

CAPITULO 2

CARACTERIZACION

El propósito de la caracterización es diseñar un conjunto de documentados especializados y de soporte, que posteriormente facilita plantear alternativas y escenarios que propendan por el mejoramiento integral de la calidad de vida de la población y que guíen la transformación de los procesos de uso y ocupación del territorio.

1. SISTEMA BIOFISICO

1.1. SUBSISTEMA GEOLÓGICO

INTRODUCCION

La geología, hoy día, es una herramienta que contribuye y es indispensable en el desarrollo de los municipios de nuestro país, ya que de hecho de esta ciencia dependen muchos factores para el avance tecnológico y científico. Es importante en el desarrollo urbano, minero, energético e industrial, en el aprovechamiento de los recursos naturales y muchos otros aspectos de capital interés.

La planificación y desarrollo con éxito de los diferentes proyectos de ingeniería y agricultura, entre otros, requiere de los mapas geológicos como herramientas insustituibles. Por otra parte, el conocimiento de zonas de riesgo geológico y el

manejo adecuado del medio ambiente, tan esencial para la vida humana, también se basan en mapas geológicos locales y regionales.

En este capítulo, se ofrece la solución de los aspectos relacionados con las características geológicas, específicamente lo referente a la elaboración de la regionalización del medio geológico, geomorfológico, de amenaza geológica y de las condiciones hidrogeológicas para el Municipio de Busbanzá, con el fin último de que éste realice su **ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL**.

Son pocos los trabajos geológicos detallados que se han realizado en el municipio; se conoce una tesis de grado de la UPTC, elaborada por Florez H. y Torres B. (1993) titulada "Estudio de Aguas Subterráneas para el Acueducto del Municipio de Busbanzá". En él se hace la descripción de las unidades geológicas cartografiadas y se estudian las características hidrogeológicas de las rocas encontradas.

En la "Propuesta Para La Recuperación De La Microcuenca Quebradas, Municipio de Busbanzá", por Gómez V., y Otros, se hace referencia de una manera superficial a algunas formas de recuperación de esta microcuenca para contrarrestar su acelerado deterioro por erosión.

El estudio geológico regional más completo sobre esta región es el realizado por Reyes I. (1984) titulado "Geología De La Región Duitama, Sogamoso, Paz De Río (Departamento de Boyacá)". En el presente trabajo se seguirá en su mayor parte esta investigación en vista de que el Municipio de Busbanzá queda englobado dentro de esta zona y que algunas de sus conclusiones se basan en observaciones realizadas dentro de su jurisdicción.

La geología del Municipio de Busbanzá ha sido cartografiada en escala 1:10.000 y para su realización se tomaron datos en la mayor parte de los afloramientos; se compararon y complementaron con un mapa fotogeológico preliminar (Anexo 6. Mapa Geológico).

En este capítulo se expone lo referente a Geomorfología, Estratigrafía, Tectónica, Geología Regional y Geología Histórica.

1.1.1. GEOLOGIA REGIONAL

Geológicamente el Municipio de Busbanzá, se encuentra localizado en el flanco nororiental del Anticlinal Tibasosa-Floresta, cuyo eje posee un rumbo hacia el

noreste y cabecea hacia el suroeste. El rasgo geológico regional más sobresaliente es la ocurrencia del Macizo de Floresta de edad Cambro - Ordovícico (Paleozoico Inferior), que corresponde a una unidad Vulcano-sedimentaria con metamorfismo regional de bajo grado, constituido por un conjunto de rocas ígneas y metamórficas (Granito rosado, gneises esquistos y metasedimentos).

La Formación Floresta de edad Devónica suprayace discordantemente al Complejo ígneo-metamórfico e infrayace a la Formación Cuche; el nivel inferior fosilífero corresponde al Devónico Medio con faunas de aspecto boreal.

Las rocas sedimentarias ocupan zonas pequeñas en el área; la secuencia litológica comienza con conglomerados, areniscas, y limolitas fluviales y deltaicas, presentan un rumbo N30E, similar a la dirección preferencial de la estructura anticlinal. Están conformadas por estratos que van desde el Predevónico hasta el Terciario, algunas veces cubiertas por depósitos cuaternarios recientes

El fallamiento se hace presente únicamente en el extremo sureste y corresponde a la Falla de Soapaga de tipo inverso (Ver Anexo 6 Mapa Geológico).

Los recursos minerales son de escasa importancia económica, destacándose únicamente la ocurrencia de caliza.

1.1.2. GEOMORFOLOGIA

Se propone en esta sección describir y explicar las formas del relieve terrestre, mediante observaciones directas en el terreno, consulta de mapas topográficos y fotografías aéreas, su evolución y el estudio de los procesos de modelado. La consulta de mapas topográficos es de importancia ya que por medio de éstos, se obtiene una visión en conjunto de la región, revela orientaciones y líneas directrices que escapan a la observación de campo. El uso de fotografías aéreas igualmente constituye una de los instrumentos de trabajo más importante, ya que su interpretación permite hacer una **CLASIFICACION DEL TERRENO**, basada en la diferenciación de unidades de terreno con diferentes características morfológicas.

La idea de utilizar unidades de terreno con diferentes aspectos morfológicos, para distinguir unidades homogéneas desde el punto de vista geotécnico, se basa en la hipótesis de que exista una relación entre:



Las geoformas encontradas se superponen con la geología para saber en que medida la estructura explica el relieve y establecer la magnitud de la influencia tectónica en su origen. De otra parte, el relieve igualmente es originado por los agentes destructivos que operan sobre la superficie del terreno, acompañados por la meteorización, que actúa como agente preparador o intensificador.

La geomorfología generalizada se presenta en el Mapa Geomorfológico (Véase Anexo 7 Mapa Geomorfológico); para la realización de este mapa, se siguió la metodología del **INDERENA** para la elaboración de mapas geomorfológicos, en el cual se incluye información sobre litología, topografía, hidrografía, morfogénesis, erosión y dinámica fluvial.

En el presente capítulo se pretende dar a la geomorfología un enfoque pedológico, en el que se conjuga y ordene racionalmente, **PAISAJE-SUELO-VEGETACION**, ampliamente comprobada y pregonada por los estudiosos de los suelos.

- **Erosión.** De los agentes geomorfológicos erosivos, el agua es el mas importante, tanto por el área afectada que corresponde a todas las áreas emergidas y con algún relieve, como por la magnitud del desgaste de la superficie a largo plazo. El agua es responsable de la erosión fluvial, determinada por las aguas corrientes o escorrentía.

El desgaste y modelado de la superficie producida por la escorrentía puede desarrollarse como un proceso normal (Erosión geológica) o en forma anormal (Erosión acelerada del suelo), según las condiciones imperantes y de acuerdo a la intervención del hombre.

A la erosión geológica se debe la mayor parte del modelado actual del relieve el cual se reconoce en primera instancia por las características morfológicas de los patrones de drenaje, cuya forma densidad y profundidad de disección y uniformidad dependen de factores litológicos, estructurales, topográficos y climáticos.

En el Municipio de Busbanzá, ha actuado continuamente la erosión acelerada, la remoción del suelo se ha incrementado hasta el punto de que se ha perdido, originando laderas y cimas desnudas con afloramiento de la roca subyacente, manifestándose además como patrones de cárcavas, barrancos y surcos que truncan los perfiles de suelos formados con anterioridad. Este proceso de erosión es casi incontrolable ya que no es un fenómeno localizado.

La erosión por escorrentía se divide en laminar, surcos y cárcavas; la laminar es mas o menos uniforme de una lámina delgada del suelo de una superficie inclinada, sin que exista formación de canales, cuando alcanza un grado severo, puede aflorar roca.

La erosión en surcos se desarrollo a partir de la anterior, ocurre remoción de suelo a lo largo de pequeños canales formados por concentración de la escorrentía, ocurre en suelos poco permeables como el granito de Busbanzá, esos surcos estrechos que se forman, son lo suficientemente pequeños como para eliminarse con el uso de los implementos corrientes de labranza.

La erosión en cárcavas, muy característica de Busbanzá, es una erosión en surcos muy avanzada, que disecta profundamente el suelo, esta regulada por las características del suelo baja permeabilidad, baja cohesión y por la ausencia de cobertura vegetal. En Busbanzá es tan intenso este proceso, que inhabilitan la mayor parte de los terrenos en las veredas Cusagota y Quebradas, para cualquier explotación agropecuaria y le comunican al paisaje un aspecto desolador, que se conoce con el nombre de tierras malas o "Bad Lands".

El efecto progresivo de estos procesos morfodinámicos degradacionales, tanto sobre los relieves inicialmente originados por la tectodinámica, como sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales, está conduciendo a la modificación parcial o total de éstos a través del tiempo geológico, de tal manera que conforman una unidad fisiográfica característica para cada unidad de terreno estudiado.

Considerando lo anterior, la mayoría de los paisajes geomorfológicos del Municipio de Busbanzá, corresponden a cadenas de montañas, colinas y lomas de diverso origen y con grandes diferencias morfológicas.

La montaña es una elevación natural del terreno de diverso origen, con más de 300 m. de desnivel, cuya cima puede ser aguda, redondeada o tabular y laderas en un decline promedio > 30% (Anexo 8 Mapa de Pendientes).

La colina igualmente es una elevación de terreno, de menor altura que la montaña, sus laderas presentan una inclinación promedio > 16% y divergen en todas direcciones a partir de la cima relativamente estrecha, siendo su base aproximadamente circular.

Las lomas son elevaciones de terreno de similar altura que las colinas, pero con cimas mas amplias redondeadas y alargadas y gradientes entre 8% y 16% (Anexo 8 Mapa de Pendientes).

Las ondulaciones son las formas suaves de mesorelieve (pendientes entre el 2% y el 8%), (Anexo 8 Mapa de Pendientes). forman ondas cóncavas y convexas, con escaso desnivel.

La litología de los paisajes geomorfológicos no necesariamente está relacionada con cada tipo de roca resultante de una clasificación puramente geológica, sino que se analiza desde un punto de vista pedológico, o sea del material parental de los suelos, entonces mas que cada roca, interesan los grupos de rocas. En consecuencia allí se encuentran paisajes con dos o mas materiales parentales asociados en un patrón irregular, como las montañas denudativas en complejos metamórficos, presentes en Busbanzá.

Para el Municipio de Busbanzá se delimitaron unidades geomorfológicas de acuerdo al proceso morfogenético actuante:

- 1) **PROCESOS DENUDACIONALES (plegamiento-erosión)**
- 1) **PROCESOS AGRADACIONALES (transporte y sedimentación)**

1.1.2.1. GEOFORMAS DEBIDO A PROCESOS DENUDACIONALES

➤ Relieve Montañoso Y Colinado Estructural – Plegado

Se incluyen montañas y colinas cuya altura y forma se deben al plegamiento de las rocas superiores y que aun conservan rasgos reconocibles de las estructuras originales a pesar de haber sido afectadas por los procesos de denudación.

Concretamente hace referencia a las montañas y colinas de plegamiento en las rocas cretáceas y terciarias y en las metamórficas de origen sedimentario, que forman un relieve de crestas paralelas, separadas por depresiones igualmente paralelas, que se prolongan linealmente siguiendo un rumbo rectilíneo, sin ramificaciones laterales.

Dentro de esta geoforma encontramos una estructura característica a nivel regional, que no alcanza a aparecer en el mapa a escala 1:10000, pero que igualmente es importante considerarla, y es el Anticlinal Tibasosa-Floresta, que geomorfológicamente es una montaña con sus estratos arqueados hacia arriba, cuyas laderas estructurales divergentes pueden presentar buzamientos diferentes, según la intensidad o características del plegamiento sufrido, su cima es ancha y redondeada y presenta laderas con pendientes regulares. La denudación ha removido por completo la cubierta sedimentaria de la cumbre anticlinal y afloran allí un complejo ígneo - metamórfico, cuya morfología denudacional, difiere completamente de aquella que caracteriza a las laderas de las rocas encajantes.

➤ **Relieve Montañoso Ígneo Y Geoformas Asociadas**

Este tipo de expresión geomorfológica es el que mas aparece en el Municipio de Busbanzá y se han cartografiado las siguientes unidades:

➤ **Relieve Montañoso Y Colinado Denudacional**

Se incluyen aquellas elevaciones de terreno, cuya altura y morfología actuales no dependen del plegamiento de las rocas de la corteza ni de procesos ígneos, sino exclusivamente de los procesos exógenos degradacionales determinados por el agua, el viento y la gravedad.

Los materiales involucrados en la configuración de los paisajes de esta unidad genética de relieve son:

- Rocas ígneas intrusivas (granito)
- Rocas intrusivas metamórficas (Esquistos, gneises)
- Rocas sedimentarias consolidadas.

Las rocas plutónicas y metamórficas, originalmente consolidadas en profundidad, deben su presencia en la superficie y la configuración de los relieves a la exhumación de las mismas por remoción de las cubiertas sedimentarias y rocas encajantes.

Los principales paisajes montañosos y colinados de carácter denudacional fueron modelados por una acción fluvio - gravitacional.

➤ **Montañas Y/O Colinas Graníticas**

Las masas de roca ígnea que se han solidificado en profundidad a partir de intrusiones de magma, originalmente pueden clasificarse como diques, sills, lacolitos, stocks y batolitos, al ser expuestos por la remoción de las rocas suprayacentes, los diques dan lugar a cerros alargados y estrechos, cuya importancia desde el punto de vista pedológico es mínima igual puede decirse de localitos y los sills. En consecuencia, solamente los batolitos y stocks, que cubren mayores extensiones y penetran profundamente en la corteza formando el corazón de cinturones orogénicos, forman verdaderos paisajes montañosos.

Las montañas y/o colinas graníticas se han formado sobre rocas intrusivas ácidas (granito y gneis granítico). Tanto la condición de impermeabilidad de las rocas cristalinas como la de los suelos arcillosos que se desarrollan sobre aquellas han conducido a que la escorrentía esculpa una red de drenaje densamente ramificada, catalogada como dendrítica típica. Los cauces principales son sinuosos mientras que los arroyos de cabecera son muy cortos y con ramificación en forma de pinza. El uso agrícola es restringido pero, en cambio suelen dedicarse mayormente al pastoreo.

Dado el clima frío y seco, la meteorización del granito es incipiente, mayormente mecánica con producción de alteritas delgadas y discontinuas que soportan una pobre a nula cobertura vegetal. En estas condiciones, el paisaje es de aspecto masivo, poco disectado en el que el patrón de fracturas controla la red de drenaje.

➤ **Montañas O Colinas Pizarrosas**

Las pizarras resultan del metamorfismo regional de muy bajo grado de rocas sedimentarias finas como las arcillolitas y lutitas. Son blandas y fácilmente erosionables por lo cual su relieve es poco destacado. La erosión fluvial configura un patrón de drenaje dendrítico muy denso con segmentos cortos y algo profundos separados por interfluvios agudos. Los suelos formados sobre este paisaje tienden a ser homogéneos, jóvenes y relativamente profundos.

➤ **Montañas Esquistosas**

Los esquistos micáceos del complejo ígneo – metamórfico, corresponden a una etapa mas avanzada de metamorfización de las pizarras y filitas; a las cuales generalmente aparecen asociados y es difícil separarlos debido a la continuidad del metamorfismo. Por lo anterior, puede afirmarse que la morfología de sus paisajes solo puede reconocerse con relativa facilidad sobre fotografías aéreas.

Los rasgos morfológicos mas destacados son:

- Lomas alargadas y decrecientes en altura, con frecuentes altibajos, lo cual es una manifestación topográfica de la esquistocidad y del grado de metamorfismo.
- El patrón de drenaje, por ser clima frío y seco, es en general del tipo angular paralelo de densidad media a baja con drenes secundarios largos, superficiales, interfluvios amplios y suavemente convexos. Se ejerce un control estructural sobre el drenaje.

En regiones secas como Busbanzá, la meteorización es lenta y la roca aflora a trechos, su vegetación es escasa con grama y arbustos ralos.

➤ **Montañas Y Colinas Gnéisicas**

Estas geoformas presentan características distintivas entre si, de acuerdo a su composición y patrón de diaclasamiento, pero a la vez guardan estrecha semejanza con la morfología de las rocas de las cuales proceden (ígneas o sedimentarias).

En general, presentan las siguientes características:

- Aspecto homogéneo con rasgos topográficos suaves.
- Sistema de drenaje dendrítico – rectangular a angular, denso y poco a moderadamente profundo, con interfluvios subagudos a subredondeados.
- Los materiales no muestran foliación pero desarrollan tres sistemas de diaclasas que se entrecruzan al azar.
- La diferente orientación de los minerales impiden una buena meteorización por exfoliación y desintegración granular, por ello los suelos evolucionan lentamente y muestran poca profundidad.

Aun cuando en la zona hay presencia de calizas (Formación Belencito), no existe desarrollo de relieve cárstico, debido probablemente a que sus estratos están verticalizados (por la Falla Soapaga) y además debido a que el clima es seco la disolución es muy escasa.

➤ **Geformas De Las Superficies Colinadas, Lomerio Y Onduladas**

A parte de las montañas, en esta clasificación se analizan las colinas, lomas y ondulaciones que cubren pequeñas superficies sin mostrar una dirección clara, provenientes del aplanamiento diferencial de anteriores cordilleras, determinada por una acción prolongada de los procesos denudacionales, pero que debido a su poca extensión en área, no son cartografiables. Entre ellos tenemos la llanura de pedimentos.

La llanura de pedimentos en regiones semiáridas como Busbanzá, el modelado y la evolución del relieve cordillerano, está controlado por escorrentía, pero con la colaboración de la gravedad y el viento. Cuando llueve, los cauces llevan agua y realizan la misma labor que los ríos de curso continuo. No obstante, la erosión y el transporte de detritos es mucho mas interesante debido a la muy escasa y discontinua cobertura vegetal que no brinda protección alguna al suelo o al substrato rocoso.

Ahora bien, teniendo en cuenta que la meteorización es predominantemente de tipo mecánico con producción de mantos incoherentes de arenas, gravas y cantos y las corrientes menores difícilmente excavan valles de alguna profundidad; mas bien discurren superficialmente por las laderas de las montañas causando erosión laminar. Este aplanamiento del substrato rocoso, finalmente adquiere una topografía de glacis o pediment (plano inclinado).

1.1.2.2. GEOFORMAS DEBIDO A PROCESOS AGRADACIONALES

Son los procesos geomorfológicos constructivos determinados tanto por fuerzas de desplazamiento como por agentes móviles como el agua de escorrentía, el viento los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie terrestre, mediante la depositación de los materiales sólidos resultantes de la denudación de relieves más elevados entre ellas tenemos:

➤ **Coluviales**

El porcentaje de material sólido es mucho mayor que el porcentaje de agua procede de los botaderos de la minería de caliza al sureste del Municipio son

depositados a muy corta distancia de la fuente en pendiente. Su material es heterogéneo de variado tamaño y se localiza en la base de las laderas de las montañas y escarpes. Su área es pequeña, para ser cartografiada a escala 1:10000, sin embargo se mencionan y describen.

➤ **Valle Aluvial**

Conforma una porción de espacio alargada, relativamente plana y estrecha, intercalada entre dos áreas de relieve más alto y que tiene como eje a un curso de agua. Se observa en las quebradas Guatavita, Aika y Buntia. El agua impulsada por la gravedad en forma de corrientes fluviales es el agente de transporte y de sedimentación. Como producto del trabajo denudacional de las corrientes resulta una carga de sedimentos acarreadas por estas, cuyas fuentes más comunes son:

- Detritos proporcionados por los procesos de denudación de los materiales del Complejo ígneo - metamórfico, principalmente.
- Sedimentos desprendidos del propio lecho del río o quebrada.
- Derrubios y material vegetal producidos por la erosión y remoción gravitacional.
- La carga de desechos arrojados por el hombre.
- Los materiales eólicos que caen directamente en las corrientes.

Los anteriores productos comprenden bloques de roca cantos rodados, gravas, arenas, limos, arcillas y material vegetal. En el proceso de transporte, la mayor parte de los materiales no solo se achican y modifican por atrición y redondeamiento, sino que también son sorteados según tamaño, forma y densidad, (Ver tabla No. 37)

1.1.3. GRADO DE ERODABILIDAD

El grado de erodabilidad de las rocas proviene de la mayor o menor dureza y de su comportamiento mecánico frente a la acción de los procesos erosivos que puedan actuar sobre ellas, se han considerado las siguientes categorías de erodabilidad (Ver Anexo No. 13 Mapa de Erodabilidad).

- **Unidades De Alta Resistencia.** En este grupo se clasifican las areniscas de la Formación Une, las cuales afloran al oriente del área. También se incluyen las areniscas de la parte inferior de la Formación Tibasosa, la parte inferior de la Formación Belencito, constituida por una secuencia calcáreo-margosa y la Formación Girón en su parte inferior, constituida por conglomerados. Estas formaciones se caracterizan por presentar pendientes fuertes y abruptas que sobresalen de las demás unidades y ejercen un control estructural y topográfico en sentido NE-SW (Anexo 13 Mapa de Erodabilidad).

- **Unidades De Resistencia Media.** Se clasifican aquí las formaciones Floresta, Cuche y Concentración, así como la parte media y superior de la Formación Tibasosa y de la Formación Girón, constituidas principalmente por arcillolitas. Estas unidades se caracterizan por presentar pendientes moderadas formando una topografía ondulada al sureste del municipio (Anexo 13 Mapa de Erodabilidad).

- **Unidades De Resistencia Baja.** Dentro de esta clasificación se ubican las rocas del complejo ígneo-metamórfico, altamente meteorizado y con muy poca o casi nada cubierta vegetal lo cual permite que la erosión actúe intensamente (Anexo 13 Mapa de Erodabilidad). Se presenta en la mayor parte del área y ocupa cerca del 80%. Además, al sureste aflora la parte superior de la Formación Belencito que consta principalmente de limolitas con intercalaciones de arcillolitas fuertemente plegadas y alteradas por causa de la cercanía de la Falla de Soapaga. Se incluyen en esta clasificación los depósitos Cuaternarios, de origen fluvio-lacustre, residuales y depósitos aluviales. En estos materiales se observa la acción de los procesos de meteorización y erosión hídrica que han originado cárcavamientos y la degradación de estos materiales. Ocurren en forma aislada en los cauces de las quebradas, y ocupan un gran porcentaje del área total.

El factor erosivo agrupa el conjunto de procesos que degradan el relieve, tales como el agua, el hielo, vientos, y aún la simple fuerza de gravedad. Existen dos tipos básicos de erosión:

- **Erosión Lineal:** Es la que actúa en los cauces de las quebradas Floresta, Buntia, Aika, Cusagota, y es esencialmente la causada en el lecho de éstas, cuando el agua corre a lo largo de ellas, en especial en épocas de intenso invierno. El drenaje de la región pertenece a la vertiente oriental del Río Magdalena, cuyo eje en esta zona es el Río Chicamocha, al cual desembocan las cuatro cuencas hidrográficas identificadas anteriormente. El patrón de

drenaje predominante en la zona es del tipo dendrítico, característico de los cuerpos ígneos y metamórficos.

- **Erosión Areolar:** Es aquella que actúa en superficie, es decir en los interfluvios. Es el tipo de erosión predominante en el Municipio de Busbanzá, sobre todo en las formaciones de baja resistencia, que anteriormente han sido atacadas por la meteorización, es decir por la acción de los agentes climáticos. Esta meteorización se ha manifestado en procesos mecánicos como químicos, estos últimos mediante la acción del agua. En el primer caso se trata de una disgregación de las rocas y en el segundo de una alteración química (oxidación) de los minerales de hierro y feldespatos constituyentes del complejo ígneo-metamórfico, principalmente. La disgregación pone de presente la existencia de diaclasas en las rocas, como consecuencia directa del relajamiento de la presión asociada a los esfuerzos tectónicos y a la formación del valle montañoso del Río Chicamocha. El resultado, es la presencia de derrubios, tipo de relieve característico de las zonas montañosas, al sureste del Municipio de Busbanzá. La acción del agua superficial está restringida básicamente a las formaciones de baja resistencia, en la Vereda Quebradas se observan algunos escarpes de pendientes moderadas que corresponden al complejo ígneo-metamórfico, donde son característicos los socavamientos fácilmente observables en corrientes esporádicas .

En resumen, la erodabilidad es un factor muy importante a tener en cuenta al evaluar la erosión de una región y en especial al evaluar la erosión potencial.

1.1.4. MORFOGÉNESIS

Los rasgos de la superficie de la tierra son producto de procesos Exógenos y Endógenos. Los primeros son causados por la acción del viento, agua, hielo, gravedad, etc., su carácter es aleatorio, mientras que los procesos endógenos son los causados por la acción de los esfuerzos tectónicos, su carácter es sistemático o no aleatorio.

Para explicar las formas del relieve que ocurren en el Municipio de Busbanzá, se describen únicamente los procesos de dinámica superficial o exógenos, que actúan en el área, los cuales se subdividen en dos grupos: de morfogénesis heredada y los procesos actuales.

- **Morfogenesis heredada.**

- **Encontramos las Formaciones Residuales:** Corresponden a las formaciones superficiales producto de la meteorización de las rocas del complejo ígneo – metamórfico. Están constituidas por limos, arcillas y arenas arcillosas, conformando los paleosuelos como los que se localizan en la Vereda Quebradas.
- **Formaciones Ligadas A Sistemas Fluviales:** Son depósitos de origen principalmente aluvial, poco frecuentes en el municipio y corresponden a pequeñas terrazas ligadas a cambios en el nivel del cauce de las quebradas. Se localizan en las quebradas Aika y Buntia al norte del municipio.

