

ESTUDIO DEL REGIMEN DEL ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL EN LA CUENCA ANDINA DEL RIO BENI

Luis M. CARRASCO N.⁽¹⁾, Jacques BOURGES⁽²⁾

(1) S.H.N.B., CP 5962, La Paz, Bolivia

(2) ORSTOM, CP 9214, La Paz, Bolivia

INTRODUCCION

El Río Beni -que forma parte de la cuenca Amazónica- es uno de los complejos hidrológicos más importantes de Bolivia, tanto por las diversas posibilidades de aprovechamiento que ofrece, como también por su valor como reserva ecológica a nivel mundial.

CARACTERISTICAS DE LA CUENCA

La cuenca del Río Beni está situada entre los paralelos 14°10'-17°42' de latitud Sud y 66°03'-69°15' de longitud Oeste, se extiende sobre una superficie de 68.900 Km², abarcando gran parte del Departamento de La Paz, una parte de Cochabamba y una pequeña superficie del Beni. Su topografía es variada, ya que presenta zonas altas o cordilleranas en sus regiones del Oeste y del Sur, pasando por zonas de transición o valles interandinos, para posteriormente confluir en el Subandino, que es el límite natural con el llano beniano. Por todo ello, no resulta extraño que en la cuenca se tengan marcadas diferencias de altitud, desde los 6420 m.s.n.m. en el Nevado Illampu, hasta los 300 m.s.n.m. en el Angosto del Bala.

En la cuenca existe mayoría de suelos impermeables con escasos suelos semipermeables. Predomina la vegetación que no pierde su follaje en todo el año excepto durante la floración (bosques siempre verdes). En la zona montañosa de ambiente seco, pero con pendientes más abruptas, existen afloramientos rocosos, la vegetación es inexistente, por lo que se les denomina, "Tierras Eriales". Estas condiciones de cobertura abarcan un 15%. En tierras de altura intermedia y en tierras eriales, existen pastos y arbustos aunque en menor porcentaje.

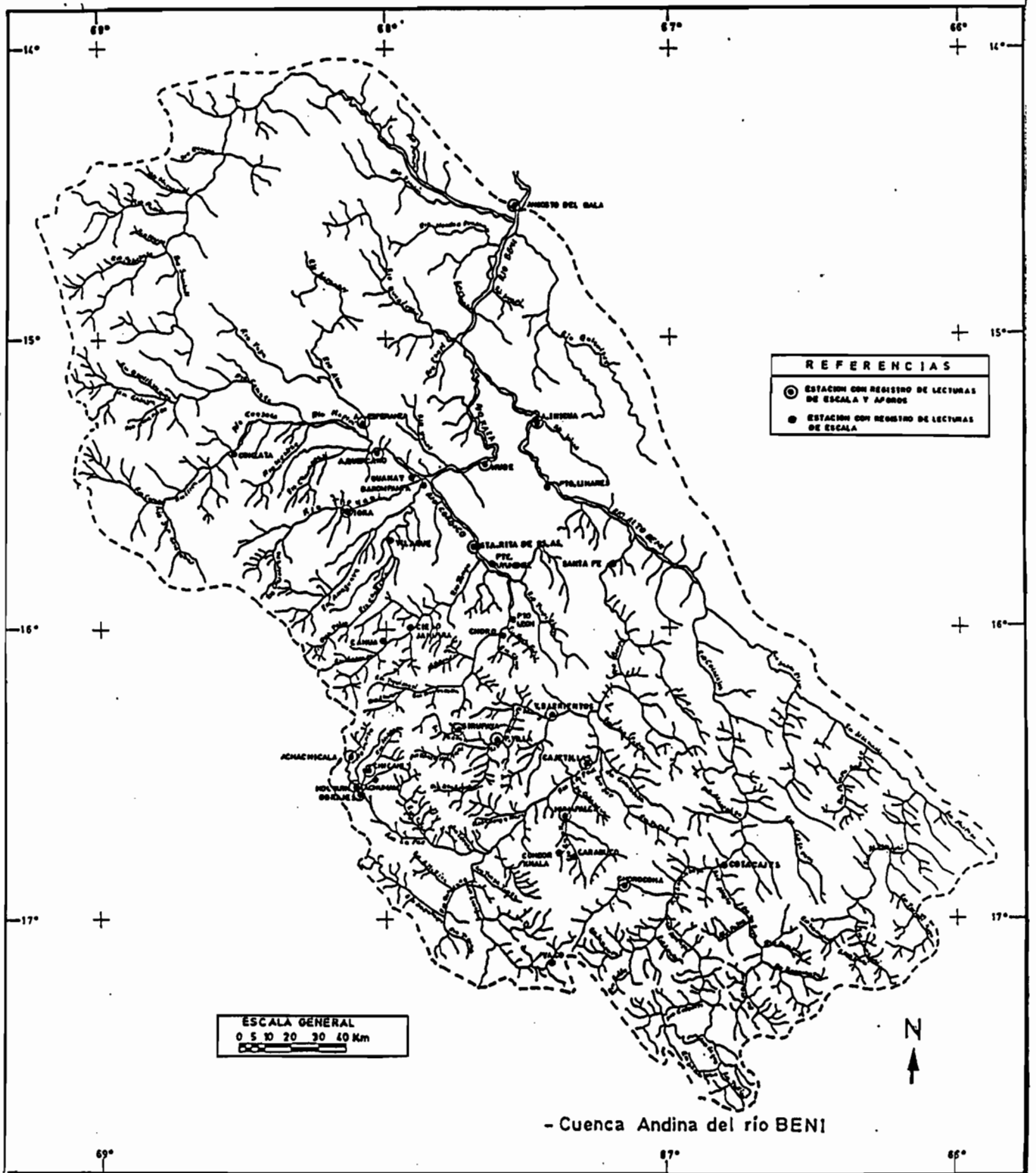
La Zona de Vida predominante en el área de estudio es la ST=SUBTROPICAL que ocupa dos regiones:

- Región Subtropical de tierras de valles, llamada también "Yungas" y "Faja Subandina", es la más extensa y de ecología más variada en toda la cuenca.
- Región Subtropical Andina, se destacan los valles profundos, valles interandinos y cumbres cordilleranas, muchas de nieves perpetuas, lo que da lugar a numerosos ríos y arroyos.

Las características climáticas más importantes son:

- Un gradiente de temperatura en el eje O-E, en valores medios anuales de 12 a 25 °C y en el eje S-N de 07 a 22 °C.
- La precipitación promedio en el eje O-E varía de 560 a 2360 mm, en el eje S-N, varía desde los 650 a los 1700mm.
- La humedad relativa, varía con la altitud, en el eje O-E varía del 60 al 82% y en el eje S-N de 66 al 77%.

MAPA I
HIDROGRAFIA DE LA CUENCA Y UBICACION DE ESTACIONES



- Cuenca Andina del río BENI

SISTEMA HIDROGRAFICO DE LA CUENCA

Surcada por más de 120 cursos de agua (Mapa I), presenta los siguientes ríos principales: Cotacajes, Santa Elena, La Paz, Tamampaya, Boopi, Alto Beni, Coroico, Zongo, Mapiri, Atén, Kaka, Quiquibey, Tuichi y Beni, que definen unidades hidrológicas, de las que se presenta a continuación sus características morfométricas.

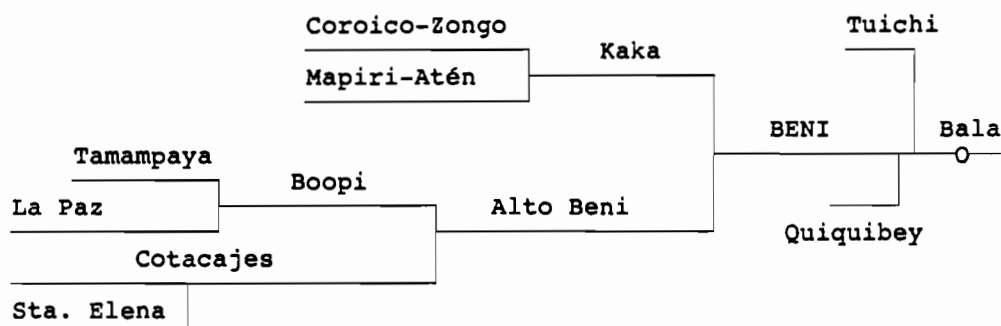
Características Morfométricas por Sub-Cuencas

| S-CUENCA | S.ELENA | COTACAJES | LA PAZ | TAMAMPAYA | BOOPI | ALTO BENI | COROICO-ZONGO |
|----------------------|---------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|---------------|
| Lr (Km) | 210 | 230 | 160 | 83 | 250 | 372 | 140 |
| A (Km ²) | 5980 | 8560 | 7560 | 2090 | 12640 | 31160 | 5310 |
| P (Km) | 431 | 550 | 445 | 191 | 560 | 958 | 319 |
| HM (msnm) | 4800 | 4250 | 4800 | 4250 | 4800 | 4250 | 5000 |
| Hm (msnm) | 840 | 840 | 980 | 980 | 750 | 603 | 910 |
| Ic | 1.5606 | 1.6645 | 1.4330 | 1.1698 | 1.3947 | 1.5196 | 1.2257 |
| L | 182.78 | 239.22 | 180.65 | 61.536 | 223.43 | 401.36 | 112.15 |
| l | 32.716 | 35.783 | 41.849 | 33.964 | 56.573 | 77.635 | 47.345 |
| R | 0.1193 | 0.1091 | 0.1358 | 0.2096 | 0.1419 | 0.1241 | 0.1833 |
| Ff | 0.1800 | 0.1500 | 0.2300 | 0.5500 | 0.2500 | 0.1900 | 0.4200 |
| Am | 2.3637 | 2.5856 | 2.0777 | 1.3460 | 1.9873 | 2.2737 | 1.5391 |
| Ip | 0.1373 | 0.1218 | 0.1545 | 0.1985 | 0.1273 | 0.0990 | 0.1709 |
| Ir | 1.9000 | 1.4800 | 2.3800 | 3.9300 | 1.6200 | 0.9800 | 2.9200 |
| Dd | 0.1786 | 0.2280 | 0.2388 | 0.3005 | 0.2385 | 0.2047 | 0.2119 |
| Ct | 0.0174 | 0.0215 | 0.0262 | 0.0354 | 0.0278 | 0.0211 | 0.0235 |

