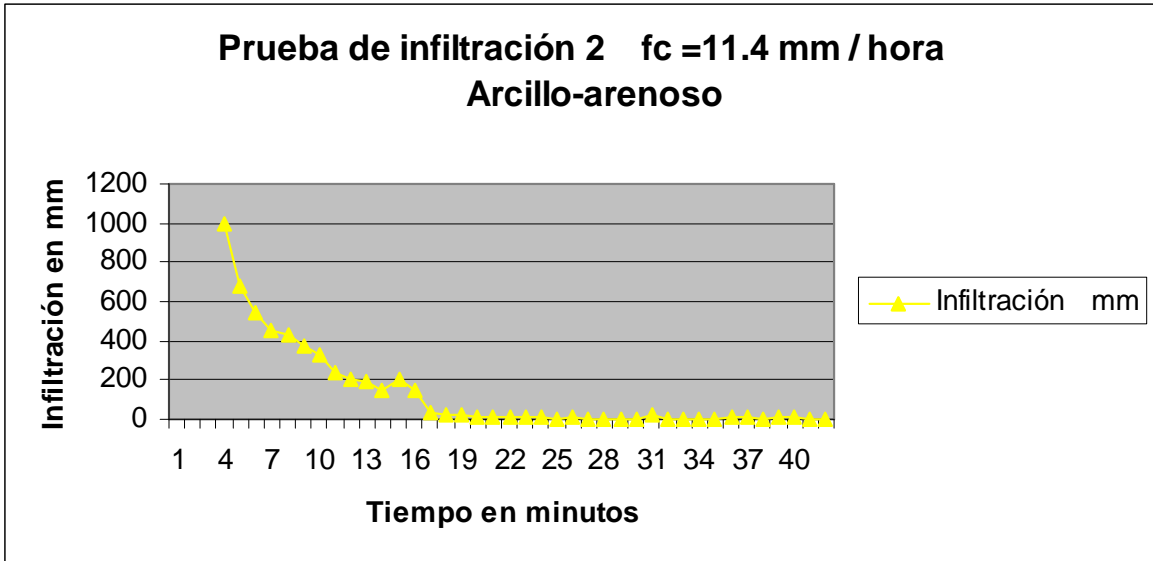


Tabla D6

Prueba No 3

Fecha:14/05/2004

Ubicación:

Coord. Este:

650577

Inicio: 9.46

Coord. Norte:

1380881

a.m

Final: 13.44pm

TIEMPO (min)		INFILTRACION
0		
1		
2		1803.0
3		600.0
4		520.3
5		420.0
6		262.5
7		180.0
8		171.4
9		130.7
10		126.0
12		116.3
14		114.4
16		107.7
18		100.0
20		100.0
22		97.0
24		90.2
26		82.9
28		69.2
30		62.4
35		60.2
40		55.8
45		54.0
50		51.6
55		40.6
60		40.0
65		36.5
70		34.3
80		33.3
90		30.2
100		22.8
120		17.4
140	30	17.4
160	50	15.2
180	70	15.2
210	100	13.5
240	130	11.8

130	113.3
-----	-------

mm / min

mm / hora

0.871538462

60.0 52.29230769

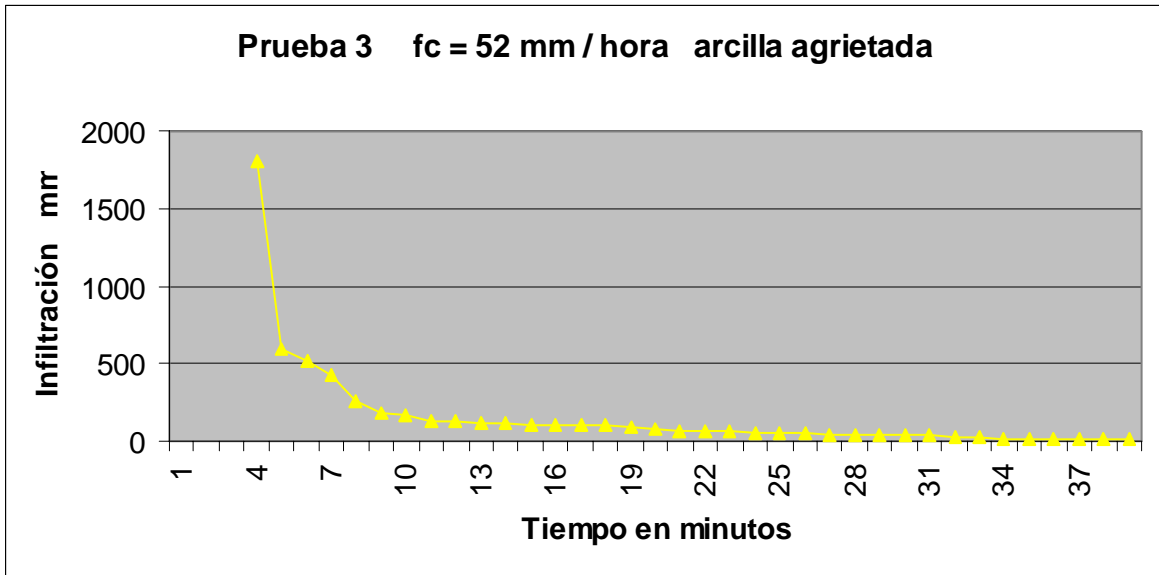


Tabla D7

Prueba No 4 Fecha:15/05/2004 Ubicación:
Coord. Este: 652841 Inicio: 8.11 a.m
Coord. Norte: 1381499 Final:6.11 am

