

PROYECTO 007- 05-131  
ESTUDIO GEOGRAFICO E INFRAESTRUCTURA DE DATOS  
ESPACIALES PARA EL MANEJO DE LA REGION ESPECIAL  
DE DESARROLLO SOSTENIBLE “BAMBURANAO”

---



RESULTADO I- ESTADO ACTUAL DE LAS  
CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS GENERALES MÁS  
RELEVANTES EN LA REDS “BAMBURANAO”

Se presenta los resultados del levantamiento de las características geográficas generales más relevantes en la REDS, realizado en el marco del proyecto entre Julio del 2010 y julio 2011.

La Habana, 5 septiembre 2012

INDICE

Presentación

## I- INTRODUCCIÓN

El sistema “Bamburanao” agrupa áreas de las Provincias de Villa Clara, Sancti Spíritus y Ciego de Ávila.

La extensión geográfica total de la Sierra de Bamburanao es de 782.16 Km<sup>2</sup>, su totalidad se encuentra en la REDS Bamburanao, aunque la extensión total de esta asciende a 804,4 Km<sup>2</sup>, al incluirse en la misma, por diversas razones, territorios que se encuentran fuera del macizo. En la REDS se asientan 45493 habitantes, 18165 viviendas que genera una densidad aproximada de 59,8 hab / km<sup>2</sup> y 22,5 viv/km<sup>2</sup> determinando un índice de 2.6 hab / viv. Cuenta con un total de 23 Consejos Populares y una Circunscripción Especial, 5 pertenecientes al territorio de Villa Clara 11 a Sancti – Spíritus y 7 a Ciego de Ávila y 1 circunscripción especial.

Existen un total de 772 pisos de tierra, distribuidos de la siguiente forma: 125 en Villa Clara, 0 en Sancti – Spiritus y 647 a Ciego de Ávila.

La Sección correspondiente a la Provincia de Villa Clara, incluye a Las Lomas de Buena Vista y La Loma de Guajabana, esta última como elemento sobresaliente dentro de la topografía del área ubicada al Este del municipio de Remedios y se extiende hasta el municipio Yaguajay, en la provincia de Sancti - Spíritus.

De la extensión territorial de la REDS que es de 804,4 Km<sup>2</sup>, 163,0 Km<sup>2</sup> corresponden al municipio de Remedios y 18,4 Km<sup>2</sup> a Caibarien, la población de 9678 habitantes y 3 381 viviendas, teniendo como eslabón económico fundamental los forestales, la ganadería y los cultivos temporales.

La Sección Sancti Spíritus esta integrada por un sistema de alturas cársicas que se despliegan al norte del municipio de Yaguajay la cual incluye las Lomas de las Tasajeras, Sierras de Bamburanao, Sierra de Meneses – Cueto ; Loma de La Canoa y Sierra de Jatibonico. Abarcan una extensión, según el límite propuesto, de 265.2 Km<sup>2</sup> representando el 24 % del área total del municipio.

Dicho territorio cuenta con una población de 12618 Habitantes y 4 614 viviendas, distribuidos en 32 asentamientos (uno de ellos es Urbano).

La Sección perteneciente a Ciego de Ávila: se extiende desde el río Jatibonico del Norte hasta Chambas, es decir al Noroeste de la provincia, correspondiéndose con su zona montañosa, con alturas bajas no superiores a los 408 m, dedicadas fundamentalmente a la actividad forestal, a la ganadería y al desarrollo de cultivos temporales, con un predominio del sector privado; aparecen representadas en menor cuantía empresas estatales como las empresas agropecuarias y forestales; donde se destacan las siguientes elevaciones : Sierra de Jatibonico, Lomas de Santa Clarita, Loma Espinosa, Loma Poza Redonda, Loma Jagueycito , entre otras.

El área en su totalidad comprende los municipios de Florencia y Chambas, abarcando una extensión de 357, 8 km<sup>2</sup>, de ellos 283,6 km<sup>2</sup>, corresponden al municipio de Florencia; éste municipio queda comprendido en su totalidad dentro del Plan Turquino Bamburanao; mientras que del municipio Chambas sólo se incluye su porción Sur al proyecto, cubriendo un área de 74,2 km<sup>2</sup>. Esta provincia cuenta con 10 170 viviendas.

Ubicación geográfica y características generales del territorio

## II- CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS GENERALES DEL TERRITORIO

### II.1- CLIMA

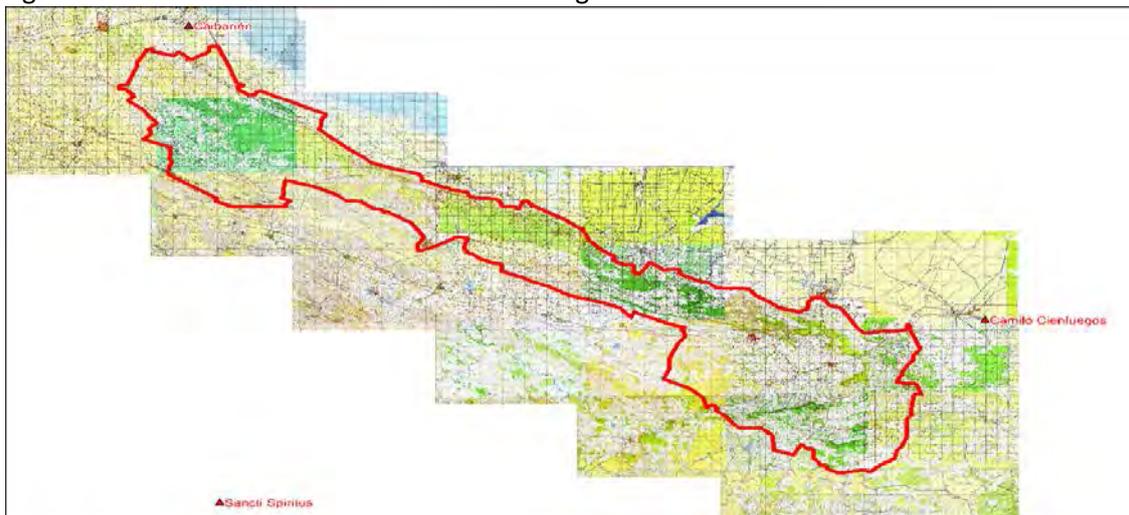
El territorio estudiado por su ubicación puede considerarse un sector distintivo de las condiciones climáticas de las provincias Villa Clara, Santi Spíritus y Ciego de Ávila.

- Materiales y Métodos

Para la realización del trabajo, entre otros materiales, se dispuso de la información publicada en la Guía Climática correspondiente a las estaciones meteorológicas de Caibarién, Sancti Spíritus y Camilo Cienfuegos, respectivamente, ya que son las más próximas al área de estudio. (Fig.1). No se pudo contar con información climática específica de la zona montañosa en particular.

Ello complejiza el trabajo de evaluar climáticamente la parte del macizo montañoso con información de puntos situados solamente en las llanuras norte y sur, así como próximo a la costa en el caso de la estación meteorológica de Caibarién. Por lo que fue necesario además acudir a los estudios realizados por otros autores sobre la temática, entre los que destacan: Jansa (1974), Burman E. (1969), Matveev (1984). Así como el y el Atlas Climático de Cuba entre otros documentos.

Figura 1- Ubicación de las estaciones Meteorológicas del área de estudio



Dentro las obras consultadas como referencias bibliográficas destacan: Nuevo Atlas Nacional de Cuba, Atlas Climático para Especialistas de la Agricultura, Mapas de Sequía y Aridez Climático, Mapa Isoyético 1931-1961, La sequía en Cuba y sus causas, Caracterización climática de la cordillera de Guaniguanico y Varios estudios del clima de montaña de la provincia de Santiago de Cuba, entre otros.

- Temperatura del aire

Según lo planteado por Jansa (1974), los efectos sobre el régimen térmico en las Alturas dependen en buena medida de su orientación, tal planteamiento es tomado en cuenta en el presente caso de estudio ya que la orientación este - noroeste del macizo montañoso,

provoca que la Vertiente sur reciba mayor cantidad de radiación solar que la norte. Lo mismo sucede para los valles, en los cuales, la pendiente que mira al sur recibe más calor.

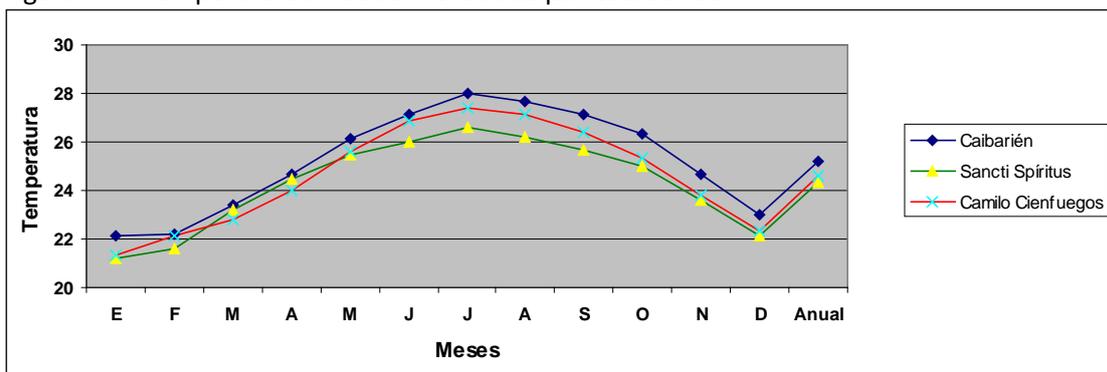
No solo la radiación como consecuencia de la orientación constituye el elemento determinante en la definición del régimen térmico, sino la combinación de varios factores entre los que se destacan significativamente la circulación local, la cual produce un intercambio energético, correspondiéndose con lo argumentado por Matveev (1984).

Hacia las cimas más significativas se presentan los valores más bajos de temperatura media del aire (menos de 20.0°C); respondiendo al comportamiento de la variación de este elemento con la altura; sin embargo, registros similares se producen en los valles intramontanos cerrados, lo que obedece a condiciones locales (circulación y efecto de la radiación).

En la marcha anual de la temperatura del aire, correspondiente a las estaciones meteorológicas analizadas, se registran valores medios mensuales entre 21.2 y 28.0°C, en Sancti Spíritus y Caibarién respectivamente, con medias anuales entre 25.2 y 24.3 °C, (tabla 1). Es importante mencionar las características de este elemento en Caibarién como zona costera, donde los valores mensuales destacan por ser los más elevados dentro del área de estudio.

Debido a la influencia discreta de la altura sobre el comportamiento de esta variable, en la zona montañosa se debe esperar registros de temperaturas inferiores tanto diurnas como nocturnas, (por debajo de 20°C), reforzando esta influencia en las localidades ubicadas tanto en cimas como en los valles intramontanos cerrados.

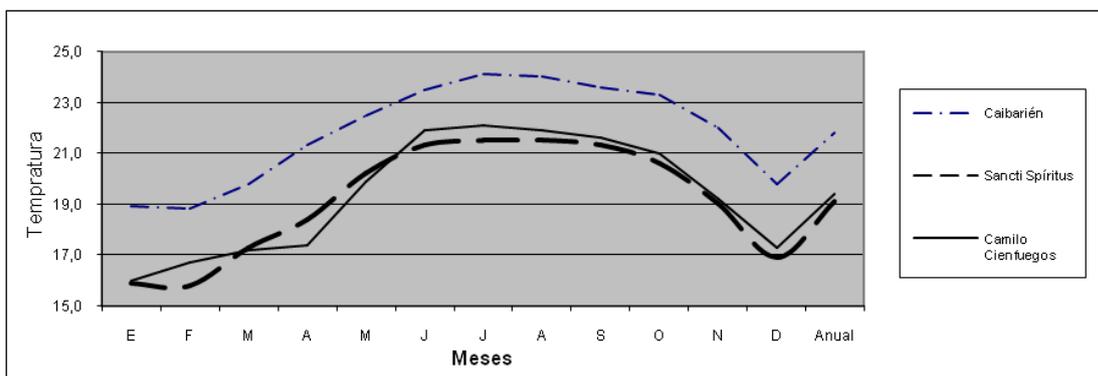
Figura- 2: Temperaturas medias mensuales por estaciones



Fuente: Elaborado por el autor a partir del Resumen Climático (1991)

Las mínimas medias mensuales presentan valores entre 15.8 y 24.1°C en las estaciones de Sancti Spíritus y Caibarién respectivamente, mientras que las máximas medias oscilan entre 25.9 y 32.9 °C.

Figura 3: Temperaturas mínimas medias mensuales por estaciones

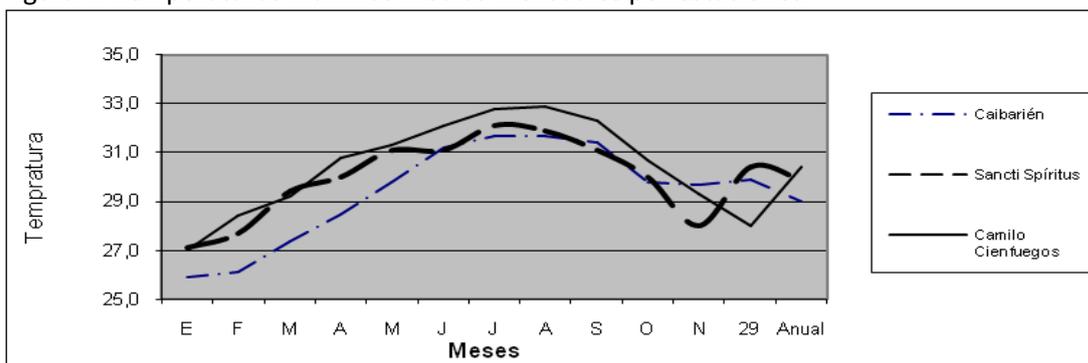


Fuente: Elaborado por el autor a partir del Resumen Climático (1991)

La influencia del relieve es significativa también en la distribución de los valores de las mínimas y máximas medias, produciéndose un descenso de temperatura a medida que se avanza hacia el interior de la cordillera, independientemente de que esto no obedece a la altura sino al relieve, con valores inferiores en los valles intramontanos, según lo propuesto por Jansa (1974) y Matveev, L.T (1984).

En consecuencia con ello en las cimas y valles intramontanos cerrados los valores de las mínimas medias deben ser inferiores a 15.0 °C; mientras que las máximas medias no deben exceder los 26 °C.

Figura 4: Temperaturas máximas medias mensuales por estaciones

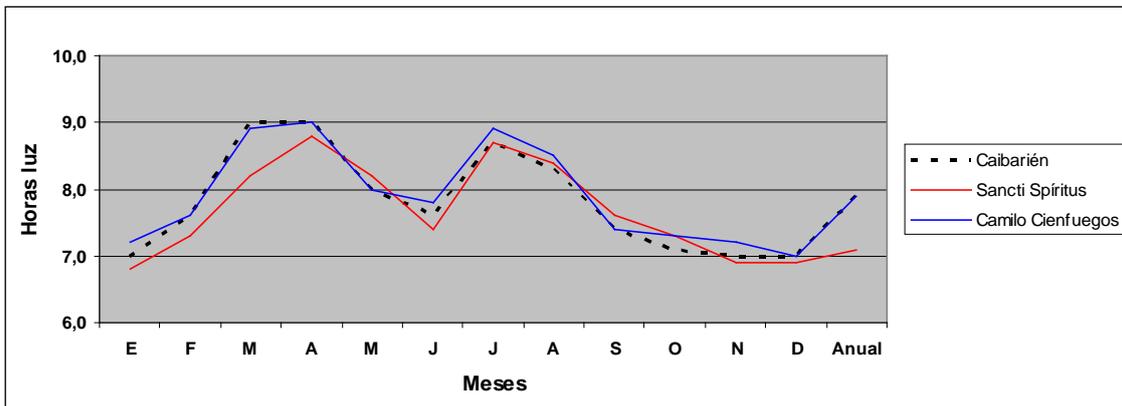


Fuente: Elaborado por el autor a partir del Resumen Climático (1991)

- Insolación

En el área de estudio la insolación presenta valores anuales de 7,1 h/luz en Sancti Spíritus y 7,9 h/luz en Caibarién y Camilo Cienfuegos respectivamente, la marcha de este elemento muestra valores medios mensuales más elevados en el período comprendido desde marzo hasta septiembre con reportes de hasta 9 h/luz, en los meses de marzo y abril.

Figura 5: Insolación media mensual por estaciones meteorológicas.



Fuente: Elaborado por el autor a partir del Atlas Climático (1987)

El incremento de la nubosidad resultante de los procesos convectivos que se generan en las zonas montañosas, como consecuencia de la circulación de los vientos sobre la misma, por una parte y de los niveles de exposición a la incidencia del sol por otra, así como, la influencia del relieve y la orientación del sistema; influyen en la disminución estenoreste de la insolación. Ello es indicador del comportamiento esperado para este elemento tanto en la montaña, como en las diferentes laderas y los valles, en estos últimos la zona que mira al sur es la más favorecida en cuanto a la cantidad de luz que recibe.

