



CONVENIOS ALA / 86 / 03 Y ALA / 87 / 23 - PERU Y BOLIVIA

**PLAN DIRECTOR GLOBAL BINACIONAL DE PROTECCION - PREVENCION DE
INUNDACIONES Y APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS DEL LAGO
TITICACA, RIO DESAGUADERO, LAGO POOPO Y LAGO SALAR DE COIPASA
(SISTEMA T.D.P.S.)**

**ESTUDIOS DE CLIMATOLOGIA
APENDICE 3
CONTRASTE Y CORRECCION DE
LAS SERIES PLUVIOMETRICAS HISTORICAS
(TOMO II)**

Julio 1993



CONVENIOS ALA / 86 / 03 Y ALA / 87 / 23 - PERU Y BOLIVIA

**PLAN DIRECTOR GLOBAL BINACIONAL DE PROTECCION - PREVENCION DE
INUNDACIONES Y APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS DEL LAGO
TITICACA, RIO DESAGUADERO, LAGO POOPO Y LAGO SALAR DE COIPASA
(SISTEMA T.D.P.S.)**

**ESTUDIOS DE CLIMATOLOGIA
APENDICE 3
CONTRASTE Y CORRECCION DE
LAS SERIES PLUVIOMETRICAS HISTORICAS
(TOMO II)**

Julio 1993

GRUPO 12

Lo conforman pluviómetros situados en el entorno de la península de Copacabana, en la margen occidental del Lago Titicaca. Son los siguientes:

- Copacabana (COP)
- Juli (880)
- Yunguyo (882)
- Isla del Sol (SOL)
- Copacati (CPC)
- Huapaca-Santiago (885)
- Parco (887)

De estos 7 pluviómetros, los tres últimos han entrado en funcionamiento recientemente (1988, 1986 y 1988 respectivamente), por lo que sus series son extremadamente cortas.

Este sector presenta unas características climáticas bastante homogéneas, con diferencias en la precipitación media relativamente poco importantes y con una dispersión escasa de los valores registrados en el mismo mes en los distintos pluviómetros. Esta última característica facilita la identificación de los datos erróneos en las series, que por otra parte sólo han sido detectados en el observatorio de Yunguyo.

Los comentarios particulares son:

Copacabana (COP): presenta una serie correcta. Algunas ligeras desviaciones de la tendencia general en los últimos años forman parte de las anomalías naturales que se observan en este período en numerosos pluviómetros próximos al lago.

Juli (880): serie sin errores ni anomalías significativas.

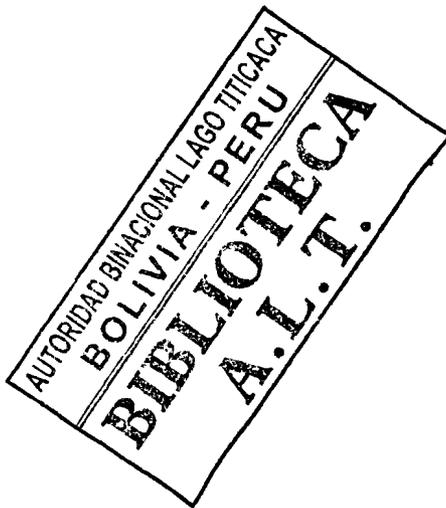
Yunguyo (882): los distintos contrastes efectuados con estaciones de su propio grupo y de los grupos vecinos 9 (Desaguadero - Perú) y 13 (Ilave) ponen en evidencia la existencia de un error, aparentemente de tipo sistemático, en el período 1969-72. Un examen de los datos mensuales revela que se trata en realidad de errores que afectan sólo a algunos meses, por lo que han sido eliminados los datos de Febrero de 1969, Febrero y Diciembre de 1970, Enero y Diciembre de 1971 y Enero, Marzo, Noviembre y Diciembre de 1972. Conviene consignar que la estación se cambió de emplazamiento en 1985 (bajo la denominación de Tahuaco-Yunguyo), pero este hecho no tiene reflejo en las dobles acumulaciones.

Isla del Sol (SOL): al igual que en el caso anterior la serie parece correcta.

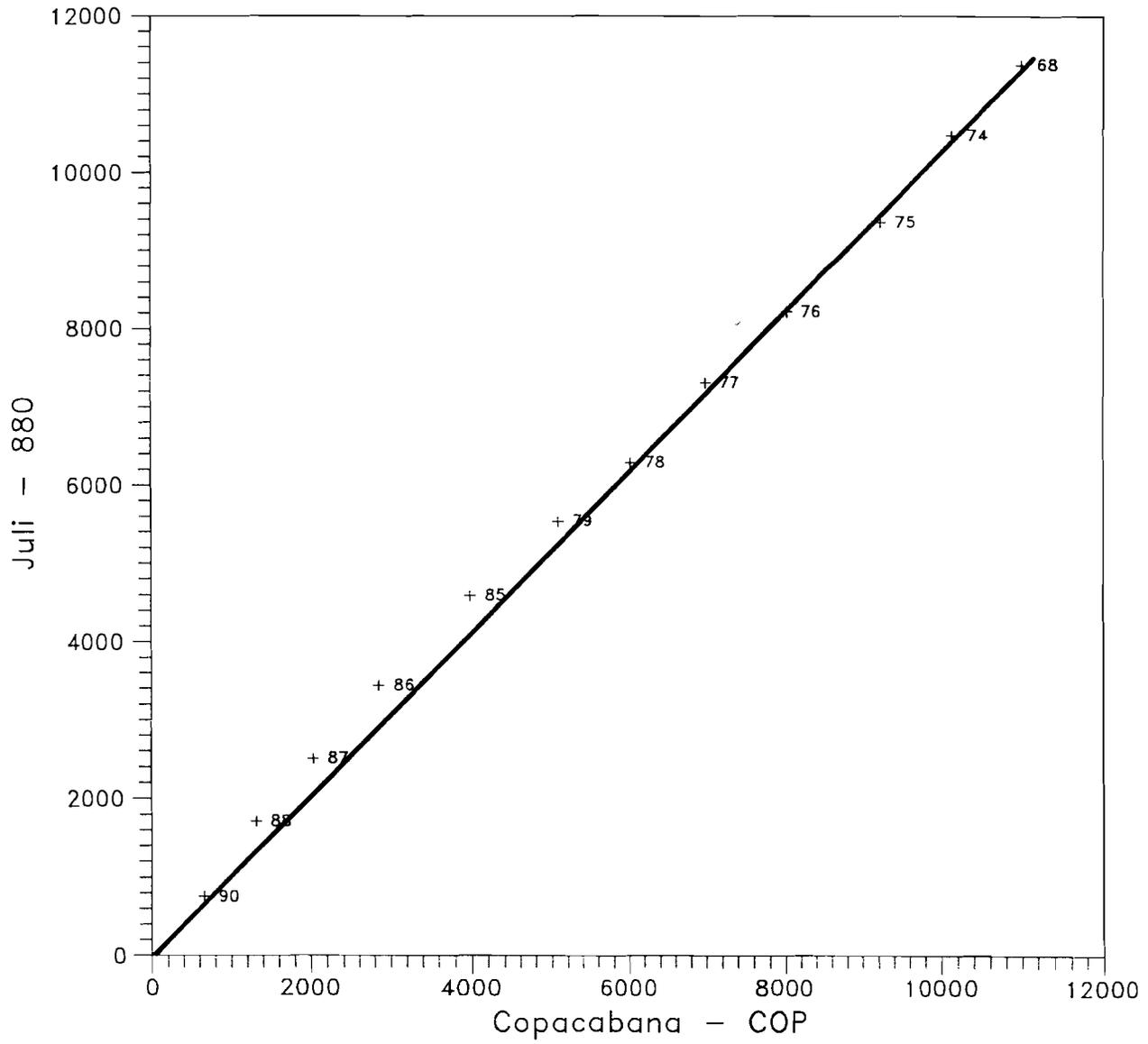
Copacati (CPC): serie muy corta (sólo 3 años), pero correcta. No se incorpora al proceso de completado estocástico.

Huapaca-Santiago (885): al igual que Copacati su período de registro es demasiado reducido (5 años) para su inclusión en el proceso de completado. La serie no presenta anomalías significativas.

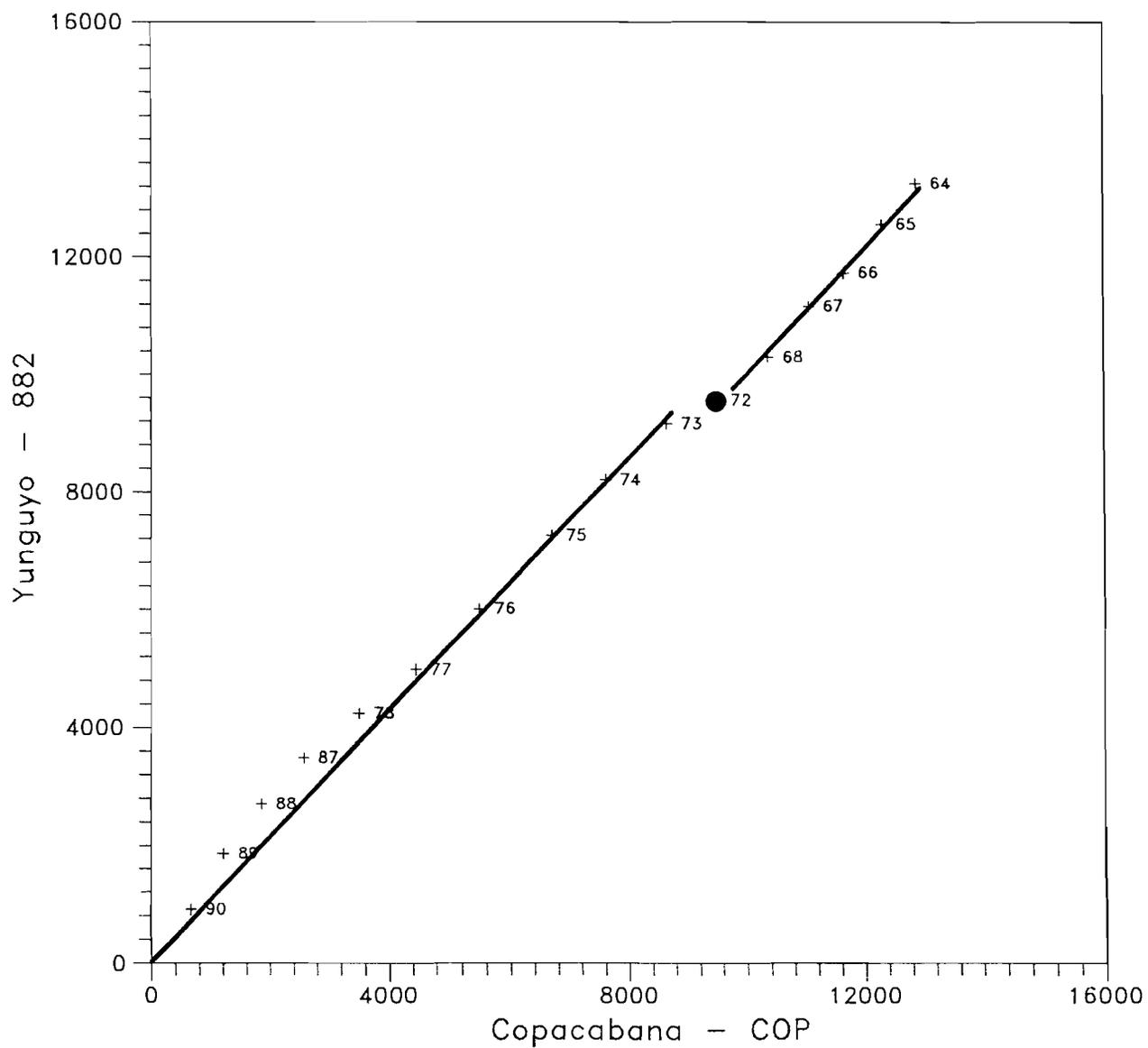
Parco (887): sólo dos años completos y uno incompleto. Suprimida como en los dos casos anteriores del proceso de completado.



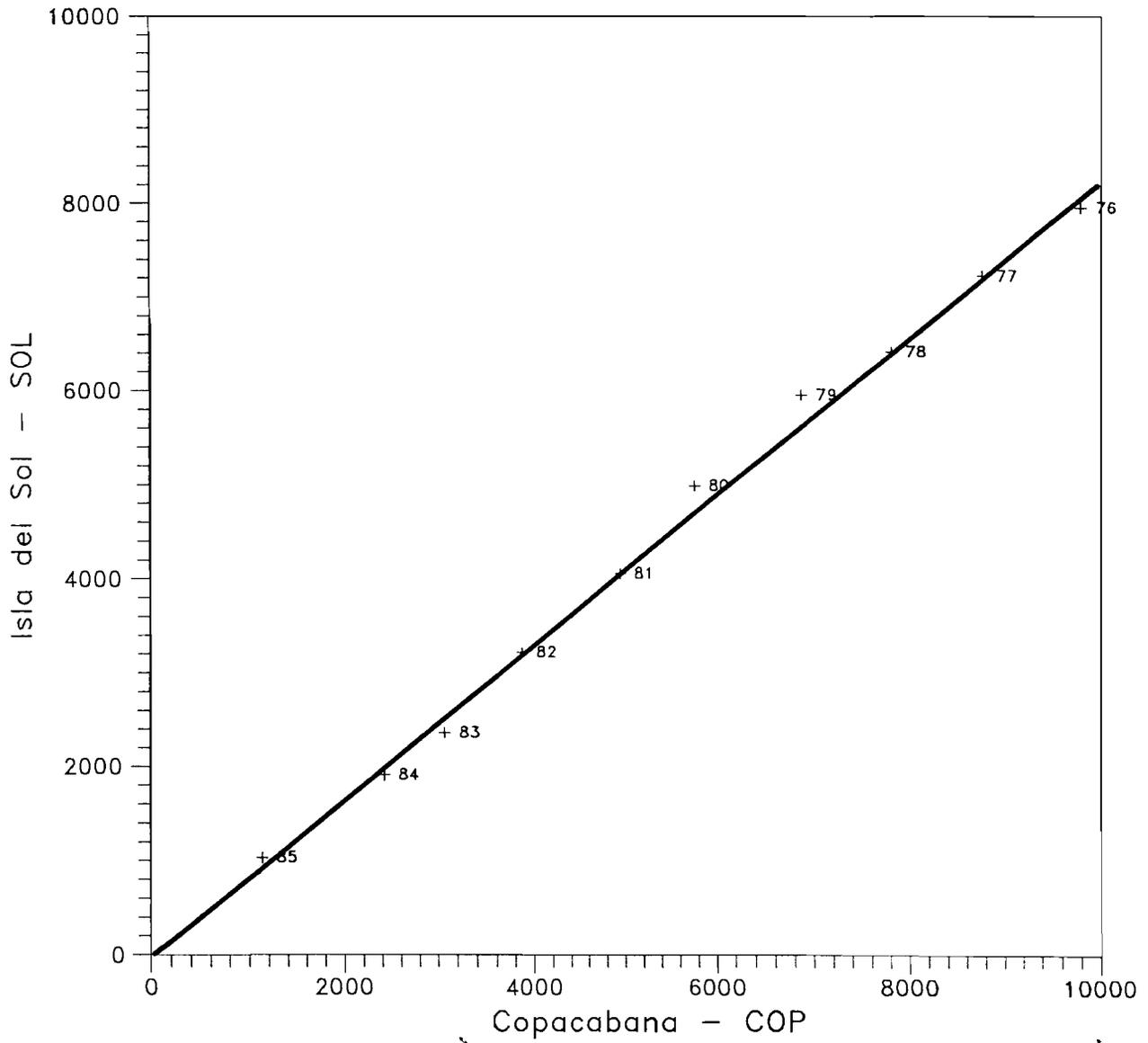
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



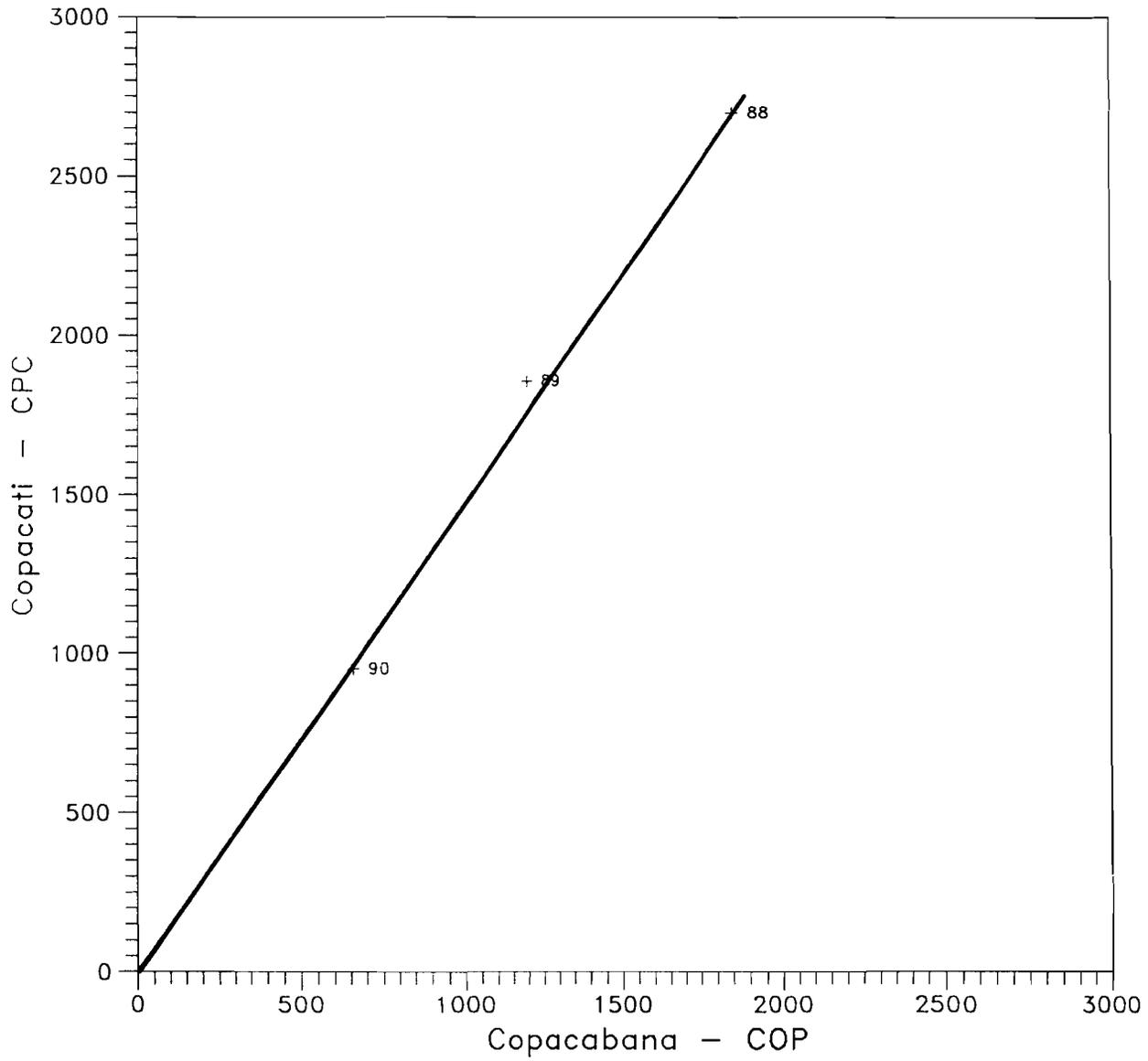
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



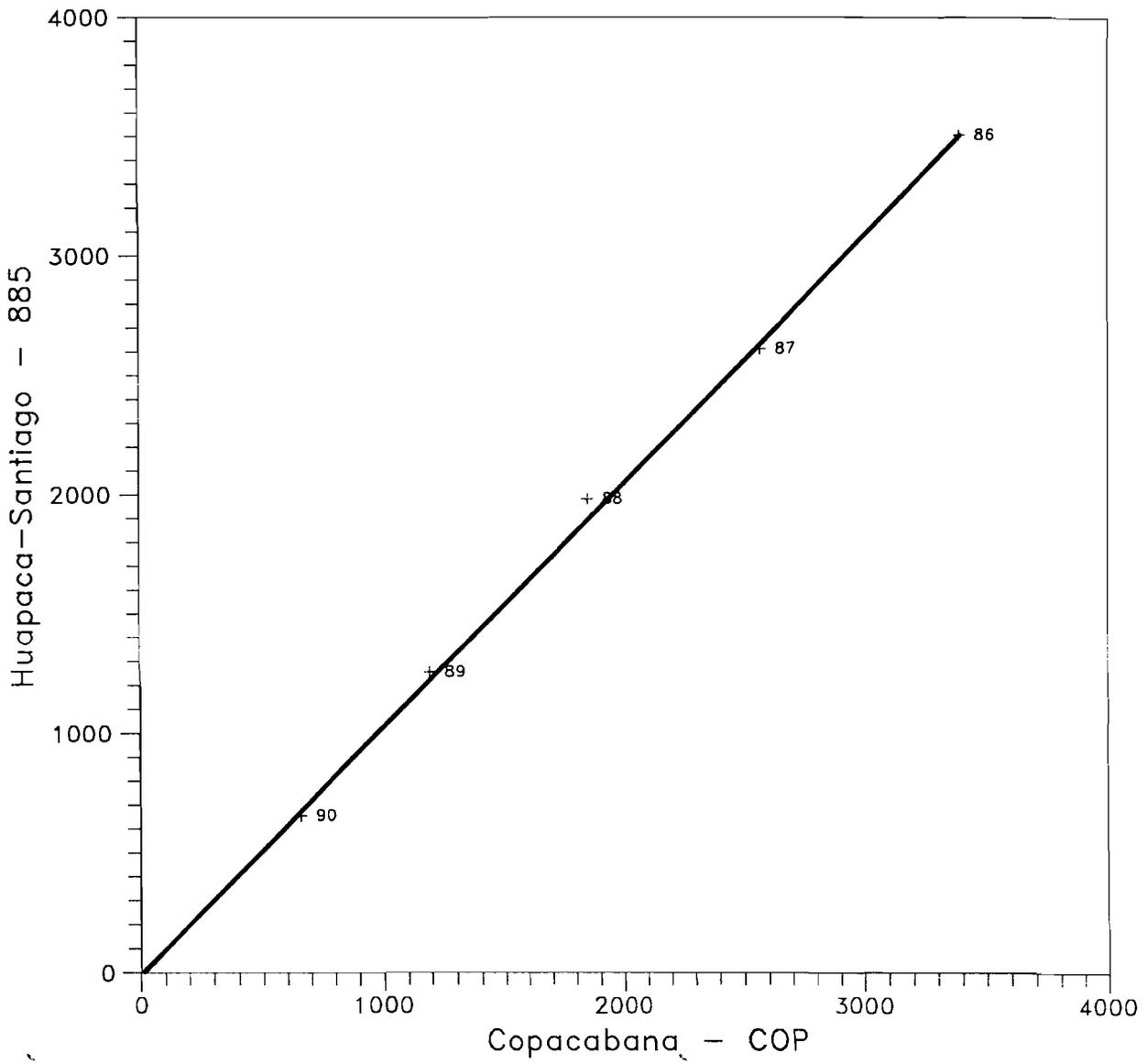
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



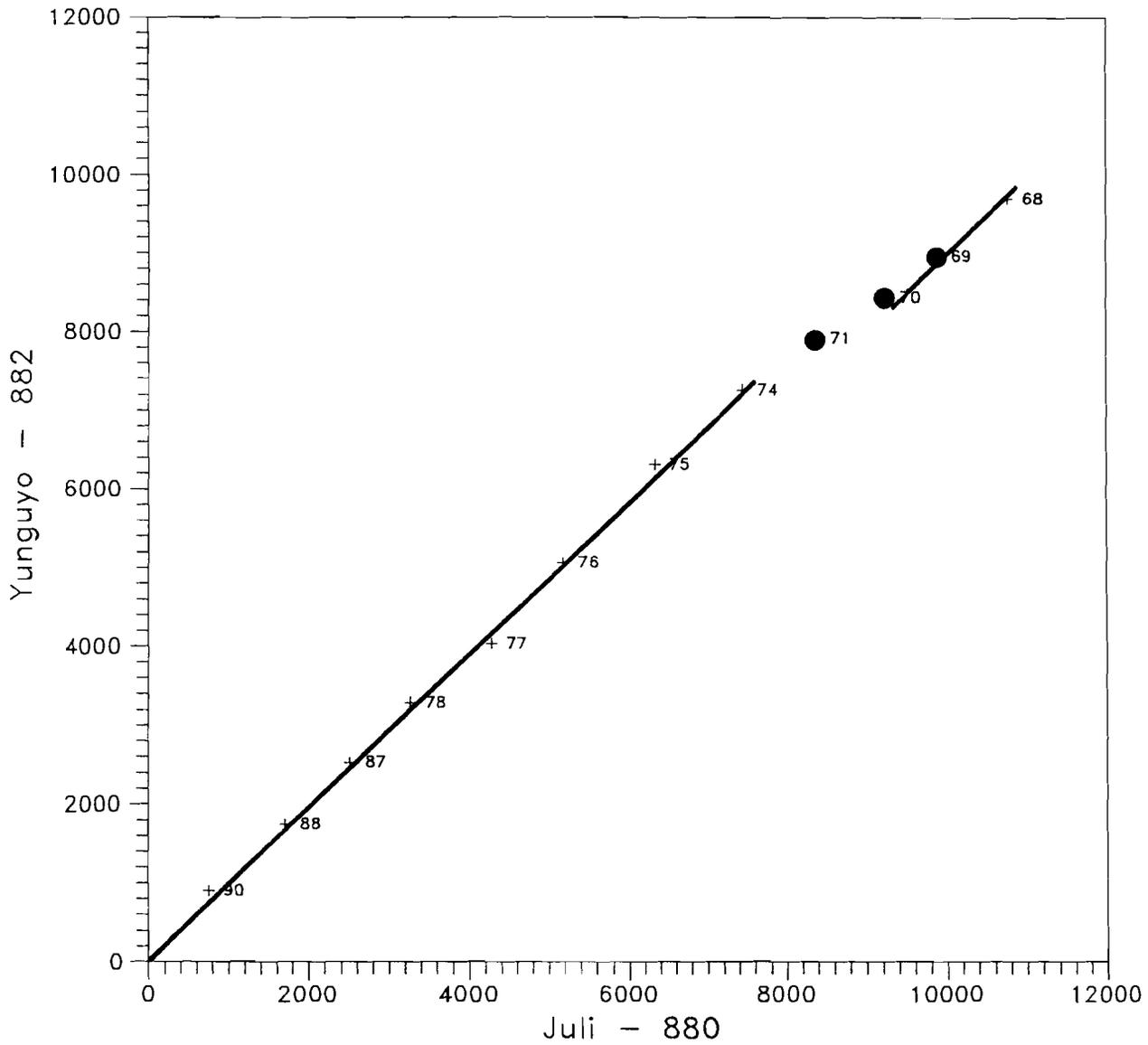
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



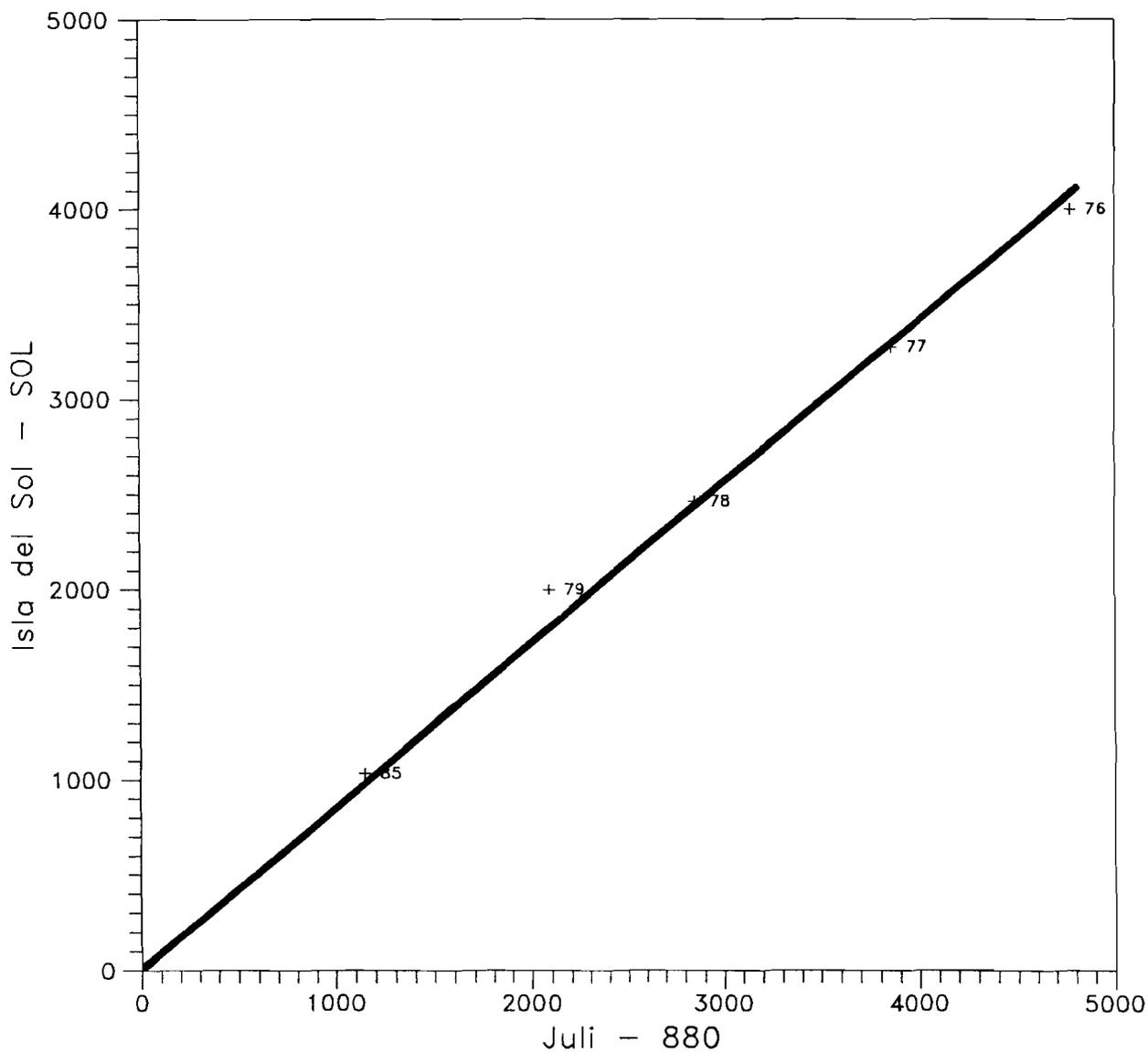
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



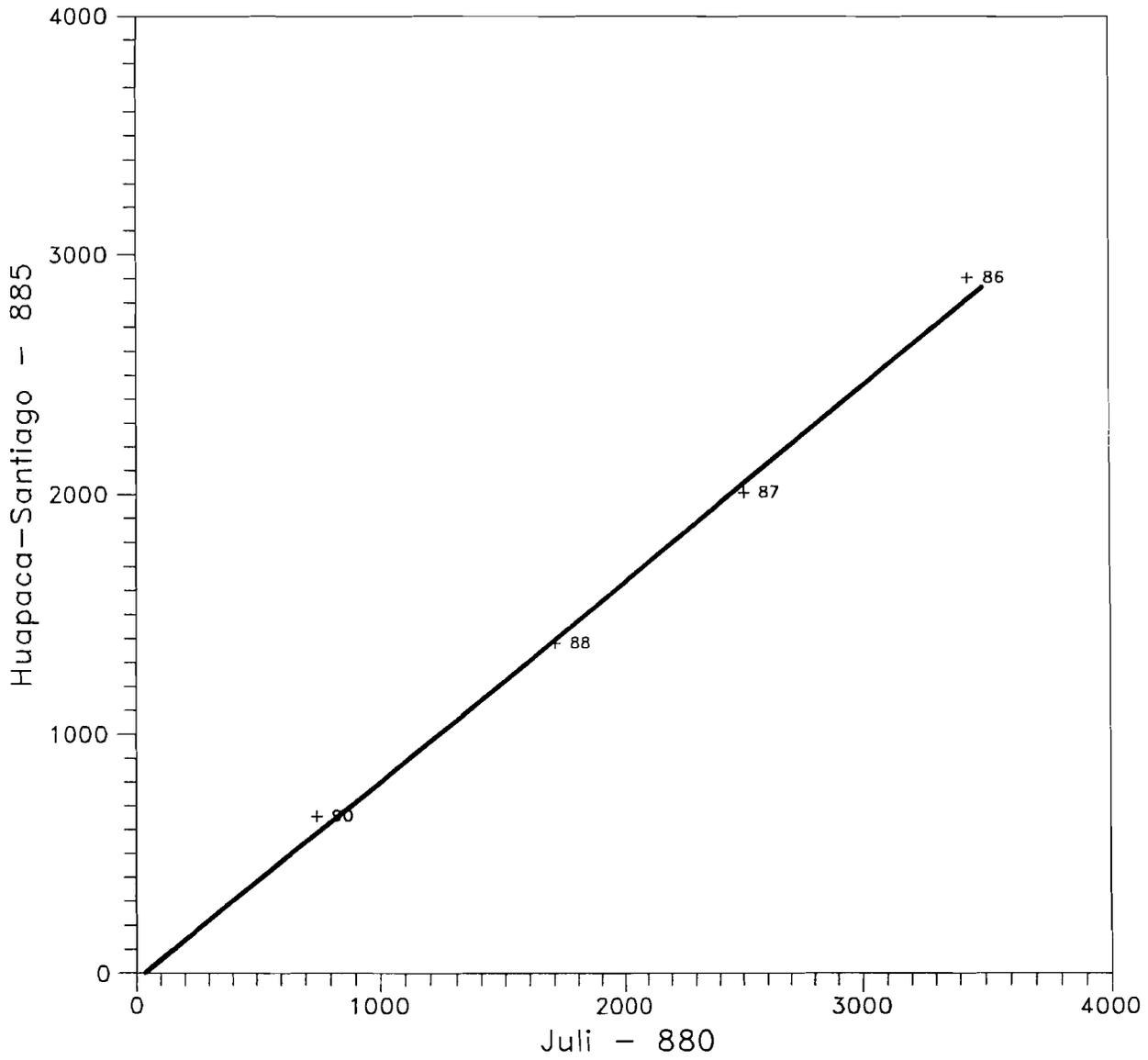
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



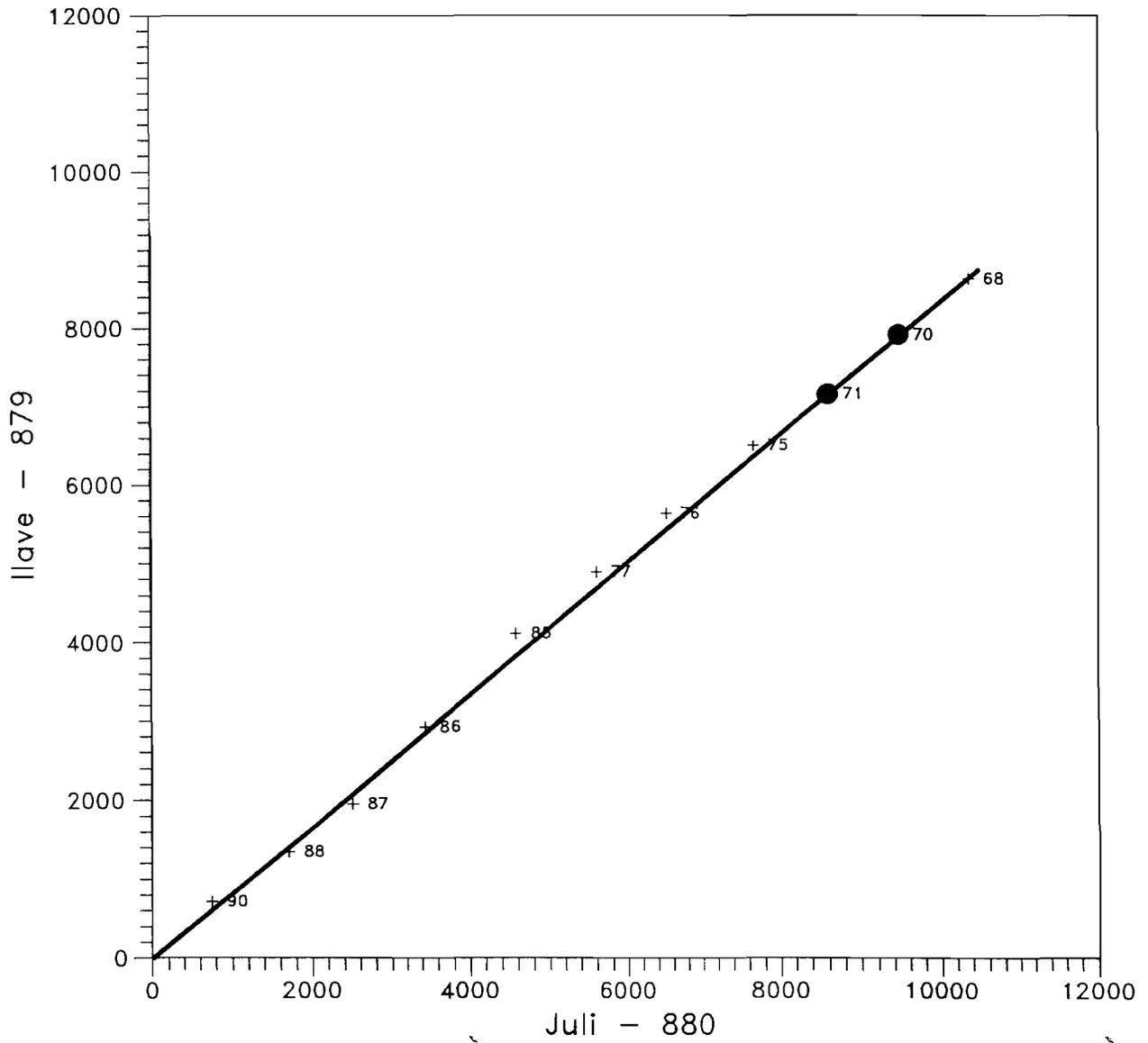
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



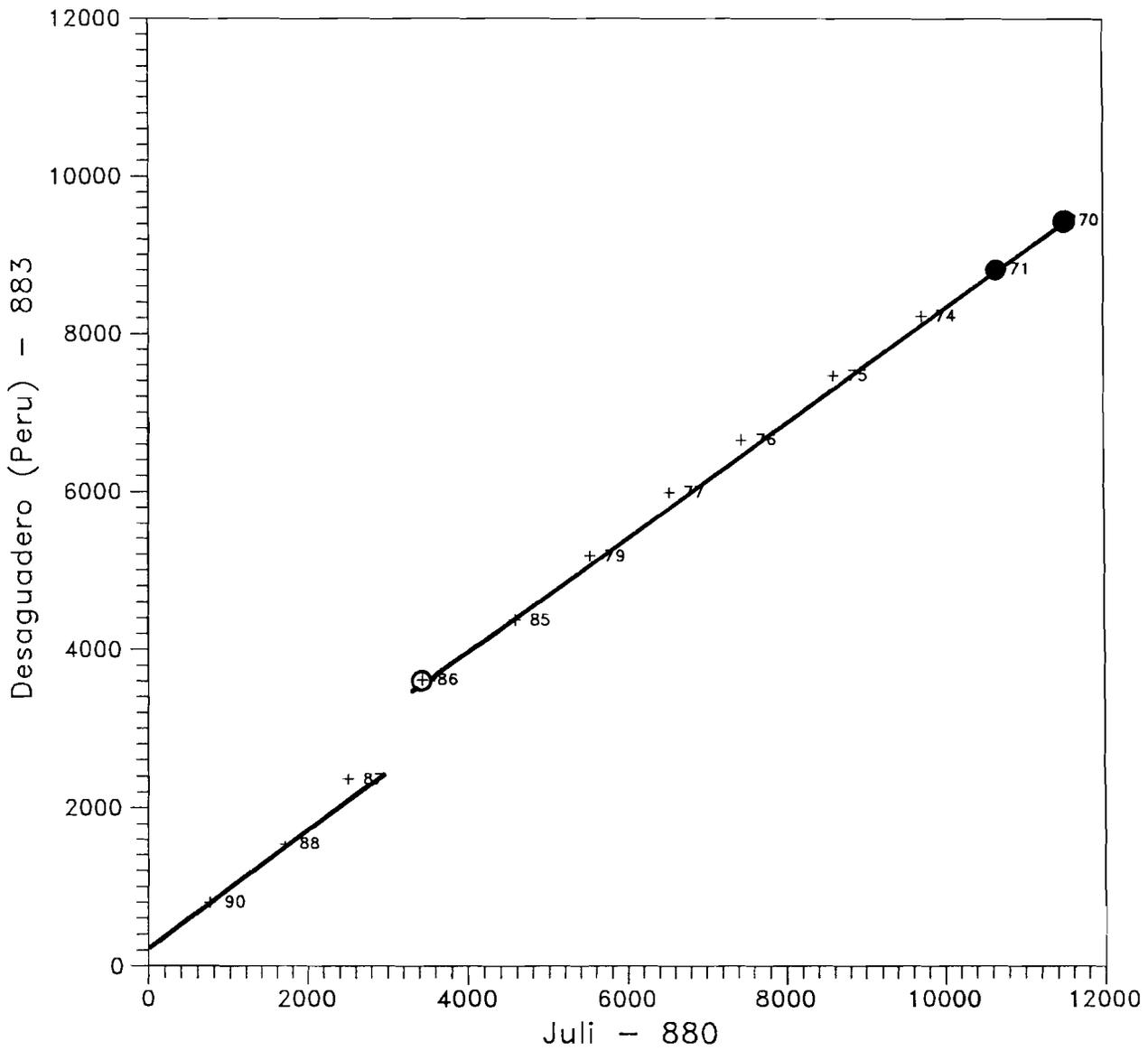
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



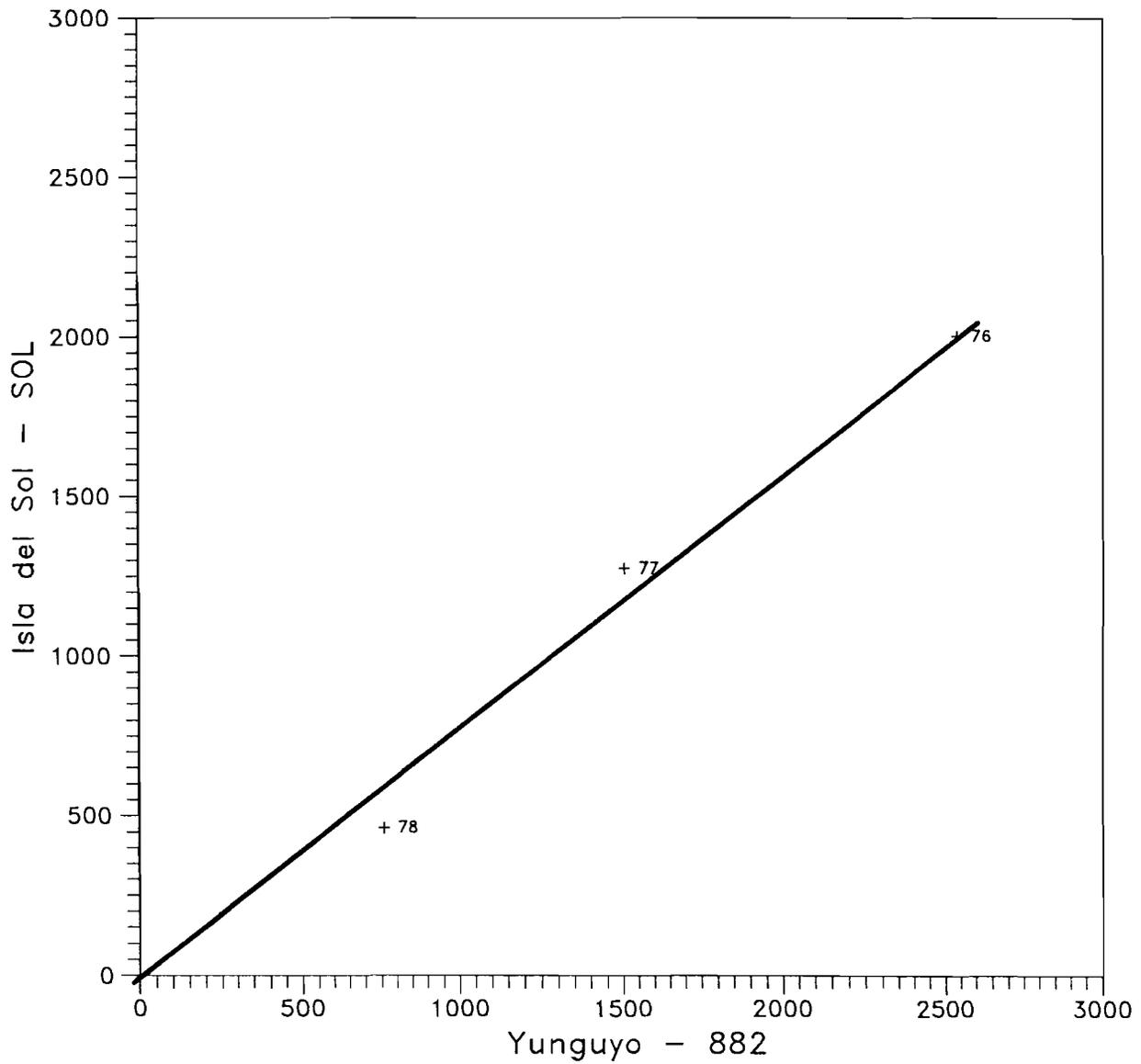
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



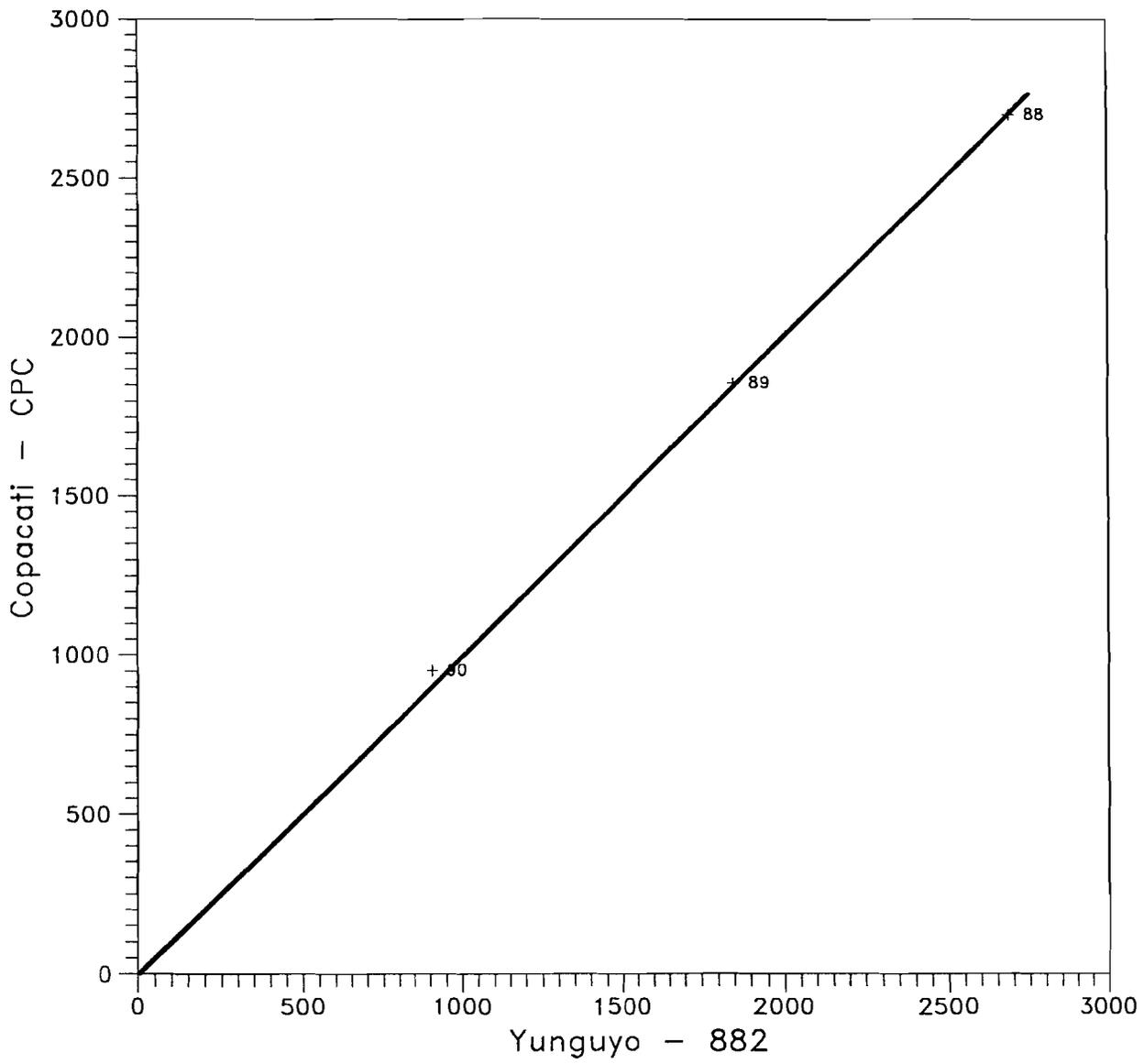
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



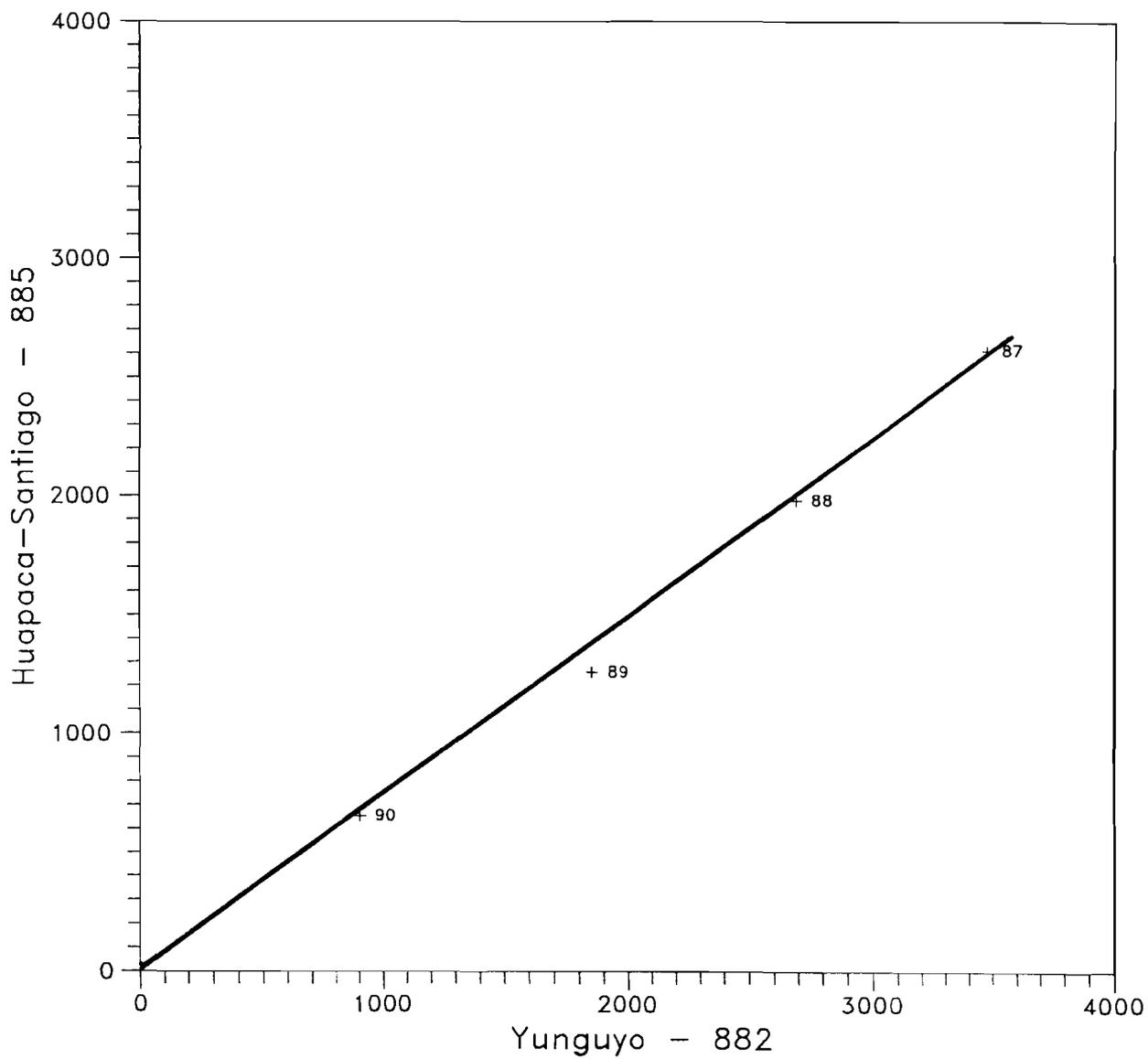
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



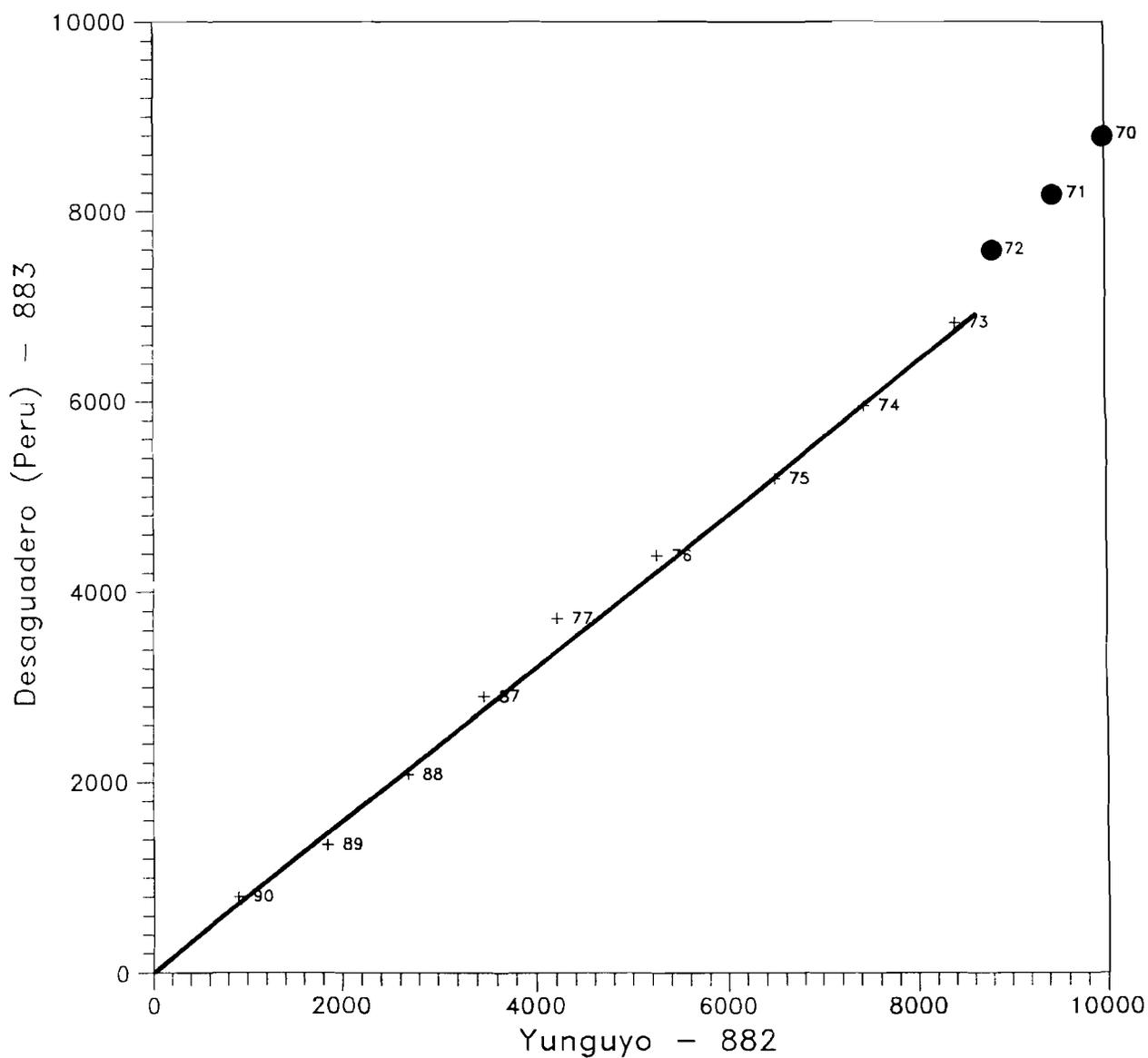
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



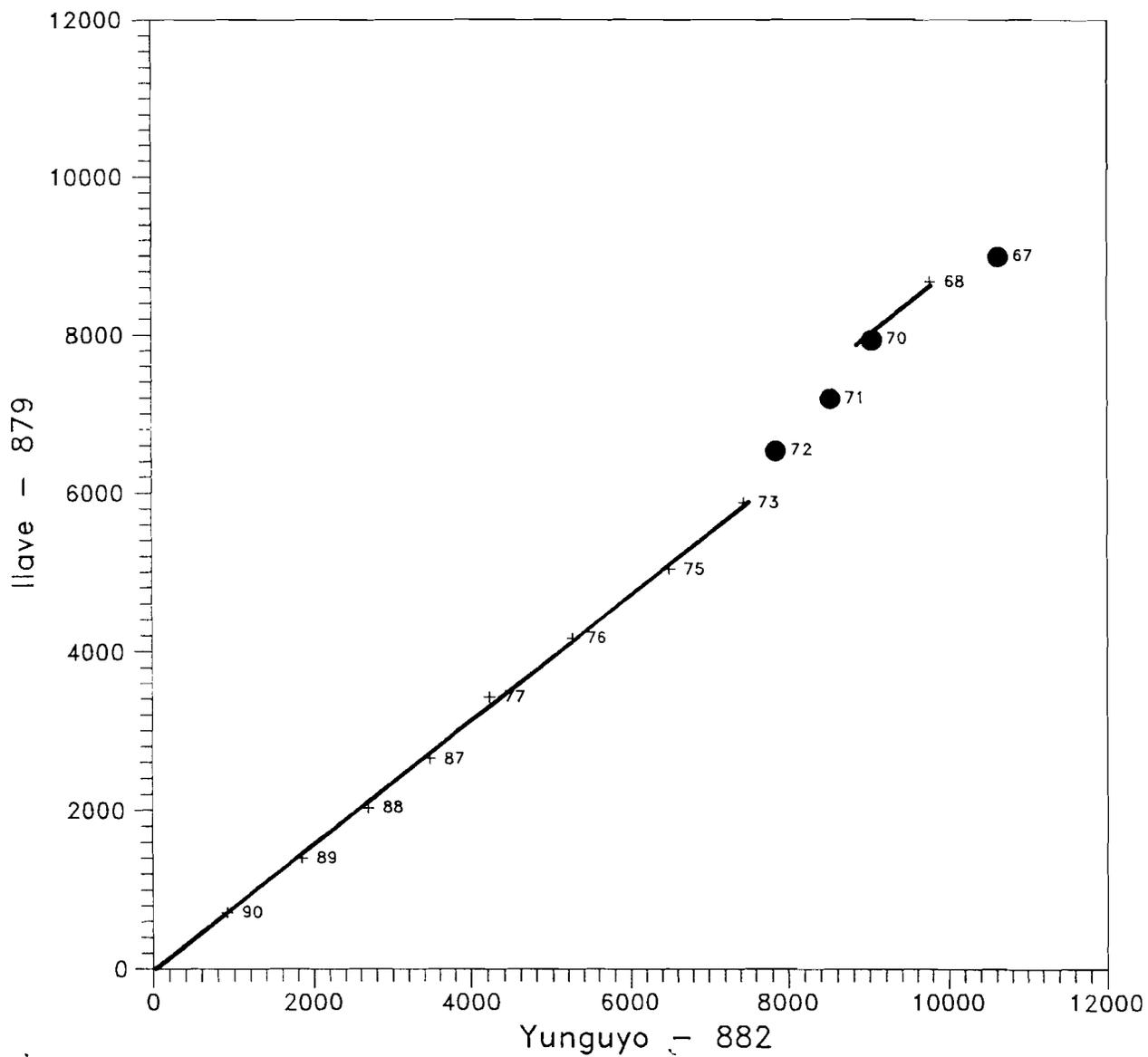
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



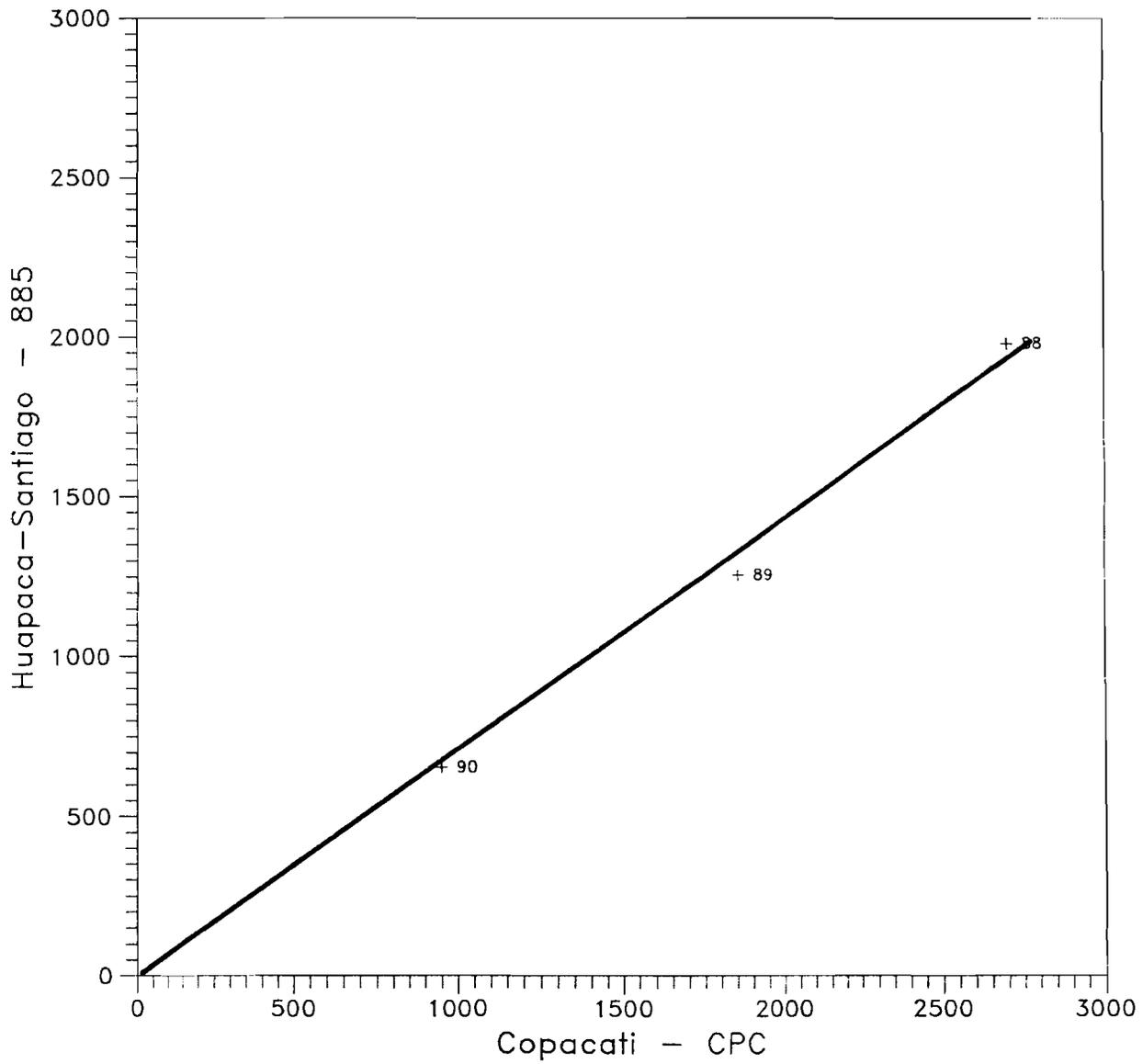
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



GRUPO 13

Compuesto por las siguientes estaciones:

- Puno (708)
- Salcedo (784)
- Isla Los Uros (782)
- Illpa (888)
- Ilave (879)
- Umayo (7412)
- Cabanillas (780)
- Mañazo (7411)
- Rincón de la Cruz (7428)

Geográficamente este grupo cubre una región de relieve bastante suave, que se extiende por la margen occidental del lago Mayor entre las desembocaduras de los ríos Ilave y Coata, y que incluye dentro de sus límites la bahía de Puno y la totalidad de la cuenca del río Illpa. A pesar de que en apariencia debería tratarse de una región con rasgos climáticos relativamente uniformes, esto no siempre es así. Los contrastes muestran comportamientos diferenciales de la precipitación en algunos sectores, que en ocasiones son bastante persistentes generando unas condiciones microclimáticas temporales. El origen de estas anomalías no es claro, aunque deben responder a situaciones hidrometeorológicamente atípicas de las que el nivel del lago no parece ser ajeno. Una de estas situaciones se produjo en la segunda mitad de la década de los 60 y principios de la década de los 70, en que el lago Titicaca presentó niveles muy bajos, reduciendo mucho su superficie y, más concretamente, dejando al descubierto grandes extensiones de la bahía de Puno. De cualquier forma, esta relación entre la superficie del lago Titicaca y la aparición de condiciones microclimáticas locales (que se pone más en evidencia en otros de los grupos analizados) dificulta el diagnóstico de las series y hace más incierta la identificación de errores.