TIEMPO (min)	ALTURA	ALTURA	DIFERENCIAL	INFILTRACION
0		18	0	
1	17.9		2	
2	10.9		7	2100
3	6.9		4	800
4	1.9	18	5	750
5	17.8		4	480
6	13.8		4	400
7	12.3		1.5	128.6
8	8.3		4	300
9	6.3		2	133.3
10	4.24		2.06	123.6
11	17.7	18	5	272.7
12	12.7		5	250
13	5.7		7	323.1
14	2.7	18	3	128.6
15	17.6		3	120
16	13.6		4	150
17	8.6		5	176.5
18	7.6		1	33.3
19	5.58		2.02	63.8
20	1.58	18	4	120
21	17.5		4.09	116.9
22	13.41		4.09	111.5
23	12.33		1.08	28.2
24	9.32		3.01	75.3
25	17.4	18	4.02	96.5
26	13.31		4.09	94.4
27	12.81		0.5	11.1
28	11.72		1.09	23.4
29	9.65		2.07	42.8
30	5.65		4	80
31	17.3	18	4.02	77.8
32	13.28		4.02	75.4
33	12.21		1.07	19.5
34	10.15		2.06	36.4
35	7.15		3	51.4
36	3.12		4.03	67.2
37	17.2	18	2.06	33.4
38	15.14		2.06	32.5
39	13.06		2.08	32
40	9.06		4	60

41	17.1	18	5	73.2
42	12.08		5.02	71.7
43	11.58		0.5	7
44	9.5		2.08	28.4
45	7.42		2.08	27.7
46	4.39	18	3.03	39.5
47	17		4	51.1
48	13		4	50
49	11.91		1.09	13.3
50	9.41		2.5	30
51	6.41		3	35.3
52	2.41	18	4	46.2
53	16.9		1	11.3
54	15.9		1	11.1
55	13.9		2	21.8
56	11.9		2	21.4
57	8.9		3	31.6
58	4.9	18	4	41.4
59	16.8		1	10.2
60	15.8		1	10
61	13.8		2	19.7
62	11.8		2	19.4
63	8.8		3	28.6
64	5.8		3	28.1
65	4.8		1	9.2
66	3.8		1	9.1
67	16.7		2	17.9
68	14.7		2	17.6
69	10.7		4	34.8
70	6.7		4	34.3
71	5.8		0.9	7.6
72	3.8		2	16.7
73	16.6		2	16.4
75	14.6		2	16
77	13.6		1	7.8
79	11.6		2	15.2
81	8.6		3	22.2
83	7.8		0.8	5.8
85	5.8		2	14.1
90	1.8	18	4	26.7
95	16.5		2	12.6
100	14.5		2	12
105	12.5		2	11.4
110	7.5		5	27.3
115	6.5		1	5.2
120	3.5	18	3	15
125	16.4		2	9.6
130	14.4		2	9.2
135	12.4		2	8.9

140	9.4		3	12.9
150	6.4		3	12
160	3.4	18	3	11.3
170	16.3		4	14.1
180	12.3		4	13.3
370	8.3		4	6.5
470	1.3	18	7	8.9
570	16.2		0.2	0.2
670	16		0.2	0.2
770	10		6	4.7
870	8		2	1.4
970	2	18	6	3.7
1007	16.1		3	1.8
1017	13.1		3	1.8
1027	10.1		3	1.8
1037	4.1	18	6	3.5
1047	16		2	1.1
1057	14		2	1.1
1067	12		2	1.1
1077	7		5	2.8
1087	0		7	3.9
1097	4	18	4	2.2
2007	15.9		6	1.8
2010	9.9		6	1.8

