

## CARACTERIZACIÓN FÍSICO-GEOGRÁFICA DE LA CUENCA SUPERFICIAL DEL RÍO IKABARÚ, ESTADO BOLÍVAR, REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

**Miguel Ángel Sánchez Celada**

Geógrafo, Investigador Agregado, Máster en Geografía, Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial.

Instituto de Geografía Tropical, CUBA. Calle F No. 302 e/ 13 y 15 Vedado, municipio Plaza de la Revolución, La Habana, CUBA

[miguels@geotech.cu](mailto:miguels@geotech.cu)

### RESUMEN

El presente artículo presenta una descripción de los principales componentes físico-geográficos de la cuenca del río Ikabarú, que a su vez conforma una de las fuentes de alimentación del río Orinoco en la República Bolivariana de Venezuela, la cual se encuentra sometida a un fuerte estrés ambiental debido a la prospección y explotación minera de oro y diamante artesanal y semi-artesanal que se genera dentro de sus límites naturales, asociado al tipo de tecnología utilizada y a lo anárquico de la actividad. La afectación incluye la quema de vegetación con la consiguiente deforestación de amplias zonas boscosas, el aporte de importantes volúmenes de sedimentos y mercurio a las corrientes superficiales, la destrucción y rectificación incontrolada de cauces fluviales, así como otras actividades socioeconómicas no controladas.

**Palabras clave:** cuenca hidrográfica, río Ikabarú, caracterización físico-geográfica

### ABSTRACT

The present article shows a description of the main physical geographic components of the Ikabarú river basin. It constitutes an affluent of the Orinoco river in the Bolivariana Republic of Venezuela. This basin is subject to a strong environmental stress due to the artisanal gold and diamond prospection and exploitation miner that is generate within its natural limits and associated with the kind of technology used and with the anarchic of this activity. The affectation includes the burning of vegetation with the resulting deforestation in wide forest zones, the contribution from important volumes of sediments and mercury to the superficial currents, the destruction and uncontrolled rectification of fluvial beds as well as other not controlled socioeconomic activities.

**Key words:** hidrographic basin, Ikabarú river, geographical description

## INTRODUCCIÓN

El estado Bolívar se encuentra ubicado en la región suroriental de la República Bolivariana de Venezuela, en la Guayana venezolana, limita al Norte, separado por el Orinoco, con los estados Delta Amacuro, Monagas, Anzoátegui y Guárico; al Sur con la República Federativa del Brasil y el estado Amazonas; al Este con el estado Delta Amacuro y la Zona en Reclamación que separa al país de la República de Guyana, y al Oeste con los estados Apure y Amazonas. El estado Bolívar, en cuanto a su superficie es el más grande de la geografía venezolana, y equivale a un poco más de la cuarta parte del territorio nacional.

Entre las poblaciones más importantes del extenso estado Bolívar se encuentran: Ciudad Bolívar, capital del estado, Caicara del Orinoco, Ciudad Guayana, Ciudad Piar, El Callao, Maripa, Santa Elena de Uairén, Tumeremo y Upata, y sus corrientes fluviales superficiales de mayor envergadura son entre otros: Aro, Caura, Caroní, Paragua, Cuchivero, Cuyuní, Guaniamo, Guaquinima, Orinoco, Parguasa, Raudales Arutani y Suapure.

La cuenca superficial del río Ikabarú incluye áreas intensamente explotadas por sus yacimientos de diamante aluvial y por acumulación de oro, el 87% de su área se encuentra catalogada como Áreas Bajo Régimen de Administración Espacial (ABRAE), mediante figuras jurídicas de protección y aprovechamiento controlado, según la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio de 1983.

El marco legal de las ABRAE establece los objetivos generales para la protección, conservación y aprovechamiento sustentable de esta cuenca que conforma una de las subcuencas de alimentación del río Orinoco. La misma presenta alturas que van desde los 400 m en el valle del río hasta los 1 204 m. Se observa un claro basculamiento del área de la cuenca hacia el Sur, en la frontera con Brasil, donde las alturas son menores que hacia el Norte y Noreste, lo que condiciona la distribución espacial de las precipitaciones en la cuenca.

Los efectos ambientales de la minería de oro y diamantes para la cuenca, están asociados al tipo de tecnología utilizada y a lo anárquico de la actividad, lo que crea importantes pasivos ambientales, además de graves daños a un ecosistema tan frágil como la pluvisilva. La afectación incluye la quema de vegetación con la consiguiente deforestación de amplias zonas boscosas, el aporte de importantes volúmenes de sedimentos y mercurio a las corrientes superficiales, la destrucción y rectificación incontrolada de cauces fluviales, así como otras consecuencias producto de actividades socioeconómicas no controladas.

El área bajo uso minero ha sido estimada en 78 724 ha fundamentalmente ubicadas a lo largo del río Ikabarú, desde su confluencia con el río Uaiparú hasta el río Apreme (un transepto de aproximadamente 150 km.). Esta actividad emplea alrededor de 15 000 personas, sólo según estimados, pues el tipo de minería predominante en la zona (artesanal y semi-artesanal), así como lo intrincado del emplazamiento de la misma, hace prácticamente imposible saber el número exacto de personas implicadas.

La cuenca del río Ikabarú presenta los mayores índices de regulación de la escorrentía superficial de la cuenca alta del Caroní, por lo tanto en el período seco es la de mayor captura y aporte de agua del río. La actividad minera, incendios y un intenso proceso de penetración e intervención, está originando un extensiva e irreversible destrucción de la vegetación natural en la cuenca alta del río Caroní y se estima que, si no existe un control sobre la actividad la

desforestación continuará avanzando hacia las propias nacientes del otro río afluente del Caroní, el Paragua, con sus nacientes en la sierra de Pakaraima en la frontera con Brasil.

Se realizó una caracterización físico-geográfica de dicha cuenca hidrológica superficial, para una mejor comprensión de la dinámica de la misma, con vistas a que las autoridades competentes tengan una herramienta eficaz con el objetivo de una utilización racional de los recursos y de la actividad minera.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente trabajo forma parte de una investigación multidisciplinaria más extensa, para la recuperación de áreas degradadas por la minería artesanal y semi-artesanal en el “alto Caroní”, emprendida por un grupo de investigadores cubanos en el tercio superior de la subcuenca hidrológica superficial del río Ikabarú.

El método documental permitió consultar bibliografía en formato digital y analógico, entre las que se encontraban, libros, artículos periodísticos y científicos, mapas, memorias de expediciones previas, todo este material fue suministrado por instituciones que de alguna forma han realizado trabajos en la región de estudio, tales como FUNDACITE Bolívar, Corporación Venezolana de Guayana y la Electrificación del Caroní (CVG-EDELCA), Corporación Venezolana de Guayana y Técnica Minera (CVG-TECMIN), Ministerio del Poder Popular para el Medio Ambiente en Estado de Bolívar e Instituto Autónomo de Minas del Estado de Bolívar (IAMIB). Por otra parte se realizó un vasto trabajo de búsqueda bibliográfica en sitios Web y portales informáticos, tanto nacionales como internacionales, de los cuales se extrajo valiosa información.

Por otra parte el grupo de investigación vivió y trabajó durante casi seis meses en la zona de Ikabarú en contacto muy estrecho con los pobladores del lugar, tanto “criollos” como indios, los cuales fueron entrevistados y consultados, sobre sus expectativas de vida y las técnicas utilizadas para la de extracción de mineral. En los transeptos de viajes dentro de la zona de estudio se pudo hacer un levantamiento detallado a escala 1:500 específicamente del área a recuperar, además se colectaron y clasificaron especies vegetales de la zona de estudio, para ser secadas en la Estación Científica de Parupa y distribuidas en el Herbario de la Academia de Ciencias de Cuba y 4 herbarios de Venezuela. Para la elaboración del protocolo de recuperación de áreas degradadas por la minería, se elaboró una línea base ambiental de la cuenca hidrológica superficial del río Ikabarú.