Los comentarios por estaciones son los siguientes:

Puno (708): serie correcta. Como consecuencia de una verificación de sus precipitaciones máximas diarias se detectó un error en la correspondiente a Noviembre de 1984 (16.7 mm) y en la precipitación mensual respectiva (68.8 mm).

Salcedo (784): sus contrastes son un ejemplo de las anomalías regionales introducidas probablemente por los bajos niveles del lago en la segunda mitad de la década de los 60 y primeros años de la década de lo 70. Al hacer la comparación de su serie con la del observatorio de Puno parece identificarse un error sistemático por exceso en los datos anteriores a 1971; este comportamiento se refleja en el mismo sentido con el pluviómetro de Isla Los Uros, pero sólo para los años 68 y 67 (no existen registros más antiguos). Sin embargo, el cruce con Laraqueri evidencia justamente el fenómeno contrario en los años anteriores a 1968, a pesar de que los datos de Laraqueri han sido

previamente validados en el análisis interno a su grupo. Por último, las dobles acumulaciones con Ilave y con otros pluviómetros no reflejan ninguna anomalía significativa imputable a Salcedo durante este período. En consecuencia, se concluye que se trata de un fenómeno natural que modifica temporalmente las relaciones de precipitación entre los distintos pluviómetros de la región. Por otra parte, el contraste con la serie de Copacabana - estación ubicada en el grupo 12 - permite avanzar en el análisis de este tipo de anomalías regionales, ya que mientras que la alineación entre ambos pluviómetros es correcta para este período, la tendencia cambia de pendiente de forma notable en los últimos años de la serie (segunda mitad de los 80), en la que los niveles del lago fueron excepcionalmente elevados. El régimen de precipitaciones en el observatorio de Salcedo (cuya ubicación es en cierto sentido singular) ilustra pues una característica peculiar del entorno del lago Titicaca, en el que ciertos pluviómetros presentan una mayor afinidad por uno u otro grupo dependiendo de las condiciones hidrometeorológicas imperantes.

Isla Los Uros (782): en conjunto su serie es correcta. Sólo los años 1981 y 1982 presentan un déficit de precipitación respecto a los pluviómetros de su entorno que ha sido imputado a datos erróneos en Noviembre y Diciembre de 1981 y Enero, Abril y Noviembre de 1982.

Illpa (888): serie correcta.

Ilave (879): las únicas anomalías identificadas - ambas por defecto - corresponden a los años 1967 y 1984. Aunque la segunda podría ser debida a un fenómeno natural, se han eliminado de la serie el período Enero-Marzo de 1967 y los meses de noviembre y diciembre de 1984.

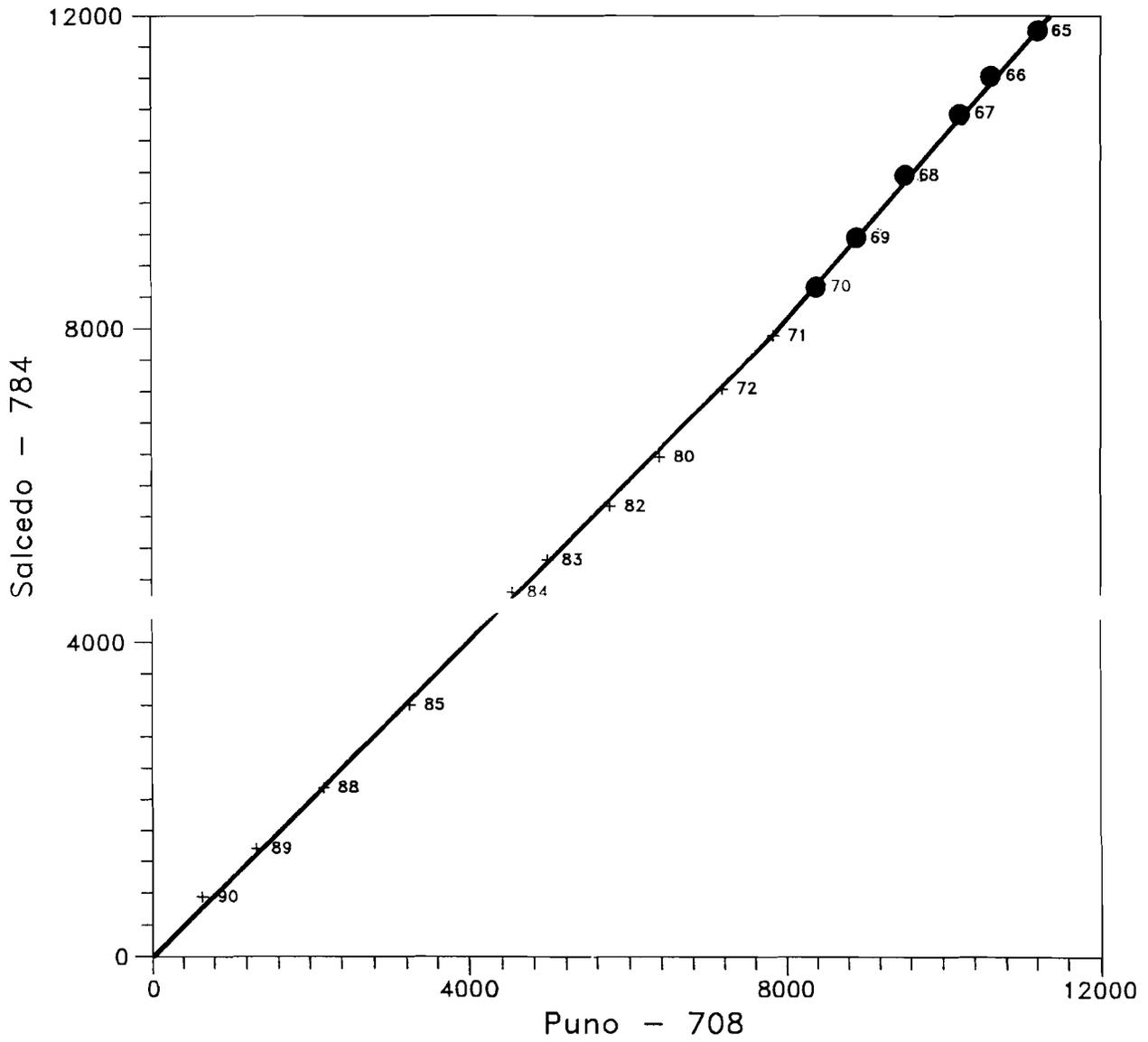
Umayo (7412): con la mayor parte de los pluviómetros de su grupo muestra un déficit de precipitación durante los años 1971, 72 y 73 que puede alcanzar un 30% en relación a la tendencia general. Sin embargo, este cambio de pendiente es de distinta magnitud dependiendo de con qué pluviómetro se lleve a cabo la doble acumulación, y desaparece al cruzar Umayo con Isla Taquile. Considerando que este fenómeno se produce, al igual que en el caso de Salcedo, coincidiendo con el período de niveles bajos en el lago Titicaca, se ha decidido finalmente que se trata de una alteración temporal de la relaciones entre pluviómetros cuyo origen sería natural, por lo que se han respetado los datos originales de la serie de Umayo.

Cabanillas (780): el contraste con las otras estaciones suministra en general buenos resultados, con la excepción de ciertas anomalías por defecto en algunos años del período 1981-84 y en el año 1968. La magnitud de las desviaciones varía notablemente en los diversos cruces. Una vez realizadas las correspondientes verificaciones a nivel mensual, se han suprimido por su carácter dudoso los valores de Octubre y Diciembre de 1968, Diciembre de 1981, Enero, Febrero, Marzo y Noviembre de 1982 y Octubre y Noviembre de 1984.

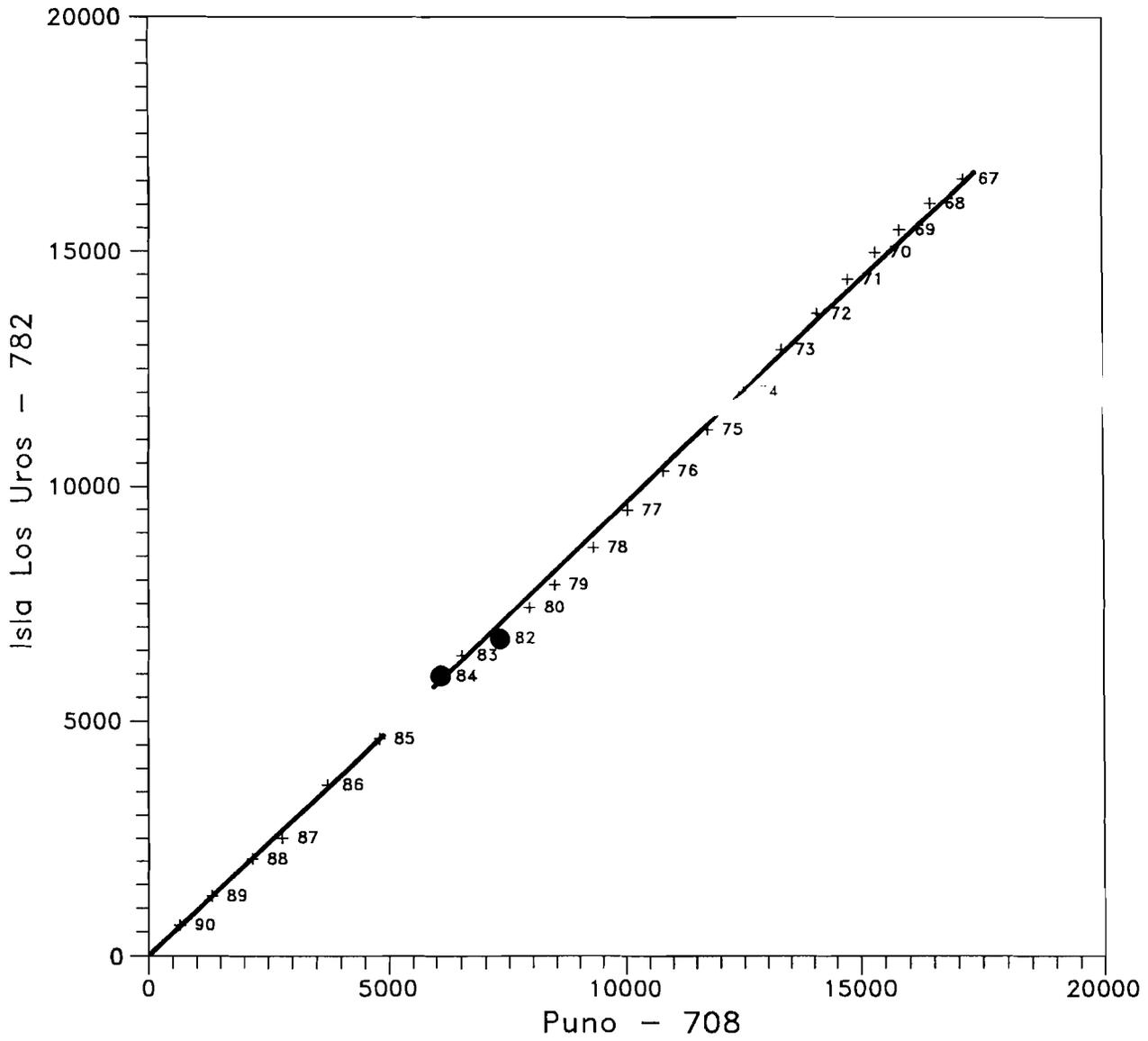
Mañazo (7411): al igual que en otras estaciones de este grupo se ponen de manifiesto datos anómalos en la segunda mitad de la década de los 60. Los diferentes contrastes, entre los que se ha incluido el cruce con Isla Taquile, muestran la coexistencia de algunos datos erróneos con una anomalía real. Finalmente se han suprimido de la serie los datos de Febrero, Marzo y Diciembre de 1963, Febrero de 1965, Enero y Diciembre de 1967 y Noviembre de 1980.

Rincón de la Cruz (7428): sólo el año 1985 se aparta de la tendencia general en los diferentes contrastes efectuados, resultando especialmente húmedo. La comparación a nivel mensual confirma que se trata aparentemente de un fenómeno natural que tuvo su máximo reflejo en el observatorio próximo de Isla Taquile, en el que se registraron en dicho año 3.600 mm de precipitación frente a 1440 mm en Rincón de la Cruz.

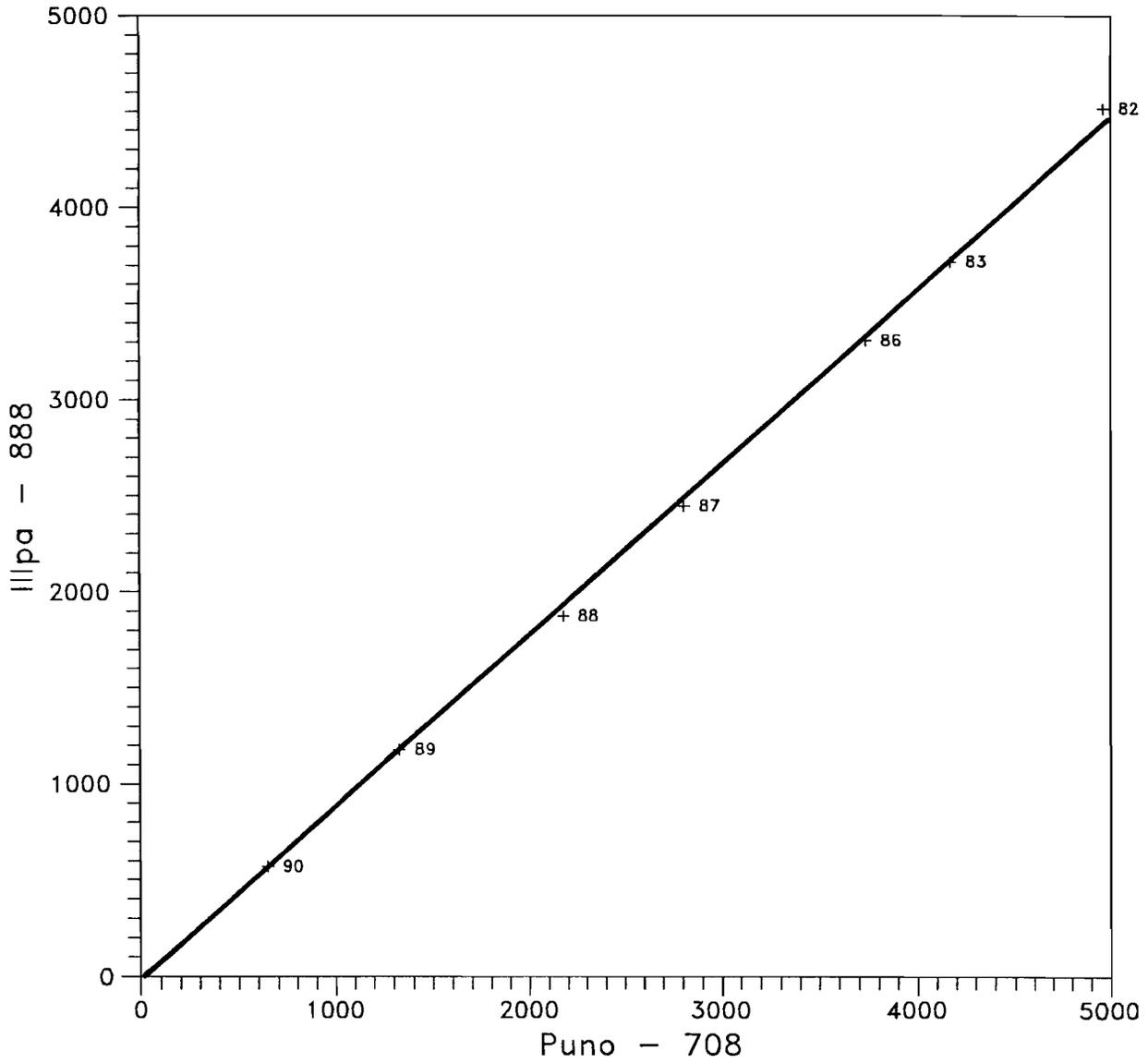
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



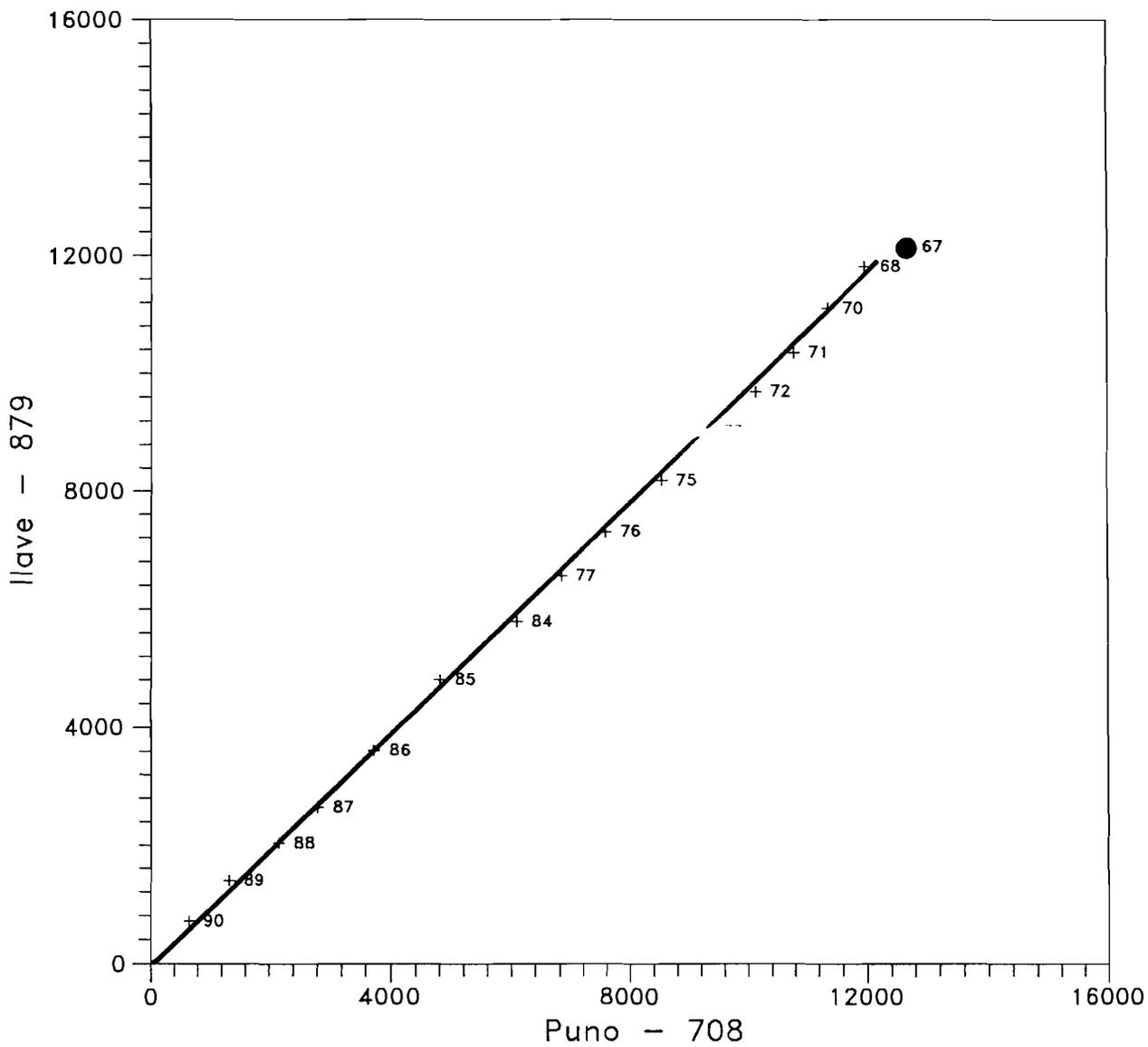
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



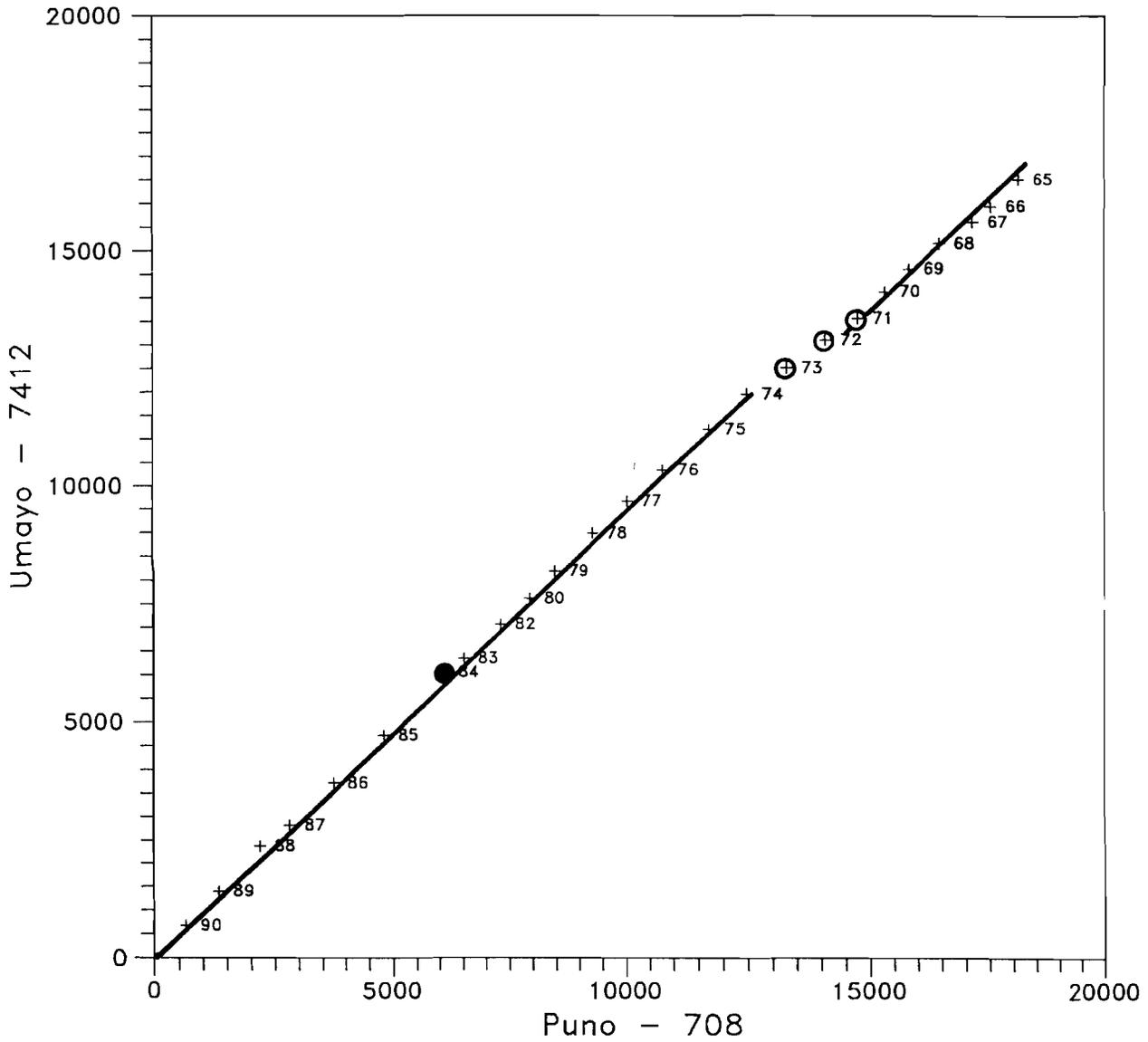
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



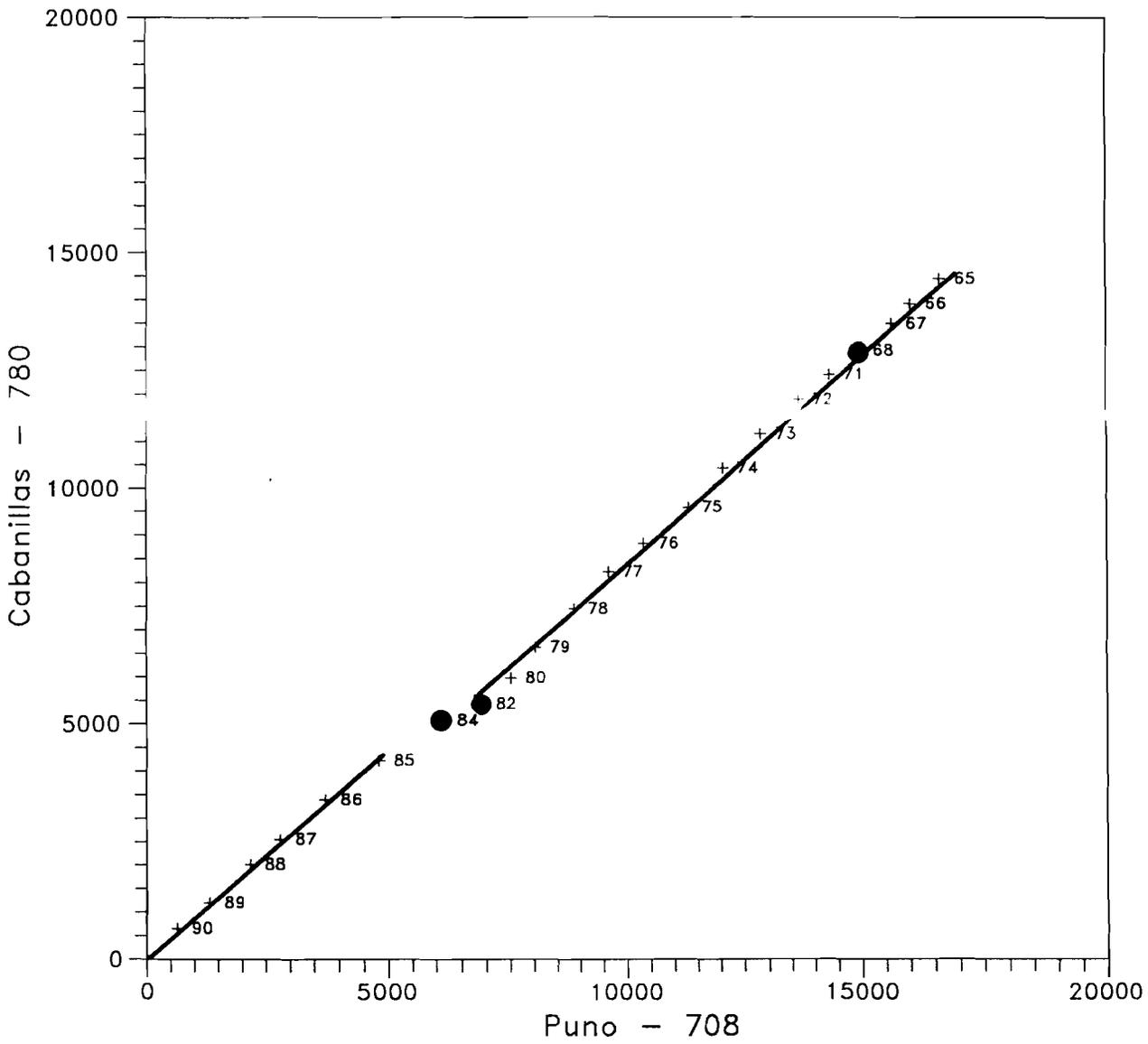
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



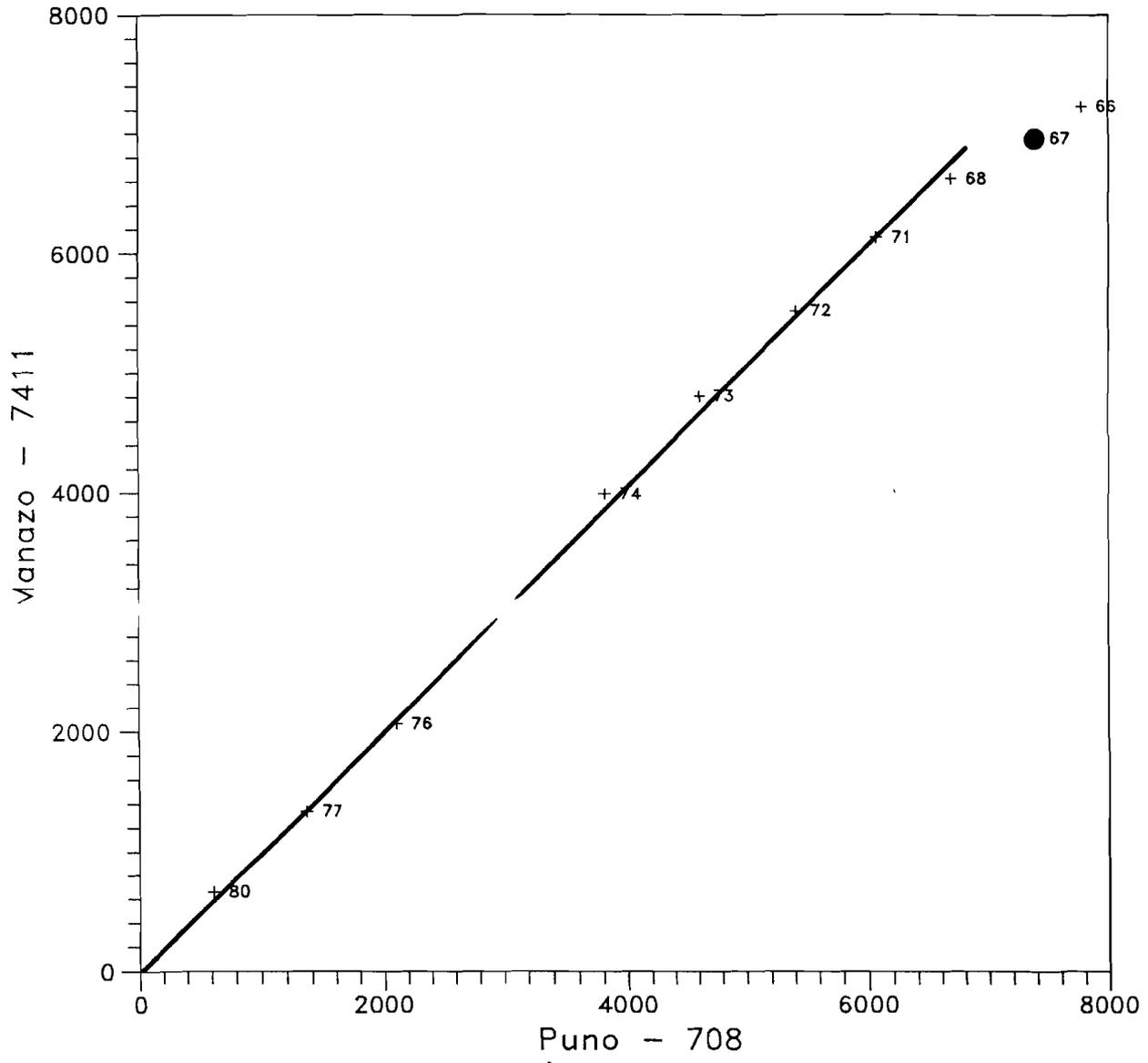
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES

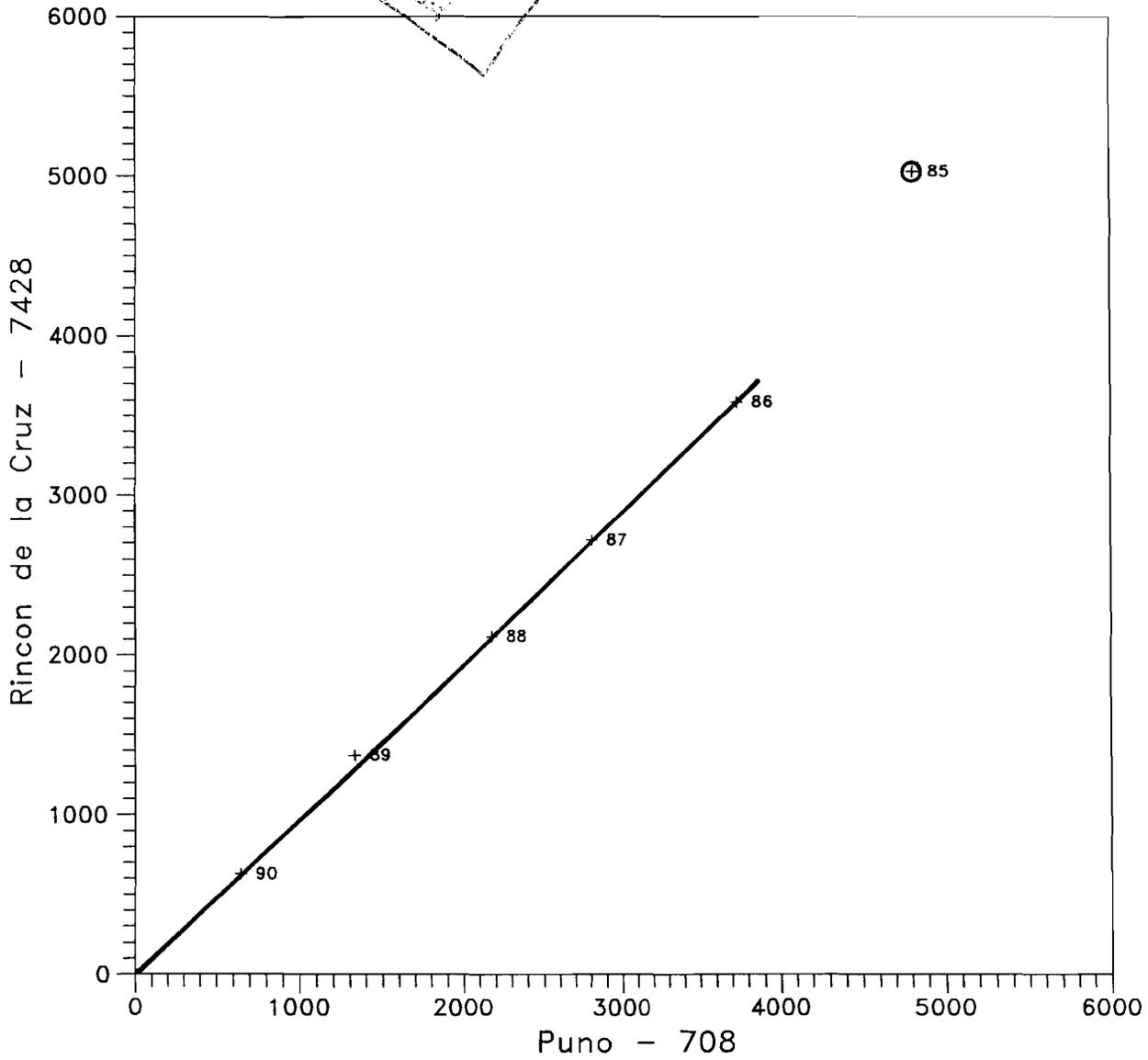


PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES

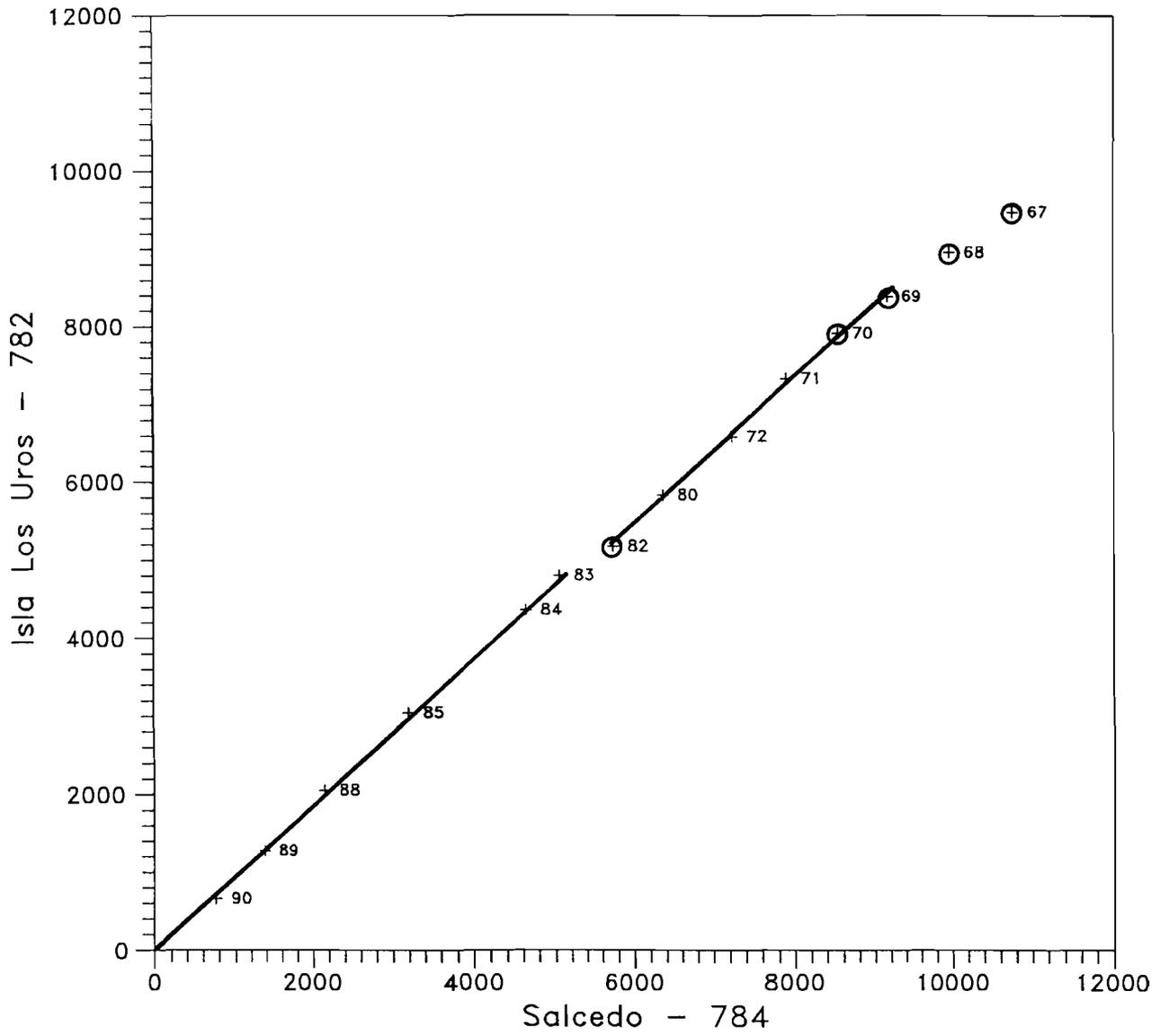




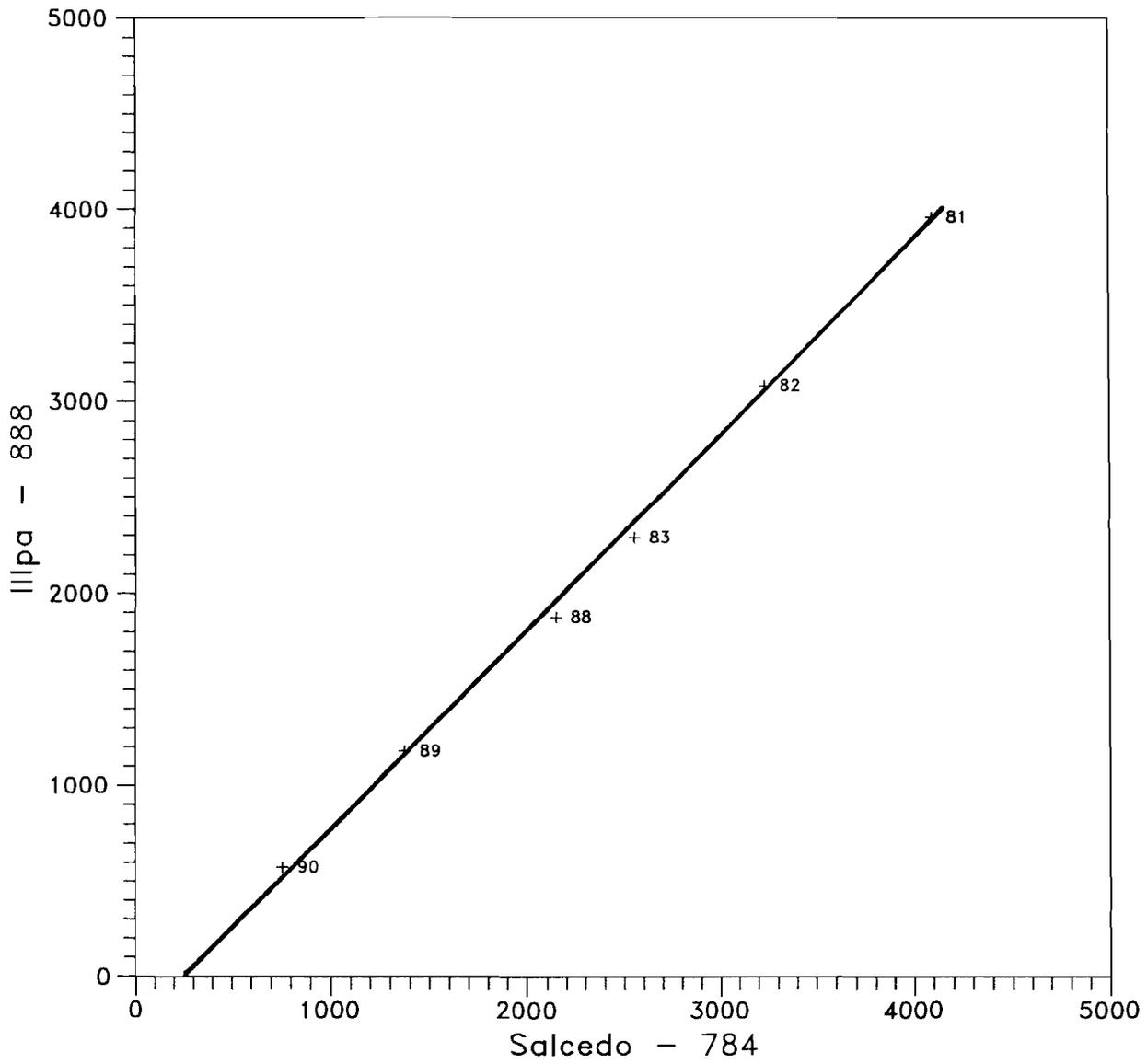
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



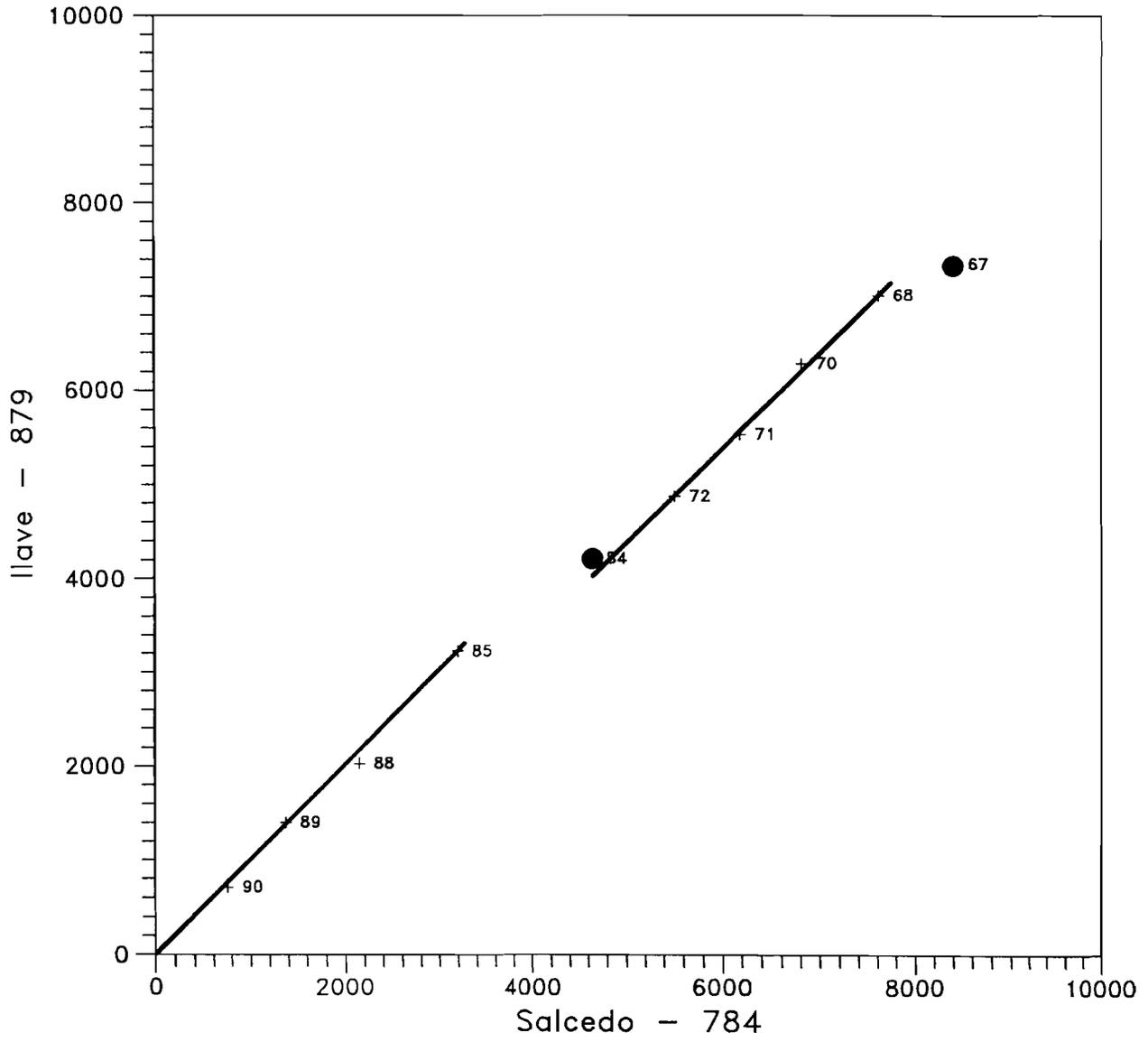
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



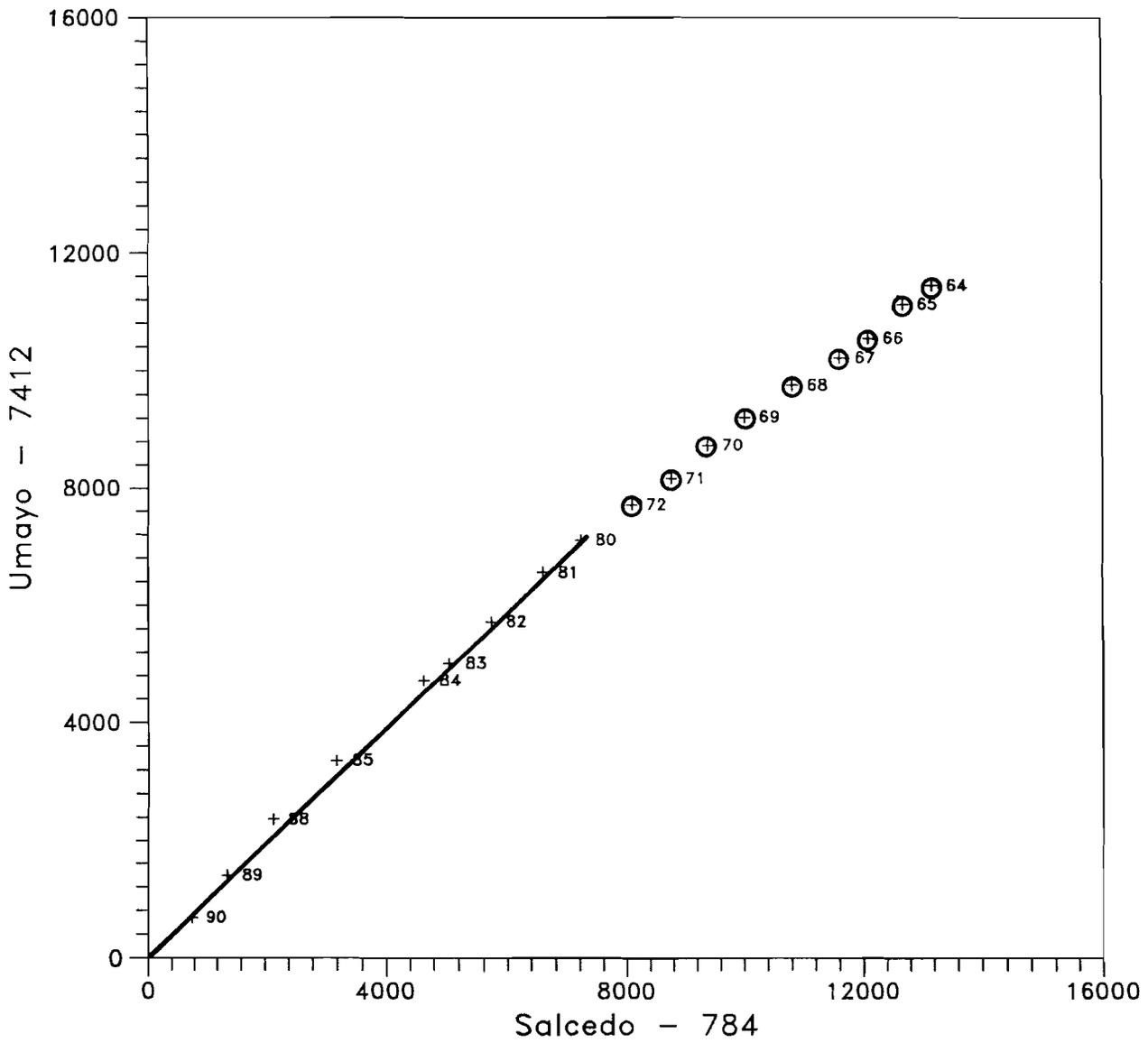
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



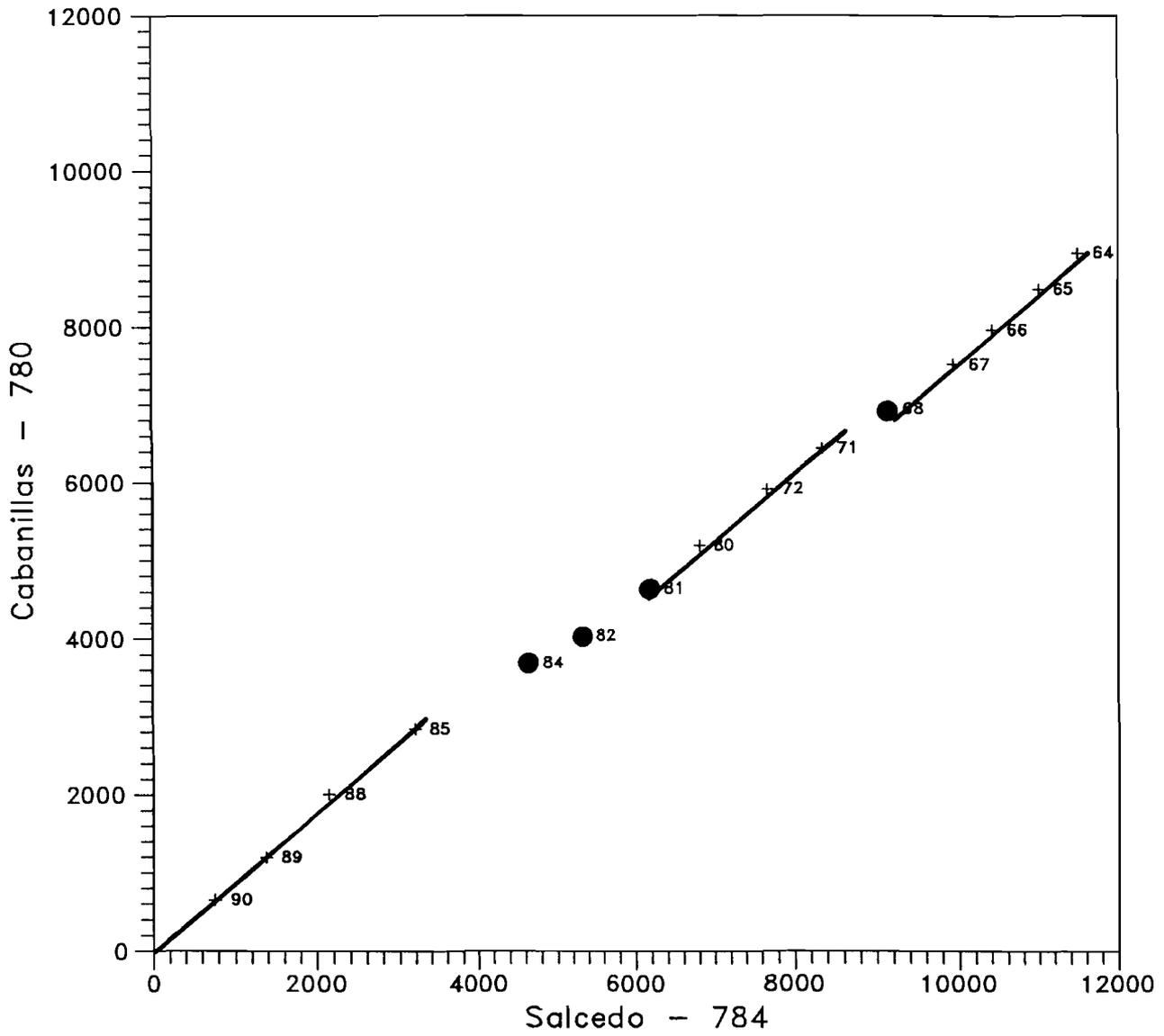
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



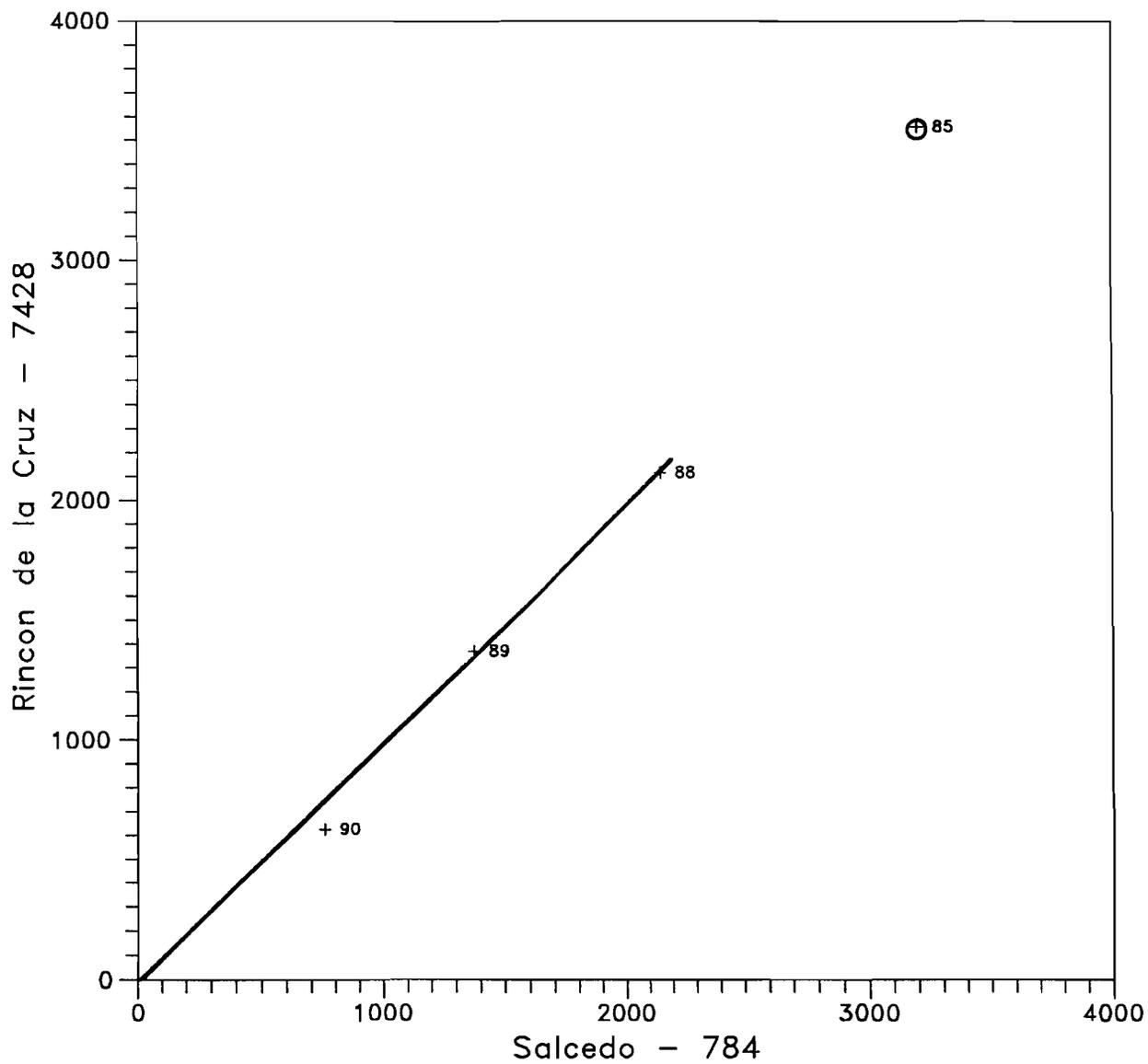
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



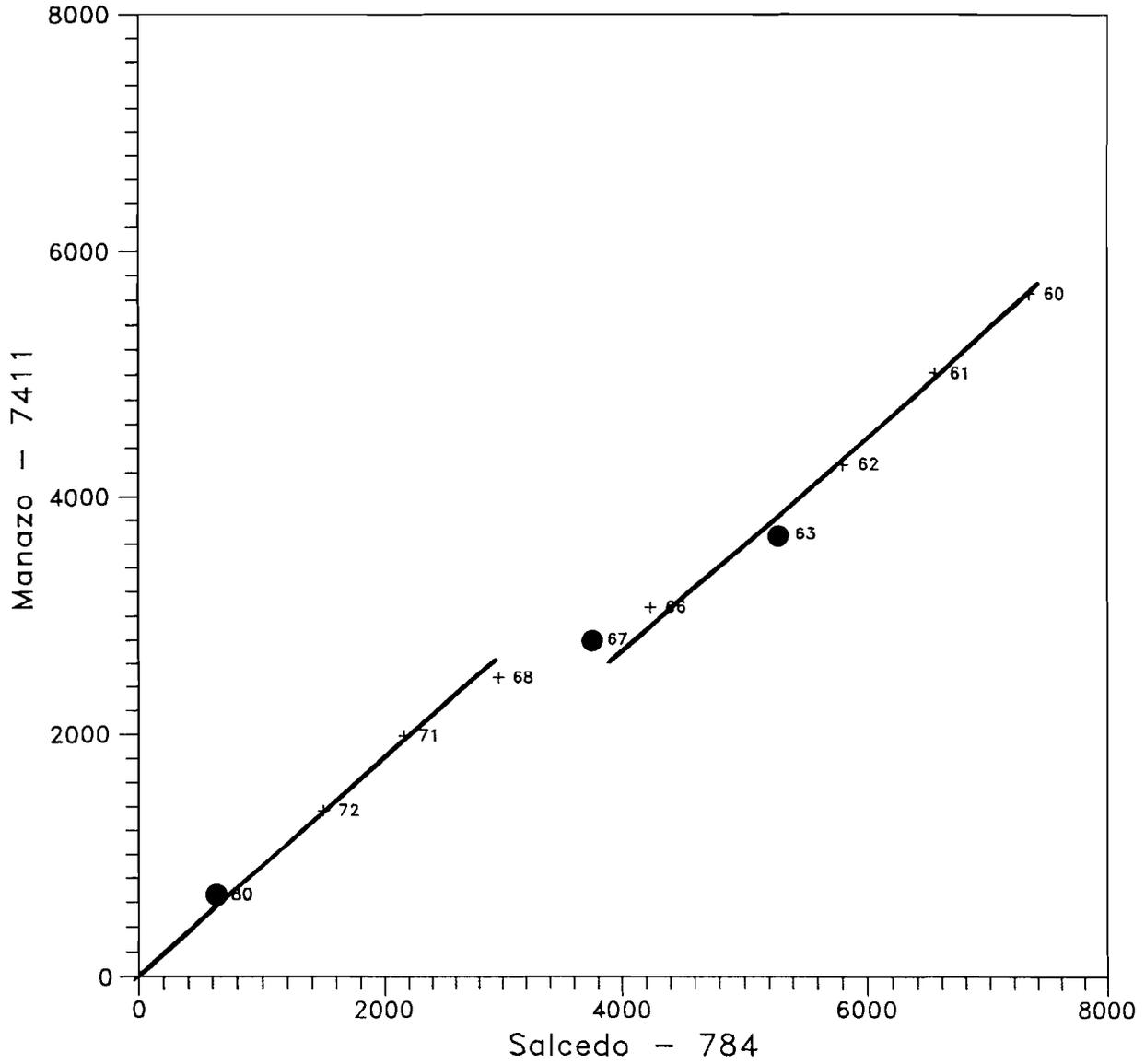
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