110

24.7

mm / min

mm / hora

0.224545455

60 13.472727

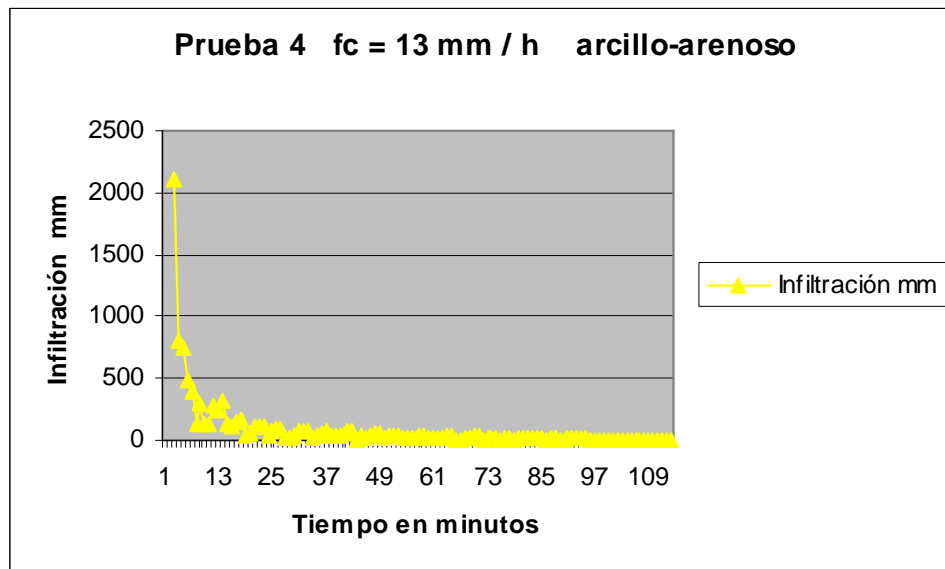


Tabla D8**PRUEBAS DE INFILTRACION (DOBLE ANILLO)**Prueba
No.1Fecha:
2104004

Ubicación: Terrenos Cilindro2 21,22.23 abril 2004

Inicio: 12.29 p.m

Coordenada Norte: 1381481 Final:15.30 p.m

Coordenada Este: 647877

TIEMPO (min)	ALTURA	ALTURA	DIFERENCIAL		INFILTRACION
0	28	28	0	0	-
1	27		1	1	
2	25		2	3	600.0
3	23		2	5	400.0
4	21		2	7	300.0
5	19		2	9	240.0
6	17		2	11	200.0
7	15		2	13	171.4
8	13		2	15	150.0
9	11		2	17	133.3
10	9	28	2	19	120.0
12	26		3	22	150.0
14	24	28	2	24	85.7
16	25		2	26	75.0
18	21		4	30	133.3
20	18		3	33	90.0
25	12	28	6	39	144.0
30	26		3	42	60.0
35	19	28	7	49	120.0
40	26		7	56	105.0
45	19	28	7	63	93.3
50	25		7	70	84.0
55	18		7	77	76.4
60	7	28	7	84	70.0
70	25		7	91	60.0
80	18		7	98	52.5
90	8	28	7		46.7
100	25		7		42.0
110	21	28	4		21.8
120	25		4		20.0
130	19	28	6		27.7
140	25		6		25.7
150	19	28	6		24.0
160	25		5		18.8
170	20	28	5		17.6
180	25		5		16.7
210	20		5		14.3

			mm / min		mm / hora
50.0		48.6	0.9719888	60	58.31932773

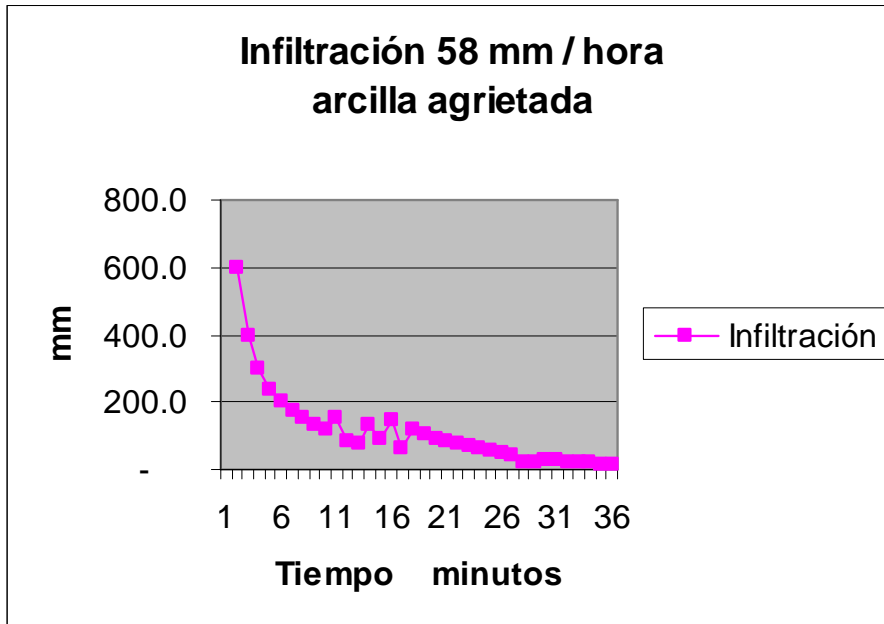


Tabla D9

Calculo de infiltración en el el lecho del río Las Cañas

Datos

$\Delta h = 90 \text{ ml}$			
$\Delta L = 31.4 \text{ cm}$			
$i = \Delta h / \Delta L$	2.9	adimensional	
$A = 2 \pi r h$			
$A = 2 \pi (6.3 \text{ cm})(31.4 \text{ cm}) = 1243 \text{ cm}^2$			0.12 m ²
$K = 10^{-6} \text{ cm / seg}$			
$Q = V * A$			
$V = K * i$	$2.9 * 10^{-06} \text{ cm / seg}$		$2.9 * 10^{-08} \text{ m / seg}$
$Q = V * A$	$4 * 10^{-08}$	m ³ / seg	

GLOSARIO

Este glosario ha sido elaborado y ordenado en secuencia alfabética, de acuerdo a las temáticas de geología, hidrogeología y de la demanda futura en la ciudad de Boaco. Además de ofrecer un tema general con palabras auxiliares.

TERMINOS GEOLÓGICOS

Anticlinorium: Capas levantadas de la corteza terrestre originadas por esfuerzos compresionales a gran escala.

Aluviones: Es el material fragmentario transportado por una corriente de agua depositada en su llanura de inundación en el curso bajo del río.

Aglomerado: Es decir, un conjunto caótico de materiales piroclásticos principalmente gruesos, de angulares a redondeados.

Agentes erosivos: Son aquellos agentes naturales que se encargan de producir una modelación en la corteza terrestre, tales como viento, lluvia.

Basalto: Roca ígnea mafica volcánica de grano fino y color oscuro

Basalto afanítico muy denso: Es decir con alta concentración de mineral de anfibolita.

Buzamiento: Angulo de inclinación de un estrato con respecto a la horizontal.

Cuaternario: Período más moderno del Cenozoico. Comenzó hace unos dos millones de años y dura hasta la actualidad. Se divide en dos épocas: Pleistoceno y Holoceno.

Coluvial o coluvión: Depósito acumulado en la parte inferior de una vertiente o a su pie por efecto, principalmente, de una arrollada difusa. Estos materiales han sufrido un corto transporte.

Clásticos: Sedimento bien clasificado de acuerdo al tamaño de las partículas, por ejemplo una arenisca eólica puede estar bien clasificada por influencia del viento al tamaño de arena media constante. Por el contrario los sedimentos mal clasificados tienen grandes gamas de tamaño.

Caldera resurgente: Pertenece a la cuarta fase en la formación de una caldera, es decir se define como la actividad volcánica renovada sobre el fondo de la caldera, pero en el

caso de la zona de estudio se entiende como una estructura en la cual se interrumpe la actividad magmática y posterior intervención de la erosión y meteorización.

Cuarzo: Mineral de alta dureza compuesto de sílica, SiO_2 , son formadores de diferentes tipos de rocas, incluyendo arenas y granitos. Existe gran variedad de cuarzos como agatas, calcedonias, ópalos y otros.