- Viento

La presencia de una elevación o del conjunto de elevaciones que componen una cordillera interfiere en el comportamiento del viento y pueden producir perturbaciones en la circulación atmosférica, de lo que resultan además alteraciones en el resto de los elementos climatológicos, según Jansá (1974).

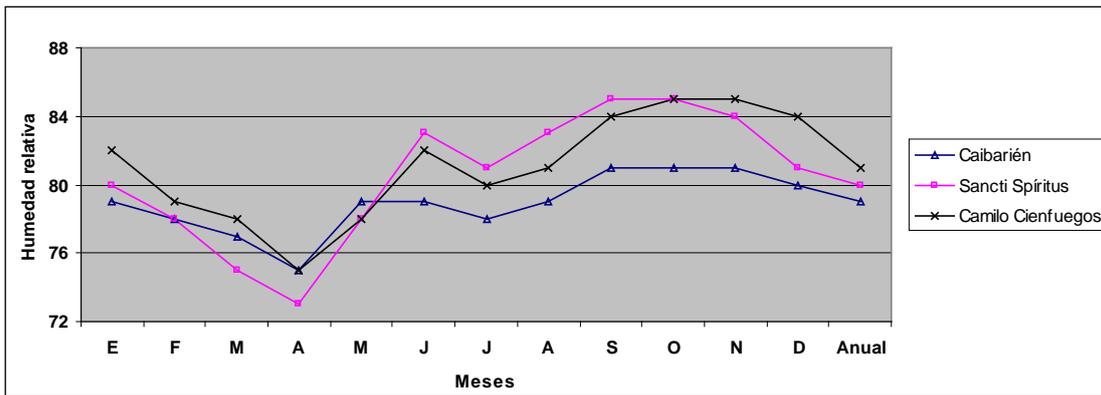
En la región de estudio los vientos predominantes son reportados del Este, Este Noreste y Noreste, con velocidades entre 3 y 15 km/h, las rachas máximas están asociadas a los fenómenos meteorológicos peligrosos como los Ciclones Tropicales y las Tormentas, En la zona más elevada de la montaña se pueden esperar valores de este elemento superiores a los reportados para las zonas llanas.

- Humedad relativa

En la zona de estudio la humedad relativa presenta valores anuales entre 79 y 81%. Los mayores registros diarios (más de 95%) de este elemento se observan al amanecer, próximo a las siete de la mañana, coincidiendo con los mínimos de la temperatura del aire, y la mayor frecuencia de los vientos en calma. Los registros mínimos aparecen en horas de la tarde.

Según Matveev (1984), en las montañas, con el ascenso de las masas de aire se produce ganancia de humedad y procesos de condensación a diferentes niveles, lo que da origen a la convección, ello en gran medida influye en los registros de humedad relativa del aire en las zonas montañosas y los valles intramontanos, donde son reportados los valores máximos de este elemento. Por tanto en la zona del macizo montañoso son posibles valores anuales de humedad relativa del aire superiores al 85%.

Figura 6: Humedad relativa media mensual por estaciones.



Fuente: Elaborado por el autor a partir del Resumen Climático (1991)

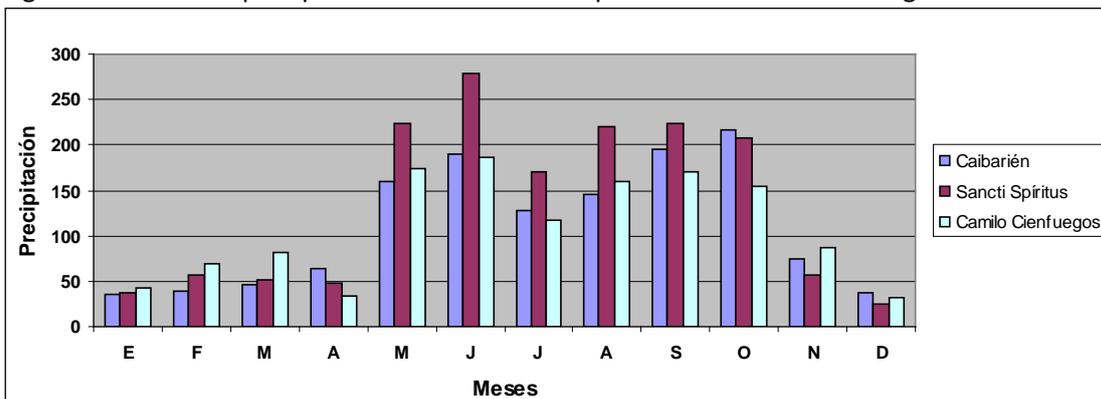
- Precipitación

Como en la mayor parte del territorio cubano en la zona de estudio las precipitaciones presentan un carácter estacional marcado, se observan dos periodos bien definidos: lluvioso y poco lluvioso, el primero se extiende de Mayo hasta Octubre con el mayor aporte a la suma total anual, mas del 70 % y el segundo de Noviembre hasta Abril.

La precipitación media anual oscila entre 1200 y 1600 mm. Durante el periodo lluvioso los mayores acumulados mensuales se reportan por la estación meteorológica de Sancti Spiritus.

Esta zona está sometida a una considerable irregularidad en la distribución temporal y espacial de las precipitaciones, por encontrarse una parte de ésta bajo la influencia del macizo montañoso, donde se registran los mayores acumulados del área por la ocurrencia de las lluvias de tipo orográfico. Producidas por el ascenso de las masas de aire húmedo, con el consiguiente enfriamiento y la formación de nubes.

Figura 7: Lámina de precipitación media mensual por estaciones meteorológicas.



Fuente: Elaborado por el autor a partir del Resumen Climático (1991)

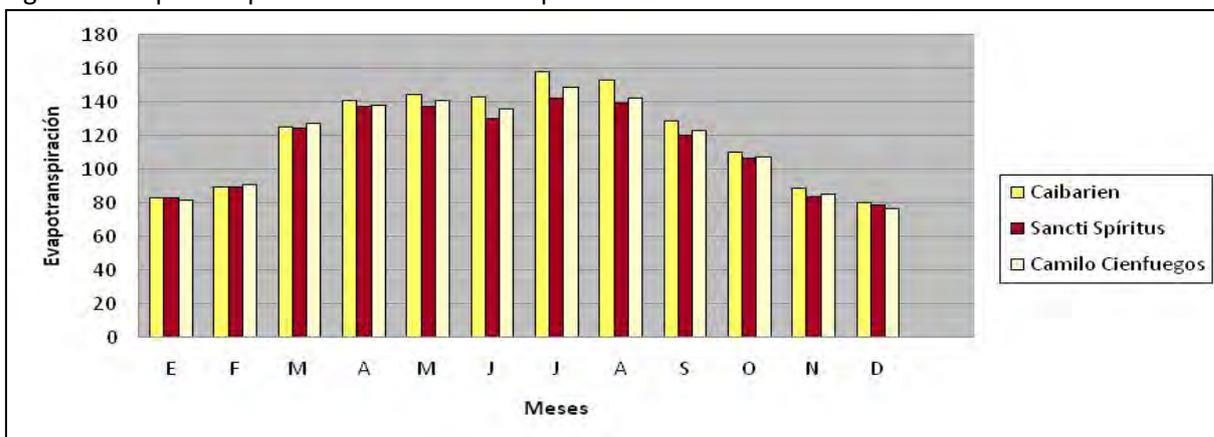
Según expertos el territorio es afectado por huracanes, los mayores reportes en los meses de septiembre, octubre y noviembre

- Evapotranspiración

La marcha anual de la evapotranspiración en el territorio presenta valores mensuales entre 80 y 160 mm, destacando la estación Caibarién que reporta los mayores registros de este elemento en todos los meses, coincidiendo con lo planteado por Solano (2003), Los mínimos

se observan en las montañas, seguidos por los de las llanuras. Los más elevados son registrados en puntos ubicados en zonas próximas al litoral. La disminución de este elemento con la altura se expresa con un gradiente de 40 mm por cada 100 m de altitud.

Figura 8: Evapotranspiración media mensual por estaciones



Fuente: Elaborado por el autor a partir de Solano (2003)

En toda el área de estudio los valores mas bajos se observan durante el período invernal, (noviembre - febrero), con los mínimos en el mes de diciembre, próximos a 5.8% de la tasa anual. En este mes la posición del sol alcanza la máxima declinación al sur, lo que determina la ocurrencia de magnitudes más bajas de la radiación solar incidente y por tanto, una disminución de la tasa diaria de la evapotranspiración, según lo planteado por Solano, et.al (2003).

- Consideraciones Finales

Zonificación climática:

- Zona montañosa y valles intramontanos

Zonas frescas, caracterizada por recibir bajos valores de radiación solar e insolación. Con temperaturas máximas medias que no superan los 26.0º C y mínimas medias por debajo de los 15.0º C. Los registros de humedad relativa altos, entre el 85-98 % y la precipitación por encima de los 1600 mm, permiten catalogarlas como zonas húmedas, con baja evapotranspiración

- Llanuras

Zonas cálidas con temperaturas máximas medias superiores a los 26.0º C y mínimas medias que superan a los 16.0º C. La humedad relativa inferior al 85% y las precipitaciones por debajo de los 1500 mm, permiten definir las llanuras como menos húmedas que la montaña. Donde los valores de evapotranspiración llegan a superar a la precipitación, sobre todo en las zonas costeras

## II.2- GEOLOGÍA Y RELIEVE

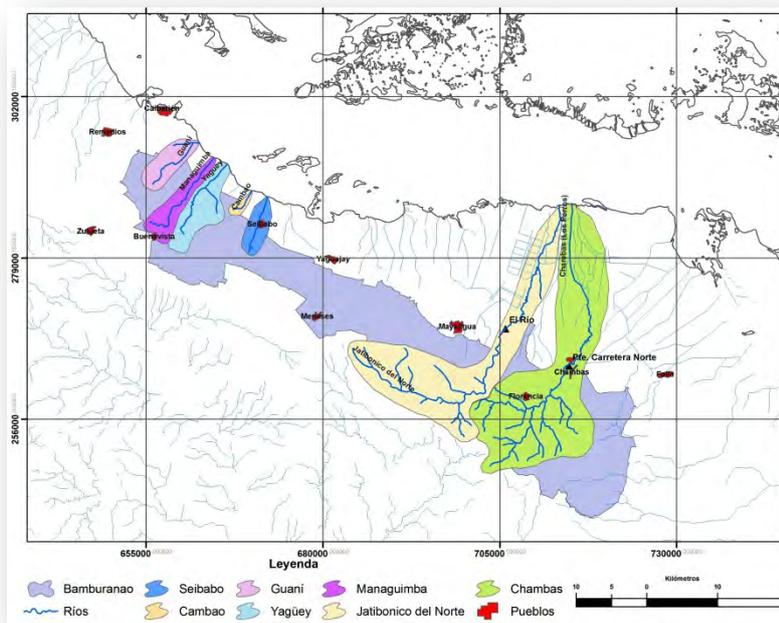
### GEOLOGÍA

Desde el punto de vista litológico la geología del municipio esta caracterizada por el predominio de formaciones de rocas de origen sedimentarias que constituyen el 85 % del territorio, representadas por rocas no consolidadas de edad cuaternaria (limos, grabas y arcillas entre otras ) que cubren casi la mitad del territorio del municipio (48.3 %), rocas de composición carbonatadas (25,7 %) entre las que se destacan calizas de diversos tipos, margas calcáreas y dolomitas entre otras, en un por ciento menor aparecen las rocas de composición terrígenas (11,6 %) constituidas por areniscas, limonitas, arcillas entre otras, rocas de origen ígneas intrusivas (15,7 %) representadas por ultramafitas de composición básica (serpentinatas), gabros. Existen en el territorio poca existencia de rocas efusivas (0,4 %) constituidas fundamentalmente por diabasas, lavobrechas, tobas, basaltos entre otras.

#### II.4- CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS

En el entorno de "Bamburanao" existe una densa red fluvial, aunque la mayoría de las corrientes fluviales son de poco caudal y la cantidad de arroyos y ríos involucrados con el territorio del Proyecto es menor de los que se encuentran en su parte sur. En la Figura 3.1-1 se aprecian las cuencas hidrográficas más importantes de la zona de estudio, donde destacan las cuencas hidrográficas de los ríos Chambas y Jatibonico del Norte. La Tabla 1-1 contiene los principales parámetros morfométricos de las cuencas hidrográficas en "Bamburanao" y que serán utilizados para la caracterización del régimen hídrico del territorio.

**Figura II.4-1.- Cuencas hidrográficas en "Bamburanao"**



El rango de área de los arroyos y ríos seleccionados varía en un amplio rango, es decir, desde 5.3 hasta 251.8 km<sup>2</sup>, lo cual significa la dificultad de utilizar la misma metodología de cálculo para todas las corrientes fluviales en "Bamburanao". Además de esto, sólo existen mediciones hidrométricas en las cuencas de los ríos Chambas y Jatibonico del Norte, para determinado período de tiempo, ya que las observaciones de los últimos años no tienen la calidad requerida. Por tanto, será necesario separar en dos grupos las corrientes fluviales y a partir de esta división proceder a realizar los cálculos (Tabla 3.1-1).

**Tabla 3.1-1.- Parámetros morfométricos de las cuencas hidrográficas en "Bamburanao" hasta sus desembocaduras.**

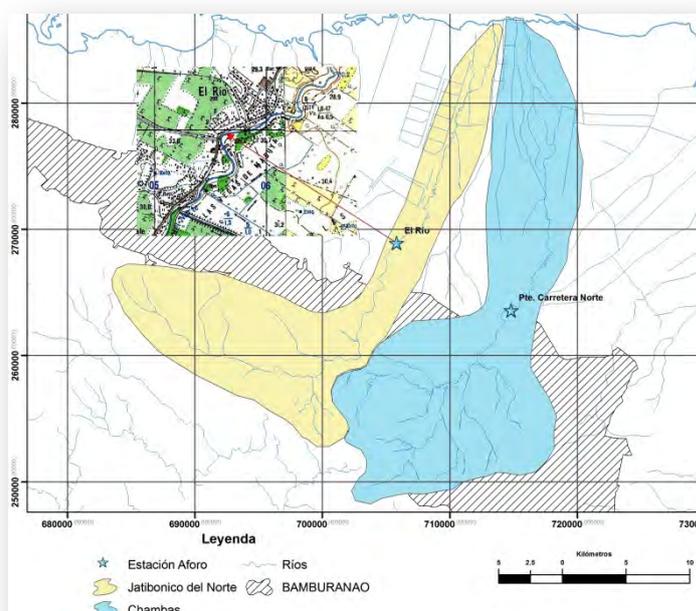
Corriente fluvial	Hmáx.	Hmín.	Área	Hm	Yc	Yr	L	Dd
	(m)	(m)	(km <sup>2</sup> )	(m)	(‰)	(‰)	(km)	(km/km <sup>2</sup> )
<b>GRUPO A (con mediciones hidrométricas)</b>								
Jatibonico del Norte	408	0	251.8	149.9	49.3	2.4	70.2	1.3
Chambas	430	0	335	87.3	54.3	2.4	60.6	0.5
<b>GRUPO B (sin mediciones hidrométricas)</b>								
Yagüey	100	0	49.0	60	41	7.58	13.2	0.35
Managuimba	125	0	34.9	58	37	8.12	15.4	0.44
Guaní	60	0	29.6	30	22	6.0	10.0	0.41
Seibabo	120	0	21.7	-	-	1.50	8.0	-
Cambao	75	0	5.3	-	-	1.88	4.0	-

En la cuenca del río Jatibonico del Norte existe una estación hidrométrica o de aforo, donde se mide el caudal en forma sistemática desde el año 1965 (Figura 3.1-2). Sin embargo, los datos confiables de esta serie sólo son hasta el año 1982, debido a la mala calidad de los datos observados y procesados posteriores a esta fecha. Los datos morfométricos de la cuenca del río Jatibonico del Norte hasta la estación de aforo "El Río" se aprecian en la Tabla 3.1-2.