➤ **Morfogénesis Reciente Y Actual**

Aquellos procesos de carácter dinámico y de funcionamiento actual, enfocados a explicar la degradación natural de los terrenos y que constituyen un limitante para las actividades humanas. Dentro de estos procesos se manifiestan el escurrimiento concentrado (carcavamiento) y la erosión regresiva.

- **Escurrecimiento Concentrado:** Es el proceso erosivo principal en la zona, consiste en la formación de cárcavas con socavamiento lateral, con la principal característica de producir cortes profundos y angostos. La acción de este proceso en las unidades arcillosas de la Formación Girón y las rocas del complejo ígneo – metamórfico, se manifiesta por la facilidad con que pequeñas corrientes disectan y transportan los materiales formando cárcavas pronunciadas. Las cárcavas pueden hallarse aisladas a converger formando un paisaje de “ bad lands” o tierras malas. Esto se aprecia en la parte alta de la Vereda Quebradas, quebrada Guativita, Zanjón el Arenal y Zanjón Tobacá.
- **Erosión Regresiva O Remontante:** Es una consecuencia de la anterior, que activa el avance de las cárcavas tanto en profundidad como lateralmente, comunicando pequeñas cárcavas para formar grandes zanjías que avanzan progresivamente hacia atrás, convirtiéndose en grandes cárcavas de hasta 8 metros de altura aproximadamente. Este proceso es el causante del avance rápido de la erosión que amenaza la destrucción de terrenos dedicados a la agricultura y en algunos sectores al carretable que conduce de Busbanzá a la Vereda de Cusagota.

1.1.5. ESTRATIGRAFIA

La secuencia litoestratigráfica que ocupa el área del Municipio de Busbanzá, corresponde a una gran variedad de rocas que van desde edades pre - devónicas hasta depósitos cuaternarios recientes. Para su estudio se siguieron los criterios que dividen la secuencia estratigráfica de acuerdo a las discordancias presentes: Pre-devónico, serie paleozóica, serie molásica mesozoica, serie cretácico terciaria y depósitos post-orogénicos (Reyes, I. 1.984). Consta de las siguientes unidades: Complejo ígneo-metamórfico del macizo de Floresta y las formaciones Tibet, Floresta, Cuche, Girón, Tibasosa, Belencito Une y Concentración. Las características litoestratigráficas que presentan estas unidades en la zona y su ambiente de sedimentación se describen a continuación (Véase Anexo No. 6 Mapa Geológico).

➤ **Complejo Ígneo-Metamórfico**

Aflora en la zona de estudio un conjunto de rocas ígneas y metamórficas, cambro - ordovicicas (Cediel, F. 1.969) subyacentes a los estratos sedimentarios, conjunto que fue erosionado con anterioridad a la ingesión del mar Devónico.

➤ **Igneo**

El cuerpo ígneo aflorante se encuentra ubicado al NE del Municipio de Busbanzá, corresponde a un granito bastante meteorizado con avanzados procesos de arenización ocasionando formas de erosión a manera de profundos zanjones (2 - 6 m) caracterizando el paisaje de los sitios donde aflora. Su textura es granular de coloración rosado a rojizo; el granito esta atravesado por diques de cuarcita (con espesores de 0.1 a 0.3 m) el rumbo de estos diques tiene una dirección preferencial noreste. El granito se halla en contacto en su parte sur y occidental con las rocas metamórficas a lo largo de los planos de esquistocidad; al oriente con la formación Girón y al norte con depósitos cuaternarios. El contacto con la formación Girón y el Cuaternario es discordante.

➤ **Metamórfico**

Se distinguen en la zona tres tipos de rocas metamórficas: gneis, esquistos y metasedimentos.

➤ **Gneis**

Se encuentra muy alterado en superficie, se caracteriza por una textura ojosa incluido en una masa fina de color gris claro en superficie fresca, y color amarillo rojizo por alteración. Forman un cinturón con dirección noreste, al oriente del municipio, en contacto con los esquistos. A lo largo de la esquistocidad se presentan abundantes diques de cuarzo lechoso en forma lenticular y con espesores promedio que varían entre 0.05 y 0.5 m. Posiblemente estos diques estén intrínsecamente ligados con la intrusión ígnea post-devónica donde fueron intruídos a través del gneis.

➤ **Esquistos**

Esta unidad cartografiada, al noroeste y suroeste del municipio, corresponde a una roca con dirección de foliación predominante noreste, de color amarillento alterado a rojizo, con alto porcentaje de micas, principalmente moscovita y altamente meteorizados. Los esquistos micáceos muy posiblemente son el resultado del metamorfismo regional de bajo grado de una arenisca con impurezas. Presentan al igual que el gneis, diques de cuarzo lechoso con espesores variables entre 0.1 y 0.6 m en promedio.

➤ **Metasedimentos**

Son rocas de bajo metamorfismo que aún conservan rasgos de su antigua estratificación a los cuales se les ha dado esta denominación. Afloran al sur de Busbanzá sobre el carreteable a la vereda La Puerta (Floresta), en una secuencia donde es posible diferenciar 3 clases de metasedimentos: meta-arcillolitas, meta-limolitas y meta-areniscas.

- **Meta-Arcillolitas Micáceas.** En estas se pueden apreciar las direcciones de metamorfismo o foliaciones; están atravesadas por vetas de cuarzo que varían de espesor (4 cm en promedio). Su espesor es de aproximadamente 5,50 m
- **Meta-Limolitas.** Presentan una coloración amarillenta y anaranjada producto de la oxidación, con variaciones laterales de las vetas de cuarzo que las atraviesan con espesores entre 3 y 5 cm. El espesor promedio de estos materiales es de 6 m
- **Meta-Areniscas.** Son areniscas metamorfizadas con mica moscovita (en un 15%) con granos de cuarzo de 0,5 a 0,8 cm de diámetro. Tienen un espesor de 12 m

Serie Paleozoica

La ingresión del mar en el Devónico originó una serie sedimentaria en el Paleozoico Superior, que comprende el Grupo Floresta y la Formación Cucho que alcanzan en conjunto un espesor aproximado de 1400 metros.

➤ Grupo Floresta

El nombre de Grupo Floresta fue dado por **ALVARADO B. Y SARMIENTO R. (1.944)** al conjunto de estratos aflorantes en el Municipio de Floresta. **BOTERO G. (1.950)**, limitó esta formación a la serie de estratos marinos fosilíferos. Reposita discordante en su límite inferior sobre el basamento cristalino y en su límite superior discordante con la formación Cucho. El grupo Floresta consta de dos formaciones Tibet y Floresta, su ambiente de depositación es marino, de edad Devónico Medio. **CEDIEL F. (1.969)** indica espesores hasta de 600 metros de la Formación Tibet y de 400 metros de la Formación Floresta.

- **Formación Tibet.** Es el miembro inferior del Grupo Floresta y esta compuesto hacia la base de niveles conglomeráticos con fenocristales de cuarzo (con diámetros entre 0.4 y 2 cm), dentro de una matriz silíceas con presencia de mica diseminada. Hacia el techo la arenisca es cuarzosa de color ocre y gris claro, micácea, de grano medio a grueso muy consolidada, incluida en una matriz arenosa con granos subangulares. El espesor cartografiado para esta Formación al sur del Municipio de Busbanzá, en el Cerro de la Cruz, es de 60 metros (Véase Figura No. 10).
- **Formación Floresta.** Corresponde al miembro superior del Grupo Floresta. En la zona aflora principalmente al sur de Busbanzá donde se levantó un espesor de 113 metros. Otro afloramiento se observa al noroeste, en cercanías a Floresta y está compuesto de arcillolitas amarillentas claras blandas, fosilíferas, con intercalaciones de limolitas rojizas en su parte central (Véase Figura No. 11).

➤ Formación Cucho (Cc).

Fue descrita y elevada al rango de formación por **BOTERO RESTREPO G. (1.950)**, Descansa concordantemente sobre el Grupo Floresta y subyace discordantemente a la Formación Girón. La sección tipo, corresponde a una secuencia de limolitas, arcillolitas y areniscas que afloran entre el caserío Cucho y el Municipio de Nobsa; su edad ha sido datada del Carbonífero-Pérmico y es de origen marino transicional. Su espesor está cercano a los 500m. La

cartografía en el municipio corresponde a la parte inferior de esta formación. Son arcillolitas limosas color rosado y crema con niveles de limolitas rojizas en la parte media, con un espesor total aproximado de 100 m (Véase Figura No. 12).

Serie Molásica-Jurásica

Durante este período los materiales de la dorsal Paleoandina se depositaron en las cuencas internas del territorio nororiental de Colombia. La Formación Girón hace parte de esta secuencia post-orogénica, la cual cierra un ciclo importante en la evolución geológica del territorio colombiano.

➤ **Formación Girón (Jg).**

El nombre fue dado por **HETTNER A**, en 1892, a la serie de estratos rojos que afloran en los alrededores del Municipio de Girón. **CEDIEL P.** (1.969) la describe como una serie de conglomerados con intercalaciones de areniscas conglomeráticas y ocasionalmente arcillolitas en capas delgadas. Este autor le asigna un espesor total máximo de 500 m, en los flancos W-E del alto del Chulo (Sur del Río Soapaga) y una edad Triásico- Jurásica. La formación yace discordante sobre el basamento cristalino o sobre los estratos del Paleozoico Superior y su límite superior es discordante con las areniscas conglomeráticas de la base de la Formación Tibasosa. En el Municipio de Busbanzá, se distinguen 4 unidades cartografiables en un espesor total de 737 m al noreste en la Quebrada Dumbita (Véase Figura No. 13), que de base a techo corresponden a:

- **Unidad 1.** Es un conglomerado poligénico con cantos redondeados mal seleccionados de 20 cm de diámetro en promedio, color rojizo embebidos en una matriz arcillo-arenosa de color rojo. Presenta algunas intercalaciones de arcillolita y areniscas rojizas, de hasta 2 m en la parte superior, con un espesor total de 60 m
- **Unidad 2.** En la base de esta unidad se distingue una intercalación de conglomerados con capas de arcillolitas rojizas con un espesor aproximado de 45 m. Le siguen 92 m de intercalaciones de arcillolitas rojizas con areniscas de grano grueso y en la parte superior 70 m de intercalaciones de areniscas conglomeráticas, arcillolitas y limolitas rojas. El conjunto en total tiene un espesor de 207 metros.
- **Unidad 3.** Son intercalaciones de arenisca conglomerática con arcillolitas amarillentas de hasta 25 m de espesor. Hacia la base los estratos de arenisca

son mucho más potentes siendo de hasta 5 m. El espesor total que se cartografió corresponde a 210 m

- **Unidad 4.** Son intercalaciones de areniscas conglomeráticas rojizas bien consolidadas con arcillolitas rojizas y blancuzcas, hacia el techo los niveles conglomeráticos varían a areniscas de grano grueso bien consolidadas; sus espesores van de 1 a 5 m. El espesor total levantado para esta unidad es de 260 m

Serie Cretácica

El Cretáceo Inferior y Medio de origen exclusivamente marino alcanza los 1.600 m de espesor en la región. Consta de las formaciones Tibasosa, Belencito y Une.

➤ Formación Tibasosa, (Kit).

Definida por Renzoni et. al (1.969). Esta formación muestra todas las características de un depósito transgresivo, en el cual ocurren frecuentemente acuñamientos y variaciones rápidas en el tamaño del grano de los sedimentos. Esta formación se halla expuesta en su totalidad al Norte de Belencito y fue descrita por REYES, Italo. Según esta descripción la formación se halla compuesta por tres miembros el Inferior areno-arcilloso con intercalaciones limosas, el intermedio compuesto por alternancia de limolitas y calizas arenosas, y el miembro superior de arcillolitas fisibles con intercalaciones de capas delgadas de caliza. El espesor total para esta formación es de 250 metros para la columna levantada en la Quebrada Belencito. La sucesión levantada al oriente del Municipio de Busbanzá, corresponde a la parte inferior e intermedia de dicha columna. Son intercalaciones de areniscas conglomeráticas claras, con arcillolitas fisibles, color violeta y gris claro, con un espesor de 90 m en la parte inferior. Hacia la parte superior afloran bancos de arcillolitas amarillentas y areniscas calcáreas compactas, de grano fino color grisáceo a pardo, con un espesor de 130 metros. El espesor total cartografiado de la formación, es de 220 metros. Yace discordante sobre la Formación Girón y su contacto superior con la Formación Belencito es concordante. De su edad dice REYES, Italo en su estudio "Geología de la Región Duitama-Sogamoso - Paz de Río", (Véase Figura No. 14).

" No se han hecho estudios sistemáticos para fijar los límites de edad, en todo caso la fauna marina presente permite datar esta Formación como Hauteriviano-Barremiano."

➤ **Formación Belencito (Kib).**

Nombre dado por **REYES, I.** (1.984) al conjunto de estratos que corresponden al miembro calcáreo superior de la formación Tibasosa de **RENZONI G.** (1.981). Consta principalmente de areniscas cuarcíticas blancuzcas seguidas de una serie alternante de calizas, margas, arcillolitas calcáreas y areniscas y en la parte superior arcillolitas grises fisibles, areniscas grises y finalmente una alternancia de bancos de caliza, arcillolitas y areniscas, con un espesor total de 550 m. Suprayace concordantemente a la Formación Tibasosa y Subyace concordantemente a la Formación Une; su edad va del Barremiano Superior al Albiano Superior. El ambiente de depositación es marino demostrado por los fósiles de amonitas, lamelibranquios, y gasterópodos que contiene. En Busbanzá se cartografió esta formación en un espesor total de 240 m, en la cantera de caliza que pertenece a **CEMENTOS BOYACA** y consta de base a techo de areniscas calcáreas blancuzcas de grano fino en un espesor de 20 m., les siguen 40 m. de una alternancia de lutitas grises y negras con areniscas grises de grano fino, luego una alternancia de arcillolitas amarillentas y grises con areniscas amarillentas de grano fino con un espesor de 60 metros, un banco de caliza lumaquélica con intercalaciones de arcillolitas amarillentas y grises de 30 m. Hacia la parte superior 90 m. de areniscas calcáreas con intercalaciones de lutitas violeta y arcillolitas fisibles bastante plegadas (Véase Figura No. 15).

➤ **Formación Une (Kmu):**

definida por **HUBACH** (1.958) y cartografiada por **RENZONI et. al** (1.969) al suroeste del macizo de Floresta (Cuadrángulo J12). La parte levantada de esta formación 4 kilómetros al noreste de Busbanzá por la vía a Corrales, corresponde a la parte media e inferior de la columna tipo. Se trata de una sucesión de areniscas cuarzosas amarillentas y grises de grano grueso, compactas con estratificación cruzada. En la parte superior una intercalación de arcillolitas pizarrosas grises y rojizas con areniscas amarillentas y grises de grano medio a fino, con un espesor total de 90 m truncados por la Falla de Soapaga. Esta Formación es concordante con la Formación Belencito en su base, e infrayace a la Formación Concentración, en contacto por el trazo de la Falla de Soapaga en el sector oriental del municipio (Véase Figura No. 16). Del estudio regional de **REYES, Italo**, se extracta su edad y ambiente de depositación:

“La posición estratigráfica de esta formación por encima de los shales negros del Albiano Medio, indica que va del Albiano Superior al Cenomaniano Superior, incluso. El cambio de facies observado en la

base de la formación indicaría un ambiente costero con abundante aporte arenoso proveniente probablemente del escudo”.

1.1.5.4. Terciario

Estos sedimentos tienen lugar en cuencas heredadas del Miogeosinclinal, o cuencas de subsidencia, rellenas de sedimentos fluviales de transición originados por la disgregación de la cordillera emergente. A esta edad pertenecen los sedimentos de las Formaciones Concentración.

➤ Formación Concentración (Toc).

Esta denominación fue dada por **ALVARADO B. y SARMIENTO R.** (1.944) a la sección que aflora en los alrededores del caserío de Concentración sobre la carretera Belén-Paz de Río donde tiene un espesor de 1.400 m **VAN DER HAMMEN T.** (1.957), fijó la edad de Concentración entre el Eoceno Medio y el Oligoceno Medio. En cuanto a la facies de origen, varía de paludal a lagunar con episodios de inundación salobre. El techo de la formación no se conoce en la zona, dado que la sedimentación de esta formación se interrumpió con el plegamiento y levantamiento de la región, a lo que se suma el cabalgamiento de la Falla de Soapaga y la erosión. La base en la zona de estudio está cubierta por depósitos cuaternarios. En el Municipio de Busbanzá se cartografiaron únicamente 120 m correspondientes a arcillolitas grises, con intercalaciones de areniscas grises de grano medio y arcillolitas abigarradas con esporádicas intercalaciones de areniscas hacia la parte superior, la cual está limitada por la falla de Soapaga, lo que no permite un claro reconocimiento de los niveles más altos de la formación (Véase Figura No. 17).

Depósitos Cuaternarios

Los materiales cuaternarios existentes corresponden a los depósitos aluviales (Qal), fluviolacustres (Qfl) y paleosuelos (Qpal).

➤ Depósitos Aluviales (Qal).

Se presentan como pequeñas terrazas y constan de conglomerados conformados por cantos rodados en una matriz areno-arcillosa intercalados con depósitos arcillosos rojizos, provenientes de los materiales erosionados de la Formación Girón alcanzando un espesor cercano a los 10 m en la Quebrada Guativita. También se localizan en la zona aledaña a las quebradas Aika y Buntia. Son producto del arrastre y depositación de estas quebradas, que han

erosionado rocas del complejo ígneo-metamórfico adyacente formando depósitos con espesores de 4 a 5 m

➤ **Depósitos Fluviolacustres (Qfl).**

Corresponden principalmente a una secuencia de depósitos conglomeráticos con cantos subredondeados de hasta 10 cm incluidos en una matriz predominantemente arenosa, con niveles limosos pseudoestratificados de 1 m con un espesor aflorante de 15 m en la Vereda de la Puerta (Floresta). Estos depósitos corresponden a un valle que fue ocupado por un antiguo lago que fue desecado por erosión del umbral. Se localizan en la parte del valle de Busbanzá a lo largo de la margen izquierda de la carretera entre los municipios de Floresta y Busbanzá y conforman el suelo más fértil de la zona.

➤ **Paleosuelos (Qpal).**

Es una secuencia de suelo fósil y material arcilloso, limoso, de color amarillo claro con espesores entre 1 y 2 m con cantos subangulares (de hasta 10 cm), en una matriz arcillo-arenosa amarillenta. Son materiales en los cuales han actuado procesos de erosión hídrica que han originado los carcavamientos profundos y angostos, descritos anteriormente, dejando grandes columnas a manera de pilares ofreciendo un paisaje de tipo estoraques, alcanzando hasta los 20 m de espesor. Son claramente observables por el camino de Busbanzá a la Vereda Quebradas y a la Vereda Cusagota.

1.1.6. TECTONICA

➤ **Plegamientos.**

A nivel regional, el Municipio de Busbanzá está localizado en el flanco nororiental del anticlinal Tibasosa-Floresta, cuyo eje posee rumbo **NE-SW**, y cabecea hacia el **SW**. Las rocas aflorantes en el área, presentan un rumbo en dirección promedio de N30°E similar a la dirección principal de la estructura anticlinal. En la zona de estudio, al oriente de Busbanzá, se localiza el eje de un pequeño anticlinal que hace parte del flanco oriental del anticlinal de Floresta. Su núcleo está constituido por las rocas del basamento cristalino y afecta hasta la Formación Une; su dirección general es **NE-SW**. Los buzamientos del flanco oriental, se ven afectados por la cercanía de la Falla de Soapaga, la cual produjo replegamientos locales que afectan las rocas de las formaciones Tibasosa, Belencito y Une.

➤ **Fallas**

Localmente las rocas se hallan afectadas por la Falla de Soapaga.

- **Falla de Soapaga.** Esta gran dislocación al noreste del municipio, pone en contacto, la Formación Une del Cretáceo Medio con la Formación Concentración de edad Terciaria. La falla lleva una dirección general **NE-SW**, paralela al rumbo estructural regional. Se le clasifica como una falla inversa, dada la evidencia de las formaciones que pone en contacto; el buzamiento de la superficie de falla debe ser hacia el **NE** y su ángulo de inclinación se desconoce. De la edad de la Falla de Soapaga, **REYES I. Afirma:**

“ La edad de la falla es Pre-Concentración y fue el límite noroccidental de la cuenca de sedimentación de la Formación Concentración.”

La falla esta dislocada en su trayecto por algunas fallas direccionales que la desplazan transversalmente como la Falla de Malsitio al Sur, fuera de la región de estudio.

1.1.7. HISTORIA GEOLOGICA

La secuencia de eventos tectónicos y sedimentarios que ocurrieron en la zona hasta llegar a la situación actual puede resumirse así:

Un proceso orogénico predevónico dio origen a una superficie continental, correspondiente al núcleo de la actual Cordillera Oriental, es decir un miogeosinclinal, en el cual se depositaron sedimentos que luego fueron plegados y metamorfizados por una orogenia al final del Ordovícico, dando origen al basamento cristalino (Complejo Igneo-metamórfico del macizo de Floresta), el cual fue expuesto luego a erosión durante un tiempo relativamente largo. Una posterior subsidencia lenta de esta área cratonizada permitió la transgresión del mar Devónico, depositándose una secuencia de arcillolitas y areniscas que fueron plegados al final del Paleozoico y que corresponden a las formaciones Floresta y Cucho, las cuales pertenecen a un ambiente típicamente marino.

El tectonismo fuerte que pliega y falla las rocas hasta entonces conformadas, convierte esta región nuevamente en superficie continental. Durante el Triásico-Jurásico se deposita discordantemente, sobre una superficie

morfológica estructuralmente controlada, una molasa de origen continental (Formación Girón).

Posteriormente ocurre la ingresión marina del Cretáceo en la cual se deposita una serie sedimentaria a la cual pertenecen las formaciones Tibasosa, Belencito, Une, Churuvita, Conejo y Ermitaño, que fueron sedimentadas bajo condiciones netamente marinas como lo registra la fauna fósil presente.

El paso de la Formación Belencito a Une es un cambio de ambiente transicional muy rápido como lo atestiguan las huellas de plantas encontradas en la parte extrema superior de la Formación Belencito; este cambio se ha ubicado en el Albiano Medio y se nota porque hay una diferenciación de facies que tienen como litología, arcillolitas grises con plantas fósiles y areniscas que suprayacen a las primeras. La depositación de la Formación Une, ocurre durante la transición ambiental al pasar de una facies nerítica a una facies costera.

El sollevamiento final se realiza en forma de bloque a lo largo de la Falla de Soapaga, siendo el evento que permitió la depositación de los depósitos de la formación Concentración.

Los depósitos Post-Andinos, acumulados en cuencas sedimentarias intermontanas, presentan una historia geológica compleja. En lo que respecta a los depósitos aluviales, lacustres y paleosuelos acumulados en la región, estos ocurren después de la culminación de la formación de la Cordillera Oriental y son producto del desmantelamiento de la misma y una muestra de los eventos sucedidos en el área durante el Plioceno y hasta el Oloceno (Ver Anexo 6, Mapa Geológico).

Cretaceo

Las rocas sedimentarias masivas ocupan extensas zonas de la cordillera oriental. Los análisis paleontológicos permiten afirmar que la transgresión máxima se inicio en el área central de la cordillera (Departamento de Boyacá y Cundinamarca y Meta) en el Berriasiano con espesores de sedimentitas de mas de 10.000 m.; el mar avanzó hacia el norte en el Hauteriviano Barremiano hasta unirse con el mar cretáceo de la guajira en el Aptiano por el sur el avance fue mas lento y solo en el aptiano - albian llego al suroriente (Tolima y Huila) extendiéndose seguidamente por el sector sur de la cordillera.

Según Etayo etal (1969), el avance masivo correspondió a un solo ciclo que culminó al final del cretáceo e inicios del terciario, no pudiéndose identificar

alguna fase regresiva de importancia, salvo oscilaciones de carácter local. De otra parte la presencia de flora tropical, la gran cantidad de sedimentos clásticos que rellenaron las cuencas continuamente y las fosforitas, un ambiente tropical para la cordillera oriental durante el cretáceo.

Investigaciones recientes confirman que, en los inicios del cretáceo, se sucedieron en algunos sectores de la cordillera, ambientes de sedimentación continentales - epicontinentales que procedieron a la ingesión masiva. Esto quiere decir que se presentó un desarrollo contemporáneo de sedimentación masiva y continental, en los inicios del cretáceo, en diferentes zonas de la cordillera Oriental (Etayo y Rodríguez, 1985).

La secuencia litológica comienza con conglomerados, areniscas y limolitas fluviales y del taicas, principalmente y areniscas, calizas y limolitas masivas contemporáneas; la sedimentación continuo con lutitas, calizas, areniscas, e intercalaciones locales de limolitas, mantos de carbón, evaporitas y roca fosfórica. Esta litología ha sido agrupada en un gran número de unidades estratigráficas, esta situación lleva con relativa frecuencia a confusiones, persistiendo una buena cantidad de interrogantes sobre la correlación cronoestratigráfica.

Terciario

En los albores del Terciario se inicio el retiro del mar cretáceo que culmino en el Paleoceno en la mayor parte de la Cordillera Oriental, con excepción de algunas zonas como el borde llanero que continuó con sedimentación masiva hasta el Mioceno.