Cenozoico: (Hace 10 millones de años) Dícese de los terrenos y formaciones correspondientes a la Era Terciaria y Cuaternaria.

Cuerpo intrusivo ígneo: Como el sill o los batolitos, su nomenclatura se debe a la posición que ocupan respecto a las rocas y estratos circundantes. El sill por ejemplo se intrusióna paralelo al plano de las rocas circundantes.

Ceniza volcánica: Es el material sólido más fino arrojado por los volcanes.

Detritos: Fragmentos o granos que provienen de la desintegración o erosión de la roca.

Diabasa: Roca ígnea de textura fina, de color oscuro gris a negra compuesta principalmente de feldespatos y piroxenos.

Descomposición: Son alteraciones que alteran la roca o no la pueden alterar. Sialítica es la alteración que no afecta al sílice.

Domos intracaldera: Se define como domo volcánico que es una bóveda formada por erupciones de lava que no han podido extenderse a consecuencia de su poca fluidez.

Diques radiales: Es una intrusión a modo de muro que corta la estratificación, masas ígneas u otras intrusiones y cuyo espesor es pequeño respecto de su longitud. El dique radial se forma alrededor de los edificios volcánicos.

Discordancia: Deposición de los estratos rocosos en sentido inverso al de su lugar de deposición. Por ejemplo estratos planos y más recientes sobre otros más antiguos plegados y posteriormente allanados.

Depresión: Hondonada o valle profundo situado dentro de un área montañosa o a un nivel inferior de las tierras que lo circundan.

Diaclasa: Ruptura de un estrato rocoso debido a un esfuerzo, en la que no hay desplazamiento.

Dacita: Roca volcánica gris clara que contiene mezcla de plagioclasa y otros minerales cristalinos en vidrios silíceos, se asemeja a la riolita.

Estratigrafía: Estudio de las capas de rocas, su distribución, medio de deposición, edad, etc.

Estrato: Una capa de roca sedimentaria.

Erosión: Conjunto de fenómenos exteriores a la corteza terrestre que contribuyen a modificar las formas creadas por los fenómenos endógenos como el tectonismo y vulcanismo.

Estructuras de tipo extensional y compresional: La estructura en geología es la disposición y orden de las partes de la corteza, en el caso de estructuras compresionales se habla de diferentes clases de plegamientos como los anticlinorium y sinclinorium. En el caso de estructuras extensionales se habla de depresiones y grabenes.

Estrato-escudos: Los estrato-escudos en la zona de estudio son las unidades basálticas a andesíticas del grupo Coyal llamadas así mismo estrato-volcanes y plugs.

Estrato-conos: Estos se forman en las partes superiores de los grandes volcanes en estrato-escudos.

Estrato volcán: Volcán compuesto de capas alternas de lava y ceniza.

Eoceno: (Entre 60 a 70 millones de años) Serie de rocas o depósitos sedimentarios de la segunda época del periodo Terciario caracterizado por climas tibios y la aparición de modernas familias de mamíferos.

Extrusivo: Cuerpo volcánico que se extruye y forma diques radiales en los flancos de los edificios volcánicos, son el producto de erupciones fisurales y pueden formar chimeneas. En la zona de estudio se caracterizan por ser de composición basáltica y andesítica.

Feldespatos: Uno de los grupos minerales más abundantes formadores de rocas ígneas y plutónicas y algunas metamórficas. Consiste de silicatos de aluminio con potasio, sodio, calcio y raramente bario. Cerca del 60 % de estos minerales forman el manto superior de la corteza terrestre.

Fisura: Ruptura parcial de un estrato rocoso debido a un esfuerzo, en la que no hay desplazamiento.

Fallas radiales: Idem a diques radiales, solamente que la diferencia es que el origen de estas estructuras es por los procesos volcanotectónicos.

Fallas normales y en echelon: Fallas normales es por el movimiento del labio inferior hundido. Y las fallas en echelon son el conjunto de fallas normales que convergen en un solo bloque hundido.

Facies zeolíticas: Las facies son el conjunto de caracteres petrográficos y paleontológicos que definen un depósito o una roca, en el caso de la facie zeolitica, intervienen el grupo de tectosilicatos muy propagados en la naturaleza que se mezclan con aluminosilicatos de una a dos valencias, caracterizado por el agua que los enlaza en grandes espacios de sus estructuras.

Falla: Fractura de capas geológicas, acompañada de un desplazamiento vertical, oblicuo u horizontal de los bloques.

Graven: Bloques levantados, fracturados y fallados o hundidos.

Grupo Coyol: Es la secuencia más reciente de las rocas volcánicas Terciarias en Nicaragua su edad data desde el Mioceno Temprano hasta el pleistoceno, caracterizándose por una geomorfología clara y unidades como la de Santa Lucia y La Libertad, diferenciándose una litología de lavas andesíticas, basálticas y aglomerados basálticos en la zona de estudio.

Grupo Matagalpa: Es el más antiguo en la zona de estudio y data del Terciario Medio Inferior, su litología se caracteriza en el área por depósitos piroclásticos silíceos.

Geosinclinal: Parte de la corteza terrestre que se hunde, generalmente de forma continuada en la epirogénesis. Esta asociada con el vulcanismo.

Gravas: Mezcla inconsolidada de fragmentos de rocas o guijarros

Geología: Ciencia que estudia el origen, historia y estructura de la Tierra.

Horst: Bloques elevados.

Intrusivo: Cuerpo plutónico formado por granitos que se inyecta desde grandes profundidades de la Tierra hasta llegar a la superficie o bien no logran alcanzarla, puede extenderse en muchos kilómetros cuadrados. Generalmente estos cuerpos cuando no alcanzan la superficie, pueden ser descubiertos por la erosión.