### **Caracterización geológica.**

El Escudo Guyanés como toda zona de escudo continentales del planeta, posee una gran estabilidad tectónica, por lo que la actividad sísmica ha sido poco significativa, y está influenciada principalmente por la actividad de la zona del noroeste del país, donde se encuentran los grandes sistemas de fallamiento transcurrente (strike slip). Dentro de la historia geológica del escudo, la tectónica ha estado relacionada, por supuesto con el levantamiento y plegamiento de estratos (Fig. 1).

El basamento geológico del mismo, de forma muy general, está compuesto de dos formaciones: un basamento ígneo-metamórfico, con una edad aproximada de 2.000 millones de años, que representa uno de los núcleos continentales más antiguos de la superficie terrestre y una capa

superficial de rocas sedimentarias, fundamentalmente areniscas de la Formación Roraima, que ha sido depositada sobre el basamento desde unos 1.600 a 1.700 millones de años (Fig. 2).



**Figura 1. “Paso Cantarrana”, tercio superior de la cuenca de Ikabarú, nótese el plegamiento de los estratos sub superficiales. Fuente: Archivo personal del autor**

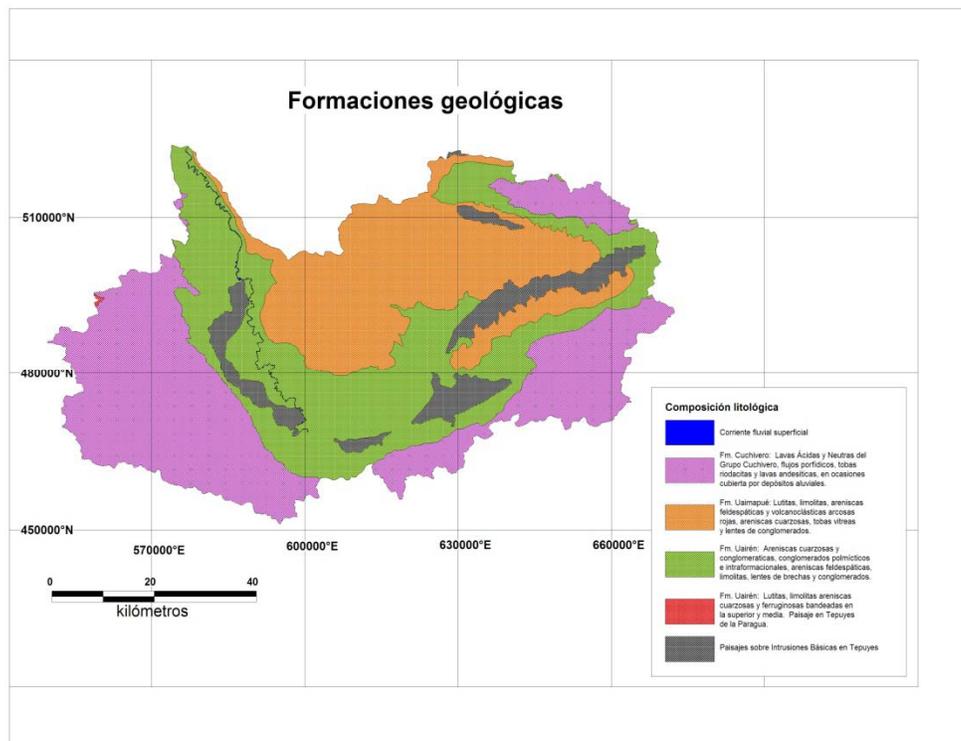


**Figura 2. Fragmento expuesto del paquete de areniscas en el vial Pauji-Ikabarú. Fuente: Archivo personal del autor**

El Escudo Guyanés está limitado por las cuencas de los ríos Amazonas y Orinoco, el océano Atlántico y las cuencas sedimentarias subandinas. La parte norte del Escudo que aflora en Venezuela equivale al 45% del territorio nacional emergido, a pesar de esto, es la menos poblada de Venezuela. Está constituido por rocas del Precámbrico, arqueanas y proterozoicas, con edades radiométricas que oscilan entre los 900 millones de años y más de 3 500 millones de años. Las estructuras geológicas del Escudo de Guyana en Venezuela tienen dirección Noroeste, lo que condicionó la dirección del drenaje de la región, a causa de la orogenia que provocó levantamiento de la Cordillera de los Andes; por lo que el cauce del río Orinoco fue desplazado hacia el Este. Es también significativa la dirección Este-Oeste del río Ikabarú en el eje Santa Elena-Pauji-Ikabarú-Los Caribes.

**Litología:** Se han descrito cuatro provincias litológicas denominadas Imataca, Pastora, Amazonas y Roraima. Las principales rocas de estas provincias geológicas son, metasedimentos y gneises graníticos y máficos completamente foliados, granitos gneísicos, granulitas, formaciones de hierro, mármoles dolomíticos, rocas volcánicas ácidas y básicas, anfibolitas y una cobertura de plataforma con estratos de buzamiento horizontal dominante, constituidas fundamentalmente por rocas sedimentarias e ígneas intrusivas en menor proporción.

Se propone la división en Provincias Estructurales, diferenciando cuatro: Bolívar, Esequibo, Amazonas, Canaima. En la cuenca hidrológica superficial del río Ikarabú afloran rocas de las provincias geológicas de Cuchivero y Roraima (Figura 2).



**Figura 2. Descripción de las Formaciones litológicas de la cuenca hidrológica superficial del río Ikarabú. Fuente: Elaborado por el autor a partir de CVG-EDELCA (2004).**

La provincia de Roraima está formada por conglomerados, areniscas y lutitas de origen continental que reposan sobre los complejos de rocas ígneas y metamórficas, la misma forma un afloramiento continuo al Sureste del estado Bolívar, al Este de los ríos Paragua y Caroní hasta las fronteras con Brasil y Guyana Esequiba. Hacia el Oeste, hasta la arcada orinoqueña, se encuentran afloramientos esporádicos del Grupo Roraima, que ocupan áreas extensas. Se ha dividido en cuatro formaciones: Uairén, constituida por areniscas intercaladas conglomeradas; Cuquenán, constituida por lutitas; Uaimapué, constituida por conglomerados en la parte inferior y por areniscas de grano medio a muy fino en la parte media y superior, con capas de tobas intercaladas; y Matuai, constituida por areniscas conglomeráticas y de grano

medio. A excepción de la formación Cuquenán, que puede ser de origen marino, todas las formaciones del grupo Roraima son de origen fluvial.

La provincia de Amazonas está constituida por el Supergrupo Cedeño y el Complejo Granítico del Amazonas. El Supergrupo Cedeño está formado por dos conjuntos de rocas ígneas ácidas: Grupo Cuchivero y Grupo Suapure. El primero está integrado por lavas tobáceas y granitos biotíticos–perfiticos. El segundo está conformado por el granito de Parguaza y el granito de los Pijiguaos.

La cuenca del río Ikabarú presenta un predominio de las rocas sedimentarias de la provincia geológica de Roraima, que constituyen rocas con muy poco perfil de meteorización, con estructuras de sinclinales y anticlinales muy amplios, estratos de buzamiento casi horizontal.