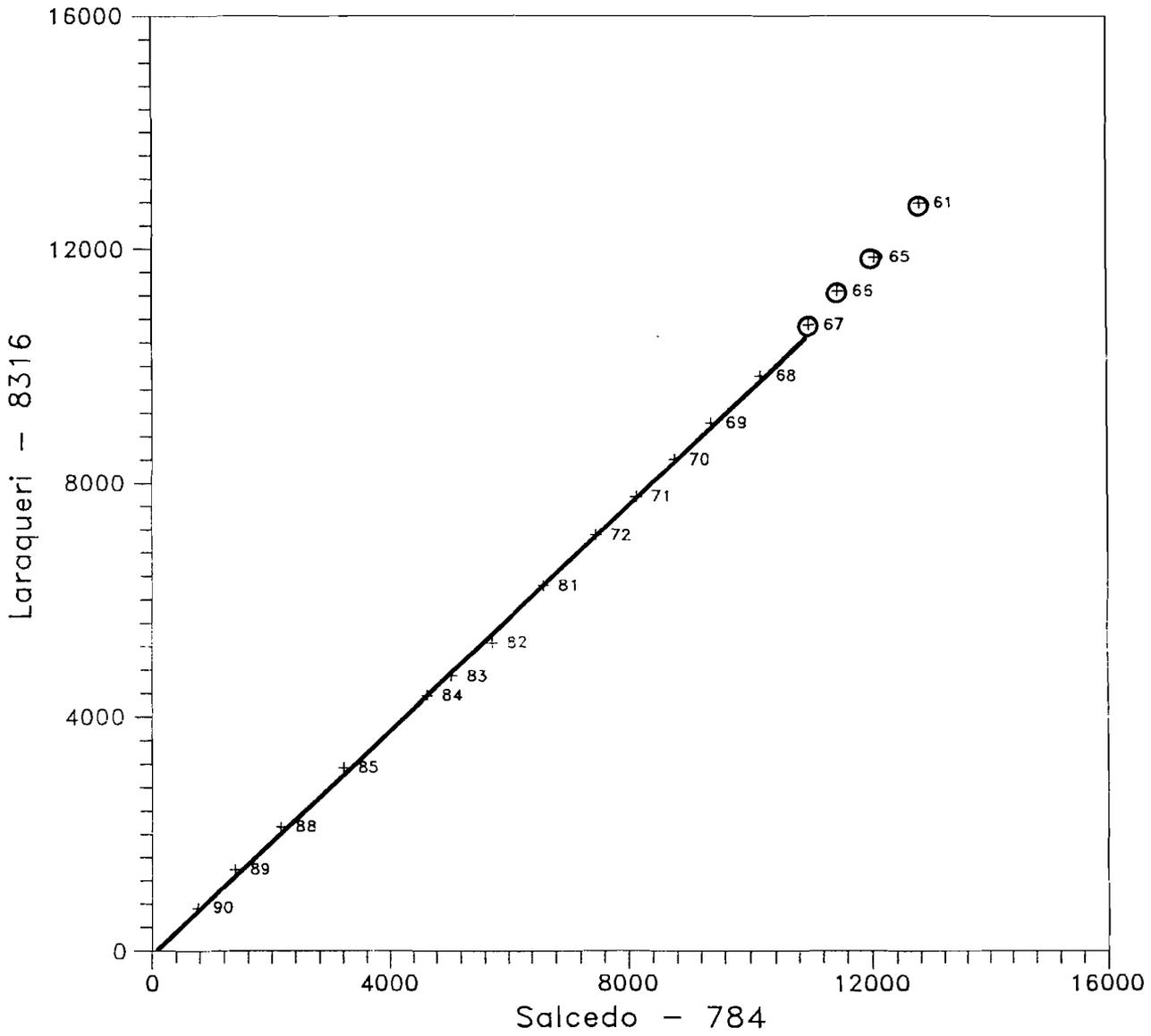
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



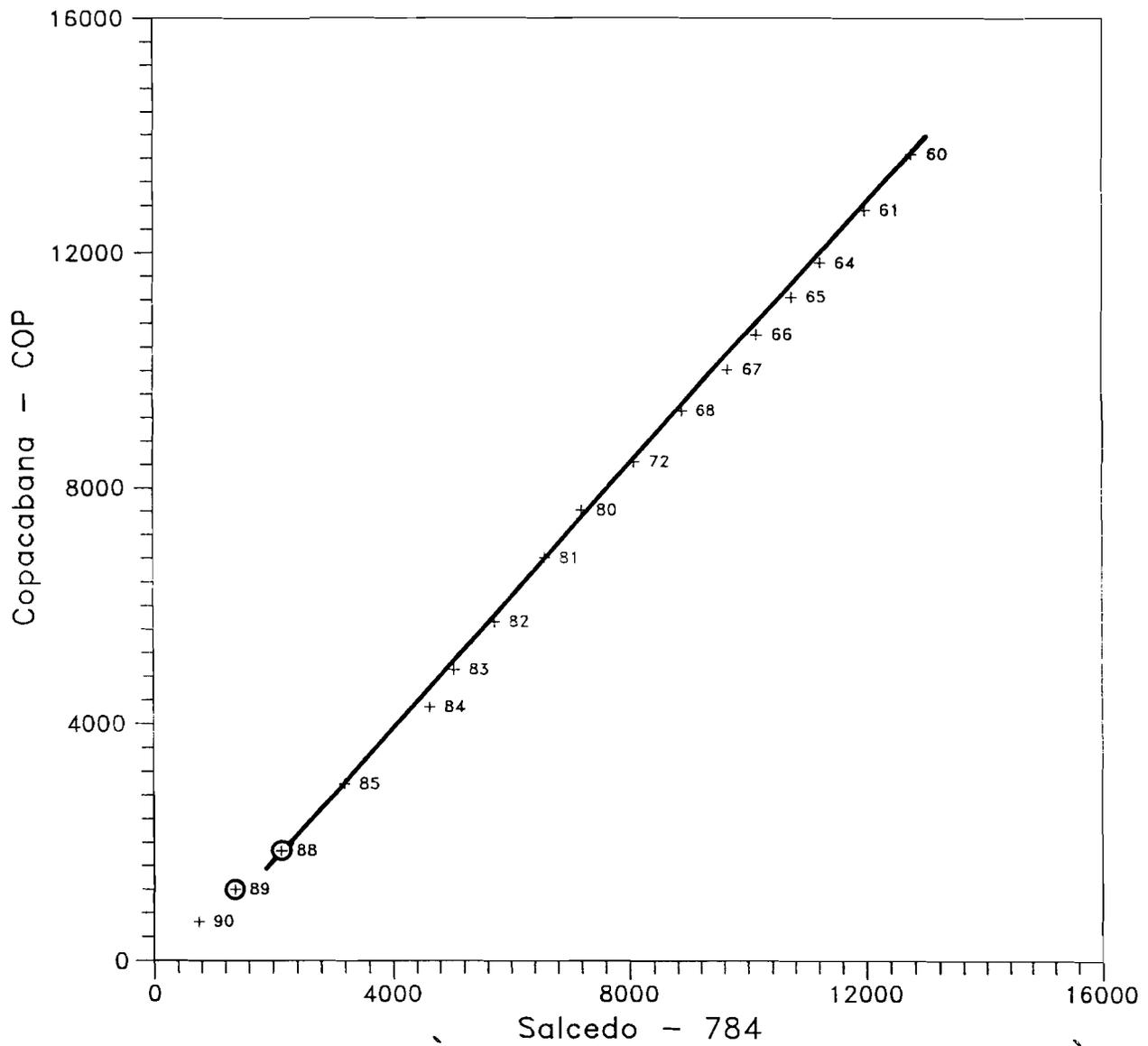
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



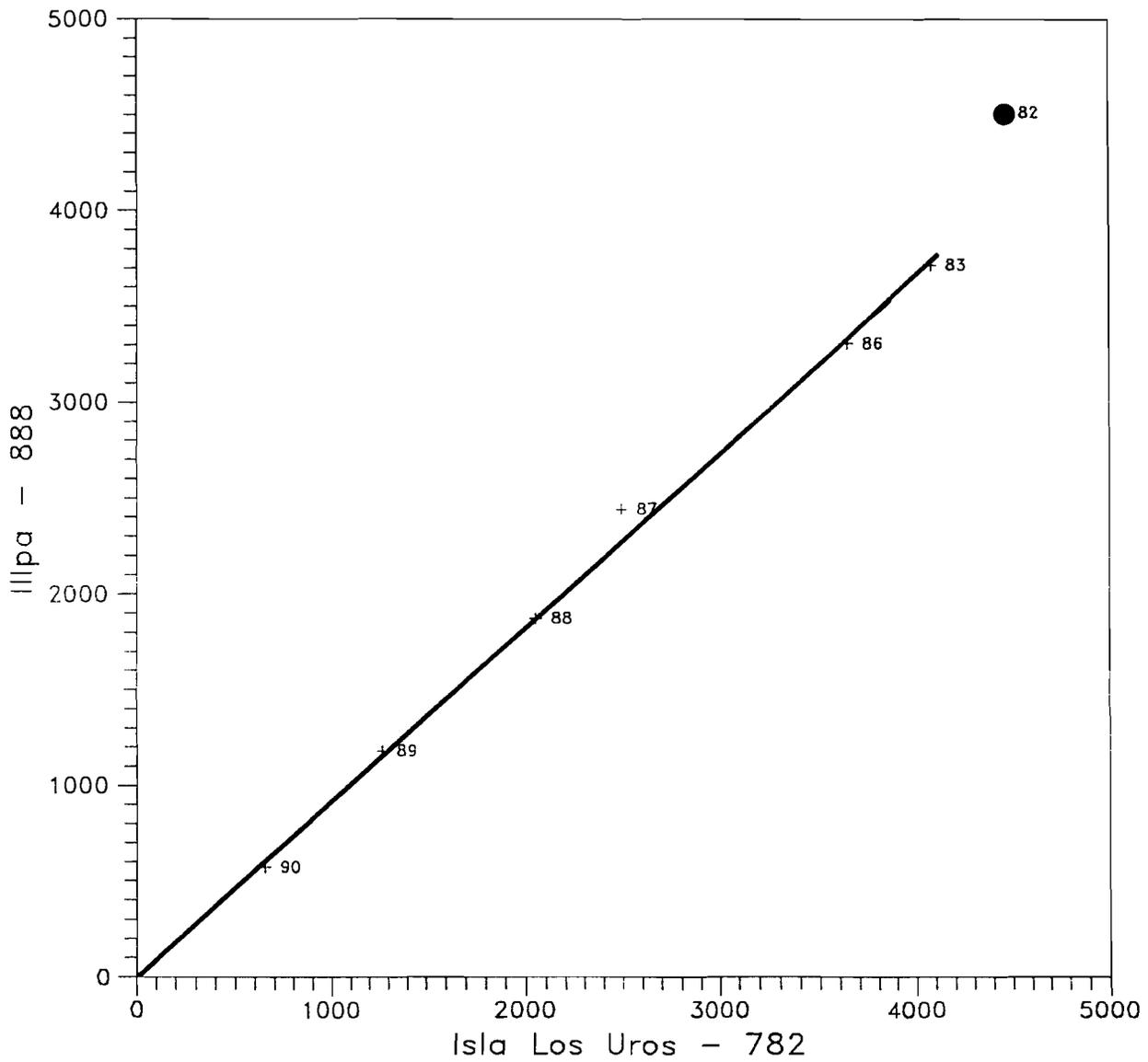
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



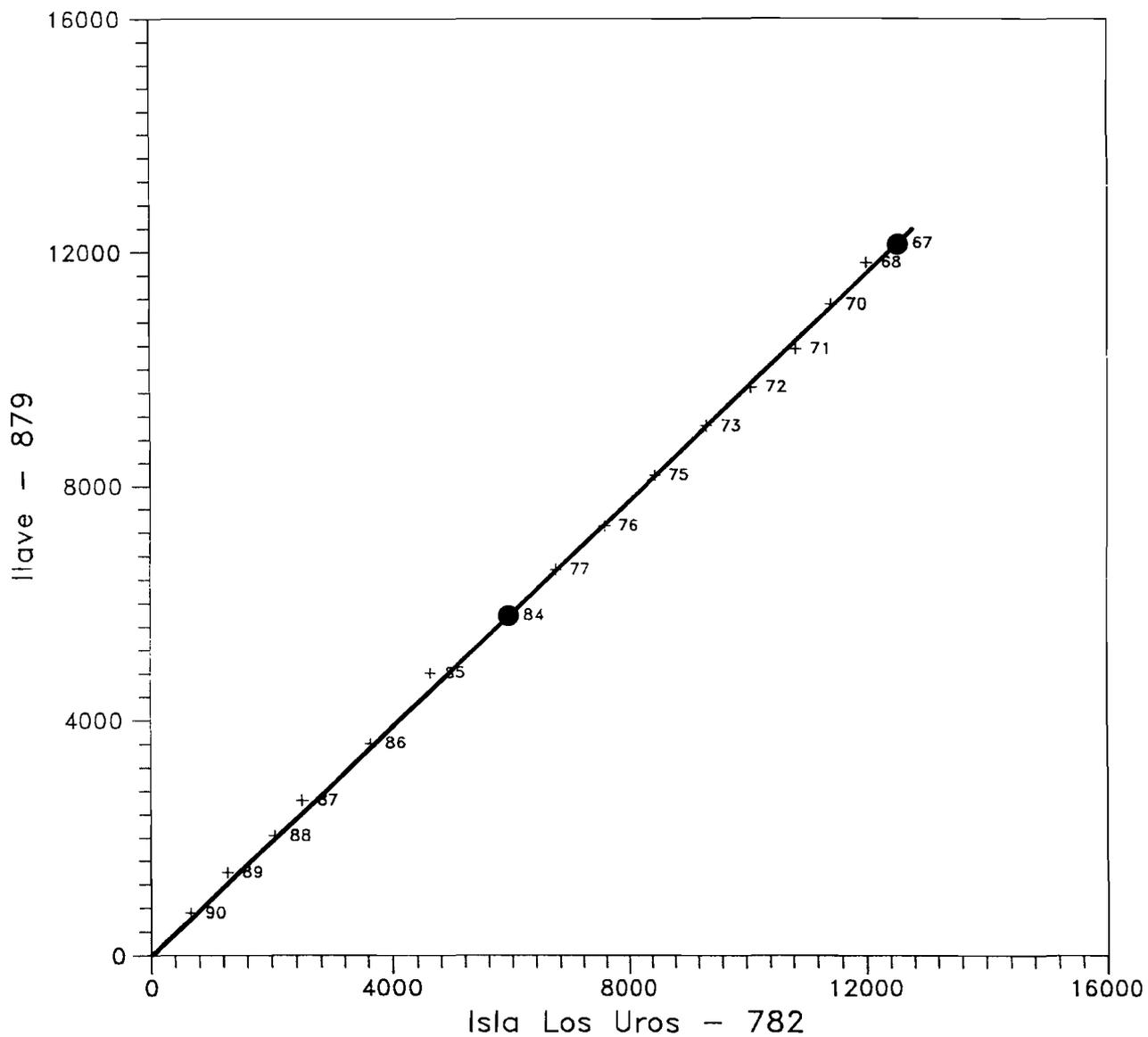
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



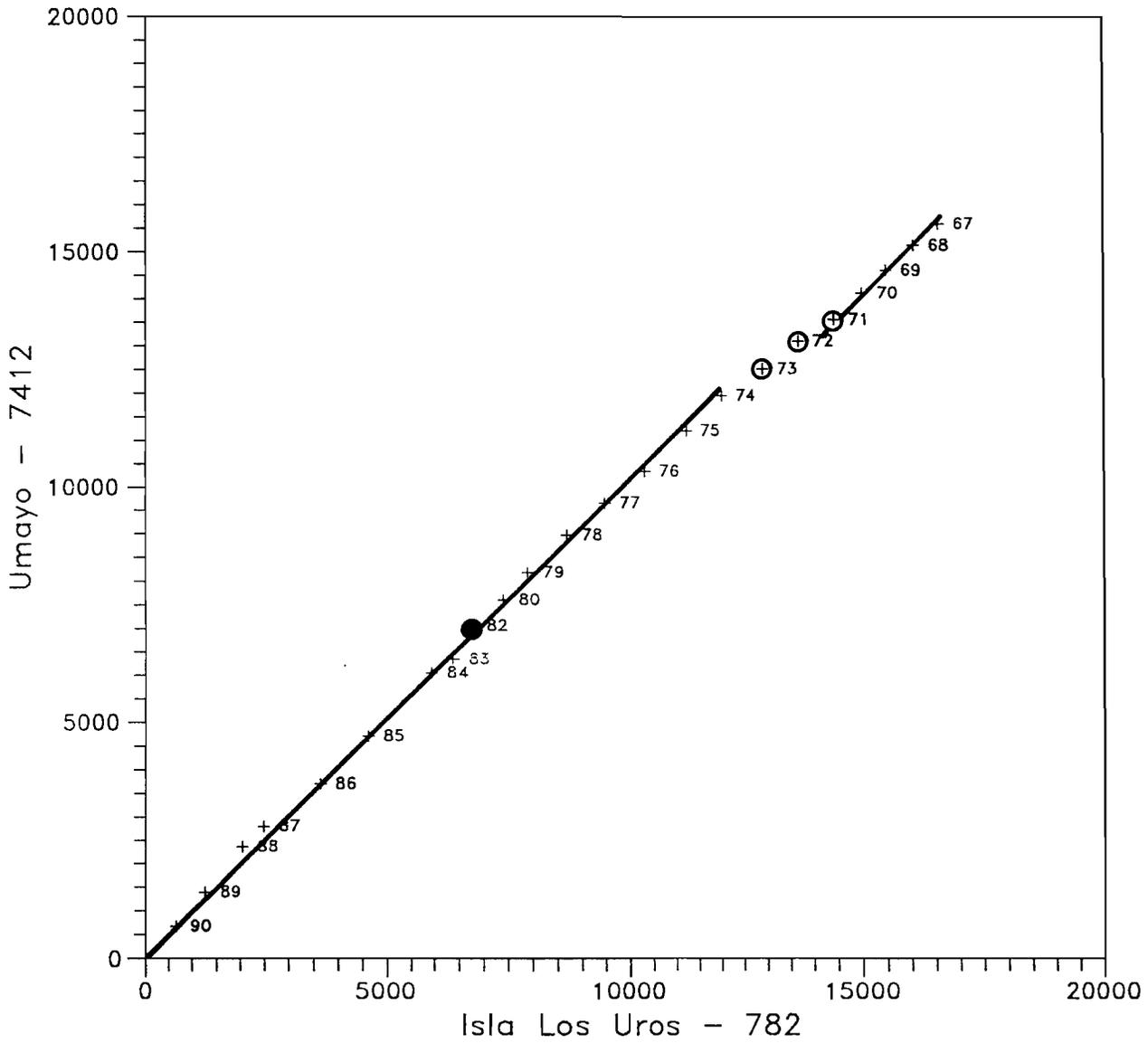
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



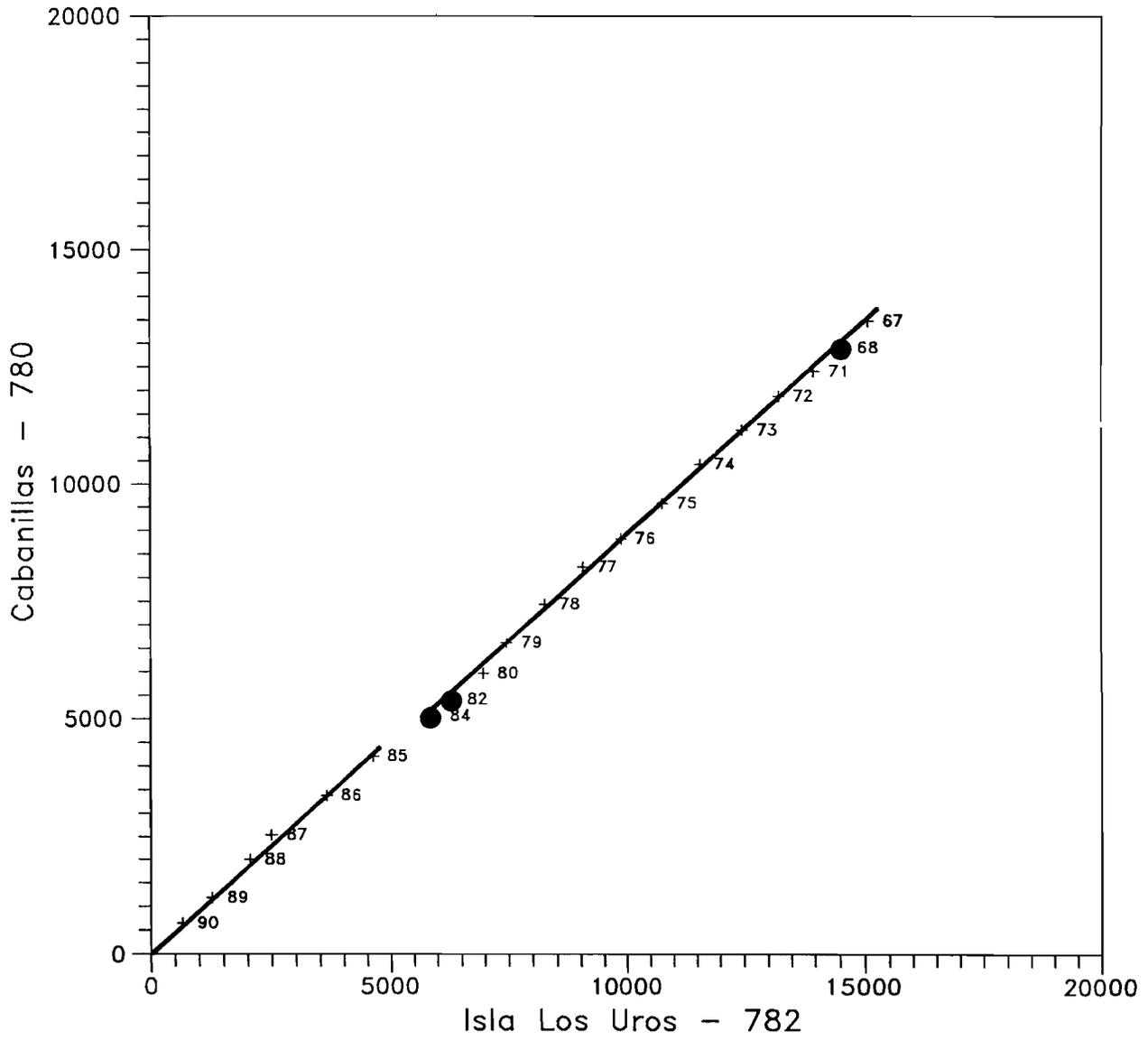
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



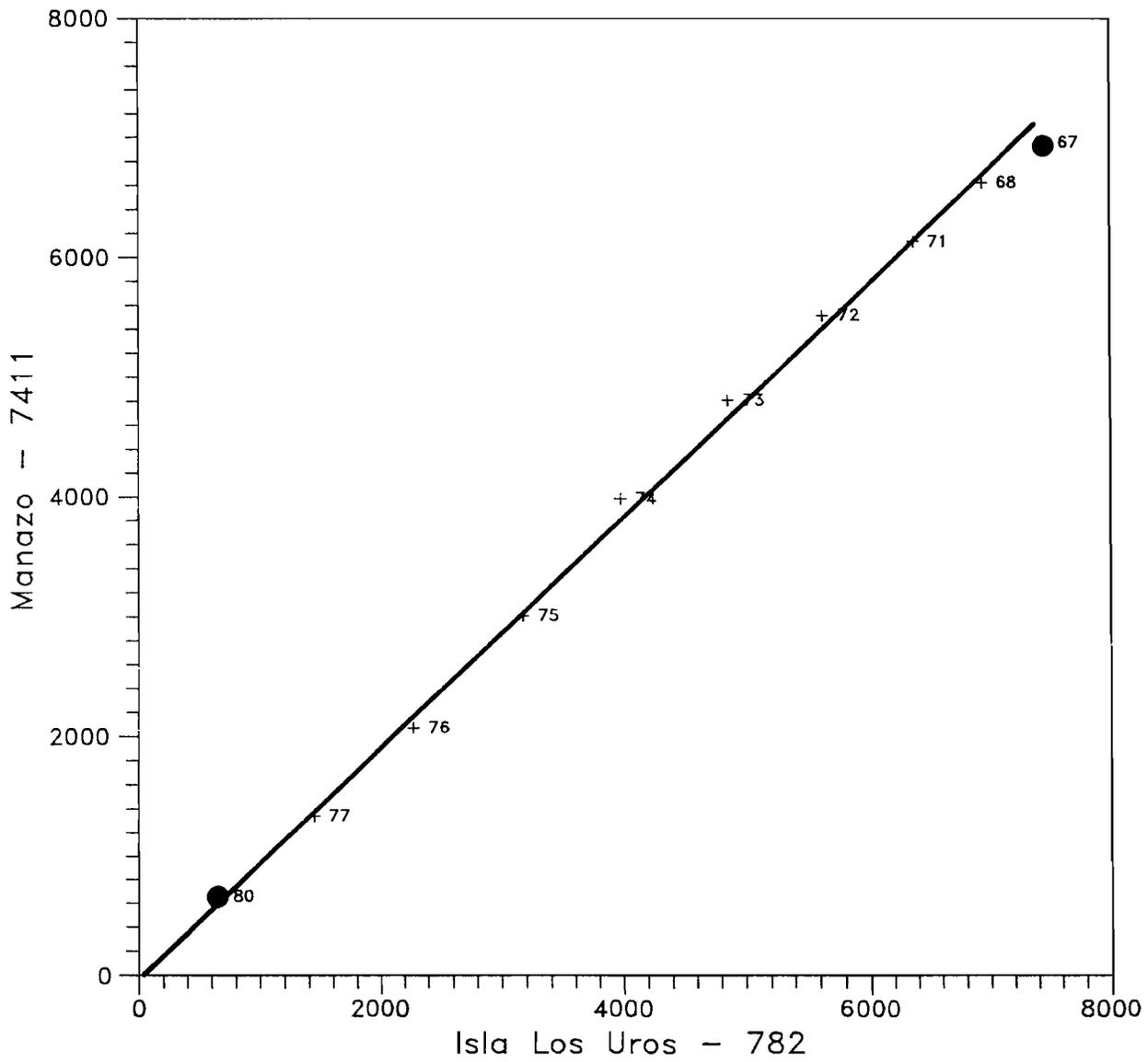
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



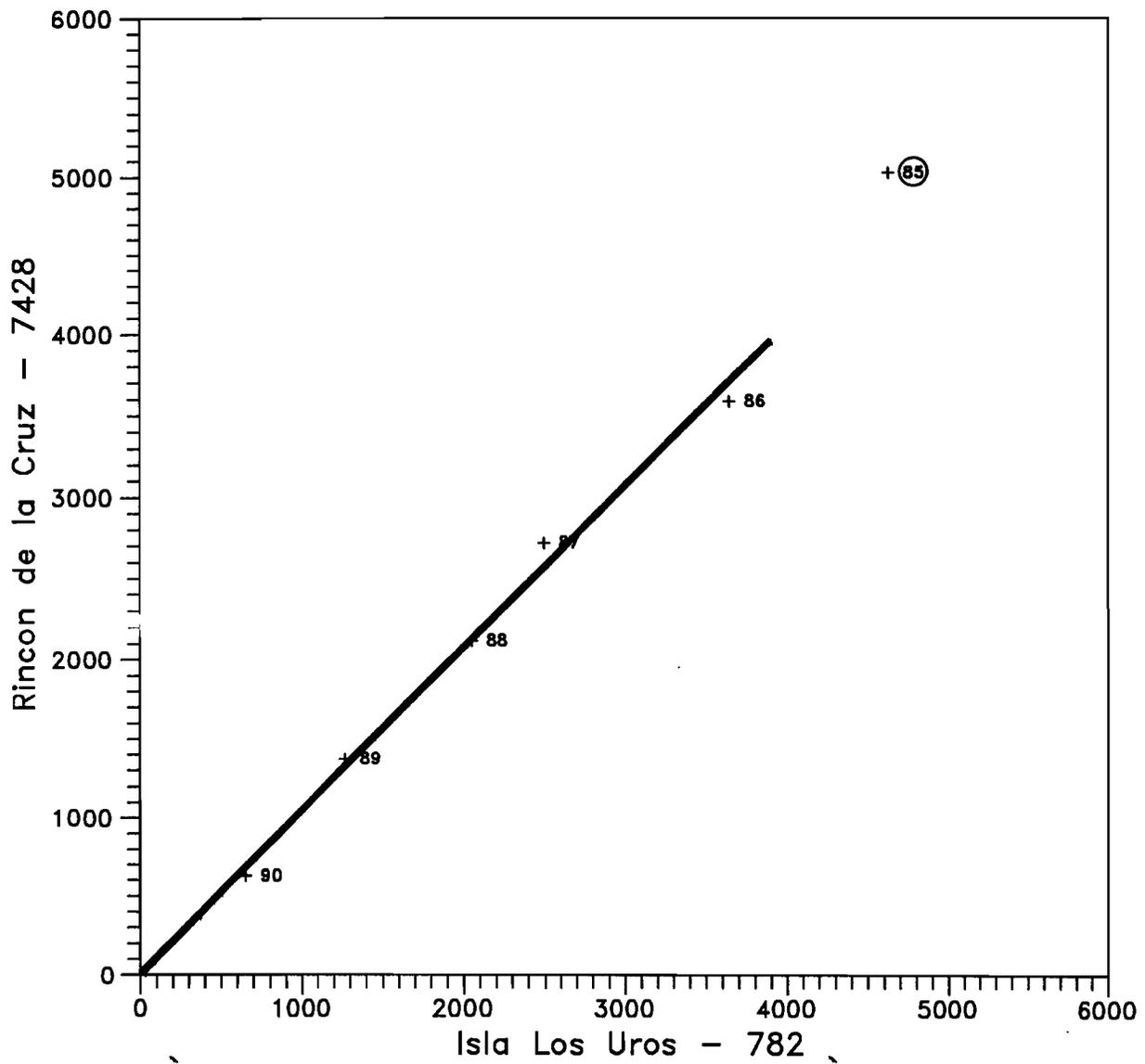
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



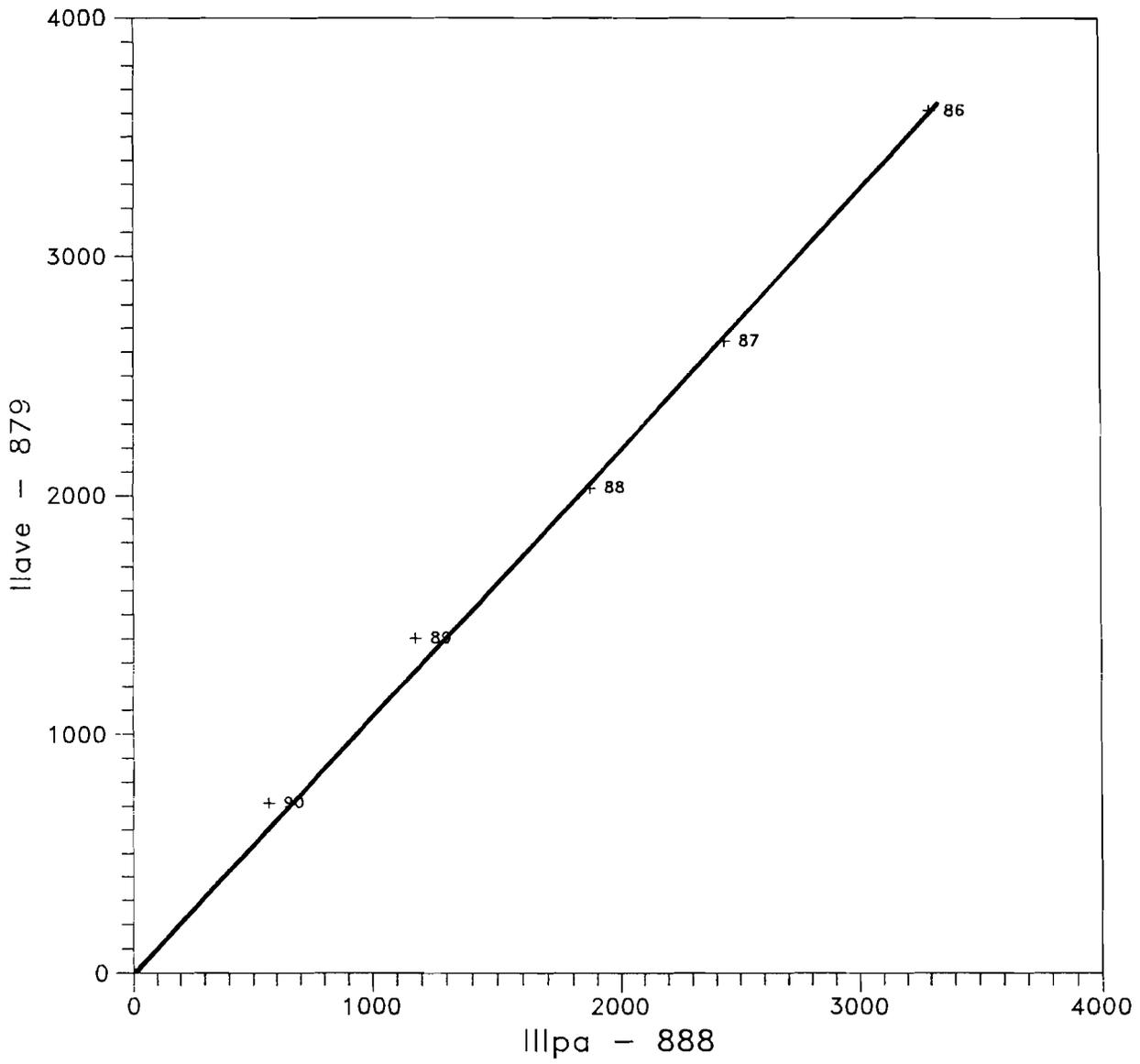
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



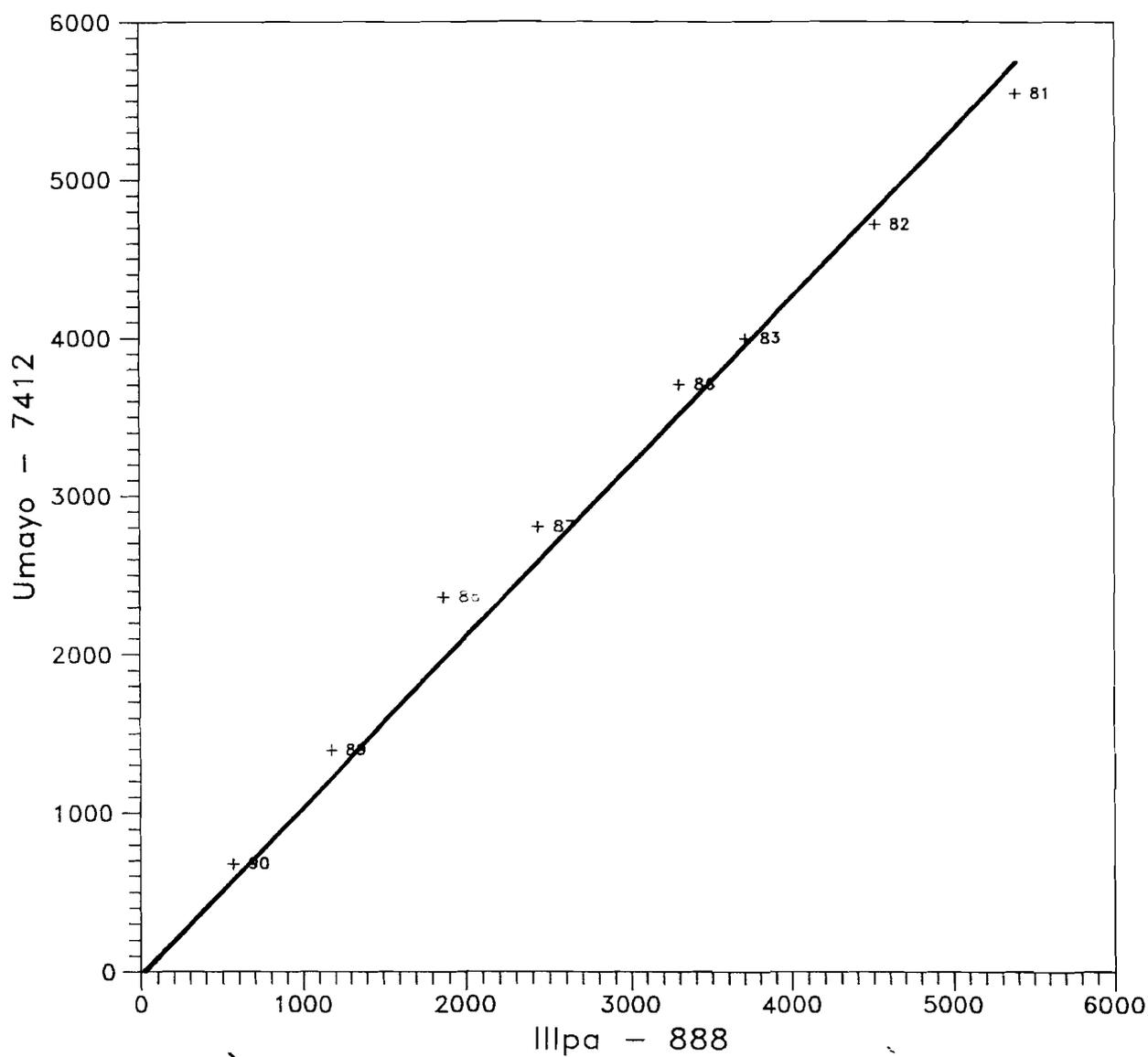
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



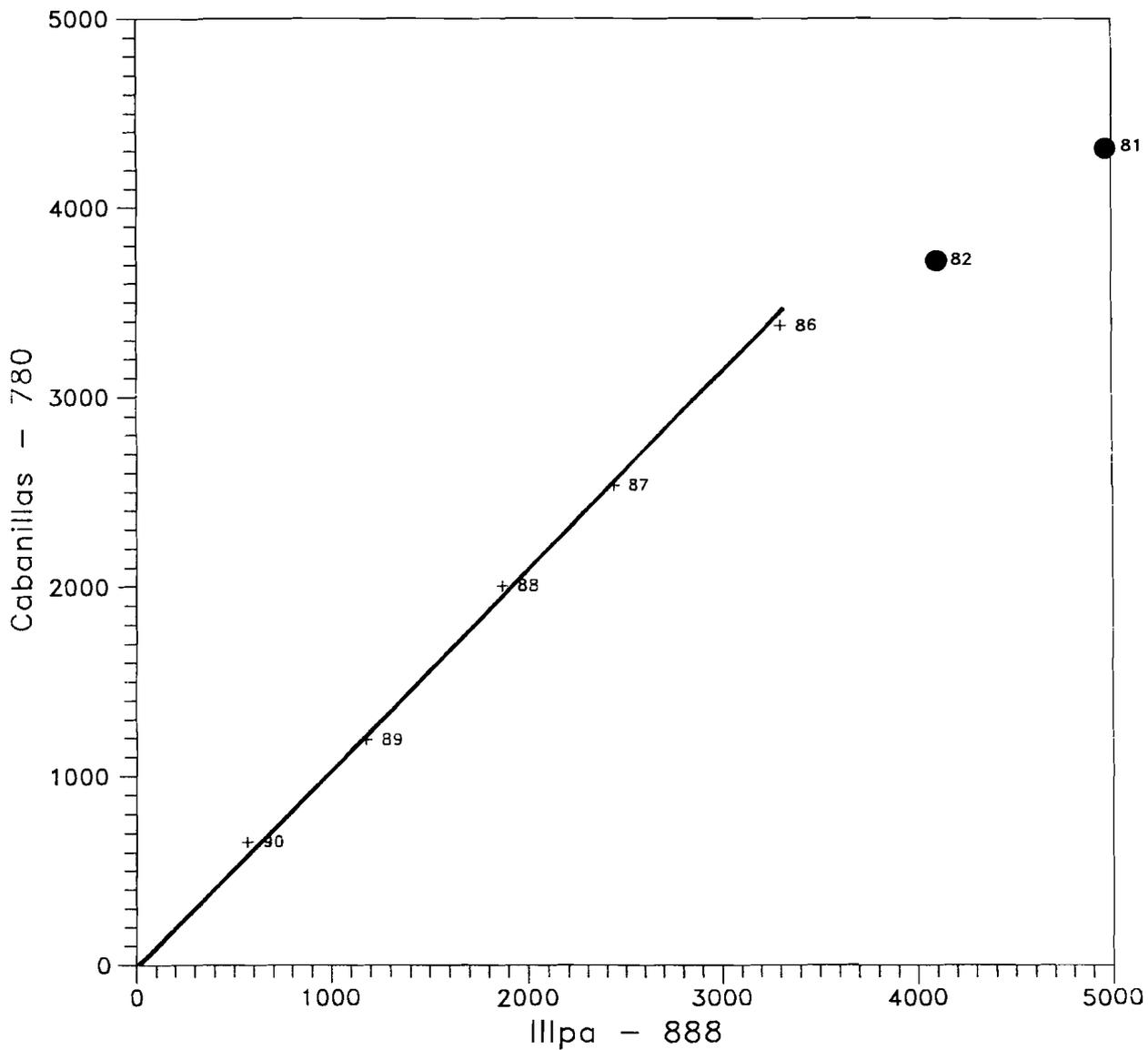
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



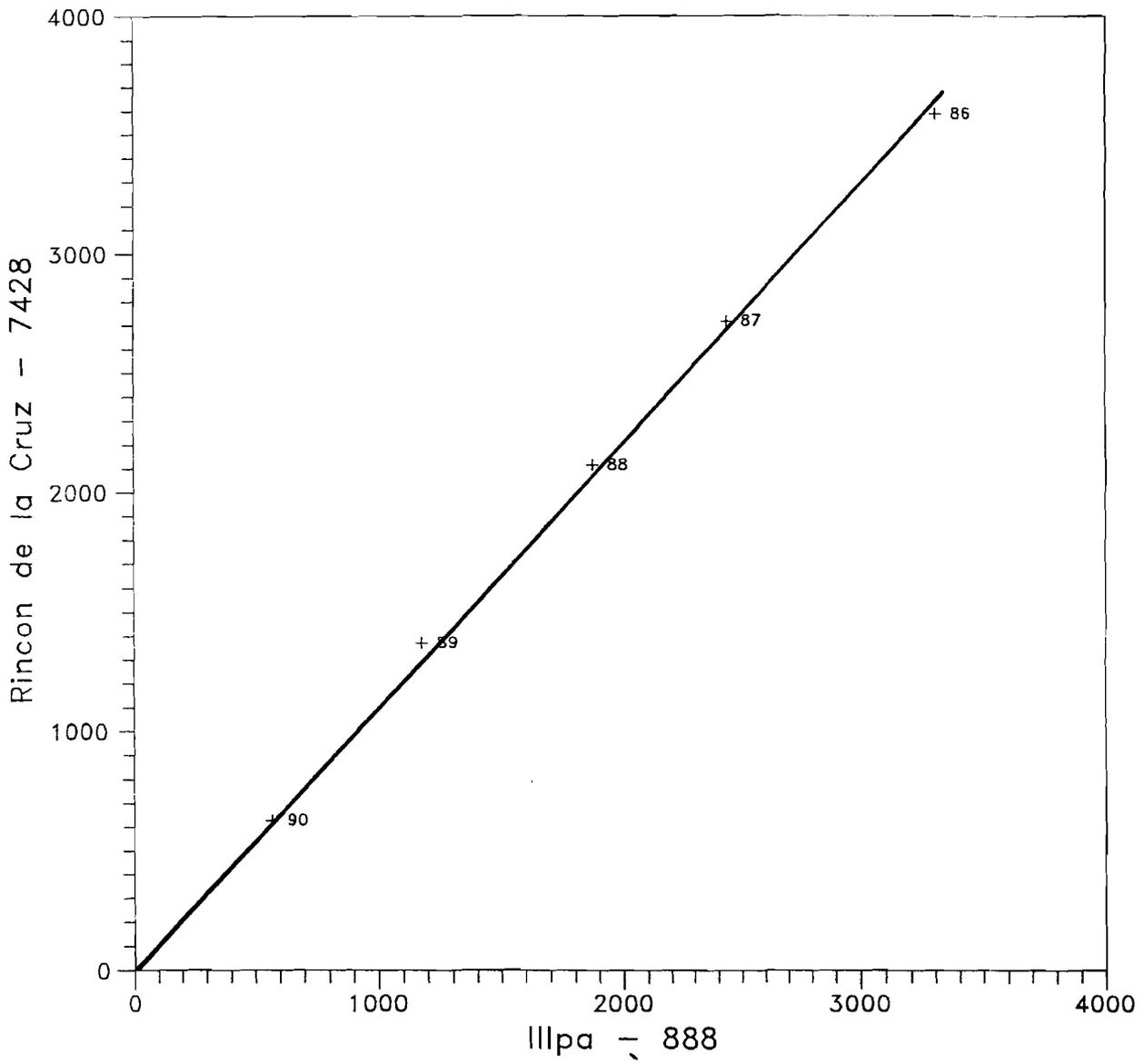
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



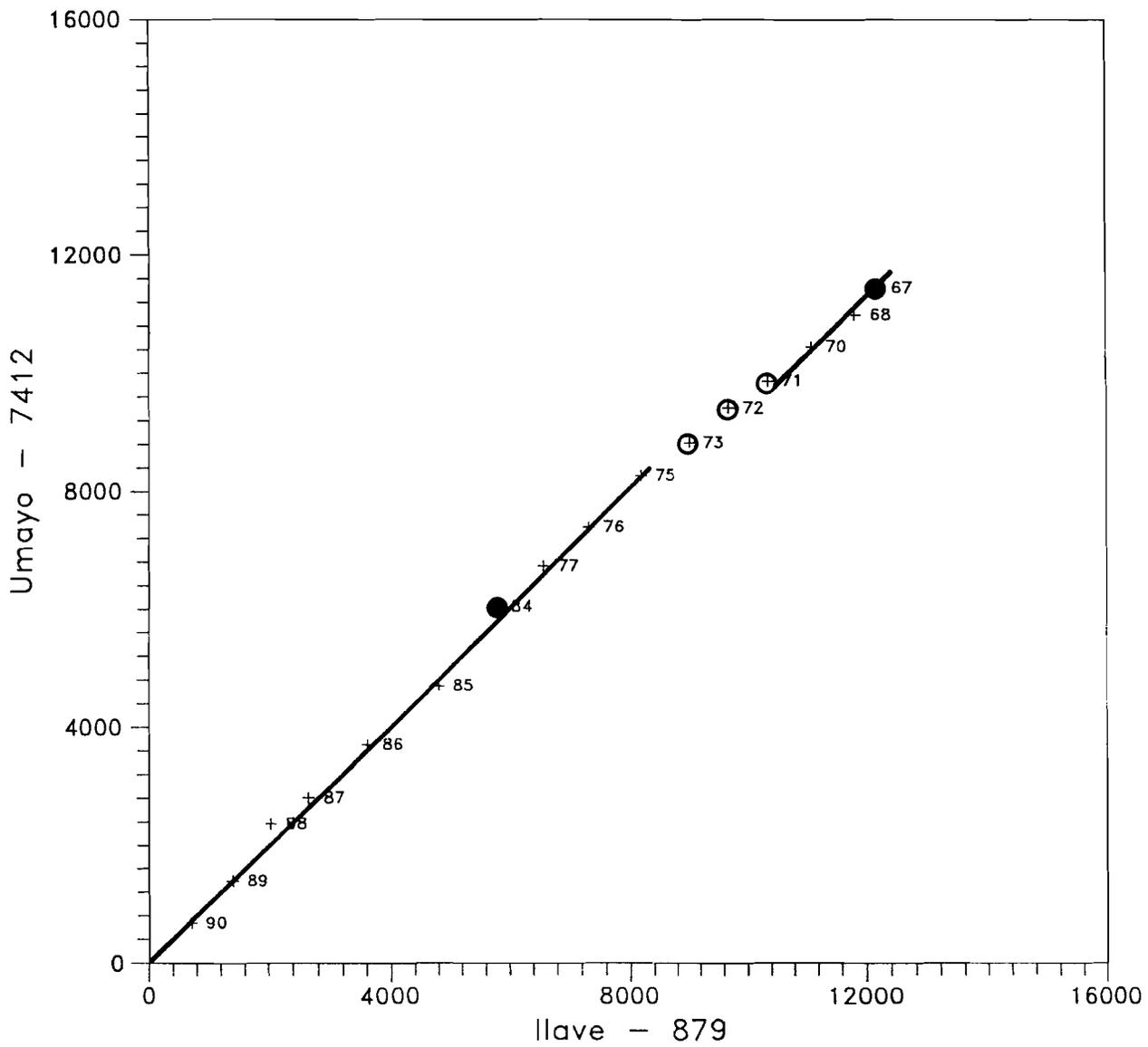
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



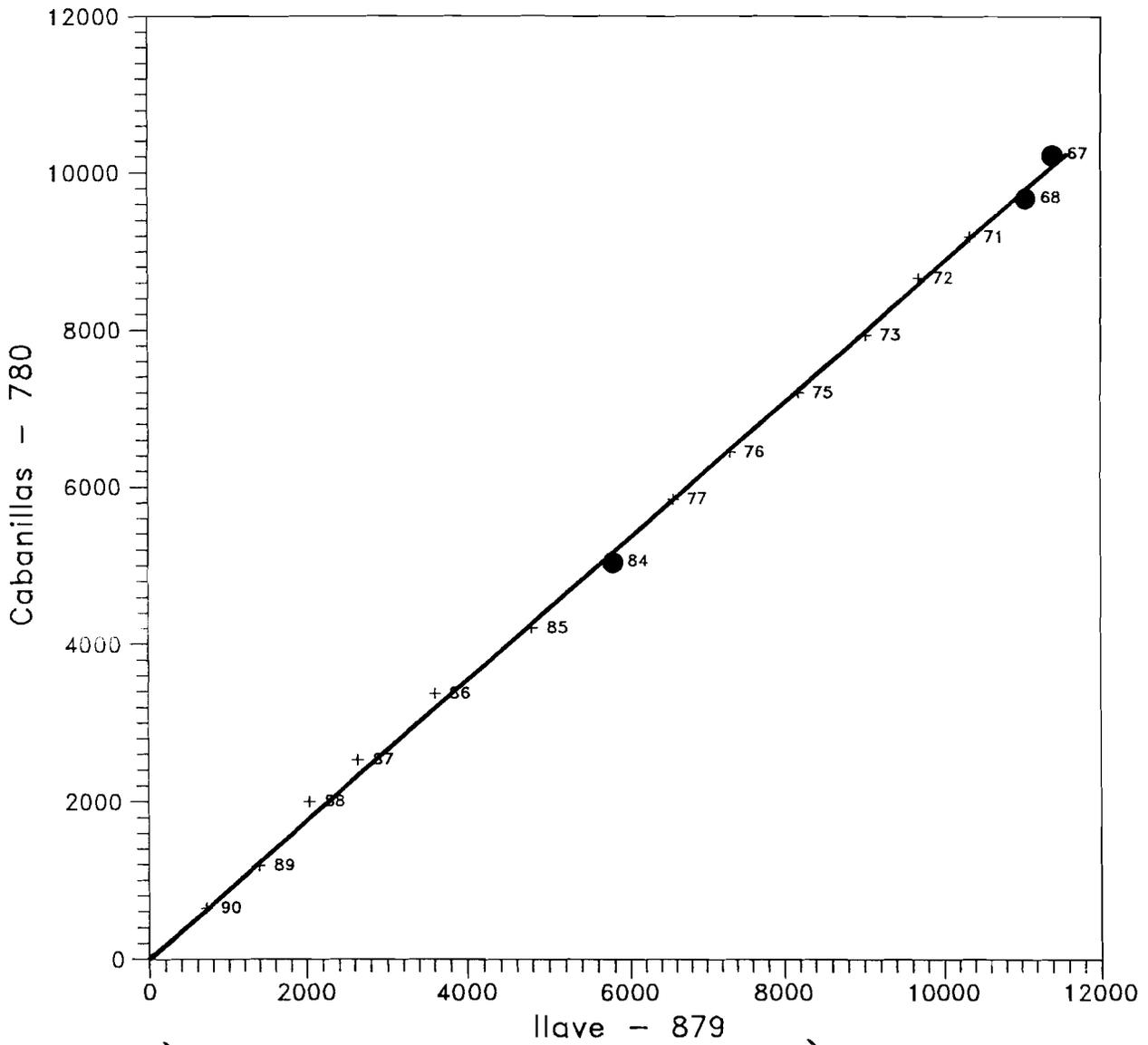
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



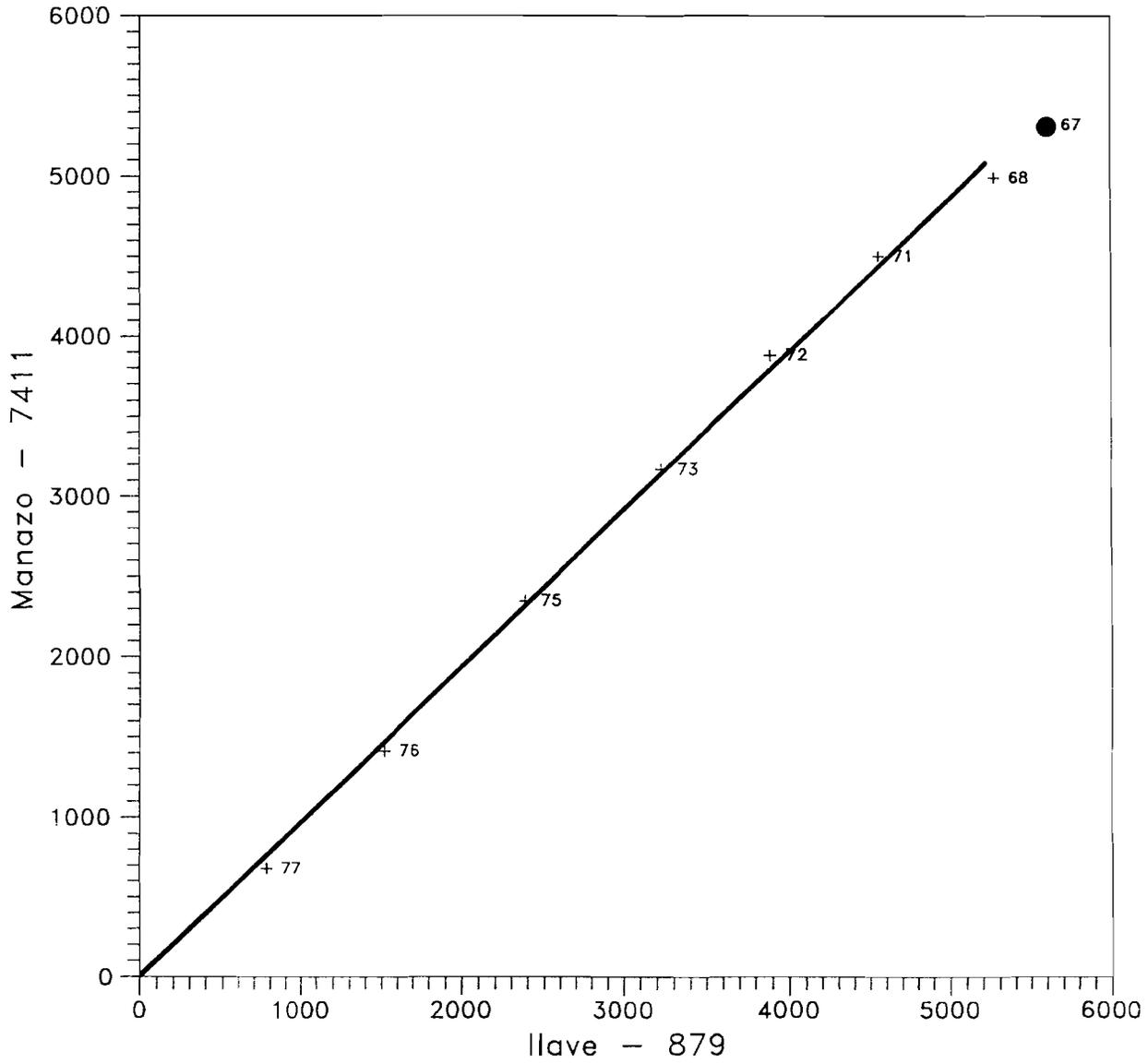
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



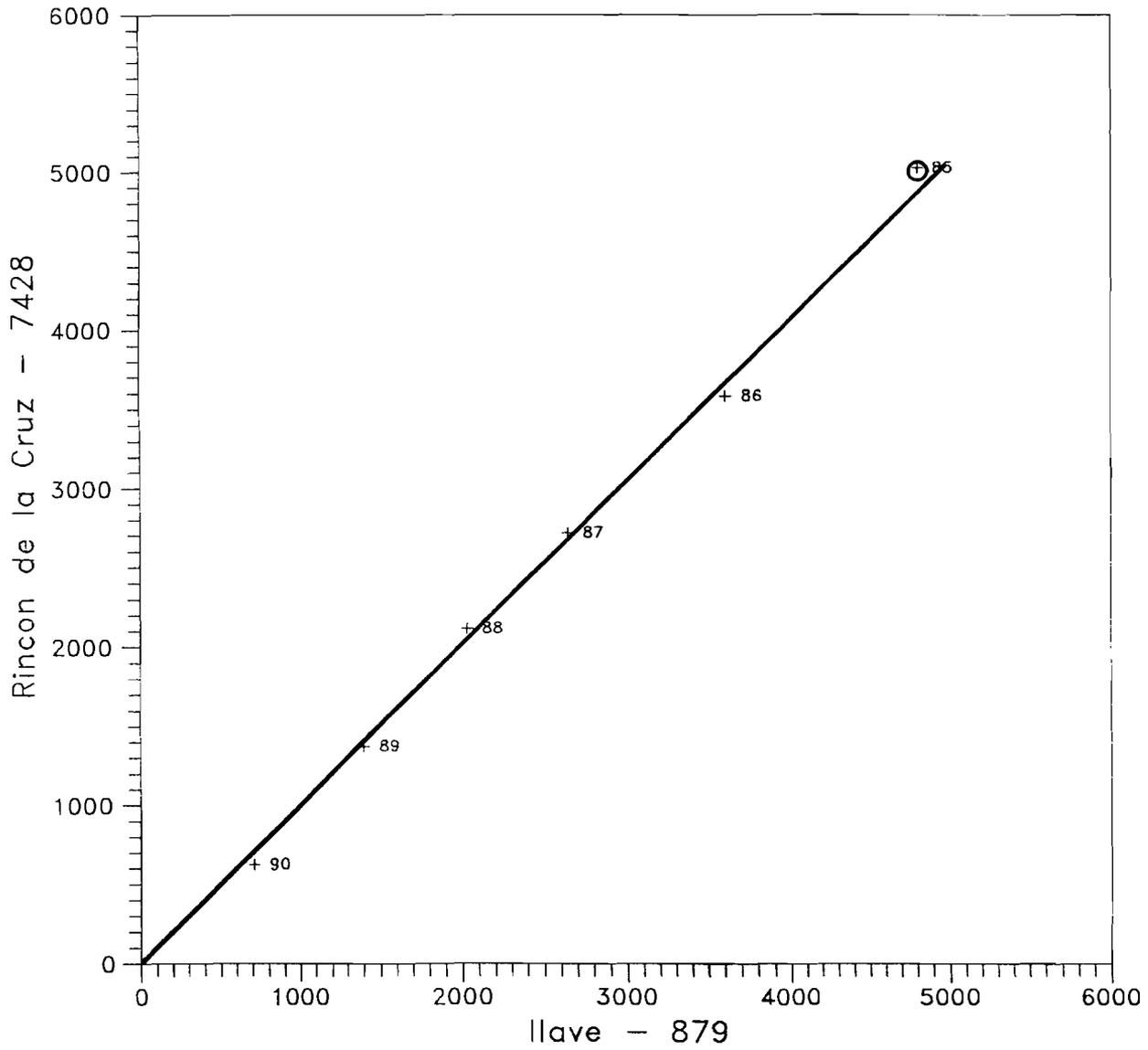
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



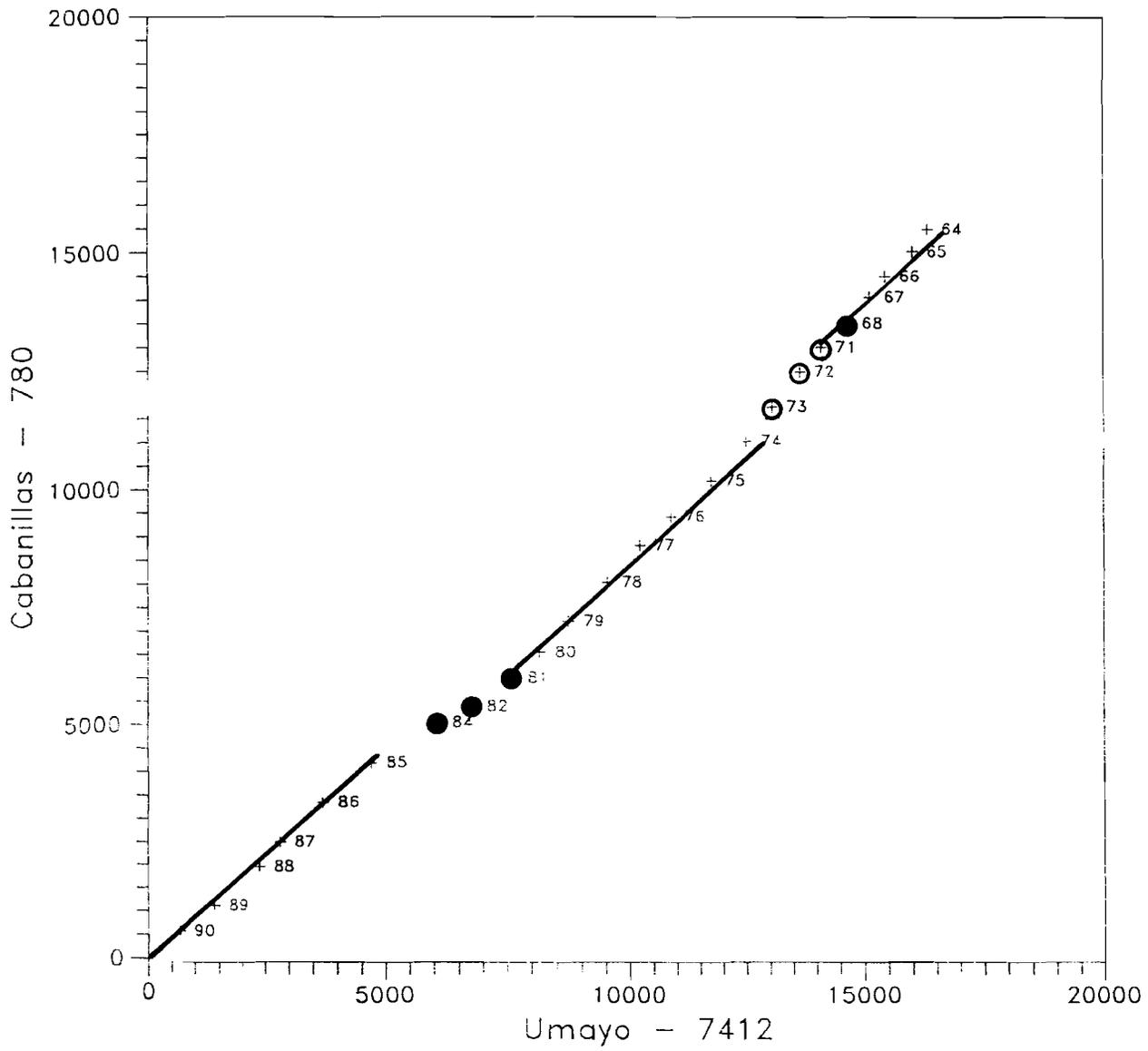
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