La sedimentación terciaria se caracteriza por la depositación de frecuentes secuencias conglomeráticas y arenáceas que reflejan, según Van Der Hawmen (1958) movimientos tectónicos y orogénicos. Los movimientos en cuestión ocasionaron el levantamiento de bloques que dividieron la Cordillera Oriental en varias cuencas; que lleva a confusiones por las similitudes litológicas de las diferentes unidades.

De otra parte la inestabilidad tectónica de la cordillera, previa al levantamiento andino, ocasionó hiatos y frecuentes discordancias en el Terciario.

En la zona Paipa - Iza se presentan lavas y piroclástitas, de composición andesítica a riolítica y edad Mioceno (') - Plioceno ("). Hasta la fecha son las

únicas manifestaciones magmáticas, de esta época, en la Cordillera Oriental, su significado, en términos de ambiente geológico, aún no ha sido clasificado.

Cuaternario

Las acumulaciones cuaternarias mas importantes en la Cordillera Oriental se encuentran en la sabana Cundiboyacense. Se trata de arcillas, arenas y gravas de ambiente fluvial y arcillas y arenas con niveles de materia orgánica de ambiente lagunar, la edad está comprendida entre el Pleistoceno y el Holoceno. En otras regiones de la cordillera existen, principalmente, abanicos aluviales, coluviones y aluviones recientes.

1.1.8. EVOLUCION TECTONICA

El desarrollo tectónico y estratigráfico de Colombia se ha efectuado, en términos generales, en dirección al océano, a partir del Escudo Precambrico de la Guayana. La interacción de las placas Suramericana, del Caribe y Nazca y del bloque de Norteamérica, ha dado origen a numerosas cuencas, estilos de deformación tectónica, acrecimiento continental y magmatismo y a los numerosos fenómenos sísmicos y volcánicos del país.

1.1.9. HIDROGEOLOGIA

Como se ha podido apreciar, el municipio en su totalidad está dependiendo del uso que se le dé al agua subterránea, es por ello que se hará especial énfasis en tratar este capítulo con la importancia que amerita.

Correlación de Datos Hidrológicos y Geológicos

Durante una precipitación, alguna cantidad de agua escurre sobre el terreno por las pendientes topográficas y otra parte se infiltra; el agua se desplaza a través de los poros del subsuelo, por gravedad, moviéndose descendentemente hasta llegar al depósito subterráneo. Pero es la geología, la que controla la presencia y distribución del agua subterránea, como se verá más adelante.

➤ Criterios Topográficos.

La topografía es uno de los factores que controlan las condiciones hidrogeológicas para el almacenamiento del agua. Ésta controla directamente la escorrentía superficial, tanto en cantidad como en dirección, de tal forma que a mayor pendiente, mayor será la rata de escorrentía. El control de la topografía

sobre la presencia de agua subterránea en una zona, está dependiendo naturalmente de las condiciones geológicas existentes.

Teniendo en cuenta el factor topográfico en la distribución hidrogeológica del agua en el municipio de Busbanzá, se considera la posibilidad de un flujo subterráneo de agua desde la parte alta de la Quebrada Quebradas y cerros aledaños al norte de la región y otro flujo desde la parte noroccidental hacia el occidente y sureste, que alimenta constantemente el valle, por lo que se llegan a formar algunos manantiales.

➤ **Criterios Hidrológicos.**

Los resultados del balance hídrico realizado para la cuenca de la Quebrada Floresta, demuestran que existen flujos de agua producto del aporte de la precipitación en los meses de invierno, que se infiltran y se almacenan en el subsuelo. (Véase Anexo No. 5 Mapa Hidrogeológico).

Lo anterior se explica teniendo en cuenta que, no obstante el valor de la infiltración obtenido para la cuenca no represente un alto porcentaje, y existiendo un déficit de agua durante los meses de verano ((Véase Anexo 5 Mapa Hidrogeológico), se presentan manantiales a lo largo de la Quebrada Floresta y en la Quebrada Quebradas, los cuales son el resultado de la acumulación de aguas lluvias sobre el nivel permeable cerca de la superficie.

➤ **Criterios Geológicos.**

Las características geológicas de una región son el factor más importante en el almacenamiento y distribución de sus recursos hídricos. El control geológico sobre las condiciones hidrogeológicas está representado por la disposición de las rocas permeables e impermeables.

La textura que define las rocas granulares con poca comunicación constituye el pilar fundamental para la formación de acuíferos.

Los anteriores criterios permiten llevar a cabo una clasificación de las rocas aflorantes en el área de estudio, teniendo en cuenta sus características hidrogeológicas.

Caracterización de las Rocas desde el Punto de Vista Hidrogeológico
--

Según permitan o no el flujo de agua, las rocas se clasifican como permeables o impermeables. La permeabilidad varía con la textura, composición de la roca y grado de compactación. En general puede admitirse que una roca es tanto más impermeable tanto menor sea el tamaño de los granos constituyentes; también, no todas las rocas compactas son impermeables puesto que durante o posterior a su compactación pueden haber sido fracturadas, adquiriendo así una permeabilidad secundaria. De igual forma la permeabilidad está directamente relacionada con el tamaño de grano, más no con la porosidad; por lo tanto, toda roca permeable es porosa pero no toda roca porosa es permeable.

La presencia y distribución del agua subterránea en la roca está controlada por la composición litológica, la estructura geológica, la permeabilidad y el balance hídrico.

Desde el punto de vista hidrogeológico, las rocas se clasifican de acuerdo a su capacidad de contener agua y de permitir su flujo, como acuíferos, acuíferos, acuitardos y acuíferos.

Teniendo en cuenta las características hidrogeológicas de las rocas aflorantes en el área de estudio, se hace a continuación una breve clasificación hidrogeológica de estas unidades.

➤ **Ígneo.**

En esta roca la permeabilidad es baja a casi nula, aunque en algunos sectores, donde se encuentra meteorizado y fracturado, se determinaron valores de permeabilidad de 0,35 m/día en superficie, la cual disminuye a medida que la profundidad aumenta, por lo cual se considera que en conjunto la roca se comporta como acuífuga (roca impermeable que no contiene ni transmite agua por no existir intersticios intercomunicados). No obstante lo anterior sería necesario conocer el resultado de sondeos para determinar la real influencia de los procesos de meteorización a mayor profundidad.

➤ **Metamórfico.**

Las rocas metamórficas aflorantes en la región son rocas de baja permeabilidad que por sus condiciones de alta meteorización, pueden contener agua y desarrollar valores representativos de permeabilidad. Los efectos de la descomposición meteórica, dado el intenso carcavamiento, pueden extenderse a profundidades considerables siendo las más frecuentes entre 1,5 y 20 m.

Las rocas metamórficas antes mencionadas, de acuerdo a su comportamiento semipermeable, por estar fracturadas y meteorizadas, se consideran como acuitardos.

Grupo Floresta

➤ **Formación Tibet**

Está constituido por areniscas de grano medio a fino compactas, conglomeráticas hacia la base. Por estar muy bien cementadas, con reducida posibilidad de permeabilidad primaria, se le clasifica como una unidad hidrogeológica semipermeable y se considera como acuitardo.

➤ **Formación Floresta**

Su constitución principalmente arcillosa, con algunas intercalaciones limolíticas, permiten clasificarla como una unidad de características hidrogeológicas de acuitardo.

➤ **Formación Cuche**

Está constituida predominantemente por limolitas, en las cuales la velocidad del movimiento del agua es baja, por lo cual se le clasifica como acuicierre.

➤ **Formación Girón**

Su constitución de arcillolitas con areniscas de grano grueso y conglomerática hacia la base permiten determinar su condición hidrogeológica como de permeabilidad media, por lo cual se le clasifica como acuitardo.

➤ **Formación Tibasosa**

La presencia de niveles limosos y arcillosos dentro de la serie de areniscas de grano fino de ésta formación, impiden el flujo hacia las capas inferiores. Por esta razón, el flujo que se pueda presentar está limitado a estratos arenosos y se realiza con relativa facilidad en ellos, debido a la presencia de pequeñas intercalaciones arcillosas con estas rocas. Además, el replegamiento de éstas, especialmente en las zonas asociadas a la Falla de Soapaga, permite el flujo a través de los planos de debilidad. Por lo tanto, esta unidad se cataloga como acuífero. Sus condiciones hidrogeológicas no son fácilmente aprovechables en

la zona, debido a que el alto grado de buzamiento en estas rocas y su dirección en sentido opuesto al del valle impiden que alimente la recarga del mismo en forma considerable.

➤ **Formación Belencito**

Por estar constituida por zonas de margas, calizas, areniscas calcáreas y una zona arcillo-limolítica, se presenta una circulación del agua diferente en cada una de estas zonas. En las dos primeras, la circulación del agua se limita a los estratos margosos por los que circula únicamente a través de fisuras, por disolución, o por efectos del replegamiento por la cercanía de la zona de falla; igual sucede en la zona calcárea, considerada como una roca impermeable, excepto en donde pueda estar intensamente fracturada y haya sufrido procesos de karstificación. Las margas por su composición química no se disuelven fácilmente, sus fisuras son estrechas y la capacidad de almacenamiento y conducción de agua en todo el conjunto es baja. La caliza es un acuífero sin homogeneidad por el cual el agua puede fluir; está limitada en su parte inferior y en su parte superior por estratos arcillosos, lo cual le da a esta zona características confinantes.

En la zona arcillo-limolítica la permeabilidad es muy baja y el escaso flujo hídrico está restringido a los estratos limolíticos, ya que las arcillas se comportan como acuicierre (contienen agua pero no permiten el flujo de ella a través de sus poros en cantidades significativas).

En conclusión la Formación Belencito en conjunto, por sus características de permeabilidad se considera como acuífero.

➤ **Formación Une**

El predominio de bancos de arenisca con estratificación cruzada en esta formación, junto con sus características de permeabilidad secundaria, por el fracturamiento producto de la vecindad de la Falla de Soapaga, facilitan el almacenamiento y movimiento del agua a través de sus poros y planos de diaclasas, lo cual favorece la saturación y elevación del nivel piezométrico en épocas de fuertes y prolongadas precipitaciones. Las intercalaciones de niveles arcillolíticos hacia el techo de esta formación actúan como bancos impermeables, por lo cual se le considera como acuífero semiconfinado.

➤ **Formación Concentración**

Su composición principalmente arcillolítica permite considerarla como una formación de permeabilidad baja, clasificándola como acuicierre (aunque pueda contener grandes cantidades de agua, no permite el flujo de ella a través de sus intersticios en cantidades significativas).

Depósitos Aluviales.

Estos depósitos constituidos principalmente por conglomerados con cantos rodados se pueden considerar como acuíferos superficiales y efectivamente es allí donde se encuentra emplazado el pozo que surte de agua a la Vereda Quebradas. La producción es de 0,35 LPS debido seguramente al poco espesor del acuífero.

Depósitos Fluviolacustres

Su constitución conglomerática, con gravas y cantos en una matriz arenosa predominante sobre las intercalaciones de niveles arcillosos, permite considerar estos depósitos, Valle Floresta-Busbanzá, como un acuífero superficial de buenas posibilidades de aprovechamiento. En este tipo de acuífero es donde actualmente se encuentran perforados los pozos que proveen de agua potable al casco urbano del municipio y a los habitantes de la Vereda El Tobo.

Paleosuelos

Esta secuencia de material arcilloso y arenoso, conforman niveles de baja y alta permeabilidad. Estos últimos, dada su predominancia, permiten que se les considere a estos depósitos como acuíferos superficiales.

1.1.10. MOVIMIENTO DEL AGUA SUBTERRANEA

El flujo a través de un acuífero se expresa por la Ley de Darcy (Henry Philibert Gaspard Darcy, Francia, 1856) definida como: $V_a = K * I$

Donde: V_a = Velocidad aparente del flujo
K = Coeficiente de Permeabilidad
I = Gradiente hidráulico

La velocidad aparente definida por la Ley de Darcy no es la velocidad efectiva del agua definida por $V_r = X/T$.

La primera toma en cuenta toda el área de la sección sin considerar que el agua sólo circula a lo largo de los poros y no a través del espacio ocupado por los granos.

La relación existente entre V_a y V_r está dada por:

$$V_a = V_r * P_e$$

Donde:

V_r = Velocidad efectiva

P_e = Porosidad efectiva

- **Dirección del Agua Subterránea.** El conocimiento de la dirección del agua subterránea permite identificar las zonas de recarga y descarga y las de mayor permeabilidad. Por la correlación de datos hidrológicos y geológicos se puede determinar, mediante una red de flujo, la dirección general del movimiento.
- **Redes de Flujo Subterráneas.** Una red de flujo subterránea está integrada por líneas equipotenciales o isopiezas, que representan la superficie de los contornos de la tabla de agua; en acuíferos confinados, representan la altura a la cual llegaría el agua en un pozo.

Perpendicular a estas líneas están las líneas de flujo que representan el camino seguido por el agua en su movimiento dentro del acuífero.

Para la construcción de redes de flujo, se miden en el campo los distintos niveles de la tabla de agua o nivel piezométrico en los pozos, aljibes o manantiales existentes y su posición con respecto a la superficie del suelo, luego se convierten en altura sobre el nivel del mar todos los puntos así referenciados y se localizan sobre un mapa topográfico. El valor de los intervalos entre curvas se selecciona con base en la escala, la densidad de los puntos medidos y el gradiente hidráulico H/L (donde H es la distancia vertical entre puntos y L la distancia planimétrica entre puntos).

En la zona estudiada se inventariaron 68 puntos de agua entre aljibes (32), manantiales (33), y pozos (3), localizados en diferentes tipos de roca, (cuyas características se presentan en anexo al final), los cuales permitieron construir el mapa de Redes de Flujo.

Debido a la escala del mapa (1:10.000) y con el objeto de lograr una buena representación, la equidistancia entre curvas se asumió cada cinco (5,0) m.

Las redes de flujo permiten establecer la profundidad a la cual se puede encontrar agua, determinar su dirección, identificar las zonas de recarga y descarga, hallar el gradiente hidráulico, calcular el caudal de flujo, encontrar las variaciones de permeabilidad y calcular las reservas subterráneas temporales.

1.1.11. CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LOS ACUIFEROS

Son los aspectos cuantitativos de un acuífero. Sirven para caracterizarlo, evaluarlo y optimizarlo; y dependiendo de su valor tendrán mayor o menor importancia.

- **Porosidad.** Es la medida del espacio intersticial o intergranular y se expresa como la relación entre el volumen de vacíos y el volumen total ocupado por la roca. La porosidad representa la cantidad de agua que un acuífero puede almacenar pero no indica cuanta de ésta puede ceder.

Dependiendo de la roca, si ésta es homogénea sus intersticios estarán homogéneamente distribuidos entonces se dice que tiene porosidad primaria. Por el contrario si la roca es heterogénea, y junto con rocas compactas que no presentan porosidad intergranular pero que presentan fallamiento, diaclasamiento, grietas de disolución, estratificación o esquistosidad, se clasifican como rocas de porosidad secundaria.

Cuando un material saturado drena agua mediante la fuerza de gravedad, únicamente cede una parte del volumen almacenado en él, a lo cual se le denomina **RENDIMIENTO ESPECÍFICO ó POROSIDAD EFECTIVA.**

Aquella parte del agua que no se puede remover por drenaje gravitacional, es retenida contra la fuerza de gravedad por capilaridad y atracción molecular. Esta cantidad retenida se denomina **RETENCIÓN ESPECÍFICA.** En la Tabla No. 1-2 se presentan los valores de retención específica para algunas rocas.

La porosidad total de una roca es la suma de la retención específica (R_e) y el rendimiento específico o porosidad efectiva (P_e), es decir $P_t = R_e + P_e$.

En general la porosidad total de las rocas no compactas varía entre el 5% y el 40%, siendo el valor más frecuente el 15%. Una porosidad mayor de 20% se

puede considerar grande, entre el 5% y el 20% es mediana y menor del 5% es pequeña. La Tabla No. 1-2 presenta algunos valores de porosidad total y efectiva así como la retención específica de algunos materiales.

En la zona de estudio, las rocas que conforman el complejo ígneo-metamórfico, están sometidas a una intensa meteorización y carcavamiento, presentando una porosidad secundaria. Por su parte las rocas en cercanías de la Falla de Soapaga están bastante fracturadas y plegadas, lo cual ha originado su porosidad secundaria.

TABLA No. 1-2
POROSIDAD TOTAL, RENDIMIENTO ESPECIFICO, RETENCIÓN ESPECIFICA
ESTIMADA PARA ROCAS SEDIMENTARIAS NO CONSOLIDADAS (URELL., K. 1969).

MATERIAL	POROSIDAD TOTAL (%)	RENDIMIENTO ESPECIFICO (%)	RETENCION ESPECIFICA (%)
Arena y Grava	20 - 25	17 - 21	3 - 4
Grava Gruesa	20 - 25	17 - 22	3
Grava media	20 - 30	16 - 24	4 - 0
Grava fina	30 - 35	24 - 22	6
Arena gruesa	35 - 40	27 - 30	6 - 10
Arena media	38 - 42	26 - 28	10 - 16
Arena fina	38 - 44	18 - 22	16 - 20
Arcilla lutita	30 - 35	3	27 - 52
Esquistos	1 - 10		
Caliza	1 - 10		
Mármoles	0.1 - 0.2		
Granito, Gneis y cuarcita	1.5 - 0.02		

FUENTE: RODRIGUEZ., Cesar, 1984

- **Permeabilidad.** Es la capacidad de un medio poroso para permitir el movimiento del agua. Se mide numéricamente por medio del coeficiente de permeabilidad K (o permeabilidad de Darcy); su magnitud depende del tamaño y acomodamiento de las partículas o de las condiciones de rugosidad, abertura, espaciamiento, continuidad, relleno de las fracturas y diaclasas en la roca.

Como la permeabilidad es una propiedad del medio, independiente de las propiedades del fluido, para la hidráulica de aguas subterráneas, se adoptó el término de Conductividad Hidráulica, que se define como el volumen de agua que a una temperatura de 20° C, se mueve en la unidad de tiempo, bajo un gradiente hidráulico unitario a través de una sección unitaria, medida en ángulo recto a la dirección del flujo.

En la Tabla No.1-3 se presentan algunos valores de conductividad hidráulica (K) para algunos tipos de roca.

TABLA No. 1-3
VALORES DE CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA PARA ALGUNAS ROCAS.

TIPO DE ROCA	K (m/día) (KRUSEMAN G.P. 1970)
Arcilla	10^{-5} a 10^{-7}
Limo	10^{-1}
Arena Fina	10^{-1} a 10
Arena Gruesa	1 a 200
Grava	1 a 1000 mayor

FUENTE: RODRIGUEZ N., Cesar (1984)

Para medir la infiltración en la zona, se utilizó el método para ensayos de permeabilidad determinado por Imeson y Vis (1982), que consiste en abrir un hueco de diámetro definido (5, 10 ó 15 cm) en el suelo, en condiciones naturales, con un barreno hasta cierta profundidad, (40, 50 ó 60 cm), luego llenarlo de agua y medir la tasa de descenso del nivel de agua en el tiempo.

La superficie S sobre la que el agua se infiltra en un tiempo t es igual a:

$$S + = 2\pi Rh + \pi R^2$$

Donde:

R = radio de la perforación

h = profundidad de la perforación

Según Darcy y suponiendo un gradiente hidráulico unitario se tiene:

$$Q = K * S = 2\pi * K * R * (ht + R/2)$$

En un intervalo de tiempo dt el agua desciende una distancia dh y la cantidad de agua infiltrada será:

$$Q_t = - \pi R^2 * (dt / dh)$$

Igualando (1) y (2) e integrando y convirtiendo a logaritmos comunes se tiene:

$$K = 1.15 R * \tan \alpha$$

Donde K es la infiltración (en cm/seg). Graficando $(ht + R/2)$ contra t en papel semilogarítmico se obtiene la línea de tangente.

Los sitios donde se realizaron los ensayos de infiltración están referenciados en el Mapa No. 5 Hidrogeológico). Los valores de permeabilidad obtenidos de los ensayos puntuales se observan en la Tabla No. 1-4

TABLA No. 1-4
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE INFILTRACIÓN.

SITIO : Quebrada Quebradas ALTITUD: 2530 msnm		
COORD : X = 1'137.860 Y = 1'131.785		
RADIO : 10 cm PROFUNDIDAD: 85 cm		
t (seg)	ht (cm)	ht + R/2 (cm)
0	73,0	78,0
30	67,0	72,0
60	67,0	72,0
120	66,0	71,0
180	65,1	70,1
240	64,0	69,0
300	63,0	68,0
360	62,2	67,2
480	61,0	66,0
600	59,6	64,6
720	58,2	63,2
900	56,3	61,3
1.080	55,1	60,1
1.200	54,5	59,5

$K = 0,677$ m/día

Observación: Material arcilloarenoso color café oscuro con alto contenido orgánico, corresponde a un Paleosuelo

FUENTE: RESULTADOS DEL ESTUDIO

La desviación de las primeras observaciones con relación a la línea recta se deben al flujo no saturado y a un gradiente hidráulico mayor que uno (1).

En la Tabla No. 1-5 se resumen los valores de K obtenidos en los ensayos locales de infiltración.

TABLA. No. 1-5
RESUMEN DE LA PERMEABILIDAD OBTENIDA CON LOS ENSAYOS DE
INFILTRACIÓN.

ENSAYO No.	PARAMETROS					
	R (cm)	A (cm)	b (cm)	c (seg)	$\tan \alpha = \frac{b}{a} * \frac{1}{c}$	$K = 1,15R * Tqo$ (m/día)
1	10,0	8,55	0,70	1200	$6,82 \times 10^{-5}$	0,677
2	12,0	8,55	0,50	1200	$4,87 \times 10^{-5}$	0,581
3	10,5	8,55	1,25	1200	$1,21 \times 10^{-4}$	1,271
4	10,5	8,55	0,35	1200	$3,41 \times 10^{-5}$	0,355
5	14,0	8,55	0,40	1200	$3,89 \times 10^{-5}$	0,542
6	12,5	8,55	0,35	900	$4,54 \times 10^{-5}$	0,564
7	15,0	8,55	0,30	1200	$2,92 \times 10^{-5}$	0,435
8	11,5	8,55	1,15	1200	$1,12 \times 10^{-4}$	1,280
9	12,0	8,55	0,45	1200	$4,38 \times 10^{-5}$	0,522
10	13,0	8,55	0,20	1200	$1,94 \times 10^{-5}$	0,251
11	12,0	8,55	0,60	1200	$5,84 \times 10^{-5}$	0,697
12	12,0	8,55	0,55	1200	$5,36 \times 10^{-5}$	0,639
13	12,5	8,55	3,25	780	$4,87 \times 10^{-4}$	6,052

FUENTE: Resultados del estudio.

Los valores más altos de las pruebas de permeabilidad se obtuvieron en las rocas de la Formación Girón, altamente permeables, y en el Complejo Metamórfico, donde los valores corresponden a la zona superficial muy meteorizada y fracturada, pero que en profundidad es de esperarse, se comporten como materiales de baja permeabilidad.

➤ **Coefficiente de Almacenamiento.** El coeficiente de almacenamiento se define como el volumen de agua que un acuífero cede o toma en almacenamiento por unidad de área del acuífero y por unidad de cambio en el nivel piezométrico.

En acuíferos libres es igual al rendimiento específico, ya que el agua proviene del volumen almacenado y es drenado por gravedad. El coeficiente de almacenamiento no tiene unidades y varía entre:

0,01 y 0,5 para acuíferos libres y
 10^{-3} y 10^{-8} en acuíferos confinados

1.1.12. EVALUACION DE RECURSOS SUBTERRANEOS

El total de los recursos de agua subterránea se obtiene sumando el volumen total de la recarga con las reservas.

- **Recarga.** Es la cantidad de agua representada por el volumen infiltrado, para efectos del cálculo de los recursos, en el estudio se tuvo en cuenta el volumen infiltrado en el depósito fluviolacustre.

En el balance hídrico, el volumen infiltrado calculado para la microcuenca es de 11'922.032 m³.

El volumen de agua infiltrada en el depósito fluviolacustre, deberá corresponder aproximadamente a una parte de este volumen:

$$V = \frac{3,650 \text{ Km}^2 * 116,639 \text{ mm} * 10^2 \text{m}^2 * 1\text{m}}{1 \text{ km}^2 * 10^2 \text{ mm}} = 425.732,35 \text{ m}^3$$

- **Reservas de agua subterránea.** Las reservas de agua subterránea representan el volumen de agua almacenada en los acuíferos.

Las reservas que se calcularon son reservas probables, en ningún caso se deben tomar como reservas probadas, debido a que se desconoce el comportamiento en profundidad de las estructuras geológicas y el valor real del agua infiltrada en los acuíferos, lo que impidió hacer tal consideración.

Las reservas están representadas por el área de las formaciones acuíferas, multiplicada por el espesor de acuífero factible de explotación (Volumen de Roca = Area x Espesor). Este volumen de roca se multiplica por el porcentaje de porosidad de la roca obteniéndose el volumen aproximado de agua almacenada en el acuífero.