Las rocas básicas representa la litología más joven de la región, las que se presentan en forma de diques con potencia entre 1 y 300 metros de ancho, pueden aflorar en forma de pequeños cuerpos de gabro.

Los principales depósitos aluviales de edad muy reciente (Cuaternario) se encuentran distribuidos en el cauce del río Ikabarú, el cual drena sobre rocas, principalmente del grupo Roraima. La conformación de estos sedimentos aluviales es de arenas, limo, gravas y fragmento de diferentes tipos de rocas.

Contactos geológicos: Sobre el basamento ígneo–metamórfico del Grupo Cuchivero, que bordea toda la frontera con Brasil y cubre casi toda la región oriental del área, interrumpida por rocas sin diferenciar y rocas piroclásticas ácidas (CVG TECMIN 1989, 2006), yace el Grupo Roraima, constituido por sedimentos continentales precámbricos: conglomerados, areniscas y lutitas en las cuales se encuentran intrusiones de diabasa en forma de lacolitos, diques y silis, conglomerados, areniscas y lutitas de origen continental que reposan sobre los complejos de rocas ígneas y metamórficas.

Hacia el sector Uaiparú (Anticlinal Uaiparú), en el área de Los Caribes, el Grupo Cuchivero aflora en grandes bloques de hasta 3 m. de diámetro, su color es gris rojizo, porfirítica, a veces mostrando una gruesa capa de meteorización de color blanco producto de la alteración del feldespato (CVG TECMIN, 1986, 1989b).

En el área de Los Caribes en la propia cuenca del río Ikabarú, se encuentran lavas riolíticas porfídicas de color gris, cuyos fenocristales son subhedrales euhedrales de 1 m. de diámetro, tobas cristalinas dacríticas con foliación, toda la ceniza volcánica de color gris riolítica porfídicas masivas y con estructuras de flujo (CVG TECMIN, 1989, 2006).

En el área de Santa Elena de Uairén, se definió el grupo Pacaraima, formado por rocas volcánicas ácidas de naturaleza ignimbríticas. Se desconoce el límite inferior de la misma, el cual, por correlación con Brasil, podría ser el complejo Guayanés (magmáticas, granitos, gneises, granulitas, anfibolitas, etc.) que es el equivalente cronológico a la Provincia de Pastora. Reid, en el año 1974, en esta misma zona, subdividió el grupo en cuatro formaciones que suman un espesor superior a los 2 900 m. Según sus edades, de la más antigua a la más joven, están las Formaciones Uairén, Cuquenán, Uaimapué y Matauí, todas concordantes entre sí.

Yacimientos minerales: Existen importantes yacimientos de oro y diamante fundamentalmente

asociados a los lechos de las corrientes hídricas superficiales (aluviones), además de minerales no metálicos entre los que se encuentran arenas, gneises y granitos. La información disponible para los yacimientos de oro y diamante es parcial e incompleta. Sin embargo, los rasgos geológicos de la cuenca permiten inferir la existencia de recursos minerales importantes, que prospectados a un nivel de detalle adecuado y con la aplicación de técnicas de explotación más eficientes, podrían generar significativos beneficios económicos ambientalmente aceptables (CVG-EDELCA, 2008).

Una alta incidencia de explotaciones informales, el poco control de la extracción del recurso por parte de los actores involucrados, además de la poca información disponible, enmascara el registro de los volúmenes de minerales extraídos.

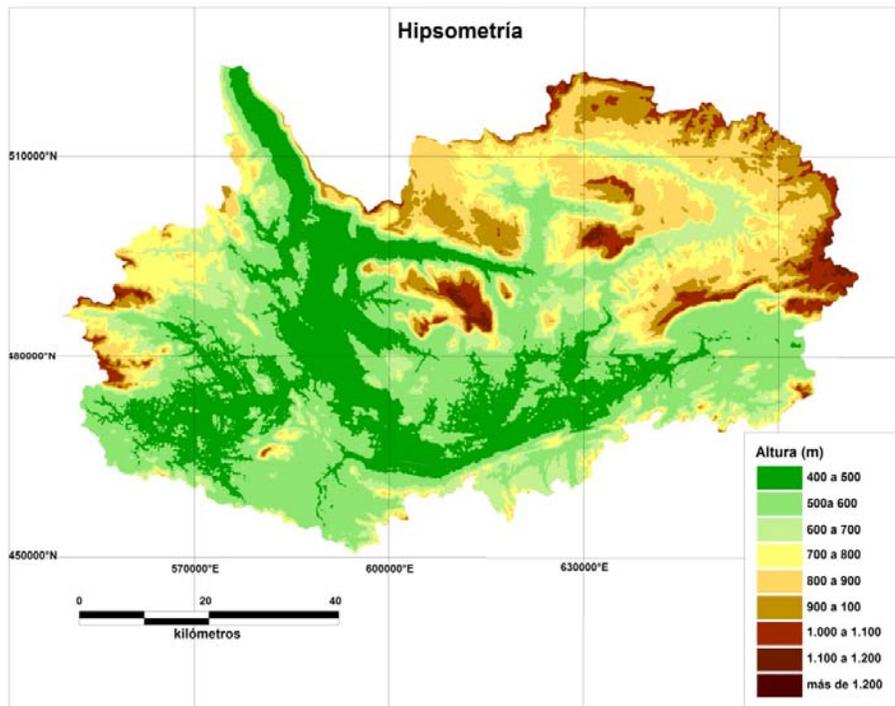
### **Caracterización geomorfológica.**

Tipos y Formas de relieve: El relieve se ha ido modelando sobre rocas con formación estratigráfica del Grupo Roraima, cuyos estratos, hacia la frontera con Brasil conforman un peniplano de aproximadamente 950 m de altitud, en el que se ubican varios diques de diabasa y gabros, que conforman colinas rectilíneas y alargadas, un ejemplo de esto es el dique de Santa Elena de Uairén.

El área de deposición aluvial corresponde a un grupo de procesos interrelacionados de abanicos aluviales disecionados por valles y planicies aluviales de desbordamiento (planos de inundación).

En el área, las formas del relieve tienen un control estructural, siendo así que muchas formas del relieve dependen de diferencias litológicas, un ejemplo de esto es que las superficies más suaves topográficamente y los suelos mejor desarrollados se encuentran en las rocas más susceptibles a la meteorización, tales como las arcosas, limolitas y arcillas.

El mapa hipsométrico de la cuenca del río Ikabarú (Fig. 3), muestra que las alturas de la misma oscilan desde los 400 a los 1200 metros sobre el nivel del mar, notándose un marcado básculamiento de la misma hacia el Norte.



**Figura 3. Hipsometría de la cuenca hidrológica superficial del río Ikabarú. Fuente: Elaborado por el autor a partir del modelo hecho por el Shuttle Radar Topography Mission (S.R.T.M).**

Según CVG-TECMIN (2006), se definieron las unidades geomorfológicas de toda la cuenca del río Caroní, de estas las presentes en la cuenca del río Ikabarú son:

**Montañas bajas:** Están caracterizadas por una altura baja, en comparación con otras montañas existentes en el país, por ejemplo las montañas andinas. Su altura varía entre 500 y 750 metros sobre el nivel del mar, y un desnivel entre los 250 y 400 m., con una topografía escarpada (con pendientes entre 30 y 60 %) a muy escarpadas (con pendientes superiores al 60%). Las montañas son sin duda la topografía más abrupta del área, con vertientes fuertemente inclinadas, los relieve de este pasaje están modelados por intensos procesos denudacionales que han actuado sobre el Escudo Guayanés.