| S-CUENCA | MAPIRI-TIPUANI | KAKA | QUENDEQUE | HONDO | QUIQUIBEY | TUICHI | BENI(A.BALA) |
|----------------------|----------------|--------|-----------|--------|-----------|--------|--------------|
| Lr (Km) | 153 | 231 | 89 | 55 | 121 | 240 | 442 |
| A (Km ²) | 13200 | 20460 | 2130 | 820 | 2900 | 9790 | 68900 |
| P (Km) | 509 | 670 | 215 | 120 | 263 | 505 | 1265 |
| HM (msnm) | 3000 | 3000 | 1900 | 1100 | 1070 | 5500 | 4250 |
| Hm (msnm) | 910 | 603 | 600 | 450 | 350 | 290 | 284 |
| Ic | 1.2405 | 1.3115 | 1.3044 | 1.1734 | 1.3675 | 1.4291 | 1.3519 |
| L | 181.95 | 254.66 | 81.301 | 38.944 | 103.47 | 204.67 | 493.38 |
| l | 72.546 | 80.344 | 26.199 | 21.056 | 28.026 | 47.834 | 139.12 |
| R | 0.1781 | 0.1585 | 0.1601 | 0.2074 | 0.1468 | 0.1364 | 0.1498 |
| Ff | 0.4000 | 0.3200 | 0.3200 | 0.5400 | 0.2700 | 0.2300 | 0.2800 |
| Am | 1.5837 | 1.7803 | 1.7616 | 1.3600 | 1.9215 | 2.0685 | 1.8832 |
| Ip | 0.1169 | 0.1019 | 0.1209 | 0.1087 | 0.0771 | 0.1473 | 0.0947 |
| Ir | 1.3700 | 1.0400 | 1.4600 | 1.1800 | 0.5900 | 2.1700 | 0.8900 |
| Dd | 0.1534 | 0.1684 | 0.1338 | 0.1317 | 0.1014 | 0.1138 | 0.1700 |
| Ct | 0.0109 | 0.0137 | 0.0103 | 0.0061 | 0.0024 | 0.0074 | 0.0153 |

| | |
|---|------------------------------|
| Lr = Longitud del curso principal | R = Radio de elongación |
| A = Area de la cuenca | Ff = Factor de forma |
| P = Perímetro de la cuenca | Am = Alejamiento medio |
| HM = Altura máxima de la cuenca | Ip = Índice de pendiente |
| Hm = Altura mínima de la cuenca | Ir = Pendiente media |
| Ic = Índice de compacidad | Dd = Densidad de drenaje |
| L = Lado mayor del rectángulo equivalente | Ct = Coef. de torrencialidad |
| l = Lado menor del rectángulo equivalente | |

Para una mejor visión de la distribución de los ríos en la cuenca Andina del Río Beni, se presenta a continuación el siguiente esquema:



RED HIDROMETRICA Y SISTEMATIZACION DE LA INFORMACION.

La Red Hidrométrica, se halla constituida por 10 Estaciones representativas (Mapa I), emplazadas convenientemente en la Cuenca, cada una de ellas cuenta con datos de lecturas de escala y aforos en el período 1973 a 1984.

Los bancos de datos, se crearon con el paquete HYDROM (distribuido por ORSTOM), el mismo que permite un amplio manejo de archivos tanto de lecturas de escala, aforos y curvas de calibración. Mediante la interacción de dichos bancos de datos, se generaron caudales: instantáneos, medios (diarios, mensuales y anuales) y máximos-mínimos (instantáneos y diarios).

Al tener en el período de registros lagunas de información y dado que el escurrimiento superficial, no es un fenómeno local, el relleno de los datos limnimétricos faltantes se realizó por medio de correlación lineal y compuesta, entre estaciones, próximas y/o sobre el mismo curso. Del total de las estaciones en estudio, el 75% de ellas, presenta una variación máxima del nivel de aguas de 4.50 Mts., mientras que el restante 25% presentan una variación mayor, en estas últimas se corrigieron los aforos (medidos en época de crecidas) debido al ángulo que se forma entre el cable que sostiene el escandallo y la superficie del agua.

Las variaciones climáticas, inciden en el régimen de precipitaciones, la presencia de fuertes crecidas en época de lluvias y bajos caudales en época de estiaje provoca fenómenos alternativos de socavaciones y embanques, por ello es posible tener en una estación varias curvas de calibración, que van desde algunos meses hasta varios años.

Al contar con las curvas definitivas para las estaciones de la cuenca, se procedió a realizar la extrapolación de la parte alta mediante 3 métodos; gráfico, area-velocidad media y analítico, para el caso de la parte baja se empleó el método de Johnson/Glusov.

ANALISIS ESPACIO TEMPORAL DEL ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL.

Análisis a nivel anual

La distribución del escurrimiento, tanto espacial como temporal, a nivel de los módulos anuales, es caracterizada a continuación :

Angosto del Bala:Angosto Inicua:Nube.

En las tres estaciones en general no se tienen variaciones marcadas con respecto al valor medio, debido al caudal elevado que controlan y a las características topográficas de emplazamiento de cada estación.