Ignimbritas: Roca volcánica formada por la soldadura de material tobáceo desde erupciones volcánicas explosivas.

Indiferenciación: Difícil o imposible de distinguir. Las rocas indiferenciadas son aquellas en las cuales no es posible especificar la división de la edad.

Jurásico: (140 a 210 millones de años) Serie de rocas y depósitos sedimentarios del segundo periodo de la era Mesozoica en el cual los dinosaurios continuaron dominando. Aparecen los pájaros.

Lapillis acrecionarios: Es el producto volcánico formado a partir de la mezcla del agua y la ceniza en las erupciones freáticas.

Litología: Estudia el carácter físico y la formación de una roca. Desde el punto de vista microscópico describe y clasifica la roca.

Lava: Roca formada por el enfriamiento y solidificación de la roca fundida

Milonítica: O milonitización, es el proceso que sufren las rocas en los terrenos que han experimentado fuertes dislocaciones; consiste en su aplastamiento, trituración, etc. Es una forma extrema de cataclasis.

Moderno Arco Volcánico del plioceno-pleistocénico: Se refiere en Nicaragua a la formación de los volcanes cuaternarios.

Movimientos tectónicos: Son los relativos a todas las fuerzas internas de la tierra que levantan, hunden o desplazan los diversos pedazos de la corteza terrestre formando así los rasgos de las mismas (fuerzas endógenas).

Mesozoico: (Hace 35 millones de años). Dícese de los periodos Triásico, Jurásico, y Cretácico, correspondientes a la era secundaria. Entre el Paleozoico y Mesozoico. Caracterizado por el desarrollo de reptiles voladores, pájaros y plantas, y por la aparente extinción de dinosaurios.

Meteorización: Proceso de rotura o disgregación de una roca sobre la superficie de la Tierra.

Olivino: Mineral de silicato de hierro y magnesio, $(Mg, Fe)_2SiO_4$, son parte de las rocas ígneas y metamórficas.

Orogenia Herciniana (Hercínico): Orogenia del Paleozoico que formó las montañas durante el Carbonífero y Pérmico.

Plegamientos: Proceso geológico por el que capas en otro tiempo horizontales, al ser sometidas a presiones laterales, se han arrugado y plegado.

Plioceno: (8 a 30 millones de años) Serie de rocas o depósitos sedimentarios de la última época del periodo Terciario, caracterizado por la aparición de distintos animales.

Piroclástico: Compuesto principalmente de fragmentos de rocas de origen volcánico.

Pleistoceno: (1 a 8 millones de años) Serie de rocas o depósitos sedimentarios en la segunda época del periodo cuaternario caracterizado por la alternancia de la aparición y la resección de la glaciación Norte, la aparición de los homínidos y la extinción de numerosos mamíferos de tierra

Paleozoico: (20 a 60 millones de años) Dícese de la era primaria, la era anterior a ésta es el Precámbrico.

Placa: Zonas rígidas de la corteza terrestre y parte del manto superior de la Tierra que se mueven y trasladan unas con otras a lo largo de zonas de actividad sísmica.

Plutonico: Lamadas también rocas ígneas formadas en las partes más profundas de la astenosfera, su antónimo son las rocas volcánicas.

Rocas sedimentarias: Rocas formadas en la superficie de la Tierra por diagénesis de sedimentos de origen detrítico o clástico (residuos sólidos que resultan de la destrucción del relieve) o químico u orgánico (residuos que resultan de la acción de los seres vivos), Ejemplo caliza y arcilla.

Rocas ígneas: Rocas formadas en profundidad por la solidificación y enfriamiento lento y progresivo del magma. Ejemplo rocas ígneas efusivas como el basalto y la andesita, rocas ígneas intrusivas como los granitos.

Riolita: Roca volcánica ígnea felsica de color claro y equivalente al granito.

Suelos residuales: Son suelos formados en épocas anteriores y bajo condiciones climáticas distintas y que posee características en consonancia con las mismas.

Strike slip (componente): Deslizamiento hacia el rumbo.

Strike slip fault: Falla de rumbo.

Subducción: Es el proceso geológico mediante el cual una de las placas de la corteza es forzada a hundirse bajo de otra.

Sinclinorium: También llamado pseudoanticlinal o falso anticlinal. Es un plegamiento de capas de rocas en forma convexa. Lo opuesto es el anticlinorium.

Silicificación: Proceso en el que el silicio reemplaza el material original de una sustancia.

Suelo: Delgada capa natural compuesta por los elementos de la descomposición de la roca madre. Los factores climáticos y la acción de los seres vivos, que le permite ser el sustento de multitud de especies vegetales y animales. Se pueden distinguir tres capas llamadas horizontes en una sección vertical; las cuales se han asignado como A, B, C.

Textura de suelo y rocas: Tamaño y orden de las partículas.

Toba: Es el término general para rocas consolidadas formadas de los materiales eyectados por las explosiones volcánicas.

Terciario: (Hace unos 60 millones de años) Sistema de rocas o depósitos sedimentarios del primer periodo de la era Cenozoica, caracterizado aparentemente de una moderna flora, monos y otros mamíferos.

Unidad Santa Lucia: Pertenece al grupo Coyol en la zona de estudio y es fácilmente diferenciable geomorfológicamente.

Unidad La Libertad: Pertenece al grupo Coyol en la zona de estudio y es difícilmente diferenciable geomorfológicamente.

TERMINOS HIDROGEOLÓGICOS E HIDROLÓGICOS

Agua de percolación: Es la que se encuentra en los terrenos permeables debido a la porosidad.

Agua de diaclasa: Es la que se encuentra en rocas fisuradas que no sean ni calizas ni dolomias.

Aforar: Medir la cantidad de agua de una corriente en una unidad de tiempo.