**Altiplanicie:** Caracterizadas por poseer una altura baja (menor de 900 metros sobre el nivel del mar), media (entre 900 y 1600 msnm) o elevada (superior a los 1600 msnm). En cuanto a la topografía, la misma será plana si posee pendientes entre 0 y 4% de inclinación, suavemente inclinada con pendientes entre 4 y 16 % de inclinación, inclinada de 16 a 60 % de inclinación y muy inclinada con pendientes superiores al 60 % de inclinación, la disección de la altiplanicie puede variar desde la no diseccionada a la ligeramente diseccionada, pasando por Moderadamente diseccionada, hasta la Muy diseccionada. Las Altiplanicies poseen una configuración tabular, debido a su conformación por estratos rocosos de poca o ninguna inclinación (menos de 4%), si aumenta esta inclinación, hasta el 10 % comienzan a aparecer las cuestas. En las inmediaciones del pueblo de Ikabarú, donde estos estratos han sido fuertemente basculados por la tectónica local es muy fácil encontrar Hog's Backs o espinazos, con pendientes mayores de 60 % de inclinación. Geológicamente el basamento está constituido

por rocas sedimentarias del grupo Roraima, siendo las más comunes las areniscas gonglomeráticas, las areniscas cuarzosas, areniscas arcóscicas, areniscas volcanoclásticas, tobas vítreas y limolitas. La red de drenaje se muestra controlada por la estructura, desarrollando patrones de tipo rectangular a paralelo. Los suelos existentes son poco evolucionados, siendo los más frecuentes los entisoles de estructura arenosa y poco profundos, sobre todo en los lugares donde la vegetación es herbácea.

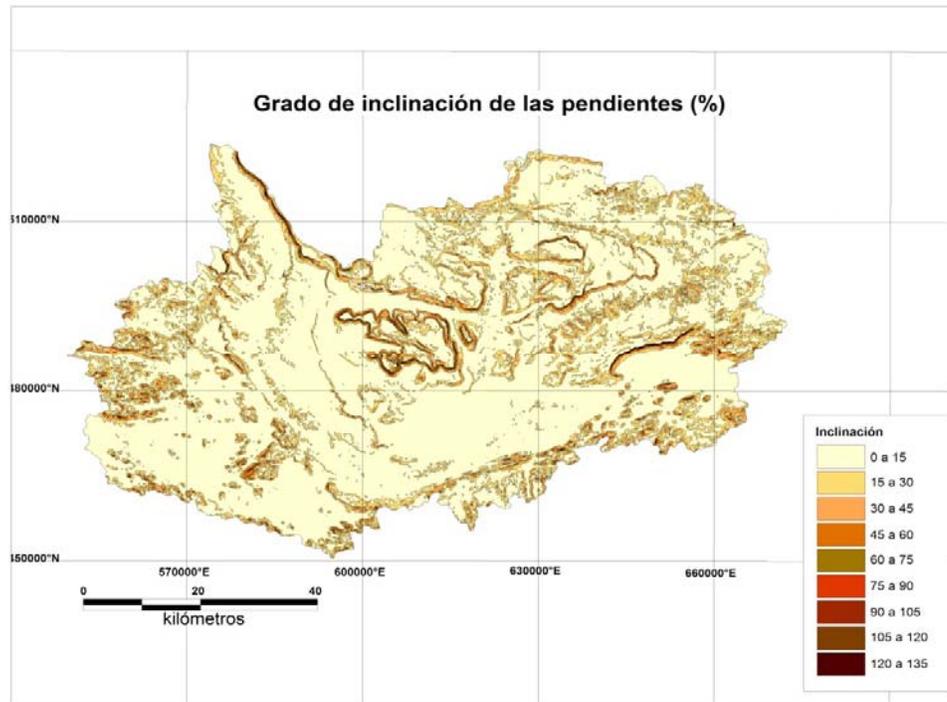
**Piedemonte:** Se caracteriza por una topografía suavemente inclinada, cuando posee valores de inclinación de las pendientes entre 4 y 16 %, inclinada, cuando los valores están entre 16 y 60 % y muy inclinada cuando los valores sobrepasan el 60 %. La disección en la cuenca es Moderada, poseen una topografía bastante accidentada por la disección y la acumulación de grandes bloques heteométricos, desprendidos por procesos gravimétricos y posteriormente depositados, formando un plano inclinado al pie de las Montañas y las Altiplanicies, los paisajes más significativos que se generan por estos procesos son los talud de derrubios, los glacis de erosión y las vegas. Litológicamente están conformados por bloques de roca sedimentaria, en especial areniscas cuarcíticas, arcóscicas o feldespáticas y limolitas, las cuales afloran in situ o en bloques alóctonos provenientes de niveles superiores. La red de drenaje está más controlada por la pendiente que por la estructura geológica, desarrollándose un patrón paralelo a dentritico. Se puede considerar como un medio poco estable debido a su naturaleza superficial, a sus altas pendientes y al alto régimen pluviométrico.

**Lomerío:** Para este paisaje geomorfológico, las alturas deben estar por debajo de los 50 msnm, para que sea bajo, para una altura media, la misma debe oscilar entre los 50 y los 150 msnm, mientras que alto debe estar entre los 150 y los 250 msnm. En el caso de la topografía se considera quebrada cuando la inclinación de las pendientes oscila entre el 8 y el 16 %, muy quebrada cuando la inclinación está entre el 16 y el 30 %, escarpada cuando está entre el 30 y el 60 %. Está conformado por lomas disimétricas, que apuntan a que los procesos de modelación del paisaje han actuado siguiendo direcciones preferenciales, condicionada en su mayoría por los trens estructurales. Aunque su origen es siempre erosivo, se puede poner de manifiesto la estructura del substrato geológico, esto es frecuente cuando los procesos de denudación se desarrollan sobre materiales de carácter intrusivo como los diques o sills, los cuales han sido descubiertos por erosión diferencial, que aún conservan sus rasgos estructurales. La red de drenaje plantea un patrón dentritico denso, aunque puede llegar a subdentritico en dependencia de la litología que lo conforma. Los efectos morfodinámicos son más activos en el caso de la cobertura de sabana, que con la cobertura boscosa, lo que permite inferir que la intervención antrópica es un elemento importante en la conformación de estos tipos de relieve.

**Peniplanicie:** Medias a partir de que las alturas sean entre 200 y 500 msnm respectivamente. Con una topografía suavemente ondulada en dependencia de que la inclinación de las pendientes sea de 8 a 16 %. En las mismas ha ocurrido una aplanación casi total del relieve original, debido a procesos de peniplanación, generando relieves rebajados con alternancia de colinas, glacis y vegas, cubiertos de bosque. Litológicamente, el substrato predominante es de rocas graníticas y gneises graníticos, aunque la peniplanación puede generarse sobre otro tipo de rocas como las metavolcánicas y las metasedimentarias. La vegetación predominante es la de sabana, con gramíneas y arbustos ralos.

**Pendientes:** La cuenca tiene en sentido general una superficie con escasa inclinación, debido fundamentalmente a la litología superficial que presenta en gran parte del territorio, las

areniscas del grupo Roraima, que conforma un relieve peculiar, con inclinaciones de pendientes predominantemente bajas, también influye el tipo de relieve predominante que es la peniplanicie con pendientes no mayores del 16 %, aunque están presente en la cuenca relieves de montañas bajas fuertemente escarpadas con pendientes superiores al 60 % de inclinación, sin embargo este tipo de relieve no es el predominante. (Fig. 4).