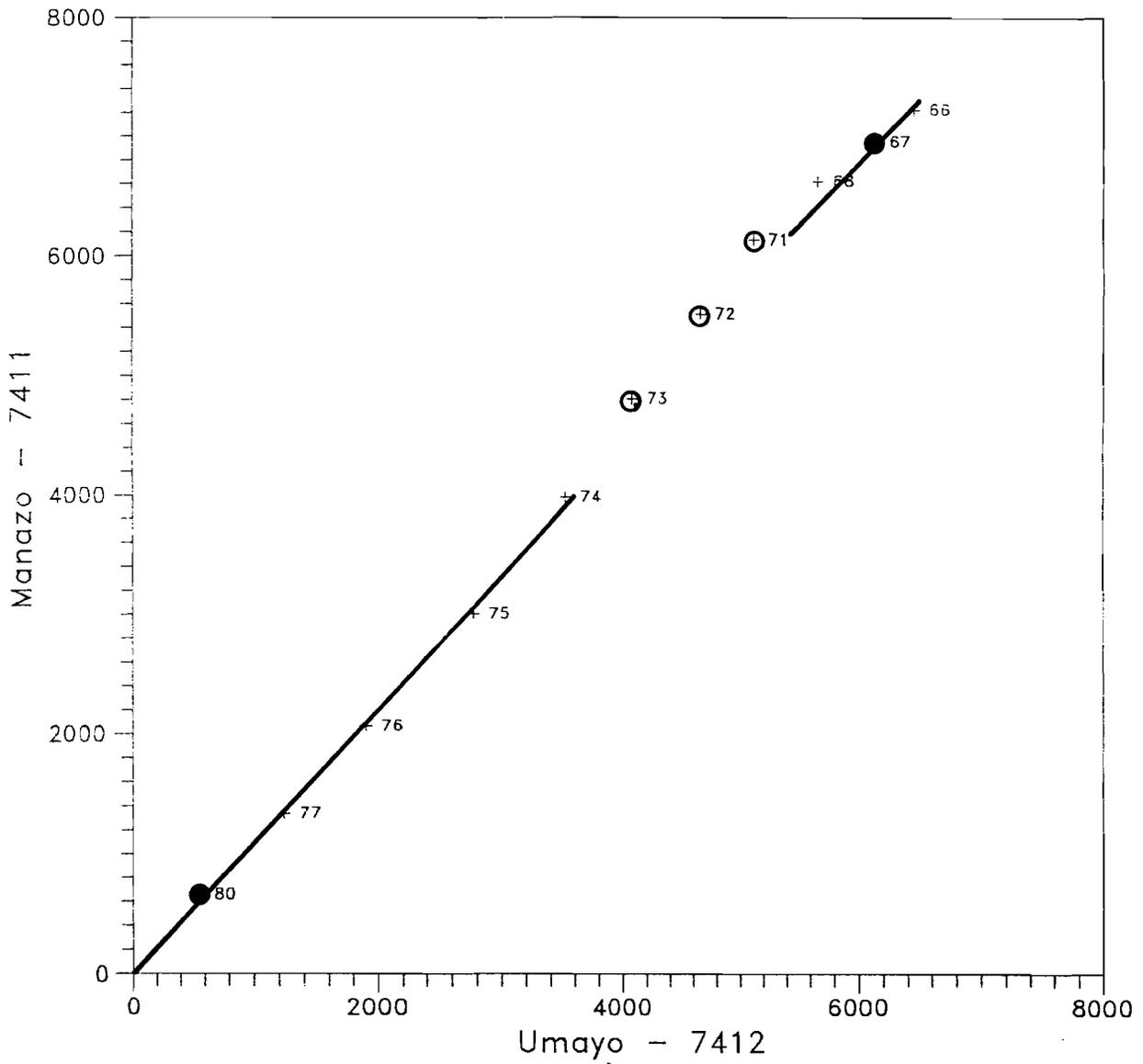
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



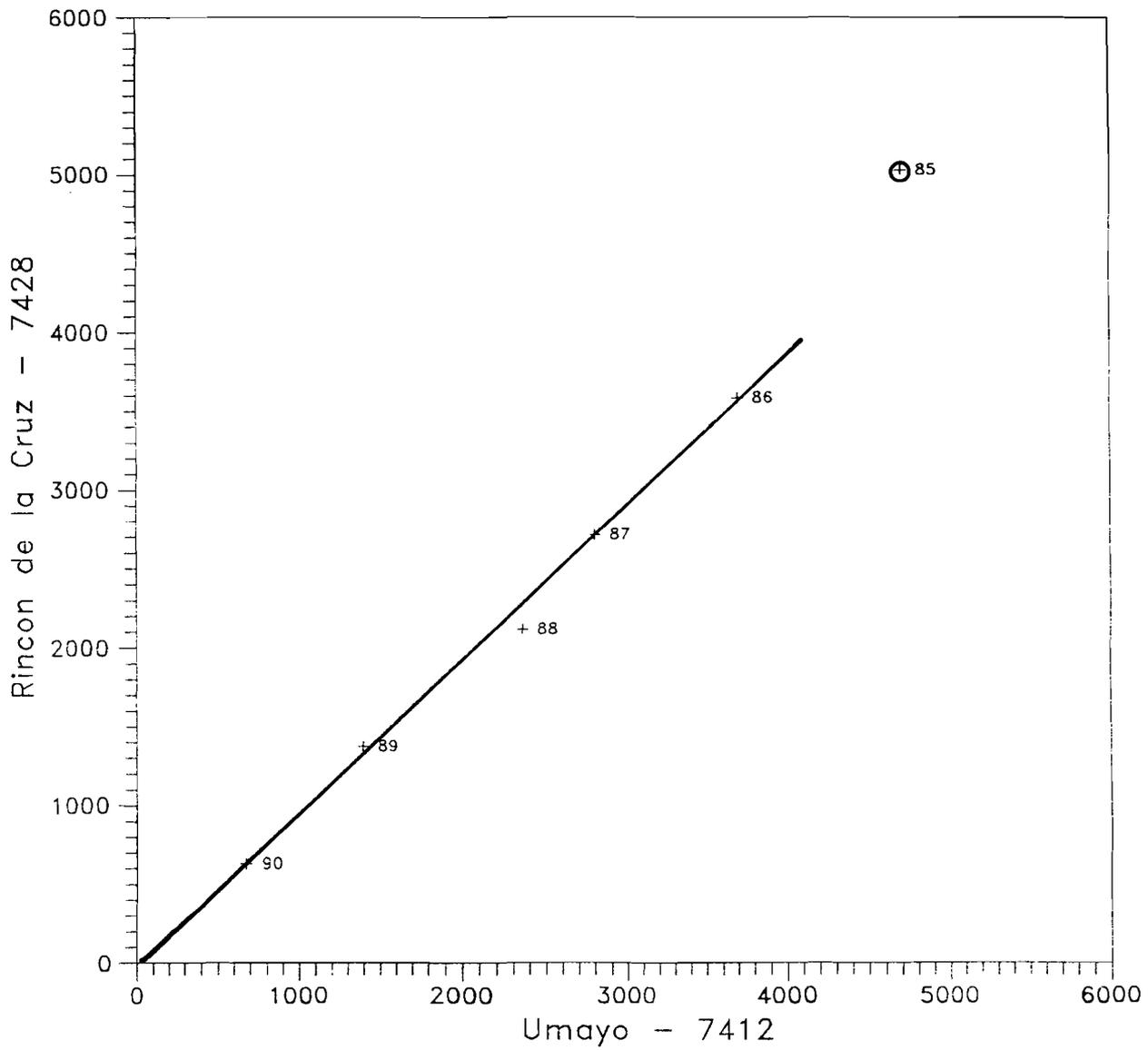
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



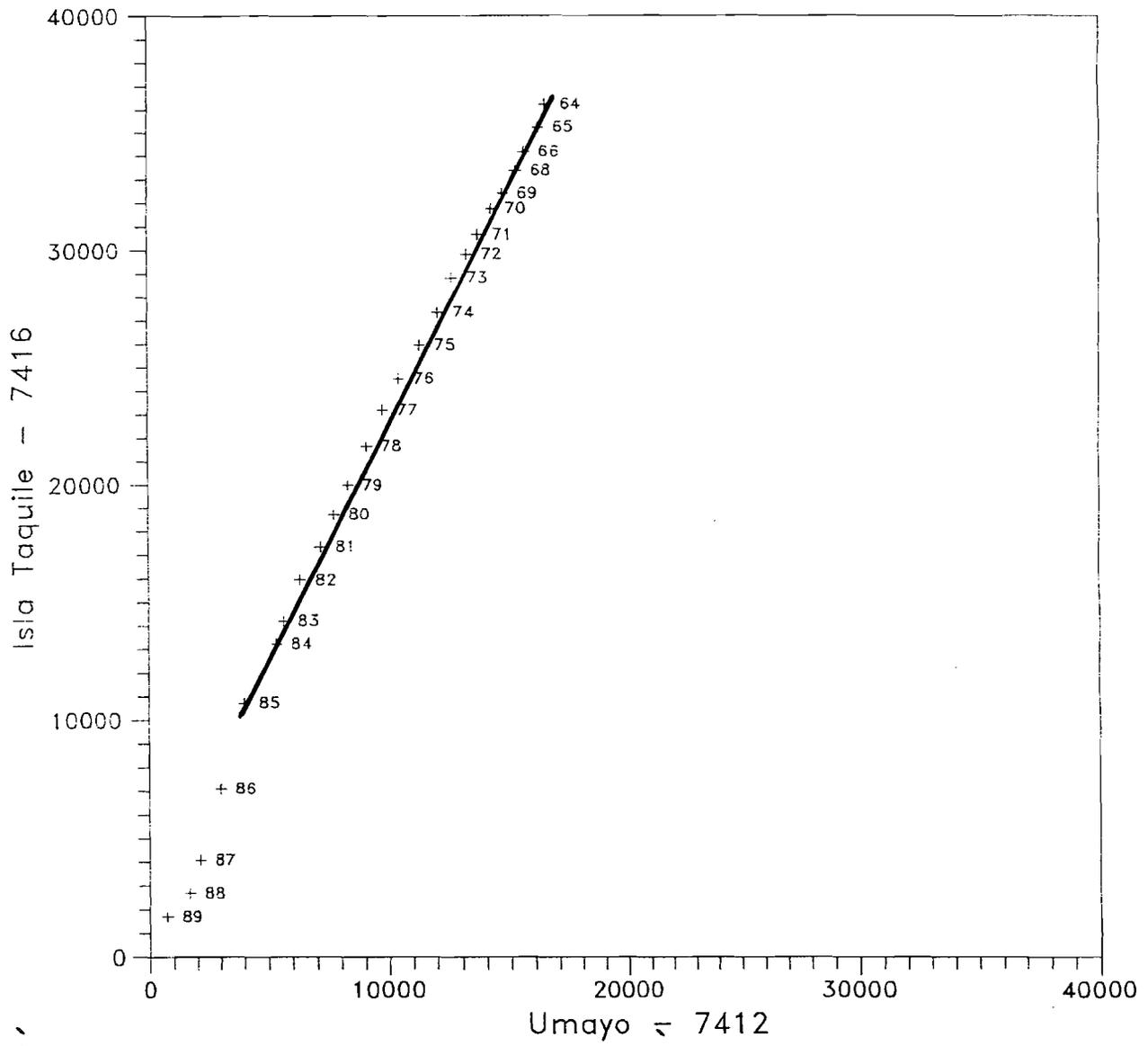
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



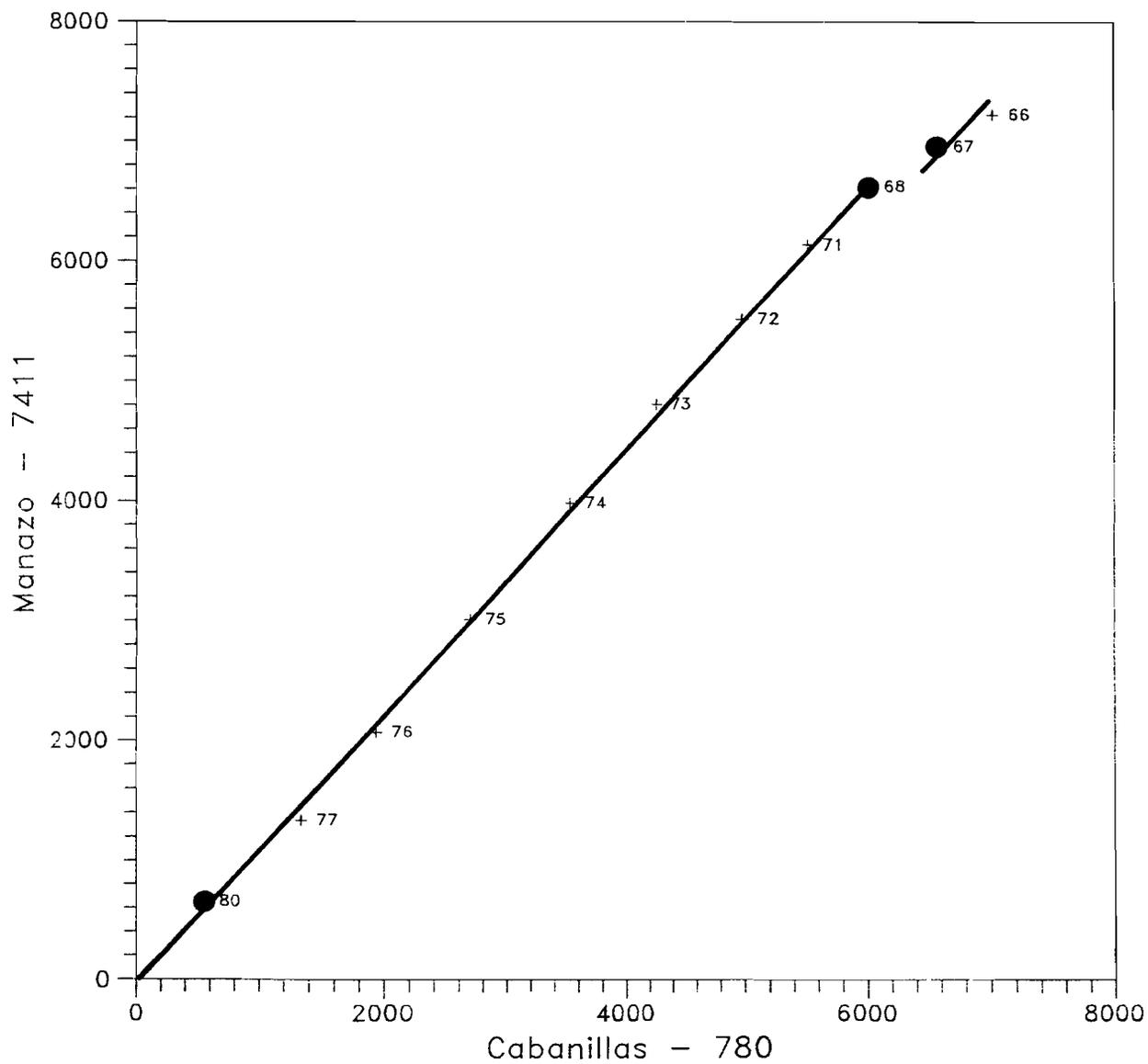
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



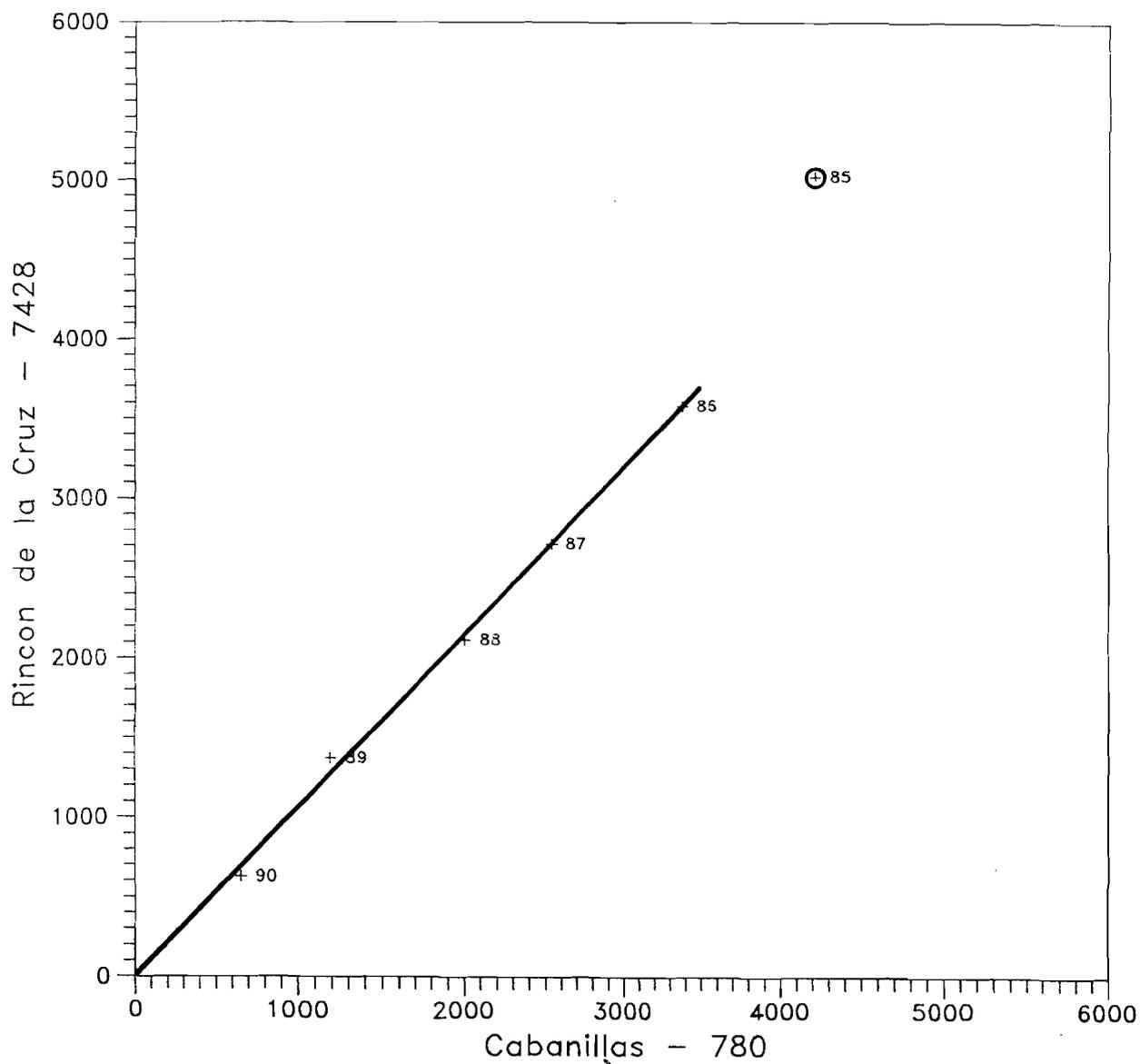
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



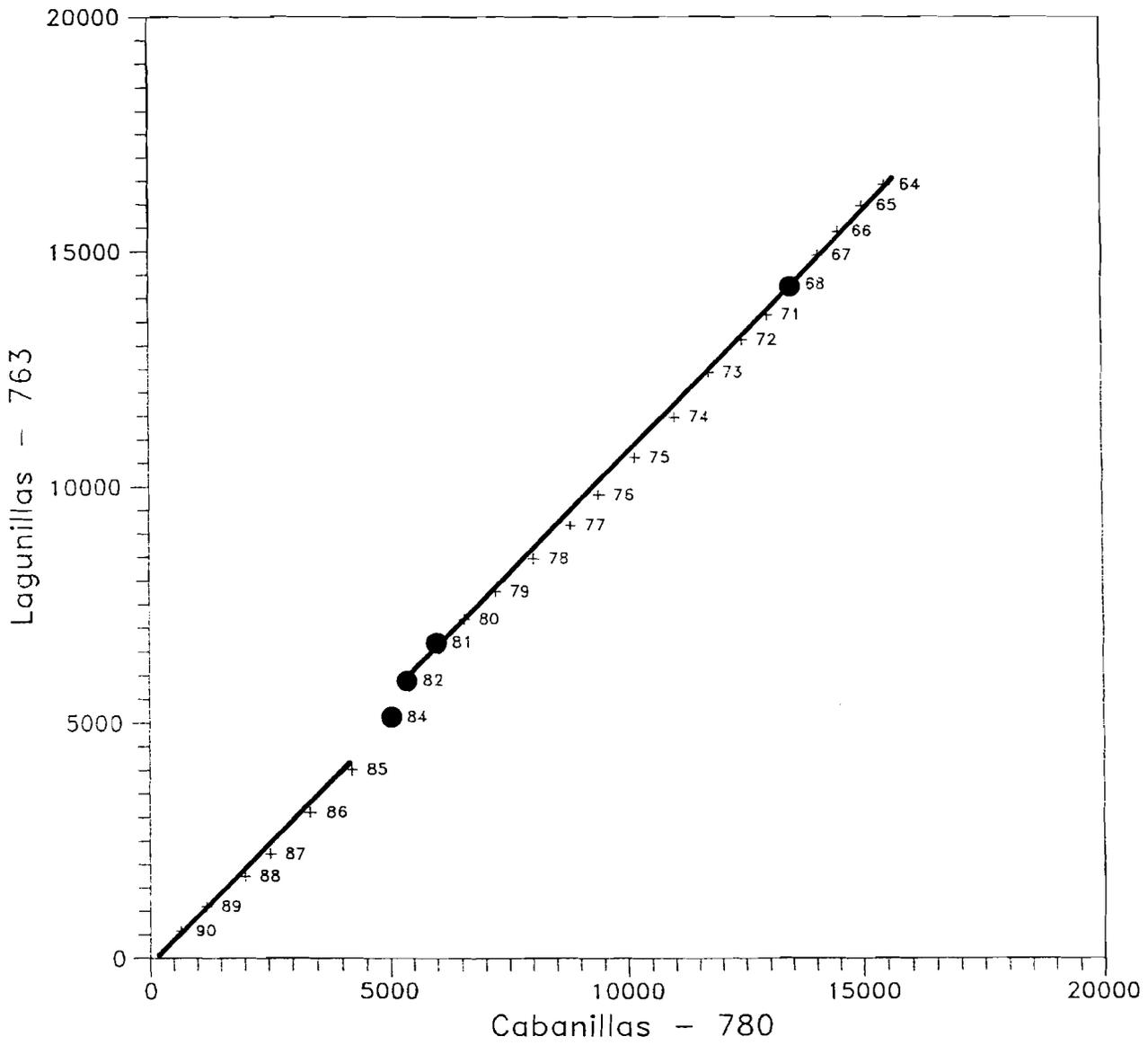
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



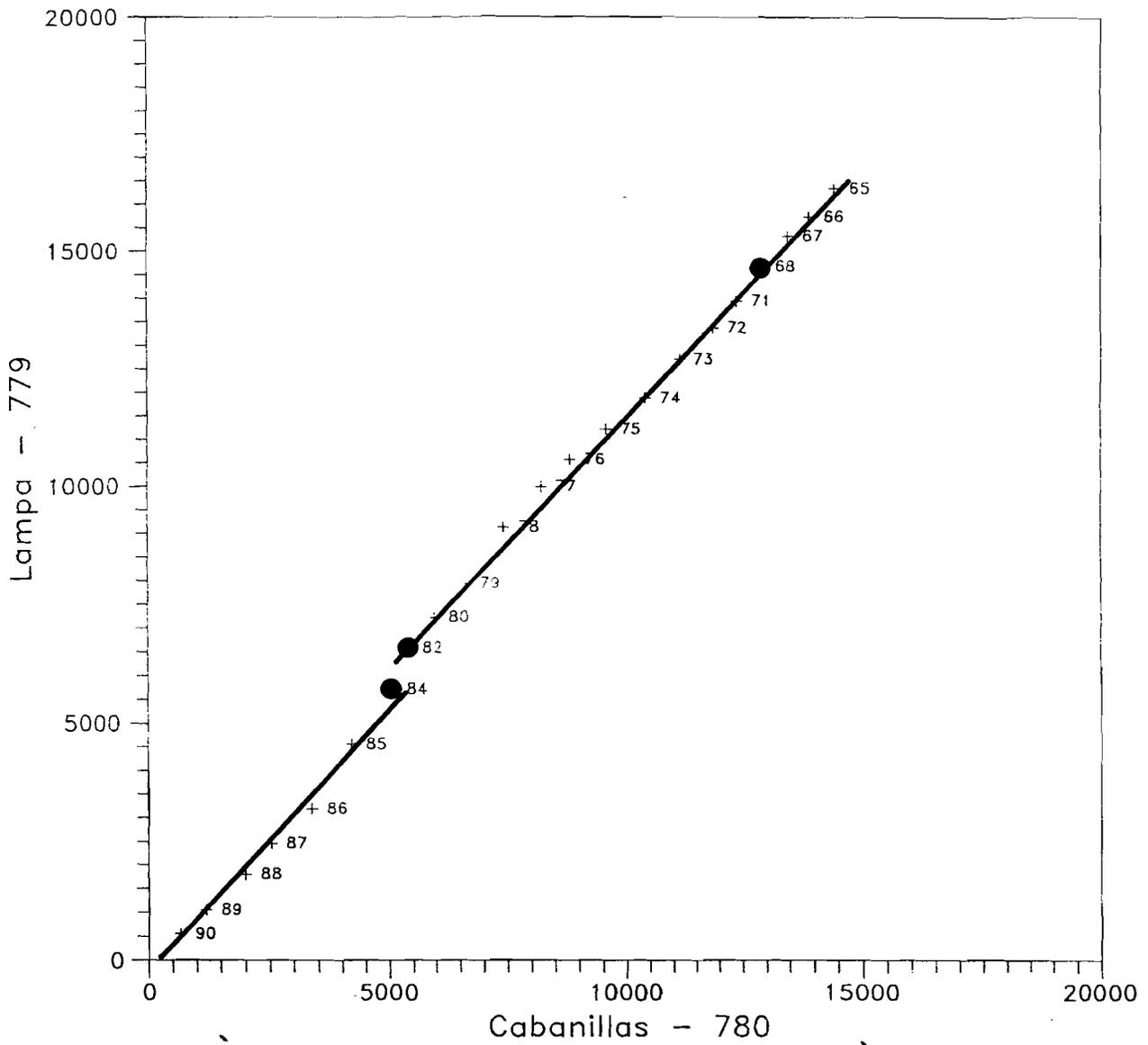
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



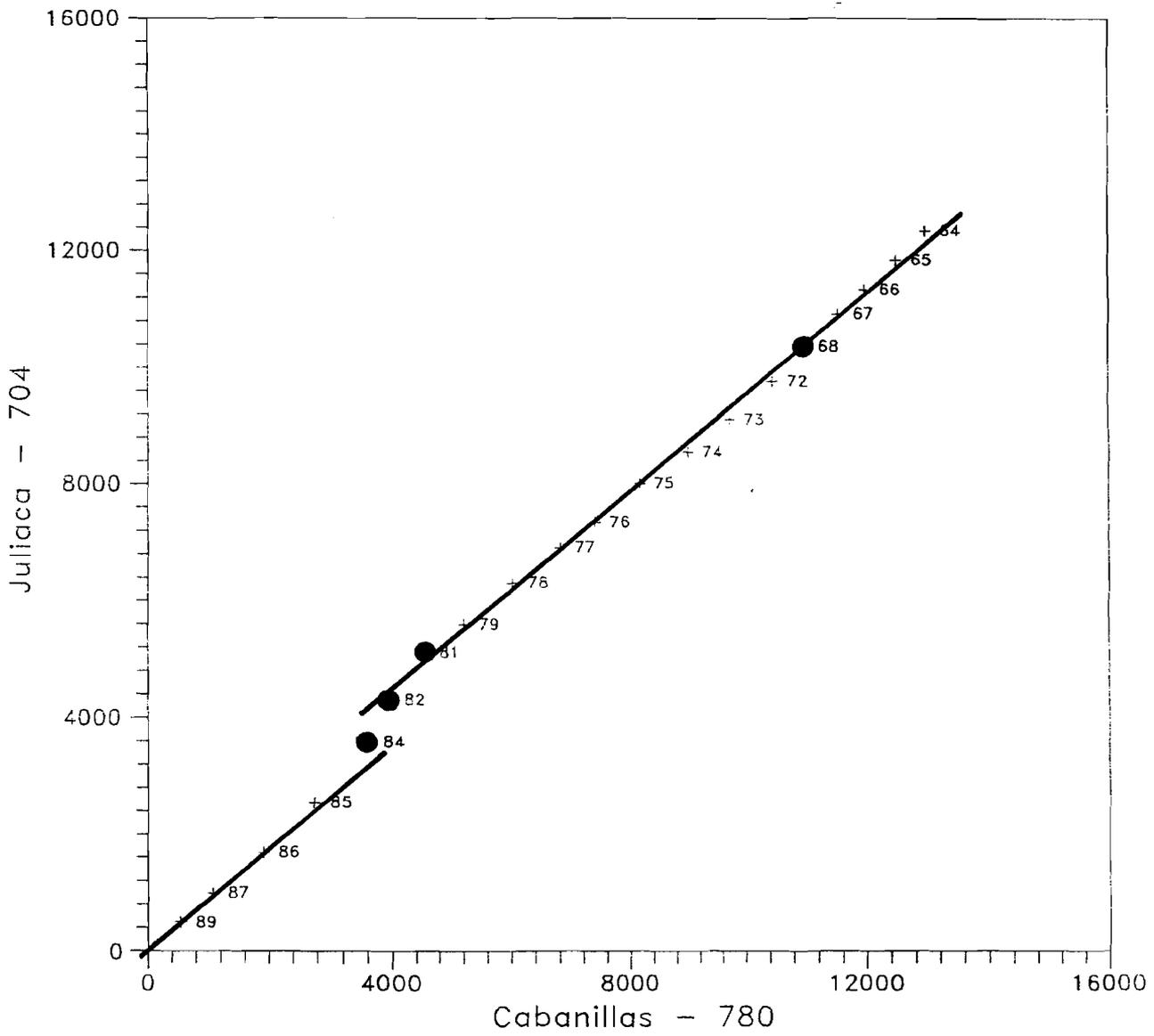
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



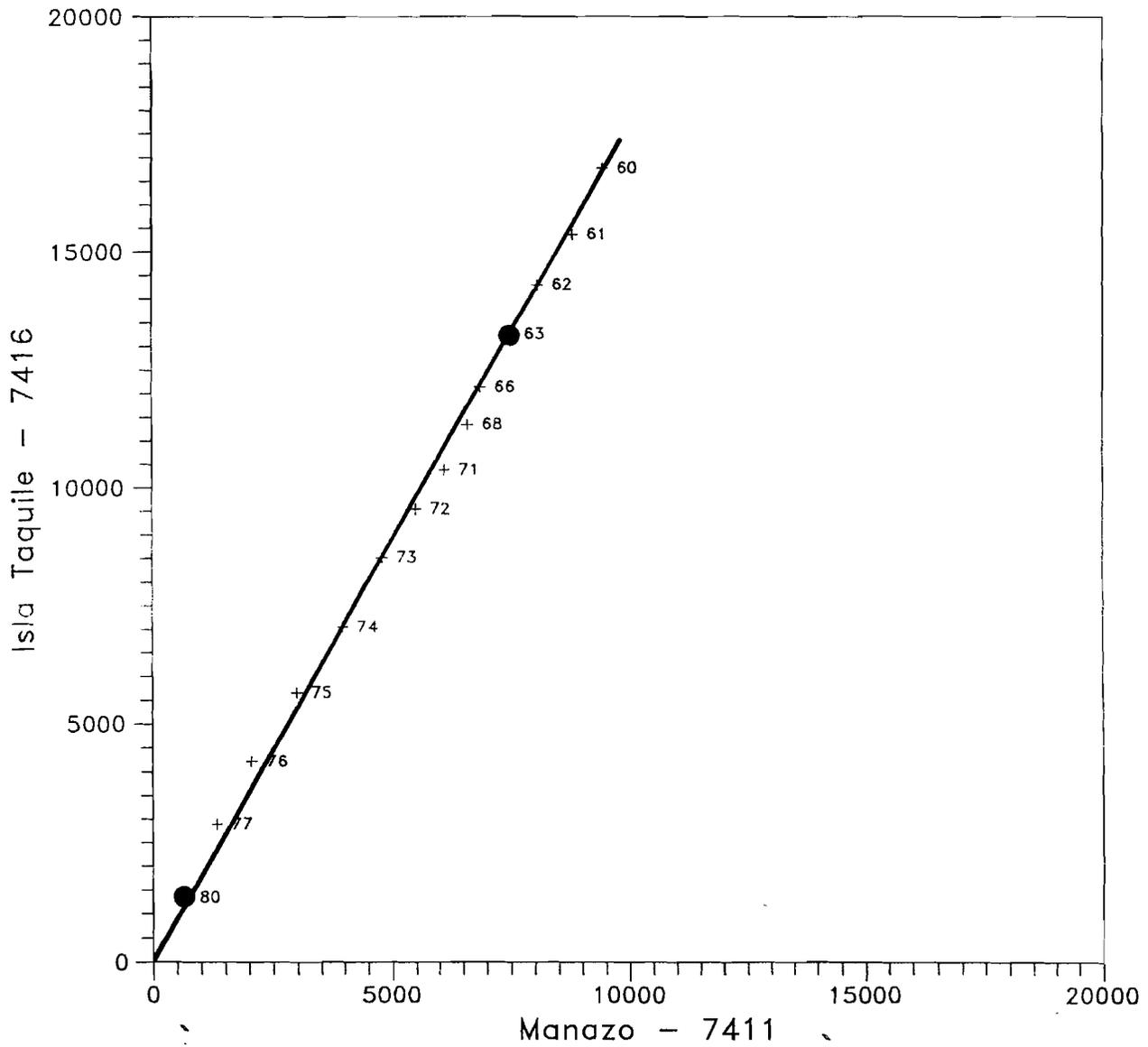
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



GRUPO 14

Está compuesto por los siguientes pluviómetros:

- Isla Taquile (7416)
- Taraco - Perú (7413)
- Capachica (788)
- Juliaca (704)
- Isla Soto (7420)

Inicialmente el observatorio de Isla Soto estaba incluido en el grupo 15, que representa a la margen nororiental del Lago Mayor. Sin embargo una vez comprobada su excelente correlación con Isla Taquile se decidió su inclusión en el presente grupo.

De cualquier forma, y a pesar de haber sido reunidos en un único grupo debido a su situación geográfica, existen diferencias sustanciales en el régimen pluviométrico registrado por los distintos observatorios. Entre otras pueden citarse la diferencia en el número de días de precipitación (casi 120 en Isla Taquile y 80 en Taraco) y en la precipitación media anual que, al menos para los datos históricos, es superior al doble en Isla Taquile que en Taraco y Juliaca (1350 mm frente a 600).

El observatorio de Isla Taquile ha sido considerado tradicionalmente como un punto singular en el Altiplano, tanto por la magnitud total de su precipitación como por las intensidades de las mismas. Estas características han hecho incluso dudar de la fiabilidad de sus datos, máxime cuando la estación de Capachica - que se ubica a menos de 20 Kms y en una situación "a priori" similar (en una península a la entrada de la bahía de Puno) - registra en torno a 800 mm de media anual. Sin embargo, estas sospechas y la aparente singularidad de Isla Taquile desaparecen cuando se comparan sus datos con los de Isla Soto, ya que no solamente la correlación a nivel mensual es elevada (0.87 desde junio de 1957 a Septiembre de 1969) sino que además Isla Soto resulta ser aún más lluviosa que Isla Taquile.

En cuanto a la labor de identificación de posibles errores, la dispersión natural de las precipitaciones en los distintos observatorios la dificulta en gran medida. De hecho, los únicos datos suprimidos de las series por su carácter claramente erróneo corresponden al período comprendido entre Mayo de 1956 y Mayo de 1957 en la estación de Isla Soto, que coincide con el inicio de los registros en dicho observatorio.

Con independencia de este error, el análisis de dobles masas permite identificar dos períodos anómalos a nivel regional, uno el comprendido entre 1985 y 1987, y otro los años anteriores a 1972:

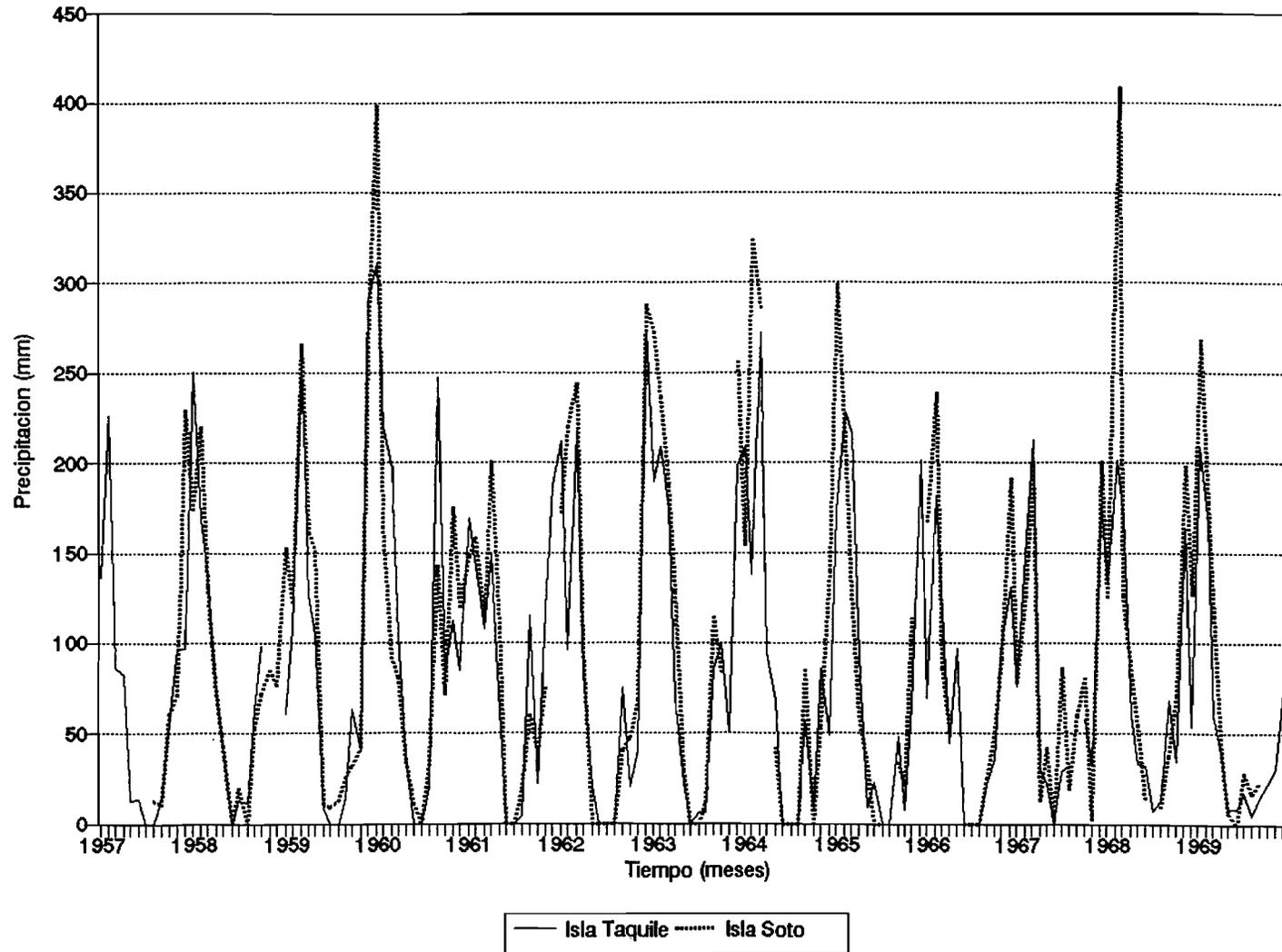
- En el período 1985-1987 (en algún caso este último año está excluido) Isla Taquile y Taraco registran precipitaciones superiores a las que indicarían sus tendencias generales con los otros pluviómetros. Sin

embargo en el cruce entre ellos la anomalía desaparece, y la comparación de los distintos pluviómetros con otros de grupos vecinos indican que, en apariencia, se trataría de fenómenos naturales relacionados directamente con el hecho de que en este período el lago Titicaca presentaba niveles excepcionalmente elevados. Como ya se ha mencionado en la crítica de otros grupos, el aumento de la superficie inundada deformaría temporalmente los parámetros climáticos regionales provocando la aparición de microclimas en ciertos sectores.

- El período anterior a 1972 también muestra tendencias distintas en algunos contrastes, aunque los años a los que afecta difieren ligeramente según los casos. Al comparar los registros de Juliaca con Isla Taquile y Capachica se observa un exceso relativo de precipitación en la primera estación, o un defecto en las otras dos. Un fenómeno semejante, aunque en este caso mucho más leve, se observa al cruzar la serie de Taraco con la de Isla Taquile. Sin embargo los contrastes de los distintos pluviómetros entre sí y con observatorios de grupos vecinos (por ejemplo Taraco con Arapa, Juliaca con Lampa, Isla Taquile con Umayo, Copacabana, Salcedo y Mañazo) vuelven a apoyar la hipótesis de anomalías naturales - de alcance regional - que en esta ocasión estarían directamente relacionadas con niveles mínimos del lago y la consiguiente desecación de extensas áreas normalmente inundadas.

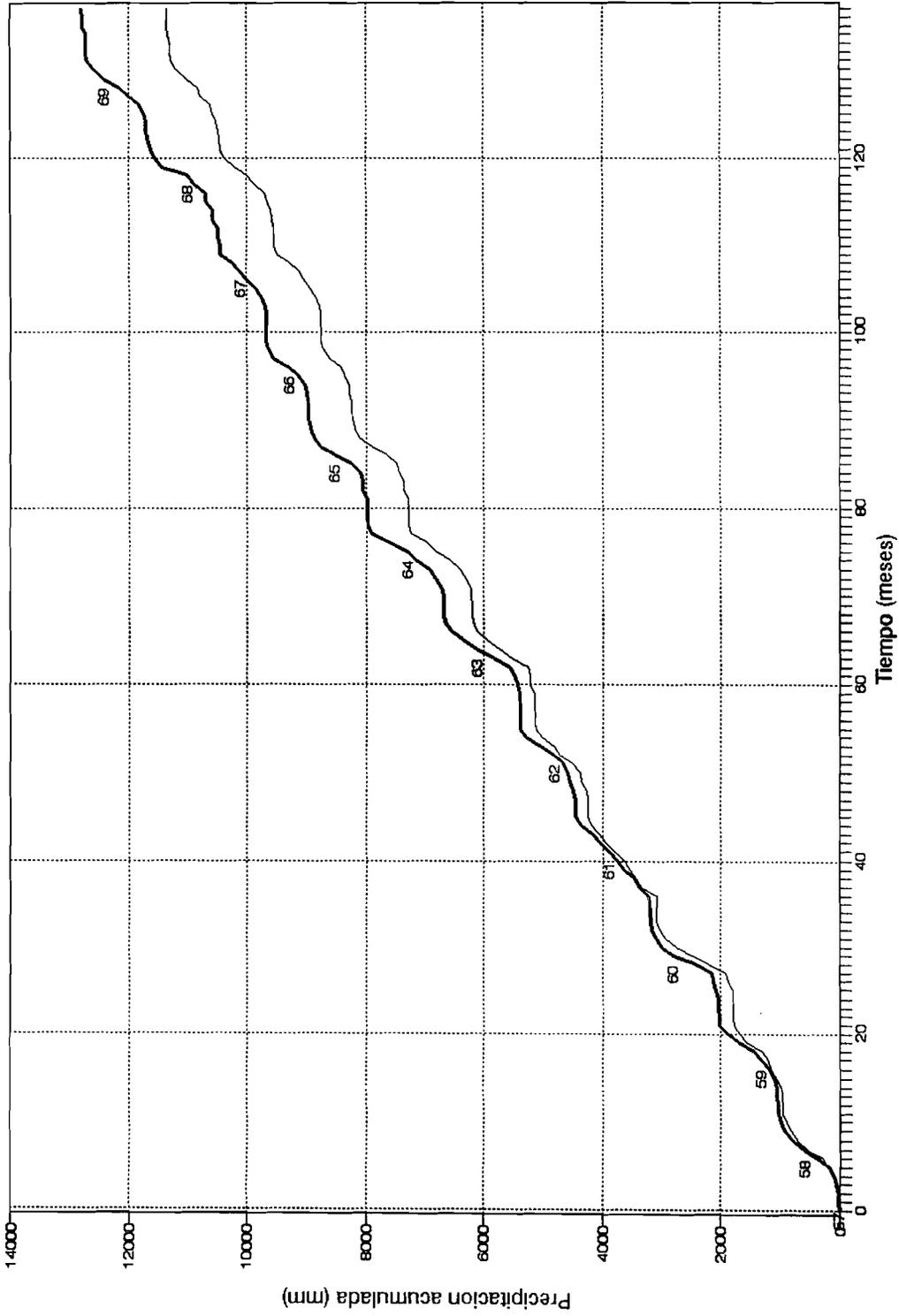
En resumen, se ha decidido eliminar de las series originales únicamente los datos ya mencionados de Isla Soto, aunque permanecen ciertas dudas sobre la fiabilidad de los valores registrados en los primeros meses de los años 1985 y 1986 en Isla Taquile, dada su excepcional magnitud.

COMPARACION ISLA TAQUILE - ISLA SOTO
Valores mensuales (1957-1969)



COMPARACION ISLA TAQUILE - ISLA SOTO

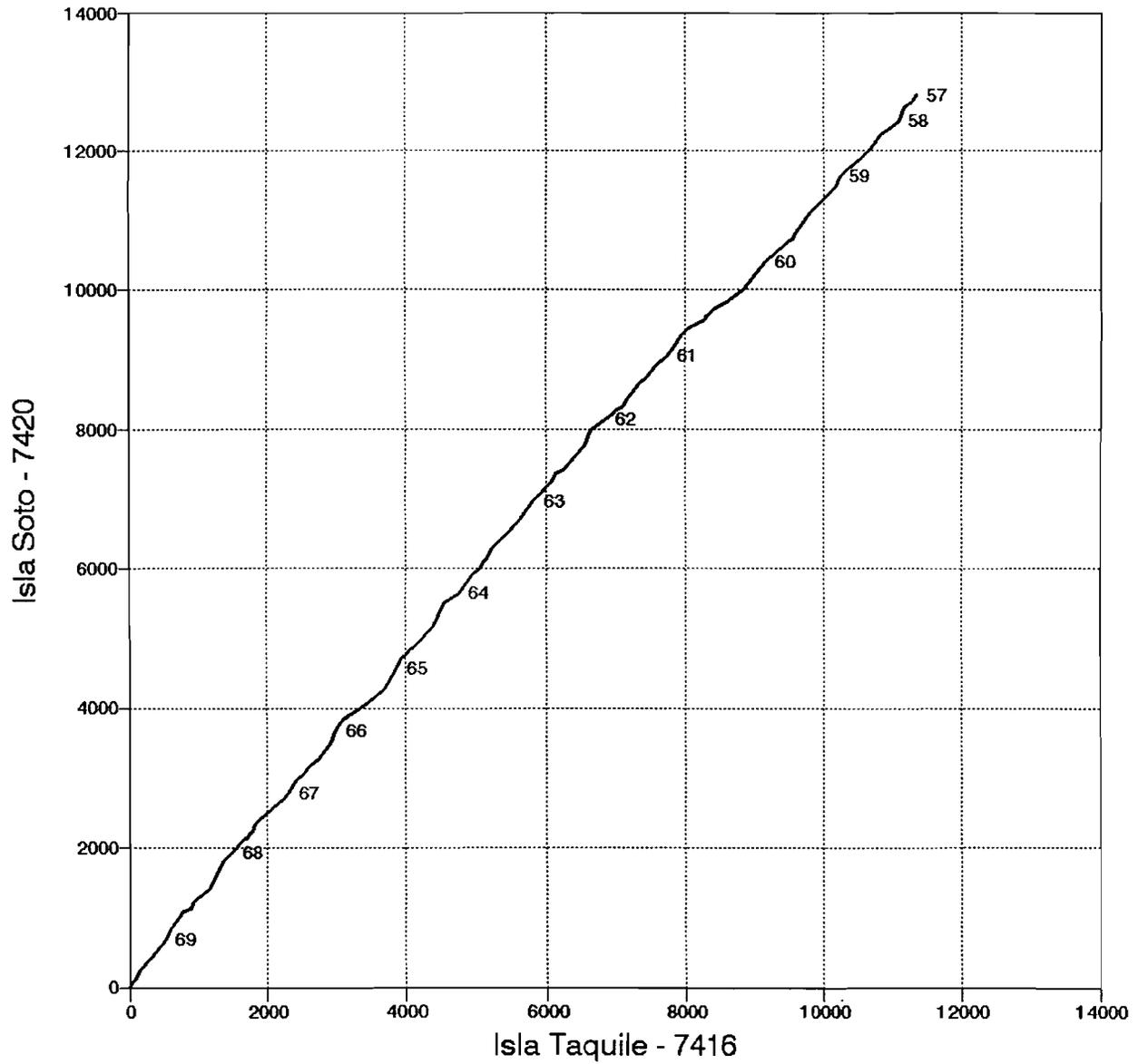
Valores mensuales acumulados (1 957-69)



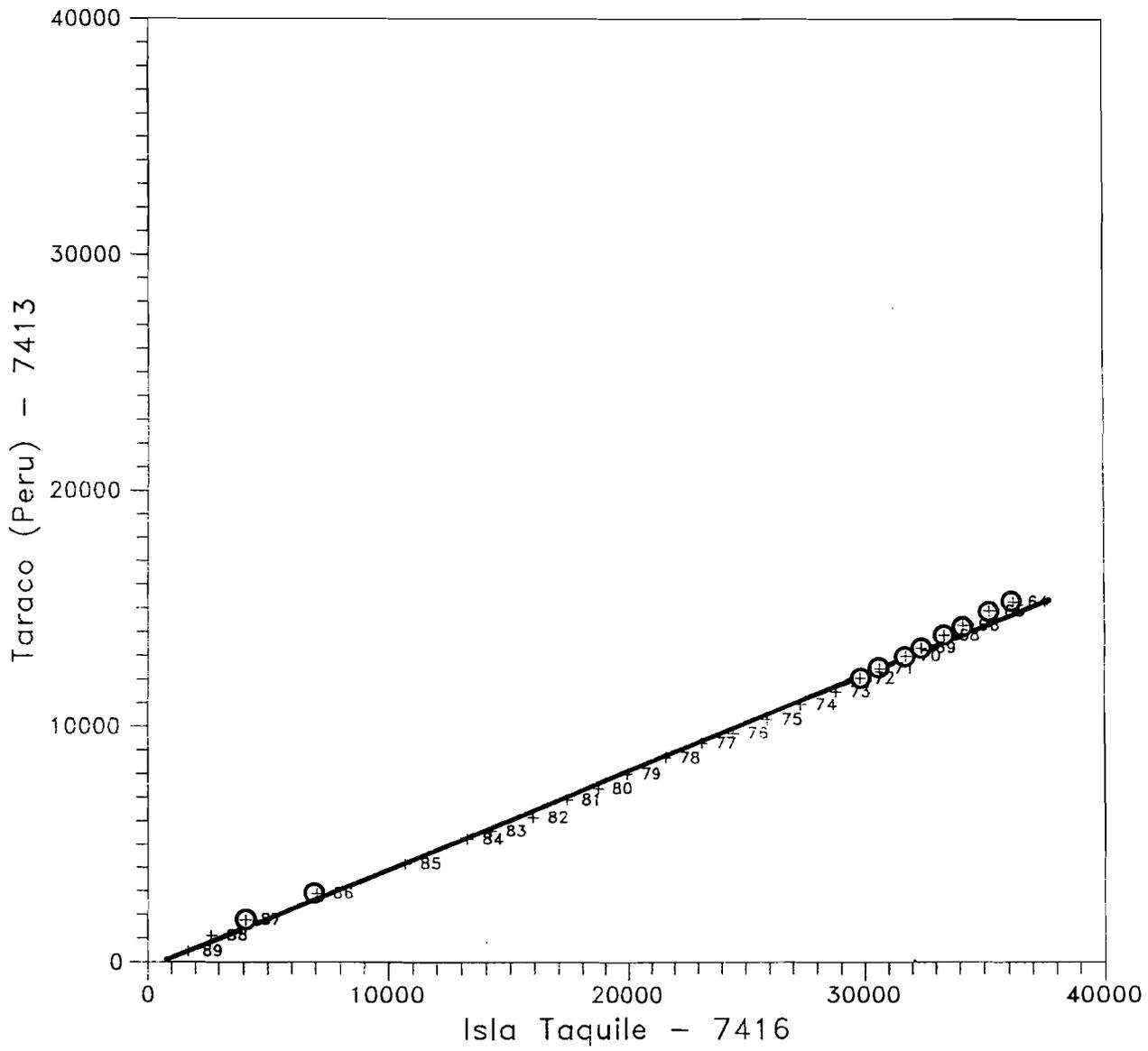
— Isla Taquile — Isla Soto



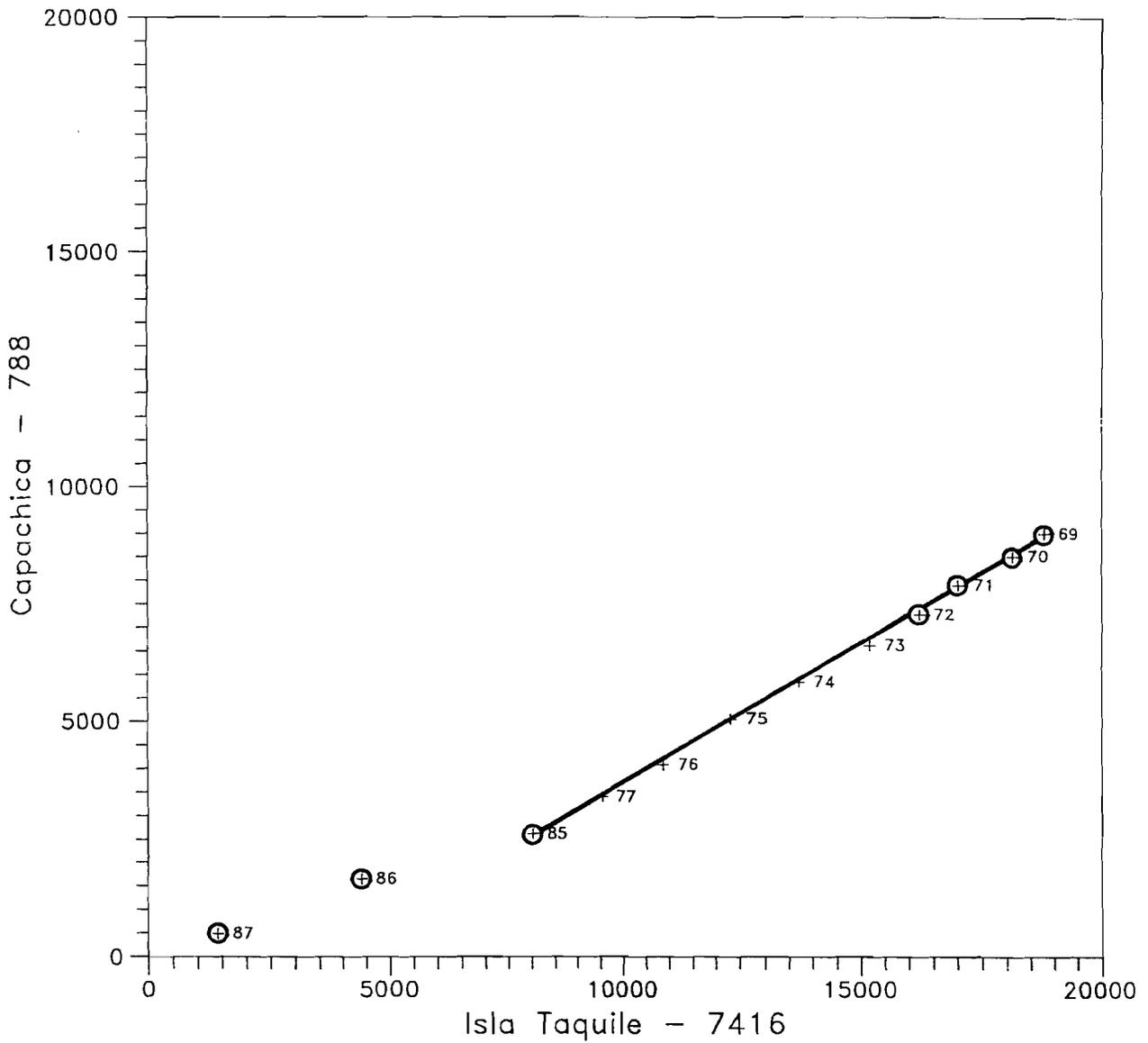
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES Nivel mensual



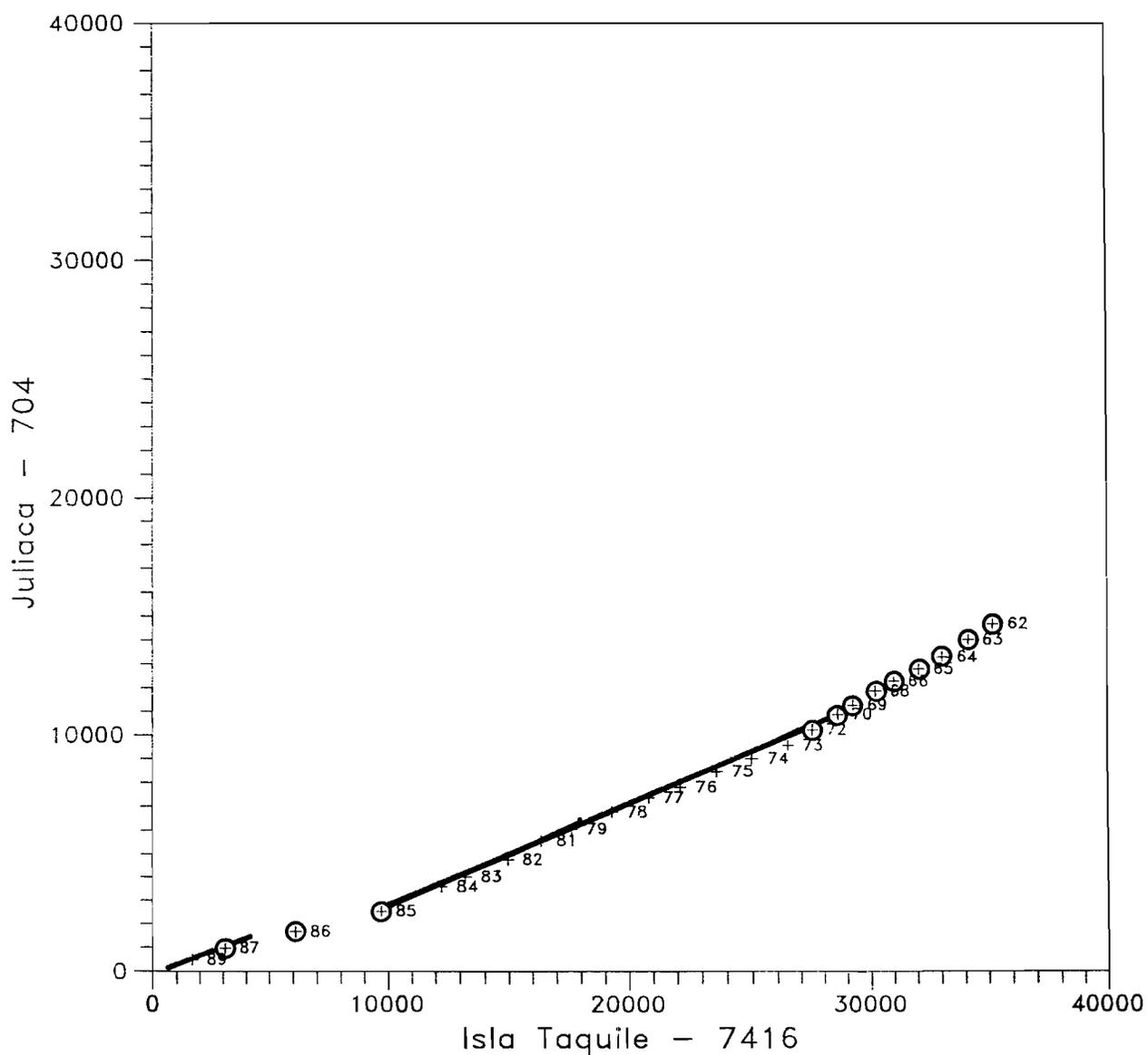
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