**Tabla 3.1-2.- Principales parámetros morfométricos de la cuenca del río Jatibonico del Norte hasta la estación hidrométrica "El Río"(X:705800; Y: 268900)**

CUENCA	Área (km <sup>2</sup> )	Hm (m)	Yc (‰)	Yr (‰)	L (km)	Dd (km/km <sup>2</sup> )
Jatibonico del Norte	192	197	60	4.4	38.8	0.8

**Figura II.4-2.- Ubicación de las estaciones hidrométricas en los ríos Jatibonico del Norte (El Río) y Chambas (Pte. Carretera Norte)**



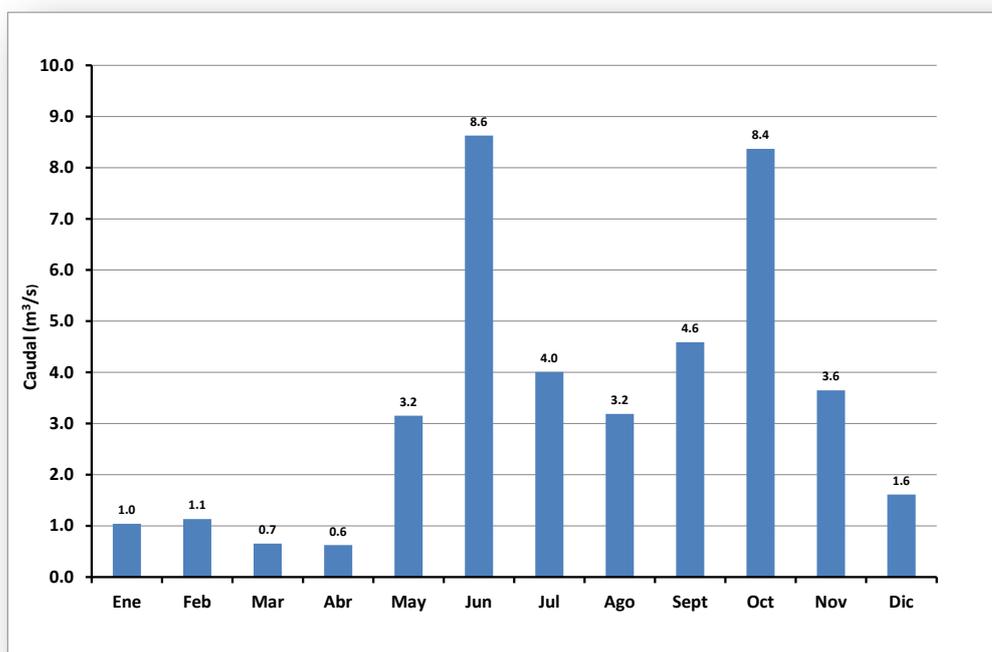
Teniendo en cuenta que en la cuenca del río Jatibonico del Norte existen mediciones hidrométricas se han procesado los datos disponibles para determinar los valores del escurrimiento medio anual y su variabilidad. Las observaciones sistemáticas, que se llevan a cabo en la estación de aforo "El Río", por especialistas del Instituto Nacional de Recursos

Hidráulicos (INRH), permiten determinar los principales parámetros hidrológicos a partir de los datos recopilados durante el período 1965 – 1982 (Tabla 3.1-3 y Figura 3.1-3).

**Tabla 3.1-3.- Distribución mensual de los gastos líquidos del río Jatibonico del Norte, medidos en la estación hidrométrica “El Río” (m<sup>3</sup>/s).**

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May.	Jun.	Jul.	Ago	Sept.	Oct.	Nov	Dic.	Anua l
1965	1.0 0	0.5 2	0.35	0.2 5	0.22	1.33	2.1 1	1.39	1.48	2.59	1.99	0.9 0	1.18
1966	1.1 3	5.9 0	1.98	1.3 0	14.8 0	28.5 0	9.2 4	4.86	2.84	7.60	2.90	1.4 8	6.88
1967	0.8 5	0.5 0	0.35	0.3 9	0.30	3.33	1.6 6	1.96	2.73	3.08	2.22	1.2 1	1.55
1968	0.6 3	0.3 0	0.13	0.0 6	2.07	15.2 0	3.8 5	2.53	6.41	18.9 0	5.50	1.5 5	4.76
1969	1.1 4	0.7 8	0.55	0.7 4	6.23	31.4 0	8.5 6	7.70	6.77	6.46	3.15	1.3 3	6.23
1970	0.9 3	1.9 3	1.68	0.9 1	1.01	1.34	1.4 9	1.99	12.2 0	6.36	2.75	1.4 4	2.84
1971	0.7 9	0.5 0	0.37	0.2 8	0.87	3.77	5.4 6	2.26	2.61	2.99	4.70	1.7 8	2.20
1972	1.0 0	0.7 0	0.60	0.4 3	2.14	12.7 0	6.4 6	2.70	5.49	8.08	1.77	2.4 3	3.71
1973	1.8 0	1.0 6	0.55	0.4 0	1.58	1.84	1.9 8	5.83	4.29	17.0 0	3.89	1.6 7	3.49
1974	0.8 3	0.5 1	0.24	0.7 3	1.10	7.63	3.2 8	2.43	2.80	19.7 0	3.13	1.3 1	3.64
1975	0.8 0	0.5 4	0.33	0.1 4	1.48	5.21	1.9 5	1.94	4.74	2.59	1.75	0.8 2	1.86
1976	0.4 0	2.2 4	0.23	0.6 1	1.94	7.53	2.1 1	1.77	4.93	6.33	6.80	3.9 4	3.24
1977	1.5 1	0.9 0	0.47	1.7 5	8.73	6.80	1.8 9	2.02	3.80	6.01	3.07	1.3 7	3.19
1978	0.8 0	0.7 5	1.65	0.9 2	4.45	9.93	4.4 0	2.59	4.17	20.2 0	4.66	1.9 7	4.71
1979	2.7 5	1.1 1	0.67	0.9 4	2.57	4.79	3.7 3	1.47	5.14	3.26	3.16	1.5 2	2.59
1980	0.6 4	0.5 2	0.35	0.4 2	3.63	8.54	5.1 8	5.22	4.69	7.33	8.58	2.1 0	3.93
1981	0.9 8	0.7 5	0.55	0.3 5	0.80	2.23	5.8 3	6.89	5.43	6.25	2.60	0.9 9	2.80
1982	0.7 5	0.8 7	0.70	0.6 2	2.86	3.24	2.9 4	1.82	2.05	5.89	3.04	1.2 2	2.17
<b>Prom</b> .	1.0 4	1.1 3	0.65	0.6 2	3.15	8.63	4.0 1	3.19	4.59	8.37	3.65	1.6 1	3.39

**Figura II.4-3.- Promedio mensual de los gastos líquidos en la estación “El Río”, Jatibonico del Norte.**



### 3.2.- Escorrentía media anual y su variabilidad.

Según la serie registrada de 18 años (1965-1982), el escurrimiento o gasto medio anual hasta la estación de aforo puede determinarse por el promedio de la serie, o sea:

$$Q_{promedio} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n}, \text{ donde } Q_i \text{ -cada uno de los miembros de la serie y } n=18 \text{ años.}$$

El valor obtenido es igual a 3.39 m<sup>3</sup>/s hasta el cierre de la Estación de aforo “El Río”.

Si no hubiese existido información hidrométrica es posible utilizar metodologías indirectas o empíricas que facilitan determinar el gasto o caudal medio anual del río Jatibonico del Norte. En el caso particular de Cuba se utiliza el algoritmo propuesto por Batista, J. L. (1991), a partir de algunos parámetros morfométricos de la cuenca y las precipitaciones medias anuales.

Para calcular el escurrimiento medio anual cuando no existan observaciones hidrométricas el citado autor propone un sistema de ecuaciones de tipo parabólico en dependencia de la región donde se encuentre la cuenca hidrográfica.

- I. Para los ríos de las regiones Occidental y Central:

$$M_o = 1.15P^{4.74} * 10^{-14}$$

- II. Para los ríos de la región Oriental 1:

Si  $P < 1500$  y  $H_m < 250$  msnm,

$$M_o = 0.258P^{3.65} * 10^{-10}$$

Para los ríos de la región Oriental 2:

Si  $P > 1500$  mm y/o  $H_m > 250$  msnm (Se cumplen ambas condiciones o una de ellas)

$$M_o = 2.53P^{2.72} * 10^{-8}$$

En estas ecuaciones  $M_o$  - módulo de escurrimiento medio anual (L/s.km<sup>2</sup>); P- precipitación media anual (mm) y  $H_m$ - altura media de la cuenca (m.s.n.m.).

Aplicando la ecuación  $M_o = 1.15P^{4.74} * 10^{-14}$  para la cuenca del río Jatibonico del Norte (hasta la estación de aforo “El Río”) y teniendo en cuenta que el área de la cuenca  $A = 192$  km<sup>2</sup> y la Precipitación media anual  $P = 1575$  mm (un poco mayor que la de toda la cuenca), se obtiene un módulo de escurrimiento medio anual  $M_o = 16.4$  L/s.km<sup>2</sup>, y haciendo algunas transformaciones por las unidades el gasto medio anual  $Q = 3.16$  m<sup>3</sup>/s.

Si se compara el valor obtenido por esta metodología con el valor promedio real observado ( $Q = 3.39$  m<sup>3</sup>/s), es fácil comprobar la diferencia, menos del 7%, lo cual confirma la validez de la metodología y la posibilidad de continuar con su aplicación en las cuencas hidrográficas de Cuba cuando no existan mediciones directas del escurrimiento o caudal de los ríos.

El cálculo de la variabilidad del escurrimiento medio anual hasta la Estación hidrométrica “El Río”, utilizando las observaciones existentes se ha desarrollado utilizando la metodología conocida por “**Distribución Johnson  $S_B$** ”. Siempre que se cuente con una data medida y registrada, su procesamiento estadístico-hidrológico es mucho más confiable que aplicar métodos de cálculo indirectos.

Existen varios métodos estadísticos aplicables en Hidrología para el ajuste de curvas de probabilidades a los puntos observados (momentos, máxima verosimilitud, cuantiles). En este caso se utilizará la distribución  $S_B$  Johnson, para determinar el escurrimiento de distintas probabilidades, el cual permite realizar un ajuste más exacto cuando se tienen series cortas de observaciones. Este método desarrollado en la publicación de Hahn, G. J. y Shapiro, S. S. (1967), es poco conocido en Cuba, por tanto, es conveniente resumir las concepciones teóricas y la forma en que se calcula el coeficiente de variación y el ajuste de la curva de probabilidades de los gastos medios anuales observados en el período 1965 – 1982, en la estación “El Río”.

### 3.2.1.- Desarrollo del método “Distribución Johnson $S_B$ ”

La transformación Johnson presenta, en su forma general, el tipo siguiente:

$$\delta > 0, -\infty < \gamma < \infty \quad (1)$$

$$\eta = \gamma + \delta \tau + (x; \varepsilon, \lambda) \quad (2)$$

$$\lambda > 0, -\infty < \varepsilon < \infty; \quad (3)$$

Siendo,

x- variable aleatoria para la cual se selecciona la distribución Johnson;  $\tau$  – una función cualquiera;  $\gamma, \delta, \varepsilon, \lambda$  – parámetros de distribución;  $\eta$  – variable normalizada según la ley de distribución normal con los parámetros (0,1).

Johnson propuso tres tipos de funciones o familias:

$$I.- \tau_1(x; \varepsilon, \lambda) = \ln((x - \varepsilon)/\lambda), \quad x \geq \varepsilon; \quad (4)$$

$$II.- \tau_2(x; \varepsilon, \lambda) = \ln(x - \varepsilon/\lambda + \varepsilon - x), \quad \varepsilon \leq x < \varepsilon + \lambda; \quad (5)$$

$$III.- \tau_3(x; \varepsilon, \lambda) = \text{Arcsen}(x - \varepsilon/\lambda), \quad -\infty < x < \infty \quad (6)$$

Las densidades de distribución correspondientes tienen el tipo:

$$I.- f_1(x) = \frac{\delta}{\sqrt{2\pi(x-\varepsilon)}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \delta^2 \left[ \frac{\lambda^*}{\delta} + \ln(x-\varepsilon) \right]^2 \right\} \quad (7)$$

$$II.- f_2(x) = \frac{\delta}{\sqrt{2\pi}} \frac{\lambda}{(x-\varepsilon)(\lambda+\varepsilon-x)} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[ \lambda + \delta \ln \left( \frac{x-\varepsilon}{\lambda+\varepsilon-x} \right) \right]^2 \right\} \quad (8)$$

$$III.- f_3(x) = \frac{\delta}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{\sqrt{(x-\varepsilon)^2 + \lambda^2}} \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \lambda + \delta \ln \left\{ \left( \frac{x-\varepsilon}{\lambda} \right) + \left[ \left( \frac{x-\varepsilon}{\lambda} \right)^2 + 1 \right]^{\frac{1}{2}} \right\} \right)^2 \right] \quad (9)$$

donde,

$f_1(x)$  - distribución log-normal con tres parámetros, también llamados, familia de distribución  $S_L$  Johnson;  $f_2(x)$  - familia de distribución  $S_B$  Johnson con cuatro parámetros de distribución;  $f_3(x)$  - familia de distribución  $S_U$  Johnson, también con cuatro parámetros de distribución.

De las fórmulas presentadas se desprende que las distribuciones  $S_L$ ,  $S_B$ ,  $S_U$  se aplican, respectivamente, para variables aleatorias limitadas por un extremo (I tipo), por arriba y por abajo (II tipo), y finalmente, por variables no limitadas (III tipo).

Desde el punto de vista de los procesos hidrológicos, la que más interesa es la distribución  $S_B$  Johnson, limitada por ambos extremos (II), ya que la misma cubre la mayor parte de los ríos.

La densidad de la distribución  $S_B$  puede escribirse de la forma siguiente:

$$f(x) = \frac{1}{\delta_\tau \sqrt{2\pi}} \frac{b-a}{(x-a)(b-x)} \exp \left\{ -\frac{1}{2\delta_\tau^2} \left[ \ln \left( \frac{x-a}{b-x} \right) - m_\tau \right]^2 \right\} \quad (10)$$

donde,

$b = \lambda + \varepsilon$ ;  $a = \varepsilon$  -límites superior e inferior de la variable aleatoria  $x$ ;

$$m = -\frac{\delta}{\delta_\tau}, \text{ o sea, } \gamma = -\frac{1}{C_v} \quad (11)$$

$m$  - esperanza matemática.

$\delta_\tau = \frac{1}{\delta}$  desviación típica  $C_v$  - coeficiente de variación.

Si se toma una magnitud discreta, como sería el escurrimiento anual, la ecuación:

$$\tau_1 = \ln \left( \frac{x_i - a}{b - x_i} \right) \quad (12)$$

(donde  $x_i = \frac{Q_i}{Q_o}$  - coeficientes modulares de los gastos ( $Q_i$ ) anuales observados,  $Q_o$ -(gasto medio anual de la serie) tendrá una distribución normal; indudablemente, la ecuación:

$$\eta = \frac{\ln(x_i - a) - m_\tau}{\delta_\tau} \quad (13)$$

será también normal con los parámetros (0,1).

La ventaja de la distribución  $S_B$  Johnson estriba en que la misma describe muy bien el proceso de variabilidad del escurrimiento anual, aún mucho mejor que las distribuciones Pearson, y que, además, resulta muy adaptable a los modelos hidrológicos.

Utilizando la evaluación de los parámetros y la tabla de valores de la función integral de distribución normalizada, puede obtenerse la distribución empírica, o curva de probabilidades, y comparar los resultados con los datos observados.

Al determinar los cuatro parámetros de distribución ( $a, b, m, \delta_\tau$ ) resulta el cuadro siguiente:

- a) Los valores extremos  $a$  y  $b$  son conocidos
- b) Se conoce sólo un valor extremo ( $a$  ó  $b$ )
- c) No están disponibles ninguno de los dos valores.

En este punto se asume que, para el escurrimiento son conocidos los dos valores extremos, y por tanto, se analizan métodos de evaluación de los dos parámetros restantes.

La evaluación de la esperanza matemática  $m_\tau$  y la desviación típica  $\delta_\tau$  de la sucesión normal  $\tau_i$ , pueden determinarse con ayuda del método de los momentos que, como es conocido, para  $\tau_i$  se obtienen los mismos resultados de la máxima verosimilitud:

$$m_\tau = \frac{\sum_{i=1}^n \ln \left( \frac{x_i - a}{b - x_i} \right)}{n} \quad (14)$$

$$\delta_\tau = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left[ \ln \left( \frac{x_i - a}{b - x_i} \right) - m_\tau \right]^2}{n - 1}} \quad (15)$$

La determinación de los parámetros “a” y “b” se realiza combinando los datos hidrométricos registrados en el río Jatibonico del Nortey aceptando los pares de valores en los que el criterio  $\chi^2$  sea mínimo. El límite inferior “a”, varía desde un valor mínimo observado hasta cero, y el límite superior “b”, desde el valor máximo observado en adelante.

En las Tablas 3.2.1-1 y 3.2.1-2 puede verse la secuencia de los cálculos y en la Figura 3.2.1-1, la curva de distribución de las probabilidades de los gastos medios anuales en la Estación “El Río”, Jatibonico del Norte.