Los resultados obtenidos se describen en la Tabla No. 1-6

**TABLA No. 1-6
CÁLCULO DE RESERVAS.**

Formación o depósito	Area (Km ²)	Espesor (Km)	Volumen de roca (Km ³)	Porosidad % (Tabla 19)	Volumen de agua (Km ³)
Fm. Tibasosa (Kit)	1,137	0,1	0,1137	10	0,01137
Fm. Une (Kmu)	0,2365	0,06	0,0142	15	0,00213
Cuat. Aluvial (Qal)	0,962	0,01	0,0096	20	0,00192
Paleosuelos (Qpal)	1,638	0,02	0,0328	20	0,00656
Fluviolacustre (Qpl)	3,650	0,03	0,1095	20	0,0219
Volumen total de agua almacenada					Σ=0,04388

Fuente: Resultado del estudio.

Entonces, el volumen aproximado en m³ de agua almacenados en las formaciones y depósitos acuíferos corresponde a:

Vol. total de agua almacenada = 43,88 millones de m³.

Para efectos de las reservas aprovechables sólo se tienen en cuenta el volumen de agua contenido en el depósito cuaternario fluviolacustre, que equivale aproximadamente a:

Volumen de agua almacenada en Qpl = 0,0219 Km³ = 21,9 millones de m³

Los recursos de agua subterránea representan el volumen aproximado de agua explotable en el fluviolacustre, equivalente a:

Recarga + Reservas = 0,426 x 10² m³ + 21,9 x 10² m³ = 22,326 millones de m³.

Análisis Físico Químicos de las Aguas

➤ Calidad de Agua

La calidad del agua es uno de los factores más importantes en la búsqueda de aguas subterráneas.

Un análisis químico de agua, consiste en determinar los cationes y aniones más representativos del agua, junto con sus características físicas y químicas globales.

A continuación se hace un resumen de cada uno de los cationes presentes en el agua, junto con su procedencia y concentraciones normales.

Los cationes más importantes en un análisis químico de agua son:

- **Ion Calcio (Ca⁺⁺).** Su presencia en el agua se debe a rocas carbonatadas o sulfatos de calcio como calizas, dolomitas, anhidrita y yeso. El ión Ca⁺⁺ y el ión Mg⁺⁺ conceden dureza al agua. La concentración del ión Ca⁺⁺ en el agua potable subterránea varía entre 10 y 1000 ppm; cantidades superiores son perjudiciales para la salud humana.
- **Ion Magnesio (Mg⁺⁺).** Su presencia se debe a las dolomitas y silicatos de Mg, y al agua de mar; su concentración es menor que el ión de Ca⁺⁺ de 1 a 40 ppm, aunque el agua de mar contiene casi cinco veces más Mg⁺⁺ que Ca⁺⁺.
- **Ion Sodio (Na⁺⁺).** Su presencia se debe a feldespatos, solución de feldespatos y nitratos sódicos, sal gema e intrusión marina. Las concentraciones normales varían desde 0.1 a 100 ppm.
- **Ion Potasio (K⁺⁺).** Su presencia se debe a productos que se forman en la descomposición meteórica de las ortoclasas, silvina y nitrato potásico, presentes en algunas arcillas. Se encuentra en proporción inferior a diez veces el ión Na⁺⁺. Su concentración normal en aguas subterráneas es menor de 10 ppm, siendo frecuentes entre 1-5 ppm. Las sales sódicas y potásicas son muy solubles.

ANIONES: Los principales aniones presentes en el agua son:

- **Ion Cloruro (Cl⁻).** Su presencia se debe al agua marina atrapada en el interior de los sedimentos, a la disolución de sal común y de los minerales afines que existen en las formaciones evaporíticas y de los cloruros existentes en agua lluvia y nieve. La concentración en aguas subterráneas es menor de 100 ppm; en zonas áridas puede aumentar hasta 1.500 ppm; una concentración mayor a 1.000 ppm son nocivas para el cuerpo humano.
- **Ion Sulfato (SO₄⁼).** Su presencia se debe a disolución de minerales sulfatados existentes en rocas sedimentarias; las arcillas orgánicas pueden proporcionar alto contenidos de sulfato por oxidación de la pirita y marcasita. Su concentración normal en el agua subterránea es menor de 100 ppm.

- **Ion carbonato y bicarbonato ($\text{CO}_3^{=}$ y $\text{HCO}_3^{=}$).** Procede de la disolución del CO_2 existente en la atmósfera y de los carbonatos de las calizas y dolomías. Su concentración oscila entre 50 - 400 ppm.
 - **Ion Nitrato (NO_3^-).** La presencia en el agua se debe a la descomposición de materia orgánica, contaminación agrícola por el uso de los fertilizantes. Las concentraciones normales están entre 0.10 y 30 ppm.
 - **Ion Nitrito (NO_2^-).** Su presencia se debe a la descomposición de materia orgánica por la acción de bacterias. No debe existir en el agua subterránea siendo su presencia evidencia de contaminación.
- **Gases Disueltos**
- Los principales gases disueltos que se presentan en el agua son:
- **Dioxido de carbono (CO_2).** Su presencia se debe a la disolución del CO_2 presente en el aire por la lluvia, descomposición de materia orgánica y disolución de gases en formaciones no saturadas.
 - **Oxígeno disuelto.** Su presencia en el agua se debe a la disolución del oxígeno del aire por la lluvia. El oxígeno disuelto ataca al hierro cuya agresividad es función del pH; si el pH es elevado se retarda y viceversa.

Características Físicas y Químicas Globales

Se tienen en cuenta las siguientes:

- **Temperatura.** La temperatura del agua se determina en sitio, según la temperatura, las aguas con temperaturas menores a 16° son aguas frías; de $16-22^\circ$ son aguas normales y superiores a 22° C aguas calientes.
- **Resistividad y conductividad.** La resistividad del agua se define como la resistencia por centímetro cuadrado (cm^2) al paso de la corriente cuando los electrodos están separados 1 cm. La unidad utilizada es el ohmio por centímetro (Ohm-cm). La conductividad del agua es la inversa de su resistividad y se expresa en pmhos/cm. La conductividad es proporcional al contenido de iones y sales disueltas, por tanto podemos decir que aguas con alta conductividad son las de mala calidad. La variación normal de éste parámetro está entre 2.500 - 150 pmhos/cm.

- **pH.** Es el cologaritmo de la concentración de hidrogeniones del agua. Su determinación suele hacerse in situ, ya que puede modificarse transcurrido algún tiempo. La variación del pH en el agua subterránea está entre 6,5-8 (alcalinas) mientras que en el agua lluvia es más ácido, con valores entre 4,5-6.
- **Dureza.** La dureza total expresa el contenido de sal de calcio y magnesio. Es igual a la suma de la dureza permanente, aquella que no desaparece en la ebullición, y de la dureza temporal, o peso de los carbonatos precipitados. Se expresa en el peso de CaCO₂ equivalente al total de carbonatos, en ppm o en grados franceses (°F): 1°F= 10 ppm CaCO₂.

➤ **Total de Sólidos Disueltos**

Expresa el contenido de sólidos disueltos estén o no ionizados. En el agua natural suele presentar valores inferiores a 1.000 ppm.

- **Resultados Fisicoquímicos.** Para este estudio se analizaron cinco (5) muestras de agua en diferentes sitios de la región para analizar la influencia de las rocas aflorantes en la zona, sobre la calidad del agua almacenada.

A continuación se presentan los resultados fisicoquímicos de las muestra analizadas, los diagramas de **STIFF**, que son la representación gráfica del resultado de los análisis químicos de las muestras de agua, junto con el diagrama de clasificación de aguas para riego.

Las concentraciones de los iones presentes en las muestras analizadas se resumen en la Tabla. La clasificación del agua para riego obtenida se presenta en la Tabla No. 1-7

TABLA No. 1-7
RESULTADOS FISICOQUÍMICOS DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS.

Muestra # (1)

Fecha de toma:

SITIO DE TOMA DE MUESTRA: Bocatoma del acueducto actual del municipio

DETERMINACION		IONES EN SOLUCION (mg/L)	
Alcalinidad total como CaCO ₃ , mg/L	87	Calcio como Ca ⁺⁺	8,0
Acidez total como CaCO ₃ , mg/L		Hierr total como Fe	4,0
Color, unidades pt-Co	100	Magnesio como Mg ⁺⁺	8,7
Conduct, especif, a 25° (micromhos/cm)	182	Manganeso como Mn	0,4
Dureza total (Ca,Mg) como CaCO ₃ , mg/L	56	Potasio como K ⁺	2,0
pH potenciómetro a 18 °C	6,7	Sodio como Na ⁺	22,0

Sólidos en solución, mg/L	134	Bicarbonatos como HCO ₃ ⁻	106,0
Turbiedad, NTU (unidades)	26	Carbonatos como CO ₃ ⁻	0,0
		Cloruros como Cl ⁻	7,0
		Sulfatos como SO ₄ ⁻	< 5,0

Muestra # (2)

Fecha de toma:

SITIO DE TOMA DE MUESTRA: Aljibe de la Escuela (Vereda La Puerta),

DETERMINACION		IONES EN SOLUCION (mg/L)	
Alcalinidad total como CaCO ₃ , mg/L	54	Calcio como Ca ⁺⁺	9,6
Acidez total como CaCO ₃ , mg/L		Hierro total como Fe	< 0,1
Color, unidades pt-Co	5	Magnesio como Mg ⁺⁺	5,1
Conduct. especif. a 25° (micromhos/cm)	153	Manganeso como Mn	< 0,1
Dureza total (Ca,Mg) como CaCO ₃ , mg/L	45	Potasio como K ⁺	6,0
pH potenciómetro a 18 °C	8	Sodio como Na ⁺	14,0
Sólidos en solución mg/L	126	Bicarbonatos como HCO ₃ ⁻	66,0
Turbiedad, NTU (unidades)	1	Carbonatos como CO ₃ ⁻	0,0
		Cloruros como Cl ⁻	7,0
		Sulfatos como SO ₄ ⁻	18,5

Muestra # (3)

Fecha de toma:

SITIO DE TOMA DE MUESTRA: Hacienda San Nicolás (Pozo profundo)

DETERMINACION		IONES EN SOLUCION (mg/L)	
Alcalinidad total como CaCO ₃ , mg/L	90	Calcio como Ca ⁺⁺	11,6
Acidez total como CaCO ₃ , mg/L		Hierro total como Fe	< 0,1
Color, unidades pt-Co	5	Magnesio como Mg ⁺⁺	8,0
Conduct. especif. a 25° (micromhos/cm)	96	Manganeso como Mn	< 0,1
Dureza total (Ca,Mg) como CaCO ₃ , mg/L	62	Potasio como K ⁺	2,0
pH potenciómetro a 18 °C	7,2	Sodio como Na ⁺	24,0
Sólidos en solución mg/L	141	Bicarbonatos como HCO ₃ ⁻	110,0
Turbiedad, NTU (unidades)	3	Carbonatos como CO ₃ ⁻	0,0
		Cloruros como Cl ⁻	9,0
		Sulfatos como SO ₄ ⁻	12,0

Muestra # (4)

Fecha de toma:

SITIO DE TOMA DE MUESTRA: Manantial en la finca de Parmenio Cely

DETERMINACION		IONES EN SOLUCION (mg/L)	
Alcalinidad total como CaCO ₃ , mg/L	42	Calcio como Ca ⁺⁺	3,6
Acidez total como CaCO ₃ , mg/L		Hierro total como Fe	< 0,1
Color, unidades pt-Co	40	Magnesio como Mg ⁺⁺	4,6
Conduct. especif. a 25° (micromhos/cm)	93	Manganeso como Mn	< 0,1
Dureza total (Ca,Mg) como CaCO ₃ , mg/L	28	Potasio como K ⁺	3,5
pH potenciómetro a 18 °C	6,0	Sodio como Na ⁺	8,5
Sólidos en solución mg/L	64	Bicarbonatos como HCO ₃ ⁻	51,0
Turbiedad, NTU (unidades)	6	Carbonatos como CO ₃ ⁻	0,0
		Cloruros como Cl ⁻	7,0

	Sulfatos como SO ₄ ⁻	13,0
--	--	------

Muestra # (5)

Fecha de toma:

SITIO DE TOMA DE MUESTRA: Aljibe de la Escuela (Vereda La Puerta)

DETERMINACION		IONES EN SOLUCION (mg/L)	
Alcalinidad total como CaCO ₃ , mg/L	32	Calcio como Ca ⁺⁺	1,6
Acidez total como CaCO ₃ , mg/L		Hierro total como Fe	0,2
Color, unidades pt-Co	10	Magnesio como Mg ⁺⁺	0,7
Conduct. especific. a 25° (micromhos/cm)	58	Manganeso como Mn	< 0,1
Dureza total (Ca,Mg) como CaCO ₃ , mg/L	7	Potasio como K ⁺	0,6
pH potenciómetro a 18 °C	6,2	Sodio como Na ⁺	1,0
Sólidos en solución mg/L	36	Bicarbonatos como HCO ₃ ⁻	0,0
Turbiedad, NTU (unidades)	2	Carbonatos como CO ₃ ⁻	0,0
		Cloruros como Cl ⁻	7,0
		Sulfatos como SO ₄ ⁻	12,0

FUENTE: TESIS DE GRADO

TABLA No. 1-8
RESULTADOS DEL ANÁLISIS QUÍMICO DE LAS MUESTRAS DE AGUA

ANÁLISIS QUÍMICO DE LAS MUESTRAS DE AGUA													
INGEOMINAS - Subdirección de Investigaciones Químicas										Fecha de Análisis: Diciembre 10 de 1993			
FECHA DE TOMA	MUESTRA #	SITIO	HORA	T°C	pH	C.E. Uhom/cm	Hierro Como Fe	Mn Como Mn	DUREZA TOTAL CaCO ₃ (mg/L)	CATIONES (mg/L)			
										Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺
	01	Acueducto	09:15	14	6.7	182	4.0	0.4	56	8	8.7	22	2
	02	Vda La Puerta	10:55	16	8.0	153	* 0.1	* 0.1	45	9.6	5.1	14	6
	03	Hda Sn Nicolas	12:10	15.5	7.2	196	* 0.1	* 0.1	62	11.6	8.0	24	2
	04	Fca Parmenio Cely	14:50	16.5	6.0	93	* 0.1	* 0.1	28	3.6	4.6	8.5	3.5
	05	Aljibe Casa Cural	15:30	16	6.2	58	0.2	* 0.1	7	1.6	0.7	1.0	0.6

FUENTE: TESIS DE GRADO.

TABLA NO. 1-9
DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN DE ABSORCIÓN DE SODIO (RAS)

MUESTRA	Na+		Ca++		Mg++		Ca++ + Mg++ (me/l)	RAS	CONDUCTIVIDAD Micromhos/cm	
	mg/l	me/l	mg/l	me/l	mg/l	me/l				
01	22,0	0,956	8,0	0,40	8,7	0,719	1,116	1,17	182	
02	14,0	0,608	9,6	0,48	5,1	0,419	0,899	0,91	153	
03	24,0	1,043	11,6	0,58	8,0	0,658	1,238	1,65	196	
04	8,5	0,369	3,6	0,18	4,6	0,378	0,558	0,61	93	
05	1,0	0,043	1,6	0,08	0,7	0,057	0,137	0,45	58	
Observaciones: C1: AGUAS DE SALINIDAD BAJA							S1: AGUAS BAJAS EN SODIO			
C2: AGUAS DE SALINIDAD MEDIA							S2: AGUAS MEDIAS EN SODIO			
C3: AGUAS DE SALINIDAD ALTA							S3: AGUAS ALTAS EN SODIO			
C4: AGUAS DE SALINIDAD MUY ALTA							S4: AGUAS MUY ALTAS EN SODIO			

FUENTE: TESIS DE GRADO

Interpretación de resultados. El número de muestras analizadas, sólo permite dar un concepto hidrogeoquímico aproximado sobre el origen de la composición mineralógica del agua analizada.

Muestra #1. Recolectada en la bocatoma del acueducto actual del Municipio de Busbanzá, presenta un alto contenido de HCO_3 , proveniente del contacto de esta agua con el CO_2 presente en la atmósfera y las rocas metamórficas que atraviesan. El contenido de sodio proviene del contacto con rocas constituidas por silicatos (feldespatos, ortoclasas, etc.).

Muestras #2, #3, #4. La similitud en el contenido de iones en estas muestras, tomadas en la Vereda la Puerta y la Hacienda San Nicolás, parecen indicar que tienen un origen similar. Presentan alta concentración de sulfato debido posiblemente a la disolución de minerales sulfatados, presentes en las arcillas orgánicas. Por su parte el contenido representativo de sodio en la muestra #3 proviene del contacto prolongado del agua con rocas arcillosas, constituidas por silicatos; y el contenido de Ion HCO_3 proviene posiblemente, de atravesar las rocas metamórficas del macizo, así como del agua lluvia.

Muestra #5. Esta muestra, tomada en la casa cural es la que presenta la menor concentración de iones, lo que indica que el agua no ha tenido contacto prolongado con las rocas, luego su flujo es subsuperficial. Su carácter ligeramente ácido, puede provenir del agua lluvia.

En resumen, se concluye que la totalidad de las muestras son potables, excepto por el alto contenido de Hierro en la muestra #1 y por la acidez que se presenta en las muestras #4 y #5.

1.1.13. PROSPECCION GEOFISICA DE AGUAS SUBTERRANEAS

La exploración geofísica se utiliza para complementar la información geológica e hidrológica de superficie, y obtener información del subsuelo para determinar las estructuras en profundidad, lo mismo que los fluidos de los diferentes niveles.

En el año de 1994 se realizó un estudio de prospección de aguas subterráneas con el fin de obtener información del subsuelo, para determinar las probabilidades de construcción de pozos para explotación de agua subterránea. Los resultados se presentan a continuación.

Localización de los Sondeos (SEV). Se realizaron 7 sondeos geoeléctricos ubicados estratégicamente de tal manera que fueran representativos de toda el área del municipio de Busbanzá, los cuales se localizan en el Mapa No. 5. Para su ubicación, se tuvo en cuenta la distribución uniforme del área del municipio, la geología y distribución de los acuíferos, particularmente de los depósitos fluviolacustres, y los criterios socioeconómicos acordes con los requerimientos de agua, prioridades del municipio y cercanía a éste.

Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) Y Su Interpretación.

Los resultados obtenidos con los SEV son los siguientes:

- **Sondeo Eléctrico Vertical No. 1.** Situado al suroriente del casco urbano sobre el depósito cuaternario fluviolacustre. Se realizó con el fin de determinar el espesor del depósito fluviolacustre en profundidad.

Dirección N68°W; profundidad 18 m.

Los valores de resistividad obtenidos se muestran en la Tabla 1-10; la representación del SEV. La interpretación se presenta a continuación:

S.E.V. No. 1

Capa	Profundidad (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm-m)	Interpretación
------	-----------------	-------------	----------------------	----------------

I	0 - 0,5	0,5	27	Suelo
II	0,5 - 2	1,5	13	Arcillas
III	2,0 - 12	10,0	36	Arenas y gravas parcialmente saturadas; intercalaciones de arcillas
IV	12 - 18	6,0	25	Arenas con agua; intercalaciones de arcillas
V	18 - ?	?	160	Rocas metamórficas

FUENTE: TESIS DE GRADO

TABLA No. 1-10
VALORES DE RESISTIVIDAD DEL SEV NO. 1

Fecha :					
Proyecto : Busbanzá					
Operador : G. Garcés			S. E. V. No. 01		
MN/2 M	AB/2 M	I (mA)	ΔV (mV)	K (m)	p (Ohm-m)
0.5	1.5	557	1550	6.28	17.5
	2.5	541	479	18.85	16.7
	4.0	464	175.7	49.48	18.7
	6.0	499	98.8	112.31	22.2
	8.0	491	60.3	200.28	24.6
	10.0	404	38.5	313.37	27.2
	12.0	472	30.5	451.40	29.1
5.0	15.0	410	17.5	706.07	30.1
	15.0	411	172.7	62.83	26.4
	20.0	359	88.2	117.81	28.9
	25.0	368	61.3	188.50	31.4
10.0	30.0	419	52.6	274.89	34.5
	30.0	418	113.9	125.66	
	40.0	403	73.0	235.62	
	50.0	434	60.3	376.99	
	60.0	379	42.7	549.78	
	75.0	345	30.3	867.86	
25.0	100.0	327	21.4	1555.09	
	75.0			314.16	
	100.0			589.05	
	125.0			942.48	
	150.0			1374.40	

FUENTE: TESIS DE GRADO

- **Sondeo Eléctrico Vertical No. 2.** Situado al suroriente del pueblo sobre el depósito cuaternario fluviolacustre (Véase Mapa 5). Su propósito es correlacionarlo con el SEV No. 1 y determinar la necesidad o no de nuevos SEV en el área.

Dirección N84°W; profundidad 30 m.

Los valores de resistividad obtenidos se muestran en la Tabla No. No. 1-10; La interpretación se presenta a continuación.

S. E. V. No. 2

Capa	Profundidad (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm-m)	Interpretación
I	0 - 0,5	0,5	60	Suelo
II	0,5 - 5	4,5	23	Arenas y gravas parcialmente saturadas; intercalaciones de arcillas
II	5,0 - 30	25,0	38	Arenas y gravas con agua; intercalaciones de arcillas
IV	30 - ?	?	250	Rocas metamórficas

FUENTE: TESIS DE GRAD

TABLA No. 1-11
VALORES DE RESISTIVIDAD DEL SEV NO. 2

Fecha :					
Proyecto : Busbanzá					
Operador : G. Garcés					
S. E. V. No. 03					
MN/2 m	AB/2 m	I (mA)	ΔV (mV)	K (m)	P (Ohm-m)
0.5	1.5	828	845.0	6.28	6.4
	2.5	805	248.0	18.85	5.8
	4.0	794	111.5	49.48	6.9
	6.0	709	62.0	112.31	9.8
	8.0	680	42.5	200.28	12.5
	10.0	644	31.9	313.37	15.5
	12.0	325	13.5	451.40	18.7
5.0	15.0	319	9.5	706.07	21.0
	15.0	319	94.2	62.83	18.5
	20.0	568	115.0	117.81	23.8
	25.0	353	52.4	188.50	28.0
10.0	30.0	296	34.7	274.89	32.2
	30.0	294	74.3	125.66	31.7
	40.0	364	64.5	235.62	41.7
	50.0	474	65.4	376.99	52.0
	60.0	423	48.6	549.78	63.0
	75.0	358	32.3	867.86	78.0
25.0	100.0	245	17.1	1555.09	108.0
	75.0			314.16	
	100.0			589.05	

	125.0			942.48	
	150.0			1374.40	

FUENTE: TESIS DE GRADO

- **Sondeo Eléctrico Vertical No. 3.** Se localizó al suroccidente de la población sobre el depósito cuaternario fluviolacustre (Véase Anexo 5). Su principal objetivo es determinar la variación del espesor del depósito fluviolacustre al SW del área y establecer la necesidad o no de nuevos SEV.

Dirección N74°E; profundidad 30 m.

Los valores de resistividad obtenidos se muestran en la Tabla No. 1-12; La interpretación es la siguiente:

S. E. V. No. 3				
Capa	Profundidad (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm-m)	Interpretación
I	0 - 0,5	0,5	190	Suelo arenoso
II	0,5 - 2,5	2,0	46	Arcillas
II	2,5 - 30	27,5	38	Arenas y gravas con agua; intercalaciones de arcillas
IV	30 - ?	?	320	Rocas metamórficas

FUENTE: TESIS DE GRADO

TABLA No. 1-12
VALORES DE RESISTIVIDAD DEL SEV NO. 3

Fecha :					
Proyecto : Busbanzá					
Operador : G. Garcés					
S. E. V. No. 03					
MN/2 m	AB/2 M	I (mA)	ΔV (mV)	K (m)	P (Ohm-m)
0.5	1.5	828	845.0	6.28	6.4
	2.5	805	248.0	18.85	5.8
	4.0	794	111.5	49.48	6.9
	6.0	709	62.0	112.31	9.8
	8.0	680	42.5	200.28	12.5
	10.0	644	31.9	313.37	15.5
	12.0	325	13.5	451.40	18.7
	15.0	319	9.5	706.07	21.0
5.0	15.0	319	94.2	62.83	18.5
	20.0	568	115.0	117.81	23.8
	25.0	353	52.4	188.50	28.0
	30.0	296	34.7	274.89	32.2
	30.0	294	74.3	125.66	31.7
	40.0	364	64.5	235.62	41.7

10.0	50.0	474	65.4	376.99	52.0
	60.0	423	48.6	549.78	63.0
	75.0	358	32.3	867.86	78.0
	100.0	245	17.1	1555.09	108.0
25.0	75.0			314.16	
	100.0			589.05	
	125.0			942.48	
	150.0			1374.40	

FUENTE: TESIS DE GRADO

- **Sondeo Eléctrico Vertical No.4.** Se localizó al occidente de la población cerca de la vía que va a Floresta, sobre el depósito cuaternario fluviolacustre (Véase Mapa 5). Su principal objetivo es de correlacionarlo con el SEV No. 3 para determinar la variación del espesor del depósito fluviolacustre.

Dirección E-W; profundidad 26 m.