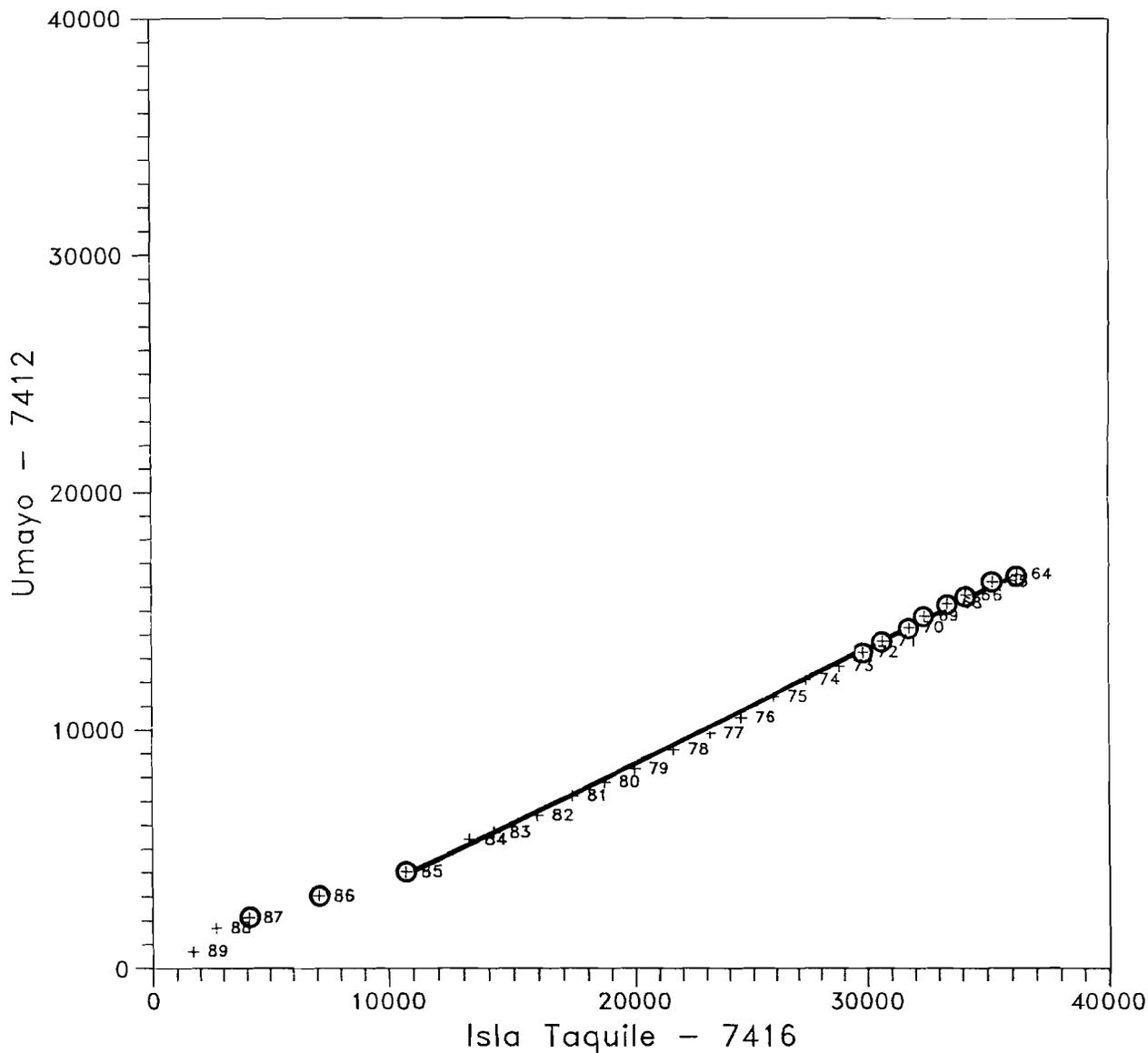
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



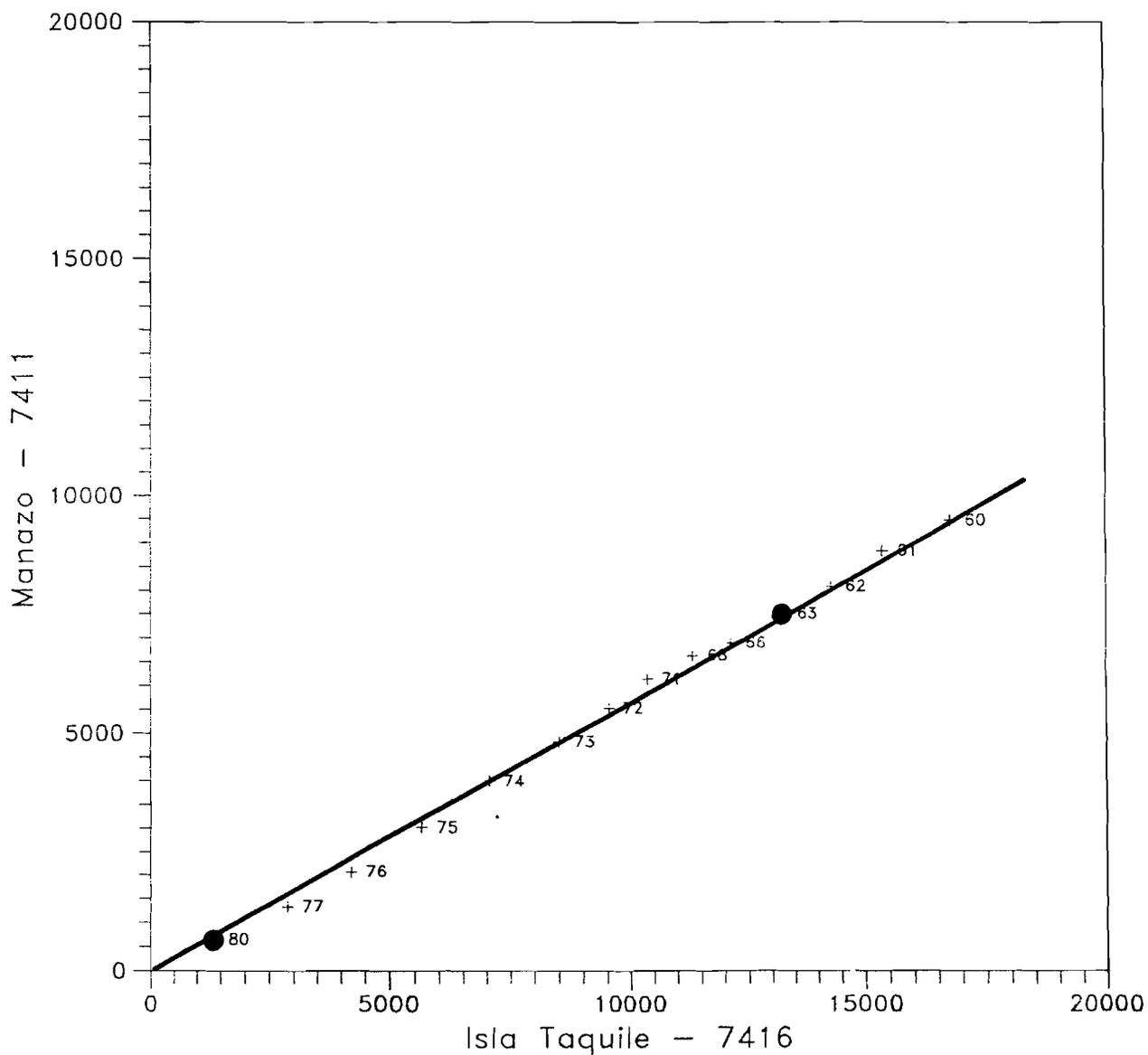
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



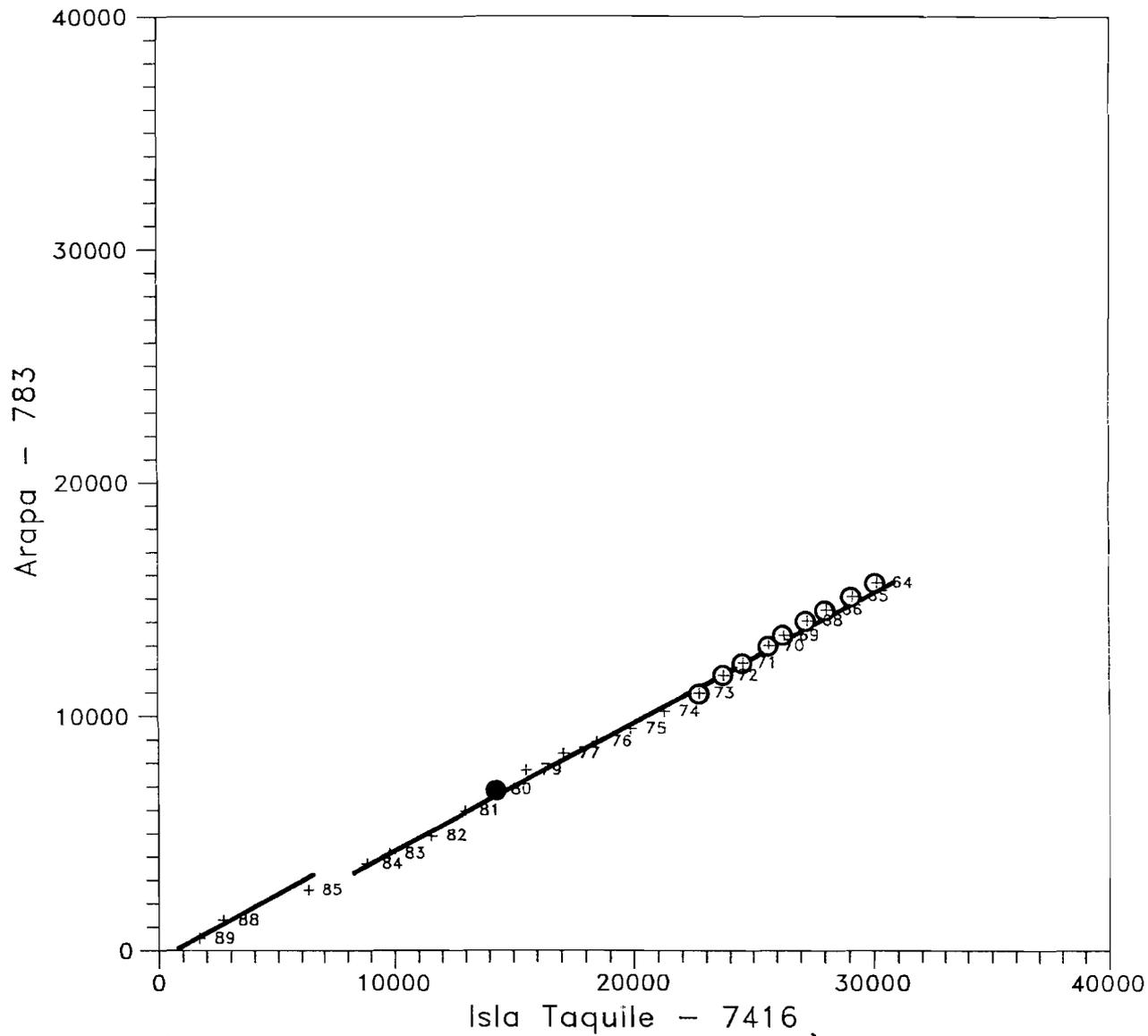
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



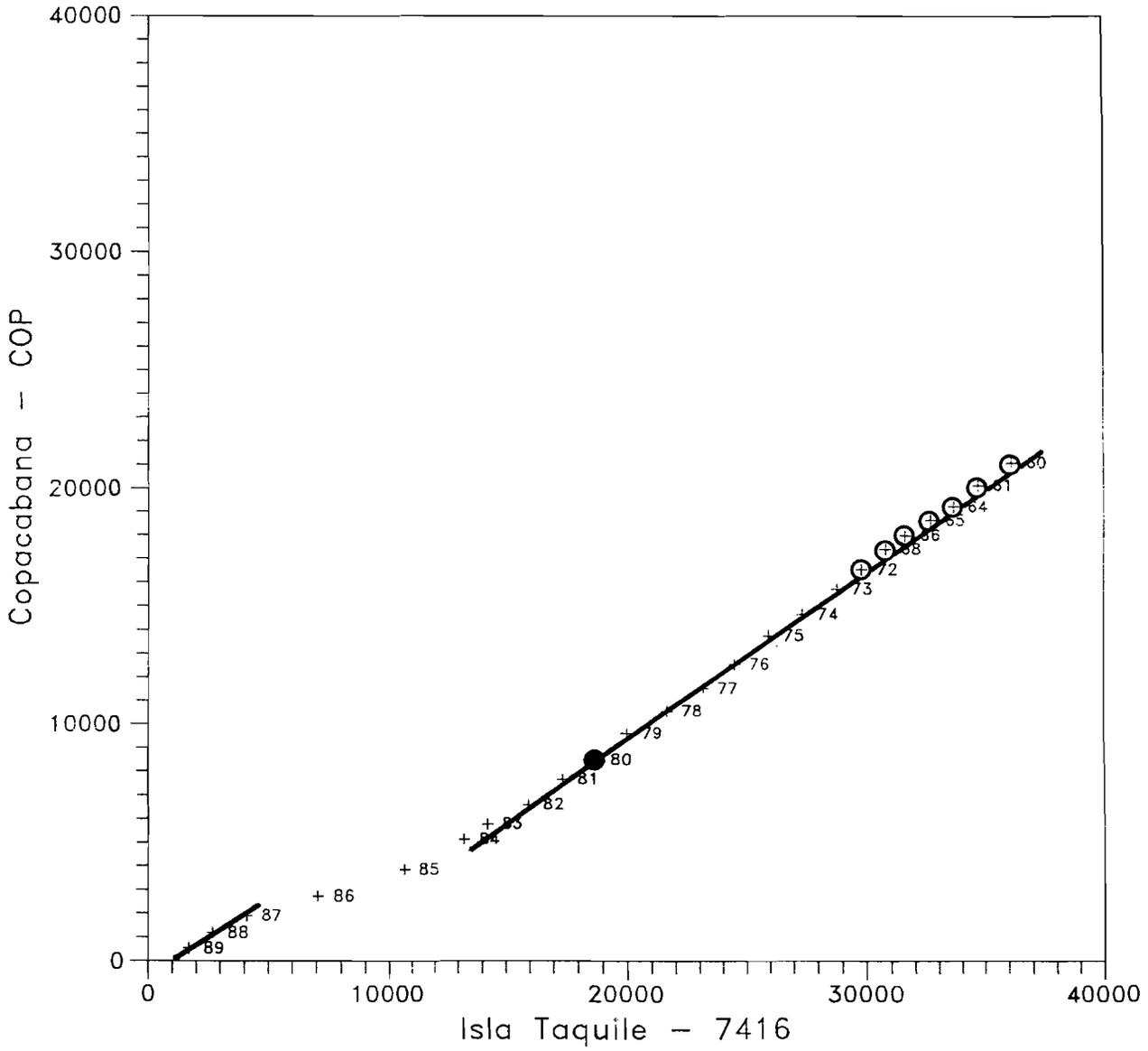
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



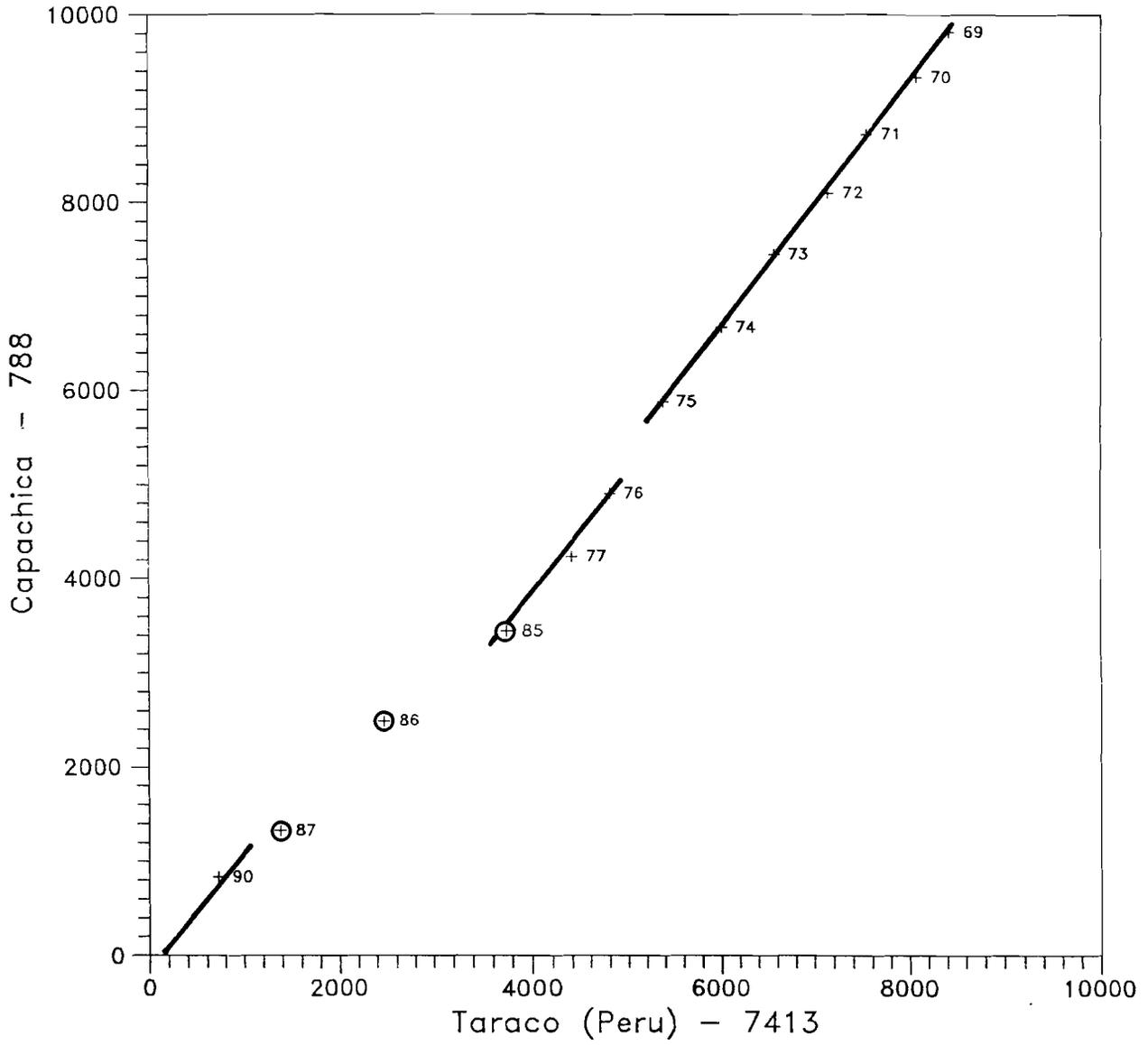
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



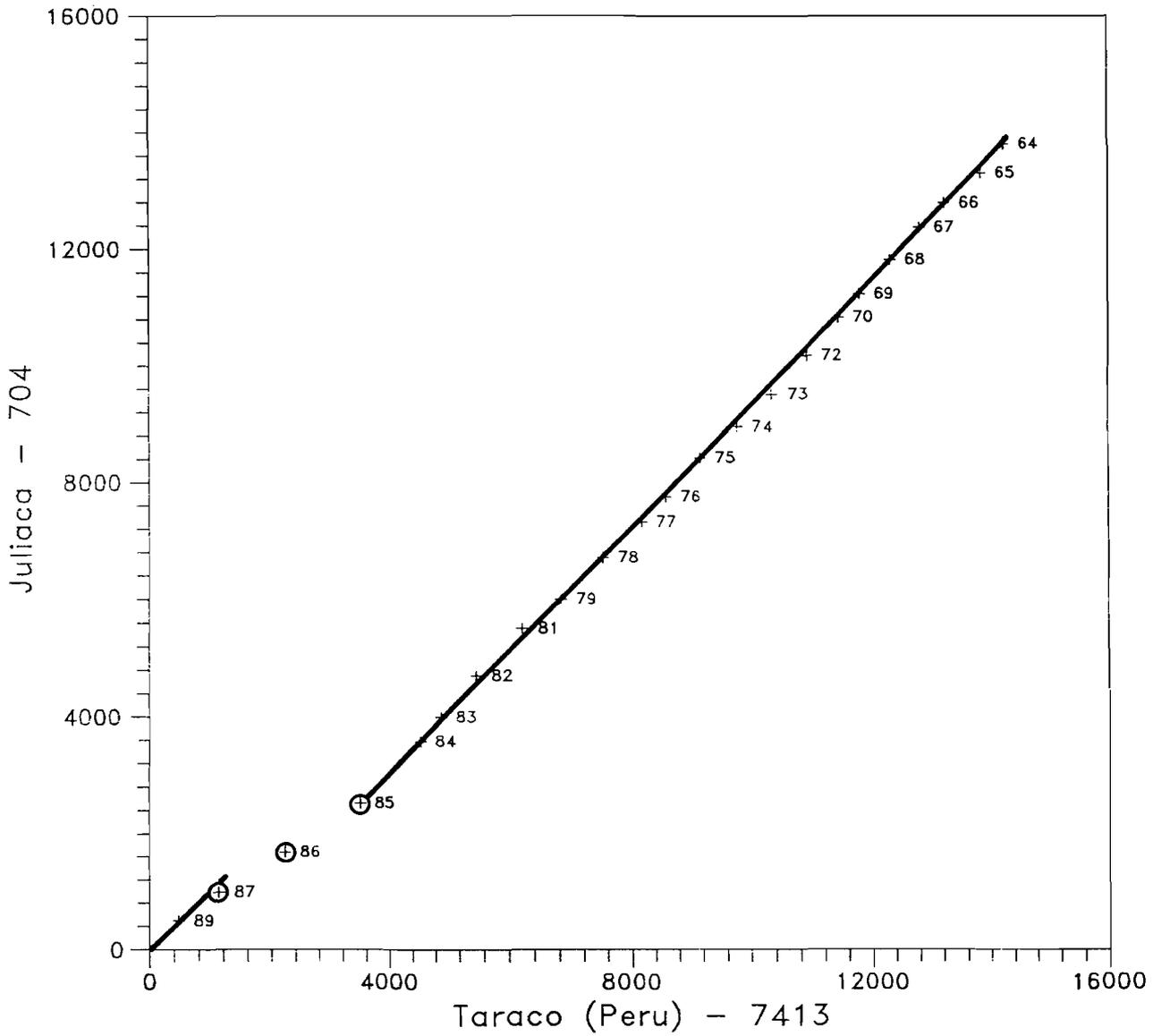
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



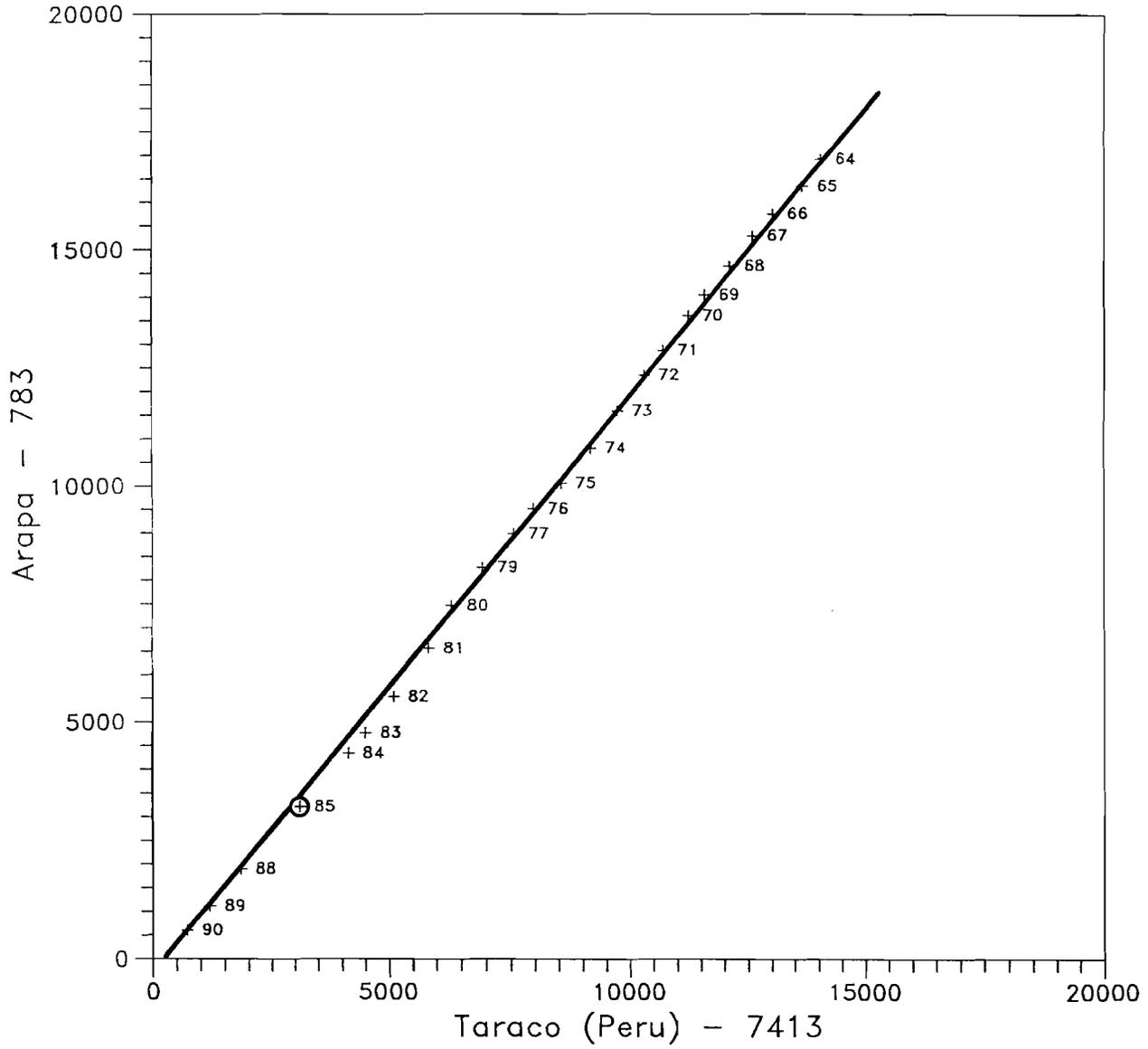
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



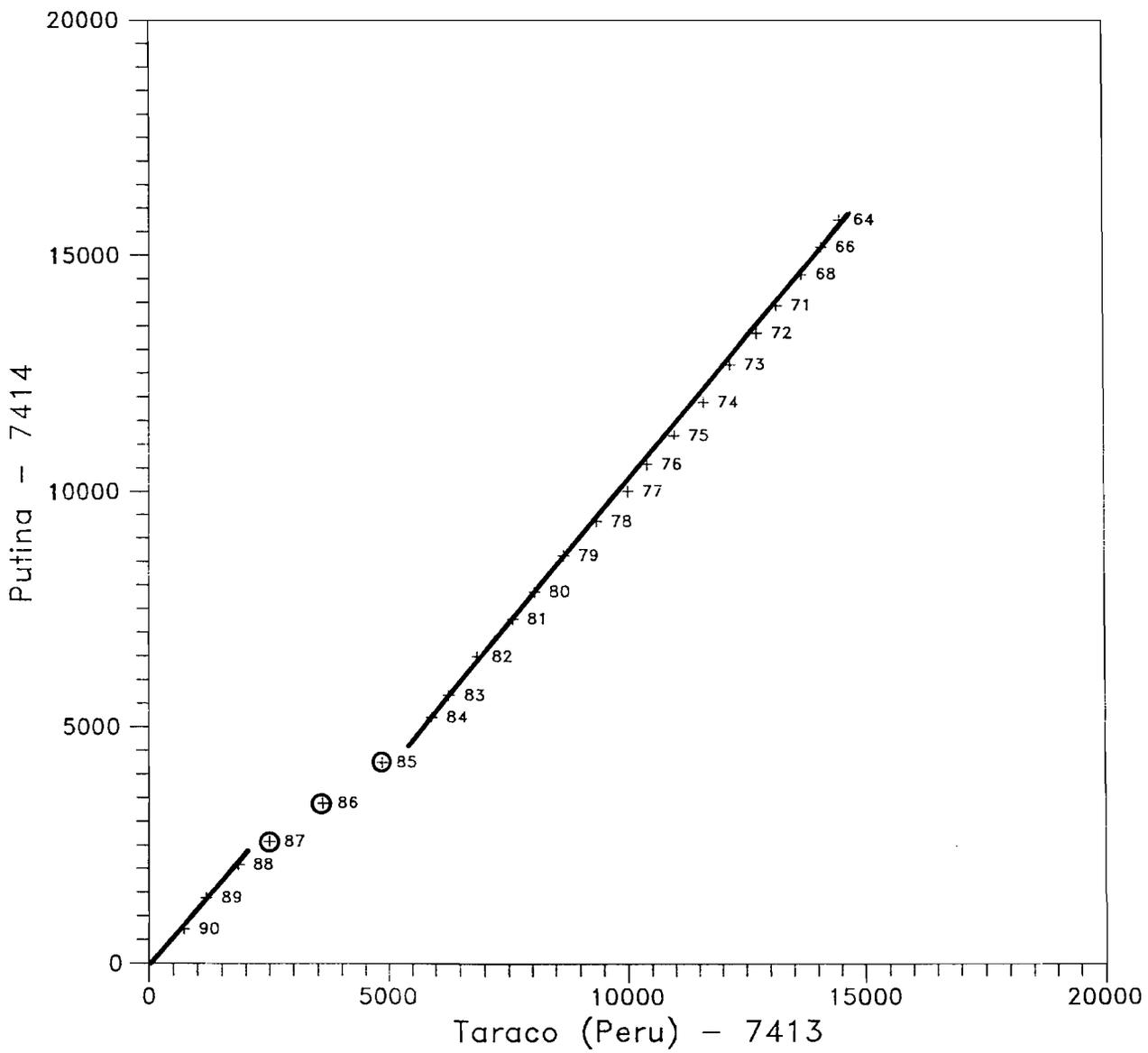
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



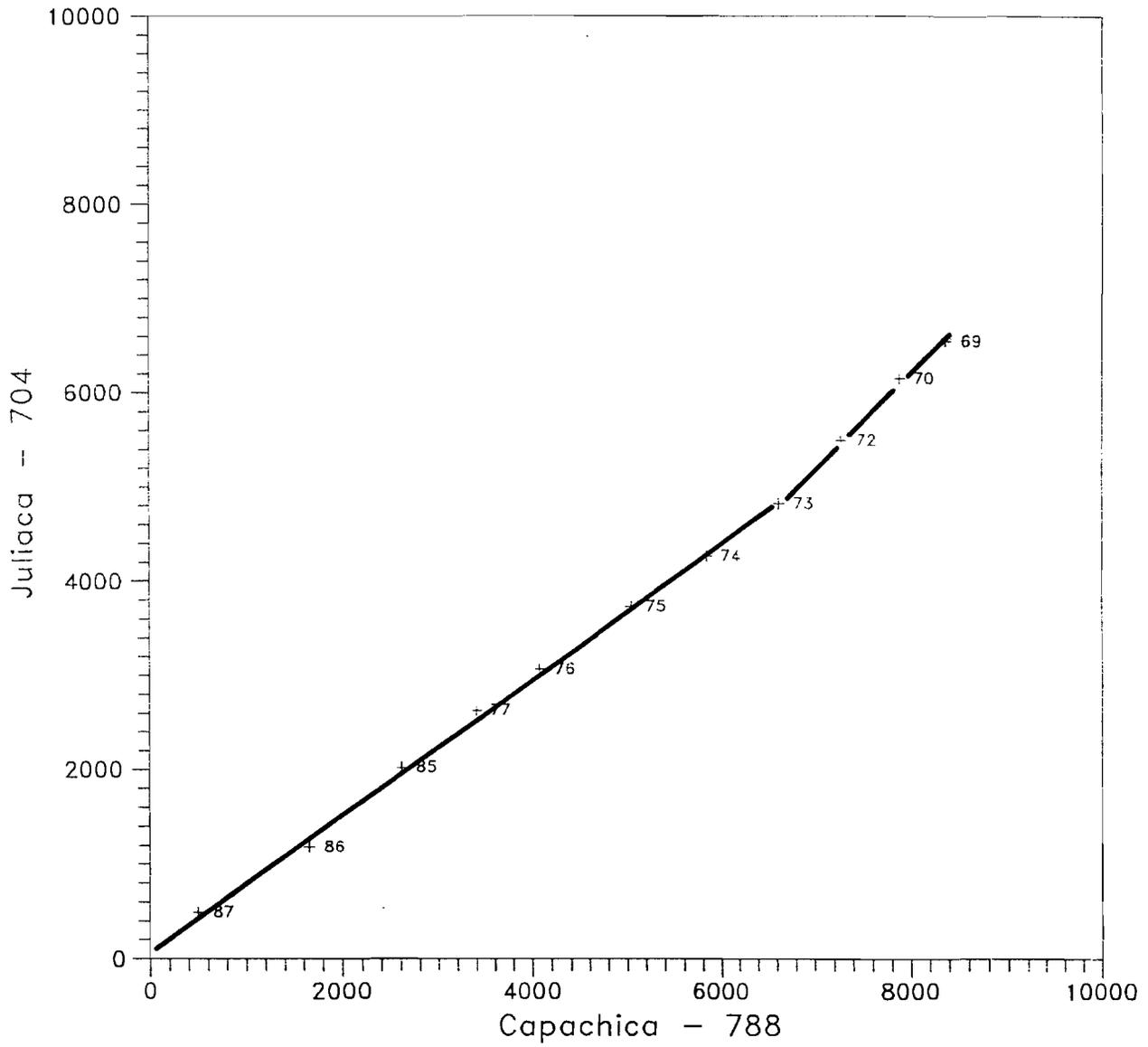
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



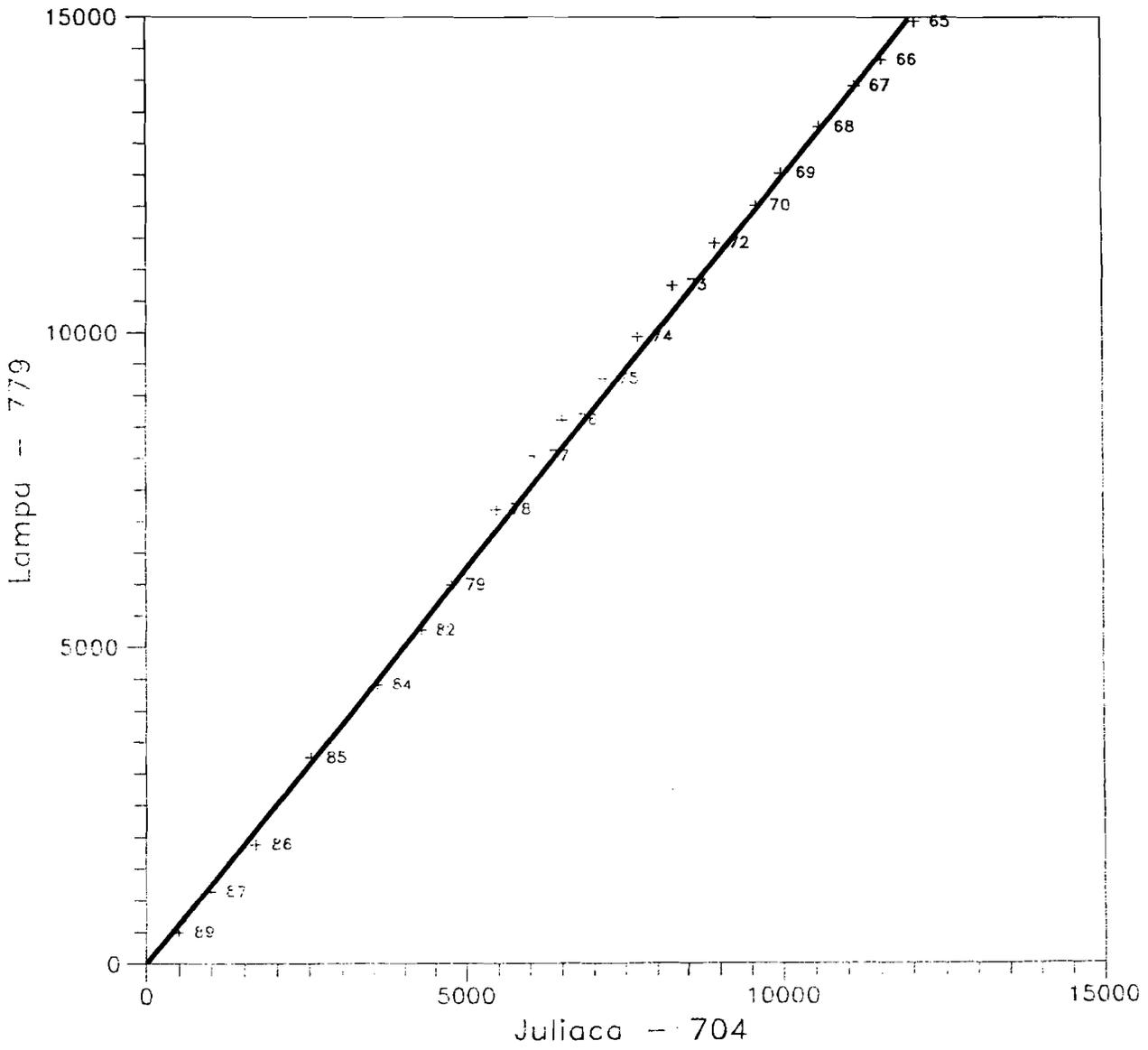
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



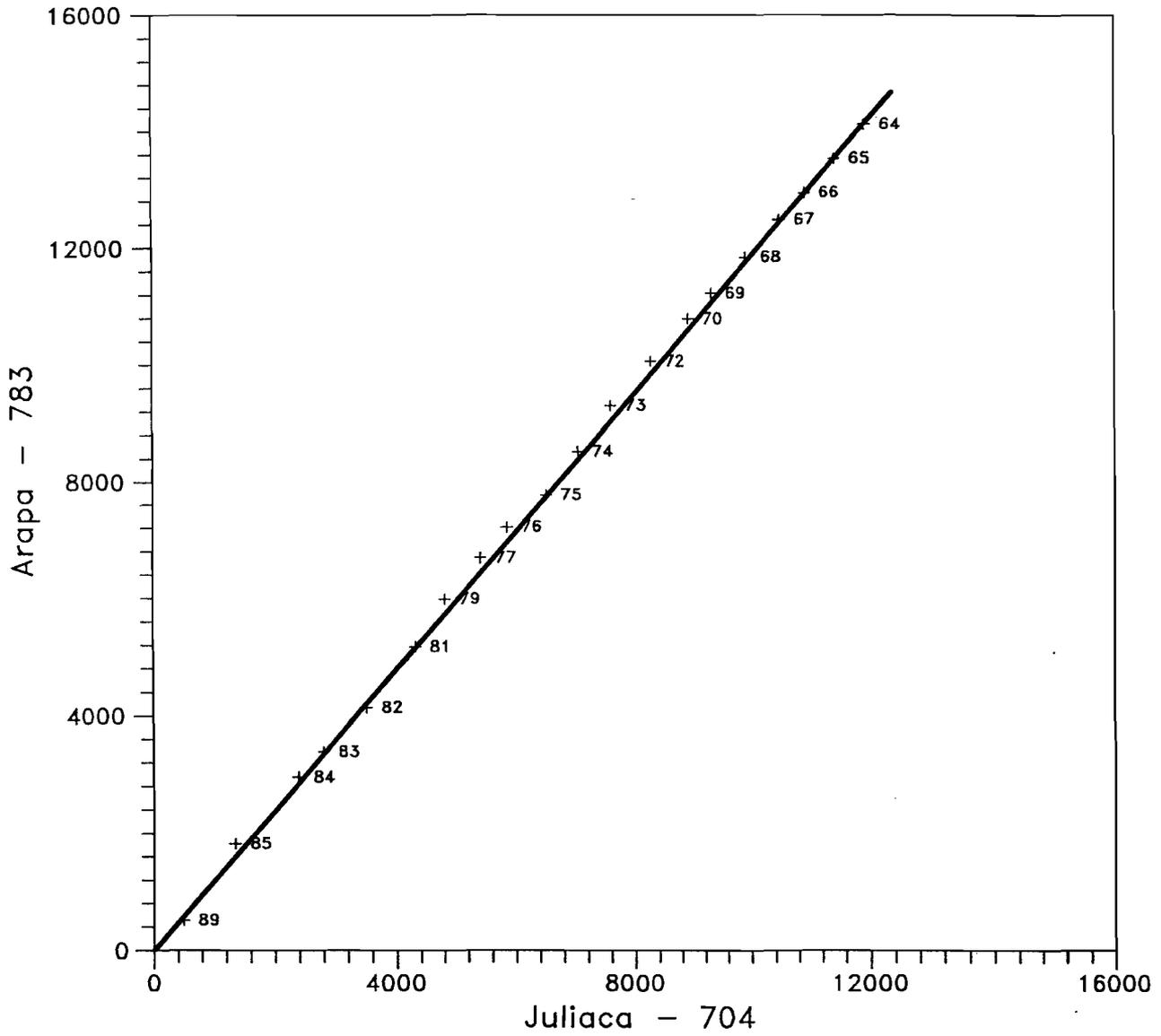
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



GRUPO 15

Está compuesto por las siguientes estaciones:

- Huaraya - Moho (787)
- Huancané (786)
- Conima (7425)
- Cojata (7421)
- Suchez (SUC)
- Puerto Acosta (PUA)
- Escoma (ESC)

Inicialmente figuraba en este grupo el observatorio de Isla Soto, y no estaban incluidos los de Cojata y Suchez. En el primer caso, se decidió pasarlo al grupo 14 por la excelente correlación con Isla Taquile. En cuanto a las estaciones de Cojata y Suchez, formaban parte en un principio del grupo 19, pero en los primeros contrastes se pudo constatar que la serie de Suchez presentaba una escasa correlación con las de la cuenca alta del río Ramis y sin embargo su relación era bastante buena con Cojata, Puerto Acosta y Huaraya-Moho. Por su parte Cojata se relacionaba bien tanto con Crucero y Ananea (cuenca alta del Ramis), como con Putina (grupo 16) y con Huaraya-Moho. En consecuencia y dado que tanto Suchez como Cojata se ubican en la cuenca del río Suchez (al igual que Escoma) se decidió su incorporación al grupo 15.

A pesar de estar todas las estaciones en el sector oriental del lago, la región cubierta por las mismas resulta climatológicamente bastante heterogénea. Las variaciones de precipitación son importantes, siendo el sector central próximo al lago el más lluvioso (Huaraya-Moho y Conima), máximo que se continua y acrecienta hacia el interior del Lago (Isla Soto). A partir de aquí, las precipitaciones decrecen hacia el Norte y hacia el Sur (especialmente entre Puerto Acosta y Escoma). Esta variabilidad parece estar ligada al mayor o menor efecto barrera que ejerce la cordillera oriental, dependiendo de la distancia y altitud de la divisoria (que en Escoma se encuentra muy próxima). Un efecto similar debe ser el causante del mínimo pluviométrico representado por el observatorio de Suchez, que se ubica en el sector de cabecera de su cuenca pero en el seno de un valle rodeado por cimas muy elevadas.

Además de las anomalías naturales que se observan en el año 1983, que por otra parte fueron generales en la mayor parte del Altiplano, los contrastes llevados a cabo han permitido identificar otras en los distintos pluviómetros:

Huaraya-Moho (787) : las irregularidades que aparecen en los contrastes son ajenas a esta estación por lo que su serie puede ser considerada como correcta.

Fuera del período de contraste, los meses de noviembre y diciembre de 1956 han sido eliminados de las series originales (figuraban con precipitación nula).

Huancané (786) : su régimen pluviométrico presenta influencias de los grupos 15 y 16, por lo que ligeras anomalías que se reflejan en el contraste con pluviómetros de uno de los grupos desaparecen al comparar con pluviómetros del otro. En consecuencia la validación de sus datos se ha llevado a cabo con las estaciones más representativas de ambos grupos, Huaraya-Moho y Putina, que son a su vez los observatorios más próximos en dirección norte y sur. El único dato claramente erróneo corresponde a Enero de 1984, que ha sido suprimido de los registros.

Conima (7425) : el período 1979-82 aparece en las dobles acumulaciones como anómalo (aunque no todos los años). En la correspondiente revisión a nivel mensual se han suprimido los valores correspondientes a Octubre de 1979 y Diciembre de 1982, no habiéndose detectado más errores evidentes en este período. El contraste con Huancané muestra una ligera anomalía durante buena parte de la década de los 70; dicha anomalía se acentúa con otros observatorios hacia el Sur y corresponde aparentemente a un fenómeno natural.

Cojata (7421) : este pluviómetro, inicialmente incluido en el grupo 19, fue trasladado junto con el de Suchez al grupo 15 por las razones aducidas anteriormente. Los contrastes efectuados permiten catalogar la serie como correcta, con la única excepción del mes de octubre de 1979, que ha sido eliminado por su carácter presumiblemente erróneo.

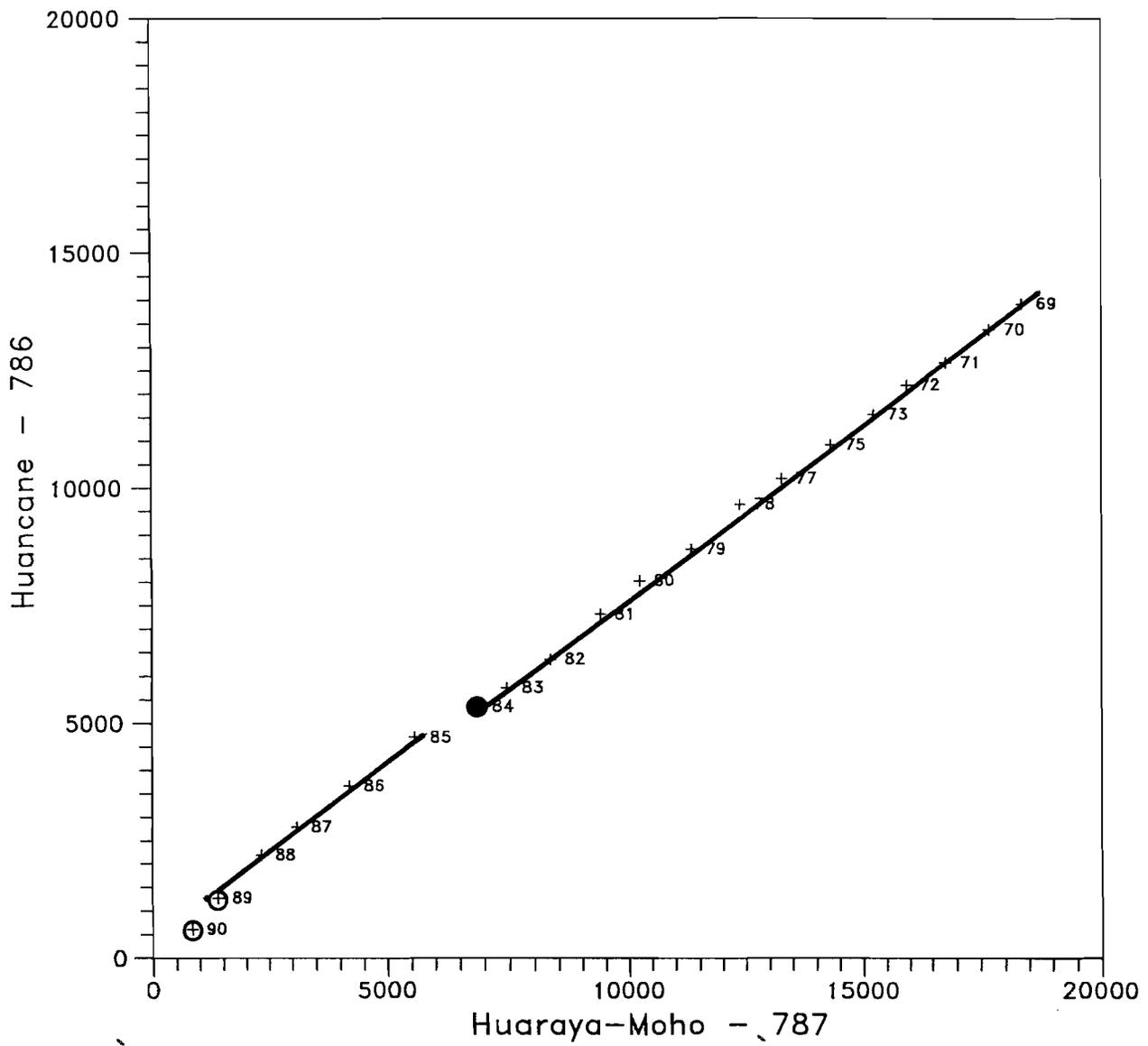
Suchez (SUC): trasladado igualmente desde el grupo 19, este observatorio representa un mínimo pluviométrico en el sector debido a su ya comentada peculiar situación geográfica, en un valle rodeado de cimas muy elevadas. El contraste de sus datos con los de Cojata, Puerto Acosta y Huaraya-Moho resulta muy bueno, y no ha permitido detectar ninguna anomalía ni error significativo.

Puerto Acosta (PUA): al igual que en el caso de Huancané, este observatorio (y el situado inmediatamente en dirección sur, Escoma) muestra influencias de distintos grupos (15, 12 y 11), por lo que la validación de sus datos exige contrastes regionales. En los años 1973 y 1974 se detectan irregularidades en las dobles masas que, una vez investigadas a nivel mensual, parecen corresponder en el primer caso a un fenómeno natural, y en el segundo a la existencia de datos erróneos en Marzo y Agosto de 1974. Además de estos registros se han suprimido de la serie los correspondientes a Enero de 1980, Noviembre de 1981 y Enero de 1982 por su carácter evidentemente erróneo, aunque algunos de ellos tienen escasa incidencia en las dobles acumulaciones.

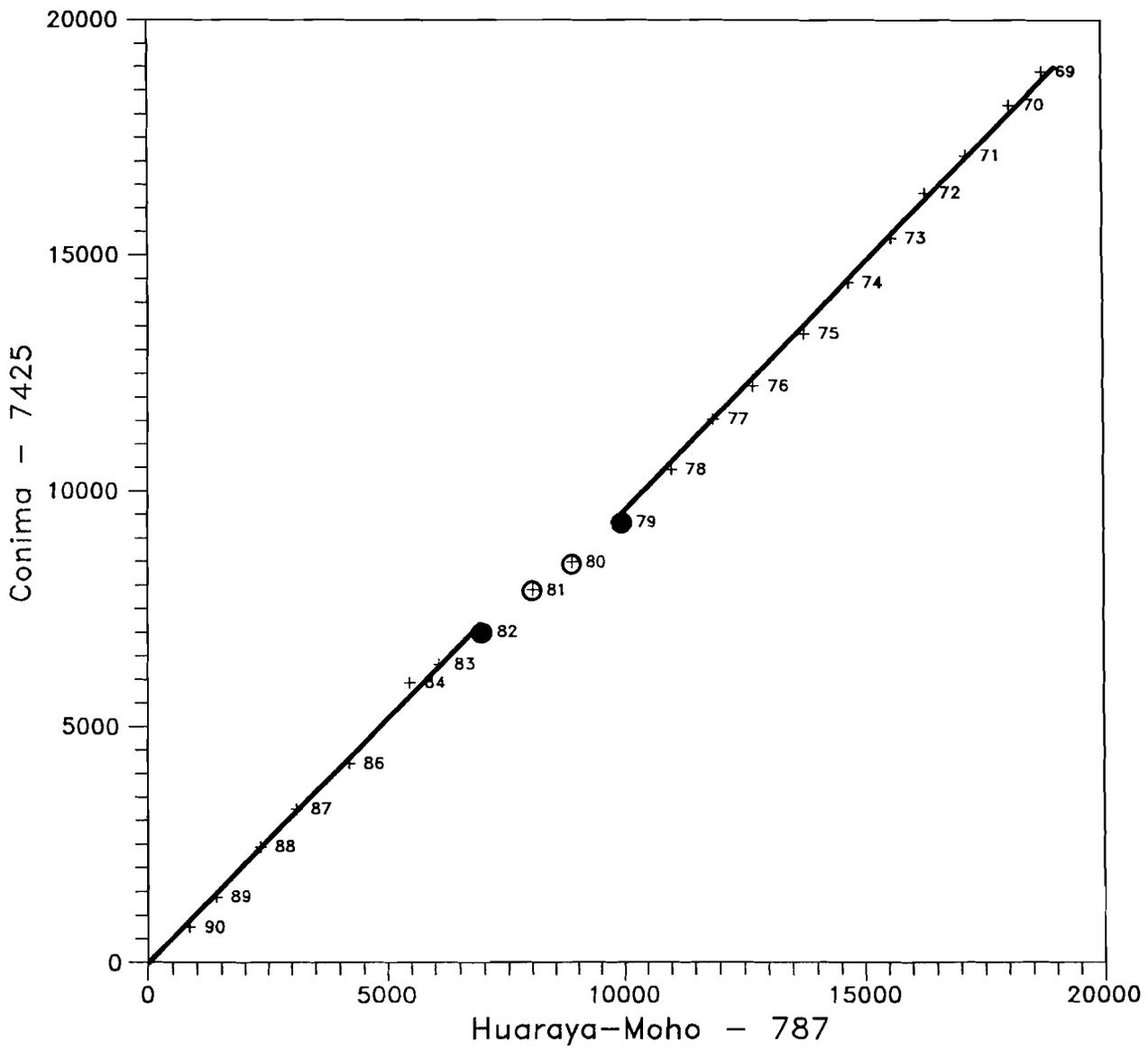
Escoma (ESC) : su ubicación, a corta distancia de la divisoria amazónica, le confiere un cierto carácter singular, que se manifiesta por una fuerte reducción de la precipitación y por un régimen a medio camino entre los de los tres grupos colindantes (15, 12 y 11). El análisis de su serie ha permitido detectar los siguientes errores que han sido eliminados: Febrero, Abril, Mayo, Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre de 1966 (en todos ellos aparecen valores nulos), Enero, Marzo, Abril, Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre de 1973 y Febrero de 1974 (el mes

anterior no tiene registros). Además de estos errores se han detectado como ligeramente anómalos los años 1971 y 1978, pero en ambos casos parecen responder a fenómenos naturales. Concretamente en el año 1978 se produce una fuerte disminución de la precipitación entre el sector septentrional (de Puerto Acosta hacia el Norte) y el sector meridional (Escoma-El Belem-Isla del Sol).

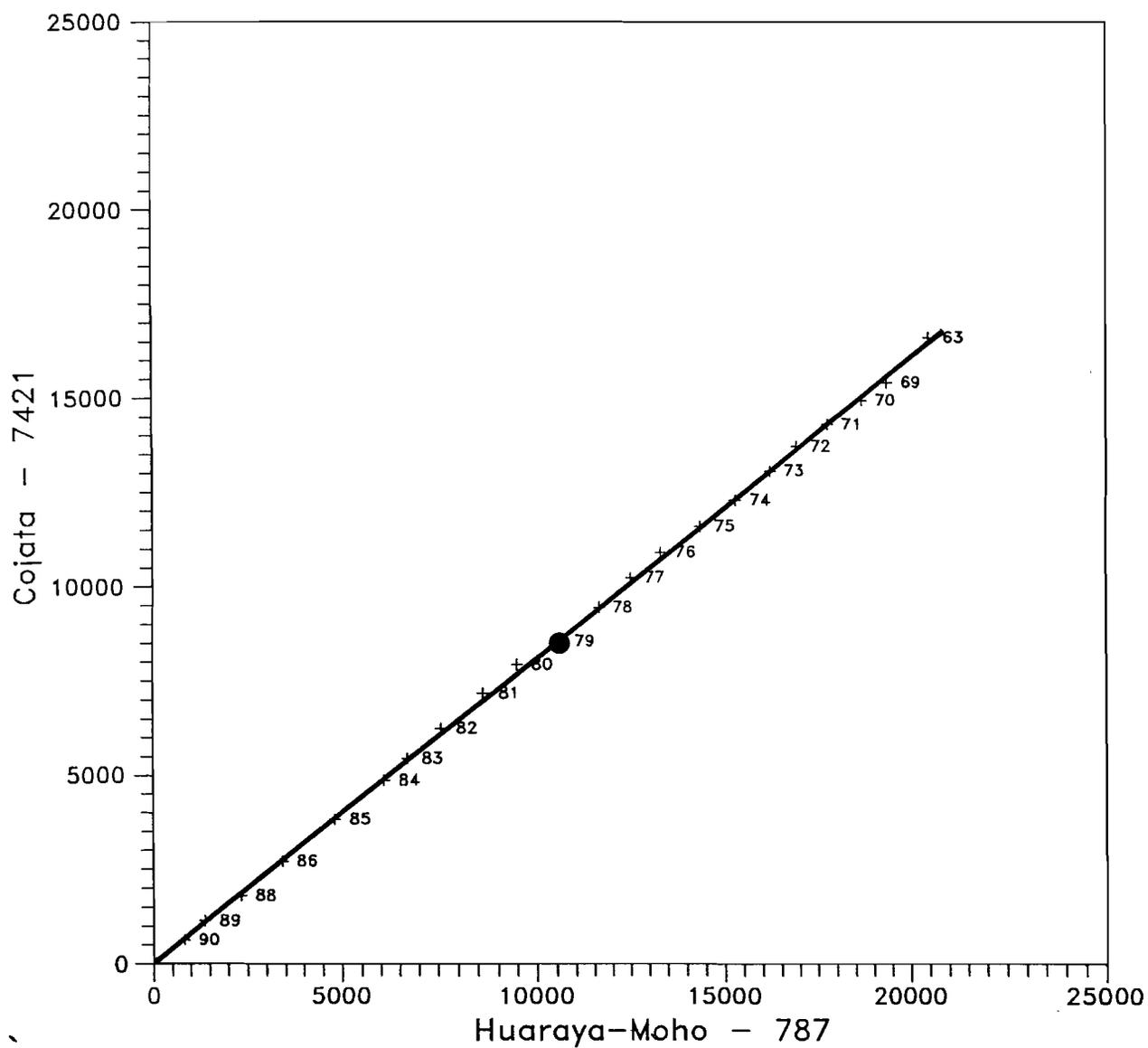
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



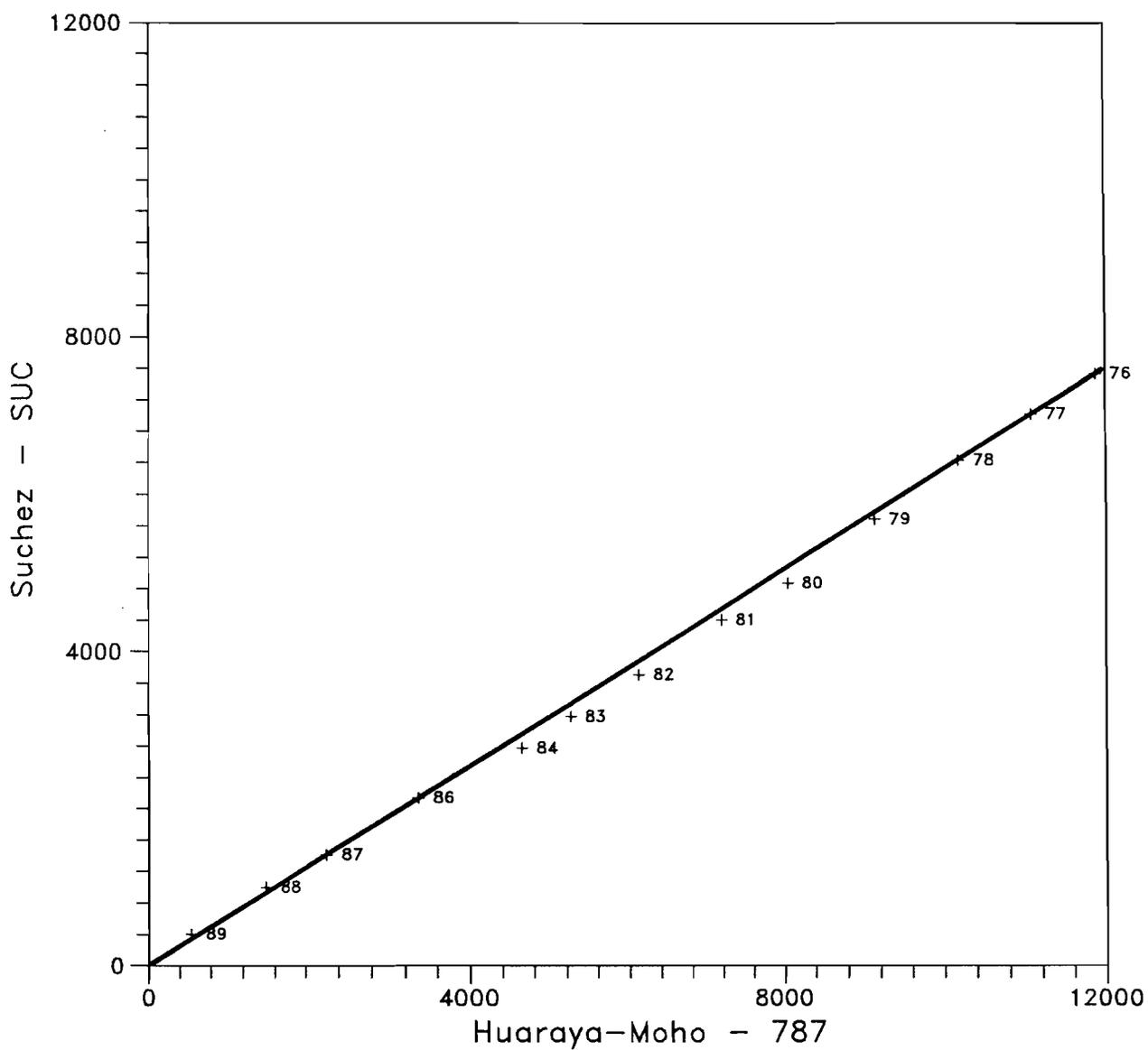
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



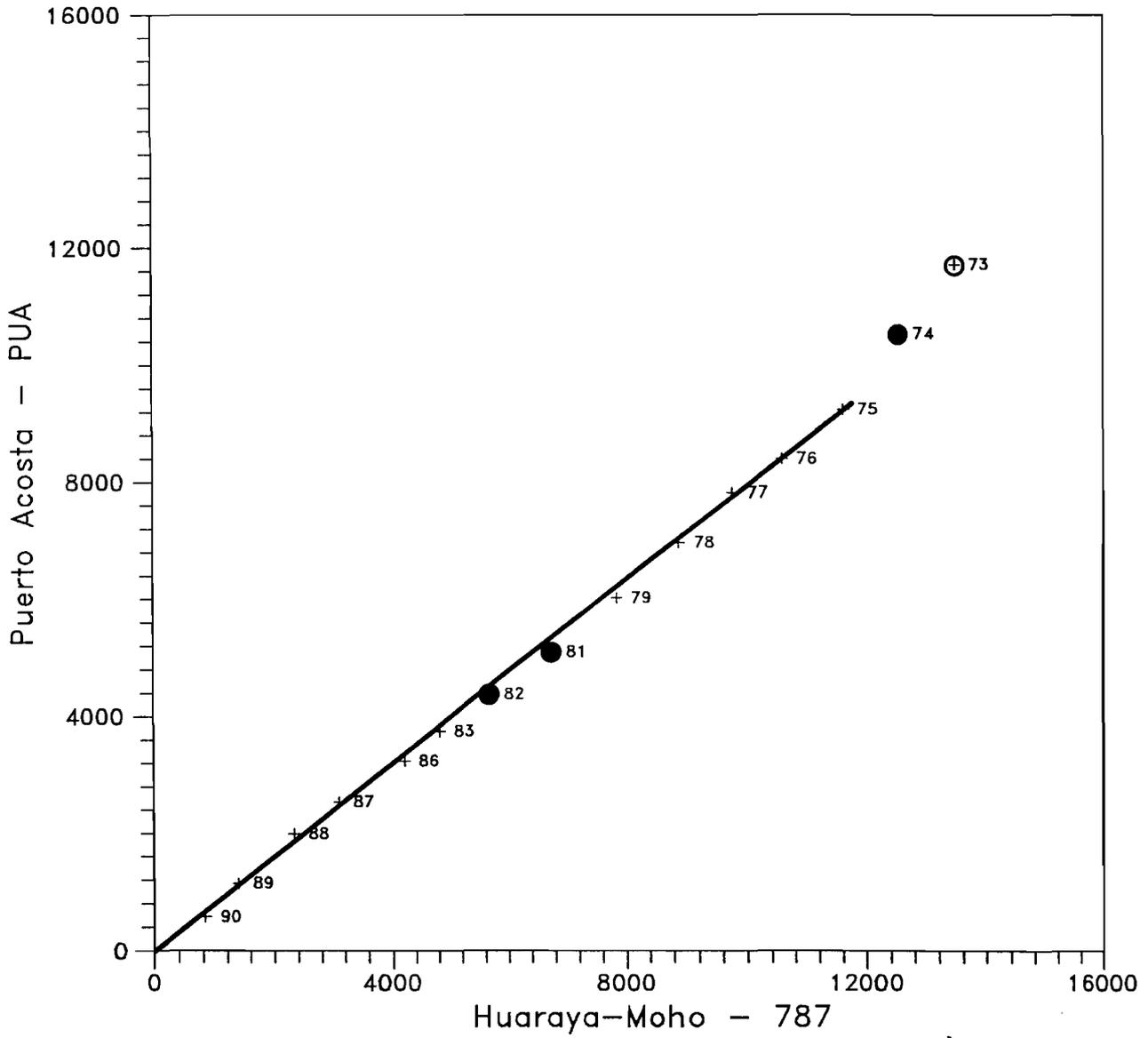
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