**Tabla 3.2.1-1.- Cálculo de los parámetros iniciales para construir la curva de probabilidad de los gastos medios anuales en el río Jatibonico del Norte (estación “El Río”) por el método  $S_B$  Johnson.**

No.	Año	$Q_i$ ( $m^3/s$ )	$x_i=Q_i/Q_o$	$(x_i - a)$	$(b - x_i)$	$(x_i - a)/(b - x_i)$	$\tau_i = \ln(x_i - a)/(b - x_i)$	$(\tau_i - m_\tau)$	$(\tau_i - m_\tau)^2$	$x_{id}$ ecre c	$p\% = (1 - (n+0.3)/(N+0.4)) * 100$
1	1965	1.18	0.35	0.01	6.65	0.00	-6.766	-4.180	17.474	2.03	92.93
2	1966	6.88	2.03	1.69	4.97	0.34	-1.078	1.507	2.272	1.84	87.50
3	1967	1.55	0.46	0.12	6.54	0.02	-4.023	-1.437	2.065	1.41	82.07
4	1968	4.76	1.41	1.07	5.59	0.19	-1.658	0.927	0.860	1.39	76.63
5	1969	6.23	1.84	1.50	5.16	0.29	-1.235	1.351	1.824	1.16	71.20
6	1970	2.84	0.84	0.50	6.16	0.08	-2.517	0.068	0.005	1.09	65.76
7	1971	2.20	0.65	0.31	6.35	0.05	-3.023	-0.437	0.191	1.07	60.33
8	1972	3.71	1.09	0.75	5.91	0.13	-2.057	0.529	0.279	1.03	54.89
9	1973	3.49	1.03	0.69	5.97	0.12	-2.157	0.429	0.184	0.96	49.46
10	1974	3.64	1.07	0.73	5.93	0.12	-2.087	0.498	0.248	0.94	44.02
11	1975	1.86	0.55	0.21	6.45	0.03	-3.432	-0.847	0.717	0.84	38.59
12	1976	3.24	0.96	0.62	6.04	0.10	-2.285	0.301	0.091	0.83	33.15
13	1977	3.19	0.94	0.60	6.06	0.10	-2.307	0.278	0.077	0.77	27.72
14	1978	4.71	1.39	1.05	5.61	0.19	-1.676	0.910	0.827	0.65	22.28
15	1979	2.59	0.77	0.43	6.23	0.07	-2.685	-0.099	0.010	0.64	16.85
16	1980	3.93	1.16	0.82	5.84	0.14	-1.961	0.624	0.390	0.55	11.41
17	1981	2.80	0.83	0.49	6.17	0.08	-2.538	0.048	0.002	0.46	5.98
18	1982	2.17	0.64	0.30	6.36	0.05	-3.055	-0.469	0.220	0.35	0.54

Parámetros obtenidos después de efectuados los cálculos:

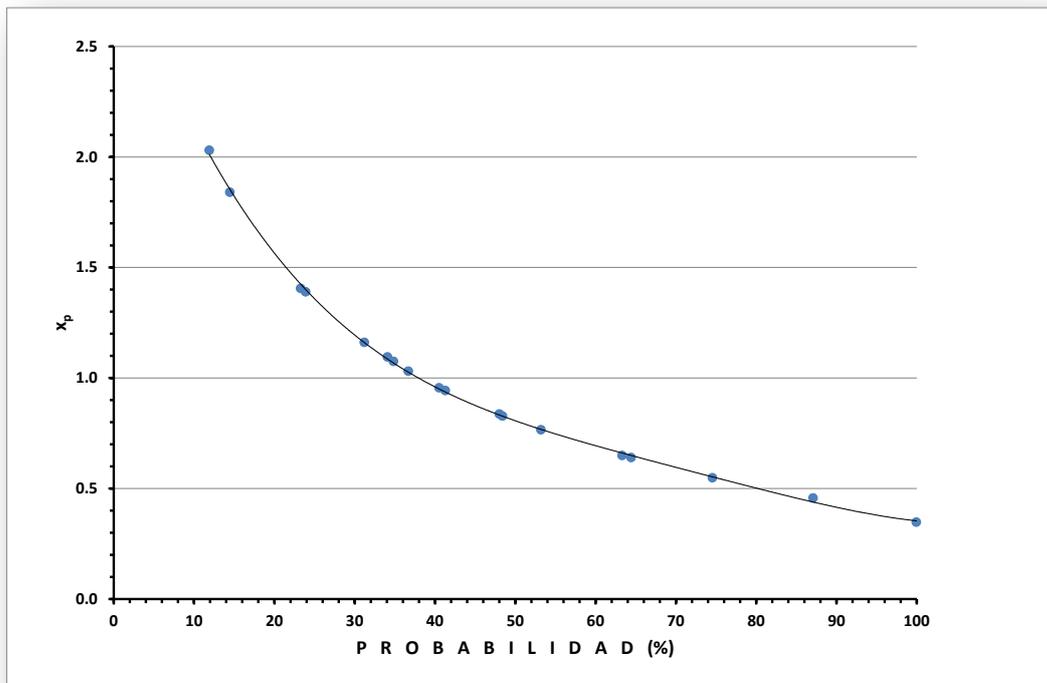
$Q_o=3.39 m^3/s$  (gasto medio anual de la serie);  $a=0.34$ ;  $b=7$ ;  
 $m_\tau= -2.585$ (esperanza matemática);  $r_\tau=1.28$  (desviación típica);  
 $C_v=r_\tau/Q_o= 0.38$

**Tabla 3.2.1-2.- Determinación de las probabilidades (p%) a utilizar en el trazado de la curva de los gastos medios anuales en el río Jatibonico del Norte (estación “El Río”) por el método  $S_B$  Johnson.**

$x_p$	$y=(x_i - a)/(b-x_i)$	$\tau=\ln y$	$\eta=(\tau_i - m_\tau)/r_\tau$	$\eta=\Phi(q)$	$p\%=100 - \eta*100$
2.03	0.34	-1.0782	1.18	0.881	11.9
1.84	0.29	-1.2349	1.06	0.8554	14.46
1.41	0.19	-1.6581	0.73	0.7673	23.27
1.39	0.19	-1.6758	0.71	0.7611	23.89
1.16	0.14	-1.9613	0.49	0.6879	31.21
1.09	0.13	-2.0570	0.41	0.6591	34.09
1.07	0.12	-2.0871	0.39	0.6517	34.83
1.03	0.12	-2.1567	0.34	0.6331	36.69
0.96	0.10	-2.2846	0.24	0.5948	40.52
0.94	0.10	-2.3073	0.22	0.5871	41.29
0.84	0.08	-2.5171	0.05	0.5199	48.01
0.83	0.08	-2.5376	0.04	0.516	48.4
0.77	0.07	-2.6847	-0.08	0.4681	53.19
0.65	0.05	-3.0228	-0.34	0.3669	63.31
0.64	0.05	-3.0549	-0.37	0.3557	64.43
0.55	0.03	-3.4324	-0.66	0.2546	74.54
0.46	0.02	-4.0226	-1.13	0.1292	87.08
0.35	0.00	-6.7657	-3.27	0.00049	99.951

Utilizando los datos de la columna  $x_p$  y las probabilidades  $p\%=100 - \eta*100$  se construye la curva de probabilidades de los gastos medios anuales en el río Jatibonico del Norte (estación “El Río”), Figura II.4-5.

**Figura II.4-5.- Curva de probabilidades de gastos medios anuales en el río Jatibonico del Norte (El Río), por el método  $S_B$  Johnson.**



Para determinar el gasto de una probabilidad dada, se multiplica el valor de  $x_p$ , tomado del gráfico, por el valor medio del gasto  $Q_0=3.39 \text{ m}^3/\text{s}$ . Se observa un ajuste de la curva con un alto coeficiente de correlación ( $r=0.999$ ).

### 3.2.2.- Volumen de escurrimiento para distintas probabilidades hasta el cierre de la estación “El Río”, en el río Jatibonico del Norte.

Teniendo el valor del gasto medio anual ( $Q_0$ ) y el Coeficiente de variación del escurrimiento ( $C_v$ ) es posible determinar los volúmenes de escurrimiento para año húmedo (25%), medio (50%) y seco (75%), utilizando los parámetros obtenidos en la elaboración del gráfico de probabilidades de los gastos en el cierre de la estación (Tabla 3.2.2-1).

**Tabla 3.2.2-1.- Características del escurrimiento medio anual en el cierre “El Río”, cuenca del río Jatibonico del Norte.**

Característica del año	Coeficiente	Eskurrimiento	
		Gasto ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Volumen ( $10^6\text{m}^3$ )
Húmedo (25%)	1.38	4.67	147.3
Medio (50%)	0.82	2.78	87.7
Seco (75%)	0.51	1.73	1.73

A partir de los promedios mensuales de los escurrimientos medios y utilizando los valores de los volúmenes para las características del año, se determina la distribución mensual de los volúmenes para los años húmedos, medios y secos en el cierre “El Río”, río Jatibonico del Norte (Tabla 3.2.2-2).

**Tabla 3.2.2-2.- Distribución mensual del escurrimiento para años húmedo (25%), medio (50%) y seco (75%) en “El Río”, río Jatibonico del Norte.**

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Año
$W_{25}$	3.7	4.1	2.3	2.2	11.4	31.2	14.5	11.5	16.6	30.3	13.2	5.8	147.3
%	7	0	6	5	2	8	3	6	4	4	3	4	0
$W_{50}$	2.2	2.4	1.4	1.3	6.80	18.6	8.65	6.88	9.91	18.0	7.88	3.4	87.70
%	4	4	0	4		2				6		7	
$W_{75}$	1.4	1.5	0.8	0.8	4.23	11.5	5.39	4.29	6.17	11.2	4.90	2.1	54.60
%	0	2	7	3		9				5		6	

### 3.2.3.- Balance hídrico en la cuenca hidrográfrica del río Jatibonico del Norte.

Las características hidrológicas de un territorio, sea una cuenca hidrográfrica o región hidrológica puede explicarse, sobre la base de la información existente, mediante el empleo de las ecuaciones del balance hídrico para determinada área. Los resultados tienen aplicación práctica en la elaboración de planes para un manejo adecuado de los recursos disponibles. En este caso es necesario emplear el método del balance hídrico, basado en el estudio de sus seis componentes para evaluar los procesos que ocurren en el ciclo hidrológico por medio del siguiente sistema de ecuaciones:

$$P=R+E \quad (1)$$

$$R=S+U \quad (2)$$

$$W=P-S=U+E \quad (3)$$

Las ecuaciones (1 a 3) expresan la relación entre la precipitación (**P**), lámina de escurrimiento fluvial (**R**) y sus componentes genéticos superficial (**S**) y subterráneo (**U**), la evapotranspiración (**E**) y la humedad total del territorio (**W**), todos expresados en láminas medias anuales (mm).

Considerando que el área de la cuenca hidrográfica del río Jatibonico del Norte, hasta la estación de aforo "El Río", prácticamente coincide con el territorio de "Bamburanao", se aplicará el sistema de ecuaciones del balance hídrico hasta este cierre. De acuerdo con los parámetros hidrometeorológicos obtenidos en epígrafes anteriores, el valor medio de las precipitaciones pluviales (mm) hasta el cierre señalado es igual a 1575 mm, determinado por el mapa isoyético de la Figura 2.5.1-1. Aplicando una sencilla ecuación puede obtenerse la lámina de escurrimiento medio anual hasta el cierre "El Río"

$$R = \frac{Q_o}{A} \cdot 31536$$

A - área de la cuenca del río Jatibonico del Norte hasta el cierre hidrométrico "El Río" (km<sup>2</sup>).

La evapotranspiración (**E**), comprende la evaporación desde la superficie libre del agua y desde el suelo desnudo, más la transpiración de la vegetación, varía en dependencia de las precipitaciones y el escurrimiento fluvial. En este caso, el cálculo de este parámetro es simple y confiable, sin que sea necesario aplicar los distintos esquemas de cálculos empíricos para obtener la evapotranspiración. Conociendo los valores de **P** y de **R**, se determina el valor de la evapotranspiración (**E**) despejando la incógnita en la ecuación 1.

$$E = P - R = 1575 - 557 = 1018 \text{ mm}$$

Debe recordarse que, en el epígrafe 2.6.1 dedicado al cálculo de la evapotranspiración, al aplicarse el algoritmo de Turc se obtuvo un valor de evapotranspiración igual a 1125 mm anual, obteniéndose una diferencia dentro de los límites permisibles ( $\pm 10\%$ ).

La componente subterránea del escurrimiento fluvial constituye un elemento importante dentro del balance hídrico, ya que gracias a ella se cuenta con una entrada de agua garantizada a los embalses durante el período menos lluvioso, y a otros abastecimientos de agua. La distribución y el volumen de este componente del escurrimiento fluvial no sólo dependen de las características de las precipitaciones, sino también de las propiedades hidrofísicas del suelo, así como de la acción conjunta de los demás factores físico-geográficos.

La determinación de la componente subterránea es una tarea muy laboriosa y muchas veces no se lleva a cabo por la falta de datos suficientes, ya que es necesario contar con la información de los limnógrafos o registradores de niveles en las estaciones hidrométricas, que en la mayoría de los casos no existen. Posteriormente es necesario dibujar los hidrogramas y se separa la componente base o subterránea, obteniéndose de esa forma el valor de cada uno de los elementos, es decir, la escorrentía superficial y la subterránea. Existen varios métodos para la separación del hidrograma, muchos de ellos con cierto grado de subjetividad, por esta razón en la práctica hidrológica se asume la escorrentía base o subterránea como un porcentaje del escurrimiento total, medido en la estación. En este caso se asumirá un promedio igual al 20%, por tanto, el valor de la escorrentía subterránea sería igual a 111mm.

Aplicando la ecuación 2 y despejando "S" se obtiene una escorrentía superficial igual a 446mm.

En el proceso de cálculo de los componentes del balance hídrico para el río Jatibonico del Norte, hasta el cierre de la estación de aforo "El Río", se han determinado los siguientes elementos (todos expresados en mm de lámina anual):

- Precipitación P= 1575

- Escorrentía total R= 557
- Evapotranspiración E= 1018
- Escorrentía Subterránea U= 111
- Escorrentía Superficial S= 446

Finalmente se obtiene la humedad total del territorio por medio de la ecuación 3, es decir:

$$W = 1575 - 446 = 111 + 1018 = 1129 \text{ mm}$$

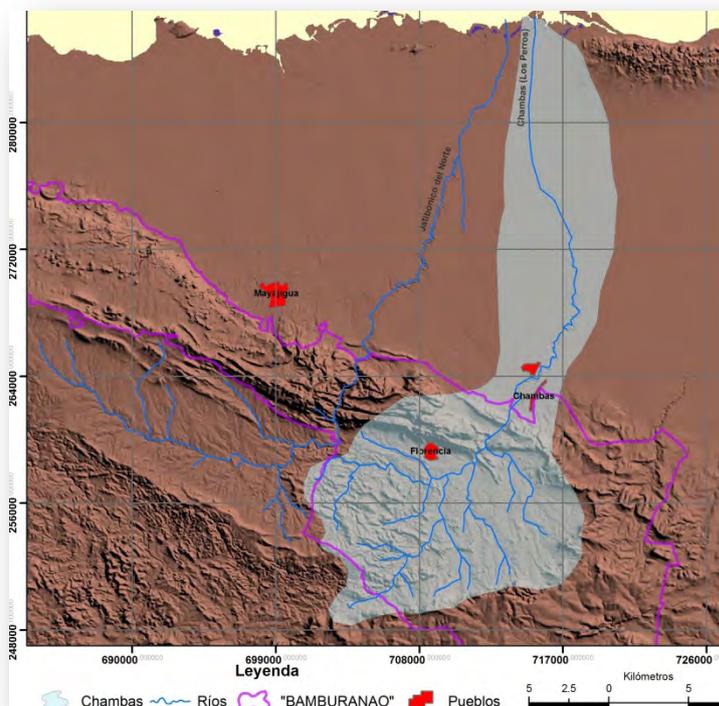
La humedad total del territorio (**W**), en este caso, para la cuenca del río Jatibonico del Norte, dentro del territorio de "Bamburanao", es la humedad del suelo aprovechable por la vegetación y es, por tanto, otro elemento del balance hídrico. Esta componente aumenta con la altitud a medida que es mayor la precipitación.

De esta forma se han determinado todos los componentes del Balance Hídrico para la cuenca Hidrográfica del río Jatibonico del Norte, expresados en mm, como es usual en la práctica internacional.

### 3.2.4.- Río Chambas

Hacia el extremo Este del territorio de "Bamburanao" se encuentra la cuenca hidrográfica del río Chambas, donde se mide el escurrimiento en la estación de aforo "Puente Carretera Norte" (Figura II.4-6). Es necesario señalar que aguas arriba de la estación de aforo existe la Derivadora Chambas, ubicada en las coordenadas X:713695; Y:261906, por tanto, la calidad de las observaciones del régimen hídrico de esta corriente fluvial es afectada por la operación de la citada derivadora.