Al controlar la variación de un año con respecto al anterior en las tres estaciones se observa claramente que existe gran similitud a excepción del año 82 -en Angosto del Bala- lo que puede explicarse por el hecho de haberse presentado una fuerte crecida en el Bala, la que pudo controlarse convenientemente en dicha estación y no así en las otras dos, otra influencia también pudo provenir de la Sub-cuenca que existe entre A.Inicua-Nube y Angosto del Bala, donde los ríos Tuichi, Quiquibey y Quendque, pudieron haber tenido en ese año un régimen de caudales mayor que el año 1981. De todas maneras al provenir los datos de mediciones hechas en el campo y no como producto del relleno, no puede atribuirse tal variación a otro motivo que no sea físico.

Nube:Santa Rita de Bs. As.:Angosto Quercano.

En general se ve que las marcadas variaciones de un año a otro en Santa Rita, son explicables por la densidad de drenaje y coeficiente de torrencialidad altos de la sub-cuenca y por hallarse en una zona (como los Yungas), de alta pluviosidad.

Los caudales en el Río Kaka son atenuados por la variación gradual de un año a otro en Angosto Quercano (a excepción de 1980), fenómeno que es función del régimen de lluvias y tipo de clima en la zona. Las dos características anteriores unidas al efecto generado por los ríos Tipuani-Zongo (cuya sub-cuenca representa el 30% del total que controla Nube), nos permite tener variaciones no tan pronunciadas con respecto a la media en Nube.

Villa Barrientos:Puente Villa:Sirupaya.

Villa Barrientos se halla emplazada en un lugar rocoso y encajonado, lo que provoca su alta sensibilidad a las variaciones del caudal en el río, a excepción del año 79. La estación se presenta estable y con poca variación respecto a la media, empero en el año citado, se observó, que el nivel del río en dicho punto estuvo por encima de los 2.40 mts. durante los tres primeros meses del año. Esto no sucedió en los años anteriores y posteriores a 79, lo que se explica plenamente ya que ese año se presentó como el más lluvioso para el período en estudio.

En Puente Villa y Sirupaya, no se puede exigir más, debido al lugar y las características pedológicas de la zona. La zona en cuestión presenta suelos fácilmente erosionables, lo que incide en variaciones marcadas del caudal controlado. Esta característica ocasiona que estas variaciones no sean similares a las ocurridas en Villa Barrientos a pesar de ser próximas entre sí y encontrarse en el mismo curso.

Cajetillas:Chorocona.

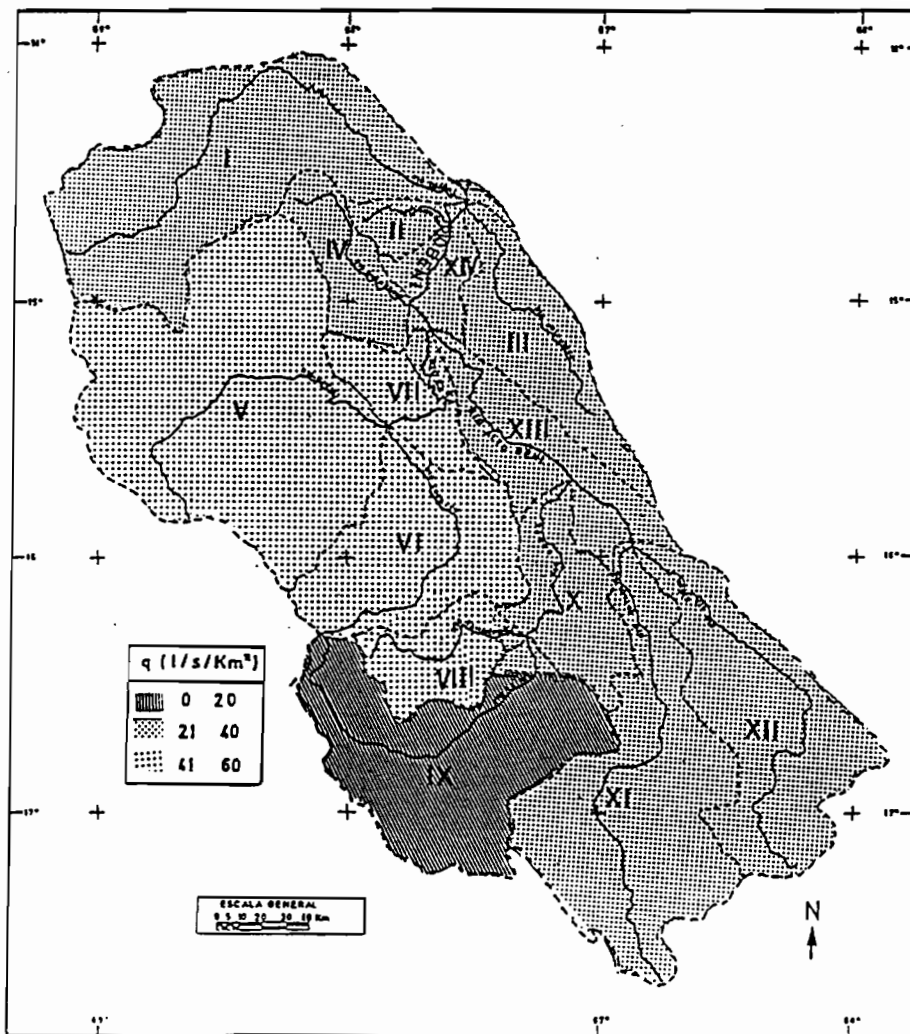
Cajetillas controla una Sub-cuenca, que se caracteriza por la influencia de la topografía, mayor que en el caso de las otras Sub-cuencas. En esta estación, a excepción de los años 78-79, los valores de nivel de aguas fluctúan alrededor del valor medio, por lo que podemos llegar a suponer que en ambos existió una medición de los niveles de agua en exceso. Este extremo no puede ser comprobado debido a que se trata de una estación aislada y que no presenta compatibilidad con las demás estaciones. Los datos obtenidos han sido aceptados como válidos, debido a que el mismo fenómeno de elevado caudal se presenta en los aforos tomados en la estación en los dos años en duda.