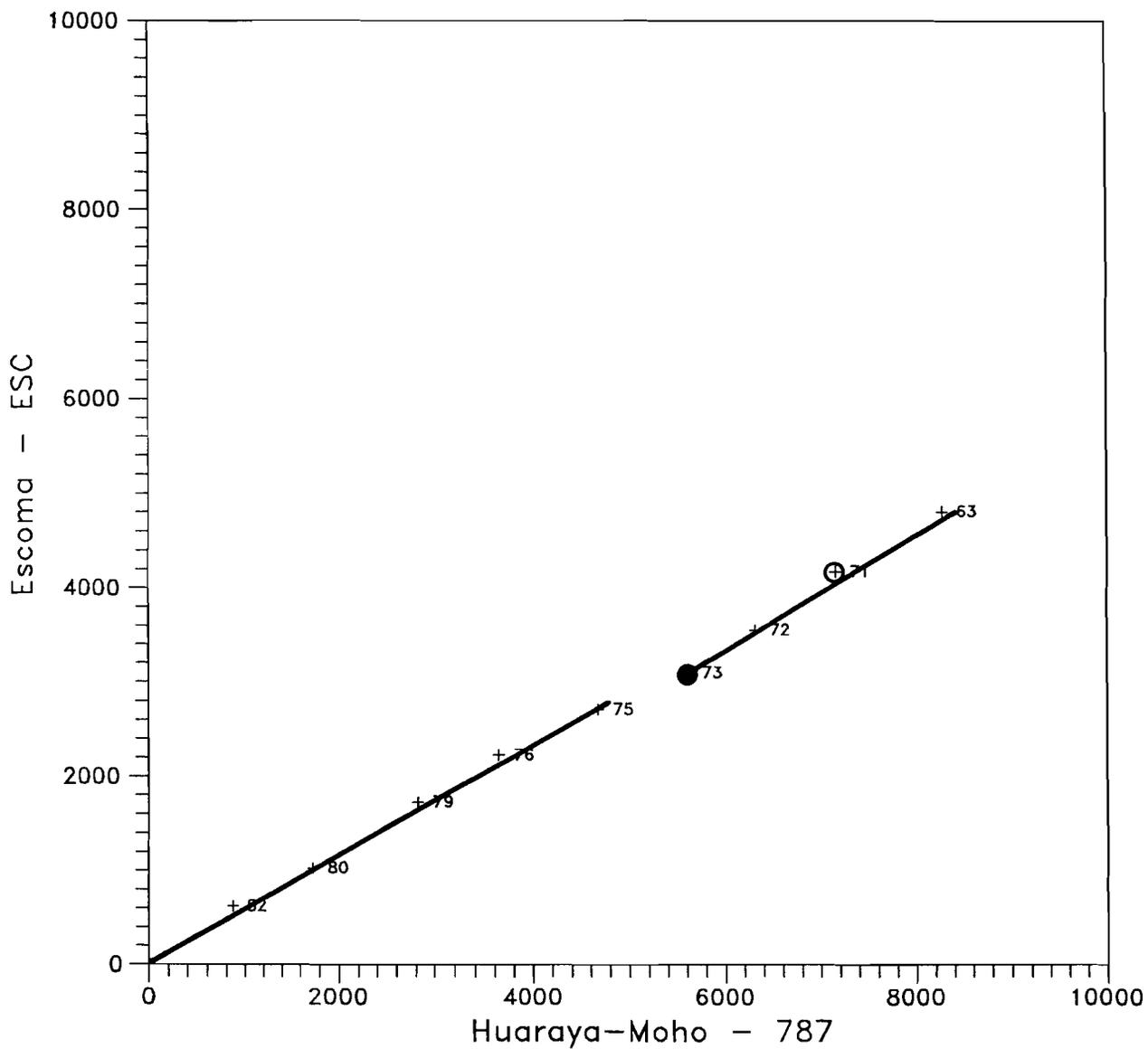
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



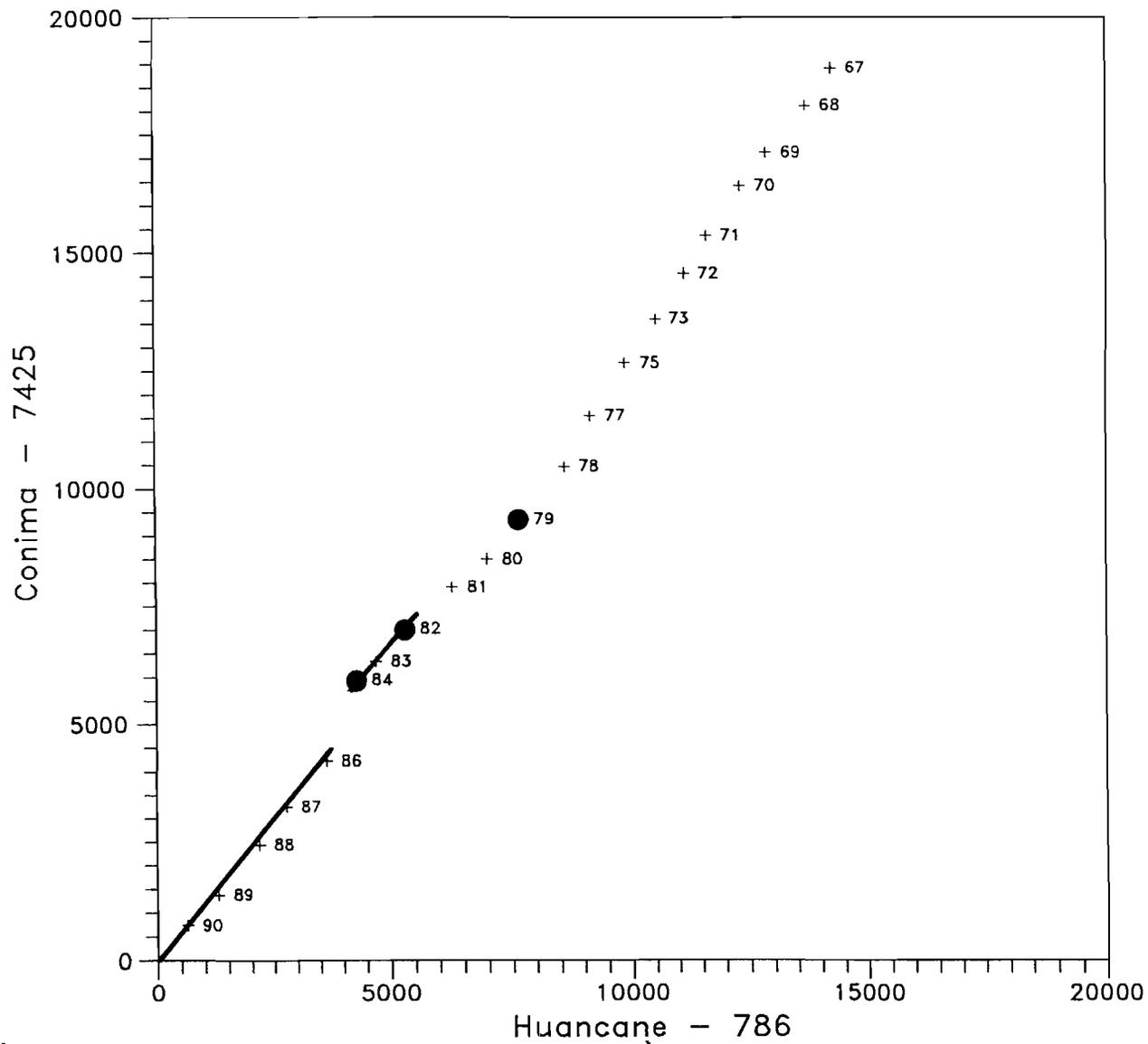
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



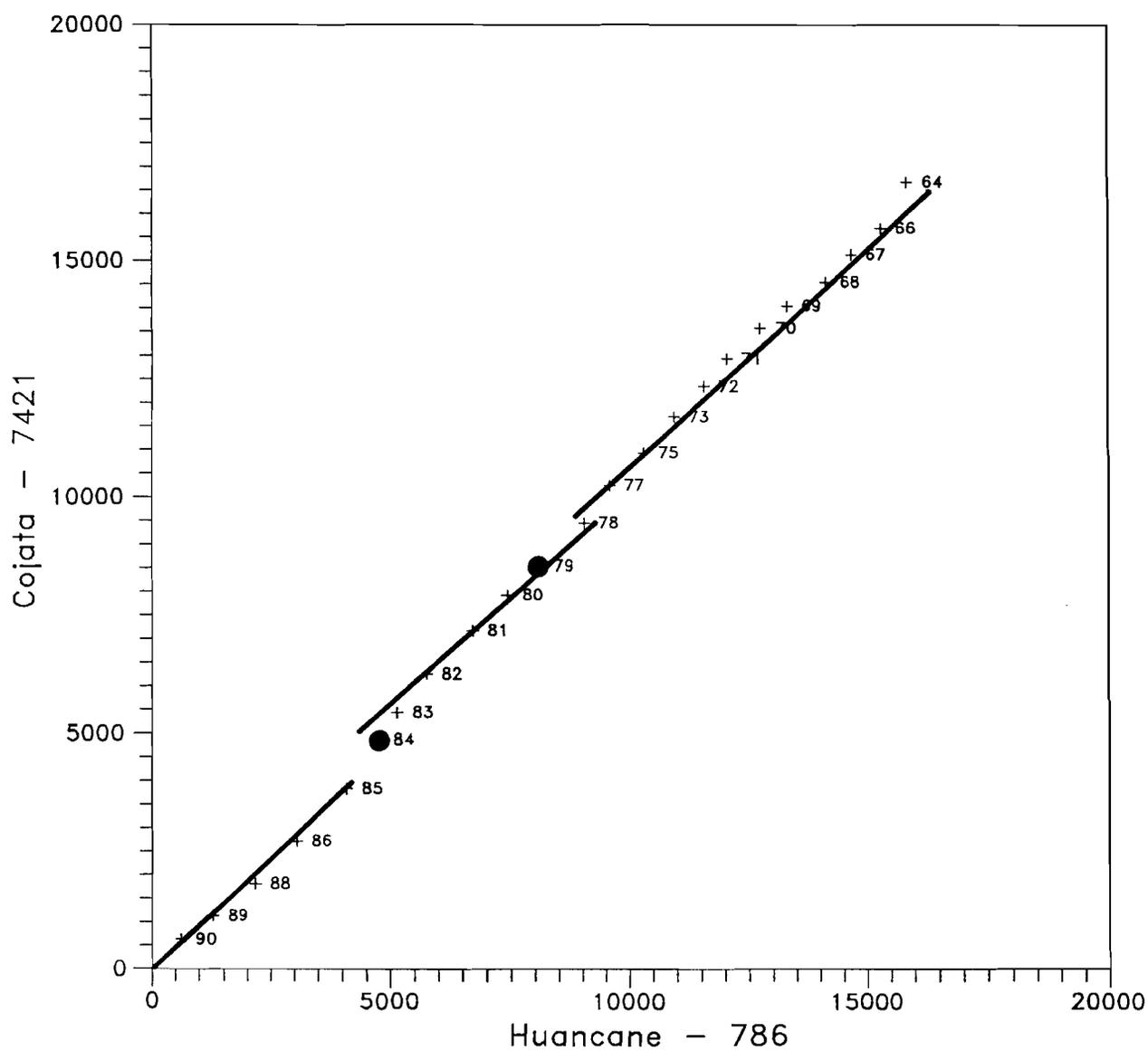
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



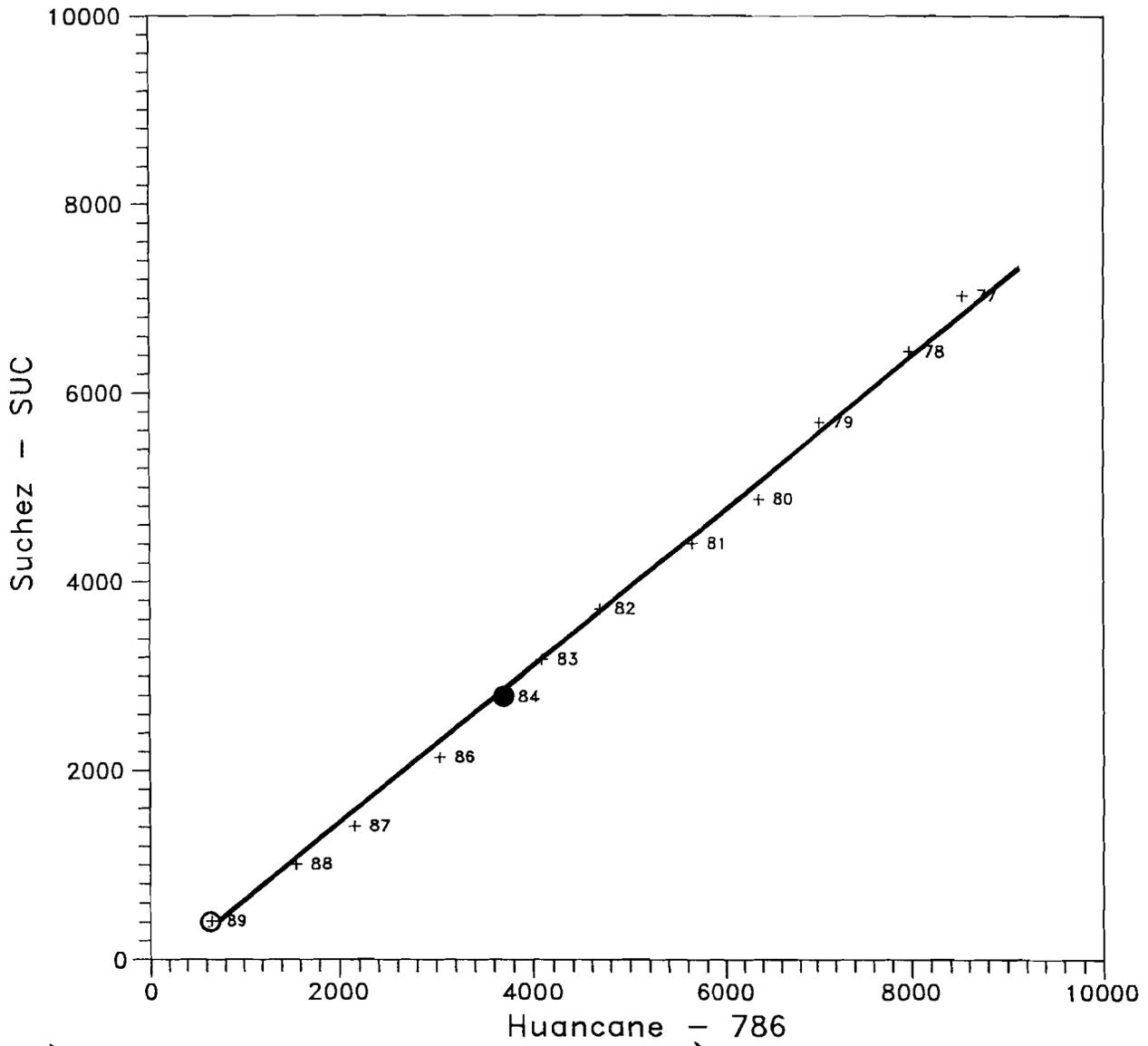
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



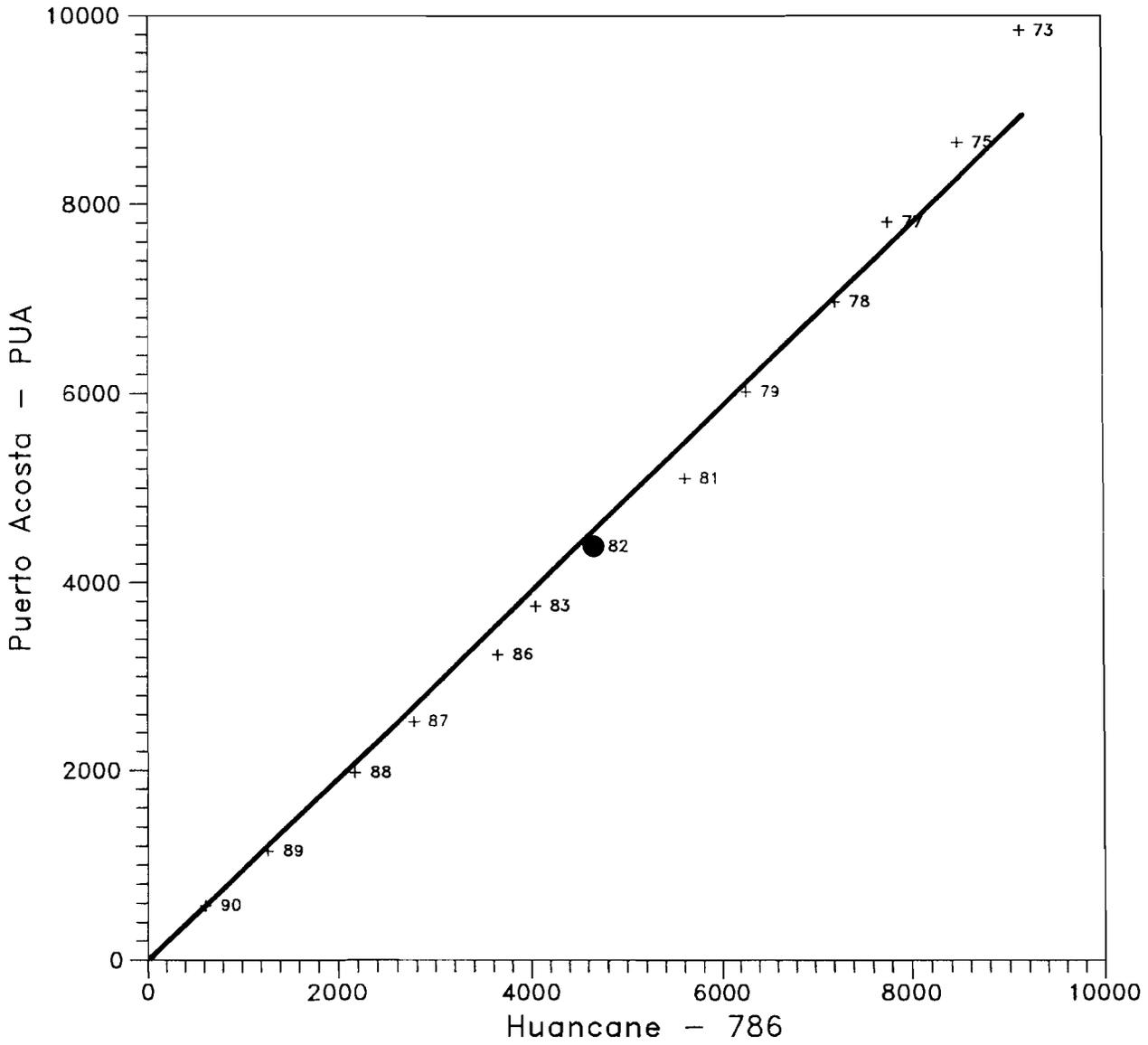
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



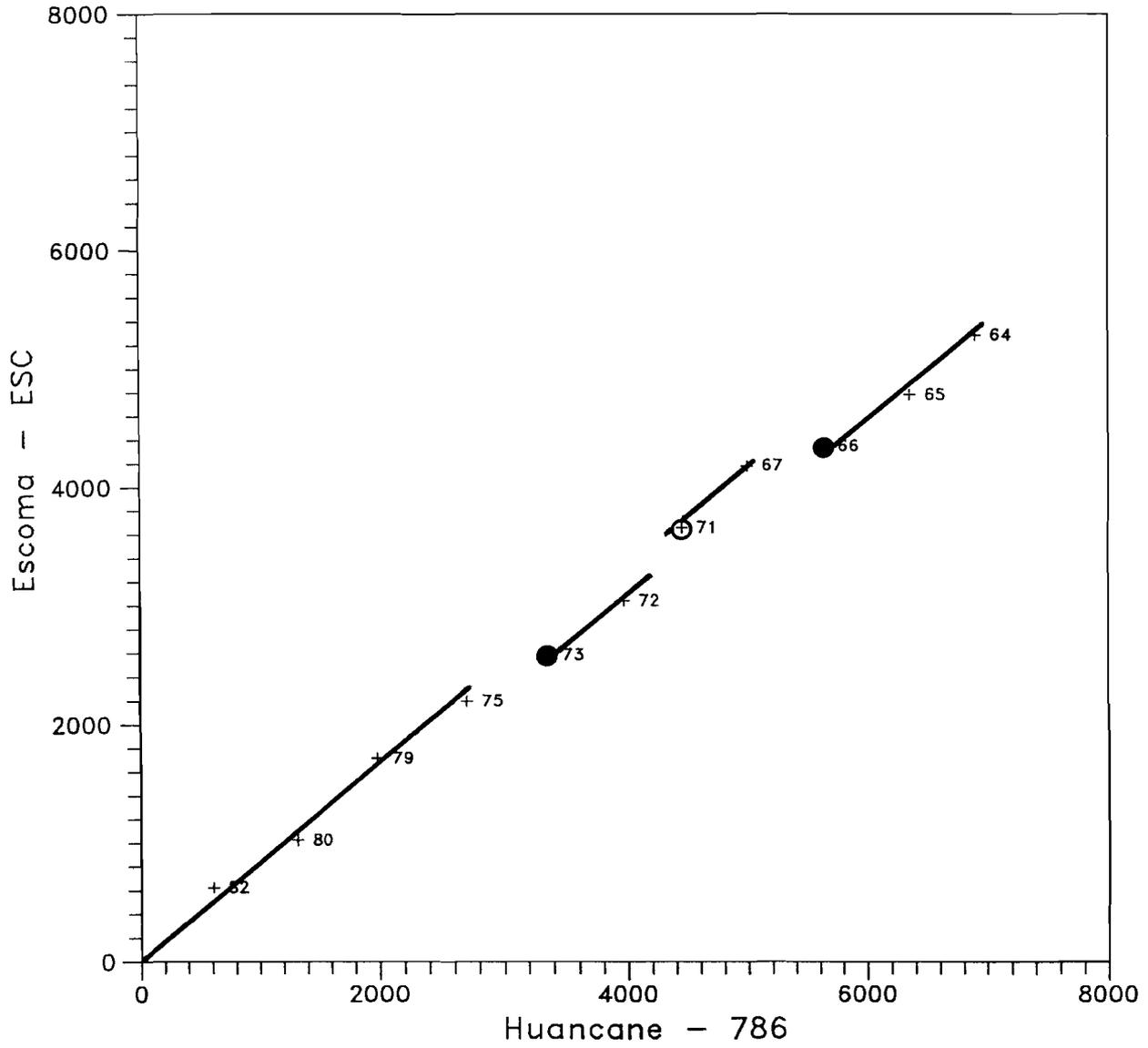
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



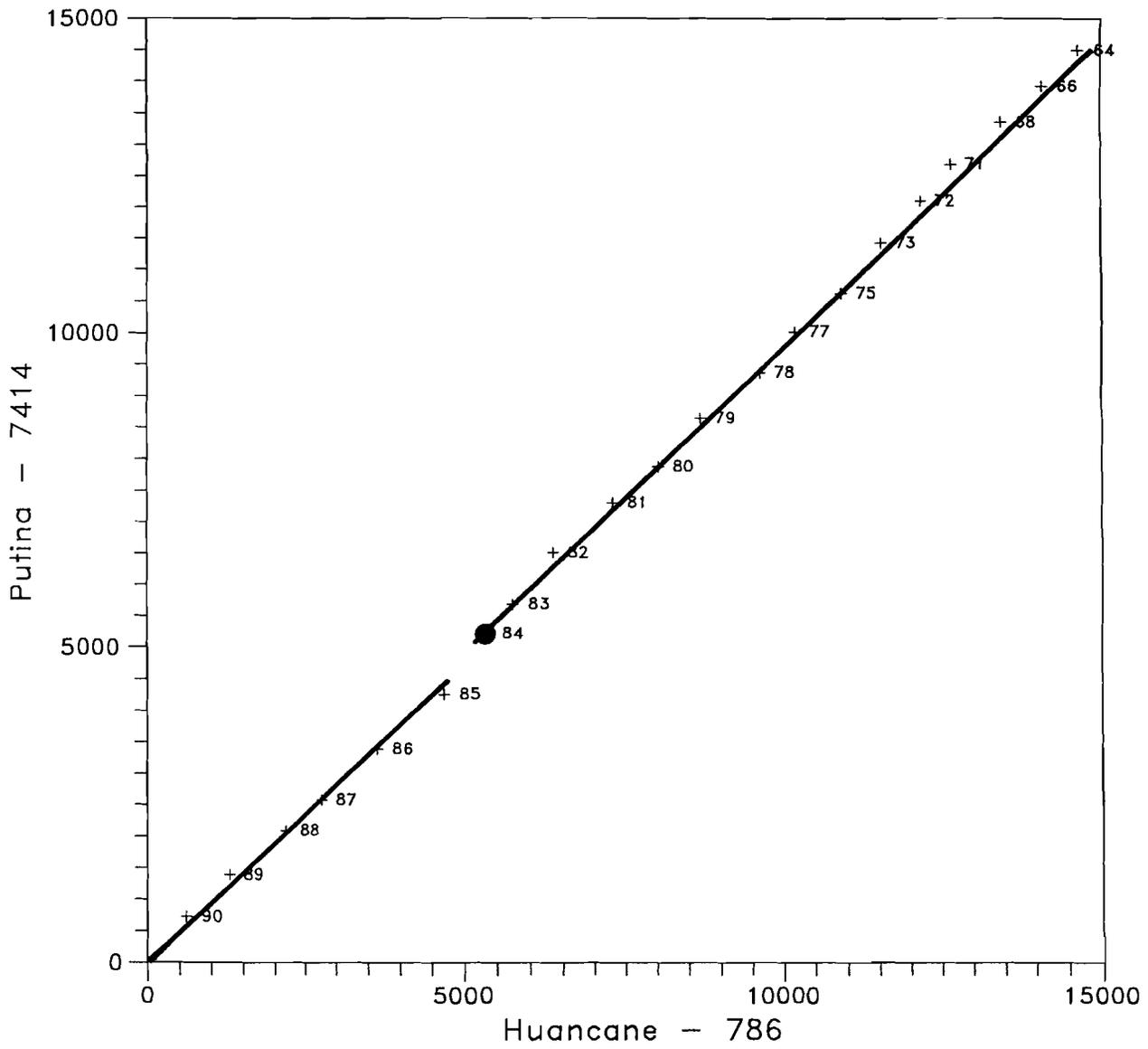
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



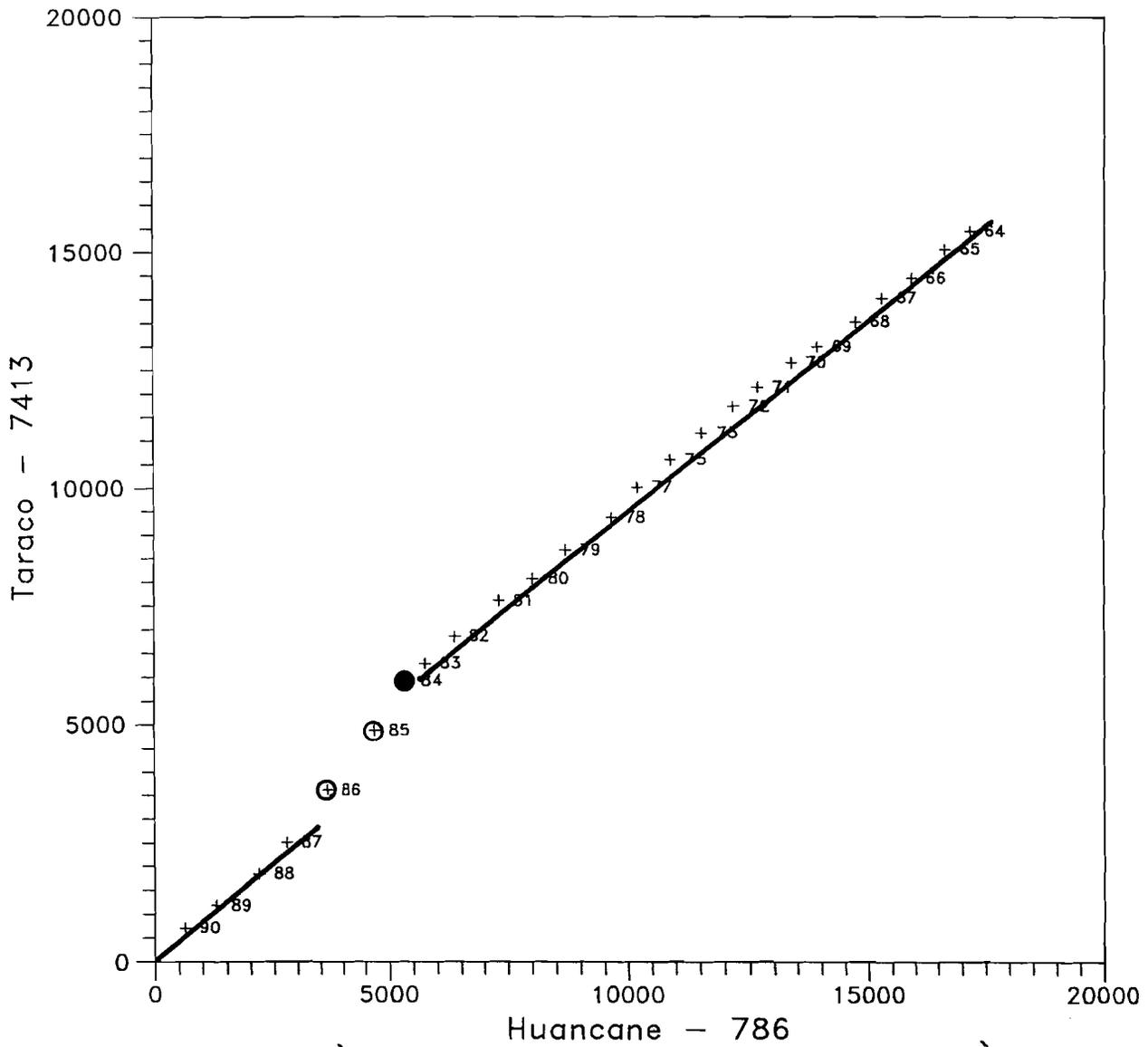
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



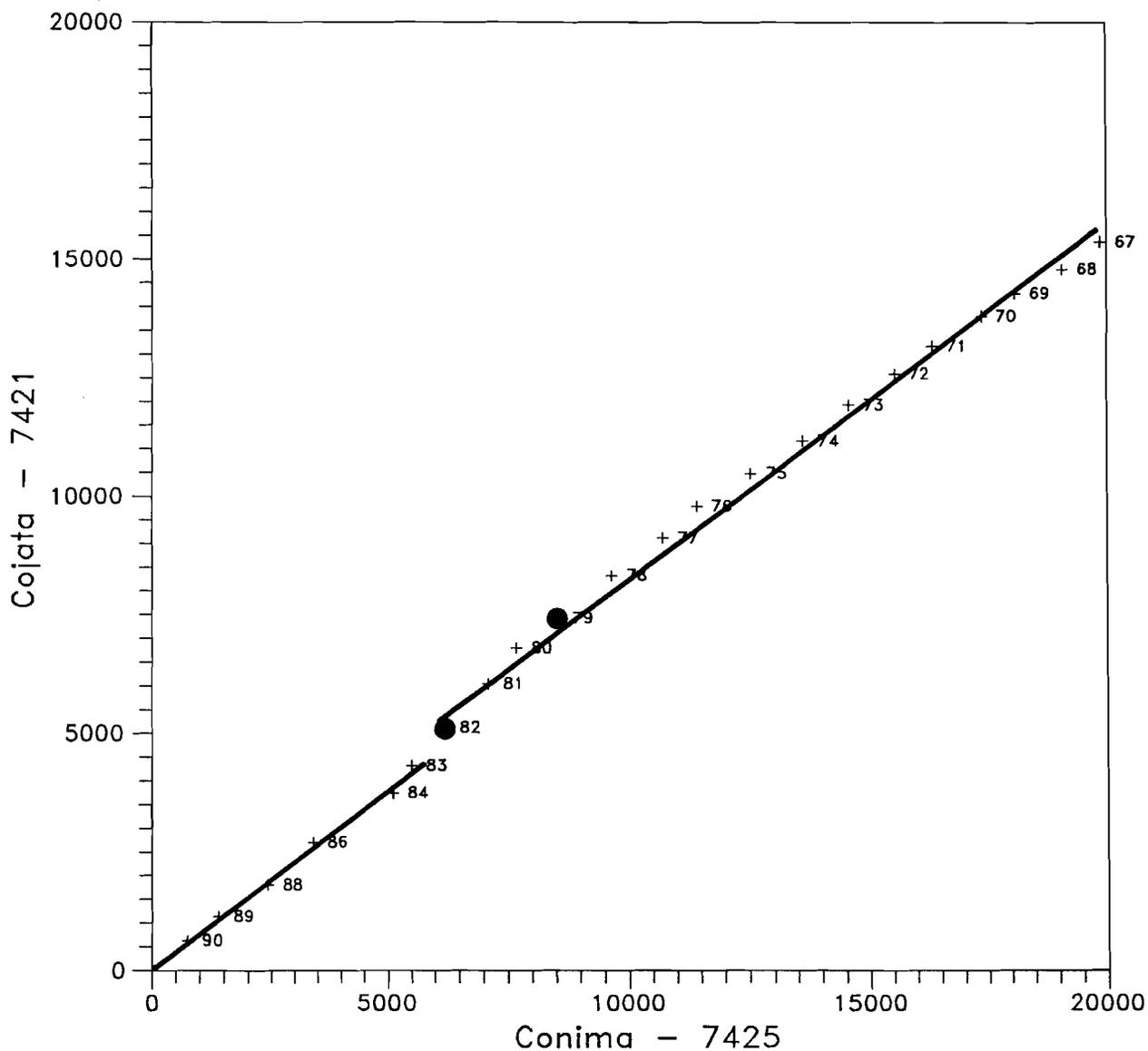
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



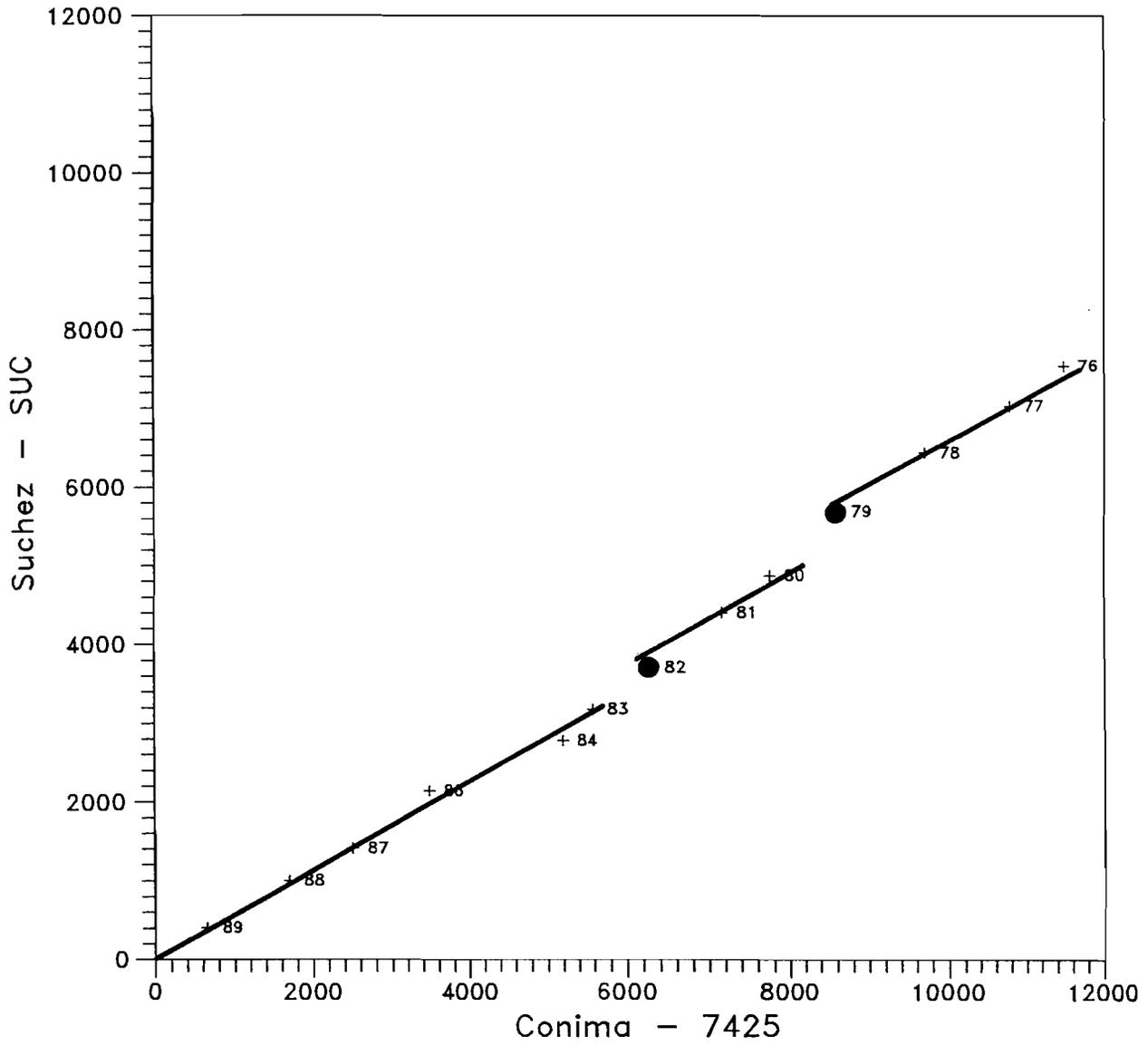
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



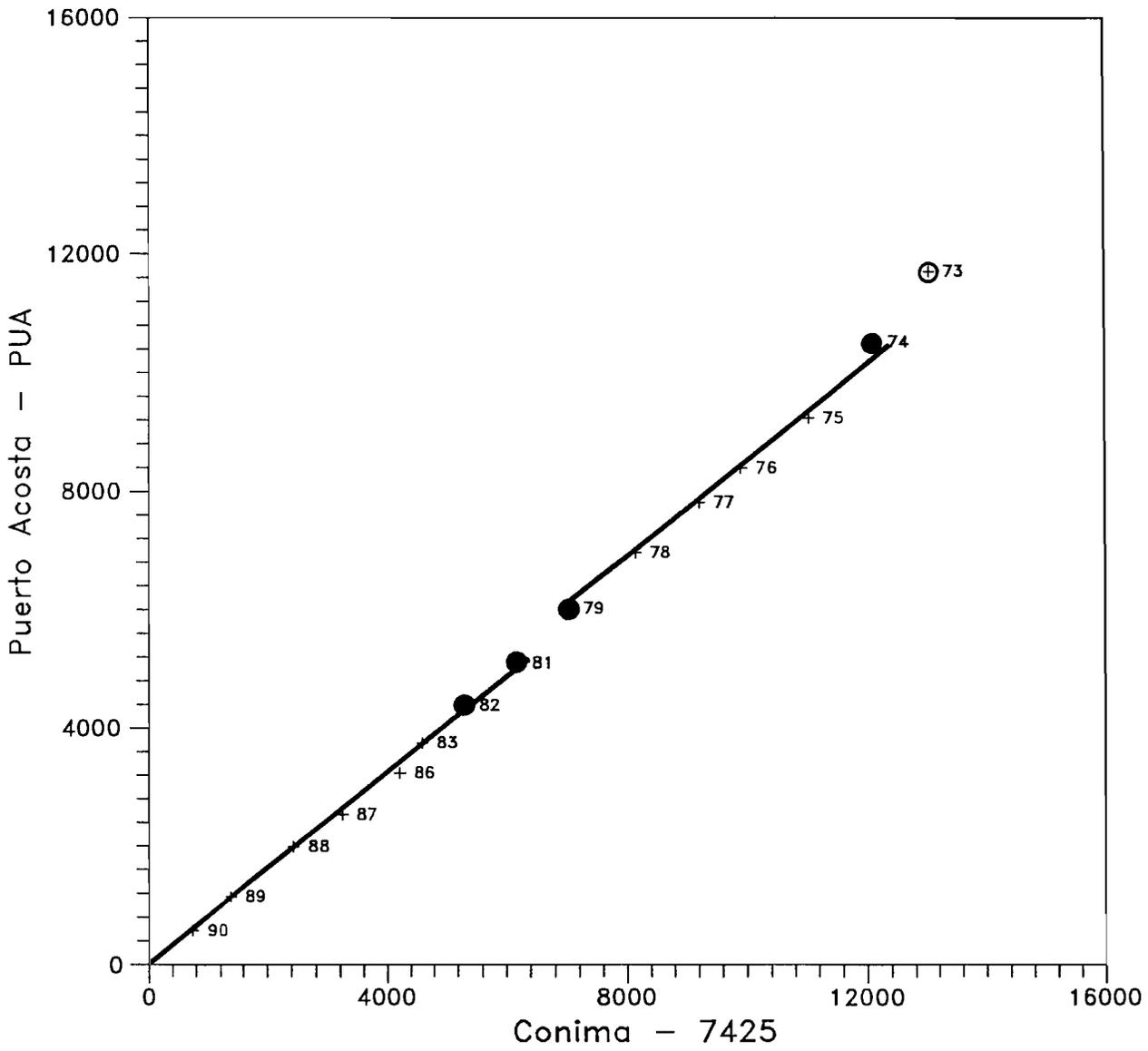
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



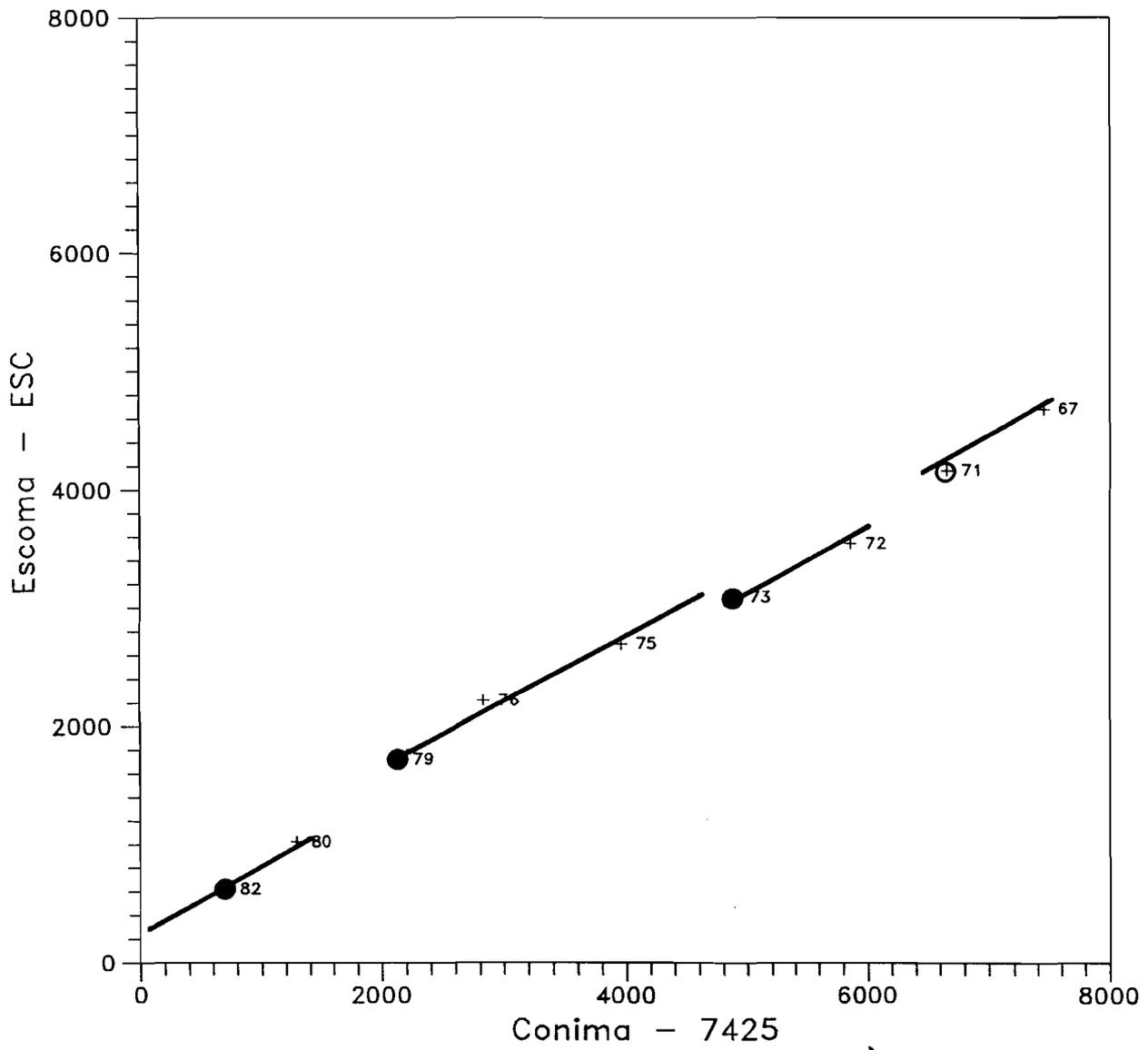
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



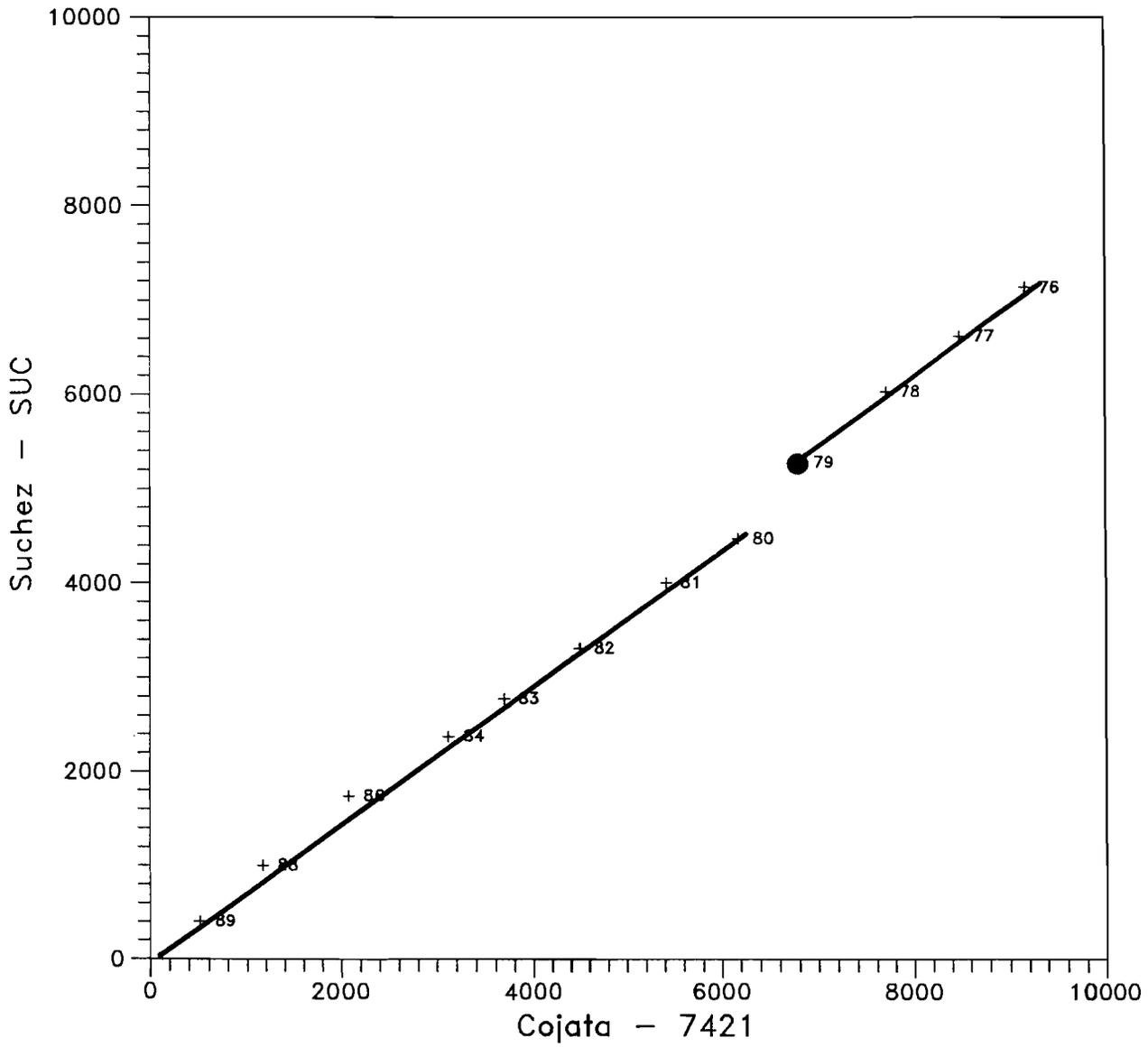
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



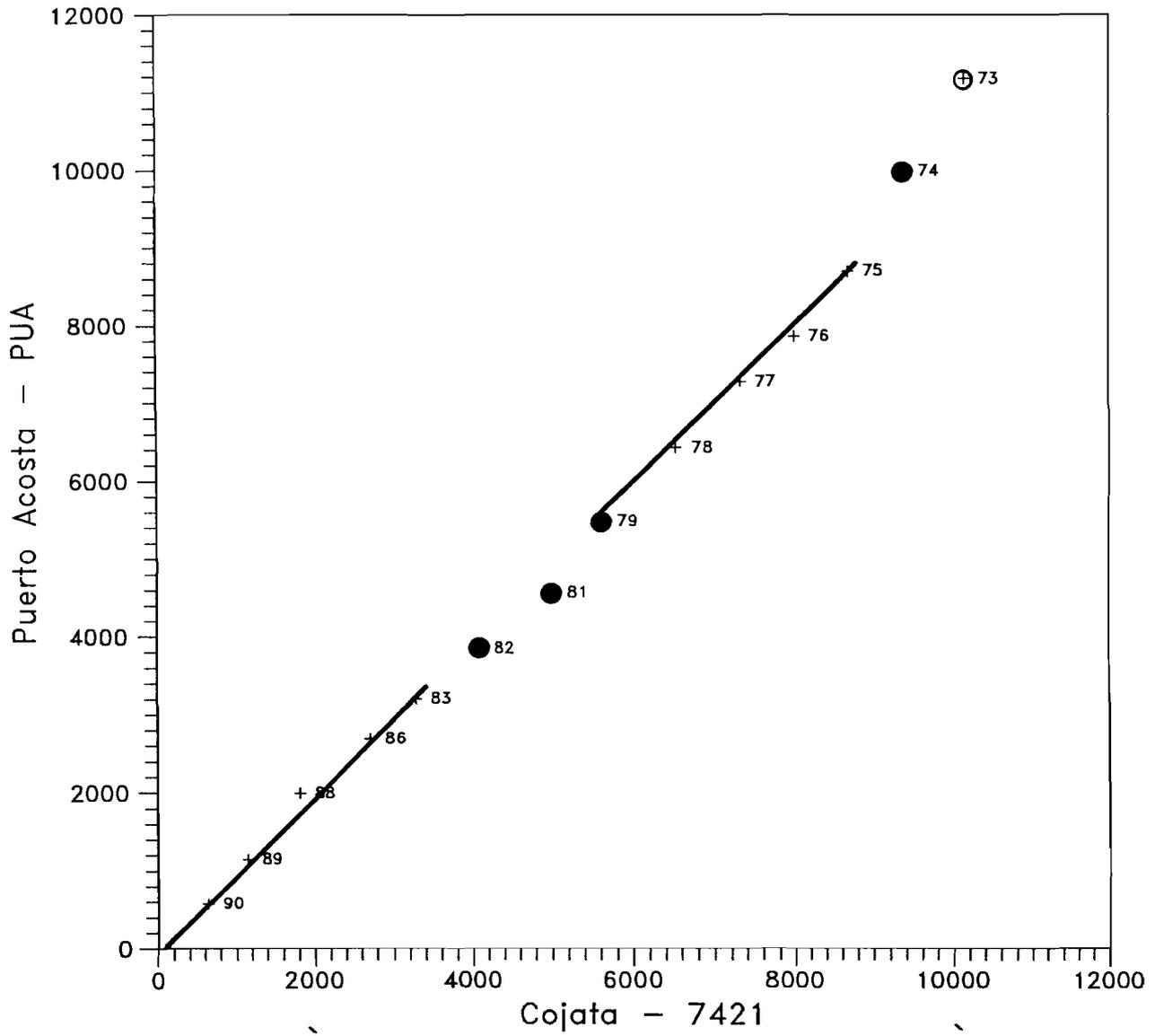
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



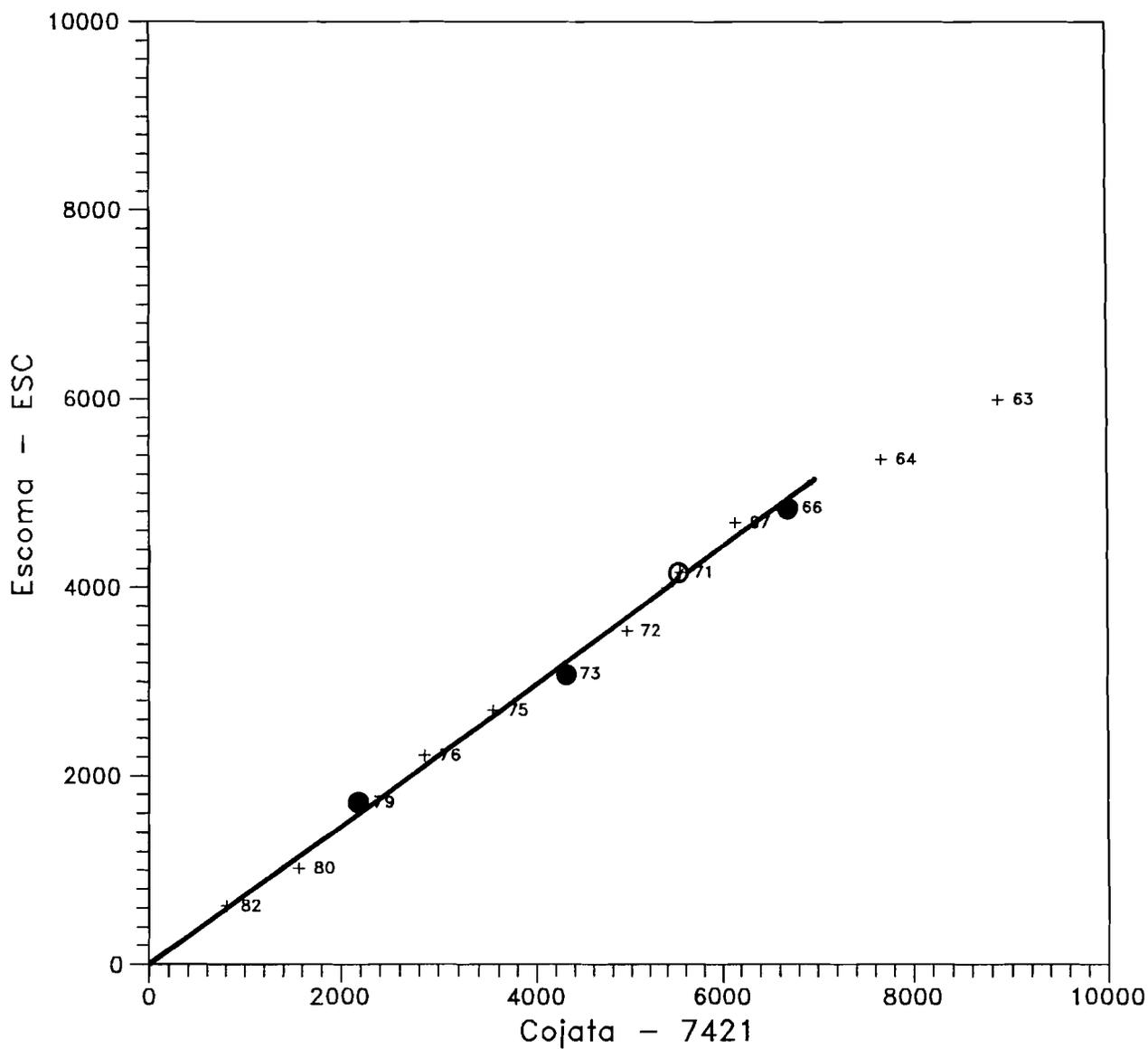
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



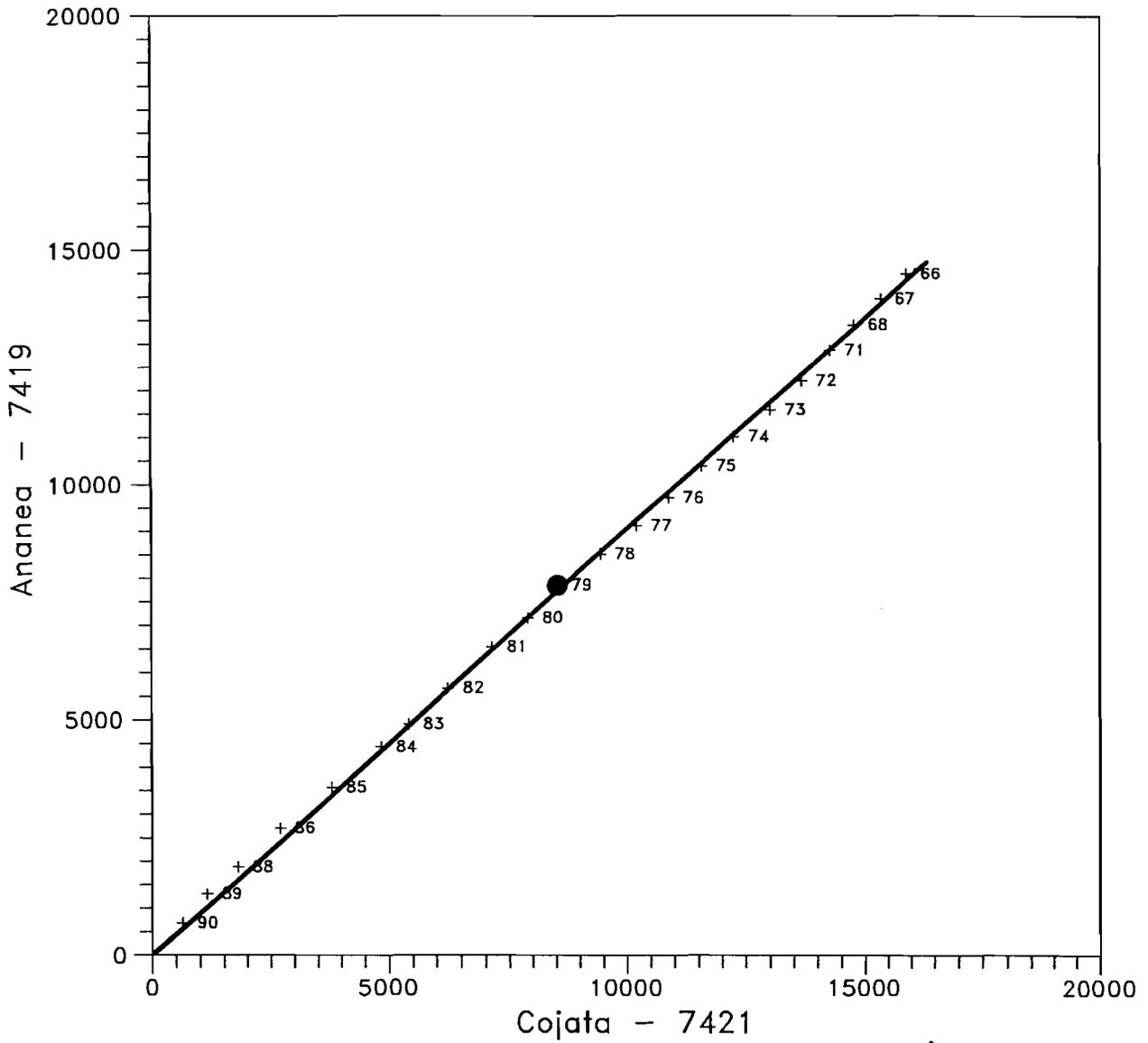
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



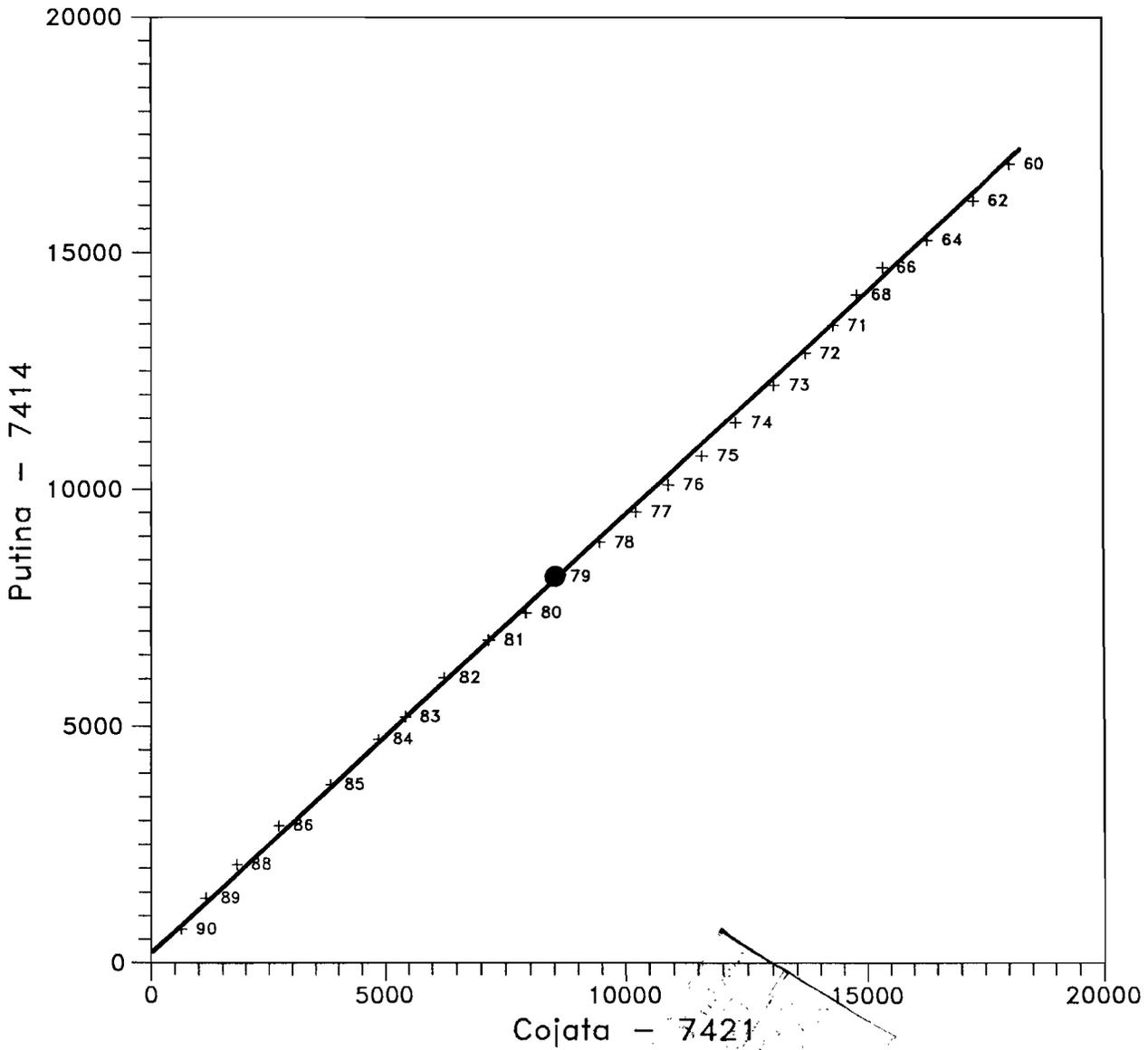
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