Almacenamiento (coeficiente): Es la variación del volumen de agua que un manto acuífero contiene por unidad de área, cuando cambia su nivel piezométrico (mantos acuíferos artesianos) o su nivel de agua (mantos acuíferos libres), en una unidad de longitud.

Agua Potable: Agua exenta de microbios, particularmente colibacilos, es un agua esterilizada o muerta en la que se ha matado todo signo de vida.

Aguas residuales: Son aguas cargadas de desperdicios y residuos producidos por agentes externos a la propia agua (vertidos industriales o urbanos) o bien por la descomposición propia al cabo de mucho tiempo.

Aguas Subterráneas: Las que discurren por las capas interiores de la tierra.

Aguas Superficiales: Las que discurren por la superficie de la tierra.

Agua termal: Agua de manantial que emana a una temperatura elevada, de acuerdo a los niveles de temperatura puede clasificarse en:

Hipertermal: Muy caliente

Mesotermal: Agua tibia.

Hipotermal: Agua fría.

Agua vadosa: Agua somera (zona vadosa o zona de aeración) que se encuentra entre la capa freática y la superficie de la tierra..

Agua intermitente: Son fuentes que no brotan siempre, sino de tiempo en tiempo y con mayor o menor regularidad.

Agua de Valle: Son fuentes que se forman en los lugares en donde la capa acuosa aparece cercana a la superficie del fondo del valle. Estas fuentes son muy irregulares y dejan de manar con frecuencia.

Acuífero: Estrato geológico que contiene agua con posibilidad de ser extraída.

Acuitardos: Es la formación geológica, que contiene apreciables cantidades de agua, la cual transmite muy lentamente.

Acuicludo: Capa impermeable. Término geológico-hidrogeológico con el que se conocen los estratos o capas impermeables a efectos prácticos de explotación de aguas subterráneas.

Abatimiento o descenso: Es la distancia entre el nivel original y el nivel en el cono de depresión.

Balance hídrico: Este término tiene dos acepciones. (1) En hidrología relación entre la evaporación, las precipitaciones, la escorrentía y el almacenamiento superficial y subterráneo en una estación de aforo concreta y en un tiempo determinado. (2) En meteorología movimiento cíclico del agua entre la atmósfera y la superficie de la Tierra, a escala planetaria, en el que se tienen en cuenta las precipitaciones, la evapotranspiración, la humedad y la arrollada.

Curvas equipotenciales: Indican los lugares donde la superficie piezométrica tiene el mismo valor, debido a que los niveles de agua son iguales.

Cuenca: Territorio rodeado de alturas y cuyas aguas afluyen todas a un mismo río, lago o mar.

Capa freática: Dícese de las capas de rocas permeables del terreno empapadas por las aguas de las lluvias que se han filtrado hasta encontrar una capa impermeable. Los pozos ordinarios y artesianos, las fuentes, etc...son formaciones de las capas freáticas.

Capacidad de infiltración: La capacidad de infiltración en un instante de tiempo esta dada por un valor constante que se alcanza en determinado tiempo (f_c); el valor máximo de esa capacidad al comienzo de la lluvia (f_0); la constante positiva del tipo de terreno (K) y el tiempo transcurrido desde el comienzo de la lluvia.

Capacidad de campo: Es el grado de humedad de una muestra que ha perdido su agua gravífica o libre.

Caudal: Cantidad de agua que emana o corre.

Ciclo del agua: Movimiento incesante del agua entre la litosfera, atmósfera y la hidrosfera. Las aguas que se encuentran sobre el globo se pueden dividir en dos grandes grupos: las aguas oceánicas o aguas saladas, y las aguas continentales o aguas dulces.

El agua se encuentra en movimiento constante desde la atmósfera hacia la tierra, y de regreso hacia el mar, y de estos tierra y mar, por medio de la energía del sol hacia la atmósfera.

Conductividad Eléctrica: es la propiedad física que tienen los cuerpos de conducir la corriente eléctrica. Se aplica para la búsqueda de fuentes de agua; en el caso de la calidad del agua para medir las altas y bajas conductividades indicando de esta manera si el agua es potable o sirve para determinado uso.

Conductividad Hidráulica: Se conoce como permeabilidad y es la relación de la velocidad y el gradiente hidráulico. $K = V / \Delta h / L$ (cm / seg, m / día, etc)

Condiciones de no equilibrio: Se desarrolla a partir de la formula de Theis (1935); que introduce el factor tiempo y el coeficiente de almacenamiento. La formula fue deducida inicialmente por la analogía entre el flujo de las aguas subterráneas y el del calor por conducción, después Jacob la demostró usando conceptos hidráulicos directamente.

Condiciones de equilibrio: Es cuando el cono de depresión, cesa su expansión debido a que este se agranda hasta intersecar la superficie de descarga natural del manto acuífero para igualar la razón de bombeo; intersecar una corriente superficial; hasta que haya suficiente recarga vertical debido a la precipitación sobre el área de la base del cono para igualar la razón del bombeo; y , hasta que haya suficiente percolación a través de las formaciones supra o infrayacentes para igualar el gasto del pozo.

Capacidad específica: En los mantos acuíferos artesianos y libres, la capacidad específica de un manto acuífero depende del abatimiento y su rendimiento. Las características óptimas de operación de un pozo se obtienen cuando el producto de la

capacidad específica por el rendimiento es mayor. En condiciones artesianas, si el abatimiento se duplica, el rendimiento también se duplica, en este caso la capacidad específica se mantiene constante.

En los mantos acuíferos libres la parte de este abarcada por el cono de depresión se desagua por el bombeo. Por esto cuando se duplica el abatimiento, el rendimiento será menor que el doble, por tanto la capacidad específica disminuye según aumenta el abatimiento. La capacidad específica máxima se obtiene cuando no hay abatimiento porque no hay reducción del espesor del manto acuífero. La mínima es cuando el abatimiento es máximo y el rendimiento mínimo. La capacidad específica máxima es solo 50 % de la mínima.