Los valores de resistividad obtenidos se muestran en la Tabla No. 1-13. La interpretación es la siguiente:

S. E. V. No. 4				
Capa	Profundidad (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm-m)	Interpretación
I	0 - 0,5	0,5	190	Suelo arenoso
II	0,5 - 2,5	2,0	380	Arenas secas
II	2,5 - 26	23,5	34	Arenas y gravas con agua; intercalaciones de arcillas
IV	26 - ?	?	280	Rocas metamórficas

FUENTE: TESIS DE GRADO

TABLA No. 1-13
VALORES DE RESISTIVIDAD DEL SEV NO. 4

Fecha : Proyecto : Busbanzá Operador : G. Garcés					
S. E. V. No. 04					
MN/2 m	AB/2 M	I (mA)	ΔV (mV)	K (m)	p (Ohm-m)
0.5	1.5	279	11540.0	6.28	259
	2.5	278	3990.0	18.85	270
	4.0	324	1645.0	49.48	251
	6.0	260	418.0	112.31	180
	8.0	237	163.3	200.28	140
	10.0	331	109.9	313.37	104
	12.0	192	34.4	451.40	80.9
	15.0	185	15.0	706.07	57.0

5.0	15.0	185	207.0	62.83	70.0
	20.0	169	62.6	117.81	43.6
	25.0	174	37.9	188.50	39.9
	30.0	236	36.9	274.89	43.0
10.0	30.0	236	79.8	125.66	42.5
	40.0	217	49.7	235.62	54.0
	50.0	226	39.9	376.99	66.0
	60.0	353	51.1	549.78	79.6
25.0	75.0	379	43.5	867.86	99.6
	75.0			314.16	
	100.0			589.05	
	125.0			942.48	
	150.0			1374.40	

FUENTE: TESIS DE GRADO

- **Sondeo Eléctrico Vertical No.5.** Localizado al Noroccidente del pueblo frente al lote de la casa cural, sobre el Depósito Cuaternario de Paleosuelo (Véase Anexo 5). Su principal objetivo es determinar el espesor del depósito y correlacionarlo con los demás SEV.
Dirección N11°E; profundidad 15 m.

Los valores de resistividad obtenidos se muestran en la Tabla No. 1-14; La interpretación es la siguiente:

S. E. V. No. 5

Capa	Profundidad (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm-m)	Interpretación
I	0 - 0,5	0,5	360	Suelo
II	0,5 - 2,5	2,0	320	Arenas secas
II	2,5 - 15	12,5	46	Arenas y gravas con agua; intercalaciones de arcillas
IV	15 - ?	?	320	Rocas metamórficas

FUENTE: TESIS DE GRADO

TABLA No. 1-14
VALORES DE RESISTIVIDAD DEL SEV NO. 5

Fecha :					
Proyecto : Busbanzá					
Operador : G. Garcés					
S. E. V. No. 05					
MN/2 M	AB/2 m	I (mA)	ΔV (mV)	K (m)	p (Ohm-m)
	1.5	227	11620	6.28	321
	2.5	163.8	2620	18.85	301
	4.0	134.8	568	49.48	208
	6.0	141.8	189.3	112.31	150

0.5	8.0	242.3	76.8	200.28	108
	10.0	115.5	32.7	313.37	88.7
	12.0	104.6	17.2	451.40	74
	15.0	150	13.9	706.07	65.4
5.0	15.0	152	127.0	62.83	52.5
	20.0	290	127.8	117.81	52.0
	25.0	207	61.1	188.50	54.7
	30.0	205	46.5	274.89	62.0
10.0	30.0	209	97.4	125.66	58.5
	40.0	319	99.7	235.62	73.6
	50.0	326	73.8	376.99	85
	60.0	522	98.5	549.78	98
	75.0	147	19.9	867.86	117
	100.0	440	44.2	1555.09	156
25.0	75.0			314.16	
	100.0			589.05	
	125.0			942.48	
	150.0			1374.40	

FUENTE: DATOS DEL ESTUDIO.

- **Sondeo Eléctrico Vertical No. 6.** Se localizó al sur del centro urbano, sobre el depósito cuaternario fluviolacustre (Véase Anexo 5). Se llevó a cabo para determinar la variación del espesor del depósito y correlacionarlo con los SEV No. 1 y 2.

Dirección N61°W; profundidad 28 m.

Los valores de resistividad obtenidos se muestran en la Tabla 1-15; La interpretación es la siguiente:

S. E. V. No. 5

Capa	Profundidad (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm-m)	Interpretación
I	0 - 0,5	0,5	160	Suelo arenoso
II	0,5 - 1,5	1,0	140	Arenas arcillosas secas
III	1,5 - 8	6,5	23	Arcillas y limos
IV	8 - 28	20,0	46	Arenas y gravas con agua, intercalaciones de arcillas
V	28 - ?	?	280	Rocas metamórficas

FUENTE: TESIS DE GRADO

**TABLA No. 1-15
VALORES DE RESISTIVIDAD DEL SEV NO. 6**

Fecha :					
Proyecto : Busbanzá					
Operador : G. Garcés			S. E. V. No. 06		
MN/2 M	AB/2 m	I (mA)	ΔV (mV)	K (m)	ρ (Ohm-m)
0.5	1.5	342	7670	6.28	140.8
	2.5	337	2030	18.85	113.5
	4.0	228	361	49.48	63.0
	6.0	358	123.8	112.31	38.8
	8.0	346	53.8	200.28	31.1
	10.0	307	28.3	313.37	28.9
	12.0	235	15.2	451.40	29.2
	15.0	179	8.0	706.07	31.5
5.0	15.0	179	63.5	62.83	22.3
	20.0	234	53.2	117.81	26.8
	25.0	164	27.4	188.50	31.5
	30.0	380	50.7	274.89	36.7
	40.0	171	16.2	494.80	46.9
	50.0	165	12.1	777.54	57.0
	60.0	330	19.8	1123.12	67.4
	75.0	116	5.5	1759.29	83.5
10.0	30.0			125.66	
	40.0			235.62	
	50.0			376.99	
	60.0			549.78	
	75.0			867.86	

FUENTE: TESIS DE GRADO

- **Sondeo Eléctrico Vertical No. 7.** Situado al suroriente de la población sobre el depósito cuaternario fluviolacustre, a 100 m de la vía que conduce a Corrales (Véase Anexo 5). Se realizó con el fin de determinar la variación en el espesor del depósito fluviolacustre hacia el oriente del área y correlacionarlo con los SEV No. 1, 2 y 6.

Dirección N73°W; profundidad 29 m.

Los valores de resistividad obtenidos se muestran en la Tabla 1-16; La interpretación se presenta a continuación.

S. E. V. No. 7

Capa	Profundidad (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm-m)	Interpretación
------	--------------------	----------------	-------------------------	----------------

I	0 - 0,5	0,5	34	Suelo
II	0,5 - 1,5	1,0	13	Arcillas y arenas
II	1,5 - 29	27,5	34	Arenas y gravas con agua; intercalaciones de arcillas
IV	29 - ?	?	340	Rocas metamórficas

FUENTE: TESIS DE GRADO

TABLA No. 1-16
VALORES DE RESISTIVIDAD DEL SEV NO. 7

Fecha :					
Proyecto : Busbanzá					
Operador : G. Garcés			S. E. V. No. 07		
MN/2 m	AB/2 m	I (mA)	ΔV (mV)	K (m)	p (Ohm-m)
0.5	1.5	245	2100	6.28	24.0
	2.5	230	435	18.85	19.2
	4.0	218	113.3	49.48	25.7
	6.0	180	41.5	112.31	25.9
	8.0	330	45.0	200.28	27.6
	10.0	322	29.6	313.37	28.5
	12.0	219	14.7	451.40	30.3
5.0	15.0	273	12.8	706.07	33.0
	15.0	273	118.5	62.83	27.3
	20.0	355	94.1	117.81	31.2
	25.0	272	51.2	188.50	35.5
	30.0	337	48.4	274.89	39.5
	40.0	533	52.8	494.80	49.0
	50.0	448	34.4	777.54	59.7
10.0	60.0	285	17.6	1123.12	69.0
	75.0	327	15.3	1759.29	82.0
	30.0			125.66	
	40.0			235.62	
	50.0			376.99	
	60.0			549.78	
	75.0			867.86	

FUENTE: TESIS DE GRADO

Análisis de resultados. Se determinaron cuatro o cinco capas (dependiendo de la distancia del SEV, respecto a los cerros adyacentes); la Capa No. I corresponde al suelo y es bastante uniforme, la Capa No. 2 es muy variable en resistividad y espesor. La Capa III (únicamente determinada en los SEV No. 1 y 6) parece que es la menos saturada, presenta resistividades entre 23 y 36 Ohm-m con un espesor comprendido entre 6,5 y 10 metros, por lo cual se ha interpretado como constituida de arenas y gravas poco saturadas con

intercalaciones de arcillas. La Capa IV, con resistividades entre 25 y 38 Ohm-m y con un espesor aproximado de 20 metros, ha sido interpretada como conformada por arenas y gravas con agua e intercalaciones de arcillas. Si las resistividades son bajas, posiblemente las arenas y gravas no son muy limpias, predominando las matrices arcillosas. De todas maneras la Capa IV es la única con características hidrogeológicas de un acuífero de regular calidad. La capa V, la constituye el basamento y no presenta la mínima posibilidad de almacenar y transmitir agua.

1.1.14. ANALISIS HIDROGEOLOGICO

Con base en la información geológica, hidrológica, geofísica e hidrogeológica, se elaboró el mapa hidrogeológico adjunto (Anexo 5), en el cual se muestra la distribución de las diferentes rocas permeables e impermeables.

El acuífero principal corresponde al depósito fluviolacustre de la Quebrada Floresta que tiene un ancho promedio de 500 m. y un espesor aproximado de 35 metros, el cual ocupa la parte topográficamente más baja del área estudiada.

Existen otras rocas potencialmente acuíferas que corresponden a las areniscas de la Formación Tibasosa pero que se hallan relativamente a gran distancia del casco urbano del municipio, con un buzamiento desfavorable para su aprovechamiento en el subsuelo de Busbanzá.

Modelo Hidrogeológico Conceptual

Los resultados de los criterios geológicos, hidrológicos y topográficos antes expresados permiten determinar, en forma aproximada, la existencia de flujos de agua subterránea y su dirección preferencial, almacenados en los materiales de los depósitos cuaternarios catalogados como acuíferos, cuya recarga es producto del agua lluvia infiltrada y de los flujos superficiales.

Se deduce que la circulación del flujo subterráneo está controlada por las rocas del complejo ígneo-metamórfico en profundidad. Se evidencia además, que el flujo de agua subterránea, que alimenta los puntos inventariados y considerados como permanentes, sigue una dirección principal que corresponde a la divisoria de aguas en superficie: Una en dirección N-S desde la Vereda Quebradas y la otra en dirección SW-NE siguiendo la pendiente de la corriente de la Quebrada Floresta (Véanse Mapas 6 y 5 Mapa Geológico e Hidrogeológico).

En los cortes hidrogeológicos, se presenta el Modelo Hidrogeológico conceptual, en el cual se puede apreciar el comportamiento regional del agua subterránea.

En el acuífero de la Formación Tibasosa (Kit), el agua lluvia se infiltra y fluye siguiendo el buzamiento de los estratos en dirección sureste alejándose del área urbana del municipio de Busbanzá.

Los niveles permeables del depósito fluviolacustre, cuyo espesor total es del orden de los 35 metros, son recargados parcialmente por infiltración del agua lluvia y por la Quebrada Floresta, especialmente en la época de lluvias y a través de los suelos y zonas permeables. La buena permeabilidad de estos depósitos que constituyen el acuífero, al igual que la permeabilidad secundaria por la alta meteorización y fracturamiento de las rocas subyacentes del complejo ígneo-metamórfico, dan origen a la formación de manantiales, después de la infiltración de las aguas lluvias y saturación del subsuelo, permitiendo la circulación de éstas en superficie.

El resto de formaciones presentes en la región son consideradas como acuicleros o acuitardos, a través de las cuales no es de esperarse que se presentes flujos importantes de agua subterránea.

Opciones de Perforación

De acuerdo a los resultados del estudio los SEV Nos.2, 3 y 6, presentaron las mejores condiciones para el aprovechamiento de agua subterránea. Lo cual efectivamente se comprobó mediante la apertura de dos pozos (Sev 3 y 6), que son los que en la actualidad surten de agua para consumo, tanto al casco urbano como a los habitantes de la vereda El Tobo. Sin embargo, los caudales esperados no se cumplieron y se ve la necesidad de realizar la construcción del tercer pozo en el SEV 2

El sitio del SEV No. 7 presenta también condiciones favorables para ser considerado dentro de las opciones de perforación, pero su apreciable distancia a los tanques de almacenamiento requiere de una conducción más larga que la de los SEV 2, 3 y 6.

Los sitios de los SEV No. 1, 4 y 5 no se consideran como posibles sitios de aprovechamiento de agua subterránea, por el menor espesor de la capa IV.

1.1.15. EVALUACION DE AMENAZAS NATURALES

Las condiciones topográficas, geomorfológicas y de clima, generan en un municipio como Busbanzá problemas serios y peligrosos, o como lo llama la Dirección Nacional para la Prevención de Desastres, **AMENAZAS NATURALES**, que pueden definirse como la posibilidad de ocurrencia de un fenómeno natural determinado durante un cierto lapso en un lugar específico. Se trata de los fenómenos causantes de las catástrofes tales como, deslizamientos, inundaciones, erupciones volcánicas, sismos, incendios forestales, etc. Es importante indicar que en muchos casos la intervención humana ha provocado un aumento de la amenaza.

Además del concepto de amenaza es importante conocer el de vulnerabilidad. En este caso, se trata de la resistencia que ofrece una obra en particular a la acción de una amenaza; infraestructura, vidas, vivienda, etc.

Teniendo claro estos dos conceptos, se pasa al de riesgo que corresponde al producto de las anteriores. Por lo tanto la evaluación del riesgo natural de una población implica determinar cada una de las amenazas a las cuales está sometido cada uno de sus componentes. Evidentemente se trata de una tarea bastante dispendiosa, pero muy indispensable, para las edificaciones más importantes.

Afortunadamente existe la posibilidad de mitigar el riesgo. Medidas como el control de aguas en la zona de deslizamiento, disminución de las pendientes peligrosas, construcción de obras civiles de protección o siembra de árboles en una cuenca, para evitar inundaciones que reduzcan la posibilidad de ocurrencia del fenómeno.

El manejo racional del medio ambiente implica por lo tanto, al elaborar un plan de uso del suelo, el conocer en forma adecuada las ventajas (recursos) e inconvenientes (amenazas), que tenga un terreno en particular.

En Busbanzá se distinguieron estos tipos de amenazas (Ver Mapa 11 Mapa de Amenazas Naturales)

Amenazas por Fenómenos Climáticos

Las alteraciones climáticas que se vienen presentando en nuestro territorio, afecta al medio natural y en particular al ciclo hidrológico. Este fenómeno hace referencia a la aparición recurrente, mas no periódica, de épocas

extremadamente secas, alternándose con otras demasiado húmedas, situación que constituye una amenaza natural debido a la ocurrencia de incendios forestales, heladas o inundaciones.

- **Sequías e Incendios Forestales Amenaza Baja (A-BIf)**

El Municipio de Busbanzá, aun cuando no cuenta con áreas importantes de bosques, presenta amenaza baja por incendios forestales, sobre todo en aquellas áreas como la Vereda de Quebradas, parte alta de Cusagota y Tonemí, en donde las fuertes sequías ayudadas por la acción del viento quemar el rastrojo y los pocos árboles existentes. Además de lo anterior, los ecosistemas (suelo, flora, fauna, agua, etc.) se ven comprometidos conjuntamente con la comunidad rural circundante.

La amenaza por incendios forestales se categoriza como amenaza baja, pues la cobertura vegetal es escasa y además se ha trabajado mucho con la comunidad para evitar este tipo de catástrofes.

El principal fenómeno asociado a condiciones de sequía es el aumento de la susceptibilidad de la vegetación a la ocurrencia de incendios. Las condiciones de susceptibilidad aumentan por la realización de prácticas agrícolas inadecuadas, fogatas realizadas por visitantes a áreas naturales y durante las actividades de mantenimiento y construcción vías.

Las reducciones en la precipitación, que por promedio de 811 mm/año es ya bastante baja, producen una disminución generalizada en la humedad sub-superficial, igualmente causa disminución en los rendimientos hídricos afectando la oferta hídrica para el consumo. Los posibles impactos ambientales están dirigidos hacia: La estructura vegetación-suelo, ecosistema terrestre, fauna y el ecosistema forestal por incendio. Además del impacto socioeconómico en los sectores agropecuario, agua potable, salud y asentamientos humanos.

Los factores climáticos, en particular precipitación y humedad natural, inciden directamente sobre la productividad de los cultivos, de acuerdo con las diferentes necesidades de cada uno de ellos y sus respectivas resistencias al estrés hídrico (por defecto o por exceso).

Los fenómenos de sequías han causado impacto principalmente sobre la población rural que se traduce en:

- Inseguridad alimentaria por perdida de cultivos transitorios de pancoger que ha generado un desabastecimiento de alimentos.
- Escasez de agua para consumo humano y animal.
- Desnutrición y aparición de enfermedades endémicas.
- Pérdidas económicas e incremento del nivel de desempleo, aumentando la migración campo-ciudad, con las consecuencias sociales inherentes.

- **Inundaciones Amenaza Media (A-MIq)**

Las inundaciones en Busbanza son muy esporádicas y su magnitud es media, no afectando en gran medida al hombre ni animales domésticos por tal razón se clasifica como amenaza media.

Por exceso de agua y según el grado de intervención humana, algunas zonas estarán afectadas por inundaciones. Cabe anotar que para analizar esta amenaza, no se considera la totalidad de las estaciones utilizadas para el análisis hidrológico puesto la mayor parte están muy alejadas del área de interés.

Los registros meteorológicos entre 1991 y 1998 de la estación de Beteitiva, la más cercana al Municipio de Busbanzá indica un valor anual máximo de precipitación de 853 mm en el año de 1994 y un valor mínimo de 466 mm en el año de 1997. Los meses más lluviosos son Marzo, Abril, Mayo y Septiembre, Octubre y Noviembre con valores medios hasta de 95,9 mm, la humedad relativa media de la región es baja.

Aun cuando el valor promedio de precipitación es bajo, se ha presentado aguaceros, que han originado inundaciones, desbordes y socavamiento leve de taludes con pérdidas de cultivos y pastos.

El área critica la constituye el valle fluviolacustre, por donde circula la quebrada Floresta que en tiempo de fuerte invierno aumenta su caudal y algunas veces puede considerarse como un torrente. Este aumento de caudal aunque no es considerable, constituye una amenaza puesto que el cauce es muy angosto. La misma situación ocurre en el valle fluvial de la quebrada Aika.

Amenaza Alta por Desección de Pantanos (A-ADp)

Son pocas los humedales existentes debido a la alta intervención humana y la falta de legislación al respecto, a pesar de ser uno de los ecosistemas de mayor importancia para la comunidad.

Siendo la región altamente deficitaria del recurso hídrico los humedales existentes deben ser protegidos estratégicamente por tal razón esta es una amenaza alta.

Este fenómeno se presenta en el valle fluvio lacustre de la quebrada Floresta, que parece presentar un nivel freático colgado, es decir en el perfil del valle ocurre un nivel arcilloso que no permite que el agua captada por esta microcuenca, en tiempos de invierno, se infiltre en el terreno, sino que se acumule en superficie.

Amenaza Baja por Contaminación Hídrica (A-BCh)

Uno de los mayores contaminantes de los causes de agua en la región son el vertimiento de residuos líquidos de áreas pobladas, siendo para Busbanza amenaza media por su regular volumen vertido a la quebrada floresta y además que su tratamiento no es muy costoso por sus bajos volúmenes.

Este tipo de amenaza hace referencia específicamente a la contaminación causada en la quebrada Floresta, debido a que es la receptora de las aguas negras, tanto el Municipio de Busbanzá como de los predios por donde esta corre en el Municipio de Floresta (Ver tabla No. 63 Análisis fisicoquímico y bacteriológico Quebrada Floresta)

Es bien sabido que el cólera, la fiebre tifoidea y otras infecciones genéricas son transmitidas mediante el agua, y que las aguas negras contienen frecuentemente los agentes causantes de las enfermedades. Se considera por lo tanto, que la contaminación del agua es producida por la introducción o emisión en ella de organismos patógenos o sustancias tóxicas que la hacen inapropiada para la salud. En un sentido similar, la polución del agua significa la introducción a ella de sustancias que menoscaban su utilidad o la hacen ofensiva a los sentidos de la vista, gusto u olfato.

Teniendo en cuenta que la población recibe agua para muchos fines: Uso potable y culinario, lavado y baños, aseo general, riego, abrevaderos; es importante considerar que para eliminar estos desechos caseros se debe contar con sistemas de alcantarillados o de evacuación, higiénicos y no solo con un

receptor que se convierte tarde o temprano en verdaderos focos infecciosos, contaminando la mayor parte de drenajes superficiales y subsuperficiales.

Esta amenaza es crítica en Busbanzá, puesto que el municipio se abastece para el consumo doméstico de pozos superficiales de solo 40 metros de profundidad, que de una u otra manera podrían contaminarse. Para la preservación de la calidad del agua, se debe realizar una evacuación segura de las aguas residuales adecuadamente tratadas a las corrientes receptoras, de otra manera el sistema colector simplemente transfiere los peligros y molestias longitudinalmente desde las inmediaciones de las casas de habitación a los canales de drenaje.

Aun cuando la apariencia desagradable de las aguas negras no tiene un significado higiénico directo, es objetable y deberá considerarse para mitigar esta amenaza mediante el diseño y operación de un sistema de evacuación de las aguas residuales.

Además de la transmisión de enfermedades, la polución de la quebrada Floresta, causa deterioro físico, químico y biológico, condiciones ofensivas a la vista y al olfato, destrucción de la fauna acuática, eutrofización o enriquecimiento del contenido nutritivo de pantanos lo cual conduce a la degradación y muerte de tales cuerpos de agua y otros menoscabos del goce y utilidad de las aguas naturales para recreación y agricultura.

Amenaza por Desechos Sólidos (A-BRS)

Desde el punto de vista del tratamiento actual de los RS en el municipio se considera amenaza baja, teniendo en cuenta el bajo volumen y las campañas hechas para reciclar la mayor parte posible.

En el Municipio de Busbanzá, el manejo de las basuras ha representado un problema para la comunidad, ya que por razones económicas la Administración Municipal ofrece un servicio de aseo y recolección deficiente, circunstancia que afecta la calidad de vida de la población, quienes se ven frente a los problemas de contaminación, enfermedades, epidemias, malos olores y contaminación visual.

Los desechos sólidos (basuras) producidos diariamente deben recolectarse y disponerse en un sitio higiénicamente seguro, situación que no se está cumpliendo en Busbanzá, sino que se recogen y se lanzan en un lote ubicado

cerca del parque principal a (100 m) por la carretera hacia Floresta, ocasionando una amenaza por la contaminación anteriormente enunciada.

Aunque la cantidad de desechos producidos no es de gran escala, debido a la escasa población en el casco urbano, se le debe dar la máxima importancia para ofrecer una solución definitiva al problema de manejo y disposición de las basuras.

Amenaza Sísmica Alta (A-ATrr)

La amplia y compleja variedad de las características de los sismos exceden cualquier intento de consideración así sea incompleto, para un estudio con el alcance previsto para éste.

Continuamente está ocurriendo un proceso de acumulación lenta de energía elástica en la corteza terrestre o en la atmósfera debido a la deformación progresiva de la superficie terrestre, esta acumulación de energía esta representada por un campo de esfuerzos y deformaciones que ocupa un cierto volumen.

La liberación súbita de la energía elástica acumulada constituye el origen de un evento sísmico ya sea temblor o terremoto, evento al cual se asignan dos parámetros para su ubicación; el foco que es la coordenada del campo de esfuerzos donde se inicia la liberación de energía y el epicentro que es la proyección del foco sobre la superficie de la tierra.

La distribución de la sismicidad en Colombia (Ver Figura No. 18), que es una recopilación de todos los epicentros conocidos y medidos, debe tomarse con cautela en vista de la imprecisión que pueden presentar en referencia a su ubicación, por la mala distribución de las estaciones simológicas. No obstante esta información es de gran utilidad para evaluar el riesgo sísmico local.

La distribución de los epicentros presentados en esta figura tiene concentraciones notables que no son fortuitas. Se observa una concentración al nor-oriente de la zona andina en el Departamento de Boyacá, donde se localiza el Municipio de Busbanzá, esta situación clasifica a este Departamento en una zona de riesgo sísmico alto. (Véase Figura No. 19)

Amenaza Alta por Erosión (A-AE1)

La erosión comprende desprendimientos, transporte y posterior depósito de materiales de suelo o roca por acción de la fuerza del agua en movimiento. El proceso se inicia por el despegue de las partículas debido al impacto de la lluvia, adicionalmente ocurre el proceso de flujo superficial en el cual las partículas removidas son incorporadas a las corrientes y transportadas talud abajo.

- **Erosión Laminar:** El proceso anterior descrito se desarrolla continuamente sobre la mayor parte del área del Municipio de Busbanzá dado que se encuentra desprotegida de cubierta vegetal. Considerando que la erosión es una función directa del poder erosionante del agua y de la erosionabilidad del suelo, esta zona se considera muy vulnerable a esta amenaza puesto que se dan las condiciones severas para que estos materiales sean fácilmente transportados esto es: Superficies desnudas y meteorización intensa, de las formaciones superficiales. Aun cuando el primer factor, el de las lluvias, no es tan intenso de acuerdo a las datos hidrometeorológicos, cualquier lluvia de mediana intensidad y poca duración conlleva a que la erosión laminar se una constante de estos terrenos.