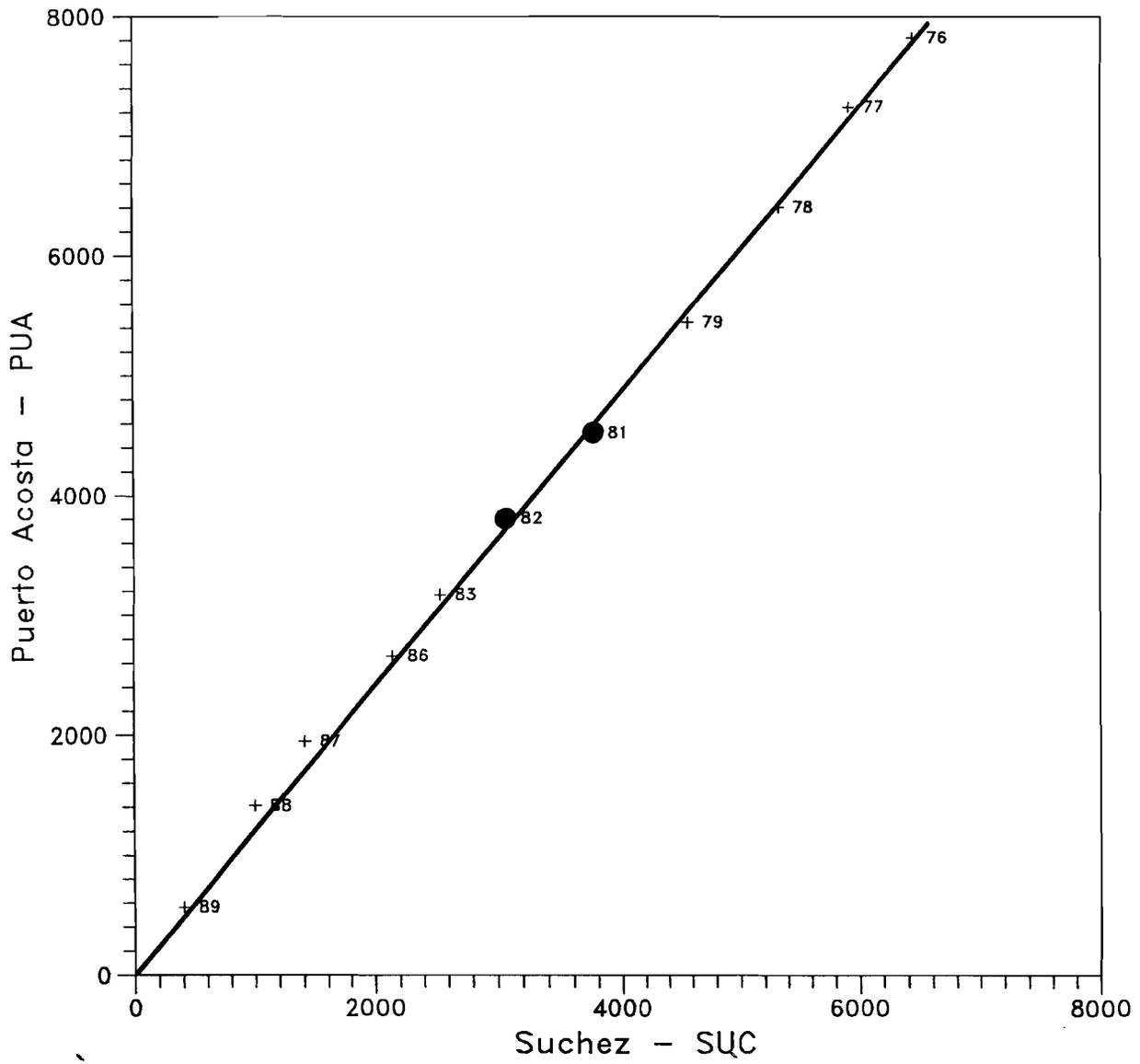
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



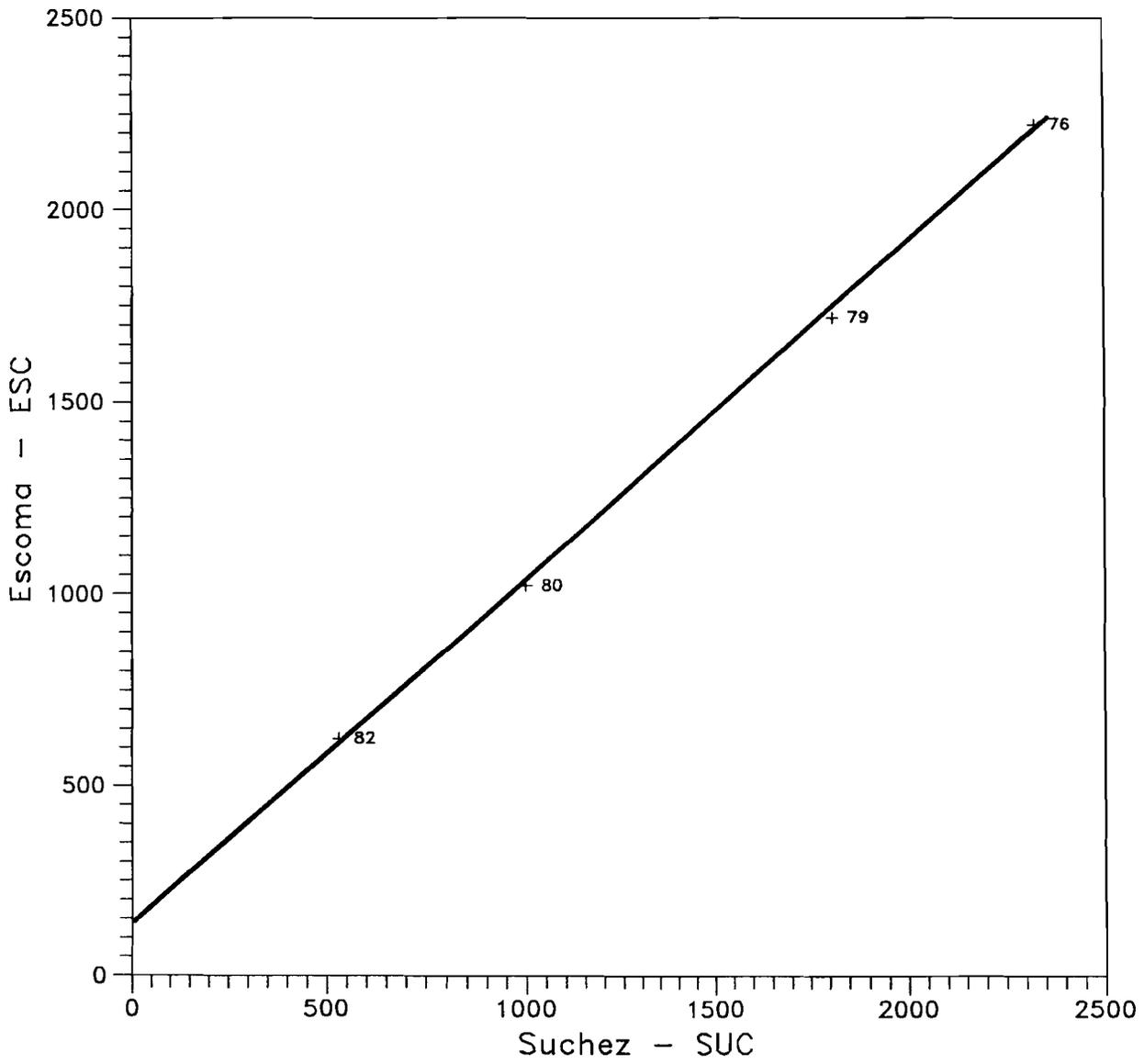
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



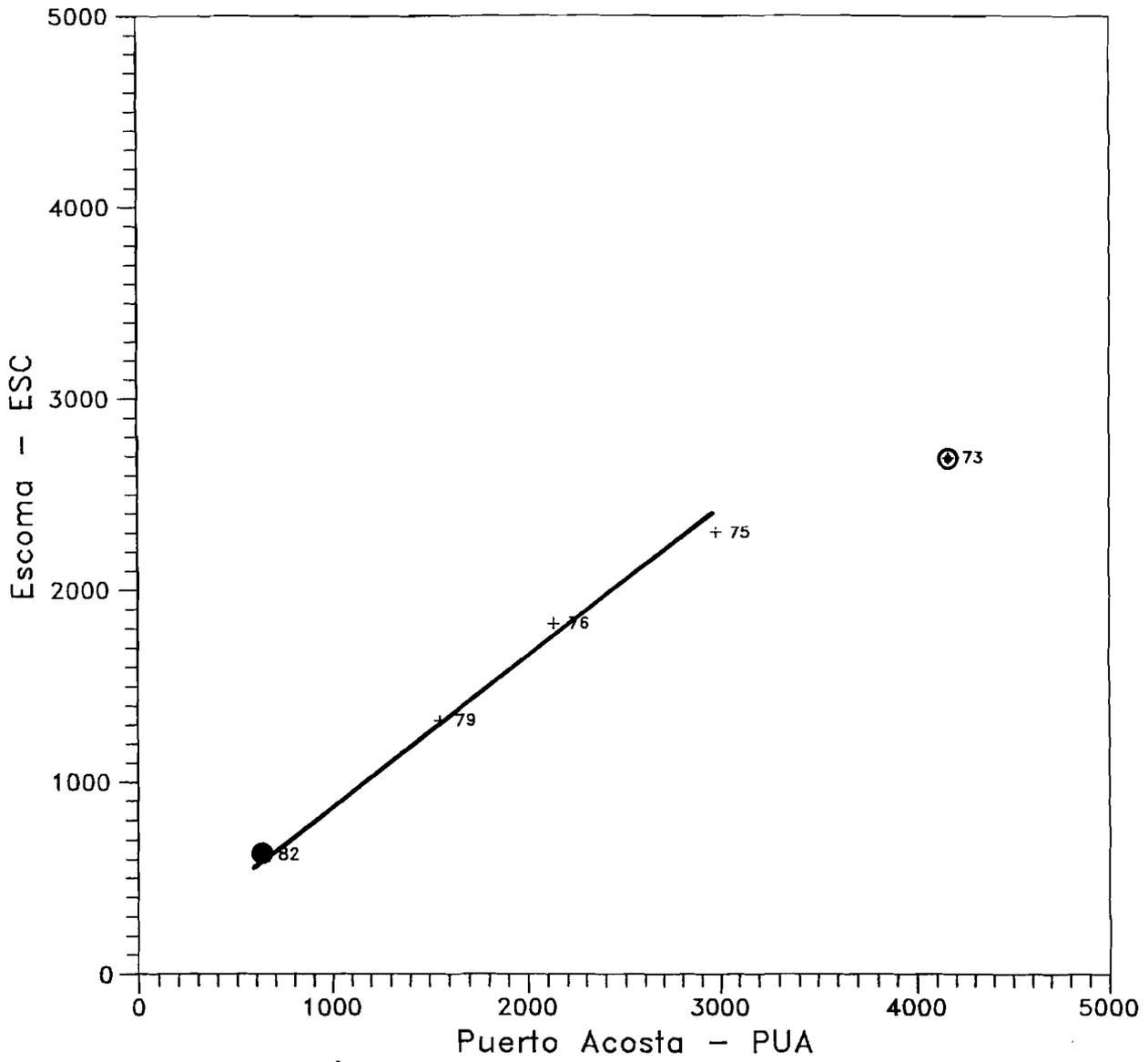
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



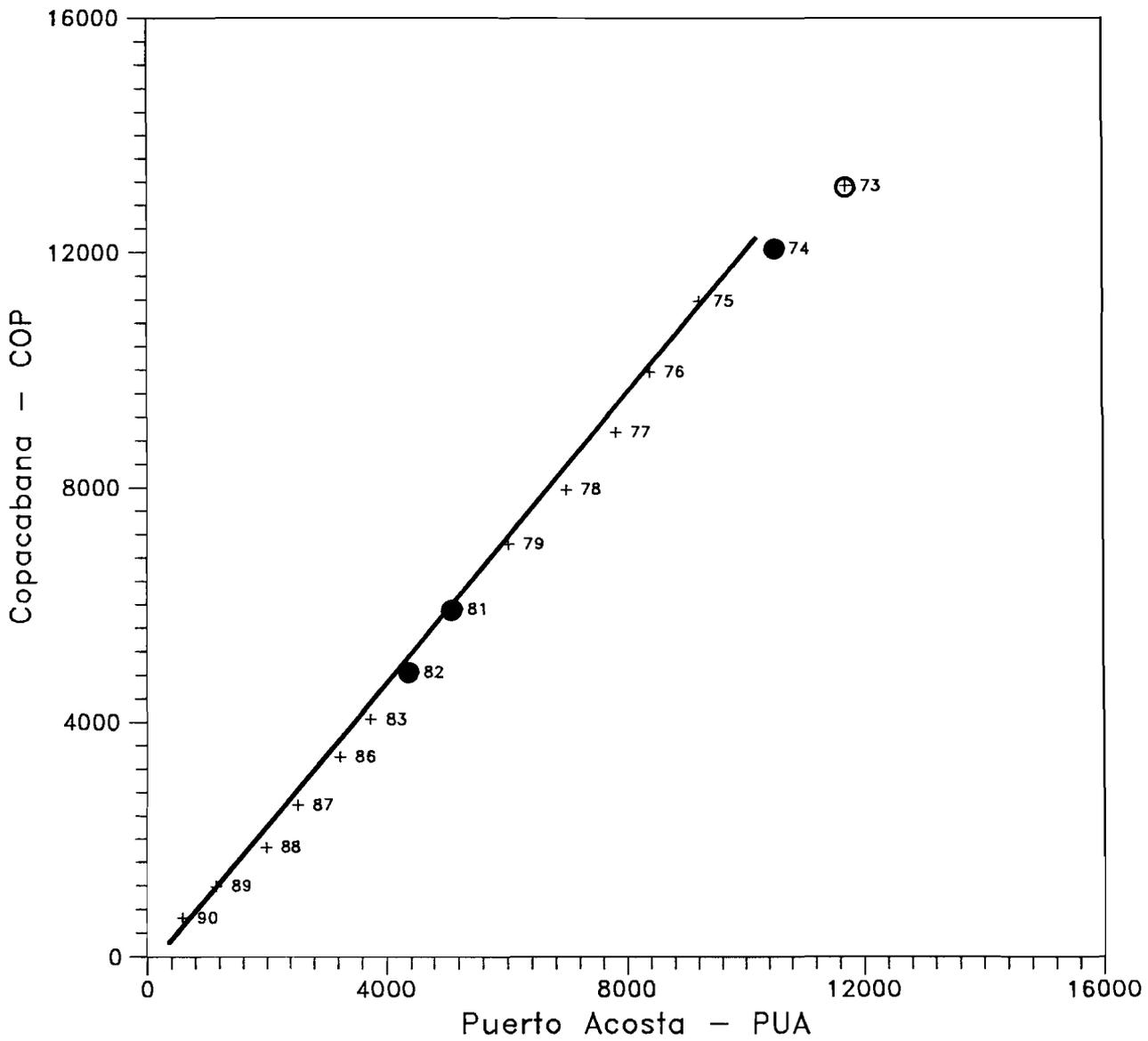
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



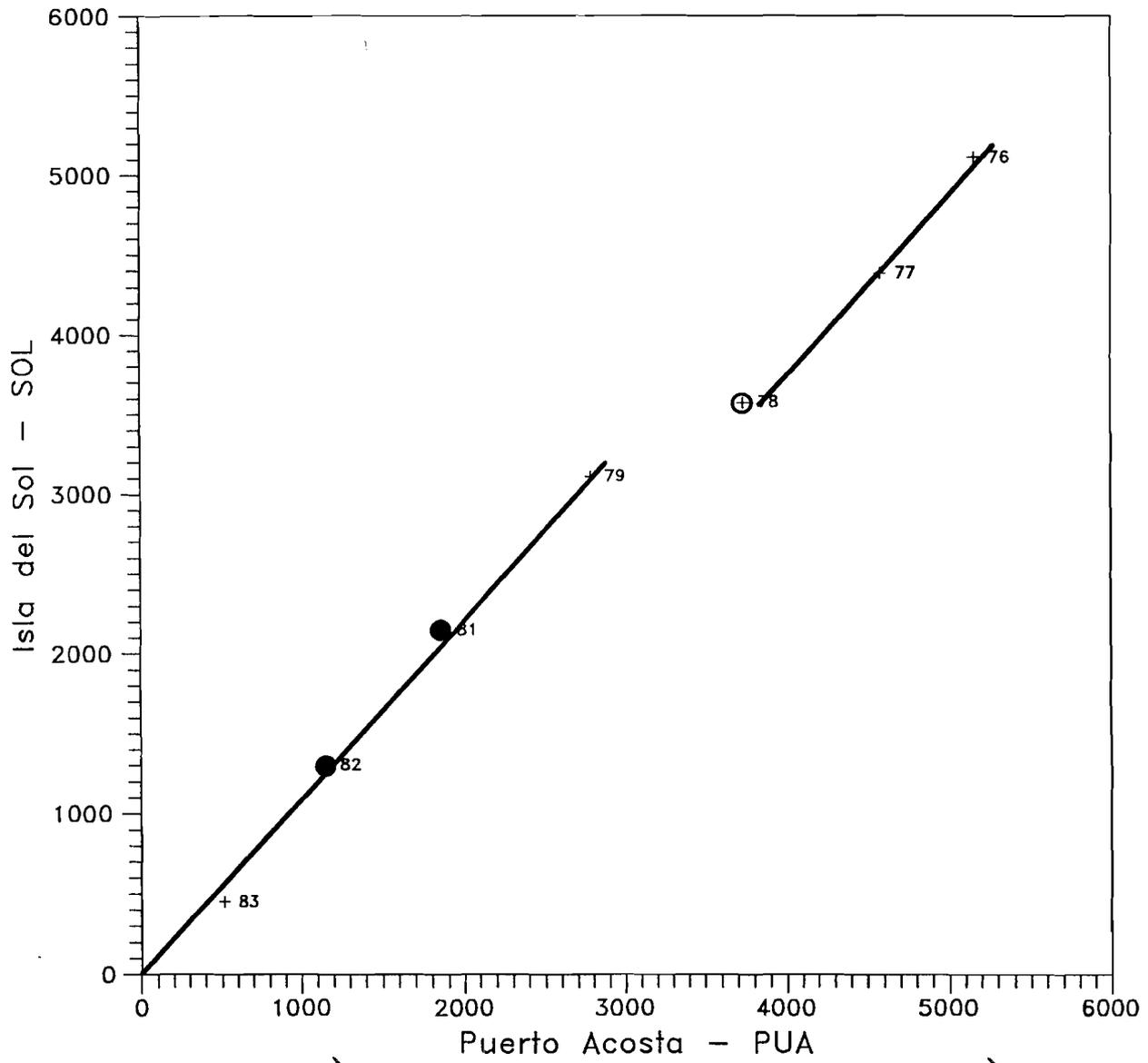
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



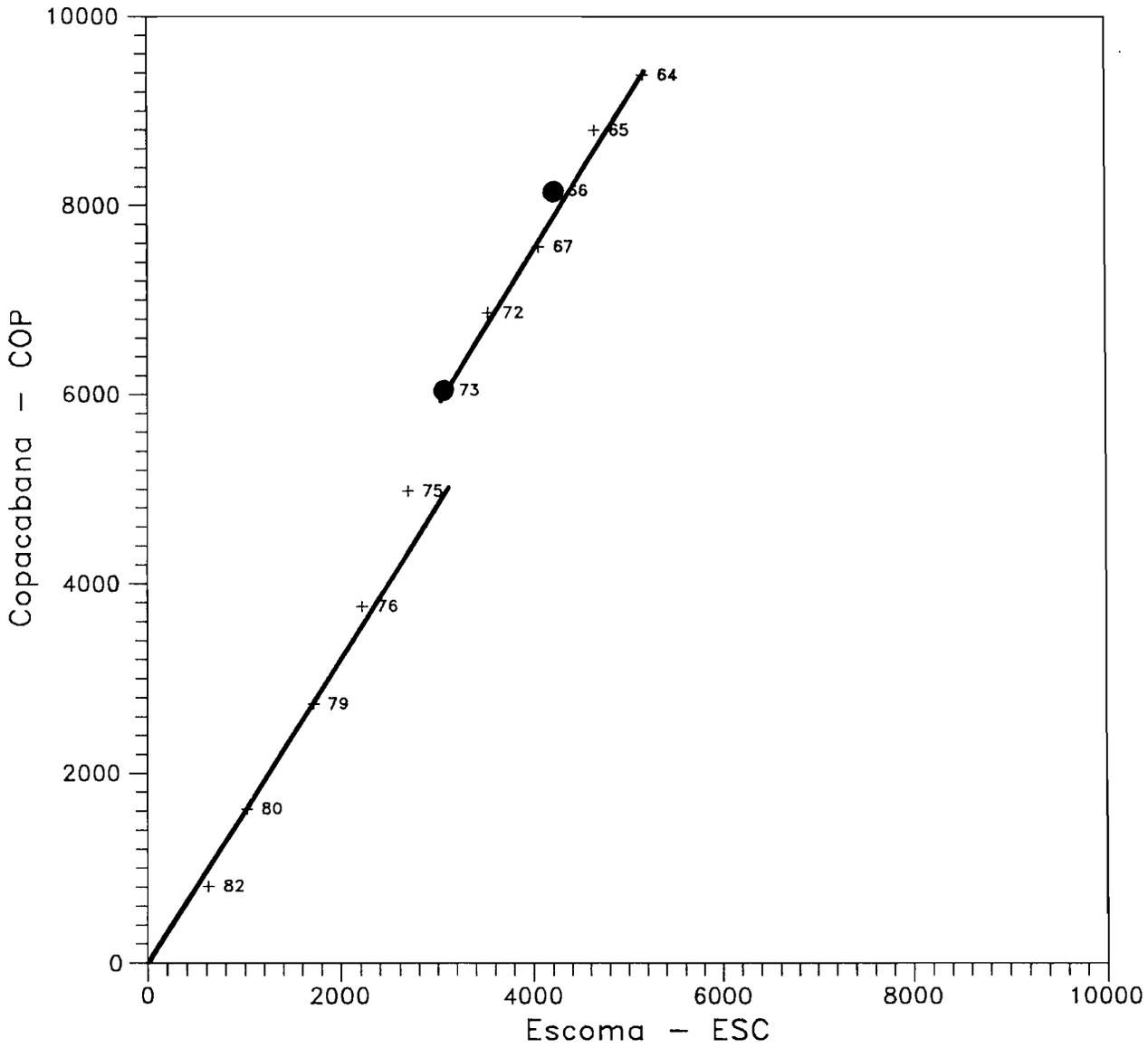
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



GRUPO 16

Está compuesto por las siguientes estaciones:

- Putina (7414)
- Pucara (7410)
- Azángaro (781)
- Arapa (783)
- Lampa (779)
- Muñani (785)

En general es un grupo que presenta buenas correlaciones entre los distintos pluviómetros, en especial Putina, Pucara y Azángaro por un lado, y Lampa y Arapa por otro. A su vez, Azángaro y Pucara se relacionan muy bien con las estaciones vecinas del grupo 18. Este hecho se ve favorecido por el suave relieve que caracteriza a las cuencas bajas y medias de los ríos Ramis y Huancané.

Los comentarios particulares a las distintas series son:

Putina (7414): serie correcta. Sólo el año 1960 resulta algo anómalo (muy húmedo en Putina), pero al existir en este grupo solamente dos estaciones con registro en este año (Lampa y Azángaro) el contraste mensual no ha permitido diagnosticar la presencia de errores. Su correlación con Huancané - en el vecino grupo 15 pero en la misma cuenca hidrográfica - es muy buena.

Pucara (7410): serie correcta. El año 1980 se presenta una anomalía natural que se refleja en algunos de los contrastes, pero que también ha sido identificada en Azángaro, Progreso (grupo 18) y Muñani.

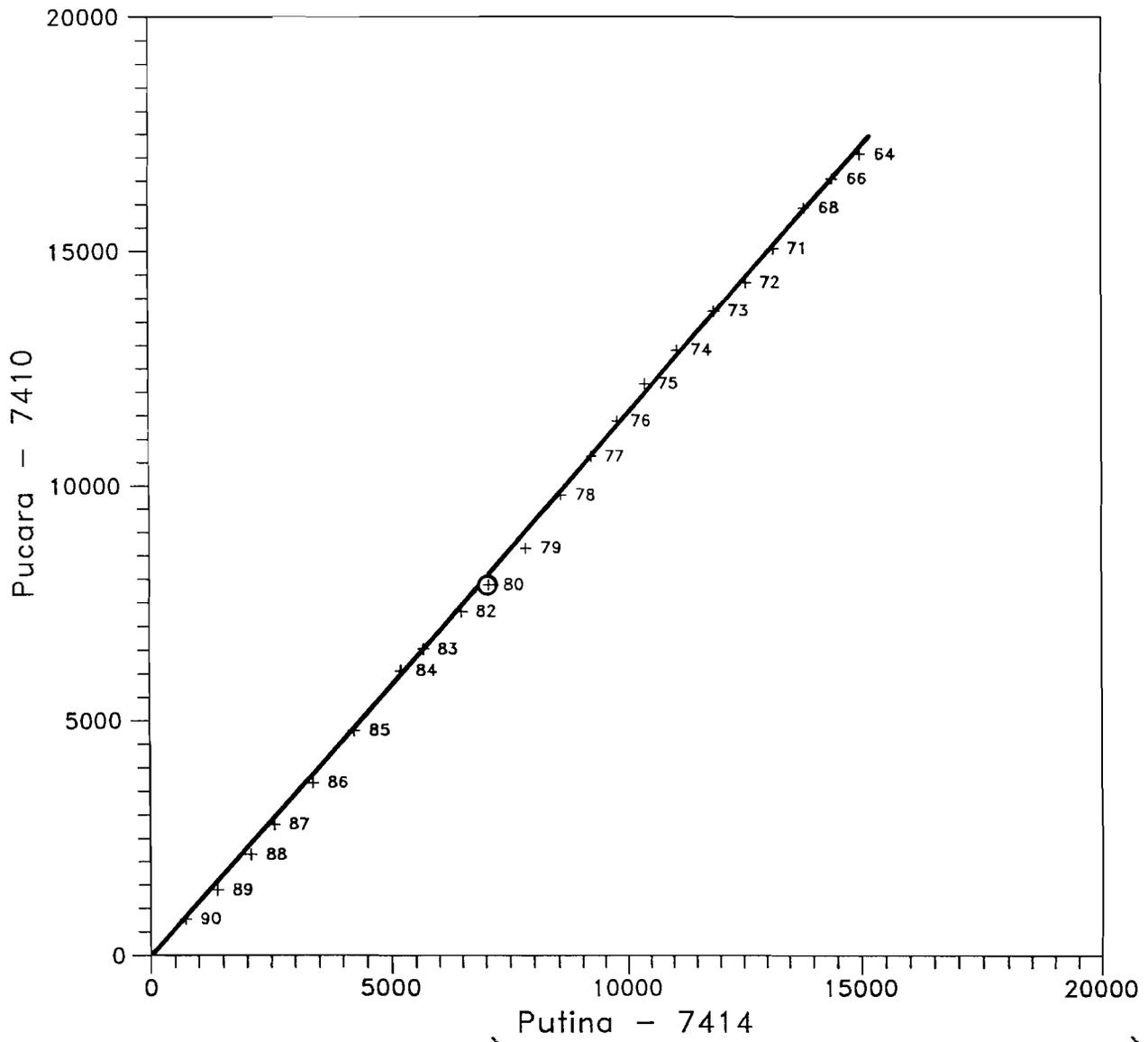
Azángaro (781): además de la ya reseñada anomalía natural del año 1980 (validada con Pucara, Progreso y Muñani), los contrastes a nivel mensual han permitido detectar la presencia de errores en los meses de enero y marzo de 1982 (año incompleto) por lo que los valores correspondientes han sido eliminados.

Arapa (783): aunque la comparación de su serie con la de Putina indica una cierta anomalía en el año 1968, los contrastes adicionales justifican su catalogación como fenómeno natural. No sucede lo mismo con los registros correspondientes al mes de enero de los años 1980 y 1985, considerados como erróneos y eliminados de la serie.

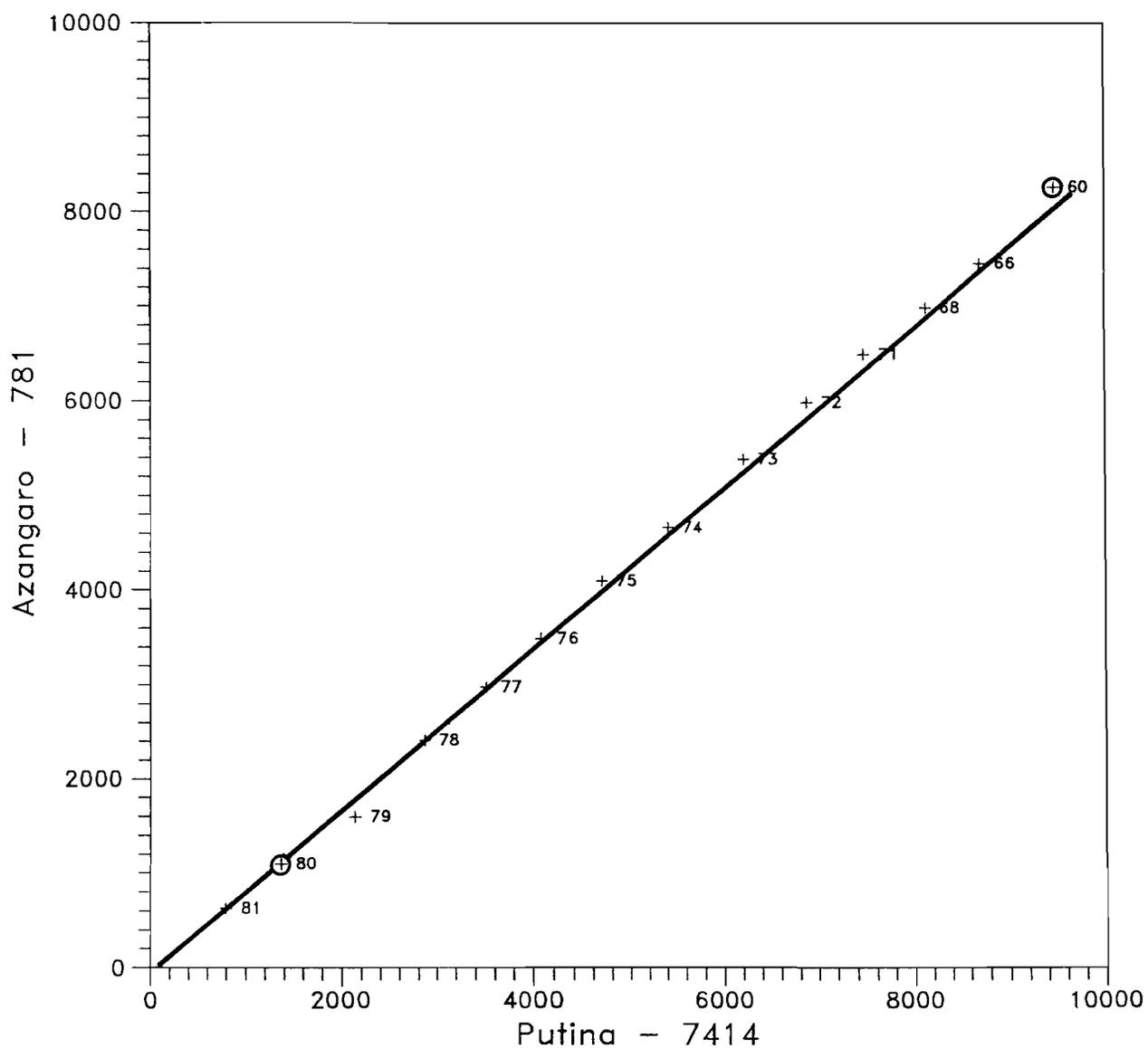
Lampa (779): los 414 mm registrados en el mes de enero de 1978 tienen su reflejo en las dobles acumulaciones, pero corresponden a una situación real que afectó al sector suroccidental del grupo y que tuvo su máximo exponente fuera del mismo en la estación de Paratia (Grupo 17) que midió 447 mm en el mismo mes. El único dato clasificado como erróneo, y por lo tanto suprimido, ha sido el de Marzo de 1984, pero su incidencia en las dobles acumulaciones es casi nula.

Muñani (785): su ubicación en la cabecera del Huancané le confiere un carácter algo diferente al de los demás pluviómetros del grupo. A pesar de ello, en general presenta buena correlación con los pluviómetros próximos, incluida Progreso (grupo 18) y Crucero (grupo 19). Sin embargo, con todas presenta una tendencia diferente en el período 1972-1974, que analizada a nivel mensual se extiende hasta 1976 (ya que tanto este año como el anterior son incompletos). Aunque las dobles acumulaciones parecían sugerir la existencia de un error sistemático, se ha interpretado finalmente como una acumulación de errores "accidentales". Por esta causa se han eliminado de la serie los siguientes registros: Febrero, Marzo y Septiembre de 1972, Enero, Marzo, Abril, Mayo y Octubre de 1973, Marzo, Abril, Agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre de 1974, Enero, Septiembre y Octubre de 1975, y finalmente, el período de Enero a Mayo de 1976. La razón por la que no se han eliminado los años completos ha sido porque se ha preferido conservar los meses con datos aparentemente correctos, a rellenarlos con el modelo de completado estocástico.

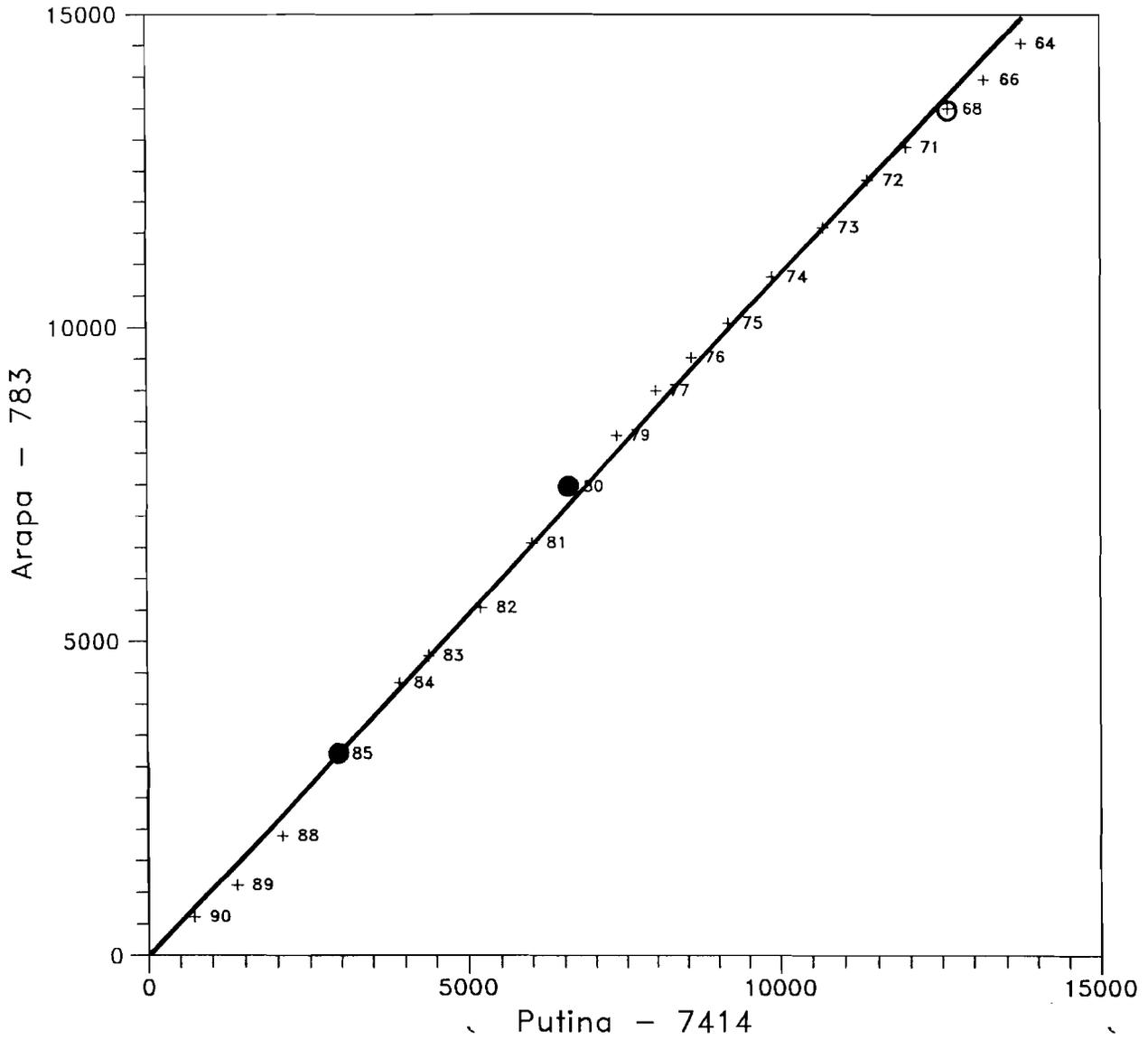
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



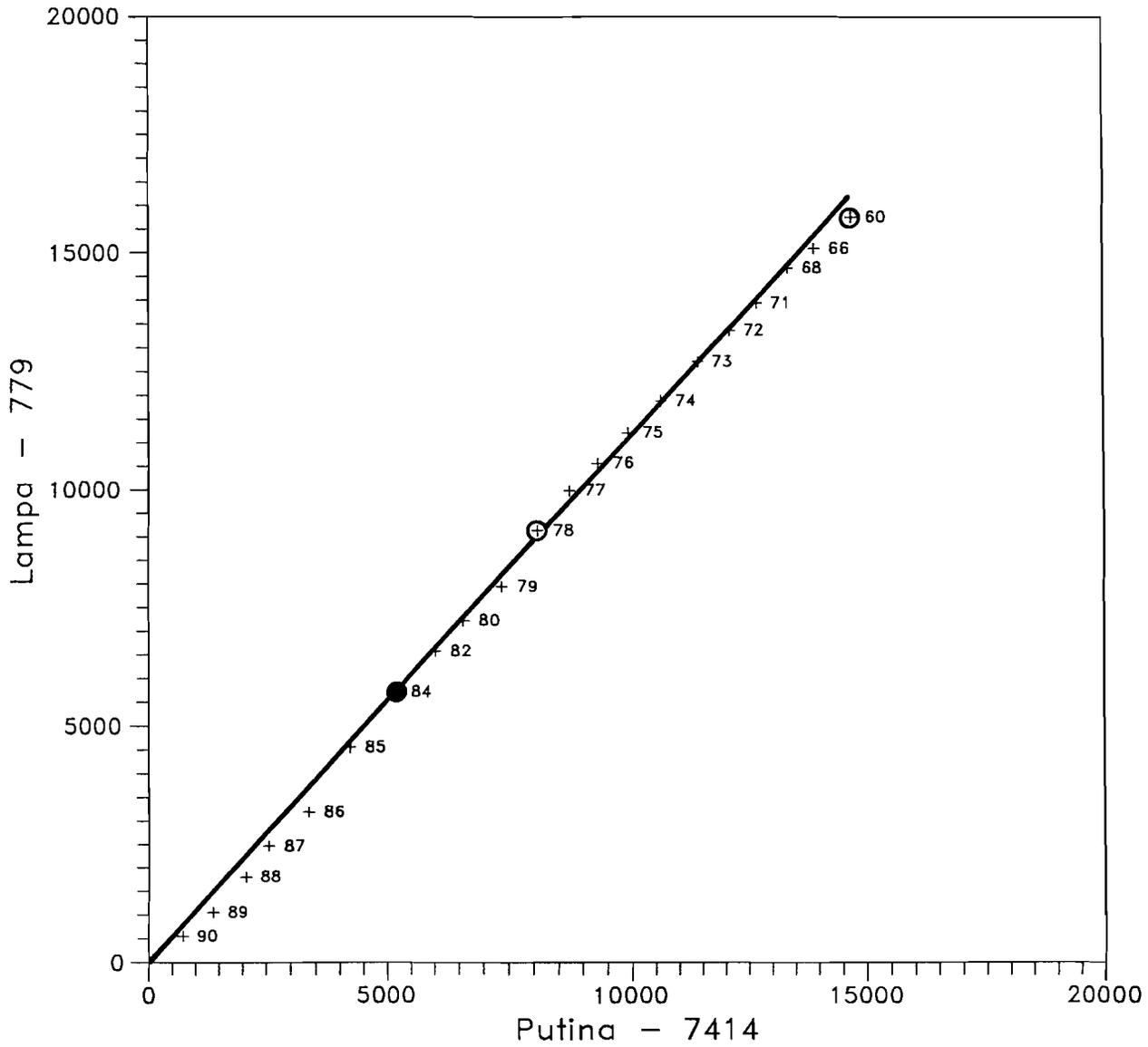
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



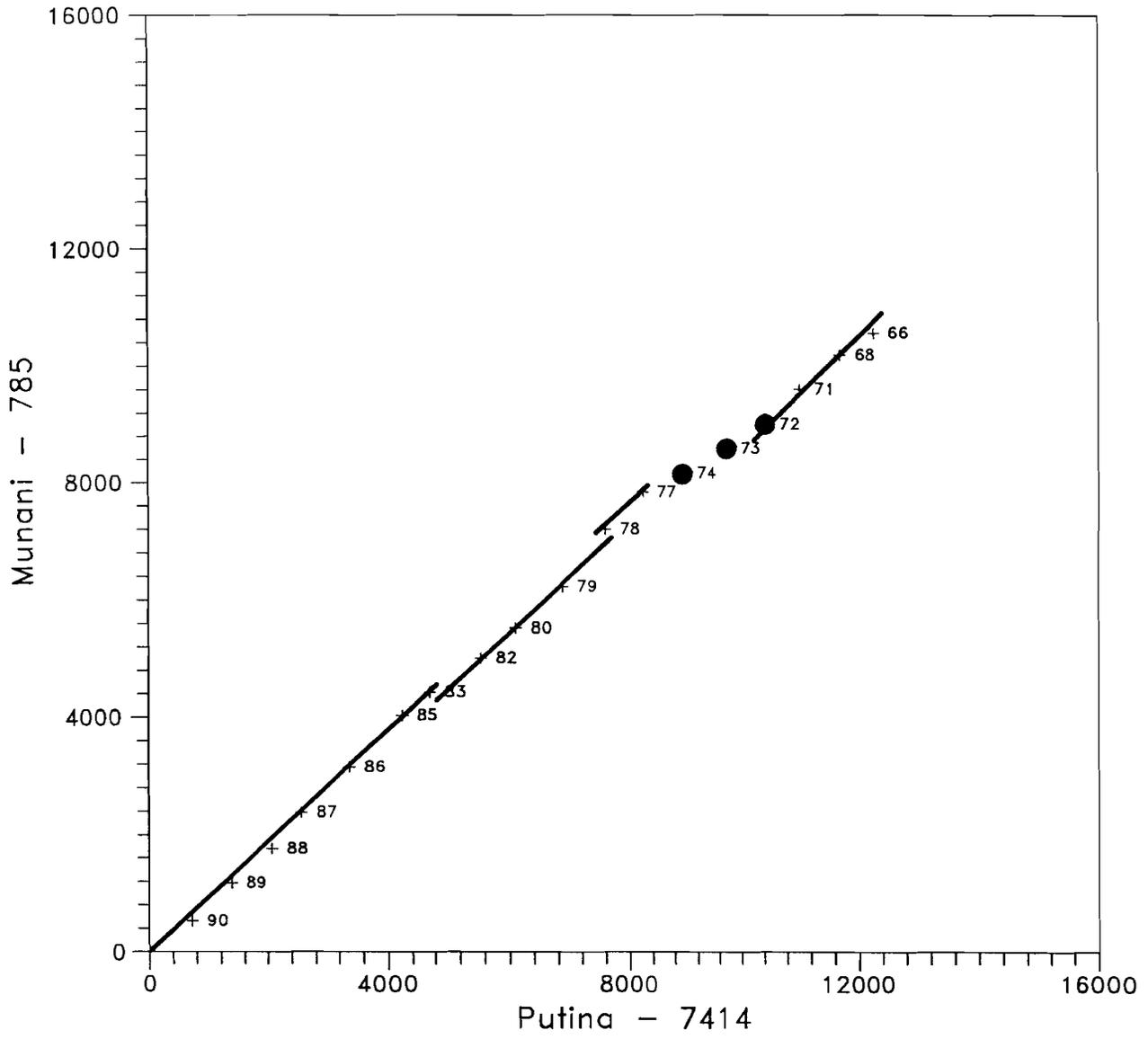
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



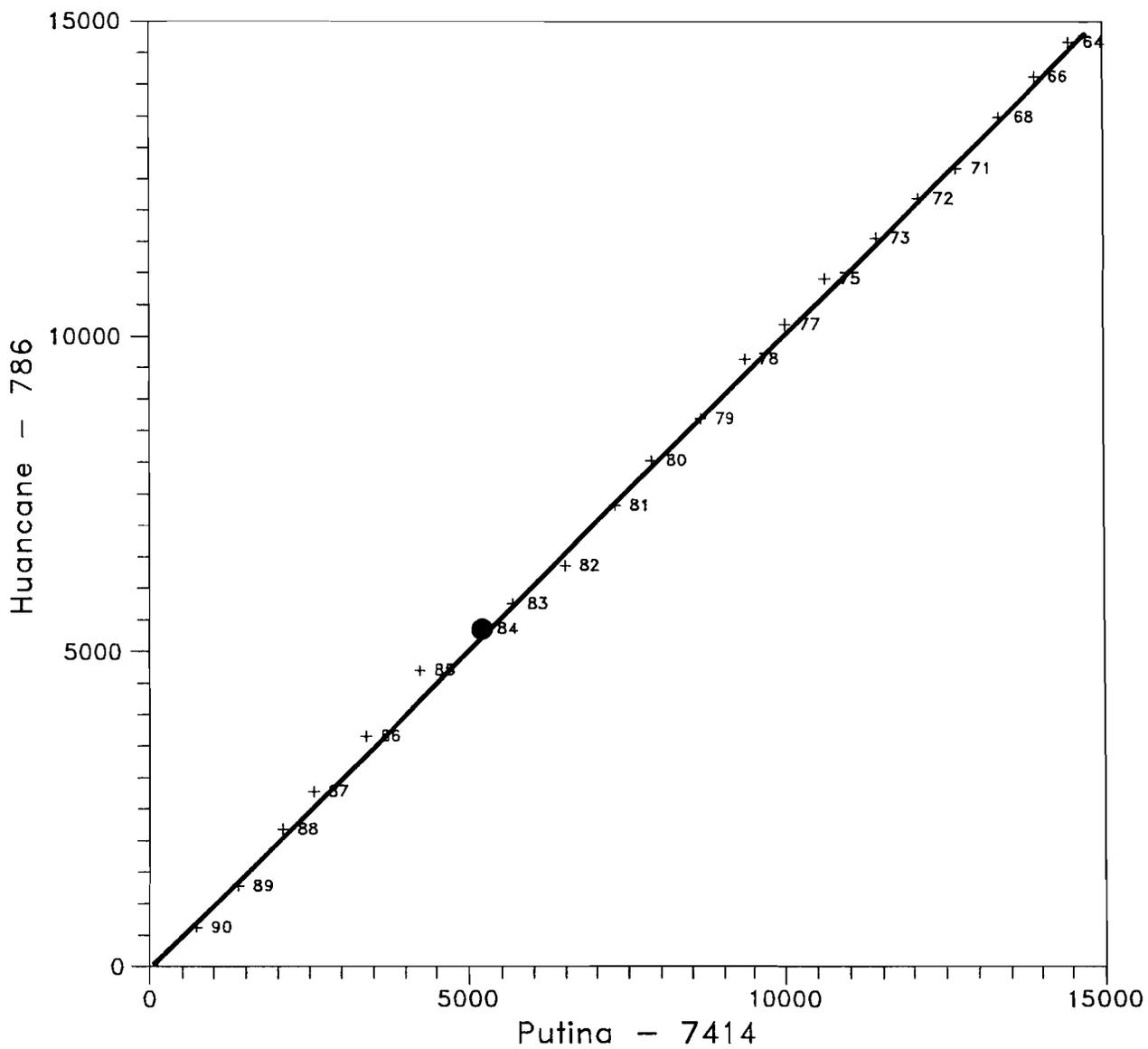
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



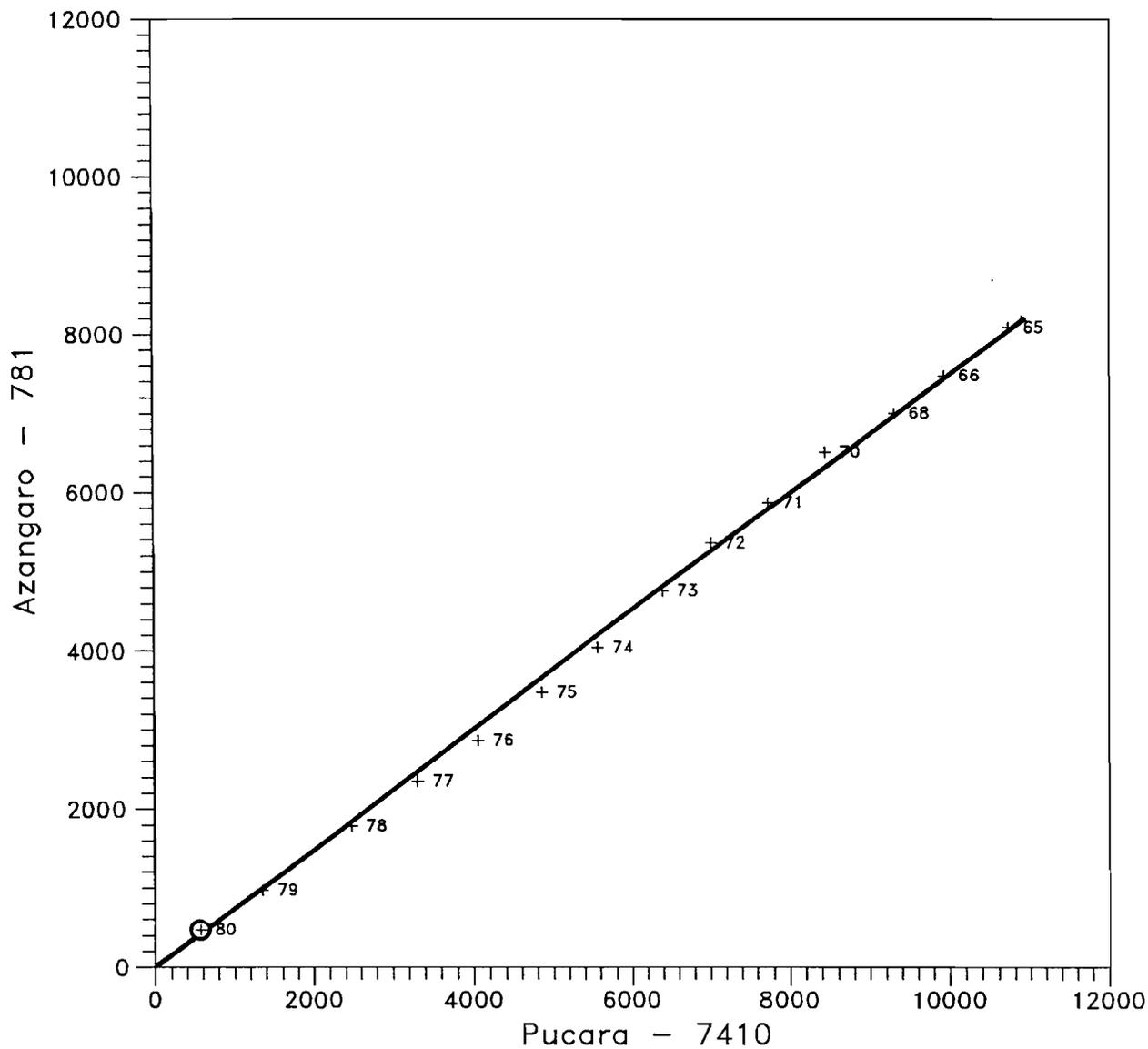
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



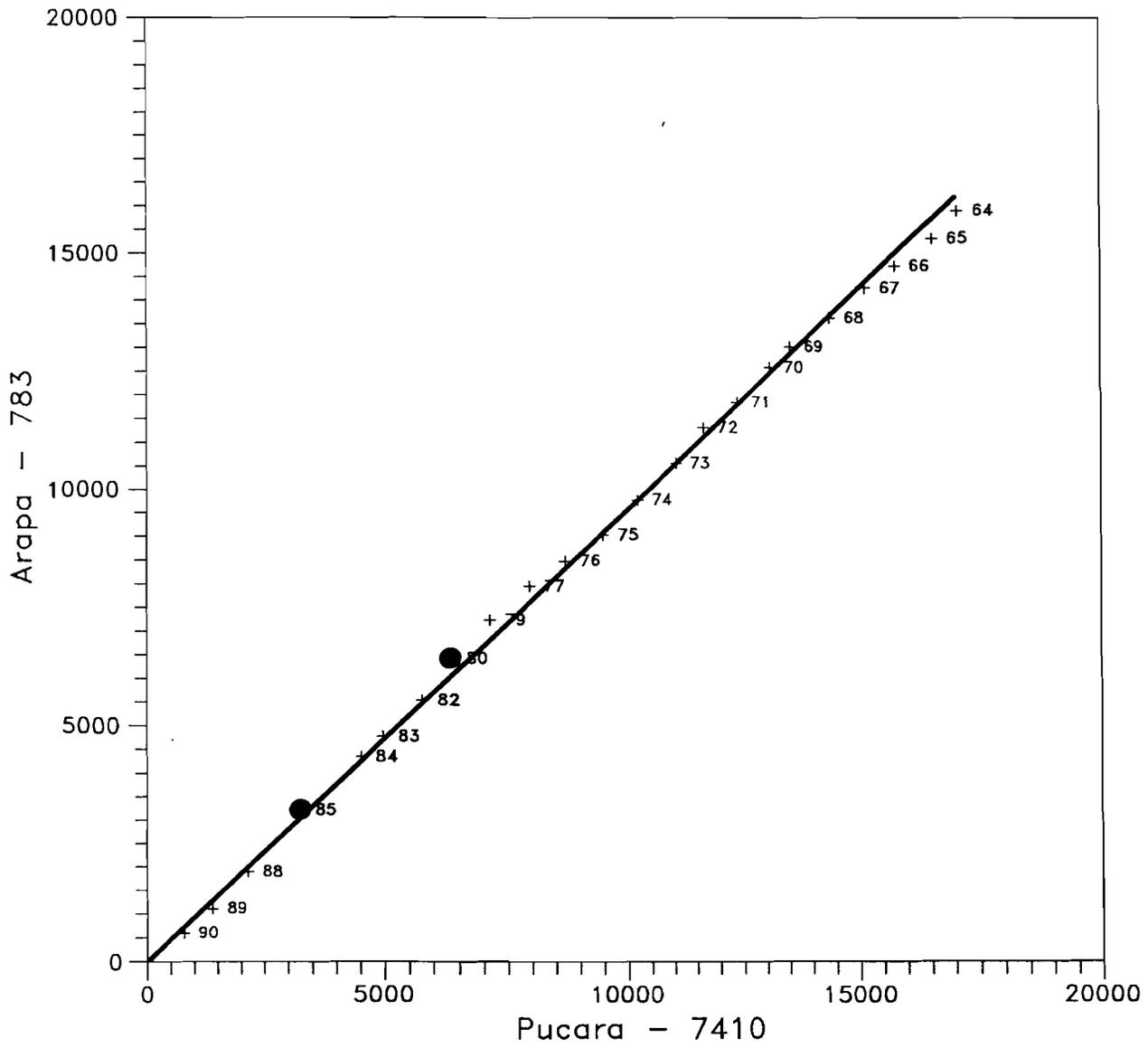
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



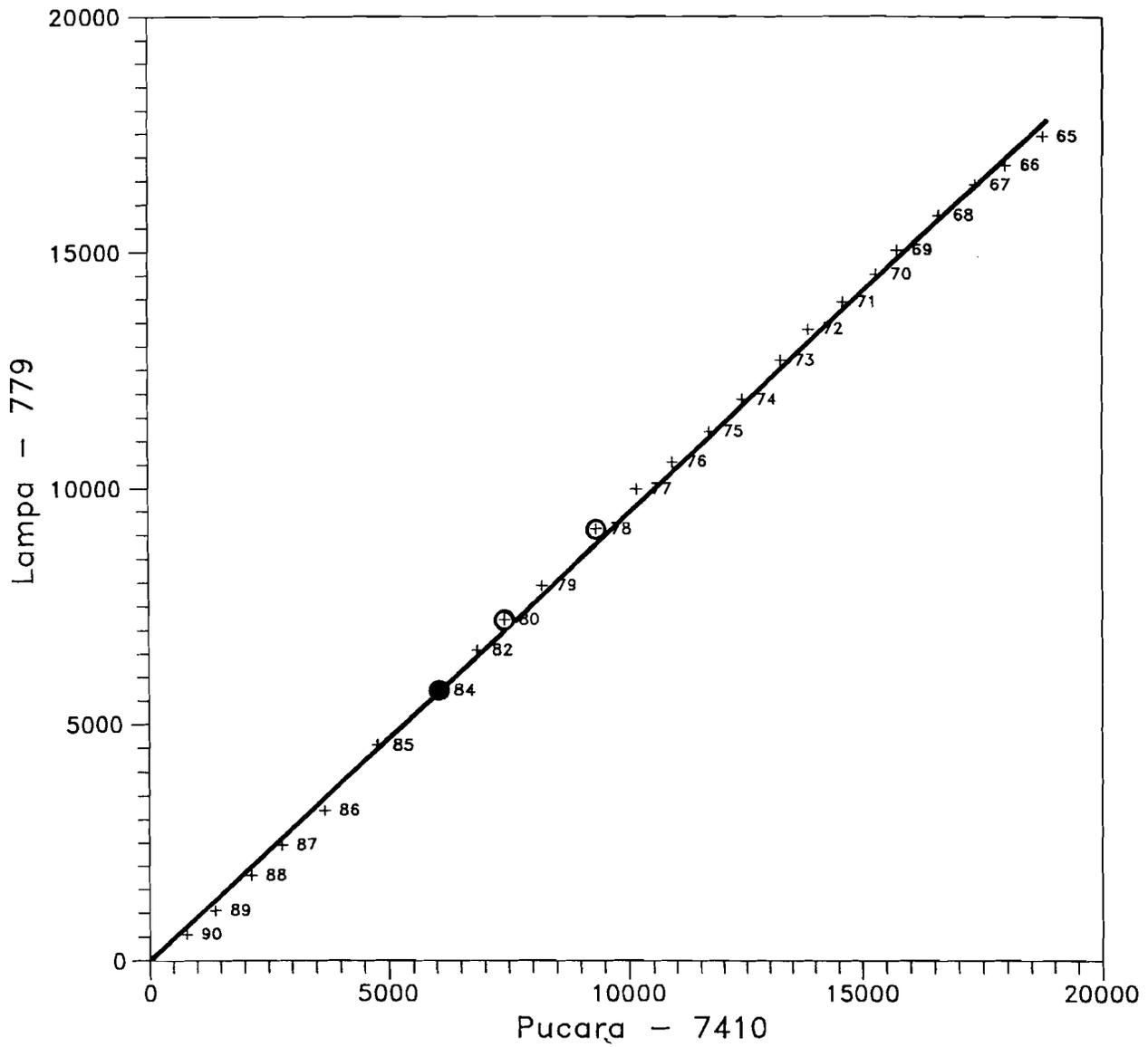
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