Figura II.4-6- Cuenca del río Chambas



En la Tabla 3.2.4-1 se aprecia los principales parámetros morfométricos de esta cuenca hidrográfica – hasta la estación de aforo – y que pueden ser utilizados para el cálculo del régimen hídrico de este río. Actualmente no se realizan mediciones de los caudales en la estación, de manera que la serie de observaciones disponible sólo comprende los años 1966 – 1981 (Tabla 3.2.4-2)

**Tabla 3.2.4-1.- Principales parámetros morfométricos de la cuenca del río Chambas hasta la estación hidrométrica “Puente Carretera Norte” (X: 715300; Y: 263800)**

CUENCA	Área (km <sup>2</sup> )	Hm (m)	Yc (‰)	Yr (‰)	L (km)	Dd (km/km <sup>2</sup> )
Jatibonico del Norte	187	139	86	4.4	29.8	0.83

**Tabla 3.2.4-2.- Distribución mensual de los gastos líquidos del río Chambas, medidos en la estación hidrométrica “Puente Carretera Norte” (m<sup>3</sup>/s).**

Año	Ene	Feb.	Mar	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago	Sept	Oct.	Nov	Dic.	Anua l
1966	0.45	2.95	1.57	0.79	18.50	25.30	5.05	3.12	1.40	6.66	1.18	0.66	5.64
1967	0.70	0.33	0.30	0.60	1.03	5.26	0.72	1.11	3.10	2.25	1.08	0.54	1.42
1968	0.30	0.24	0.18	0.16	2.50	12.90	2.42	2.61	2.42	18.60	5.11	0.76	4.02
1969	2.08	0.77	0.47	1.15	2.18	31.60	7.42	5.44	4.57	5.84	2.71	0.89	5.43
1970	0.86	1.56	1.33	0.87	2.60	1.79	1.27	1.90	6.12	3.58	2.35	1.34	2.13
1971	0.20	0.18	0.12	0.07	1.77	1.46	0.36	0.57	0.92	3.43	4.81	0.79	1.22
1972	0.52	0.43	0.43	0.34	1.93	9.45	2.62	1.04	4.30	4.22	0.86	2.08	2.35
1973	1.13	0.56	0.22	0.12	2.72	2.76	1.78	2.62	7.57	17.00	2.45	0.89	3.32
1974	0.41	0.24	0.22	0.46	1.21	5.24	2.79	2.05	2.12	16.20	2.82	0.67	2.87
1975	0.41	0.29	0.18	0.14	0.45	2.54	1.27	1.43	2.91	1.86	1.02	0.40	1.08
1976	0.21	0.14	0.09	0.14	2.46	8.46	1.16	1.84	4.25	5.11	5.02	2.10	2.58
1977	0.61	0.55	0.24	0.26	21.90	9.95	1.72	1.56	4.17	3.01	1.44	0.79	3.85
1978	0.52	0.46	1.38	1.58	14.30	18.10	5.81	2.76	6.40	22.00	5.29	1.60	6.68
1979	1.36	0.69	0.57	0.62	1.53	6.48	5.19	1.21	2.69	4.68	2.91	1.04	2.41
1980	0.62	0.43	0.31	0.48	2.99	13.90	6.27	8.48	6.34	10.70	8.88	1.60	5.08
1981	0.81	0.58	0.43	0.35	0.89	3.01	2.89	4.48	3.92	4.59	2.13	1.15	2.10
Prom	0.70	0.65	0.50	0.51	4.94	9.89	3.05	2.64	3.95	8.11	3.13	1.08	3.26

Como puede apreciarse en la Tabla 3.2.4-2, el caudal promedio anual en el cierre de la estación hidrométrica “Puente Carretera Norte” es de 3.26 m<sup>3</sup>/s. Este dato puede utilizarse para determinar el escurrimiento medio anual hasta su desembocadura, de manera que pueda conocerse el régimen de escurrimiento en toda la cuenca. Hasta ahora se han utilizado los datos registrados en la estación hidrométrica “Puente Carretera Norte”, sin embargo, es necesario calcular la esorrentía para toda la cuenca, o sea, hasta su desembocadura en el mar. Para ello se utilizarán los datos y la información recopilada tanto hasta la estación hidrométrica, como en toda la cuenca.

La cuenca del río Chambas tiene un área total de 335 km<sup>2</sup>, como ya se ha explicado anteriormente (Tabla 3.1-1), por tanto, es necesario realizar los cálculos hasta ese cierre. La precipitación media anual para toda la cuenca es igual a 1330 mm (Figura 2.5.1-1).

Conociendo el gasto o escurrimiento en el cierre del río en “Puente Carretera Norte”, es posible determinar el valor del caudal en toda la cuenca aplicando la analogía hidrológica, en este caso muy justificada porque se trata de la misma cuenca hidrográfica. Este procedimiento es lo que se conoce en hidrología como la transferencia de los módulos de esorrentía de un área a otra.

Si el módulo de escurrimiento (M<sub>o</sub>) en “Puente Carretera Norte” es igual a 10.3 L/s.km<sup>2</sup>, es fácil calcular el módulo en el cierre de la desembocadura (Tabla 3.2.4-3) considerando las respectivas áreas colectoras de las cuencas, aplicando la ecuación:

$$M_o = \frac{Q_o 10^3}{A}; \quad M_o - \text{módulo de escurrimiento, L/s.km}^2; \quad Q_o - \text{gasto medio anual, m}^3/\text{s};$$

A – área de la cuenca, km<sup>2</sup>.

**Tabla 3.2.4-3.- Escurrimiento medio anual en los cierres de la estación “Puente Carretera Norte” y en la desembocadura del río Chambas.**

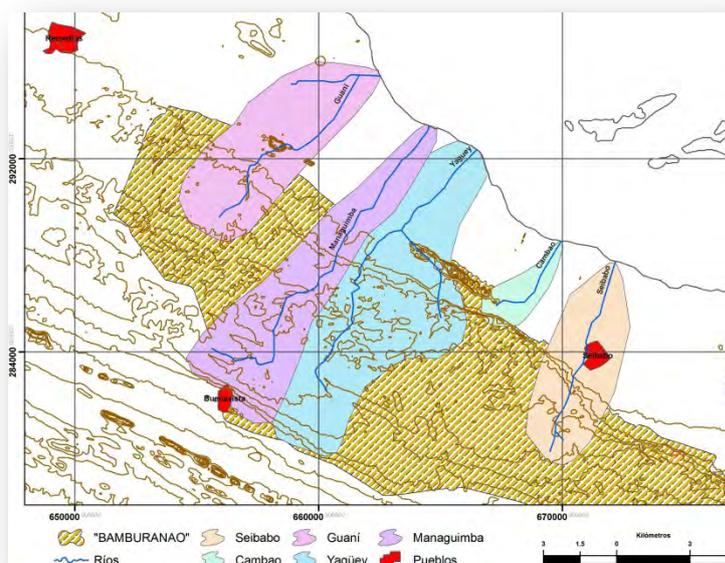
Cierre	A (km <sup>2</sup> )	Q <sub>o</sub> (m <sup>3</sup> /s)	M <sub>o</sub> (L/s.km <sup>2</sup> )
Puente Carretera Norte	187	3.26	17.4
Desembocadura	335	5.83	-

### 3.2.5.- Corrientes fluviales sin mediciones hidrométricas en el entorno de "Bamburanao".

En el territorio de "Bamburanao" la orientación de las cuencas es hacia el Este (cuencas de Jatibonico del Norte y Chambas) y hacia el Noroeste, predominan las corrientes fluviales de menor caudal, más bien arroyos pequeños, donde no existen observaciones hidrométricas. Por tanto, se empleará la metodología deducida por Batista, J. L. (1991) para determinar el régimen de esorrentía de estos arroyos que tienen sus nacimientos dentro del espacio de "Bamburanao" y presentan cursos hacia el nordeste, buscando su desagüe al mar (Figura 3.2.5-1).

Los parámetros hidrológicos necesarios para aplicar la citada metodología, donde se ha asumido una precipitación media anual para todos los arroyos igual a 1480 mm y el resultado de los cálculos, se aprecian en la Tabla 3.2.5-1.

**Figura II.4-7.- Cuencas hidrográficas en la zona noroeste de "Bamburanao".**



**Tabla 3.2.5-1.- Parámetros hidrológicos de los arroyos en "Bamburanao"**

Arroyo	Área	Hm	Qo	Wo
	(km <sup>2</sup> )	(m)	(m <sup>3</sup> /s)	(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
Yagüey	49.0	60	0.60	18.91
Managuimba	34.9	58	0.43	13.47
Guaní	29.6	30	0.36	11.42
Seibabo	21.7	-	0.27	8.38
Cambao	5.3	-	0.06	2.05

Hm- altura media; Qo- gasto medio; Wo- volumen de escurrimiento.

### 3.3.- Caudales máximos. Hidrógrafos y volúmenes de las crecidas.

No es posible determinar los gastos o caudales máximos para distintas probabilidades en las corrientes fluviales de "Bamburanao" utilizando los datos registrados en las estaciones hidrométricas de Jatibonico del Norte y Chambas, pues la transferencia de módulos, como se hizo con el escurrimiento medio anual, es un proceso inadmisiblemente hidrológico, para los caudales máximos instantáneos. Es obvio que para los arroyos, donde no existen observaciones hidrométricas, sólo puede ser utilizado otro esquema de cálculo.

La formación de los gastos máximos en una cuenca hidrográfica depende de muchos factores hidrometeorológicos y fisiográficos, además de esto, las series disponibles en las estaciones "El Río" y "Puente Carretera Norte", ubicadas en los ríos Jatibonico del Norte y Chambas, respectivamente, no son suficientes y no registran todos los eventos máximos posteriores al año 1982. Por ejemplo, durante los años 1988 y 2008 ocurrieron caudales máximos extraordinarios no observados en esos ríos.

Por las razones expuestas anteriormente se aplicará el sistema de ecuaciones y nomogramas propuestos por Alexeev y Riazanov (1973), especialmente deducidos para las condiciones de formación del régimen hídrico de caudales extremos en Cuba. Teniendo en cuenta que esta metodología, al mismo tiempo de tratamiento laborioso y poco conocida por especialistas e investigadores ajenos a las actividades hidrológicas del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, a continuación se resumirán los conceptos más importantes de esta publicación,

que aún hoy día es una herramienta obligada para calcular los gastos máximos en el territorio cubano cuando no existen observaciones directas del escurrimiento máximo.

Uno de los problemas más complejos y de importancia práctica en los cálculos hidrológicos es la determinación de los gastos máximos, volúmenes de escurrimiento e hidrógrafos de las crecidas, necesarios durante la proyección y explotación de cualquier obra hidráulica (presas, puentes, tuberías, etc.). Al no existir observaciones hidrometeorológicas en algunos ríos, antes de elaborado el esquema de cálculo de Alexeev-Riazanov, los cálculos se hacían con poca exactitud, aplicando metodologías deducidas para otras características fisiográficas, casi siempre continentales y no para las condiciones de insularidad del Archipiélago Cubano.

En el trabajo de los citados autores se exponen por primera vez métodos de cálculos generalizados y objetivos donde intervienen todas las características principales de las crecidas provocadas a partir de las lluvias, basados en el principio de intensidad extrema de las precipitaciones y del escurrimiento, mediante las curvas de acrecentamiento de la lámina de precipitaciones de mayor intensidad.

$$H_{\tau,p} = H_p \varphi(\tau), \min \quad (1.1)$$

para cualquier intervalo de tiempo de una probabilidad  $p_{\%}$  dada, teniendo en cuenta las siete características morfométricas principales de la cuenca.

$$A, L, Y_L, a_L, l, Y_l, a_l \quad (1.2)$$

$A$  – área de la cuenca ( $\text{km}^2$ );  $L$  – longitud del río (Km.);  $Y_L$  – pendiente media del río (%);  $a_L$  – coeficiente de rugosidad del río, según las características del cauce (adimensional);  $l$  – longitud media de las laderas  $\left( l = \frac{1000}{1.8\delta} \right)$  en metros, donde  $\delta$  – densidad de drenaje

$(\text{km} / \text{km}^2)$ ;  $Y_l$  – pendiente media de la cuenca (%);  $a_l$  – coeficiente de rugosidad de las laderas, según las características de las laderas en la cuenca hidrográfica (adimensional).

Además de esto, se incluye también el factor hidrometeorológico principal del escurrimiento máximo:

$$Z_p = \eta \bar{H}_p, \min \quad (1.3)$$

Este importante parámetro es el producto del coeficiente de escurrimiento  $\eta$  (poco conocido y de difícil obtención), por las precipitaciones diarias  $\bar{H}_p$ , medias por la cuenca, también poco conocidas, de una probabilidad dada  $p_{\%}$ .

Según expresan los autores, los hidrólogos en vano “pelearon y siguen peleando” para determinar por separado los parámetros  $\eta$  y  $\bar{H}_p$ .

A partir de las siete características morfométricas (1.2) y el parámetro  $Z_p$  se determinan los siguientes componentes:

1. El parámetro hidromorfométrico de las laderas o dicho de otro modo, el tiempo auxiliar de retardo del agua por las laderas ( $E_l$ ):

$$E_l = \frac{l}{a_l Y_l^2 Z_p}, \min \quad (1.4)$$

2. El parámetro hidromorfométrico de la cuenca, o sea, el tiempo auxiliar de retardo del agua por la longitud de la corriente principal ( $E_L$ ):

$$E_L = \frac{16.67L}{a_L Y_L^3 \left( A \frac{Z_p}{100} \right)^{\frac{1}{4}}}, \text{ min para } Y_L < 2 \text{ ‰} \quad (1.5_1)$$

$$E_L = \frac{98L}{Y_L^7 \left( A \frac{Z_p}{100} \right)^{\frac{1}{4}}}, \text{ min para } Y_L \geq 2 \text{ ‰} \quad (1.5_2)$$

La determinación de todas las características de cálculo de la afluencia específica máxima de ladera por kilómetro lineal, de red fluvial, canal colector o dique de protección (gasto máximo, volumen de afluencia, hidrógrafo) se realiza mediante dos parámetros generalizados del escurrimiento máximo  $Z_p$  y  $E_l$  a través de tres curvas auxiliares según el Anexo 2 de la metodología Alexeev-Riazanov:

$$\varphi(\tau), \tau_l = \tau(E_l), \text{ min } q_p = \frac{100}{Z_p} \equiv S - S(E_l) \text{ m}^3/\text{s.km}^2 \quad (1.6)$$

confeccionadas sólo por la curva adimensional de acrecentamiento de la lámina de precipitaciones de mayor intensidad  $\varphi(\tau)$ , ( por el Anexo 1), donde  $\tau_l$  tiempo de retardo del agua por las laderas;  $S_l$  - módulo auxiliar del escurrimiento máximo de ladera.

La determinación de las características de cálculo del escurrimiento máximo en el cierre de cálculo de la cuenca se realiza por tres parámetros generalizados del escurrimiento máximo  $Z_p, E_L, E_l$ , mediante gráficos auxiliares (Anexos 3, y 4).

$$\tau_A = \tau_A(E_L, E_l), \text{ min} \quad (1.7)$$

$$q_p = \frac{100}{Z_p} \equiv S_A = S_A(E_L, E_l), \quad (1.8)$$

$S_A$  - módulo auxiliar del escurrimiento máximo ( $\text{m}^3/\text{s.km}^2$ )  $\tau_A$  - tiempo de retardo total por la cuenca, en minutos.

El gasto máximo para cada probabilidad se determina multiplicando el módulo de escurrimiento máximo o caudal específico ( $q_p$ ) por el área de la cuenca ( $A$ ).

### 3.3.1.- Gastos máximos y volúmenes de avenidas para distintas probabilidades en el río Jatibonico del Norte, aplicando la metodología Alexeev-Riazanov.

El cálculo se realiza – como ejemplo – hasta el cierre de la desembocadura del río Jatibonico del Norte para una probabilidad del 1% (tiempo de retorno igual a 100 años). A partir de este valor y utilizando los coeficientes de transición de los caudales máximos de distintas probabilidades se obtendrán los valores del 5%, 10% y 20%.

Las siete características morfométricas principales  $A, L, Y_L, a_L, l, Y_l, a_l$  de la cuenca hidrográfica del río Jatibonico del Norte hasta su desembocadura pueden verse en la Tabla 3.3.1-1.

**Tabla 3.3.1-1.- Características morfométricas de la cuenca del río Jatibonico del Norte hasta su desembocadura.**

Parámetro	A (km <sup>2</sup> )	L (Km)	Y <sub>L</sub> (‰)	a <sub>L</sub>	l (m)	Y <sub>l</sub> (‰)	a <sub>l</sub>
Valor	252	70.2	24	0.15		49.3	0.015

El parámetro hidrometeorológico principal del escurrimiento máximo  $Z_p$  se determina a partir de las recomendaciones de Riazanov (1975), de acuerdo a la relación entre el parámetro  $Z_p$ , el área y la pendiente de la cuenca (Tabla 3.3.1-2).