En Chorocona se vé que la fluctuación de los caudales respecto del valor medio, no es significativa, a excepción de los años 74, 80 y 83. Esto puede explicarse por su situación geográfica y área de control que es una zona con características de variabilidad del régimen, común a los ríos de tipo torrente, ya que se halla en una quebrada y cabecera de valle.

Caudales Medios Anuales (m^3s^{-1})

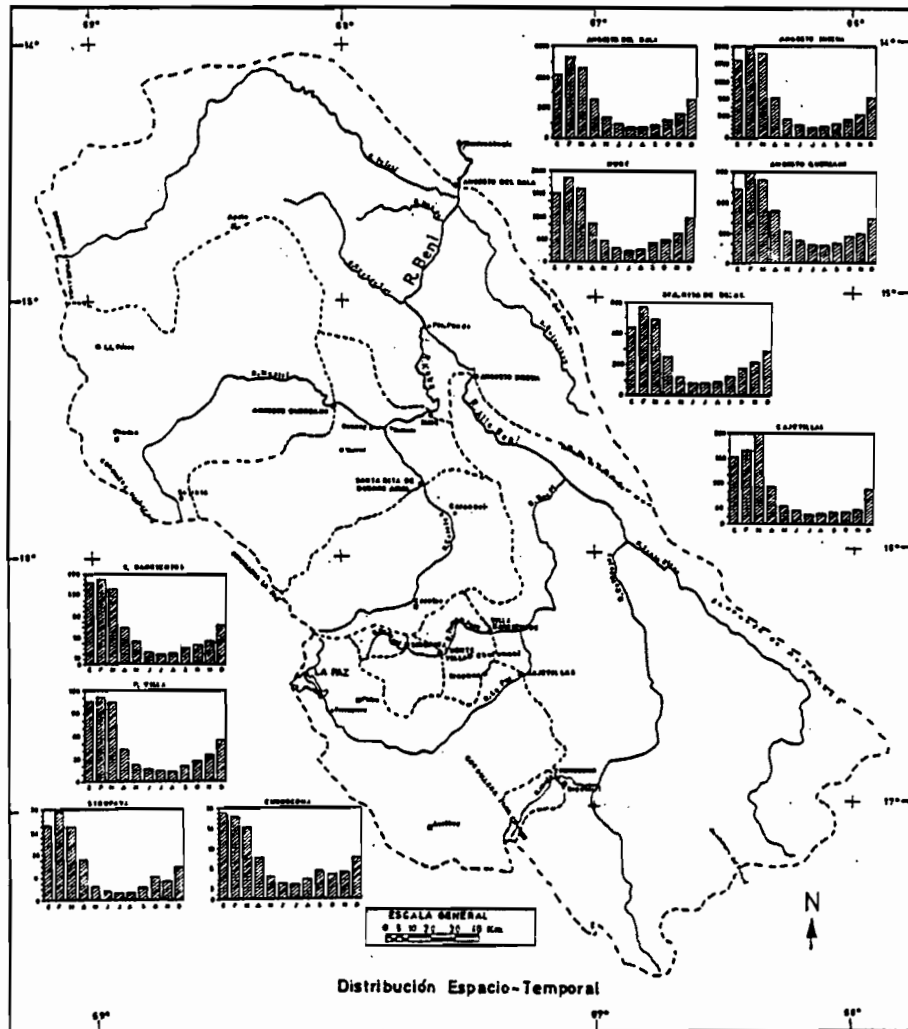
| AÑO | BALA | INICUA | NUBE | QUERCANO | S.RITA | V.BARR. | P.VILLA | SIRUP. | CAJET. | CHOROCONA |
|-----|------|--------|------|----------|--------|---------|---------|--------|--------|-----------|
| 74 | 2330 | 915 | 1080 | 444 | 276 | 83.5 | 54.3 | | 113 | 5.34 |
| 75 | 2440 | 966 | 1070 | 469 | 236 | 69.9 | 49.1 | | 92.6 | 9.02 |
| 76 | 2130 | 919 | 1060 | 409 | 216 | 69.9 | 50.9 | | 77.3 | 7.54 |
| 77 | 2240 | 896 | 909 | 404 | 297 | 69.1 | 60.6 | | 79.2 | 8.50 |
| 78 | 2070 | 808 | 837 | 358 | 227 | 77.7 | 45.9 | | 140 | 9.92 |
| 79 | 2160 | 860 | 901 | 456 | 155 | 85.5 | 45.8 | 13.4 | 95.1 | 8.61 |
| 80 | 1890 | 722 | 842 | 563 | 178 | 68.1 | 39.7 | 10.9 | 47.0 | 6.93 |
| 81 | 2460 | 931 | 1110 | 457 | 351 | 62.7 | 49.5 | 15.9 | 67.3 | 9.93 |
| 82 | 2600 | 892 | 872 | 406 | 284 | 56.7 | 42.0 | 10.8 | 65.4 | 8.24 |
| 83 | 2000 | 607 | 974 | 280 | 211 | 43.6 | 37.1 | 8.5 | 30.3 | 5.08 |