El fenómeno se agrava si consideramos aquellas zonas que se utilizan para el laboreo de la agricultura, en donde se ha considerado que hasta cincuenta metros cúbicos de suelo es removido por hectárea en una lluvia fuerte de una hora de duración.

- **Erosión en surcos:** Cuando el terreno tiene pendientes de más del 2%, como en Busbanzá la acción de la lluvia y el flujo de agua generado en la dirección principal de la pendiente forma pequeños surcos por la acción de la escorrentía que transporta estos materiales previamente desprendidos. Sin embargo, estos surcos pueden eliminarse fácilmente con la utilización de los equipos de arado.

Los surcos paralelos forman una red de drenaje, en la cual los surcos más profundos rompen la divisoria de los surcos más pequeños llevando el agua al punto más bajo. Su efecto es que talud abajo es mayor su espaciamiento y la profundidad predominante es la de los surcos de mayor poder erosivo, los cuales, si la cobertura vegetal y de raíces no es muy fuerte, pueden romper la vegetación.

- **Erosión en Cárcavas:** Al profundizarse y ampliarse los surcos de erosión se convierten en cárcavas, las cuales ya no pueden ser eliminadas con prácticas agrícolas, sino que requieren de obras de corrección.

Esta situación se observa en los materiales que presentan propiedades de resistencia baja, como los paleosuelos aflorantes en la Vereda Quebradas, Quebrada Guasavita, Zanjón el Arenal, Cañada Potreros y el Zanjón Tobacá. También en el substrato rocoso del complejo ígneo–metamórfico, que por su acelerada meteorización mecánica, sus materiales son de fácil remoción.

Inicialmente estas cárcavas se profundizan hasta lograr una pendiente de equilibrio por razones geológicas o propias del proceso erosivo y luego inician un proceso de erosión remontante, es decir avance lateral, hacia arriba mediante la ocurrencia de pequeños desprendimientos.

Controlar la erosión en cárcavas es difícil, hasta ahora el método más efectivo es la revegetalización con estructuras que favorezcan su crecimiento; mallas, yute, piedra o madera controlan provisionalmente la erosión mientras se establece la vegetación.

1.1.16. ZONIFICACION ECOLOGICA

Siendo la ecología la relación de los organismos vivos con el medio, es importante analizar los factores que pueden ocasionar su desequilibrio. El Municipio de Busbanzá ha sido víctima de del mal manejo de los recursos naturales no renovables; la tala de bosques, las quemas, la caza, la contaminación tanto del medio ambiente como del agua, principalmente de la quebrada Floresta, es la respuesta inmediata a este mal manejo. Además como se observa de los datos hidrometeorológicos y del plano de isoyetas (Véase Anexo 3 Mapa de Isoyetas), la región está afectada por la falta de agua o la mala distribución de la precipitación, siendo más notoria en los últimos tiempos a causa de la perturbación de los factores climáticos que influyen directamente en la regulación de la misma.

Los suelos con erosión severa y muy severa se presentan en las áreas donde afloran las Asociaciones Tonemí y Dinamón, mientras que la erosión lineal moderada se presenta en las restantes, como son las asociaciones Vivas, La Chapita, el Misceláneo Rocosó y el Misceláneo Erosionado, lo cual refleja el grado de desequilibrio en que se encuentra la región.

Se deben adelantar campañas para de inmediato iniciar programas de recuperación y educación para controlar el avance de este fenómeno, que de seguir al ritmo que lleva, en corto tiempo se extendería, llegando incluso a ser irreparable por los altos costos económicos que esto conllevaría.

El principal factor determinante del paisaje es el clima, aspecto bajo el cual se realizará la zonificación ecológica para el Municipio de Busbanzá. (Ver Mapa 9 de Zonificación ecológica). En segundo término, se considera la geomorfología y la clasificación agrológica, incluyendo tanto la cobertura como el uso de los suelos.

De acuerdo a las condiciones climatológicas se definieron dos zonas de interés ecológico:

➤ **Zona de Bosque Seco Montano Bajo (bs - MB)**

Con temperatura media de 15.3 grados centígrados, con precipitación anual promedio de 811mm; se localiza en zonas con pendientes entre 30 y 45%, se distribuye en el área perimetral del municipio, desarrollada sobre estratos arenosos y calcáreos y en el complejo ígneo-metamórfico. Presenta suelos moderadamente profundos a superficiales, ligeramente compactados, con buena retención de humedad y permeabilidad moderada, bien drenados y con erosión moderada. En general dichas zonas presenta alto déficit de humedad, durante la mayor parte del año.

Dentro de esta zona se delimitaron las siguientes unidades de paisaje:

- **Unidad AD1:** Es una unidad que presenta cobertura muy degradada en algunos casos pedregosa con erosión severa hasta presentar cárcavamiento, normalmente permanece con vegetación natural de matorrales o bosques poco densos.
- **Unidad AD2:** Es una unidad que presenta cobertura degradada, pedregosidad y erosión severa, presenta vegetación herbácea y se desarrollan actividades extractivas de caliza.
- **Unidad AD3:** Presenta ausencia de cobertura en la mayor parte del área, en menor proporción la vegetación característica es herbácea y arbustiva y cultivos tradicionales como maíz, trigo y cebada. Presenta erosión severa.
- **Unidad AD4:** Con escasa a nula cobertura vegetal, presenta áreas quebradas y escarpadas, que ayudada por las lluvias intensas, pero esporádicas facilitan la escorrentía y la erosión. Localmente presentan pedregosidad superficial, lo cual los hace poco aptos para la agricultura.

➤ **Zona de Bosque Húmedo Montano Bajo (bh - MB)**

Se localiza en los alrededores del valle de la quebrada Floresta con una temperatura igual a la zona seca, con precipitación promedio de 900mm. Se localiza en zonas con pendientes de 0 a 30% y se distribuyen a lo largo de la Quebrada Floresta, la zona productiva de las veredas Quebradas, Tonemí y El Tobo. Se limitaron las siguientes unidades de paisaje:

- **Unidad AC1:** Es una unidad con pendientes planas a ligeramente planas con cobertura de pastos naturales en la parte baja y en laderas con cultivos tradicionales. Presentan niveles freáticos altos esporádicamente, erosión ligera y son aptos para la agricultura y la ganadería.
- **Unidad AC2:** Conformados por laderas con cobertura de pastos y cultivos tradicionales, presenta suelos moderadamente profundos cuyo material de origen es el complejo ígneo-metamórfico. Sus suelos presentan buen drenaje, poca retención de humedad y erosión moderada.
- **Unidad AC3:** Conformado por laderas con cobertura de arbustos, suelos moderadamente profundos algunas veces presenta fragmentos rocosos, generalmente de areniscas y calizas. Presenta especies vegetales de muelle, hayuelo y dividivi. Presenta erosión moderada a severa con aptitudes agrícolas restringidas a manejos agronómicos adecuados.
- **Unidad AF1:** Corresponde a áreas planas ligeramente inclinadas depositadas por la acumulación de sedimentos fluviolacustres, cubiertas generalmente por pastos naturales. Presenta suelos pobremente drenados con nivel freático elevado y con vegetación predominante de junco, kikuyo y paja.
- **Unidad AF3:** Corresponde a áreas montañosas con cobertura herbácea, con suelos moderadamente profundos, presenta erosión moderada fisiográficamente corresponde al denominado cerro de la cruz y esta destinado a la recreación y es un centro turístico potencial.
- **Unidad AD4:** Corresponde a las zonas de bosques plantados, aptos para la conservación y protección, moderadamente aptos para la revegetalización y el turismo ecológico.

- **Unidad AD8:** Se localizan al norte del Municipio de Busbanzá en la Vereda Quebradas, presenta formas onduladas compuestas por detritos del complejo metamórfico. Sus suelos son bien drenados con poca a baja capacidad de retención de agua. Su morfología y la escorrentía han originado erosión severa y cárcavamiento.
- **Unidad AD10:** Corresponde al área urbanizada de Busbanzá e incluye el casco urbano hasta el límite con la Vereda El Tobo. Presenta deficiencia en servicios públicos y baja cobertura vial.

1.1.17. ECOSISTEMAS

1.1.17.1. ECOSISTEMAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

Los ecosistemas del municipio de Busbanza Boyacá son variados y están dominados por los sistemas terrestres y algunos acuáticos como charcas, humedales, quebradas, nacimientos, etc. Dentro de los terrestres y de mayor importancia tenemos los subpáramos secos y húmedos, bosques andinos altamente intervenidos y por ende la dinámica de matorrales, pastizales, bosque regenerativo por la intervención humana, conformando las diferentes mezclas de la región.

Fauna

La vida animal en un ecosistema depende de la cantidad de alimento, de las condiciones climáticas especialmente temperatura y humedad y de los substratos en los cuales viven los animales como vegetación suelo, agua, rocas. Los animales se desplazan y buscan condiciones favorables casi siempre las zonas altas ofrecen menos condiciones que las zonas bajas. Debido a que los factores van haciéndose más drásticos a medida que aumenta la altura.

Los animales constituyen generalmente, el último eslabón de la cadena trófica y dependen de las posibilidades que les ofrecen los hábitat y la oferta de alimento representada en plantas, materia orgánica humus etc.

A diferencia de los bosques alto andinos, en los páramos, la fauna es menos variada y rica en taxas superiores. La fauna local es muy pobre debido a la escasa oferta alimentaria que le ofrece los ecosistemas altamente intervenidos y complementado con al caza indiscriminada que ha sufrido.

Ante la alta intervención del hombre sobre sobre los ecosistemas locales se hace necesaria su recuperación a partir de la educación ambiental impartida en la generaciones actuales, que serán las únicas que logran el aumento de la biodiversidad propiciando condiciones favorable para su desarrollo, menguando las condiciones extremas propiciadas por el hombre como por ejemplo la pérdida de cobertura vegetal, el incremento de la temperatura, la caza, la colonización de los paramos y subparamos, diseño de una agricultura sostenible sin romper los corredores de la fauna, etc.

La Edafauna

La micro, meso y macrofauna como organismos formadores del suelos de páramo ha sido muy poco estudiada en nuestro país.

La mayor población se registra en los horizontes O y A, las lombrices de tierra llegan a constituir la mayor biomasa en el suelo. La edafogénesis, descomposición de la hojarasca el intercambio de nutrientes, la respiración y la fijación del nitrógeno y la acción de las micorrizas en la captura de nutrientes son entre otras, acciones efectuadas por la mengua de los organismos de suelo, por lo que toca al medio terrestre los factores del medio edáfico son los que favorecen el desarrollo de la fauna, siendo entre otros: la permeabilidad del suelo, la profundidad, la composición mineralógica y química, la altura del nivel freático y textura y estructura de los suelos. Lo anterior demuestra la gran importancia que tiene el recuperar los suelos que se les rompió su equilibrio para ser incorporados a medio productivo y generador por sí solo de biomasa.

1.1.17.2. RELACIÓN DEL ECOSISTEMA ANDINO Y PÁRAMO

Colombia país de cinco grandes regiones y una de ellas llamada Región Andina posee el 78% de población del país y directamente la zona de vida de clima frío que tiene una estrecha relación con el ecosistema de páramo y subparamo, que es donde vive y trabaja las comunidades campesinas, además provee de agua a los poblados y grandes ciudades.

En estas zonas las condiciones climáticas y de suelo determinan la necesidad de hacer rotación de cultivos para optimizar la producción de alimentos.

Las regiones de alta montaña de la cordillera Oriental incluyendo los páramos, han sufrido procesos de colonización desde la época colonial. En la actualidad estas zonas son espacios productivos intensamente dedicados al cultivo de la papa y gramíneas, en forma extensiva hacia la producción de leche y carne de bovinos. Lo anterior con el objeto de introducir a Busbanza dentro del gran ecosistema Andino y posteriormente adentrar en un ecosistema típico de la zona que es el de bosque seco andino.

Ecosistemas del Bosque Seco Andino

En la zona del bosque seco andino se presenta matorrales desarrollados en áreas de ladera, sabanas y colinas con periodos prolongados de sequía actualmente, en el que la vegetación experimenta deficiencia de agua y la mayor parte del dosel arbolado pierde su follaje, en la época de lluvias recupera su aspecto exuberante, (Hernandez, 1990, Atlas Ambiental de Santander). Considerado como el resultado de la interacción de factores climáticos, edáficos, pastoreo, fuego e influencia antrópica, su fisonomía es variada y el tipo de vegetación predominante, son grupos de especies solitarias indicadoras de lo que fue el bosque seco, matas de gramíneas, matorrales y arbustos.

En las sabanas y laderas de colinas en confluencia al valle se presentan especies de árboles que son bajos, curvados, caducifolios y de hojas gruesas como cactáceas, penco, Motua, Dividivi, cardones, Sangregado, espino y corono etc.

Estas especies arbustivas y achaparrados de la región con caracteres xeromórficos que son más notorios debido a que la precipitación anual menor y por ende mayor en los meses secos.

Es considerado como zonoecotono o bioma de transición entre el alternohigrico tropical y desierto tropical (Hernández, 1990, en Atlas ambiental de Santander). Su vegetación es baja y abierta, generalmente en un solo estrato, con alturas entre los 4 y los 8 metros, pobre en número de especies, son frecuentes las espinas para protegerse de los herbívoros.

Existe una presencia de cactáceas, agavaceas y por capacidad de fijar nitrógeno predominan las leguminosas.

Es típico en áreas correspondientes a la zona árida del municipio

TABLA No. 2 - 38
LISTA DE ALGUNAS ESPECIES DEL ECOSISTEMA BOSQUE SECO ANDINO
BUSBANZA

N. COMÚM	FAMILIA	N. CIENTÍFICO	Propagación
Dividivi	CAESALPINACEAE	<i>Caesalpinea spinosa</i>	Semillas
Choco, acacia	MIMOSACEAE	<i>Acacia farnesiana</i>	semillas
Drago	EUPHORBIACEAE	<i>Croton spp.</i>	semillas
Aliso	BETULIACEAE	<i>Alnus acuminata</i>	Semilla
Flor azul	FABACEAE	<i>Dalea sp.</i>	Semillas
Espino	FLACOURTIACEAE	<i>Xilosma spiculiferum</i>	Semillas
Espino	VERBENACEAE	<i>Duranta mutisii</i>	Semilla
Cucubo	SOLANACEAE	<i>Solanum sp.</i>	Semillas
Hayuelo	SAPINDACEAE	<i>Dodonea viscosa</i>	Semillas
Motua	AGAVACEAE	<i>Agave americana</i>	Semilla
Fique	AGAVACEAE	<i>Agave americana.</i>	Semillas
Fique	AGAVACEAE	<i>Fourcurea cabuya.</i>	Semillas
Tomatillo, Uchuvilla	SOLANACEAE	<i>Solanum sisymbriifolium</i>	Semilla
Tuna de sabana	CACTACEAE	<i>Opuntia shumanni</i>	Semillas
Paja	GRAMINEA	<i>Andropogon sp.</i>	Semillas
Pasto	GRAMINEA	<i>Paspalum sp.</i>	Semilla
Carrizo	GRAMINEA	<i>Cortaderea cf. colombiana</i>	Semillas
Guamo	MIMOSACEAE	<i>Iga Sp.</i>	Semillas
Mortiño.	ROSACEAE	<i>Hesperomeles heterophylla</i>	Semillas

E.O.T. Tinjaca Consultoría 1999.

1.2. SUBSISTEMA BIOTICO

1.2.1. CLASIFICACION CLIMÁTICA

La clasificación se hace de acuerdo con los parámetros considerados por la subdirección de agronomía del **IGAC**. Se basa en el análisis de los parámetros hidrometeorológicos que definen el clima, tales como el módulo pluviométrico anual, temperatura y humedad natural. Como resultado se obtiene el mapa de isoyetas (Anexo 3 Mapa de Isoyetas), el cual se elaboró con los datos obtenidos de las estaciones meteorológicas del **IDEAM**, dicho mapa se presenta a escala 1:50.000 y refleja el comportamiento aproximado del clima para el Municipio de Busbanzá, puesto que no se encuentra información disponible para el Municipio ni para los Municipios más cercanos como Floresta y Corrales.

Dentro de este mismo mapa se incluye las curvas isotermas obtenidas del tratamiento de los datos del **IDEAM**. Con estos dos parámetros se observa que se presentan dos unidades climáticas:

- **Unidad de Clima Frío Seco (f-S):** Esta unidad es un piso bioclimático con temperatura media de 15.3°C, precipitación promedio de 811 mm al año. Se localiza desde la cota 2600m en adelante. Es de primordial importancia por que es allí donde nacen las Quebradas Aika, Buntía, Cusagota, las cuales aportan su caudal a los acueductos veredales.
- **Unidad de Clima Frío Semihúmedo:** Se localiza en los alrededores del valle de la Quebrada Floresta, el comportamiento de la temperatura es similar al piso climático anterior, pero presenta mayores humedades en el ambiente. Se localiza sobre la cota 2500m de altura. Las condiciones de humedad son adecuadas sin presentar deficiencias ni excesos, contribuyendo a crear óptimas condiciones para el desarrollo de pastos, sin embargo su topografía plana se ve amenazada por esporádicas inundaciones.

1.2.2. CLIMA Y PRECIPITACION

La región comprendida por el Municipio de Busbanzá, de acuerdo a la clasificación de **HOLDRIDGE L.R.** (1.962) pertenece a una zona de clima frío

seco. En general presenta una temperatura con variaciones muy ligeras, registrándose temperaturas medias de 14,5°C con valores máximos y mínimos de 28,6 y -3°C respectivamente.

La precipitación muestra variaciones notables; una época con períodos secos definidos a lo largo del año en los meses de Diciembre a Febrero y Junio a Septiembre; la época invernal comprende los meses de Marzo a Mayo y de Octubre a Noviembre en estos últimos caen las mayores precipitaciones del año.

De acuerdo a características climáticas, topográficas y fisiográficas principalmente y utilizando el sistema de clasificación de zonas de vida propuesto por **HOLDRIDGE**, la vegetación de la región se delimita como de Bosque seco Montano Bajo (bs-MB). Las talas intensivas, las quemadas y el mal uso dado a los suelos han acabado casi completamente con la vegetación natural y algunas especies están a punto de desaparecer y sólo a orillas de las pequeñas quebradas se encuentran algunas unidades. En la mayor parte del municipio se cultiva maíz, frijol, cebada y papa.

1.2.3. BALANCE HIDRICO

El área de estudio esta conformada tan solo por una arteria fluvial la Quebrada Floresta y por algunas quebradas pequeñas que atraviesan el área de occidente a oriente, entre ellas Quebrada Buntia formada por la unión de las Quebradas Aika y Cusagota y la Quebrada Guascuy, formando cuatro microcuencas hidrográficas que fluyen sus aguas al río Chicamocha a la altura de corrales y Betéitiva, respectivamente (Véase Tabla No. 1-18).

La red hidrográfica de la región pertenece a la vertiente Oriental del río Magdalena. El eje de drenaje en la zona es el río Chicamocha, al cual desemboca la quebrada Floresta, en el Municipio de Corrales, que constituye el patrón principal de drenaje para la zona de interés.

La Quebrada la Floresta pasa por la parte sur del municipio luego de recibir las aguas de otras quebradas y arroyos provenientes de las partes altas al noroeste de la región. En su recorrido recoge las aguas de las quebradas Potreros, Quebradas, Umbita, Gusavita, Grande y los zanjones el Arenal y Tobacá y de la mayor parte de los drenajes que solo conducen aguas en tiempos lluviosos (**Ver Mapa No. 10 Cuencas Hidrográficas**).

El patrón de drenaje predominante es de tipo dendrítico aun cuando en algunos sectores localizados presenta drenaje subdentrítico a rectangular debido a la influencia tectónica.

La red hidrográfica (Ver Mapa No. 10 Mapa de Cuencas Hidrográficas), pertenece a la cuenca de la Quebrada Floresta que cuenta con un área de 11.1399 Ha. y que en el Municipio de Busbanzá se subdivide en cuatro subcuencas a saber :

- **Subcuenca de la Quebrada Aika:** Ocupa una superficie de captación de 453 Ha. y representa 17,78% del área municipal. Se encuentra localizada en la parte norte en límites con los municipios de Betétiva y Floresta, al sur en límites con la subcuenca de la Quebrada Floresta al este con la subcuenca de la Quebrada Buntia y al oeste con el Municipio de Floresta. Esta subcuenca recibe las aguas de la Quebrada Aika y sus drenajes en épocas de invierno, su aporte promedio de agua a la cuenca es de 63.120 m³ al año. Su nivel de aguas máximas esta en 2720 m. En épocas de intenso invierno (muy escasas), puede constituirse como amenaza natural debido a las posibles inundaciones en su valle casi plano.

Las aguas de esta quebrada se proyectan utilizar para el suministro de agua para consumo humano de los habitantes de la Vereda Cusagota, por medio de un sistema combinado gravedad – bombeo, lo cual además de beneficiar a esta población ayuda al control y regulación de las posibles inundaciones.

- **Subcuenca de la Quebrada Buntia:** Ubicada en la Vereda Cusagota, limita por el norte con la Subcuenca Aika por el noreste con el Municipio de Corrales, por el este con la quebrada Guascuy y por el Sur con la Subcuenca de la Quebrada Floresta. Esta subcuenca ocupa una superficie de captación de 260 Ha y representa 10,20% del área del municipio, la subcuenca esta formada por la quebrada Buntia y el nacimiento Cusagota, en cercanía a la escuela de la vereda Cusagota. Presenta un pequeño valle estrecho, los cuales son utilizados en su mayoría para pastoreo y siembra de cultivos tradicionales.

Su aporte promedio de agua a la cuenca es de 31.536 m³ al año y su cota de aguas máximas es 2.550 m.

- **Subcuenca Quebrada Guascuy:** Ocupa una superficie de captación de 160 Ha y representa 6,28% del área municipal, se encuentra localizada en la Vereda Cusagota en el extremo sureste y limita por el norte y oriente con el

Municipio de Corrales por el occidente con la Subcuenca de la Quebrada Buntia y por el sur con la Subcuenca de la Quebrada Floresta. Esta cuenca recibe las aguas de la Quebrada Guascuy y sus drenajes en las épocas de invierno. El nivel máximo de agua de la Quebrada Guascuy esta en 2700 m.

- **Subcuenca Quebrada Floresta:** Se localiza en las veredas de Quebradas, Tobo y Tonemí, ocupando un área de 1.675 Ha. que representa el 65,74% del área municipal, sus límites por el norte son las Subcuencas Aika, Buntia y Guascuy, por el sur y el oriente con el Municipio de Corrales y por el occidente con el Municipio de Floresta. Esta subcuenca recibe las aguas de las quebradas Gusavita, Potreros, Quebradas, Umbita, Grande y los Zanjones Tobacá y El Arenal, las cuales solo conducen agua en invierno y por la Quebrada Floresta, cuyas aguas se encuentran en estado crítico de contaminación. Aportan en promedio unos 12.141.360 m³ al año y su nivel máximo de aguas está en 2.500 m. Esta subcuenca está conformada por las microcuencas de Potreros y Quebradas, cuyas aguas se utilizan para riego de los cultivos como maíz, trigo, cebada, papa. A lo largo de éstas se encuentran pequeños valles medianamente amplios y encajonados en los cuales se hallan pastizales naturales utilizados para la alimentación de ganado Normando de doble propósito. Conforman los suelos más productivos del municipio ya que cuentan con agua suficiente para las labores de riego, con condiciones de clima y suelos favorables para la producción agropecuaria (Ver Mapa 10 Mapa de Cuencas Hidrográficas).

La microcuenca Potreros se encuentra reforestada con eucalipto desde hace varios años, lo cual por sus características fisiológicas de raíces profundas absorben todos los nutrientes disponibles en los suelos y agota las aguas superficiales haciéndolos estériles.

1.2.4. USOS DEL AGUA

Debido a que en el Municipio de Busbanzá no se encuentran fuentes de agua superficial representativas, puesto que los drenajes sólo transportan agua en épocas de invierno, la población prácticamente no cuenta con el servicio de agua potable, sino únicamente tres (3) horas al día gracias a la construcción de varios pozos profundos en las Veredas de Centro, Quebradas, Tobo y Tonemí parte alta. Las aguas de riego para las labores agropecuarias se obtienen generalmente de aljibes y afloramientos de agua sobre las laderas, lo mismo que algunos reservorios construidos.

- **Consumo Humano:** En el casco urbano del Municipio la fuente de abastecimiento de agua potable proviene de la Quebrada Potreros, que aporta cerca de 1 Lps en época de invierno. En los periodos de intenso verano el municipio se abastece del caudal producido por un pozo profundo (1 Lps) perforado en el casco urbano, ninguna de estas dos fuentes tiene tratamiento alguno de potabilidad. El abastecimiento de agua para las Veredas Tonemí y el Tobo provienen de acueductos rurales que captan las aguas de las Quebradas Guascuy y Umbita. En la Vereda Cusagota actualmente se está construyendo un acueducto veredal con una bocatoma en la quebrada Aika y que posteriormente se bombeará para después distribuirla por gravedad, las restantes dos (2) veredas se abastecen de pozos profundos.

El caudal mas representativo corresponde a la quebrada Floresta, que según el análisis fisicoquímico, no es apta para el consumo humano (Ver Tabla No. 1-19).