**Tabla 3.3.1-2.- Valores de cálculo del parámetro hidrometeorológico principal  $Z_{1\%}$  para la probabilidad del 1% (Según Riazanov).**

Área de la cuenca (km <sup>2</sup> )	Valores de $Z_{1\%}$ en mm para pendientes medias de las laderas $Y_l$ (‰)							
	10	20	50	100	200	300	400	≥450
30	135	154	211	250	288	360	413	457
100	130	149	207	240	279	346	399	432
500	125	144	202	226	274	341	360	399
≥1000	120	139	192	221	259	332	346	384

Teniendo en cuenta los valores de la pendiente y el área de la cuenca del río Jatibonico del Norte hasta su desembocadura, se ha asumido un valor de  $Z_{1\%} = 140$  mm siguiendo las recomendaciones de la Tabla 3.3.1-2.

El siguiente paso es determinar el área condicional de la cuenca para el 1% de probabilidad ( $A_{1\%}$ ), los parámetros hidrometeorológicos de las laderas (ecuación 1.4) y del río (ecuación 1.5<sub>1</sub>)  $E_l; E_L$  respectivamente:

$$A_{1\%} = \frac{Z_{1\%}}{100} = 353 \text{ km}^2; E_l = 29 \text{ minutos}; E_L = 1017 \text{ minutos.}$$

Finalmente se determina el módulo auxiliar del escurrimiento máximo  $S_A = f(E_L; E_l)$  expresado en  $\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2$ , por el Nomograma de Alexeev-Riazanov para territorio montañoso, considerando que la altura media de la cuenca del río Jatibonico del Norte es mayor de 100 m.s.n.m., resultando el valor de  $S_A = 1.85 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2$ .

El gasto máximo del 1% de probabilidad ( $Q_{1\%}$ ) se obtiene multiplicando el valor del módulo auxiliar del escurrimiento por el área condicional de la cuenca  $A_{1\%}$ .

$$Q_{1\%} = A_{1\%} S_A = 3.53 * 1.85 = 653 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Los gastos máximos de otras probabilidades se determinan utilizando los coeficientes de transición entre las probabilidades (Tabla 3.3.1-3).

**Tabla 3.3.1-3.- Coeficientes de traspaso (K) a partir de la probabilidad del 1%, recomendados por Alexeev-Riazanov.**

Probabilidad (%)	0.1	0.5	0.4	1	2	3	4	5	10	20
K	2.09	1.31	1.41	1.0	0.83	0.71	0.64	0.55	0.43	0.29

Gastos máximos en la desembocadura del río Jatibonico del Norte para distintas probabilidades:

$$Q_{0.5\%}=855 \text{ m}^3/\text{s}; \quad Q_{1\%}=653 \text{ m}^3/\text{s}; \quad Q_{5\%}=359 \text{ m}^3/\text{s}; \quad Q_{10\%}=281 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Los gastos máximos para distintas probabilidades representan los caudales instantáneos extremos. Sin embargo, en la caracterización del régimen hídrico del río Jatibonico del Norte también es importante conocer los hidrógrafos y volúmenes de las crecidas o avenidas.

Los volúmenes de las avenidas se calculan utilizando la misma metodología propuesta por Alexeev-Riazanov (1973) utilizando algunos de los parámetros ya calculados en la determinación de los gastos máximos instantáneos o picos de las crecidas.

Inicialmente es necesario calcular el tiempo de retardo total por la cuenca ( $\tau_A$ ) según la ecuación (1.7), graficada por la metodología en el Nomograma 3<sub>1</sub> para zonas montañosas. En este caso  $\tau_A$  es igual a 720 minutos. A partir de este parámetro se determina el valor auxiliar

relativo (adimensional)  $\varphi(\tau_A) = \frac{H_\tau}{H_p}$ , que prácticamente no depende de la probabilidad de

las precipitaciones y aumenta con el crecimiento del intervalo de tiempo  $\tau_A$  y se denomina "curva de acrecentamiento de la lámina de las precipitaciones de mayor intensidad".  $\varphi(\tau_A) = 0.94$  para la cuenca hidrográfica montañosa del Jatibonico del Norte.

Con esta información se obtiene la lámina de escurrimiento de la crecida para el 1% de probabilidad  $h_{1\%}$  y luego el volumen de escurrimiento para la misma probabilidad  $W_{1\%}$ .

$$h_{1\%} = Z_{1\%} \varphi(\tau_A) = 140 \times 0.94 = 131.6 \text{ mm}; \quad W_{1\%} = h_{1\%} A 10^3 = 131.6 \times 252 \times 1000 = 33.163 \times 10^6 \text{ m}^3.$$

El cálculo del hidrógrafo es un poco más laborioso y sólo se calculará el correspondiente al 1% de probabilidad, elaborado utilizando la siguiente ecuación:

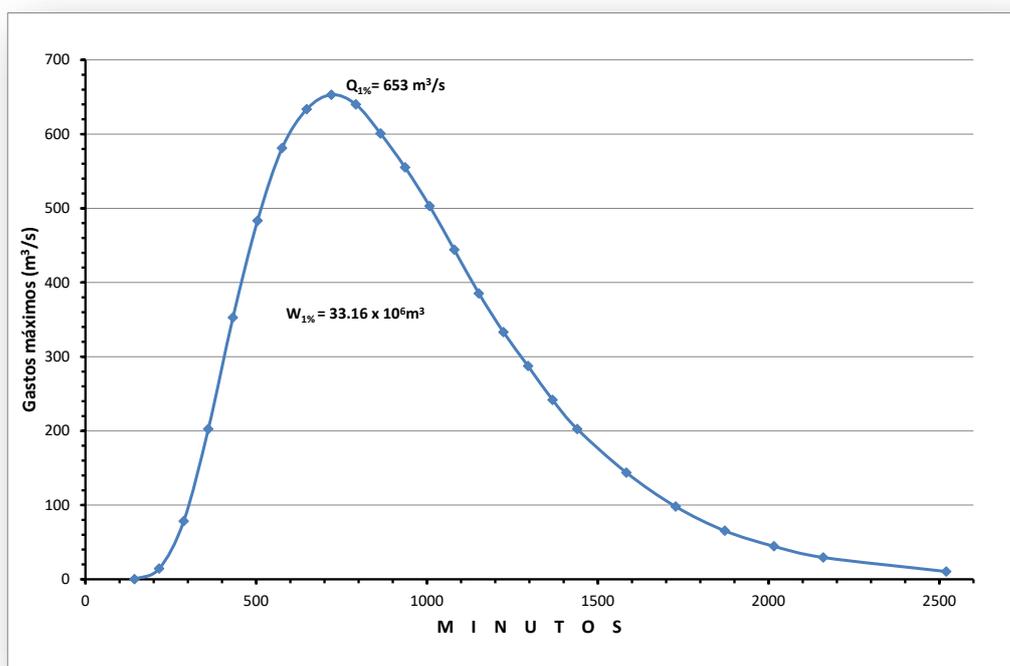
$$Q_i = \left[ 10^{-\alpha \left( \frac{1-t}{t_n} \right)^2} \frac{t}{t_n} \right] Q_{1\%};$$

$Q_i$  – valores de cada ordenada durante el tiempo de ascenso t.

$t_n$  – tiempo total de ascenso en minutos;  $\alpha$  – coeficiente de la forma del hidrógrafo;  $Q_{1\%}$  – gasto pico del 1% de probabilidad, en este caso igual a 653 m<sup>3</sup>/s.

El hidrógrafo para el 1% de probabilidad (tiempo de retorno de 100 años) puede verse en la Figura II.4-7y en la Tabla 3.3.1-4, los volúmenes de avenidas para algunas probabilidades.

**Figura II.4-7.- Hidrógrafo de la crecida del 1% de probabilidad calculado para la desembocadura del río Jatibonico del Norte.**



**Tabla 3.3.1-4.- Volúmenes de las crecidas para distintas probabilidades hasta la desembocadura del río Jatibonico del Norte.**

Probabilidad (%)	0.5	1	5	10	20
Volúmenes de las crecidas (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	43.4	33.2	18.2	14.3	9.6

**3.3.2.- Cálculo de gastos máximos de avenidas para ríos con áreas mayores de 25 km<sup>2</sup>.**

En la literatura hidrológica internacional pueden encontrarse varias metodologías y algoritmos para determinar los caudales máximos de crecidas cuando no existen mediciones directas del escurrimiento, la mayoría utilizando el área de la cuenca como parámetro predictor de las crecidas. Si se consulta el libro “Hidrología para ingenieros” (Linsley, Kohler y Paulhus, se aprecia: “Existen muchas fórmulas empíricas para calcular los gastos máximos de crecidas en cuencas reducidas. La mayor parte de estas fórmulas son desorientadas y equívocas y sólo se mencionan aquí de modo general”.

Sin embargo, en Cuba se han utilizado algunos esquemas de cálculo, deducidos a partir de las observaciones hidrométricas y que pueden ser empleadas para determinar los caudales máximos en corrientes fluviales donde no se dispone de datos observados.

En este caso se incluirá, además de los arroyos, el río Chambas, aunque en el mismo se llevaron a cabo mediciones del régimen hídrico de los ríos por parte del INRH, aunque para la variable máxima, los datos recopilados no son confiables. Se empleará el esquema de cálculo propuesto por el Ing. Zherkeivich, deducido a partir de las observaciones hidrométricas y el procesamiento de los regímenes hídricos de los ríos cubanos, según la ecuación siguiente:

$$q_{1\%} = \frac{57}{(A + 2)^{0.37}}$$

$q_{1\%}$  - módulo máximo del 1% de probabilidad; A- Área de la cuenca en km<sup>2</sup>.

Aplicando esta ecuación es posible determinar los caudales o gastos máximos de crecidas para los ríos y arroyos de "Bamburanao". El objetivo de incluir esta ecuación en el presente estudio es dar a conocer la facilidad del cálculo, considerando que solamente es necesario conocer el área de la cuenca hidrográfica, casi siempre disponible. Vale aclarar que en ningún momento es aconsejable utilizar esta ecuación para proyectos constructivos y/o obras de ingeniería. En este caso es conveniente utilizar la metodología de Alexeev para cuencas mayores de 25 km<sup>2</sup> y el Método Racional" (más abajo se aplicará) para las cuencas de áreas pequeñas. El resultado obtenido para los ríos y arroyos de "Bamburanao", aplicando la ecuación de Zherkevich, puede observarse en la Tabla 3.3.2-1.

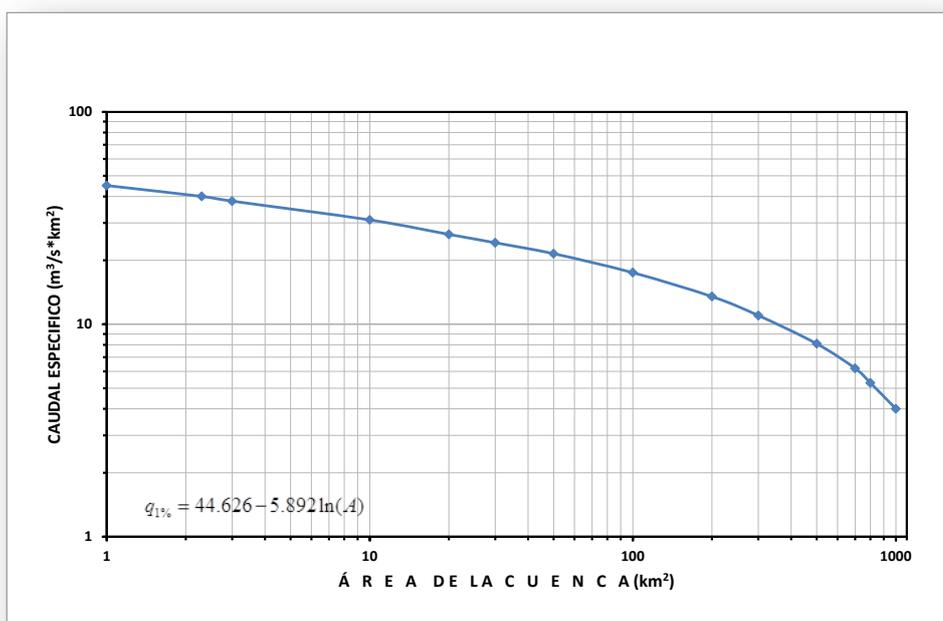
**Tabla 3.3.2-1.- Caudales máximos de crecidas en los arroyos y ríos de "Bamburanao", hasta sus desembocaduras.**

Corriente fluvial	A	q <sub>1%</sub>	Gastos máximos de crecidas (m <sup>3</sup> /s)		
	(km <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /s.km <sup>2</sup> )	1%	5%	10%
Chambas	335.0	6.6	2217	1219	953
Yagüey	49.0	13.3	652	359	280
Managuimba	34.9	15.0	523	288	225
Guaní	29.6	15.9	470	259	202

Basado en los eventos de caudales extremos, los especialistas del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos elaboraron una envolvente de caudales específicos en función del área de la cuenca. Es conocido que la superficie de una cuenca hidrográfica ejerce la función reguladora de las crecidas, por tanto, es obvio que a mayor área los caudales específicos sean menores. Estas curvas llamadas "envolventes", se utilizan para comprobar los resultados obtenidos al aplicar cualquier metodología de cálculo, sea con o sin datos de observaciones. De esta forma, al "plotear" en la gráfica de la Figura 3.3.2-1 el valor del módulo máximo o caudal específico (q<sub>1%</sub>) para el área correspondiente, el punto debe ubicarse por debajo de la curva, si los cálculos son correctos. Por supuesto, estas curvas deben ser actualizadas cada cierto tiempo, utilizando los valores extremos registrados y comprobados por mediciones confiables.

Es fácil comprobar que los caudales máximos de las cuatro corrientes fluviales calculados para el territorio de "Bamburanao" se encuentran por debajo de la curva envolvente del 1% de probabilidad para Cuba.

**Figura II.4-8.- Curva envolvente del 1% de probabilidad para el Archipiélago Cubano.**



### 3.3.3.- Cálculo de gastos máximos de avenidas para ríos con áreas menores de 25 km<sup>2</sup>.

Existen distintos tipos de fórmulas para determinar los gastos máximos, basándose fundamentalmente en condiciones climáticas y fisiográficas. Una de las ecuaciones más empleadas es la llamada “fórmula racional”.

$$Q = C i A \quad (1)$$

Donde,

- C – coeficiente de escurrimiento
- i – intensidad de las precipitaciones
- A – Área de la cuenca hasta el cierre de cálculo
- Q – gasto máximo del río en el cierre.

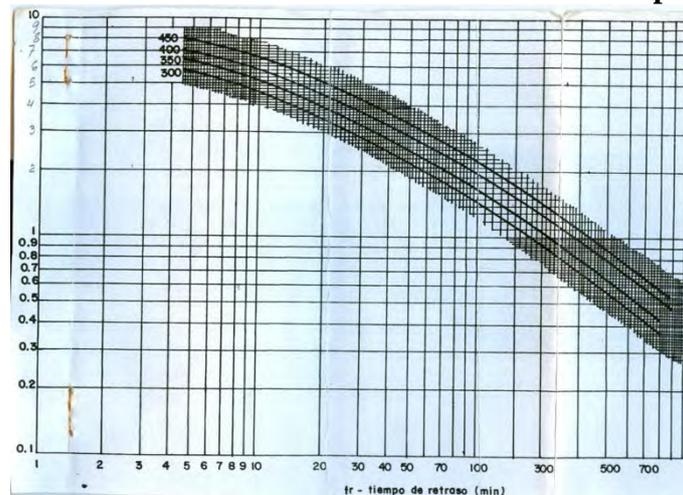
Esta fórmula, que expresa el valor del gasto máximo en función de tres importantes parámetros (C, i, A), determinantes de la formación del escurrimiento extremo en la cuenca, tiene la ventaja de que su significado físico es razonablemente claro. En el caso particular de cuencas pequeñas, la intensidad de las precipitaciones es el factor más influyente en la formación del escurrimiento máximo. Sin embargo, el escurrimiento máximo es un evento complejo y que la “fórmula racional” no puede abarcar todos los factores que intervienen en el mismo.

Si el área de la cuenca (A) se expresa en km<sup>2</sup>, la intensidad de las precipitaciones (i) en mm/min, y considerando el coeficiente de conversión de las unidades igual a 16.67, se obtiene el gasto máximo (Q) en m<sup>3</sup>/s, o sea,

$$Q = 16.67 C i A \quad (2)$$

La intensidad de las precipitaciones se determina por medio de la Figura 3.3.3-1, considerando la situación geográfica de la cuenca de estudio.