**Figura 4. Grado de inclinación de las pendientes (%) en la cuenca hidrológica superficial del río Ikabarú. Fuente: Elaborado por el autor.**

Llanuras de Inundación: Según se aprecia en el mapa hipsométrico (Fig. 3) y el mapa de inclinación de las pendientes (Figura 4), es notoria la amplia extensión que poseen las llanuras de inundación dentro de la cuenca del río Ikabarú, lo que unido con la marcada estacionalidad del régimen pluviométrico y los altos índices de lluvia registrados en la estación meteorológica ubicada dentro de la cuenca, así como la estación de Santa Elena de Uairén, un poco más distante, condiciona que el desborde de las corrientes superficiales en la época de lluvias sea extenso a lo largo de toda la corriente superficial e importante en toda la cuenca, esto unido a que la minería en la misma es de aluvión y que el fuerte deterioro ambiental se produce por ende muy cercano a las corrientes superficiales, provoca en época de lluvias que el acarreamiento y deposición de sedimentos sea importante, fundamentalmente en el tercio medio e inferior de la cuenca.

#### **Caracterización climática:**

Según CVG-EDELCA, (2004) se plantea que la caracterización climática de la cuenca se realizó a partir de la metodología propuesta por L. R. Holdridge, la que considera la relación existente entre la vegetación natural y los principales componentes del clima como son, la biotemperatura, la precipitación y la humedad relativa estimada a partir de la relación de

evapotranspiración.

En la clasificación propuesta por Holdridge se sustituye la temperatura por la biotemperatura (Bt) que para las regiones tropicales no es otra que la temperatura media anual, ésta determina la tasa de evaporación directa del agua del suelo y la vegetación, así como el ritmo y el volumen de los procesos fisiológicos de las plantas.

A partir de esta caracterización de la biotemperatura Holdridge propone siete pisos altitudinales, las cuales son, a partir de las zonas más elevadas hacia las más bajas: Nival, Alpino, Subalpino, Montano, Bajo, Premontano y Tropical.

Atendiendo a la clasificación de Köppen la zona de Ikabarú posee un clima tropical pluvial de selva para alturas menores de 1400 m sobre el nivel del mar, para alturas superiores a este valor el clima es templado de altura tropical. De acuerdo al balance hídrico de Thornthwaite, la estación de Santa Elena de Uairén presenta un clima húmedo sin deficiencia de agua, mesotérmico o semicálido, según el inventario y recuperación de áreas mineras elaborado por CVG- TECMIN (2004).

Temperatura: En la región existen dos máximos de temperatura en los meses de marzo a mayo y de septiembre a noviembre, correspondiéndose con los equinoccios de primavera y otoño. Los mínimos de temperatura se corresponden con los solsticios de verano e invierno, es decir, de julio a agosto y de diciembre a febrero.

Para la caracterización climática en el eje Santa Elena de Uairén-El Polaco-Ikabarú-Hacha se utilizaron, en el informe elaborado por CVG TECMIN (2004), las variables climatológicas de las Estaciones de Santa Elena de Uairén e Ikabarú (Tabla 1).

**Tabla 1. Parámetros más significativos de las estaciones consultadas.**

Estación	Serial	Tipo	Latitud (N)	Longitud(W)	Altura (m)	Organismo
Santa Elena	7947	C2	04° 36' 00"	61° 07' 00"	868	FAV
Ikabarú	5924	PR	04° 20' 01"	61° 43' 14"	475	EDELCA

**Fuente: CVG-TECMIN (2004), CVG EDELCA (1985).**

Se observa una distribución de temperatura media mensual con dos picos, en los meses de abril y octubre, 20,8 °C y 23,6 °C respectivamente, la temperatura histórica más baja registrada es de 19,9 °C en el mes de enero, debido al régimen de precipitaciones se produce un mínimo relativo en el mes de julio, por lo que los lugareños llaman erróneamente invierno al período de *lluvias*.

Temperaturas medias máximas: El promedio anual de temperatura es muy parecido en todas las estaciones consultadas, con máximos mensuales en marzo y octubre (30,7°C y 30,2 °C respectivamente). A escala anual, el promedio de las medias máximas es de 25,7 °C, con valores más elevados en marzo y abril (26,2 °C) y en septiembre y octubre (26,5 °C) con un mínimo en julio (24,8 °C) (CVG-EDELCA, 2004).

Temperaturas medias mínimas: El patrón de distribución de los valores mensuales promedio mínimos no es bimodal, el valor menor de temperatura promedio mínima se registra en el mes

de enero (16,4 °C), mientras que el mayor valor se registra en el mes de mayo.

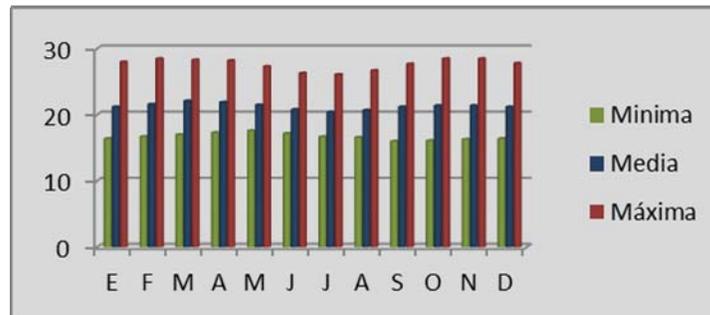
Según CVG-TECMIN, (2004), en la estación de Santa Elena de Uairén la temperatura media anual es de 21,3 °C, siendo de 20,7 °C en julio y de 22,17 °C en marzo. La máxima anual está en el orden de los 27,7 °C, llegando a 28,0 °C en los meses de febrero y marzo. La mínima anual es de 16,7 °C en los meses de septiembre y octubre (16,0 °C a 16,1 °C), (Tabla 2).

**Tabla 2. Temperatura media máxima y mínima mensual y anual (°C).**

Estación	Período	Parámetro	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
S.Elena	1951-1992	Mínima	16,4	16,7	17	17,3	17,6	17,2	16,7	16,6	16	16,1	16,3	16,4	16,7
		Media	21,2	21,6	22,1	21,9	21,5	20,8	20,4	20,7	21,2	21,4	21,4	21,2	21,3
		Máxima	28	28,5	28,3	28,2	27,3	26,3	26,1	26,7	27,7	28,5	28,5	27,8	27,7

**Fuente: (CVG-EDELCA, 2004).**

Se observa un comportamiento estacionalmente normal en la distribución de las temperaturas mínimas, con valores más bajos en los meses de octubre, noviembre y diciembre, aunque se registran temperaturas significativamente bajas en los meses de julio y agosto. Sin embargo, las temperaturas medias y máximas presentan una marcada disminución de las mismas en los meses de junio, julio y agosto, los cuales se corresponden con la estación de verano para el hemisferio septentrional, período en el que se incrementa la pluviosidad (Fig. 5).



**Figura 5.. Temperaturas mínimas medias y máximas (°C). Fuente: FAV (1992)**

Precipitación: La distribución espacial de las precipitaciones varían desde 5 510 mm hasta 1 330 mm, este es un valor promedio anual. El Alto Caroní se caracteriza por la ocurrencia de precipitaciones de baja intensidad para cortas duraciones y presenta, comparativamente con los demás sectores, valores de mediana a alta intensidad para lluvias de 24 horas de duración. (CVG-EDELCA 2004).

Es significativo que el 69 % de la precipitación media anual ocurre en apenas cuatro meses, entre mayo y agosto (Fig. 6). Se producen máximas de precipitación entre los meses de junio y julio. Lo mismo ocurre con las precipitaciones mínimas. La media anual para la Estación de Santa Elena de Uairén es de 1700 mm de precipitación, siendo los valores muy próximos a 1800 mm para Ikabarú (Tabla 3).