TABLA No. 1- 19
FUENTES DE ABASTECIMIENTO

FUENTE ABASTECIMIENTO	O	USO	USUARIOS
Quebrada Aika		Acueducto rural Riego Abrevadero	Vereda Cusagota Vereda Cusagota y habitantes municipios de Corrales y Betéitiva
Nacimiento Cusagota		Riego Abrevadero	Vereda Cusagota Vereda Cusagota y habitantes municipios de Corrales y Betéitiva
Quebrada Potreros		Acueducto municipal	Cabecera municipal
Quebrada Guascuy		Riego	Vereda Cusagota
Quebrada Gusavita		Riego	Vereda El Tobo
Quebrada Quebradas		Riego Abrevadero	Vereda Quebradas
Quebrada Floresta		No apta	
Nacederos y Aljibes		Doméstico	La mayor parte rural del municipio.

FUENTE: RESULTADOS DEL ESTUDIO

1.2.5. EVALUACION HIDROLOGICA DE LA CUENCA QUEBRADA LA FLORESTA

La hidrología es la ciencia que trata lo referente al ciclo del agua, su origen, distribución y movimiento en la superficie del suelo y del subsuelo. El concepto esencial, por lo tanto está orientado hacia la ejecución precisa y el análisis racional de las medidas y observaciones que componen los factores hidrometeorológicos.

En este caso, es importante conocer en el área, la distribución y cantidad de agua, por lo tanto se consideran cuatro aspectos básicos: Precipitación, Evapotranspiración, Almacenamiento y los parámetros componentes del balance hídrico, como la radiación solar, la temperatura, el viento, entre los más importantes.

Ciclo Hidrológico

El ciclo hidrológico se desarrolla en tres medios distintos; en la atmósfera, en la superficie del suelo y en el subsuelo. En la naturaleza el agua se encuentra en estado sólido, líquido y gaseoso; el vapor de agua llega a la atmósfera, donde se condensa formando las nubes y luego por diferencias de temperatura y presión o movimientos de éstas, origina las precipitaciones que caen a la superficie terrestre en forma de lluvia, nieve o granizo.

Al llegar al suelo, una parte de las precipitaciones se mueve en superficie hacia los cauces de agua, ríos, embalses, lagos y mares. Otra parte atraviesa la superficie, se introduce en el suelo y en el subsuelo, alimentando las aguas subterráneas. El agua recupera el estado de vapor mediante la temperatura, viento y la transpiración de los seres vivos; este vapor vuelve a la atmósfera, se condensa nuevamente y reconstruye las nubes.

En la evaluación hidrológica superficial de la cuenca la Floresta, se analizaron factores condicionantes del comportamiento hidrológico, tales como características topográficas (pendientes, relieve), condiciones geológicas (naturaleza y litología de las rocas), vegetación, elementos de hidrología de superficie (temperatura, viento, humedad atmosférica, radiación solar y presión atmosférica), parámetros del balance hídrico (precipitación, evapotranspiración, escorrentía superficial, infiltración, etc.) que corresponden a las condiciones particulares de la cuenca.

La cuenca hidrográfica está definida por la superficie topográfica en función de sus pendientes y altitudes que, junto con otros factores, determinan la densidad del drenaje. Los estudios geológicos determinan la mayor o menor

permeabilidad de las rocas para evaluar la velocidad de aumento en las crecientes y el aporte al caudal base de los ríos.

La cobertura vegetal es un factor importante en la evaluación del agua superficial en una cuenca, puesto que junto con la naturaleza geológica de los terrenos, condiciona el escurrimiento superficial, a la infiltración y en especial la evapotranspiración; el clima interviene sobre estos parámetros principalmente por intermedio de la temperatura, vientos y humedad relativa de cada cuenca. El balance hídrico es otro de los factores que condiciona la cuenca hidrográfica.

Dentro del estudio se evaluó la cuenca de la Quebrada Floresta, la cual está constituida a su vez por cuatro microcuencas: Microcuenca de la Quebrada Aika, Microcuenca de la Quebrada Buntia, Microcuenca de la Quebrada Guascuy y Microcuenca de la Quebrada Floresta.

1.2.6. ELEMENTOS HIDROLOGICOS DE SUPERFICIE

Los elementos hidrológicos son variables en función del tiempo y leyes de hidrología física, entre los cuales los principales son la temperatura, la humedad atmosférica, el viento, la radiación solar y la presión atmosférica.

- **Temperatura.** Los diferentes cambios en la temperatura del suelo dirigen las diversas fases del ciclo hidrológico que son la evaporación, la infiltración, la escorrentía superficial, la humedad del suelo, etc.

El centro de la tierra y por medio de diferentes procesos químicos y biológicos que en él tienen lugar. La importancia de la radiación solar absorbida depende de las características térmicas de las capas superficiales, color, calor específico, conductividad térmica, etc.; mientras que las otras dos fuentes son de menor importancia con relación a la radiación solar.

Las variaciones de la temperatura de acuerdo con la distribución geográfica, están influidas por la altitud, la latitud y la vegetación. El gradiente térmico vertical está ligado directamente con la altitud y con la atmósfera libre; la latitud influye sobre la temperatura en forma decreciente del Ecuador a los polos; así mismo, una buena cobertura vegetal disminuye la temperatura del suelo en comparación con la región talada. Los rayos ultravioleta absorbidos por la capa de ozono también intervienen directamente en las fluctuaciones de la situación meteorológica.

El área estudiada no posee datos directos de temperatura en todas las estaciones, razón por la cual únicamente se utilizó la información de las cinco estaciones que la poseen, para obtener la evapotranspiración real y potencial por los métodos de Turc y Thornwhaite respectivamente.

La información de temperaturas medias mensuales y medias anuales (Período 1980 - 1998) corresponde a las siguientes estaciones Meteorológicas: **BELENCITO (Nobsa), SAN RAFAEL (Tibasosa) y BETEITIVA (Betétiva)**. Los valores se presentan en la tabla No. 1-20 se complementa en el anexo No. 5 y la representación gráfica de la Temperatura media mensual para cada estación.

- **Presión atmosférica.** La presión atmosférica decrece con la altura, siendo el gradiente de presión inversamente proporcional a esta. Para los cambios de presión en función del tiempo se tienen variaciones regulares diurnas relacionadas a las distintas temperaturas (amplitud en el suelo, en esta región algunos milímetros) y variaciones irregulares, cuya amplitud sobrepasa regularmente los 10 mm de Hg y están ligadas al paso de las perturbaciones (vientos, temperatura, precipitaciones, radiación solar).
- **Viento.** Es la masa de aire que se desplaza en relación con la superficie terrestre. El movimiento de éste se debe a diferencias de presión y a la rotación de la tierra, influyendo así sobre los parámetros meteorológicos del balance hídrico siendo generador de las variaciones climáticas de una región.
- **Humedad Relativa.** Es uno de los elementos esenciales del ciclo hidrológico; es fuente de las precipitaciones; además controla la evaporación del suelo y de la cobertura vegetal. La Humedad relativa y Tensión de vapor para la región se observan en las Tablas No 1-21 y se complementa en el anexo No. 5 y Figura correspondientes.
- **Brillo Solar.** La fuente de radiación solar es el Sol y se propaga por medio de ondas electromagnéticas que se difunden en todas las direcciones; es la fuente de energía del ciclo hidrológico. Aunque básicamente se alimenta de la radiación solar, el aire puro y seco es atravesado por las radiaciones de pequeña y mediana longitud de onda; la base de la atmósfera es calentada por la emisión secundaria de la tierra que transforma la energía incidente recibida del sol en radiación calorífica de gran longitud de onda, más fácilmente absorbida por el vapor de agua y los gases atmosféricos. La radiación solar para el área se muestra en la Tabla No. 1-22 y se completa con el anexo No. 5 y Figura respectivas.

1.2.7. PARAMETROS DEL BALANCE HIDRICO

Las variables de la ecuación general del ciclo hidrológico son la precipitación, evapotranspiración, escorrentía, infiltración y cambio en el almacenamiento de agua. La evaluación de estos parámetros resulta difícil en algunos casos, sobre todo porque la información hidrológica en la región es escasa o nula.

Todos los datos disponibles para el cálculo de la mayoría de parámetros del balance hídrico fueron suministrados por el HIMAT (Regional Duitama).

- **Precipitación.** El vapor de agua que se condensa en las altas y bajas capas atmosféricas y cae directamente en la superficie de la tierra en forma de lluvia, nieve o granizo, se denomina precipitación. Este parámetro es esencial en el balance hídrico y se mide directamente por medio del pluviómetro.
- **Análisis de datos pluviométricos de las estaciones.** Se utilizó la información de los valores de precipitaciones mensuales y anuales suministradas por el IDEAM (Véase Tablas del anexo No. 5, obtenidas por observaciones de un período de 18 años (1980 - 1998).
- **Precipitación media mensual.** Es la media aritmética de las alturas de precipitación mensuales de las mediciones efectuadas durante un período de tiempo, expresada en milímetros. Estos valores establecen las curvas de alturas de lluvias mensuales, la curva de precipitación clasificada, las cuales caracterizan la distribución de lluvias para cada estación y la curva de precipitación acumulada que indica el volumen de agua caída sobre una estación en un período dado.

Para tal efecto, se utilizan los parámetros Módulo pluviométrico y precipitación media mensual, con los cuales se elaboraron tablas que permiten establecer comparaciones para la precipitación caída entre las siguientes estaciones: Duitama, Santa Rosa de Viterbo, Nimicia (Gámeza), Mongua, Sena (Sogamoso), Belencito, San Rafael (Tibasosa), la Creciente, Tasco y Cerinza, que cubren el área de estudio. (Véase Mapa No. 3 de Isoyetas).

- **Módulo Pluviométrico Anual o precipitación media anual.** Es el promedio aritmético de las alturas de precipitación anual correspondiente a un largo período expresado en milímetros. El módulo pluviométrico varía de

acuerdo a la longitud del período de observación y al comportamiento del régimen de lluvias durante el mismo (Véase Tabla No. 1-22).

- **Cálculo de la precipitación media caída sobre la microcuenca.** La capa de agua media caída sobre una cuenca determinada está basada en las observaciones de lluvias efectuadas en cierto número de estaciones existentes en la zona considerada. La lluvia media de una estación es representativa de las precipitaciones en una región más o menos extensa (según la densidad de la red pluviométrica) en torno de la estación, dependiendo de las características metereológicas y de la topografía regional; debido a esto, cada caso particular se debe analizar con profundidad para obtener la máxima precisión de los resultados. Los métodos más comunes para calcular la lámina de agua media caída sobre una cuenca son: La media aritmética, las isoyetas y los polígonos de **THIESSEN**, para los cuales se utilizaron los valores de las estaciones pluviométricas..

Método de la media aritmética. Es el método más simple y poco aproximado y consiste en calcular el promedio aritmético del valor de las alturas de precipitación (o de los módulos pluviométricos medios) medidos en un mismo período de tiempo determinado en las distintas estaciones que existen en la cuenca.

La precipitación media de la microcuenca es:

$$P_m = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n}$$

Donde:

$P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$, son las precipitaciones caídas en las diferentes estaciones pluviométricas durante un mismo período de tiempo.

Es poco recomendable ya que, si no hay un buen número de puntos de observación y si la distribución de estos no es uniforme, puede dar valores poco aproximados a la realidad. La precipitación obtenida por este método se muestra en la Tabla No. 23.

Cálculo por el método de las curvas isoyetas. Es el procedimiento más racional y preciso, pero para su aplicación se necesita tener un buen conocimiento de la cuenca, para proceder al trazado de las curvas. Consiste en

calcular el volumen de relieve pluviométrico representado según las isoyetas (definidas por el lugar geométrico de los puntos de iguales alturas de precipitación para el período considerado) trazados en el mapa de la cuenca.

TABLA No. 1-23
PRECIPITACIÓN MEDIA DE LA MICROCUENCA POR EL MÉTODO DE LA MEDIA ARITMÉTICA (PERÍODO 1980 - 1998).

No.	ESTACION	ELEVACION (m)	MODULO PLUVIOMETRICO (mm/año)
1	DUITAMA	2.540	961,07
2	SANTA ROSA DE VITERBO	2.690	944,37
3	MONGUA	2.900	1.068,12
4	NIMICIA (GAMEZA)	3.200	1.180,8
5	SENA (SOGAMOSO)	2.500	797,23
6	BELENCITO (NOBSA)	2.530	805,6
7	SAN RAFAEL (TIBASOSA)	2.548	841,58
8	LA CRECIENTE (STA. ROSA)	2.500	733,34
9	TASCO	2.486	791,8
10	CERINZA	2.643	1.087,52
			Prom arit. = 921,14

FUENTE: Datos del estudio.

Su construcción consiste en ubicar en un mapa de la cuenca las estaciones pluviométricas con su valor correspondiente al de la media interanual o módulos pluviométricos medios; seguidamente se dibujan las curvas isoyetas a intervalos determinados (para este caso se tomaron cada 20 mm), uniendo por interpolación los puntos que tengan igual altura de precipitación; una vez realizado esto, se calcula el área parcial A_i de la cuenca comprendida entre dos isoyetas consecutivas P_1 y P_2 suponiendo que la altura de las precipitaciones sobre esta superficie elemental es la media aritmética entre las cotas de las dos isoyetas que la limitan, es decir $(P_1+P_2/2)$, con la cual al multiplicar este valor por el área A_i se obtiene la precipitación caída sobre esta sección pluviométrica elemental, o sea $(P_1+P_2/2) * A_i$ (Véase Mapa 3 y Tabla No. 124).

Esta operación se repite para cada sección de superficie parcial del área total de la cuenca limitada por dos isoyetas sucesivas. La altura media del agua caída sobre una cuenca se obtiene de dividir el valor de la sumatoria de las precipitaciones sobre las superficies pluviométricas elementales con el área total de la cuenca luego es igual a:

$$P = \frac{(P_1 + P_2) * A_1}{2} + \frac{(P_2 + P_3) * A_2}{2} + \dots + \frac{(P_{(n-1)} + P_n) * A_{(n-1)}}{2}$$

$$P_{\sum_{i=1}^n} = \frac{(P_{(n-1)} + P_n) * A_{(n-1)}}{2}$$

La altura media de la precipitación sobre una cuenca es:

$$P_{prom} = \frac{P}{A}$$

Los resultados obtenidos con la aplicación de éste método se muestran en la Tabla No. 1- 24.

TABLA No. 1-24
CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN PROMEDIO DE LA MICROCUENCA
DE LA QUEBRADA FLORESTA POR EL MÉTODO DE LAS ISOYETAS

ISOYETA	AREA (Km2)	PRECIPITAC PROMEDIO (mm)	% DEL AREA	PRECIPITAC PONDERADA (mm)
870 - 880				
860 - 870	0,250	875	0,224	1,960
850 - 860	0,438	865	0,393	3,400
840 - 850	0,625	855	0,561	4,797
830 - 840	0,813	845	0,730	6,169
820 - 830	1	835	0,898	7,498
810 - 820	1,05	825	0,943	7,780
800 - 810	1,156	815	1,038	8,460
790 - 800	1,344	805	1,206	9,708
780 - 790	1,375	795	1,234	9,810
770 - 780	1,375	785	1,234	9,687
760 - 770	14,25	775	12,792	99,138
-	4,688	765	4,208	32,191
780 - 790	1,625	775	1,459	11,307
790 - 800	7,188	785	6,452	50,648
800 - 810	6,5	795	5,835	46,388
810 - 820	7,063	805	6,340	51,037
820 - 830	6,188	815	5,555	45,273
830 - 840	5,5	825	4,937	40,730
840 - 850	2,406	835	2,160	18,036
850 - 860	4,063	845	3,647	7,784
860 - 870	5,125	855	4,601	39,339
870 - 880	6,063	865	5,443	47,082
880 - 890	5,313	875	4,769	41,729
890 - 900	5,25	885	4,713	41,710
900 - 910	5,125	895	4,601	41,179
910 - 920	5,0	905	4,488	40,616
920 - 930	4,688	915	4,208	38,503
930 - 940	3,938	925	3,535	32,699
	2,0	935	1,795	16,783
	E=111,399		100	= 811,441

Precipitación Promedio = 811,441

FUENTE: RESULTADOS DEL ESTUDIO.

Cálculo por el método de los polígonos de Thiessen. Es más rápido que el método de las isoyetas y consiste en ponderar las observaciones de cada estación, admitiendo que cada una de ellas representa la precipitación media de una fracción de la cuenca. El procedimiento es el siguiente:

Sobre un mapa se localizan las estaciones pluviométricas con su respectivo valor del módulo pluviométrico o de la media interanual, se enlazan las estaciones

adyacentes mediante rectas y a continuación se trazan perpendiculares en el punto medio de dicho segmento de recta; las intersecciones de estas mediatrices determinan cierto número de polígonos.

Para cada polígono la altura de precipitación es el valor observado en la estación situada dentro de este; si se hace necesario, ciertos lados del polígono son reemplazados por los límites de la cuenca estudiada. Se calcula el área de cada polígono elemental con su respectiva estación pluviométrica y se expresa en porcentaje del área total de la cuenca, este valor es el que sirve de coeficiente de ponderación propio de cada estación. Por lo tanto si P es la altura de precipitación en una cuenca de área total A y P1 es la altura del polígono de área A1, P2 la de A2 y Pn la de An, entonces la precipitación total de la cuenca es:

$$P = \frac{A1}{100} * P1 + \frac{A2}{100} * P2 + \dots + \frac{An}{100} * Pn$$

La precipitación obtenida por éste método se observa en la Tabla 25.

TABLA No. 1- 25
CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN PROMEDIO POR EL MÉTODO DE
LOS POLÍGONOS DE THIESSEN.

POLIGONO	SUB-AREA (Km2)	PRECIPITA (mm)	% DEL AREA	PRECIPITACION PONDERADA (mm)
1	58,7403	1.087,52	48,18	523,967
2	5,3486	944,37	4,39	41,457
3	20,6802	733,34	16,96	124,374
4	27,0019	805,60	22,14	178,359
5	4,3480	1.068,12	3,56	38,026
6	1,0667	1.180,80	0,88	10,392
7	4,7353	791,80	3,89	30,802
	= 121,921		100,00	= 947,376

FUENTE: RESULTADOS DEL ESTUDIO

En la Tabla No. 1-26 se resumen los valores de precipitación obtenidos por los tres métodos. En este estudio se utilizaron los valores obtenidos por el método de las isoyetas en los diferentes cálculos realizados, por considerarlo el más preciso y racional para las condiciones del área de estudio.

TABLA No. 1- 26
RESUMEN DE LOS VALORES DE PRECIPITACIÓN MEDIA
OBTENIDOS POR LOS TRES MÉTODOS.

METODO	PRECIPITACION (mm/año)
Media aritmética	921,14
Isoyetas	978,419
Polígonos de THIESSEN	947,376

FUENTE: RESULTADOS DEL ESTUDIO.

- **Evapotranspiración.** La evapotranspiración es un factor importante en la evaluación del balance hídrico; es un proceso combinado que comprende la evaporación de todo tipo de superficies (vegetal, suelo, lamina de agua) y la transpiración de las plantas. Depende de las condiciones atmosféricas (radiación, viento, humedad), del suelo (color, abastecimiento de agua, exposición) y de la vegetación existente.

La evapotranspiración puede ser real y potencial; la primera es la pérdida de agua en las condiciones naturales de humedad del suelo; la evapotranspiración potencial es la cantidad de agua que se puede perder cuando es ilimitado el suministro de agua al suelo. Si la cantidad de agua en el terreno es suficiente, la evapotranspiración real (ETR) y la evapotranspiración potencial (ETP) es igual: si es deficitaria, la ETR será menor.

Existen diferentes métodos para el cálculo de la evapotranspiración tanto real como potencial. La fórmula de **TURC** parece ser la más aceptada para obtener la primera; en tanto que para determinar la evapotranspiración potencial se utilizó el método de **THORNTHWAITE**, que tiene en cuenta el poder evaporante de la atmósfera en la cuenca considerada. Para su cálculo, se utilizaron los datos de las cinco estaciones del **IDEAM** con información meteorológica completa, existentes en la zona de influencia del estudio.

A continuación se exponen en detalle cada uno de los métodos utilizados para la evaluación de la Evapotranspiración.

Evapotranspiración real (ETR) por el método de TURC. Con base en la temperatura media anual y el módulo pluviométrico, L. TURC propuso la siguiente formula para el cálculo de la evotranspiración real:

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{(0,9 + P^2 / L^2)^2}}$$

Donde :

ETR = Evapotranspiración Real Anual (mm)

P = Módulo Pluviométrico

L = 300 + 25 T + 0,05 T³

T = Temperatura media anual (oC).

El cálculo de la evapotranspiración real por este método se muestra en la Tabla 27.

TABLA No. 1- 27
EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL POR EL MÉTODO DE L. TURC PARA
LAS ESTACIONES DEL ÁREA.

ESTACION	PRECIPITAC MEDIA ANUAL (mm)	TEMPERATURA MEDIA ANUAL (oC)	PARAMETRO L 300 + 25T + 0,05T ³	ETR
BELENCITO	781,4	15.1	849,65	591,39
BETEITIVA	728	15.3	861,58	573,04
SAN RAFAEL	839,9	15.5	873,69	621,87

FUENTE: RESULTADOS DEL ESTUDIO

$$ETR = 595,43$$

Ejemplo para la Estación Belencito:

$$ETR \text{ Belencito} = \frac{781,4}{\sqrt{(0,9 + \frac{781,4^2}{(849,65)^2})^2}} = 591,39 \text{ mmpor año}$$

Evapotranspiración Potencial por el método de THORNTHWAITE. La formula de C.W. THORNTHWAITE para el calcula de la ETP, fue derivada con base en observaciones lisimétricas y pérdidas de agua en cuencas de la parte central de los Estados Unidos.

Este método tiene en cuenta el poder evaporante de la atmósfera; para lo cual se utiliza la temperatura media mensual (oC) y su variación a lo largo del año, mediante índices térmicos mensuales (i) calculados por la fórmula:

$$I = (T / 5)^{1,514}$$

Adicionalmente, tiene en cuenta la latitud, que introduce implícitamente la duración de la insolación para la cuenca en mención y cuyos datos aparecen en la Tabla No. 1-28.

De la sumatoria de los doce índices térmicos mensuales, se obtiene un I anual; la evapotranspiración potencial diaria se determina por la ecuación:

$$ETP = 0,53 (10 T / I)^a$$

Siendo:

ETP = Evapotranspiración potencial media diaria sin ajustar (mm).

T = Temperatura media mensual en oC.

I = Índice térmico anual.

a = Exponente de la función de I dado por:

Para hallar la ETP mensual ajustada, se hace el producto de ETP diaria por un factor dependiente de la latitud y la época del año (para 6° de latitud Norte en este caso). Para cada período mensual se tiene un valor que se puede encontrar en la Tabla 1- 28.

TABLA No.1- 28
FACTORES DEPENDIENTES DE LA LATITUD.

Latitud en grados	Duración media mensual del día en el hemisferio norte en unidades de 12 horas											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0	31,2	28,2	31,2	30,3	31,2	30,3	31,2	31,2	30,3	31,2	30,3	31,2
1	31,2	28,2	31,2	30,3	31,2	30,3	31,2	31,2	30,3	31,2	30,3	31,2
2	31,2	28,2	31,2	30,3	31,5	30,6	31,2	31,2	30,3	31,2	30,0	30,9
3	30,9	28,2	30,9	30,3	31,5	30,6	31,5	31,2	30,3	31,2	30,0	30,9
4	30,9	28,2	30,9	30,6	31,8	30,9	31,5	31,5	30,3	30,9	30,0	30,6
5	30,6	27,9	30,9	30,6	31,8	30,9	31,8	31,5	30,3	30,9	29,7	30,6
6	30,6	27,9	30,9	30,6	31,8	31,2	31,8	31,5	30,3	30,9	29,7	30,6
7	30,3	27,6	30,9	30,6	32,1	31,2	32,1	31,5	30,3	30,9	29,7	30,3
8	30,3	27,6	30,9	30,9	32,1	31,5	32,1	31,8	30,6	30,6	29,4	30,0
9	30,0	27,6	30,9	30,9	32,4	31,5	32,4	31,8	30,6	30,6	29,4	30,0
10	30,0	27,3	30,9	30,9	32,4	31,8	32,4	32,1	30,6	30,6	29,4	29,7

FUENTE: DATOS DEL ESTUDIO.

Los valores de Evapotranspiración potencial calculados por este método se pueden observar en la Tabla 1- 29.