Para cada Estación y considerando el período 74-83, se tienen un caudal promedio interanual característico, el mismo que reducido por unidad de superficie, define los caudales específicos. Aplicando éste criterio a las estaciones de la red, se observa (Mapa II), que la zona de los Ríos Mapiro, Coroico y Tamampaya, al ser de mayor pluviosidad, presentan también en promedio el mayor caudal específico ($40-60 \text{ ls}^{-1}\text{km}^{-2}$). La cuenca del Río La Paz se muestra como la de menor ($10-20 \text{ ls}^{-1}\text{km}^{-2}$) escurrimiento específico, quedando las restantes sub-cuencas con un valor intermedio ($20-40 \text{ ls}^{-1}\text{km}^{-2}$).



MAPA II
CAUDALES
ESPECIFICOS

| REFERENCIAS | |
|-------------|-------------------------------|
| I | S.CUENCA TUCUMI |
| II | S.CUENCA MONDO |
| III | S.CUENCA GURQUESTY |
| IV | S.CUENCA GUENDIPON |
| V | S.CUENCA MAFISI |
| VI | S.CUENCA COROICO |
| V-VI-VII | S.CUENCA KARA |
| VIII | S.CUENCA TAMAMPAYA |
| IX | S.CUENCA LA PAZ |
| VIII-IX-X | S.CUENCA BOOPI |
| XI | S.CUENCA COTACAJES |
| XII | S.CUENCA STA. ELENA-ALTAMACHI |
| VIII-XIII | S.CUENCA ALTO BENI |
| I-XIV | CUENCA ANDINA DEL RIO BENI |



MAPA III
CAUDALES MEDIOS
MENSUALES

Distribución Espacio-Temporal

Análisis a nivel mensual

Los caudales mensuales, nos permiten visualizar las variaciones del caudal en el año, y con ello caracterizar el escurrimiento superficial a nivel mensual y estacional. Los histogramas en el total de las estaciones (Mapa III), muestran la misma tendencia a lo largo del año. Las diferencias que se observan se ubican fundamentalmente en las estaciones que controlan áreas de más de 5000 Km² y las de menos de 2000 Km². En las primeras, el ciclo de aguas altas se inicia en Noviembre y termina en Mayo, en las segundas se inicia en Diciembre y termina en Abril; en ambos casos, se tiene al mes de Febrero como el de mayor caudal y a Julio como el que presenta menor escurrimiento superficial. DE este modo se define 4 períodos: el de aguas altas de Enero-Marzo, de aguas bajas de Junio-Agosto y de transición de Abril-Mayo y Septiembre-Diciembre.

Caudales Medios Mensuales (m³s⁻¹)

| MES | BALA | INICUA | NUBE | QUERCANO | S.RITA | V.BARR. | P.VILLA | SIRUP. | CAJET. | CHOROCONA |
|-----|------|--------|------|----------|--------|---------|---------|--------|--------|-----------|
| ENE | 4170 | 1780 | 1790 | 733 | 441 | 153 | 106 | 26.3 | 164 | 17.1 |
| FEB | 5300 | 2060 | 2210 | 898 | 573 | 160 | 112 | 31.1 | 179 | 16.4 |
| MAR | 4590 | 1940 | 1910 | 824 | 490 | 142 | 105 | 25.8 | 217 | 14.3 |
| ABR | 2550 | 916 | 1010 | 525 | 249 | 68.9 | 42.7 | 14.4 | 91.0 | 8.17 |
| MAY | 1420 | 444 | 580 | 320 | 121 | 44.2 | 23.0 | 4.98 | 45.3 | 4.56 |
| JUN | 958 | 324 | 387 | 232 | 82.9 | 24.4 | 17.7 | 3.34 | 33.9 | 3.19 |
| JUL | 753 | 247 | 304 | 184 | 82.1 | 19.1 | 14.9 | 2.58 | 26.4 | 2.91 |
| AGO | 746 | 275 | 341 | 181 | 89.2 | 21.7 | 14.2 | 2.79 | 28.2 | 4.04 |
| SEP | 899 | 330 | 505 | 202 | 123 | 31.7 | 21.5 | 4.67 | 30.9 | 5.70 |
| OCT | 1260 | 441 | 614 | 267 | 176 | 36.1 | 27.7 | 8.35 | 31.8 | 4.99 |
| NOV | 1620 | 547 | 763 | 293 | 215 | 43.7 | 35.3 | 6.80 | 36.6 | 5.29 |
| DIC | 2520 | 925 | 1170 | 435 | 284 | 74.0 | 54.4 | 11.7 | 84.6 | 8.23 |

La definición de año hidrológico, se basa en el hecho de que se inicia en el momento en que simultáneamente tanto el caudal como la precipitación dejan los valores mínimos de la época de estiaje e ingresan a la época de lluvias, tal fenómeno sucede a fines de Agosto y principios de Septiembre, por lo tanto el año hidrológico para la cuenca se define de Septiembre a Agosto. La variación mensual además nos muestra que se tendrán: Verano lluvioso, Invierno seco y Primavera, Otoño coincidentes con los períodos de transición.