Cono de deyección o depresión: Se origina a partir del bombeo, y su dimensión depende del radio de influencia (R) y el abatimiento (s).

Drenaje: Proceso por el cual el agua es eliminada de una zona a través de los ríos.

Dendrítico: en forma de dendrito o ramificación.

Depresión residual: Es la propiedad física que indica en magnitud la diferencia entre la superficie donde se inicia el cono deyección y el límite de este originada entre el descenso y el ascenso.

Escorrentía: Lámina de agua que circula en una cuenca de drenaje, es decir la altura en milímetros de agua de lluvia escurrida y extendida uniformemente.

Estiaje: Caudal menor de una corriente de agua. Generalmente se produce en verano.

Efluentes: En hidrología de agua subterránea se refiere al aporte de las aguas subterráneas a los cuerpos de aguas superficiales como ríos, lagos, etc.

Grado de humedad del suelo: Existen diferentes grados de humedad en el suelo que esta dada por el porcentaje de peso del agua contenida en la muestra, antes de desecarla, respecto al peso de la muestra desecada a 105°C . De manera que se clasifica en humedad inicial, disponible y final, cuya unidad puede darse en milímetros o porcentual.

Gradiente hidráulico ($i = \Delta h / \Delta L$ y adimensional): Dado por la diferencia entre cotas y la distancia horizontal; es uno de los parámetros que determina la velocidad y caudal del flujo de agua subterránea.

Hidrogeología o geohidrología: Parte de la geología que se ocupa de las aguas subterráneas.

Hidrología: Ciencia que estudia las aguas superficiales desde el punto de vista geológico, es decir, sus propiedades como agente geológico, su distribución, su composición.

Hidrosolidaridad: Comprendido en este trabajo, dentro del concepto de manejo y sostenibilidad de los recursos hídricos (Manejo de Cuencas); es decir que la comunidad Boaqueña y sus autoridades deben estar organizados y prepararse en la gestión y manejo de su cuenca tomando en cuenta los ámbitos que estén más allá de los límites de su respectiva localidad para prevención y planes en el aspecto señalado.

Infiltrar: Introducirse un líquido entre los poros de un cuerpo sólido.

Influente: En hidrología de agua subterránea se refiere al aporte de las aguas superficiales a los cuerpos de aguas subterráneas.

Ley de Darcy: Define la transmisibilidad como el producto del espesor del acuífero y la permeabilidad del mismo ($K * b$), es decir como el agua subterránea atraviesa el medio con determinada velocidad dada por la distancia, ya sea vertical u horizontal a través de un medio poroso permeable o semipermeable.

Manto acuífero: Zona intermedia de la Tierra comprendida entre la corteza y el núcleo y que contiene agua.

Medio Hidrogeológico: Es el medio natural por el que circula el agua subterránea; esta constituido por estratos (conjunto de rocas de diferentes o igual tamaño, suelos y otros materiales), dependiendo si el fenómeno es exógeno o endógeno. Asociado con geoformas y estructuras como fallas o rupturas de diferentes tipos.

Manantial: Es la ventana de salida del agua subterránea a la superficie terrestre

Modelo conceptual hidrogeológico: Es el marco teórico fundamentado en la geología para definir la geohidrodinámica; o bien se define el movimiento y la situación espacial de las aguas subterráneas para tener un criterio del potencial en la zona y con esto poder despegar desde una base científica para concluir y recomendar a cerca del tema de los recursos hídricos.

Nivel dinámico: Es el nuevo nivel que se origina de la extracción del agua subterránea por medio del bombeo e indica el valor del descenso y el ascenso del cono deeyectivo.

Nivel freático: Es la altura a la que llega la superficie alcanzada por la capa freática.

Nivel estático del agua: (NEA) Profundidad a la que se encuentra la superficie del agua subterránea a partir del nivel del terreno llamado nivel de reposo. O bien cuando la superficie del agua está en un cierto punto, hablamos de nivel estático en ese punto.

Pozo (freático en el caso de agua): Excavación vertical practicada en la Tierra hasta encontrar agua o el mineral buscado

Pozo artesiano: Perforación o sondeo artificial, generalmente profundo, mediante el cual sale a la superficie (agua surgente o ascendente) es decir el agua que se encuentra a presión en una capa permeable encerrada entre dos impermeables.

Potencial hídrico: Es la medida o magnitud que determina tanto la calidad como la cantidad de agua que se puede explotar controladamente para aprovechamiento de la sociedad humana y el conjunto de los seres vivos (flora y fauna) así como las necesidades de los mismos, pero que este aprovechamiento debe de ser de una forma racional y equitativa. Así mismo el sinónimo de potencial es su disponibilidad en cuanto a calidad o cantidad.

Piezómetro: Instrumento para medir presiones.

Punto de marchitez: Es el grado de humedad de un suelo que rodea la zona radicular de la vegetación, tal que la fuerza de succión de las raíces es menor que la de retención del agua por el terreno y en consecuencia las plantas no pueden extraerla.

Permeabilidad secundaria: La permeabilidad es la propiedad de los materiales que se dejan atravesar por fluidos, especialmente por el aire y el agua. Por lo tanto una roca, un suelo son tanto más permeables al agua cuanto mayor sea su porosidad, su fisura,

su agrietamiento. Es decir la permeabilidad secundaria es una propiedad intrínseca al material dado por el grado de porosidad, grietas o rupturas.

Radomancia: es la pseudociencia que se encarga de buscar con un péndulo, donde hay agua.