TABLA No. 1- 29.
CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL POR EL MÉTODO DE THORNTHWAITE PARA LAS ESTACION BELENCITO

ESTACION BELENCITO (Latitud: 5° 47' Longitud: 72° 53' Elevación: 2.530 m)							
MES	T.M. M (oC)	INDICE CALORIC MENSUA L i	INDICE CALORIC ANUAL I	EXPO- NENTE A	E T P MENSUA L SIN AJUSTAR	FACTOR DEPENDI ENTE DE LA ALTITUD	E T P MENSUA L AJUSTA DO (mm)
ENERO	15,3	5,44	64,03	1,35	1,72	30,6	52,63
FEBRER	15,6	5,60	64,03	1,35	1,76	27,9	49,10
MARZO	15,9	5,76	64,03	1,35	1,81	30,9	55,93
ABRIL	15,7	5,65	64,03	1,35	1,78	30,6	54,47
MAYO	15,3	5,44	64,03	1,35	1,72	31,8	54,70
JUNIO	14,9	5,22	64,03	1,35	1,66	31,2	51,79
JULIO	14,4	4,96	64,03	1,35	1,58	31,8	50,24
AGOSTO	14,5	5,01	64,03	1,356	1,60		
SEPTIEM							

OCTUBR	14,7	5,12	64,03	1,35	1,63	31,5	50,40
NOVIEMB	14,9	5,22	64,03	1,35	1,66	30,3	49,39
DICIEMB	15,1	5,33	64,03	1,35	1,69	30,9	51,29
	15,0	5,28	64,03	1,35	1,67	29,7	50,19
						30,6	51,10
							Σ 621,23

FUENTE: RESULTADOS DEL ESTUDIO

TABLA No. 1- 30
. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL POR EL MÉTODO DE THORNTHWAITE PARA LAS ESTACION BETEITIVA

ESTACION BETEITIVA (Latitud: 5° 55' Longitud: 72° 49' Elevación: 2.575 m)							
MES	T.M. M (oC)	INDICE CALORIC MENSUA L i	INDICE CALORIC ANUAL I	EXPO- NENTE a	E T P MENSUA L SIN AJUSTAR	FACTOR DEPENDIEN T DE LA ALTITUD	E T P MENSUAL AJUSTAD O (mm)
ENERO	15,3	5,44	65,09	1,35	1,68	30,6	51,41
FEBRER	15,6	5,60	65,09	1,35	1,72	27,9	47,99
MARZO	15,4	5,49	65,09	1,35	1,70	30,9	52,53
ABRIL	15,8	5,71	65,09	1,35	1,75	30,6	53,55
MAYO	15,6	5,60	65,09	1,35	1,72	31,8	54,70
JUNIO	15,4	5,49	65,09	1,35	1,70	31,2	53,04
JULIO	14,8	5,17	65,09	1,35	1,61	31,8	51,20
AGOSTO	14,9	5,22	65,09	1,35	1,62	31,5	51,03
SEPTIEM	15,0	5,28	65,09	1,35	1,64	30,3	49,69
OCTUBR	15,1	5,33	65,09	1,35	1,65	30,9	50,99
NOVIEMB	15,2	5,38	65,09	1,35	1,67	29,7	49,60
DICIEMB	15,2	5,38	65,09	1,35	1,67	30,6	51,10
							Σ 616,83

FUENTE: RESULTADOS DEL ESTUDIO

TABLA No. 1- 31.
CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL POR EL
MÉTODO DE THORNTHWAITE PARA LAS ESTACION SAN RAFAEL

ESTACION SAN RAFAEL (Latitud: 5° 47' Longitud: 72° 59' Elevación: 2.548 m)							
MES	T.M. M (oC)	INDICE CALORIC MENSUA L i	INDICE CALORIC ANUAL I	EXPO- NENTE a	E T P MENSUA L SIN AJUSTAR	FACTOR DEPENDIEN TE DE LA ALTITUD	E T P MENSUAL AJUST (mm)
ENERO	15,5	5,55	66,24	1,35	1,67	30,6	51,10
FEBRER	15,7	5,65	66,24	1,35	1,70	27,9	47,43
MARZO	15,9	5,76	66,24	1,35	1,73	30,9	53,46
ABRIL	16,0	5,82	66,24	1,35	1,74	30,6	53,24
MAYO	15,8	5,71	66,24	1,35	1,71	31,8	54,38
JUNIO	15,4	5,49	66,24	1,35	1,66	31,2	51,79
JULIO	14,9	5,22	66,24	1,35	1,58	31,8	50,24
AGOSTO	15,0	5,28	66,24	1,35	1,60	31,5	50,40
SEPTIEM	15,0	5,28	66,24	1,35	1,60	30,3	48,48
OCTUBR	15,3	5,44	66,24	1,35	1,64	30,9	50,68
NOVIEMB	15,6	5,60	66,24	1,35	1,68	29,7	49,90
DICIEMB	15,3	5,44	66,24	1,35	1,64	30,6	50,18
							Σ 611,28

FUENTE: RESULTADOS DEL ESTUDIO

En la Tabla No. 1-32 se resumen los valores obtenidos de evapotranspiración real y potencial por los métodos antes mencionados para las 3 estaciones meteorológicas que cuentan con información representativa completa. Se observa que los valores calculados para la evapotranspiración potencial por el método de Thornthwaite, se aproximan a los obtenidos para la evapotranspiración real utilizando el método de Turc. Resultados hallados por otros métodos en otros trabajos similares son más distantes del valor hallado para la evapotranspiración real.

TABLA No. 1- 32
RESUMEN DE LOS VALORES OBTENIDOS DE
EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL Y POTENCIAL PARA 3 ESTACIONES.

ESTACION	ETR Método TURC (mm/año)	ETP Método THORNTHWAITE (mm/año)
BELENCITO	591,39	621,23
BETEITIVA	573,04	616,83
SAN RAFAEL	621,87	611,28

FUENTE: RESULTADOS DEL ESTUDIO.

El valor obtenido para la ETP por el método de THORNTHWAITE será el promedio de estos valores tomado en las tres estaciones:

Se concluye, al comparar los resultados obtenidos, que el método de TURC es el que mejor se adapta a las condiciones de temperatura y radiación solar de la región, dado que el suministro de agua al suelo en la microcuenca es limitado. Además, para este estudio, el caso crítico es cuando se presentan pérdidas altas por escurrimiento superficial e infiltración, por lo cual se utiliza el valor de ETR, tanto para el cálculo de la infiltración como para el balance hídrico.

- **Escorrentía.** La escorrentía superficial es la parte de la precipitación que ha escapado a la infiltración, a la evapotranspiración y al almacenamiento superficial que circula por gravedad sobre la superficie del suelo, según la pendiente del terreno y la red hidrográfica hacia los cursos de agua permanentes y temporales.

La escorrentía es un valor fácil de determinar, cuando en las cuencas existen suficientes datos de caudales de estaciones limnométricas, aforos volumétricos, vertederos, compuertas, limnógrafos etc. Al no existir ninguna de estas estaciones sobre la microcuenca estudiada, fue necesario aforar la Quebrada Floresta obteniéndose un caudal $Q=0,385 \text{ M}^3 / \text{Seg}$. Los demás drenajes no se consideran por que sus caudales son únicamente en épocas de fuerte invierno.

$$E = Q/A$$

Donde:

$$E = \text{Escorrentía}$$

Q = Caudal

A = Area de la microcuenca.

$$E = \frac{0,385 \text{ m}^3/\text{seg} * 3.1536 \times 10^7 \text{ seg.} * 1 \text{ km}^2 * 10^3 \text{ mm}}{121,9210 \text{ km}^2 * 1 \text{ año} * 1 \times 10^6 \text{ m}^2 * 1 \text{ m}} =$$

E = 108,99 mm/año.

Además, se halló el coeficiente de escorrentía (C) que es la relación entre el derrame máximo superficial por unidad de área de la microcuenca y la intensidad media de precipitación, definido como:

$$C = E/P$$

Donde:

E = Escorrentía (mm/año)

P = Precipitación media de la cuenca (mm/año)

El coeficiente de escorrentía caracteriza el tipo de permeabilidad del suelo y su respectiva cobertura vegetal; entre mayor sea el valor del coeficiente, (cercano a 1), menor es la permeabilidad del suelo. El valor del coeficiente de escorrentía tentativo, en la microcuenca estudiada es:

Escorrentía (E prom) = 108,99 mm/año

Precipitación (P prom) = 811,441 mm/año

$$C = \frac{108,29 \text{ mm/año}}{811,441 \text{ mm/año}} = 0,134$$

- **Cambio en el almacenamiento.** El cambio en el almacenamiento de agua se define como las variaciones que se producen en las reservas subterráneas; si los volúmenes retenidos de agua en el suelo y en el subsuelo en una cuenca, para un período considerado de tiempo, son aproximadamente los mismos al inicio y al final de dicho período, se considera que el cambio en el

almacenamiento de agua se compensa y es igual a cero ($\Delta A = 0$) en el ciclo hidrológico.

1.2.8. BALANCE HIDRICO

Aplicando la ecuación del ciclo hidrológico con los parámetros anteriormente evaluados se obtiene el valor de la infiltración, el cual está sujeto al valor del caudal de escorrentía, determinado como se dijo antes de forma ligeramente aproximada, para poder realizar el ejercicio del balance hídrico.

- **Infiltración.** La infiltración es la cantidad de agua que penetra en el suelo y en el subsuelo, donde pasa a alimentar las aguas subterráneas; este parámetro se determina si se presenta un desequilibrio en la ecuación del ciclo hidrológico, es decir, al ser mayores las entradas que las salidas.

Despejando de la ecuación del ciclo hidrológico se tendrá:

$$I = P - ((ETP \text{ ó } ETR^*) + E + \Delta A)$$

Donde:

I = Infiltración (mm)

P = Precipitación media de la cuenca (mm)

ETP = Evapotranspiración Potencial (mm)

ETR = Evapotranspiración Real (mm)

E = Escorrentía superficial (mm)

ΔA = Cambio en el almacenamiento de agua ($\Delta A = 0$)

Este último factor generalmente se elimina, pues es un factor compensado que desde luego no afecta en nada a los demás factores de la ecuación ($\Delta A = 0$).

Las variables P, ETR, y E, se hallaron anteriormente como:

P prom = 811,441 mm/año

ETR prom = 595,43 mm/año

E prom = 108,99 mm/año

Entonces:

$$I = P - (ETR * + E)$$

$$I = 811,441 - (595,43 + 108,99)$$

$$I = 107,021 \text{ mm/año}$$

La infiltración corresponde al 13,18 % de la precipitación total caída en la cuenca.

Para conocer el volumen de agua infiltrada en la microcuenca (V) se realiza el producto entre el área de la microcuenca (A) en m² y la altura de agua infiltrada (I) en m

$$V = A \times I$$

$$V = 111,399 \text{ km}^2 * 107,021 \text{ mm} * 10^6 \text{ m}^2 * 1\text{m}$$

$$\frac{\text{-----}}{1 \text{ Km}^2 * 10^3 \text{ mm}} = 11'922.032 \text{ m}^3$$

V = 11'922.032 m³ volumen infiltrado en la microcuenca.

1.2.9. ZONIFICACION CLIMATICA

Las especies arbóreas y arbustivas encontradas son: Dividivi (Tara espinosa), aliso (Alnus Jorullensis), sauce playero (Tessaria integrifolia), eucalipto (Eucalyptus sp), pino (pinus patula), hayuelo (Podocarpus oleifoliu), tuno (Miconia ligustriana), cucharo (Rapanea guyanensis), mangle (Escallonia péndula), cola de caballo, entre otras.

Por su parte, el manejo inadecuado que se ha hecho del medio apropiado para la fauna, como las talas, quemas de los bosques y la caza incontrolada, ha permitido el agotamiento de la fauna en la región, hasta el punto que muchas especies han desaparecido y otras están en vía de hacerlo.

Existen en la zona especies de roedores como curíes (Cavia porcellus), conejo y ardillas. Entre las aves se encuentran perdices, gallinetas y patos, Principalmente. La fauna ictiológica ha desaparecido en su totalidad.

El IGAC definió para esta zona dos unidades cartográficas, la asociación Tonemí (TO) y la asociación Vivas (VI). Los suelos de la asociación Tonemí (TO) se encuentran al Sur-Occidente de Betéitiva hasta los límites con Nobsa y

Duitama, sobre materiales principalmente arenosos, con algunas intercalaciones lutíticas, en un paisaje muy irregular donde predominan las pendientes del 12%, 25% 50% y mayores (Anexo 7).

El conjunto Tonemí hace parte de la asociación y corresponde a una parte de los suelos de la región, localizados en el Municipio de Busbanzá, margen derecha carretera a Floresta, se caracterizan por ser moderadamente profundos a superficiales, con textura fina, buena retención de la humedad, permeabilidad moderada, bien drenados y severamente erosionados. Los colores son oscuros en el horizonte superficial y rojo a amarillentos en profundidad.

Por su parte la asociación Vivas se encuentra localizada en el valle de Floresta y Busbanzá; tiene una topografía cóncava, con poca pendiente en el sentido longitudinal. El clima general de la zona es frío seco, los suelos son imperfecta a muy pobremente drenados. La unidad se localiza entre los 2.450 a 2.700 m de altitud. El principal y único uso que se le da a estos suelos es la ganadería. La vegetación más común en la unidad está representada por junco, kikuyo y paja.

Esta asociación está formada, entre otros, por el conjunto denominado Busbanzá, localizado en el Municipio de Busbanzá, margen derecha de la carretera a Corrales. Son suelos profundos, sometidos a inundaciones ocasionales, moderadamente bien drenados de texturas medianas, no evolucionadas, regular capacidad de retención de humedad y buena permeabilidad. Los colores son pardos grisáceos a amarillentos y los límites entre las capas son claros a abruptos.

Los habitantes de la región se dedican a dos actividades de subsistencia específicas como son la actividad agropecuaria de minifundio traducida en el sostenimiento de un reducido número de cabezas de ganado vacuno y de cultivos menores de consumo propio como cereales y papa.

Hasta el año de 1993 el Municipio de Busbanzá carecía totalmente del servicio de agua para consumo doméstico, y solo hasta ese año fue cuando se emprendieron estudios para obtener este recurso por medio de la perforación de pozos subterráneos, que hasta ahora ha sido la solución a esta necesidad. Sin embargo, aún no se presta el servicio eficientemente, tanto en cobertura como en continuidad.

1.2.10. ECOSISTEMAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

Los ecosistemas del municipio de Busbanza Boyacá son variados y están dominados por los sistemas terrestres y algunos acuáticos como charcas, humedales, quebradas, nacimientos, etc. Dentro de los terrestres y de mayor importancia tenemos los subpáramos secos y húmedos, bosques andinos altamente intervenidos y por ende la dinámica de matorrales, pastizales, bosque regenerativo por la intervención humana, conformando las diferentes mezclas de la región.

Fauna

La vida animal en un ecosistema depende de la cantidad de alimento, de las condiciones climáticas especialmente temperatura y humedad y de los substratos en los cuales viven los animales como vegetación suelo, agua, rocas. Los animales se desplazan y buscan condiciones favorables casi siempre las zonas altas ofrecen menos condiciones que las zonas bajas. Debido a que los factores van haciéndose más drásticos a medida que aumenta la altura.

Los animales constituyen generalmente, el último eslabón de la cadena trófica y dependen de las posibilidades que les ofrecen los hábitat y la oferta de alimento representada en plantas, materia orgánica humus etc.

A diferencia de los bosques alto andinos, en los páramos, la fauna es menos variada y rica en taxas superiores. La fauna local es muy pobre debido a la escasa oferta alimentaría que le ofrece los ecosistemas altamente intervenidos y complementado con al caza indiscriminada que ha sufrido.

Ante la alta intervención del hombre sobre los ecosistemas locales se hace necesaria su recuperación a partir de la educación ambiental impartida en la generaciones actuales, que serán las únicas que lograrán el aumento de la biodiversidad propiciando condiciones favorable para su desarrollo, menguando las condiciones extremas propiciadas por el hombre como por ejemplo la pérdida de cobertura vegetal, el incremento de la temperatura, la caza, la colonización de los paramos y subparamos, diseño de una agricultura sostenible sin romper los corredores de la fauna, etc.

La Edafauna

La micro, meso y macrofauna como organismos formadores del suelos de páramo ha sido muy poco estudiada en nuestro país.

La mayor población se registra en los horizontes 0 y A, las lombrices de tierra llegan a constituir la mayor biomasa en el suelo. La edafogénesis, descomposición de la hojarasca el intercambio de nutrientes, la respiración y la

fijación del nitrógeno y la acción de las micorrizas en la captura de nutrientes son entre otras, acciones efectuadas por la mengua de los organismos de suelo, por lo que toca al medio terrestre los factores del medio edáfico son los que favorecen el desarrollo de la fauna, siendo entre otros: la permeabilidad del suelo, la profundidad, la composición mineralógica y química, la altura del nivel freático y textura y estructura de los suelos. Lo anterior demuestra la gran importancia que tiene el recuperar los suelos que se les rompió su equilibrio para ser incorporados a medio productivo y generador por si solo de biomasa.

1.2.10.1. RELACIÓN DEL ECOSISTEMA ANDINO Y PÁRAMO

Colombia país de cinco grandes regiones y una de ellas llamada Región Andina posee el 78% de población del país y directamente la zona de vida de clima frío que tiene una estrecha relación con el ecosistema de páramo y subparamo, que es donde vive y trabaja las comunidades campesinas, además provee de agua a los poblados y grandes ciudades.

En estas zonas las condiciones climáticas y de suelo determinan la necesidad de hacer rotación de cultivos para optimizar la producción de alimentos.

Las regiones de alta montaña de la cordillera Oriental incluyendo los páramos, han sufrido procesos de colonización desde la época colonial. En la actualidad estas zonas son espacios productivos intensamente dedicados al cultivo de la papa y gramíneas, en forma extensiva hacia la producción de leche y carne de bovinos. Lo anterior con el objeto de introducir a Busbanza dentro del gran ecosistema Andino y posteriormente adentrar en un ecosistema típico de la zona que es el de bosque seco andino.

Ecosistemas del Bosque Seco Andino

En la zona del bosque seco andino se presenta matorrales desarrollados en áreas de ladera, sabanas y colinas con periodos prolongados de sequía actualmente, en el que la vegetación experimenta deficiencia de agua y la mayor parte del dosel arbolado pierde su follaje, en la época de lluvias recupera su aspecto exuberante, (Hernández, 1990, Atlas Ambiental de Santander). Considerado como el resultado de la interacción de factores climáticos, edáficos, pastoreo, fuego e influencia antrópica, su fisonomía es variada y el tipo de vegetación predominante, son grupos de especies solitarias indicadoras de lo que fue el bosque seco, matas de gramíneas, matorrales y arbustos.

En las sabanas y laderas de colinas en con fluencia al valle se presentan especies de árboles que son bajos, curvados, caducifolios y de hojas gruesas como cactáceas, penco, Motua, Dividivi, cardones, Sangregado, espino y corono etc.

Estas especies arbustivas y achaparrados de la región con caracteres xeromórficos que son más notorios debido a que la precipitación anual menor y por ende mayor en los meses secos.

Es considerado como zonoecotono o bioma de transición entre el alternohigróico tropical y desierto tropical (Hernández, 1990, en Atlas ambiental de Santander). Su vegetación es baja y abierta, generalmente en un solo estrato, con alturas entre los 4 y los 8 metros, pobre en número de especies, son frecuentes las espinas para protegerse de los herbívoros.

Existe una presencia de cactáceas, agavaceas y por capacidad de fijar nitrógeno predominan las leguminosas.

Es típico en áreas correspondientes a la zona árida del municipio

TABLA No. 1 - 33
LISTA DE ALGUNAS ESPECIES DEL ECOSISTEMA BOSQUE SECO
ANDINO BUSBANZA

N. COMÚM	FAMILIA	N. CIENTÍFICO	Propagación
Dividivi	CAESALPINACEAE	<i>Caesalpinea spinosa</i>	Semillas
Choco, acacia	MIMOSACEAE	<i>Acacia farnesiana</i>	semillas
Drago	EUPHORBIACEAE	<i>Croton spp.</i>	semillas
Aliso	BETULIACEAE	<i>Alnus acuminata</i>	Semilla
Flor azul	FABACEAE	<i>Dalea sp.</i>	Semillas
Espino	FLACOURTIACEAE	<i>Xilosma spiculiferum</i>	Semillas
Espino	VERBENACEAE	<i>Duranta mutisii</i>	Semilla
Cucubo	SOLANACEAE	<i>Solanum sp.</i>	Semillas
Hayuelo	SAPINDACEAE	<i>Dodonea viscosa</i>	Semillas
Motua	AGAVACEAE	<i>Agave americana</i>	Semilla
Fique	AGAVACEAE	<i>Agave americana.</i>	Semillas
Fique	AGAVACEAE	<i>Fourcurea cabuya.</i>	Semillas
Tomatillo, Uchuvilla	SOLANACEAE	<i>Solanum sisymbriifolium</i>	Semilla
Tuna de sabana	CACTACEAE	<i>Opuntia shumannii</i>	Semillas
Paja	GRAMINEA	<i>Andropogom sp.</i>	Semillas
Pasto	GRAMINEA	<i>Paspalum sp.</i>	Semilla
Carrizo	GRAMINEA	<i>Cortaderea colombiana</i> af.	Semillas
Guamo	MIMOSACEAE	<i>Iga Sp.</i>	Semillas

Mortiño.	ROSACEAE	<i>Hesperomeles heterophylla</i>	Semillas
----------	----------	----------------------------------	----------

E.O.T. Busbanza Consultoría 1999.

En el municipio de Busbanza se caracterizaron siete unidades que conforman los ecosistemas estratégicos de mayor importancia ambiental para el territorio. Observarlo en el Mapa No. 22

Zona de Subpáramo (Z-SP)

La Zona de Subparamo se delimita a partir de los 2800 m.s.n.m. equivalente a 300 hectáreas. Esta unidad conformaría la zona de recarga del municipio y su uso es exclusivamente de protección. La baja permeabilidad de las rocas del municipio hace que se incrementen las estrategias para el mantenimiento del agua para el uso humano y de abrevadero.

Zona de Conservación de Bosque Naturales (Z-SP).

Al igual que la Z-SP los bosques naturales son de estricta conservación y entran a formar parte de este bloque productor de agua.

El porte típico del bosque de la región es bajo y semidenso. Esta unidad se (E-Z P) ubica en la vereda Cusagota y hace parte de las cuencas hidrográficas que vierten sus aguas a territorio de corrales, pero de estas mismas fuentes se toma agua por bombeo para dos acueductos rurales. Su área es de 102 hectáreas.

Zona de Conversión de Causas de Quebradas y Arroyos (Z-Cq).

El volumen de agua que va por las quebradas en Busbanza es baja, pues los excedentes hídricos en el periodo de invierno no son grandes.

Como estrategia nacional es necesario proteger las riveras de este tipo de fuentes, para lo cual, localmente se concertó con la ciudadanía asignar como área de protección 5 metros a lado y lado para las quebrada Floresta y Quebradas y para las demás quebradas y arroyos 3 metros.

Zona de Recarga Media y Baja Permeabilidad (Z-RM).

El nombre como tal, no se ajusta a la realidad, pero lo que se quiere indicar es que la zona Z-RM hacen parte de la zona de infiltración para los depósitos de

agua subterránea y como el agua subterránea en Busbanza es vital, pues de allí se extrae el fluido necesario para la población urbana y parte de la rural, debido a que los volúmenes de agua superficial son insuficiente para suplir las necesidades de la población actual. El área es de aproximadamente 36 hectáreas.

Zona de Interés Hídrico (Z-IH).

Se le da esta denominación a la zona que reviste importancia para la producción de agua en el municipio y que requiere de un tratamiento especial y un uso apropiado. En esta área nacen las quebradas que surten de agua al acueducto urbano y otras del sector rural. Ocupa un área de 14 hectáreas.

Zona de Mantenimiento de Agua (Z-NA).

Por su naturaleza debe recibir un tratamiento especial para su protección, por lo cual se acordó con la comunidad un área de protección de 20 metros a su alrededor y partir de su cota máxima.

Zona de Humedales (Z-HU).

Principalmente al conformar esta unidad, se tubo en cuenta un humedal situado a unos 500 metros del área urbana, sobre el valle de la quebrada Floresta y que por su naturaleza es necesaria su protección y conservación, pues este tipo de ecosistemas son los surtidores de agua a los depósitos subterráneos. Su área es pequeña, pero importancia es muy grande

1.2.11. INFLUENCIA DE LOS FACTORES CLIMÁTICOS SOBRE FLORA Y FAUNA LOCAL.

El municipio de Busbanza presenta dos tipos de climas cuya diferenciación no es muy grande. En la parte baja del territorio se encuentra un clima semihumedo o como lo denomina Holdrige seco húmedo montano bajo (bh-MB) con temperatura promedio de 15.3°C precipitación promedio de 811 mm /año y se localiza a partir de los 2550 m s n m.

El otro piso climático se ubica a partir de la cota 2600 con la misma temperatura pero el ambiente mas seco, denominado bosque seco montano bajo (bs-MB).

Las variaciones máximas de temperatura están de los 14.5 a los 28.6 °C respectivamente.

Presenta dos periodos secos de diciembre a febrero y junio septiembre y dos épocas de lluvia de marzo a mayo y de octubre a noviembre.

La precipitación promedio en la parte baja con relación a la parte alta no es significativa, 811.44 y 948.97 m.m. respectivamente.

La evapotranspiración promedio es de 616.44 mm/año.

Las condiciones climáticas locales caracterizan la cobertura vegetal y los organismos distribuidos en ella, lo mismo que la actividad antropica.

Busbanza presenta un déficit hídrico, el cual afecta considerablemente la producción agrícola y pecuniaria, ante lo cual es necesario almacenar agua para época seca y suplir así las necesidades de agua de los cultivos y praderas. La humedad relativa es baja lo cual es muy favorable por la baja incidencia de enfermedades en los cultivos y en la salud humana.

El flujo de los vientos es definitivamente en la condición seca de la región debido a que al paso de estos, no propician la precipitación, sino por lo contrario extraen humedad, formando el clima seco.

Son características locales el bajo porte de la vegetación, el deterioro del suelo por la escasa cobertura vegetal, las explotaciones agropecuarias limitada por la falta de agua. Son factores favorables la baja humedad relativa para la salud humana, sanidad vegetal lo mismo que la formación de un ecosistema seco con su belleza típica, potencial turístico por explotar.