Análisis a nivel diario

Para las estaciones de la cuenca se determinaron los caudales característicos, que permiten caracterizarlas en cuanto al escurrimiento superficial que controlan y son muy útiles para el diseño de obras hidráulicas. El detalle de los principales caudales característicos, por estaciones (sólo las que presentan años completos), se detalla a continuación:

Caudales Característicos en m³s⁻¹

| MES | BALA | INICUA | NUBE | QUERCANO | S.RITA | V.BARR. | P.VILLA | SIRUP. | CAJET. |
|------|-------|--------|-------|----------|--------|---------|---------|--------|--------|
| Qm | 2220 | 846 | 958 | 410 | 236 | 66.7 | 48.3 | 11.7 | 76.9 |
| Qc | 19500 | 7230 | 5390 | 3280 | 2370 | 442 | 394 | 124 | 2032 |
| QMc | 6960 | 3100 | 3070 | 1260 | 931 | 234 | 189 | 46.7 | 351 |
| Q90 | 3090 | 1180 | 1350 | 545 | 286 | 89.9 | 61.7 | 14.3 | 82.6 |
| Q120 | 2380 | 838 | 1080 | 434 | 226 | 64.8 | 46.9 | 10.3 | 57.2 |
| Q150 | 1910 | 609 | 871 | 356 | 181 | 50.5 | 37.2 | 8.48 | 45.8 |
| Qs | 1460 | 472 | 685 | 287 | 146 | 39.2 | 29.9 | 6.55 | 38.2 |
| Q210 | 1220 | 393 | 569 | 245 | 126 | 33.3 | 23.9 | 5.47 | 33.4 |
| Q240 | 1010 | 336 | 438 | 208 | 107 | 28.2 | 18.7 | 4.35 | 28.4 |
| Q270 | 837 | 286 | 369 | 183 | 91.7 | 23.6 | 14.6 | 3.38 | 24.2 |
| Q300 | 696 | 244 | 301 | 164 | 74.6 | 19.8 | 11.1 | 2.77 | 20.1 |
| Q330 | 571 | 196 | 251 | 140 | 59.2 | 16.9 | 8.75 | 2.20 | 16.1 |
| Qmc | 453 | 149 | 196 | 115 | 44.8 | 13.1 | 5.39 | 1.59 | 12.0 |
| Qe | 333 | 104 | 142 | 65.5 | 31.7 | 5.63 | 0.223 | 1.01 | 0.076 |
| A | 70010 | 26680 | 30210 | 12930 | 7442 | 2103 | 1523 | 369 | 2425 |
| L | 1016 | 892 | 1541 | 1368 | 1600 | 1113 | 1603 | 1392 | 376 |

| | | | |
|-----|---|-----|---|
| Qm | = Caudal Medio Anual (módulo) | Qmc | = Caudal de los 10 días más secos |
| Qc | = Caudal Máximo Diario | Qe | = Caudal Mínimo Diario |
| QMc | = Caudal igualado/superado en 10 días del año A | A | = Aportación Media Anual (Hm ³) |
| Qí | = Caudal igualado/superado en í días del año | L | = Lámina Escurrída (mm) |
| Qs | = Caudal semipermanente (al 50% del tiempo) | | |

ANALISIS ESTADISTICO

La difícil tarea de la planeación y diseño de obras hidráulicas está siempre relacionada con eventos hidrológicos futuros. La base de todo estudio hidrológico son los datos medidos sobre las diferentes variables que intervienen en la planificación, diseño y operación de obras de regulación, protección y aprovechamiento de los recursos hídricos de una región, por ello el camino estadístico es el más viable para obtener los resultados que se requieren, los que generalmente tienen que ver con eventos a producirse en el futuro y bajo ciertas condiciones límite.

Cada uno de los datos obtenidos, representa un evento, el que puede ó no repetirse en el futuro, las condiciones necesarias para la ocurrencia ó no del evento, se cumplen por una ley de probabilidad que dará en general, con que frecuencia se presenta el evento, dadas ciertas condiciones. Como el escurrimiento en un río es una variable aleatoria continua, se emplearon funciones continuas de distribución de probabilidad para el análisis estadístico de los datos.

El análisis estadístico se realizó a nivel anual, mensual y máximo instantáneo y para el tratamiento de los datos se empleó un programa de amplia aplicación hidrometeorológica (M.C.M. ver 1.0) que permitió realizar cálculos simultáneos, incluyendo fórmulas complejas sin restricción.