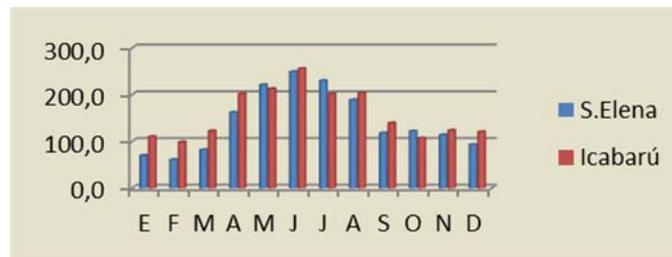


**Figura 6. Fuertes precipitaciones en las inmediaciones del asentamiento de Ikabarú, Mayo 2008.**  
**Fuente: Archivo personal del autor.**

**Tabla 3. Precipitación media mensual y anual (mm).**

Estación	Período	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
S.Elena	1951-1992	70	61	82	162	221	249	230	189	118	122	114	93	1711
Ikabarú	1974-1985	110.1	98.6	122.6	201.7	213.1	255.8	201.6	203.8	139.6	107.1	123.6	120.6	1894

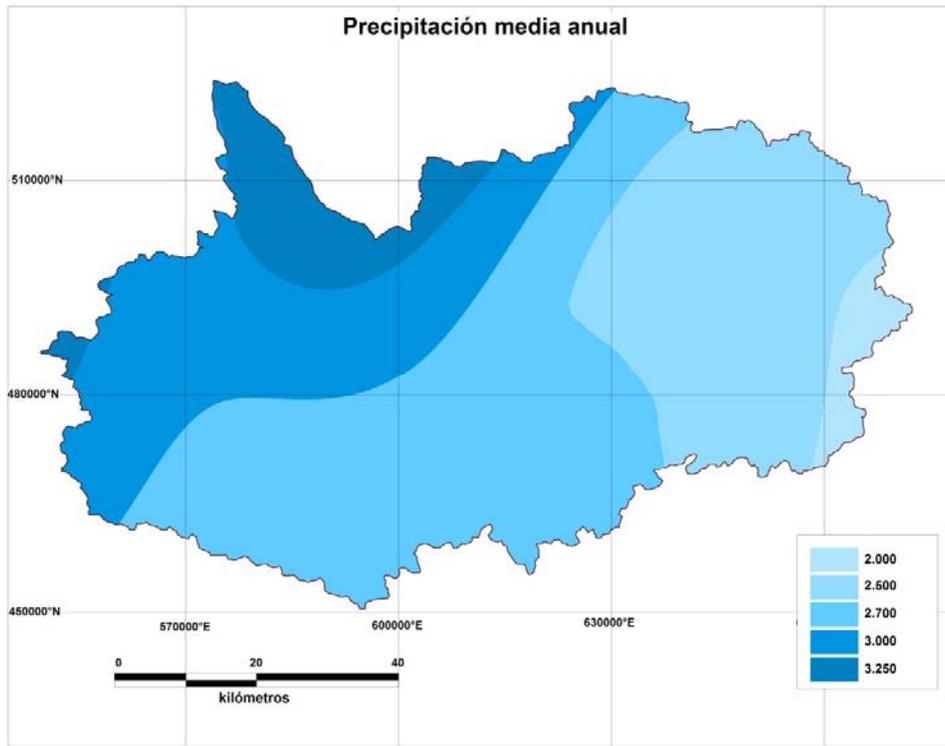
**Fuente: CVG-TECMIN (2004), CVG EDELCA (1985).**



**Figura 7. Precipitación media hiperanual mensual (mm).** Fuente: Elaborado por el autor.

La Fig.7 muestra la distribución mensual de las precipitaciones a partir de la observación de la misma en un período de 41 años para la estación de Santa Elena de Uairén y de un período de 9 años para la estación de Ikabarú. A pesar de los pocos años de observación de la estación de Ikabarú, los datos se validan a partir de la gran correlación existente entre estos datos y los de la estación de Santa Elena, se observa el comportamiento monomodal de la lluvia con un máximo en el mes de junio, sin embargo la tendencia al aumento en el año se manifiesta desde el mes de abril, comenzando su descenso en el mes de julio.

La distribución espacial de las precipitaciones en la cuenca del río Ikabarú varía de Este a Norte, presentándose las mayores lluvias en la confluencia del río Ikabarú con el Caroní (Fig. 8), este patrón espacial está vinculado principalmente con las características hipsométricas de la cuenca.



**Figura 8. Distribución espacial de las precipitaciones en la cuenca hidrográfica superficial del río Ikabarú. Fuente: Elaborado por el autor a partir del Plan Maestro de la cuenca del río Caroní. CVG-EDELCA (2004).**

Humedad Relativa: Según CVG-EDELCA, (2004), el porcentaje de humedad relativa en la cuenca oscila entre el 70 % y el 82 % en todo el año, originando una amplitud anual de 12%. En el período de bajas precipitaciones la humedad relativa se mueve en el rango entre 70 % y 78 %, con el valor más alto en el mes de diciembre, mientras que en el período de altas precipitaciones, el rango está entre 72 % en abril y el 82 % en los meses de junio y julio.

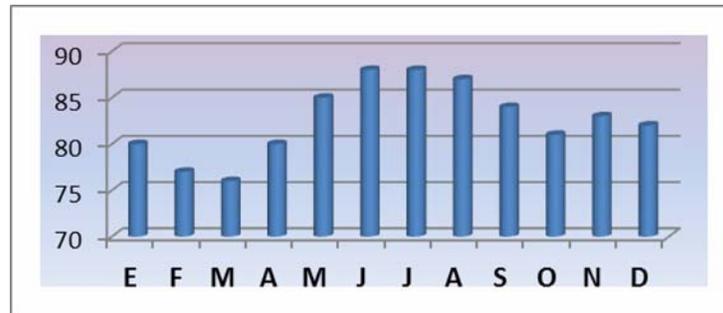
La Estación Santa Elena de Uairén, registra una humedad relativa media que varía entre el 80,5 % y el 83 % aproximadamente teniendo un máximo en los meses de junio y julio del 88 % y un mínimo en marzo del 71 %, (Tabla 4).

**Tabla 4. Humedad relativa mensual y anual (%).**

Estación	Período	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Santa Elena de Uairén	1951-1992	80	77	76	80	85	88	88	87	84	81	83	82	83

**Fuente: CVG-TECMIN (2004).**

Lógicamente existe una alta correlación entre la humedad relativa y la época de lluvias, observándose los máximos porcentajes precisamente en los meses de junio y julio y el mínimo en los meses de febrero y marzo (Fig. 9).



**Figura 9. Humedad Relativa mensual. Estación Santa Elena de Uairén (mm). Fuente: Elaborado por el autor**

Radiación Solar: Según CVG-EDELCA, (2004), en toda la cuenca la variación diaria de la radiación solar como es obvio está asociada al movimiento diario del sol, es decir, esta va en aumento desde el amanecer hasta que alcanza el máximo hacia el mediodía, momento en que el ángulo de incidencia aumenta y la radiación comienza a disminuir, hasta alcanzar su mínimo en el crepúsculo.

En las regiones intertropicales la inclinación del sol varía muy poco durante todo el año, por tal motivo la intensidad de la radiación solar es siempre alta, lo que influye en que la variación estacional de la radiación recibida sea muy baja.