**Figura II.4-9.- Curvas intensidad-duración-frecuencia para Cuba**



Para determinar la intensidad de las precipitaciones se considera el tiempo de retardo o retraso por el cauce ( $T_r$ )

$$T_r = \frac{1000L}{60V_m} \quad (3)$$

donde,

L – longitud del río (km)

$V_m$ - velocidad media de la corriente por el cauce (m/s)

$T_r$  – tiempo de retardo por el cauce (minutos).

Según Alexeev,  $V_m$  puede calcularse por la fórmula  $V_m = aY^{\frac{1}{3}}Q^{\frac{1}{4}}$  (4)

a- parámetro que considera la rugosidad del cauce desde el nacimiento hasta el cierre de cálculo. Este parámetro varía de 0.06 a 0.17, pero generalmente se utiliza un valor promedio igual a 0.15.

Y – pendiente media del río (%).

Q- gasto en  $m^3/s$ .

La pendiente se obtiene dividiendo la diferencia de altura (en metros) entre el nacimiento del río y el cierre de cálculo por la longitud del tramo (en km).

Sustituyendo  $V_m$  en (3), el tiempo de retardo por el cauce sería igual a

$$T_r = 16.67 L / a Y^{1/3} Q^{1/4} \quad (5)$$

Teniendo en cuenta que en la fórmula (2) la intensidad es uno de los factores más importantes, se analizaron distintas fórmulas y recomendaciones para determinar el tiempo de retardo, además de la expresión (5).

Una de las expresiones que más se ajusta a las condiciones de Cuba es la que se presenta en el trabajo (5), donde aparece un método de cálculo propuesto por Ven Te Chow para hallar el tiempo de retraso por el cauce en cuencas pequeñas. De este trabajo se ha tomado la expresión analítica

$$T_r = 0.00505 \left[ \frac{L}{\sqrt{S}} \right]^{0.64} \quad (6)$$

donde,  $T_r$  – tiempo de retraso por el cauce (horas)  
 $L$  – longitud del río (metros)  
 $S$  – pendiente del río (%)

Para obtener el tiempo de retraso en minutos utilizar la fórmula siguiente:

$$T_r = 0.483 \left[ \frac{L}{\sqrt{S}} \right]^{0.64} \quad (6^a)$$

Con el objetivo de comparar y seleccionar la ecuación para determinar el tiempo de retraso, se realizaron numerosos cálculos utilizando las expresiones (5) y (6). El análisis de los resultados obtenidos para calcular el tiempo de retraso por el cauce  $t_r$ , refleja que los valores obtenidos por ambas fórmulas son muy parecidos. Ahora bien, en la fórmula (5) debe asumirse un gasto probable  $Q$  para determinar el tiempo de retardo, lo cual no es necesario en la fórmula (6), por tanto, se propone calcular el tiempo de retardo por el cauce en dependencia de la pendiente  $S$  y la longitud  $L$  por la fórmula 6.

Es necesario aclarar que los cálculos de los gastos máximos por la fórmula (2) se refieren a un tiempo de retorno de 100 años (1% de probabilidad), de manera que al entrar en las curvas de intensidad-duración-frecuencia con el tiempo  $T_r$  y, considerando la correspondiente precipitación para la probabilidad mencionada, se obtienen intensidades del 1% de probabilidad.

Según Alexeev, el coeficiente de escurrimiento varía, para las condiciones cubanas, entre 0.6 y 0.8. Para las cuencas pequeñas la pendiente del río ( $S$ ) tiene mucha importancia en la formación de los gastos máximos, por tanto, se recomienda utilizar los coeficientes de la Tabla 3.3.3-1.

**Tabla 3.3.3-1.- Coeficientes de escurrimiento según la pendiente del río.**

Pendiente del río (S)	Coficiente de Escurrimiento (C)
$S \leq 1\%$	<b>0.60-0.70</b>
$1\% < S \leq 2\%$	<b>0.70-0.75</b>
$2\% < S \leq 3\%$	<b>0.75-0.80</b>
$S > 3\%$	<b>0.80-0.85</b>

Finalmente, la fórmula (2), adaptada a las condiciones de Cuba para utilizar en los cálculos, será la siguiente:

$$Q_{1\%} = 16.67 C i A \quad (2^a)$$

Para determinar los gastos máximos de otras probabilidades puede utilizarse los coeficientes de conversión a partir del 1% de probabilidad (Tabla 3.3.3-2).

**Tabla 3.3.3-2.- Coeficientes de transición de probabilidades a partir del 1%.**

Probabilidad (%)	0.1	0.5	1	5	10	20
Coficiente	2.03	1.31	1.00	0.55	0.43	0.29

Aplicando el método de cálculo arriba descrito se han determinado los caudales máximos en los arroyos de "Bamburanao" con áreas de cuencas hidrográficas menores de 25 km<sup>2</sup> (Tabla 3.3.3-3).

**Tabla 3.3.3-3.- Gastos máximos en los arroyos de "Bamburanao", con áreas de la cuenca menores a 25 km<sup>2</sup>, cálculos por el método racional.**

Corriente fluvial	Hmáx.	Hmín.	Área	Yr	L	Gastos máximos (m <sup>3</sup> /s)		
	(m)	(m)	(km <sup>2</sup> )	(‰)	(km)	1%	5%	10%
Seibabo	120	0	21.7	1.50	8.0	253	139	109
Cambao	75	0	5.3	1.88	4.0	62	34	27

#### Potencial Turístico

En la región villaclareña, son notables y diferentes valores naturales y antrópicos que constituyen un potencial considerable para el fomento de paquetes turísticos de estancia corta, exploración y aventura. Su vinculación inmediata con ciudades de importancia turística y con la región Caibarién en sentido general permite pensar en esta variante de desarrollo económico como una alternativa de gran validez. Siendo estos lugares de interés las ciudades de Remedios, Caibarién y Villa Clara, conjuntamente a esto se encuentran otros sitios de interés como son, la Cayería noreste del litoral norte de Las Villas; los residuos del sistema de fortificaciones de gran envergadura relacionados con el surgimiento, desarrollo y consolidación de la industria azucarera y de derivados: Fortines, trapiches, ingenios, torres, refinерías, industria de derivados del azúcar y la destilería del Ron Mulata.

En la región espirituana, es de destacar que colindante a este territorio o en la misma existen lugares de interés turístico como es el caso del Balneario San José del Lago con sus famosas aguas mineromedicinales que aportan al entorno visual de componentes naturales dignos de ser apreciados como bellezas naturales y con valores paisajísticos encontramos, al Río Jatibonico del Norte, con su sendero interpretativo que encierra una legendaria historia sobre el Pelú de Mayajigua, el Mirador Loma de la Canoa, el Mirador de Calienes, La Loma del Yigre, el Campamento del Comandante Camilo Cienfuegos en Juan Francisco, la Cueva del Sistema de Boquerones y el Adoratorio Aborigen Macocael.

Por su parte la región avileña, ofrece grandes oportunidades para el desarrollo del turismo, tanto nacional como internacional por las singularidades de sus características naturales, encontrándose el territorio de Florencia que es una zona de gran belleza con paisajes de alturas, valles, embalses y ríos, así como interesantes fenómenos naturales. Donde se aprecia también el cultivo del tabaco, así como pintorescos poblados con tradiciones campesinas, donde se pueden desarrollar paseos ecuestres por las lomas y disfrutar del ambiente del campo cubano. También encontramos la inserción del río con la cordillera, donde se desarrolla la base de Campismo Boquerón, en la zona conocida de igual nombre.

#### Yacimientos Minerales

El territorio de Bamburanao cuenta con siete yacimientos minerales definidos como importantes, de los cuales 6 se encuentran en explotación.

Las áreas definidas como yacimientos son:

Nro	Nombre	Mineral	En Explotación
1	San José del Lago	Agua Minero Medicinal.	X
2	Las Tasajeras	Piedra Caliza.	---
3	El Yigre	Piedra Caliza.	X
4	El Río	Arena.	X
5	Los Barriles	Piedra Caliza	X

## Caracterización del territorio

6	Las Grullas	Piedra Caliza	X
7	XX Aniversario	Piedra Caliza	X

Fuente: Órgano del CITMA Región Especial Desarrollo Sostenible Bamburanao, año 2010.

### Uso de la Tierra

El balance de áreas actual del territorio del Plan Turquino en las tres provincias (*Villa Clara, Sancti – Spiritus y Ciego de Ávila*), muestra un predominio en el mismo de la actividad ganadera como uso del suelo muy superior al resto de las actividades, situación que con las propuestas de transformaciones y destino fundamental del suelo concebidas en el esquema debe revertirse, pues las mismas están dadas según la vocación de los suelos, lo que permitirá un correcto desarrollo de todo el potencial productivo.

U/M. Hectáreas.

<i>BALANCE DE AREAS USO DEL SUELO ACTUAL. INTEGRADO</i>						
PROVINCIA	TOTAL	C. VARIOS.	CAÑA	FORESTAL	GANADERÍA	TABACO
VILLA CLARA	15 900	189	1 926	5 241	8 544	---
SANCTI -SPTUS	26 521	2 525	1700	12 837.07	9 458.93	---
CIEGO DE AVILA.	35 795	13 188	---	5 826.9	15 842	939
TOTAL.	78 216	15 902	3 626	23 904.97	33 844.93	939

Fuente: Órgano del CITMA Región Especial Desarrollo Sostenible Bamburanao, año 2010.

U/M. Hectáreas.

<i>BALANCE DE AREAS USO Y DESTINO FUNDAMENTAL DEL SUELO INTEGRADO</i>						
PROVINCIA	TOTAL	C. VARIOS.	CAÑA	FORESTAL	GANADERÍA	TABACO
VILLA CLARA	15 900	2 115	---	5 241	8 544	---
SANCTI -SPTUS	26 521	5 549.27	187.88	18 895.85	1 888	---
CIEGO DE AVILA.	35 795	13 188	---	6 245.16	15 423.74	939
TOTAL.	78 216	20 852.27	187.88	30 382.01	25 855.74	939
-----	-----	(+4 950)	(-3 438.12)	(+6 477.04)	(-7 989.19)	

Fuente: Órgano del CITMA Región Especial Desarrollo Sostenible Bamburanao, año 2010.

<i>Centros de Producción Agropecuaria en la REDS.</i>						
PROVINCIA	Entidades.	Empresas	Granjas	CPA	UBPC	CCS
VILLA CLARA	22	---	4	2	6	10
SANCTI -SPTUS	31	----	4	2	7	18
CIEGO DE AVILA.	41	1	---	12	5	33
TOTAL.	94	1	8	16	18	61

Fuente: Órgano del CITMA Región Especial Desarrollo Sostenible Bamburanao, año 2010.

- Actividad Ganadera

Esta actividad ocupa en el territorio un total de 33 844.93 Ha, la misma es realizada por el sector privado, cooperativo y estatal.

En estos territorios predominan los pastos naturales, aunque en los últimos años se ha notado la proliferación de maniguas indeseables, pudiéndose notar entre ellas el marabú, el que ocupa un área por encima de las 10 000 Ha, lo que ha traído consigo que en aquellas áreas que aún se encuentran limpias las cargas de cabezas por caballerías sean excesivamente altas

(10 cabz/cab. como promedio), lo que unido a las malas condiciones topográficas requieren de un manejo adecuado del territorio, así como el cambio de uso de gran parte de estas.

Por su parte el desarrollo mular se comporta de una forma muy discreta, pues el mismo se esta comenzando a fomentar, existiendo algunas cifras no significativas.

Las Empresas Ganaderas enmarcadas en el territorio prevén mantener la masa ganadera solamente en aquellos lugares que por vocación de los suelos pueda desarrollarse esta actividad, sin embargo contempla la entrega de todas aquellas áreas que no sean compatibles con dicha actividad, actualmente ociosas, cubiertas de maniguas indeseables ó que tengan problemas de erosión.

El uso ganadero se mantendrá solamente en un total de 25 855.74 Ha.

- Actividad Forestal

La actividad forestal en el territorio se distribuye entre varias entidades, es decir: Empresa Nacional de Flora y Fauna, Empresa Forestal Integral (la que se estructura internamente en Granjas Estatales) y en menor escala las CPA y CCS.

La misma se desarrolla en un área total de 23 904.97 Ha, caracterizados por ser en su gran mayoría bosques protectores del agua y suelo.

En el territorio existen 656.18 Ha deforestadas en suelos con vocación forestal para el fomento y desarrollo de las plantaciones, las cuales se prevén reforestal en varias etapas con el objetivo de crear masas boscosas para la protección del agua y el suelo fundamentalmente, teniendo en cuenta las condiciones topográficas del terreno, pues la misma es desde ondulada hasta montañosa.

Las áreas inforestadas alcanzan un total de 676.0, están constituidas por superficies de pastos naturales, ríos, arroyos, viales, trochas instalaciones, autoconsumos, etc. es decir, áreas que no se van a reforestar.

BALANCE DE AREAS FORESTALES					
PROVINCIA.	AREA TOTAL	BOSQUES NATURALES	PLANTACIONES	DEFORESTADAS	INFESTADAS.
VILLA CLARA	5 241.0	5 241.0	--	--	--
S. SPIRITUS.	12 837.07	11 103.86	1 570.13	23.48	139.60
C. DE AVILA	5 825.9	3 279.2	1 377.6	632.7	536.4
TOTAL	23 903.97	19 624.06	2 947.73	656.18	676.0

Fuente: Órgano del CITMA Región Especial Desarrollo Sostenible Bamburanao, año 2010.

Las producciones en esta actividad se prevén como se muestra en la siguiente tabla:

PROYECCION DE LAS PRODUCCIONES				
CONCEPTO	U/M	INMEDIATO	CORTO PLAZO	MEDIANO
Madera en Bolos.	M3	391	709	705
Madera Rolliza.	M3	2419	7043	8833.2
Leña Combustible.	M3	7300	36100	67892.8
Carbón Vegetal.	Sacos	5000	27350	27285
Guanos.	Pencas	1000	2000	---

Fuente: Órgano del CITMA Región Especial Desarrollo Sostenible Bamburanao, año 2010.

Proyección de los Manejos a Desarrollar:

Se proyecta ejecutar los manejos en tres etapas fundamentales, a un plazo inmediato, corto y mediano plazo.

Los manejos fundamentales a desarrollar radican en :

La reforestación mediante las plantaciones de arboles maderables y frutales, donde se prevé la utilización de diversos métodos, como son: Plantaciones en envases (bolsas), raíz desnuda y siembra directa en menor cuantía.

Los tratamientos silviculturales que se efectuarán a la masa boscosa, fundamentalmente a las plantaciones con el objetivo de ralear las áreas establecidas a fin de crear el espaciamiento idóneo en la masa boscosa y su mejoramiento, pudiéndose obtener volúmenes (M3) maderables en dependencia del tipo y porciento del raleo que se ejecute, como puede ser: madera rolliza, bolos y leñas.

La reconstrucción de bosques, lo cual consiste en el enriquecimiento y mejoramiento de las masas boscosas, las especies de interés y valor económico, desarrollándose fundamentalmente en áreas de bosques degradados, franjas hidrorreguladoras, etc., pudiéndose obtener también de esta actividad volúmenes maderables para diversos usos.

Además de estos manejos pueden efectuarse también algunas talas selectivas en zonas donde la densidad del arbolado es alta y las existencias maderables son voluminosas donde existen gran cantidad de arboles en estadio maduro y sobremaduro.

Otras actividades a desarrollar que se incluyen en la proyección de los trabajos silviculturales son los mantenimientos a las plantaciones, los que van a estar en correspondencia con los niveles de plantaciones anuales y las áreas que la necesitan en los 3 ó 4 primeros años de vida. Se ejecutaran también siembras para la fauna, inventarios patológicos en función de la detección de plagas y enfermedades y algunas medidas antierosivas para la protección de los suelos como correcciones de cárcavas, laboreo y siembra o plantaciones a curvas de nivel con la utilización en la mayoría de los casos de la terraza individual.

Ha continuación mostramos tabla donde se pueden observar las proyecciones de los manejos de las tres provincias que integran el macizo en los plazos señalados.

PROYECCION DE LOS MANEJOS				
ACTIVIDADES	INMEDIATO	CORTO PLAZO	MEDIANO PLAZO	TOTAL
	Ha	Ha	Ha	Ha
Protectores del agua y suelo.	645.0	55.5	4.0	704.5
Especies en vías de extinción.	522.0	50.0	60.0	632.0
Sub- Total de Plantaciones	116.7	105.5	67.0	289.2
Tratamientos Silviculturales	82.0	31.0	593.8	706.8
Reconstrucción de Bosques	76.0	280.9	861.5	1218.4
Tala Selectiva	397.0	2382.0	4161.0	6940.0

Mantenimiento a caminos	64.0	338.0	295	697.0
Inventarios Patológicos	3.46	16.36	17.8	37.62

- Cultivos varios

Esta actividad recae fundamentalmente en el sector privado con el objetivo de garantizar el autoconsumo, estando distribuidas en las CPA, CCS, el sector estatal esta representado por las Empresas de Cultivos Varios, dispersas en el territorio, las áreas destinados a este fin ocupan un total de 15 902.00 Ha en todo el macizo.