Los resultados del análisis estadístico, pueden ser resumidos en las siguientes tablas:

Estadísticos de las series de Caudales Medios Anuales

| ESTADÍSTICOS | A.B. | A.I. | N. | A.Q. | S.R. | V.B. | P.V. | SIR. | CAJ. | CHO. |
|------------------|------|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|-------|
| N° de datos | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 |
| Media Aritmética | 2232 | 852 | 966 | 425 | 243 | 68.7 | 47.5 | 11.9 | 80.7 | 7.91 |
| Media Geométrica | 2222 | 844 | 960 | 418 | 237 | 67.5 | 47.0 | 11.6 | 74.6 | 7.73 |
| Desviación | 224 | 111 | 106 | 74.5 | 59.0 | 12.5 | 7.0 | 2.83 | 31.6 | 1.70 |
| Máximo | 2600 | 966 | 1110 | 563 | 351 | 85.5 | 60.6 | 15.9 | 140 | 9.93 |
| Mínimo | 1890 | 607 | 837 | 280 | 155 | 43.6 | 37.1 | 8.50 | 30.3 | 5.08 |
| C.Variación | 0.10 | 0.13 | 0.11 | 0.18 | 0.24 | 0.18 | 0.15 | 0.24 | 0.39 | 0.21 |
| C.Sesgo | 0.17 | -1.45 | 0.14 | -0.18 | 0.34 | -0.64 | 0.35 | 0.47 | 0.32 | -0.63 |

Extrapolación de Caudales Máximos Instantáneos en m^3s^{-1}

| PERIODO DE RETORNO AÑOS | PROBABILIDAD DE OCURRENCIA (%) | ANG. BALA | ANG. INICUA | NUBE | ANG. QUER. | STA. RITA | VILLA BARR. | PTE. VILLA | SIR. | CAJ. |
|-------------------------|--------------------------------|-----------|-------------|-------|------------|-----------|-------------|------------|------|------|
| 1.0101 | 0.01 | 8928 | 929 | 4223 | 994 | 617 | 96 | 100 | 34 | 10.5 |
| 1.0526 | 0.05 | 9421 | 2626 | 4716 | 1112 | 847 | 157 | 143 | 38 | 93.6 |
| 1.11 | 0.1 | 9867 | 3484 | 5048 | 1205 | 1031 | 197 | 172 | 41 | 216 |
| 1.25 | 0.2 | 10594 | 4481 | 5530 | 1358 | 1340 | 250 | 209 | 45 | 379 |
| 2 | 0.5 | 12704 | 6261 | 6774 | 1841 | 2407 | 373 | 296 | 60 | 756 |
| 5 | 0.8 | 15972 | 7880 | 8636 | 2797 | 4857 | 538 | 414 | 89 | 1264 |
| 10 | 0.9 | 18198 | 8664 | 9969 | 3655 | 7357 | 648 | 492 | 115 | 1600 |
| 25 | 0.96 | 21008 | 9454 | 11774 | 5058 | 11914 | 786 | 590 | 157 | 2025 |
| 50 | 0.98 | 23057 | 9940 | 13206 | 6379 | 14754 | 889 | 664 | 196 | 2340 |
| 100 | 0.99 | 25059 | 10360 | 14718 | 7981 | 17058 | 991 | 736 | 243 | 2653 |
| 200 | 0.995 | 27085 | 10732 | 16320 | 8430 | 19354 | 1092 | 808 | 300 | 2965 |
| 1000 | 0.999 | 31603 | 11483 | 20480 | 10518 | 24672 | 1327 | 975 | 480 | 3687 |
| 10000 | 0.9999 | 37890 | 12352 | 27668 | 13501 | 32273 | 1663 | 1214 | 919 | 4718 |

BIBLIOGRAFIA

CARRASCO NATTES L.M., Aplicaciones y Manual de Manejo - Programa M.C.M. ver 1.0 (Mecanismos - Computacionales - Multipropósito ver 1.0), In Press.

CARRASCO NATTES L.M. (1990). Estudio del régimen del escurrimiento superficial en la cuenca andina del Río Beni. Tesis UMSA. Publ. PHICAB, La Paz.

HERAS RAFAEL (1976). Hidrología y Recursos Hidráulicos. Tomos I y II. (Madrid).

BOURGES J., GUYOT J.L., CARRASCO L.M., BARRAGAN M.C., CORTEZ J., (1990), Evolution spatio temporelle des débits et des matières particulaires sur un bassin des Andes Bolivienne: le Río Beni, 352-356, In Hydrology in Mountainous Regions, H. Lang & Musy (eds), IAHS Publ. 193.

BOURGES J., CARRASCO L.M., HYDROM, (1990), Manual del Usuario, ORSTOM. Eds, Montpellier.

ALDEGHERI M., ORSTOM.(1979), Manuel d'hydrométrie. Mesure des débits a partir des vitesses.Tomo IV., ORSTOM Eds, Paris

GUÍA DE PRÁCTICAS HIDOLÓGICAS VOLÚMEN I. No.168 (1984), Adquisición y proceso de datos. (OMM).

PROYECTO HIDROMETEREOLOGICO CENTRO AMERICANO (1969), Publicación No.70, Manual de Instrucciones - Estudios Hidrológicos (San José, Costa Rica).

SOUZA, PINTO, Hidrología Aplicada.