Se estima una radiación solar media anual de 426 cal/cm<sup>2</sup>/día, observándose una leve variación a lo largo de la cuenca en la cantidad de radiación recibida, en lo cual puede incidir distintos factores como puede ser la geomorfología, la orientación de las pendientes, la altura, la nubosidad, etc. Sin embargo en el comportamiento mensual se observan dos máximos durante el año, una principal en el mes de marzo con un valor de 453 cal/cm<sup>2</sup>/día y otro secundario en septiembre con valores promedios de 449 cal/cm<sup>2</sup>/día. Lo mismo ocurre con los valores mínimos, habiendo uno principal en diciembre con un valor de 392 cal/cm<sup>2</sup>/día, y un mínimo secundario en el mes de junio con un valor promedio de la radiación solar de 398 cal/cm<sup>2</sup>/día. El comportamiento de este indicador a lo largo de toda la cuenca es muy similar, con ligeras variaciones, poco significativas.

Según CVG-TECMIN (2004), para la cuenca de Ikabarú la radiación solar estimada se encuentra entre los 400 y 450 cal/cm<sup>2</sup>/día, observándose como en el resto de la cuenca un comportamiento bimodal, solo que con un ligero desplazamiento, con un máximo principal en septiembre y uno secundario en febrero y un mínimo principal en junio y uno secundario en enero.

### **Caracterización edafológica:**

Según CVG-TECMIN (2004), la cuenca de Ikabarú presenta en su mayor parte suelos de origen residual, que muestran una estrecha relación con el basamento litológico; los mismos evolucionan localmente a partir de sedimentos coluvio-aluviales. Es muy común que estos suelos estén asociados a grandes extensiones de afloramientos rocosos.

Los tipos de suelo presentes en la cuenca son:

Ultisoles: Es de los órdenes más comunes de la cuenca de Ikabarú. Presentan un avanzado estado de desarrollo pedogenético, de superficiales a muy profundos, marrón grisáceos muy oscuros, marrón oscuro, marrón amarillento y marrón rojizo. Las texturas son franco, franco arcillo arenosa, franco arcillo limosa, franco arcillosa y arcillosa, mezcladas localmente con gravas y guijarros de cuarzo y nódulos de hierro. Poseen débil estructuración en superficie, que en profundidad se tornan moderadas (CVG-TECMIN, 2004), (Fig. 10 y 11). En las zonas de lomerío, donde ha habido actividad minera, se observan áreas con franjas de bosque remanente que crecen sobre Ultisoles, que no impiden al cabo de un tiempo, la recuperación del bosque.



**Figura 10. Áreas de bosque remanente sobre Ultisoles, tercio superior de la cuenca de Ikabarú. Fuente: Archivo personal del autor**



**Figura 11. Perfil de Ultisol bajo una franja de bosque remanente en proceso de sucesión, tercio superior de la cuenca de Ikabarú. Fuente: Archivo personal del autor**

Entisoles: Son el segundo grupo de suelos más frecuentes en el área, presenta muy pocas o ninguna evidencia de desarrollo evolutivo. Pueden presentarse de muy superficiales a profundos, gris oscuro, marrón amarillento, marrón oscuro y marrón grisáceo, la textura puede ser arenosa, y areno francosa predominantemente y en menor proporción franco arenosa, mezcladas ocasionalmente con abundantes proporciones de gravas guijarros de cuarzo y nódulos de hierro. En el eje Sta Elena-Ikabarú-Zapata aparecen Entisoles en las parcelas Belarmino, Los Brasileños, San Luis, y Zapata, este orden de suelos se observa en vial Paují-Santa Elena de Uairén (Fig.12).



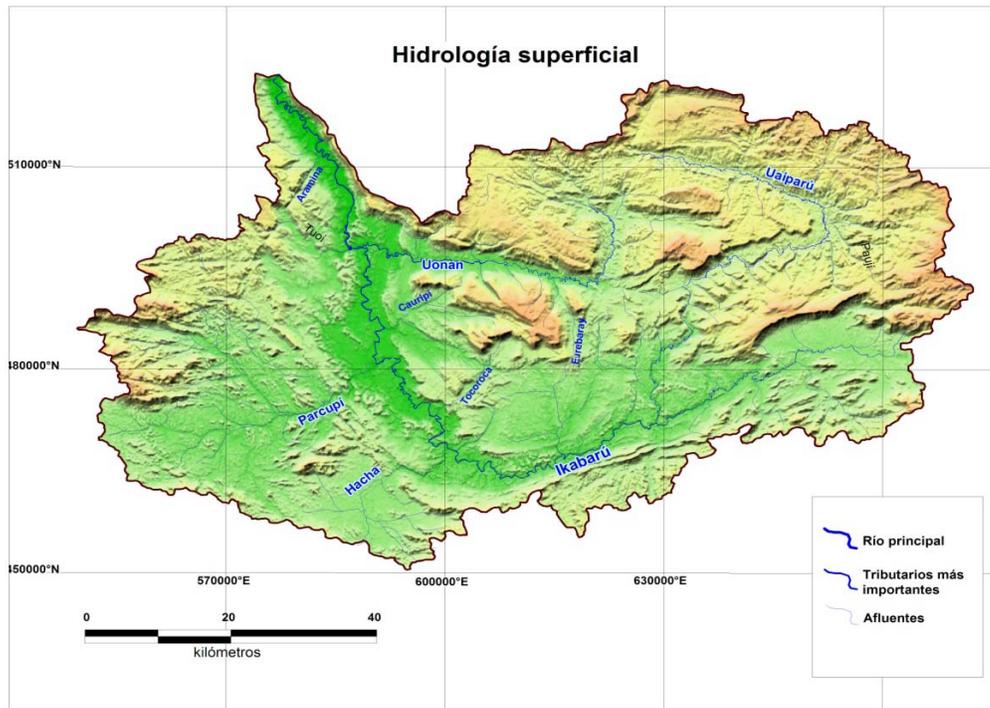
**Figura 12. Préstamo de suelos del orden entisoles observado en el corte del vial Paují-Santa Elena. Fuente: Archivo personal del autor**

Inceptisoles: Tercer grupo de suelos de importancia. Superficiales a profundos, de moderada evolución pedogenética, marrón grisáceo, marrón, gris marronzco y gris oscuro en la superficie, en profundidad puede variar desde el marrón amarillento hasta el rojo amarillento, las texturas varían desde franco arenosas, franco y franco arcillo arenosa, mezclada con proporciones variables de fragmentos gruesos de gravas de cuarzo y nódulos de hierro. Este orden se encuentra en la cuenca generalmente asociados a los anteriores y a aportes de sedimentos depositados por los cursos de agua.

### **Caracterización hidrológica.**

Se caracteriza por poseer altas pendientes del terreno, que condicionan la existencia de numerosas corrientes, teniendo además un perfil longitudinal de quebrado a accidentado, este sector comprende desde el nacimiento del río Kukenán hasta la confluencia del Ikabarú con el Caroní, en el raudal de Aripichí, es precisamente en este sector donde se encuentra la fuente principal de agua de toda la cuenca.

CVG-TECMIN (2004), plantea que el río Ikabarú nace entre la Sierra de Pacaraima y el cerro El Abismo, corre en sentido preferencial NE-SE hasta aproximadamente el salto Hacha, continua en dirección Sur, los tributarios Uaiparú, Erebarú y Uonan por la margen izquierda y Hacha, Parcupí y Tupy por la derecha (Fig. 13).