Transmisibilidad: De acuerdo con las leyes de Darcy, la transmisibilidad es una propiedad que depende del medio hidrogeológico, cuyo parámetro es de suma importancia para clasificar el tipo de fuente subterránea que se quiere aprovechar. Dicho parámetro se define como la relación entre el espesor (b) y la conductividad hidráulica (K) del acuífero. $T = K * b$

Turbidez: Es la propiedad física que tiene el agua de acuerdo a la concentración de partículas orgánicas e inorgánicas que se acumulan en ella.

Vulnerabilidad de los acuíferos: Este concepto encierra dos aspectos que son la calidad y la cantidad del agua, pero que en esta tesis se hace hincapié en la cantidad de agua en el área de estudio. Es decir la vulnerabilidad es la propiedad intrínseca en cuanto a la susceptibilidad de las fuentes de agua de desaparecer del espacio en que están situadas por la actividad antropica directa e indirecta

Zona de aireación: donde se encuentra el agua vadosa, esta se subdivide a su vez en: zona de humedad superficial del suelo, intermedia y de capilaridad.

Zona de humedad superficial del suelo: donde se encuentra el agua somera y es la zona donde medimos la capacidad de campo. Esta abarca desde la superficie del suelo hasta unos 2 metros de profundidad.

Zona intermedia: Esta se extiende desde la parte inferior de la zona de humedad superficial hasta la parte superior de la zona de capilaridad. Puede tener un espesor insignificante cuando la zona saturada se encuentra cerca de la superficie o tener varios cientos de metros como en las regiones muy áridas, por tanto es la zona pasiva por no ocurrir una evapotranspiración significativa.

Zona de capilaridad: Es la situada por encima de la zona de saturación, el agua de esta zona (agua apoyada) esta en contacto directo con el agua de saturación.

Zona de saturación: Separada de la zona de aireación por el nivel freático, tabla de agua o superficie de agua.

TERMINOS GEOMORFOLÓGICOS

Geomorfología: Ciencia que estudia la forma o configuración superficial de la Tierra.

TERMINOS GEOFÍSICOS

Geofísica: Física de la Tierra y el medio, incluyendo la física de los campos de la meteorología, oceanografía y sismología.

Geoelectrica: Es uno de los métodos geofísicos aprovechado en la investigación de agua subterránea, que consiste en la conducción de la corriente eléctrica a través del subsuelo y cuyo objetivo es medir las resistividades de los diferentes estratos o rocas, que permitan identificar el medio y deducir las localizaciones de fuentes de agua.

TERMINOS CLIMATICOS

Atmósfera: Capa formada por diversos gases que envuelven la tierra

Canícula: Son los periodos en que se presenta las épocas de sequía, y que en el caso de la zona en estudio depende del daño al ecosistema causado por la actividad antropica, originando de esta forma el cambio climático.

Evapotranspiración Real (ETR): Es la parte del agua que llega a la tierra, y vuelve a la atmósfera en forma de vapor, directamente por evaporación o, a través de las plantas por transpiración.

Pluviómetro: Aparato que sirve para medir la precipitación.

Precipitación (P): Es uno de los componentes primarios del ciclo hidrológico como producto de la condensación del vapor de agua en la masa de aire a consecuencia de los cambios de presión y temperatura. Unidad de medida son milímetros o pulgadas.

Sequía: Periodo en que la disponibilidad de agua es incapaz de satisfacer las demandas, extendida en un período de tiempo suficientemente largo.

TERMINOS GEOGRAFICOS

Artesa: Valle llano entre montañas de pendiente acusada.

Cordillera: Son grandes elevaciones del terreno, formadas por la colisión entre dos placas de dos placas de la corteza terrestre. Se caracteriza por las elevadas pendientes, los fuertes desniveles y la juventud. Menos de doscientos (200.000.000) millones de años, por eso , la erosión apenas las a desgastado.

Meseta: región poco accidentada, con un nivel de cumbres bastante constante, que se halla elevada respecto al resto de las regiones vecinas.

Mesa: Culminación plana y batida por los vientos formada por la superficie estructural en el relieve tabular de menor extensión que el páramo.

Península: Tierra cercada por el agua y que sólo por una parte relativamente estrecha, (istmo), está unida con otra tierra de extensión mayor.

Penillanura: Se trata de un relieve poco diferenciado semejante a una llanura suavemente ondulada y con amplios valles en forma de artesa, resultado de un ciclo normal de erosión característico de largas calmas tectónicas.

Valle: Depresión de terreno alargada, mas o menos ancha, cruzada por un curso de agua, o por un glaciar.

Valle en V: Es el valle fluvial recorrido por un río, pero en el caso de las subcuencas Fonseca forman valles en forma de Y y S.

TERMINOS GENERALES

Caducifolio: Especie de hoja caduca, que se cae de los árboles todos los años al comenzar la estación desfavorable.

Demanda y oferta de agua: Este concepto se comprende que de acuerdo al incremento de la población las necesidades de aprovechamiento y utilización del recurso se ven diezmadas por la disminución de las fuentes de agua tanto en cantidad como en calidad, de manera que la oferta es poca y la demanda se incrementa en función del tiempo y el incremento de población.

Escala: Proporción entre distancia real y distancia en el plano. Puede expresarse de dos modos numérica o gráfica. La escala nos indica el número de veces que se ha reducido la realidad para poder ser representada en un mapa.

Gradiente: Variación del valor de una variable cualquiera, específicamente las que se refieren al clima, como la temperatura, etc....

Geotecnia: Ciencia auxiliar que estudia las propiedades mecánicas de los cuerpos. En el caso de las aguas subterráneas, en este estudio, se aplica para medir el grado de permeabilidad de las rocas y el suelo.

Reología.: Parte de la mecánica que se interesa por las reacciones de la materia causada por las fuerzas de deformación y depende del tiempo y tipo de material.

Suministro de agua: Agua disponible para una comunidad o región.