Las producciones en el territorio han sido satisfactorias, pues si comparamos el año 2002 con el 2003 observamos que las mismas ascendieron con respecto al primero en todos los renglones. Se prevé continuar aumentando las producciones en este renglón, lo que mejoraría aún más el percapita de consumo de la población asentada en la zona

Este territorio se vera favorecido en esta actividad, pues con la implementación de la tarea Álvaro Reinoso pasan una gran cantidad de áreas con buena aptitud de suelos para este uso, esto incrementara considerablemente las producciones en este renglón donde se destinaran para este uso un total de 20 852. 27 Ha.

- Apicultura

La apicultura constituye una actividad económica más de este territorio, la misma es desarrollada por la Empresa Avícola Florencia, la UBPC NO 5 “La Abeja Reina” en Yaguajay, y por el sector privado, el territorio cuenta con un total de 4 295 colmenas, es decir 280 más que en el año 2002. Las producciones alcanzadas de miel en el año 2002 fueron de 186141.8 Kg y en el 2003 de 247598.6 Kg. En el caso de la cera fue de 3044.0 Kg y 4655.4 Kg respectivamente, por lo que podemos afirmar que esta actividad esta en constante ascenso.

Para lograr el desarrollo de esta actividad se requiere de una compatibilización con la política de reforestación, con el objetivo de sembrar plantas melíferas que florezcan en diferentes épocas del año, tales como el Bien Vestido, Dágame, Framboyan, Eucaliptos, Aguacate, Mango, Cítricos, Campanilla, etc. Estas plantas además de su valor forestal benefician la actividad de la apicultura.

El desarrollo apícola en el territorio se ve afectado fundamentalmente por la deforestación, escasas de especies melíferas, dispersión de la flora, falta de vías que permitan la utilización de nuevas áreas, así como las afectaciones por fuegos.

A pesar de lo anterior se considera el desarrollo apícola con buenas perspectivas en el territorio, aunque para ello se requiere dedicar esfuerzos en el mejoramiento y protección de la flora, encaminado a incrementar este recurso que constituye una fuente de divisas.

<i>MIEL U/M :Kg</i>		
<i>SECTOR</i>	<i>2002</i>	<i>2003</i>
<i>Ambos Sectores</i>	<i>186141.8</i>	<i>247598.6</i>
<i>TOTAL</i>	<i>186141.8</i>	<i>247598.6</i>

<i>CERA U/M: kg</i>		
<i>SECTOR</i>	<i>2002</i>	<i>2003</i>
<i>Ambos Sectores.</i>	<i>3044.0</i>	<i>4655.4</i>
<i>TOTAL</i>	<i>3044.0</i>	<i>4655.4</i>

COLMENAS U/M: U		
SECTOR	2002	2003
<i>Ambos Sectores.</i>	4015	4 295
TOTAL	4015	4 295

La apicultura proyecta su desarrollo a inmediato, corto y mediano plazo, en el sentido de elevar sus producciones con el incremento de colmenas, no previendo en el territorio otro tipo de inversión.

Se prevé un moderado desarrollo apícola aumentando solamente en cantidad de colmenas según los plazos señalados, es decir inmediato, corto plazo y mediano plazo, con una producción de miel que oscila desde los 94 122.7 Kg en el año 2004, hasta 88577.80 Kg y 95865.2 Kg a corto y mediano plazo.

MIEL U/M: Kg.			
SECTOR	PROYECCION		
	INMEDIATO	CORTO PLAZO	MEDIANO PLAZO
<i>Estatad (UBPC)</i>	94 122.7	88 577.80	95 865.2
TOTAL	94 122.7	88 577.80	95 865.2
CERA U/M: Kg			
SECTOR	PROYECCION		
	INMEDIATO	CORTO PLAZO	MEDIANO PLAZO
<i>Estatad (UBPC)</i>	3539.4	3973.47	4563.88
TOTAL	3539.4	3973.47	4563.88

- Acuicultura

La acuicultura se desarrolla solamente en el territorio perteneciente a la provincia de Ciego de Ávila, en los embalses del Hidroconjunto Liberación de Florencia, que esta conformado por las Presas Cañada Blanca y Chambas 2.

La producción acuícola en estos momentos disminuyó con respecto al año anterior, así como el rendimiento, previéndose el incremento para el futuro con la siembra actual y el incremento de tilapias y ciprinidos, así como el desarrollo de inversiones para la congelación del pescado.

POTENCIAL ACUÍCOLA ( Sector Ciego de Ávila)	
EMBALSE	ESPEJO DE AGUA.
<i>Florencia Chambas 1 y 2</i>	1 400 Ha--- 80 M M <sup>3</sup>
TOTAL	1 400 Ha--- 80 M M <sup>3</sup>

Proyección Acuícola.

SITUACIÓN ACTUAL Y PROYECCIÓN ACUÍCOLA Sector Ciego de Ávila						
INDICADOR	U / M	2002	2003	PROYECCIONES		
				INMEDIAT O	CORTO PLAZO	MEDIAN O PLAZO
<i>ESPEJO DE AGUA</i>	<i>Ha</i>	1 900	1 900	1 900	1 900	1 900
<i>CAPTURA</i>	<i>Ton.</i>	274.4	204.3	335.0	350.0	450.0

Caracterización del territorio

RENDIMIENTO	Kg / Ha	144	107	176	184	239
MICROPRESAS	U	130	130	130	130	130
EST. A CONSTRUIR.	Ha	--	--	--	--	--
VIVIENDAS	U	--	--	--	10	15
OTROS.	--	--	--	--	--	--
SIEMBRA DE ALEVINES	Miles	1 540.0	10 000.0	15 000.0	15 000.0	15 000.0
TILAPIAS	Miles	--	400.0	2 000.0	3 000.0	3 000.0
CIPRINIDOS	Miles	1 540.0	9600.0	13 000.0	12 000.0	12 000.0
OTROS.	Miles	--	--	--	--	--

**Población**

La población del territorio de la REDS de Bamburanao según levantamiento realizado en el territorio en el año 2004 es de 45493 habitantes, pertenecientes a las provincias de Villa Clara, Sancti Spíritus y Ciego de Ávila, distribuyéndose de la siguiente manera:

Provincias	Población (hab)	%
Villa Clara	9678	21.3
Sancti Spíritus	12618	27.7
Ciego de Ávila	23197	51.0
Total	45493	100

Fuente: Órgano del CITMA Región Especial Desarrollo Sostenible Bamburanao, año 2004.

Como puede apreciarse la provincia de Ciego de Ávila ocupa más de la mitad de la población del área montañosa de la región norte del centro del país, seguido por los territorios de Sancti Spíritus y Villa Clara.

La distribución de esta población por provincias, municipios y zonas de la Sierra de Bamburanao es la siguiente:

Provincia / Municipio	POBLACION (2004)								
	Urbana	%	Rural	%	Dispersa	%	Concentrada	%	Total
Villa Clara	2354	23.6	7324	75.7	2429	25.1	4965	51.3	9678
- Remedios	2354	28.9	5780	71.1	2130	26.2	3650	44.9	8134
- Caibarién	-	-	1544	100	299	19.4	1315	85.2	1544
Sancti Spíritus	6401	50.7	6217	49.3	396	3.1	5821	46.3	12618
- Yaguajay	6401	50.7	6217	49.3	396	3.1	5821	46.3	12618
Ciego de Ávila	10356	44.6	12821	55.3	2453	10.6	10588	45.6	23197
- Florencia	10356	58.7	7292	41.3	1956	11.1	5336	30.2	17648
- Chambas	-	-	5549	100	497	9	5052	91	5549
Total	19111		26362		5278		21374		45493

Fuente: Órgano del CITMA Región Especial Desarrollo Sostenible Bamburanao, año 2004.

Como se puede observar la población del territorio alcanza los 45 493 habitantes, si tenemos en cuenta su extensión la densidad del territorio alcanza los 58.16 habitantes por km<sup>2</sup>, la cual es baja con relación a las provincias en su conjunto. De igual forma la urbanización también es muy reducida, solo alcanza el 42.0 %. Ambos indicadores son representativos de territorios rurales y montañosos.

La distribución y estructura del Sistema de Asentamientos Poblacionales de la Sierra de Bamburanao, considerando las tres provincias y los cinco municipios que la integran se muestra en la siguiente tabla:

Provincia / Municipio	NUMERO DE ASENTAMIENTOS POBLACIONALES (2004)								
	Total	Urbanos	%	Rurales	%	Mayores 200 hab.	%	Menores 200 hab.	%
Villa Clara	14	1	20.0	13	17.8	6	17.6	7	17.9
- Remedios	11	1	20.0	10	13.6	5	14.7	5	12.8
- Caibarién	3	-	-	3	4.1	1	2.9	2	5.1
Sancti Spiritus	32	2	40.0	30	41.0	10	29.4	20	51.2
- Yaguajay	32	2	40.0	30	41.0	10	29.4	20	51.2
- Ciego de Ávila	32	2	40.0	30	41.0	18	52.9	12	30.7
- Florencia	21	2	40.0	19	26.0	12	35.2	7	17.9
- Chambas	11	-	-	11	15.0	6	17.6	5	12.8
<b>Total</b>	<b>78</b>	<b>5</b>	<b>100</b>	<b>73</b>	<b>100</b>	<b>34</b>	<b>100</b>	<b>39</b>	<b>100</b>

Fuente: Órgano del CITMA Región Especial Desarrollo Sostenible Bamburanao, año 2004.

La estructura del Sistema de Asentamientos poblacionales alcanza una cifra de 80 asentamientos, la mayor parte de los cuales son rurales, sobre todo aquellos menores de 200 habitantes. Es de destacar que solo existen en el territorio 5 asentamientos que clasifican como urbanos para el 6.4 % siendo estos además de poco tamaño, a excepción de Meneses y Florencia que sobrepasan los 5 mil habitantes, siendo este ultimo la única cabecera municipal con que cuenta la región.

La distribución de la vivienda en la zona montañosa del norte de las provincias centrales se muestra a continuación en la siguiente tabla:

Provincia / Municipio	VIVIENDAS								
	Total	Urbanas	%	Rurales	%	Dispersa	%	Concentrada	%
Villa Clara	3 127	792	12.5	2 335	19.4	621	23.2	1 714	18.3
- Remedios	2 567	792	12.5	1 154	9.6	¿	--	¿	--
- Caibarién	560	-	-	560	4.6	¿	--	¿	--
S. Spiritus	4 252	1 987	31.3	2 265	18.8	105	3.9	2 160	23.1
- Yaguajay	4 252	1 987	31.3	2 265	18.8	105	3.9	2 160	23.1
C. de Ávila	10 940	3 550	56.0	7 390	61.6	1 942	72.7	5 448	58.4
- Florencia	7 001	3 550	56.0	3 451	28.7	1 542	57.7	1 909	20.4
- Chambas	3 939	-	-	3 939	32.8	400	14.9	3 539	37.9
<b>Total</b>	<b>18 319</b>	<b>6 329</b>	<b>100</b>	<b>11 990</b>	<b>100</b>	<b>2 668</b>	<b>100</b>	<b>9 322</b>	<b>100</b>

Fuente: Órgano del CITMA Región Especial Desarrollo Sostenible Bamburanao, año 2004.

La vivienda del territorio se caracteriza en primer lugar por presentar un bajo indicador de ocupación pues en ella residen de conjunto 2.4 habitantes por viviendas, y al igual que otros indicadores de población es representativo del hábitat rural y montañoso. La densidad de viviendas del territorio es de 22,5 viviendas por km<sup>2</sup>.

De un total de 18 165 viviendas que existen en el territorio, 772 tienen pisos de tierra. Ha continuación se muestra la tabla representativa por provincias:

Provincia	Pisos de Tierra
-----------	-----------------

<i>Villa Clara.</i>	<i>125</i>
<i>Sancti – Spíritus.</i>	<i>0</i>
<i>Ciego de Ávila.</i>	<i>647</i>
<i>Total.</i>	<i>772</i>

Fuente: Órgano del CITMA Región Especial Desarrollo Sostenible Bamburanao, año 2004.

Al igual que la distribución de la población, la vivienda urbana del territorio es baja solo representa el 34.5 % del total. Como es de esperar la provincia de Ciego de Ávila es la de mayor volumen de viviendas al tener también el mayor poblamiento del territorio, seguidas en este caso por Sancti Spíritus y Villa Clara.

Ha continuación detallamos por provincias la situación que presentan los servicios sociales, así como las problemática fundamentales de cada Consejo Popular.

## BIBLIOGRAFÍA

- Burman, E. (1969): Vientos locales. Editorial Hidrometeorológica. Leningrado, 112-130 pp.
- Davitaya, F. F. y I. I. Trusov (1965): Los recursos climáticos de Cuba. Instituto de Geografía e Instituto de Recursos Hidráulicos, La Habana, 68 pp.
- Díaz, L. R. y J. Rodríguez (1983): Influencia de la Orografía sobre la distribución de la Precipitación en Cuba. Voluntad Hidráulica, No. 17, 47 pp.
- Howard, D. (1980): El hombre y la variabilidad climática. Secretaría de la Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, 32 pp.
- Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía e Instituto de Meteorología (1987): Atlas Climático de Cuba. Edit. Instituto de Geodesia y Cartografía, La Habana, 207 pp. , 5 pp sp.
- Instituto de Geografía e Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía (1989): Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Edit. REA, Madrid, IV 4 .1- VI 4.
- Instituto de Meteorología (1991): Resumen Climático por estaciones. Academia de Ciencias de Cuba, La Habana, pp 22-26, 82-86.
- Jansá, J. (1974): Curso de Climatología. Instituto del Libro, La Habana, 445 pp.
- Lopetegui, C. M.; Z. O. Alfonso; R. H. Naranjo y J. A. Rodríguez (1994): Caracterización Climática de la Cordillera de Guaniguanico [Inédito]. Centro Meteorológico Provincial Pinar del Río, 25 pp.
- Matveev, L.T. (1984): Curso de Meteorología General. Física de la Atmósfera. Editorial Hidrometeorológica, Leningrado, pp 228-327.
- Montenegro, U. (1990): Varios estudios del clima de montaña de la provincia de Santiago de Cuba. [Inédito]. Centro Meteorológico de Santiago de Cuba, 20 pp.
- Palenzuela, E. (1982): Guía climática abreviada para especialistas de la Agricultura, Dirección de Normalización, Metrología y Control de la Calidad del Ministerio de la Agricultura e Instituto de Meteorología, La Habana, 95 pp.
- Rivero, V. R.; P. B. Lapinel y J. R. Rivero (1995): Mapas de Radiación, Evapotranspiración Potencial e Índice de Aridez para Cuba [Inédito]. Centro Meteorológico de Camagüey, Cuba, 20 pp, 15 pp sp.
- Rodríguez, F.; A. Aguirre y B. Lora (2001): Mapa Isoyético 1931-1990, IV Versión, INRH. [Inédito]. La Habana, Cuba.
- Solano, O. O. y R. J. Vázquez (1999): Sistema Agrometeorológico Operativo para la detección y seguimiento de la Sequía Agrícola en Cuba. Reunión de Expertos de las Asociaciones Regionales III y IV sobre Fenómenos Adversos, Maracay, Venezuela, 20 pp
- Solano, O. O, R. J. Vázquez, C. J Menéndez, M, Martín (2003): Estudio de la evapotranspiración de referencia en Cuba. INSMET, La Habana, Cuba.
- Shulgin, A. (1978): Agrometeorología y Agroclimatología .Ediciones Hidrometeorológicas, Leningrado, URSS. 199 pp.
- Trusov, I. I; A. Izquierdo y L. R. Díaz (1983): Características espaciales y temporales de las precipitaciones atmosféricas en Cuba. Editorial Academia, Cuba, 150 pp, 10 pp sp.
- Vázquez R. J. (2000): Sistema de Seguimiento Temporal y Espacial de Índices Agrometeorológicos Novedosos en Cuba, [Inédito]. Tesis de Maestría, Universidad de La Habana, Facultad de Geografía, pp 68-69.
- Zverev, A. C. (1997): Meteorología Sinóptica. Ediciones Hidrometeorológicas, Leningrado. pp 99 - 105.
- Alexeev, G. A.; Riazanov, V. S (1973): Cálculo del escurrimiento máximo basado en la intensidad extrema del escurrimiento y las precipitaciones. Grupo Hidráulico Nacional (D.A.P.), 103 p.

Antropovsky, V. (1978): Escurrimiento mínimo de los ríos y su cálculo, Revista Voluntad Hidráulica N° 47-48, La Habana, pp. 23-32.