**Figura 13. Hidrografía de la cuenca del río Ikararú. Fuente: Elaborado por el autor.**

Existen un grupo de parámetros morfométricos a tener en consideración para la caracterización de la cuenca del río Ikararú, definidos por CVG-EDELCA, (2004):

- Perímetro de la cuenca: 485,9 km.
- Longitud del cauce principal: 441,4 km.
- Pendiente media del cauce: 2 %
- Pendiente media de la cuenca: 4,3 %
- Forma de drenaje: Patrón de drenaje erosional, dendrítico, subparalelo localmente, con densidad de drenaje media a alta, presenta localmente control estructural.
- Densidad de Drenaje: 0,25 km/km<sup>2</sup>. Baja, el tipo de paisaje característico de la cuenca, de altiplanicie, conformada por altura de pequeñas colinas, con predominio de litología de arenisca bien consolidada, con matriz de sílice, conglomerados y arcosa, condiciona una alta permeabilidad, por consiguiente una baja densidad de drenaje.

Otros parámetros es posibles obtenerlos a partir del análisis a los datos del Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) (CVG-TECMIN, 2004) como son:

- Área de la cuenca: 5572 km<sup>2</sup>.
- Altura máxima de la cuenca: 1281 m.
- Altura mínima de la cuenca: 398 m.

Sin embargo, uno de los indicadores hidrológicos más importantes por la relación que presenta con la erosión y la remoción de sedimentos, es el gasto medio anual ( $Q_0$ ) o escorrentía media anual del río. Este indicador no admite comparación con otras corrientes hidrográficas por su

relación determinante con el área de la cuenca, por lo que resulta mucho más beneficioso desde el punto de vista comparativo el Volumen de escurrimiento ( $W_0$ ).

La información existente de la escorrentía media anual ( $Q_0$ ) del río Ikabarú señala que la misma para el sector Marivá es de 388 m<sup>3</sup>/s. Este es un dato observado a partir de la estación hidrométrica ubicada en el tercio medio del río Ikabarú, para un cierre de cuenca de 5248 Km<sup>2</sup> según CVG-EDELCA (2008).

El cálculo del caudal medio anual de una cuenca hidrográfica para un período largo de tiempo no es más que el rendimiento de ésta, es decir, la cantidad de agua que pasa por una sección transversal dada, para un período de tiempo previamente definido, el mismo es un elemento hidrológico clave para evaluar el rendimiento hídrico de una cuenca hidrográfica, y más importante aún, para determinar el aporte de sedimentos sólidos aguas abajo. Hidrológicamente si es conocido el gasto medio ( $Q_0$ ) y el área de la cuenca (A) podemos determinar el módulo de escurrimiento medio anual ( $M_0$ ) para el cierre conocido.

$$M_0 = \frac{(Q_0 * 1000)}{A}$$

$$M_0 = \frac{(388 * 1000)}{5248}$$

$$M_0 = 74 \text{ l/s/Km}^2$$

Conociendo  $M_0$  para los datos de  $Q_0$  observados a partir del cierre de cuenca de 5248 Km<sup>2</sup> es factible trasladar esos datos para el nuevo cierre de 5572 Km<sup>2</sup> determinado por el SRTM y determinar el gasto para el mismo.

$$Q_0 = \frac{(M_0 * A)}{1000}$$

$$Q_0 = \frac{(74 * 5572)}{1000}$$

$$Q_0 = 412 \text{ m}^3/\text{s}$$

Esta transpolación es perfectamente posible realizarla puesto que el área de la cuenca es apenas 5 % menor que el área determinada por el SRTM. Conociendo el  $Q_0$  del río Ikabarú para un período largo de tiempo es posible determinar el volumen de escurrimiento de la cuenca utilizando un coeficiente de cálculo, que no es más que el volumen del agua que escurre en toda la cuenca en un año, y que es un parámetro perfectamente comparable con todas las corrientes hídricas superficiales del mundo.

$$W_0 = M_0 * 31536 * A$$

$$W_0 = 74 * 31536 * 5572$$

$$W_0 = 12992,83 \text{ millones de m}^3$$

Es decir, en un año escurren por la cuenca del río Ikabarú aproximadamente 13 000 millones de m<sup>3</sup> de agua, lo que unido a las características edafológicas de la misma, trae un acarreo de sedimentos significativo aguas abajo. Sin embargo esto no quiere decir que todo el sedimento llegue al tercio inferior de la cuenca del río Caroní, pues existen una serie de controles estructurales, tales como desniveles, (saltos de agua) fallamientos, etc. que actúan como

“trampas” de los mismos, por lo que es necesario hacer un estudio sedimentológico profundo aguas abajo para determinar con exactitud la magnitud y característica de los sedimentos que llegan esta zona.

## CONCLUSIONES

El relieve se ha ido modelando sobre rocas, cuyos estratos, hacia el Sur conforman un peniplano de aproximadamente 950 m de altitud, en el que se ubican varios diques de diabasa y gabros, que conforman colinas rectilíneas y alargadas, existe en toda la subcuenca un fuerte control estructural, lo que provoca que las formas del relieve dependan de diferencias litológicas. El área de deposición aluvial corresponde a un grupo de abanicos aluviales disecionados por valles y planicies aluviales de desbordamiento (planos de inundación).

El área de estudio posee un clima tropical pluvial de selva, para alturas superiores a 1 400 m.s.n.m. es templado de altura tropical. Con un balance hídrico húmedo sin deficiencia de agua, la distribución espacial de las precipitaciones varía de Este a Norte, presentándose las mayores lluvias en la confluencia del río Ikabarú con el Caroní, este patrón espacial está vinculado principalmente con las características hipsométricas de la cuenca.

El comportamiento en la distribución de las temperaturas mínimas es estacionalmente normal, con valores más bajos en los meses de octubre, las temperaturas medias y máximas presentan una marcada disminución de las mismas en los meses de junio, julio y agosto, los cuales se corresponden con la estación de verano para el hemisferio septentrional, período en el que se incrementa la pluviosidad.

La cuenca presenta en casi toda su extensión, suelos de origen residual, que muestran una estrecha relación con el basamento litológico; los que evolucionan localmente a partir de sedimentos coluvio-aluviales, es muy común que estén asociados a grandes extensiones de afloramientos rocosos.

Por la cuenca escurren alrededor de 13 000 000 000 m<sup>3</sup> de agua al año, lo que puede traer un significativo acarreo de sedimentos aguas abajo. Sin embargo existen una serie de controles estructurales, tales como desniveles, (saltos de agua) morfoalineamientos y fallamientos. que actúan como “trampas” de los mismos, lo que puede evitar que todo esta sedimentación llegue a la confluencia con el río Caroní.

## REFERENCIAS

1. CVG-EDELCA (2004): Plan Maestro de la Cuenca del Río Caroní. CVG EDELCA. V1T2-C1; V1 T6-C3.
2. CVG-EDELCA (2008): La cuenca del río Caroní. Una visión en cifras. 2008. Editorial Gerencia de Gestión Ambiental EDELCA, Puerto Ordaz, 263 p.
3. CVG-TECMIN (1989): Inventario de los Recursos Naturales de la Región Guayana: Clima, Geología, Geomorfología, Suelos, Vegetación. Corporación Venezolana de Guayana (CVG) Técnica Minera (TECMIN), Ciudad Bolívar. Tomo II: 777-782.
4. CVG-TECMIN (2004): Inventario de Áreas Afectadas por Pequeña Minería. Eje Sta Elena-El Polaco- Ikabarú- Hacha. CVG-TECMIN: Puerto Ordaz, pp. 3-140.
5. CVG-TECMIN (2006): Propuesta de Recuperación de Áreas Degradadas por la Actividad de Pequeña Minería Sector Ikabarú.