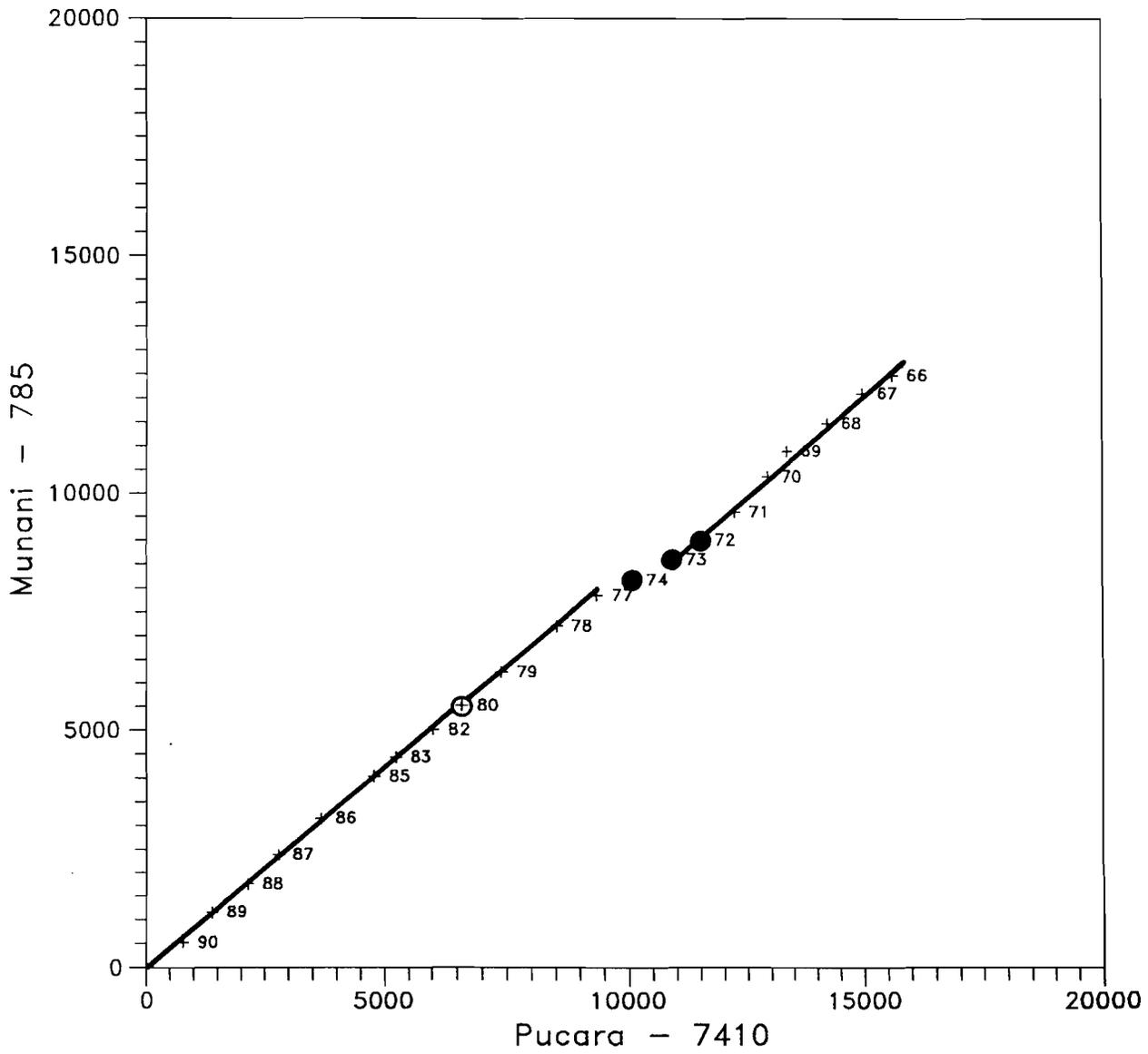
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



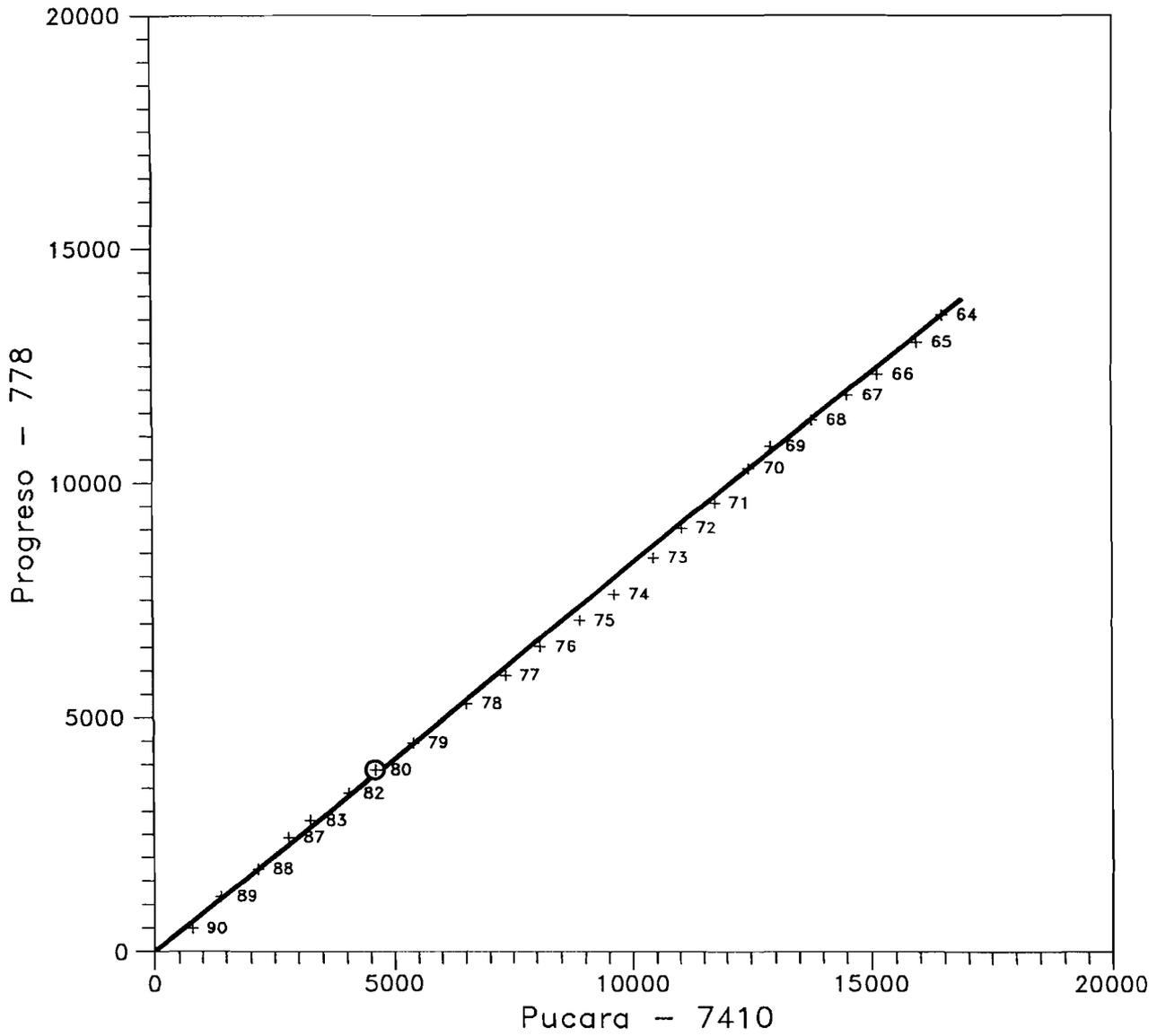
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



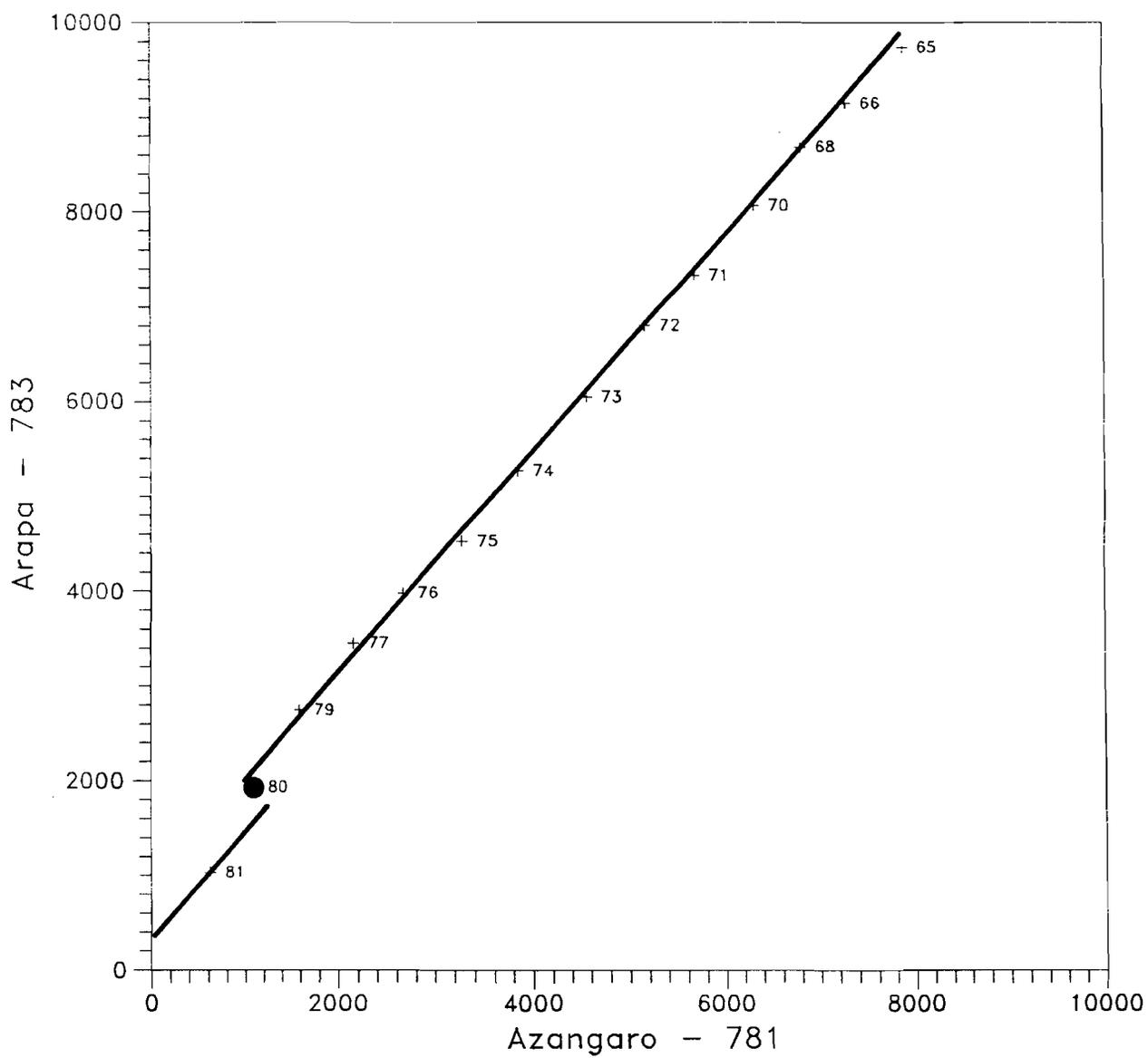
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



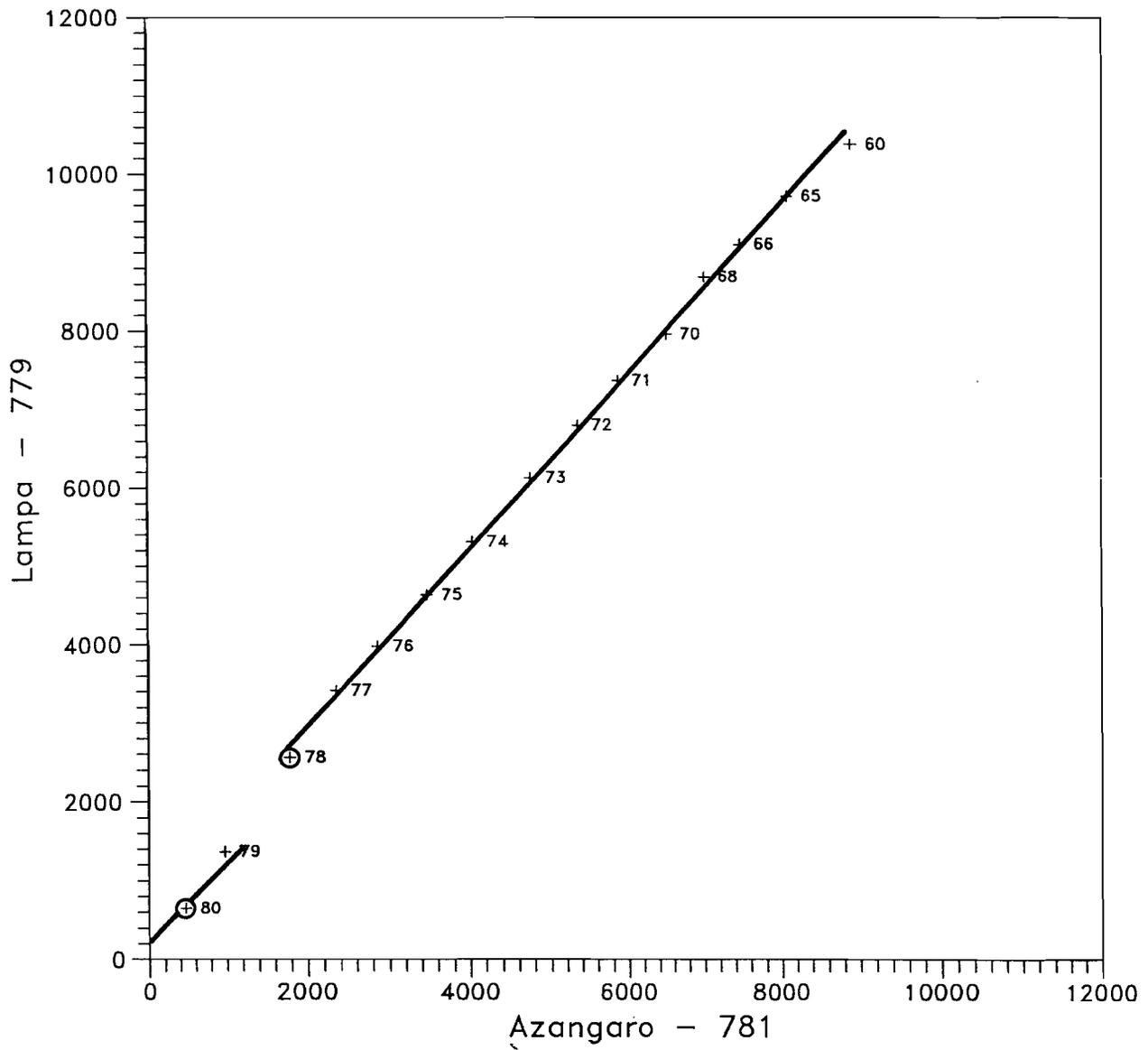
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



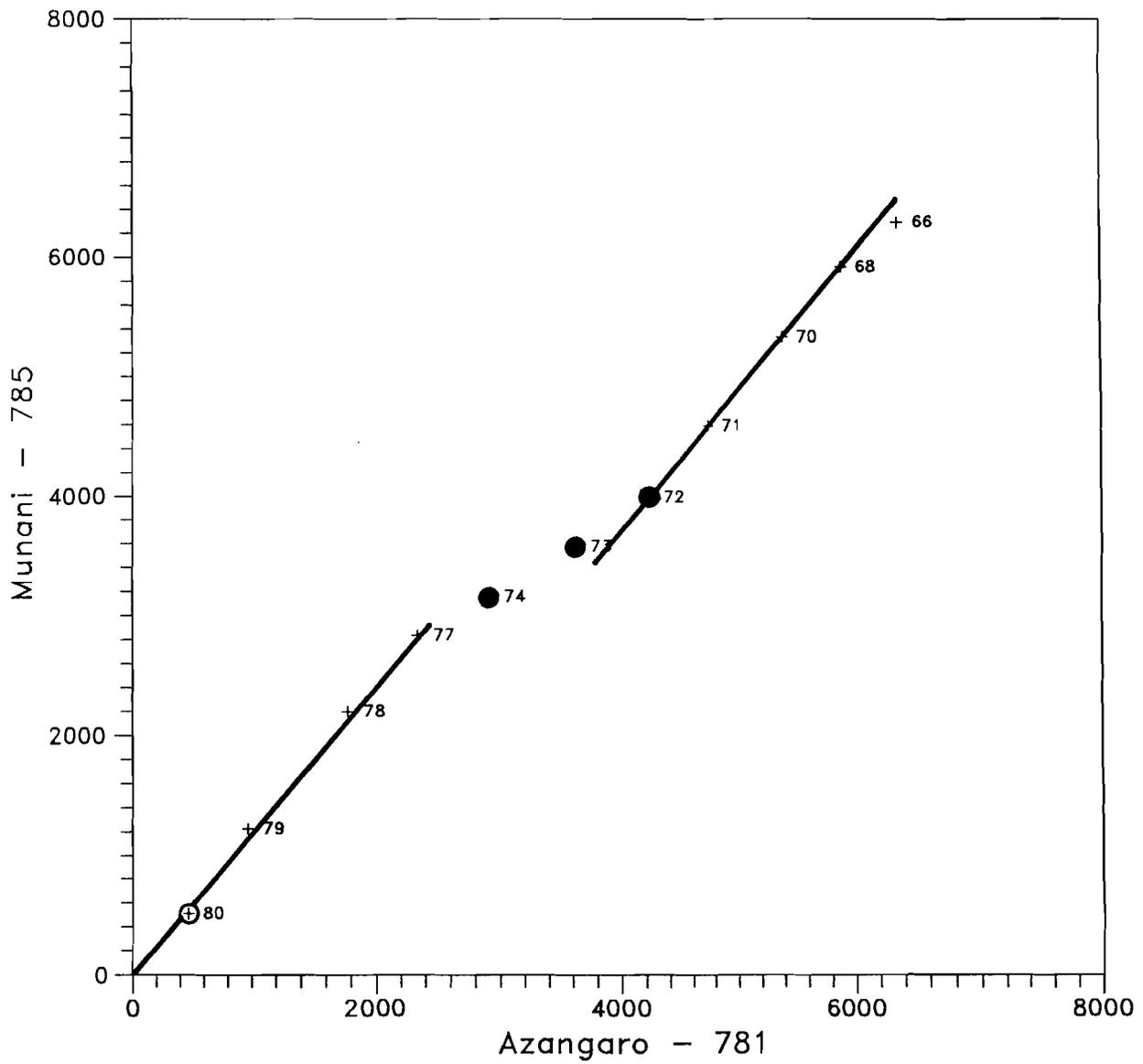
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



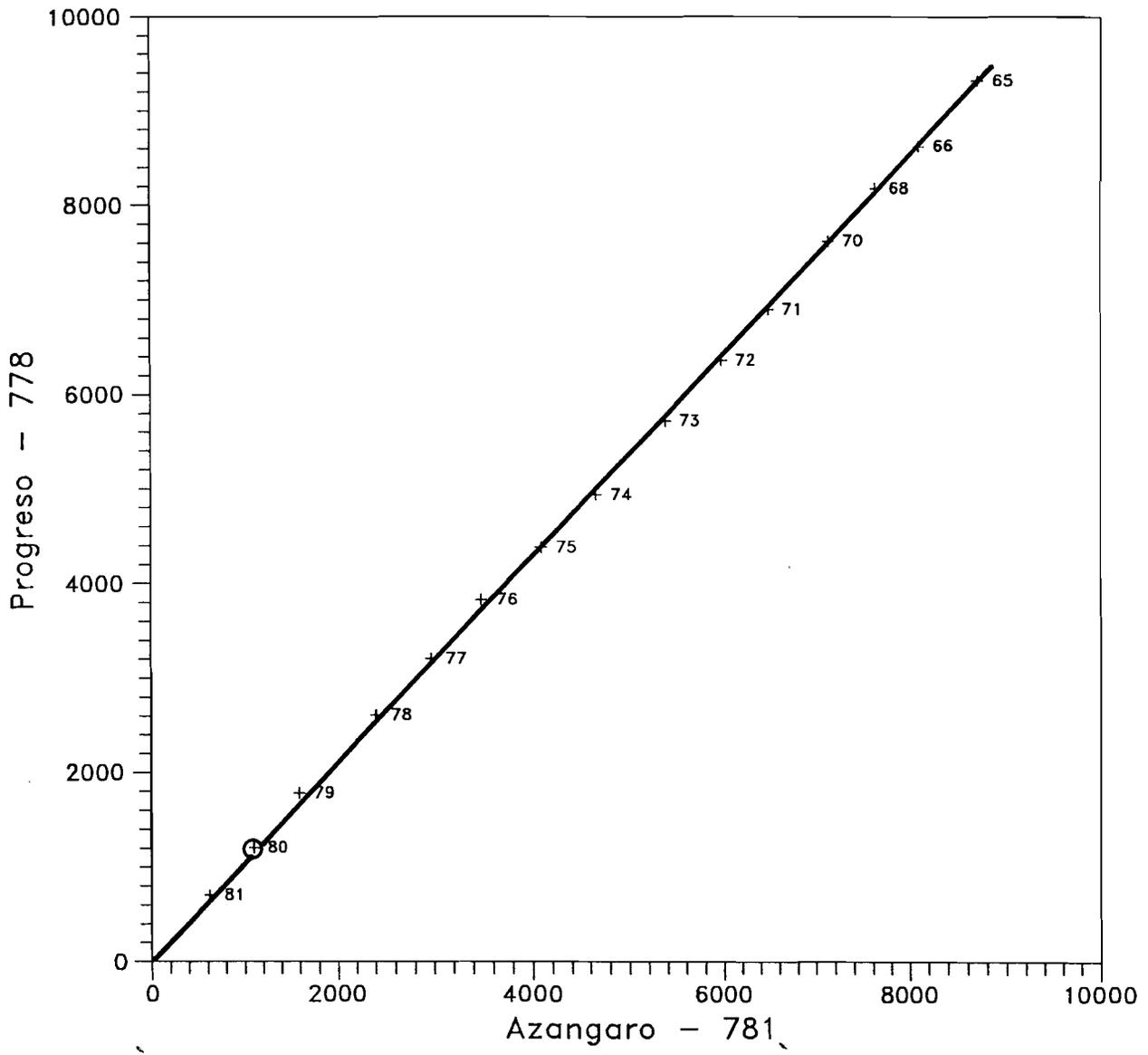
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



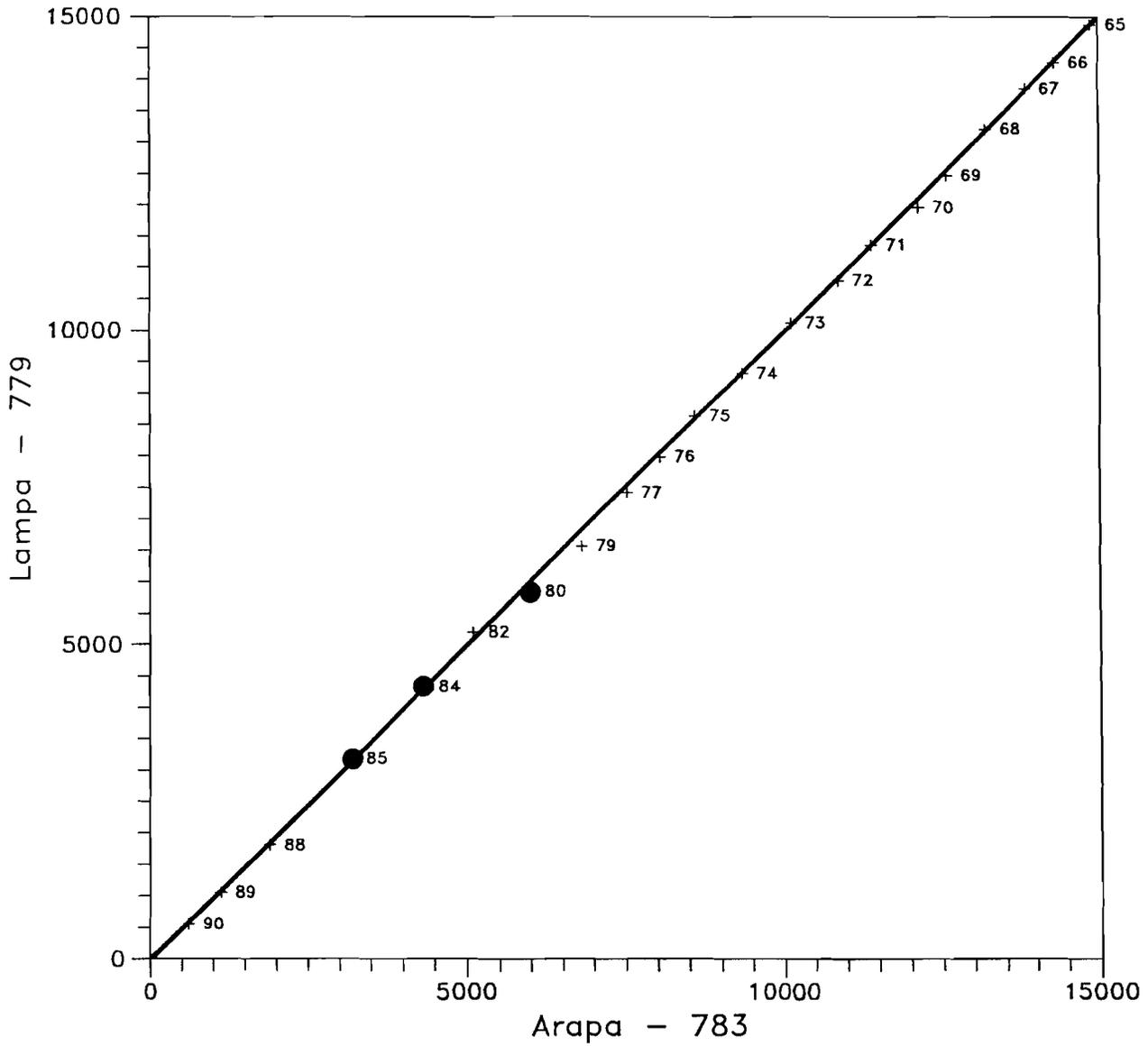
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



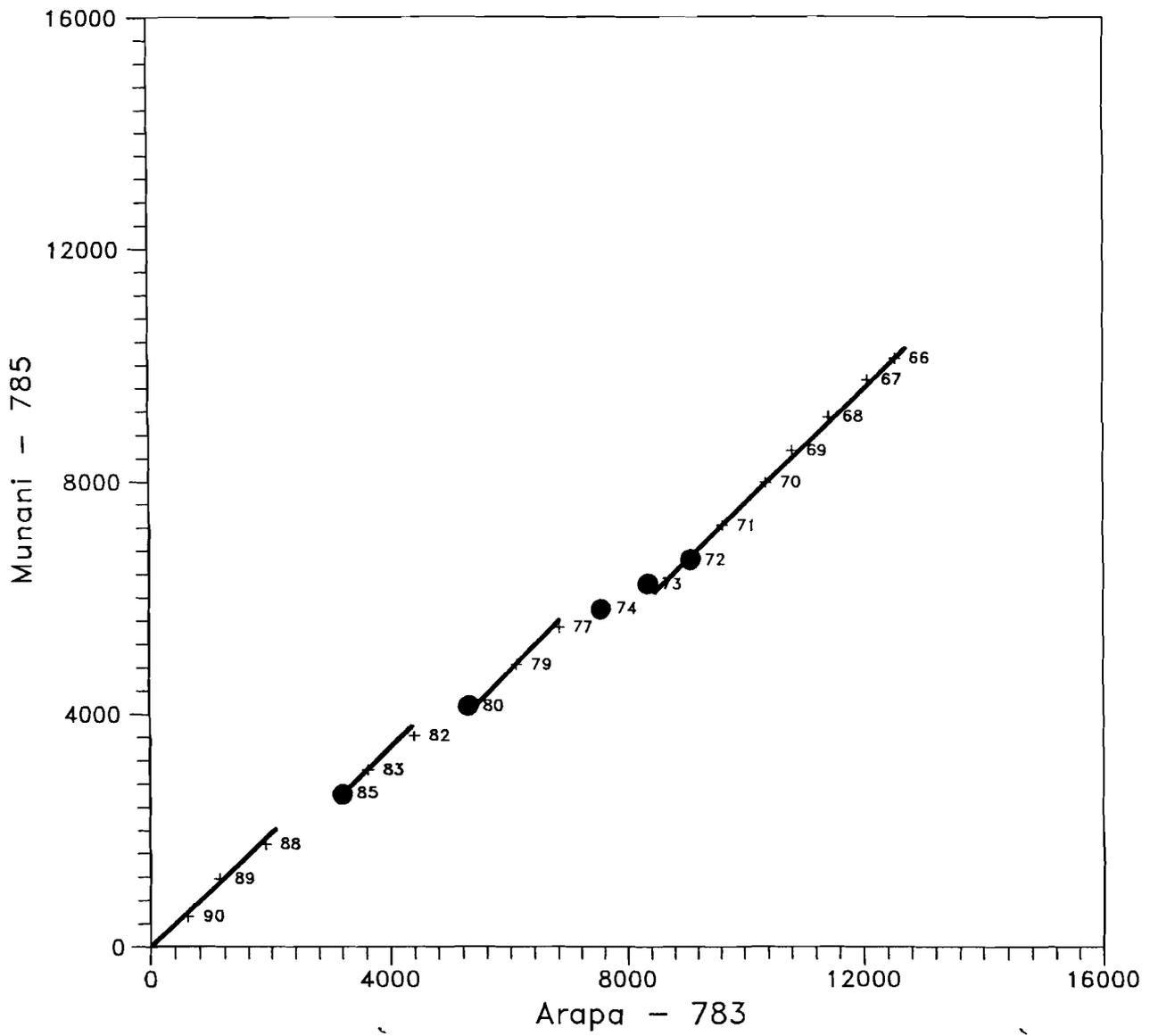
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



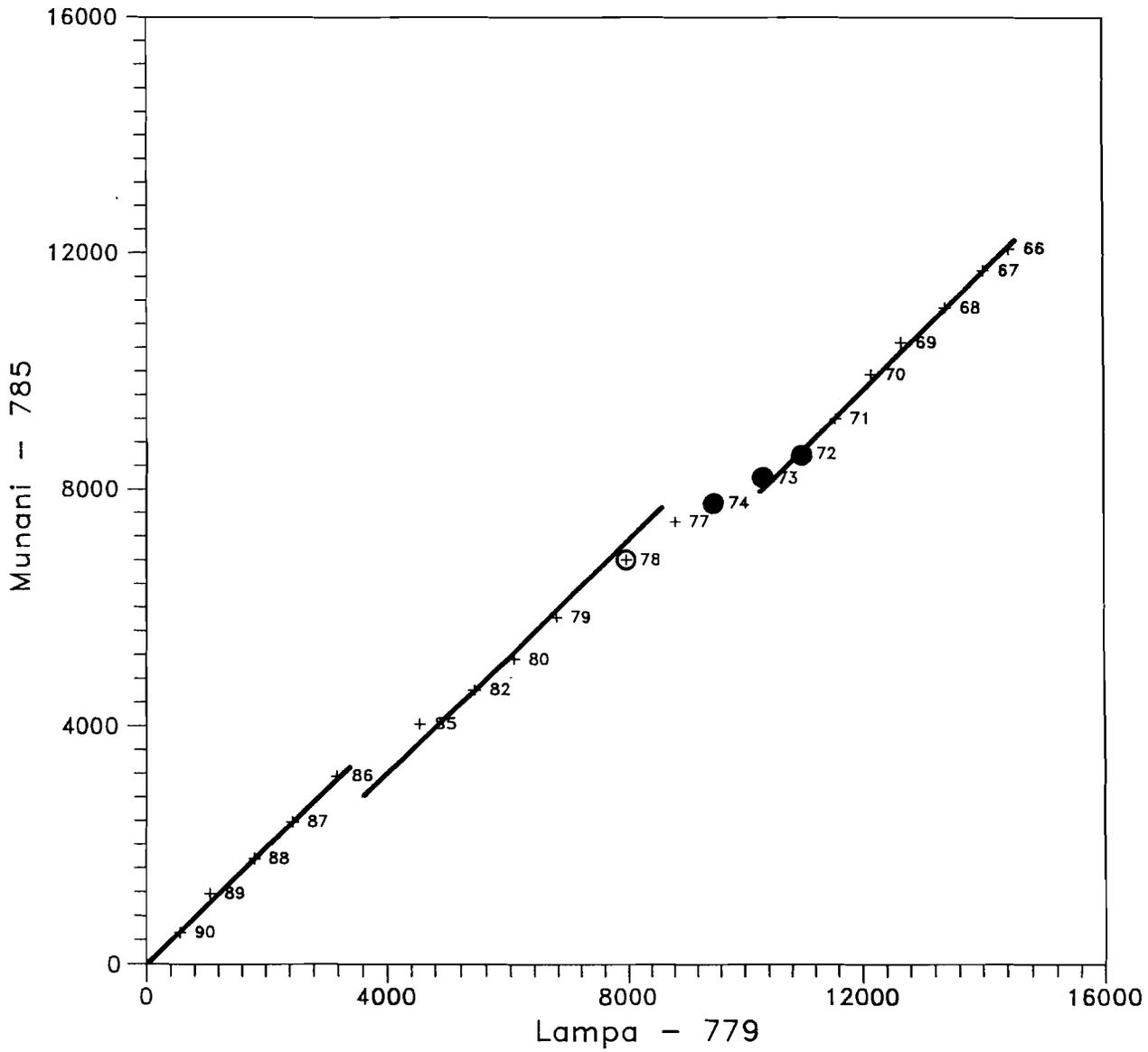
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



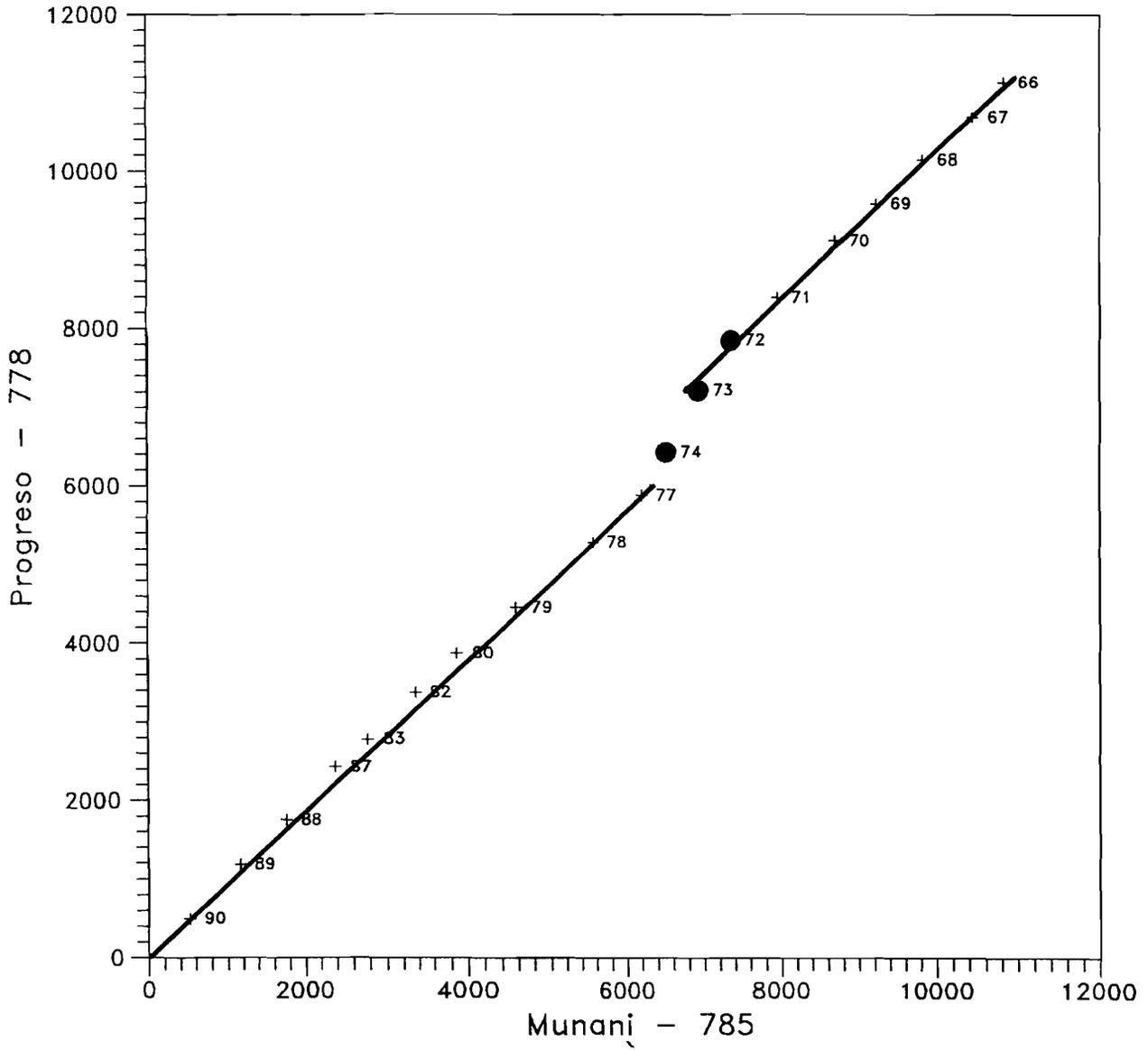
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



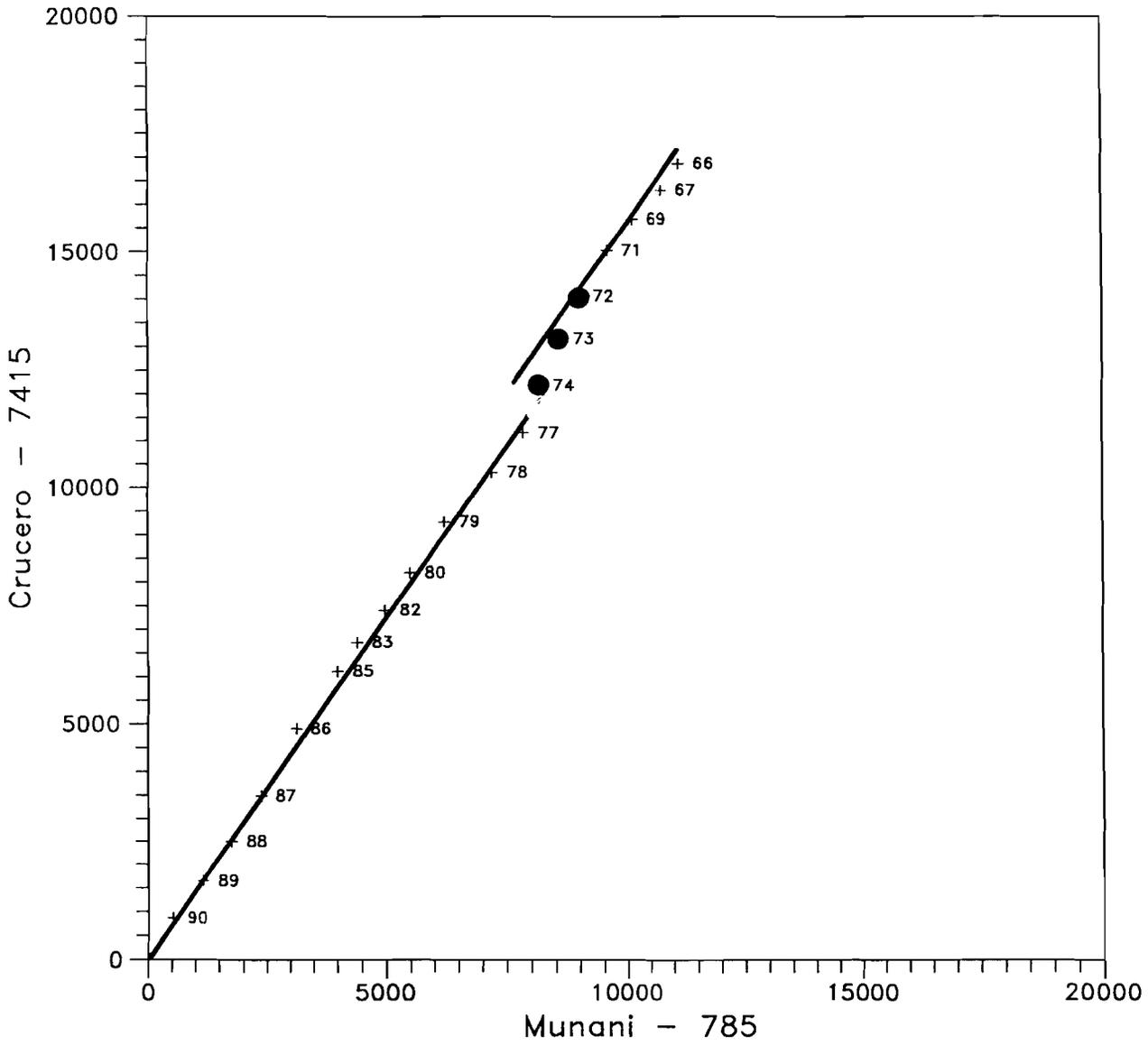
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



GRUPO 17

Forman parte del mismo las siguientes estaciones:

- Pampahuta (762)
- Lagunillas (763)
- Jarpaña (7403)
- Quillisani (7401)
- Paratia (7408)
- Atecate (7331)
- Colini (4380)
- Santa Lucía (7426)

Estos pluviómetros cubren las cuencas media y alta del río Coata. A pesar de que el relieve es muy accidentado, los contrastes muestran que se trata de una región con características homogéneas en cuanto al régimen de precipitaciones, siendo las correlaciones entre las series muy elevadas. Por otra parte, se trata quizás del grupo - junto con el vecino grupo 16 - en el que se observan menos anomalías de origen natural, es decir, donde las relaciones entre las distintas series permanecen más estables en el tiempo.

Pampahuta (762): serie correcta. Los contrastes son de gran calidad con todas las estaciones, exceptuando pequeñas anomalías en los cruces con Paratia, Colini, Atecate y Quillisani - que en todos los casos se deben a errores en los registros de estos - y el brusco cambio de tendencia con Santa Lucía que se justificará posteriormente.

Lagunillas (763): al igual que en el caso anterior se trata de una serie de gran calidad en la que no se han detectado errores ni anomalías significativas.

Jarpaña (7403): serie correcta. El contraste con Paratia muestra una cierta anomalía (cambio de tendencia) en el período 1978-80, pero los cruces de ambas estaciones con terceras muestra que se trata de un fenómeno natural de escasa significación.

Quillisani (7401): en conjunto sus registros son fidedignos. Los contrastes con las estaciones principales muestran como único rasgo disonante el valor correspondiente al año 1983, que resulta excepcionalmente bajo. Las comprobaciones a nivel mensual parecen indicar que se trataría de la conjunción de una anomalía natural y de un error en los datos de Febrero, Marzo y Abril, que han sido suprimidos de la serie. Sin embargo, no se puede descartar la posibilidad de que dichos datos pudieran ser correctos, ya que el año 1983 fue globalmente el más seco en el Altiplano y se produjeron numerosas anomalías regionales o incluso locales. En apoyo de esta hipótesis podría argumentarse que el observatorio de Quillisani se encuentra en un valle muy resguardado y alejado del lago Titicaca, origen probable de la mayor parte de la humedad en un año tan excepcional.

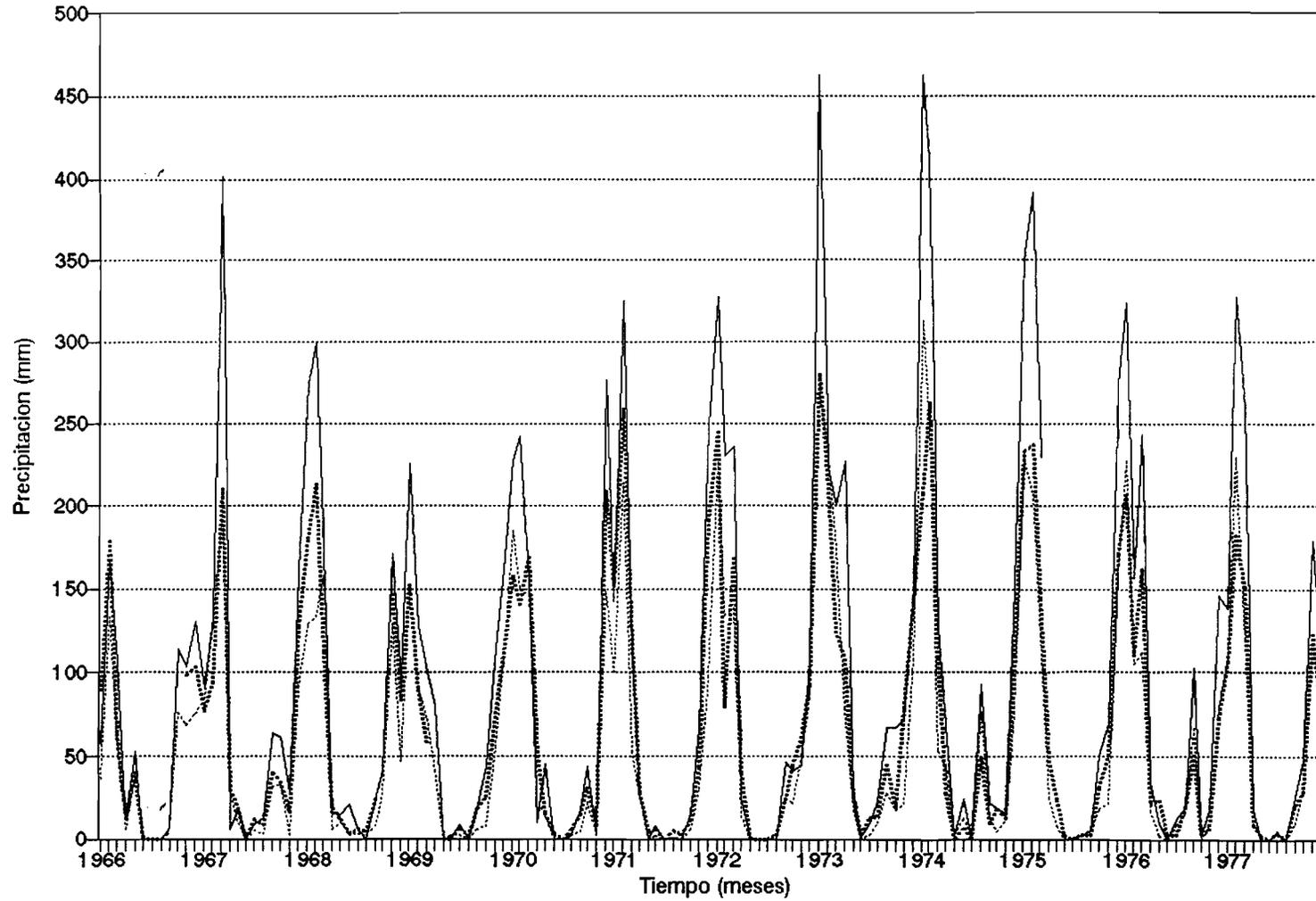
Paratia (7408): a la vista de las dobles acumulaciones se han verificado a nivel mensual las precipitaciones del período 1986-1990, ya que algunos de estos años se salen - por defecto - de la tendencia general. En el año 1986, que fué especialmente lluvioso en todo el Altiplano, no se ha podido identificar ningún error evidente en los registros de Paratia, por lo que se supone que se trata de una anomalía natural de las muchas que se han detectado para ese año. Sin embargo, en los años 1987 y 1988 si se ha localizado un período de 7 meses (de Octubre de 1987 a Abril de 1988) cuyos datos son claramente erróneos y han sido eliminados de la serie, al igual que los registros de Enero, Mayo, Octubre y Noviembre de 1990, que resultan poco verosímiles.

Atecate (7331): las dos únicas anomalías identificadas corresponden a los años 1974 y 1965. El análisis a nivel mensual del año 1974 pone de manifiesto la presencia de una anomalía natural positiva (es decir, exceso de precipitación) en los meses de enero y febrero, que tiene también su reflejo en otros pluviómetros. En cuanto a la segunda, se han suprimido los valores de Enero y Diciembre de 1965, debido a que su escasa precipitación no concuerda con lo registrado en los otros pluviómetros.

Colini (4380): serie correcta, con la excepción de los datos de Septiembre, Octubre y Diciembre de 1970, que han sido suprimidos por su carácter presumiblemente erróneo.

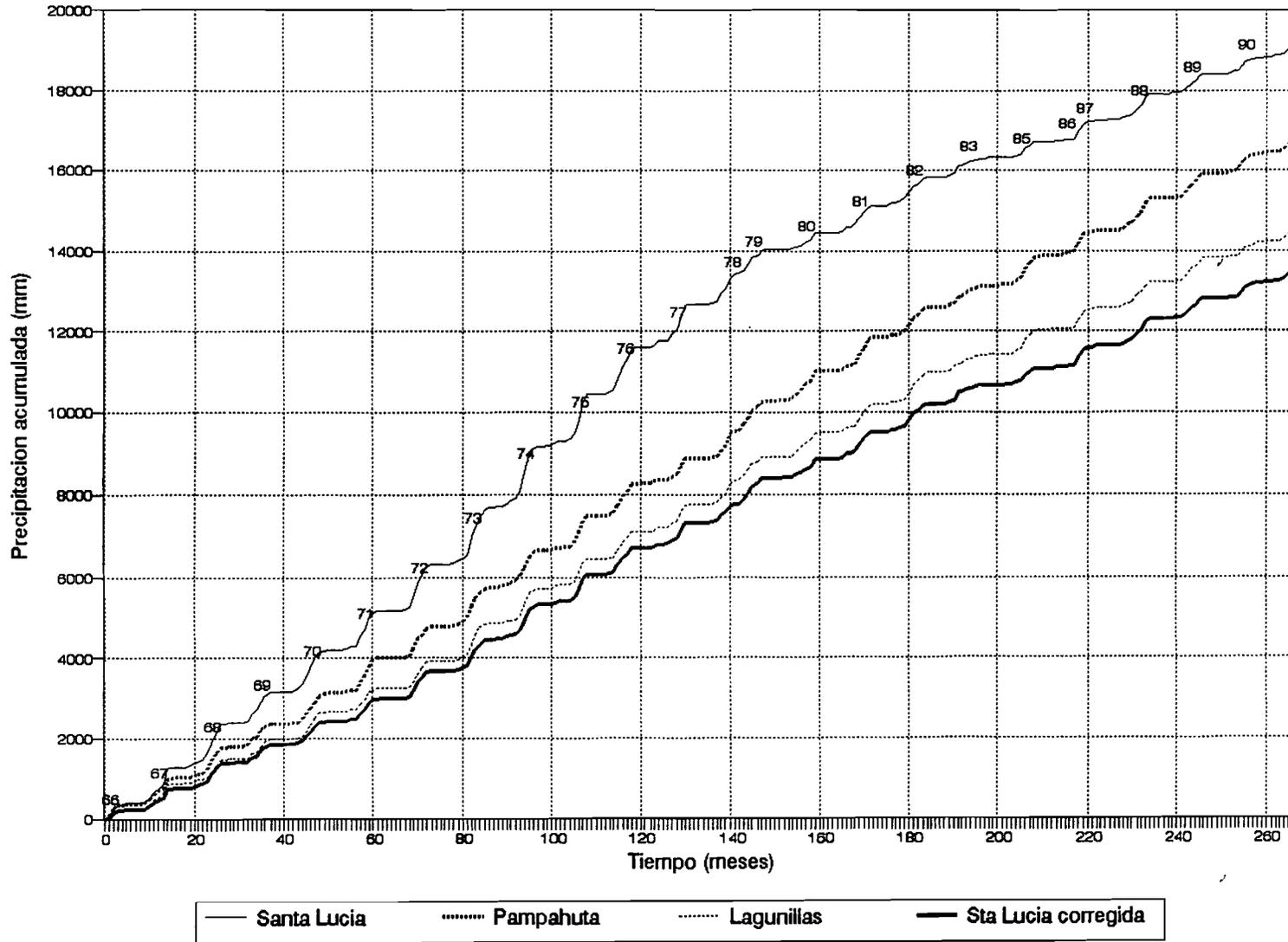
Santa Lucía (7426): el contraste por dobles masas con todos los pluviómetros muestra un cambio brusco de pendiente, que se inicia en los meses sin dato de 1978, y que da lugar a dos tendencias bien definidas pero que indicarían precipitaciones muy dispares. Ante la naturaleza de la anomalía se decidió consultar las planillas originales, encontrando que en las fechas referidas se produjo un cambio de observador y del instrumental para la medición de la precipitación. Los contrastes a nivel mensual de todos estos años confirmaron que la secuencia de los registros era básicamente correcta, pero que los valores individuales contenían un error sistemático en su magnitud. Por lo tanto, y para no perder todos estos años de información, se decidió corregir los datos anteriores a Marzo de 1978 aplicándoles un coeficiente de 0.58, que es la media de los que se deducen utilizando como referencia las estaciones de Lagunillas y Pampahuta. Además de estas correcciones, se han eliminados los valores correspondientes a Enero, Febrero y Marzo de 1962 (los únicos con registro en dicho año) y los de Junio y Diciembre de 1961.

CONTRASTE SANTA LUCIA (7426)
Valores mensuales (1966-1977)

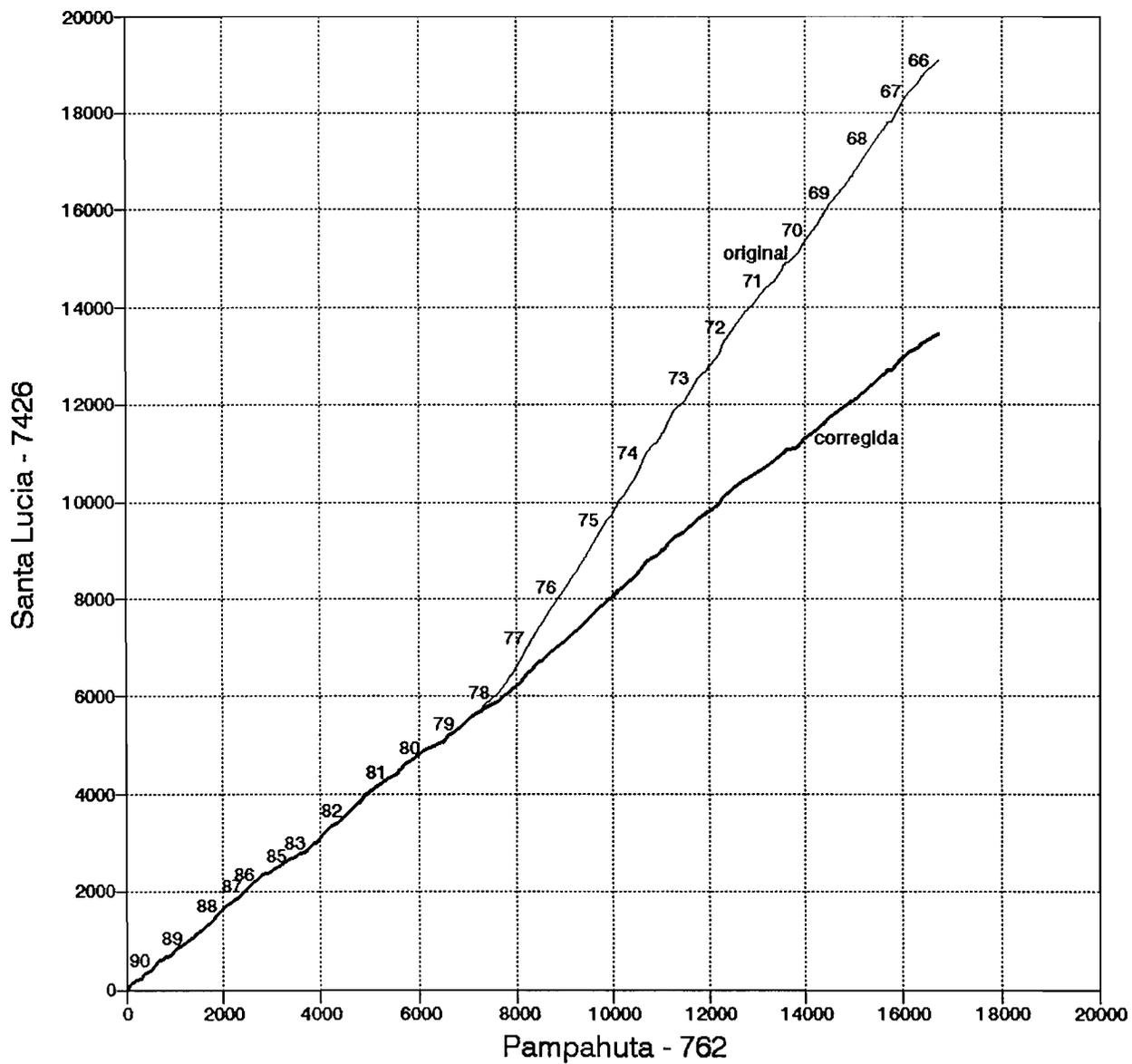


— Santa Lucia Pampahuta Lagunillas

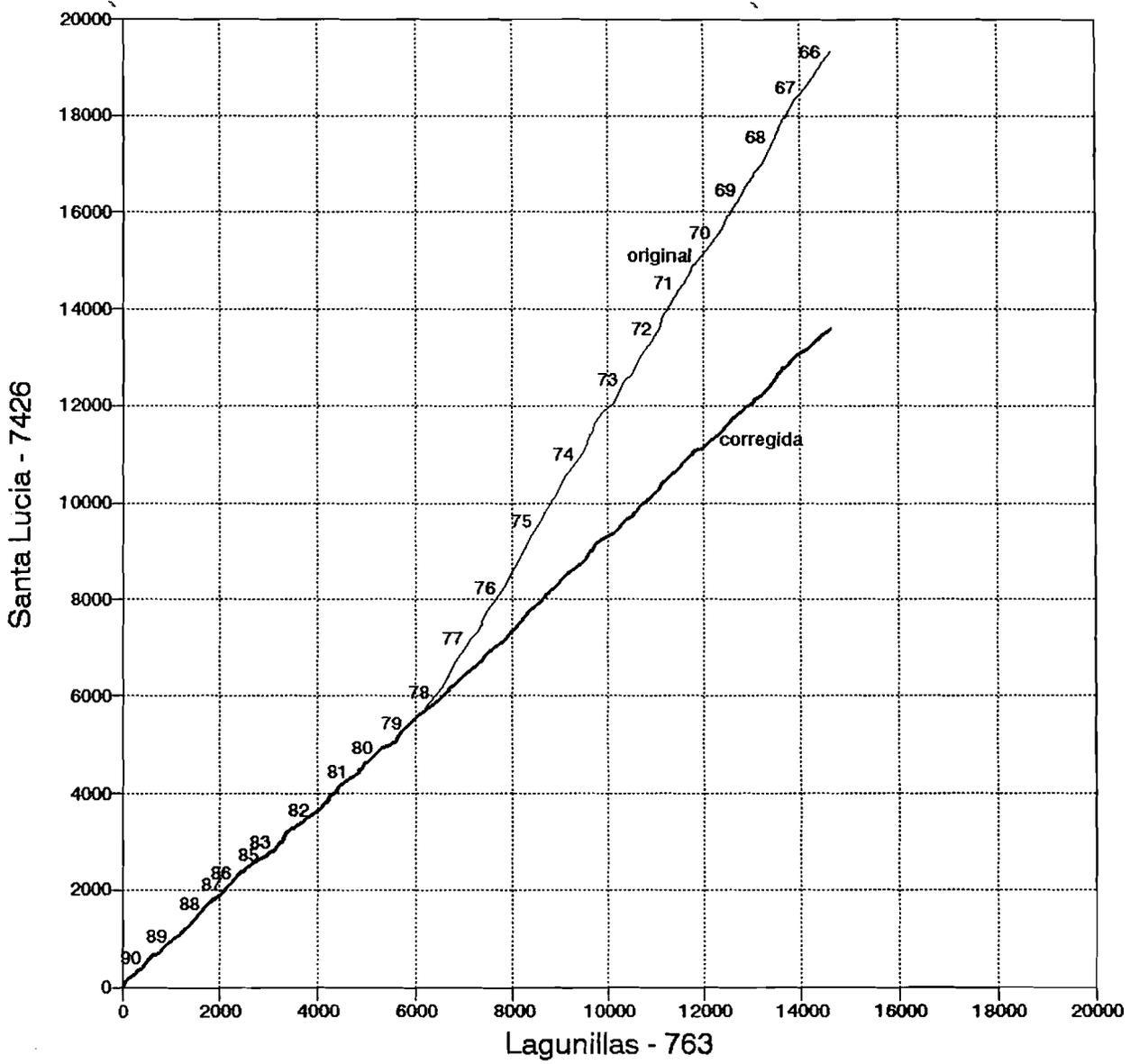
CONTRASTE SANTA LUCIA (7426)
Valores mensuales acumulados (1966-90)



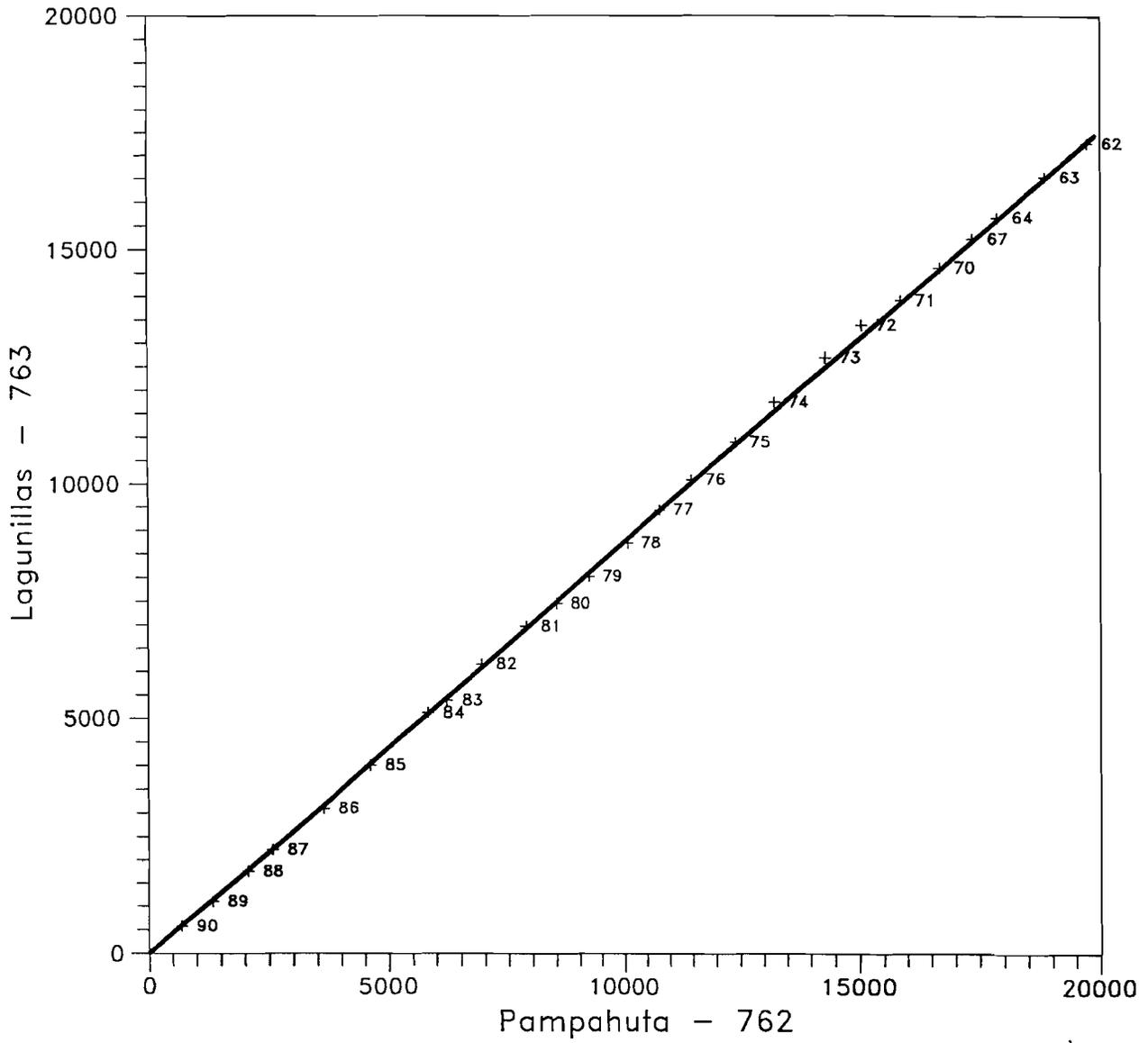
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES Nivel mensual (1966-1990)



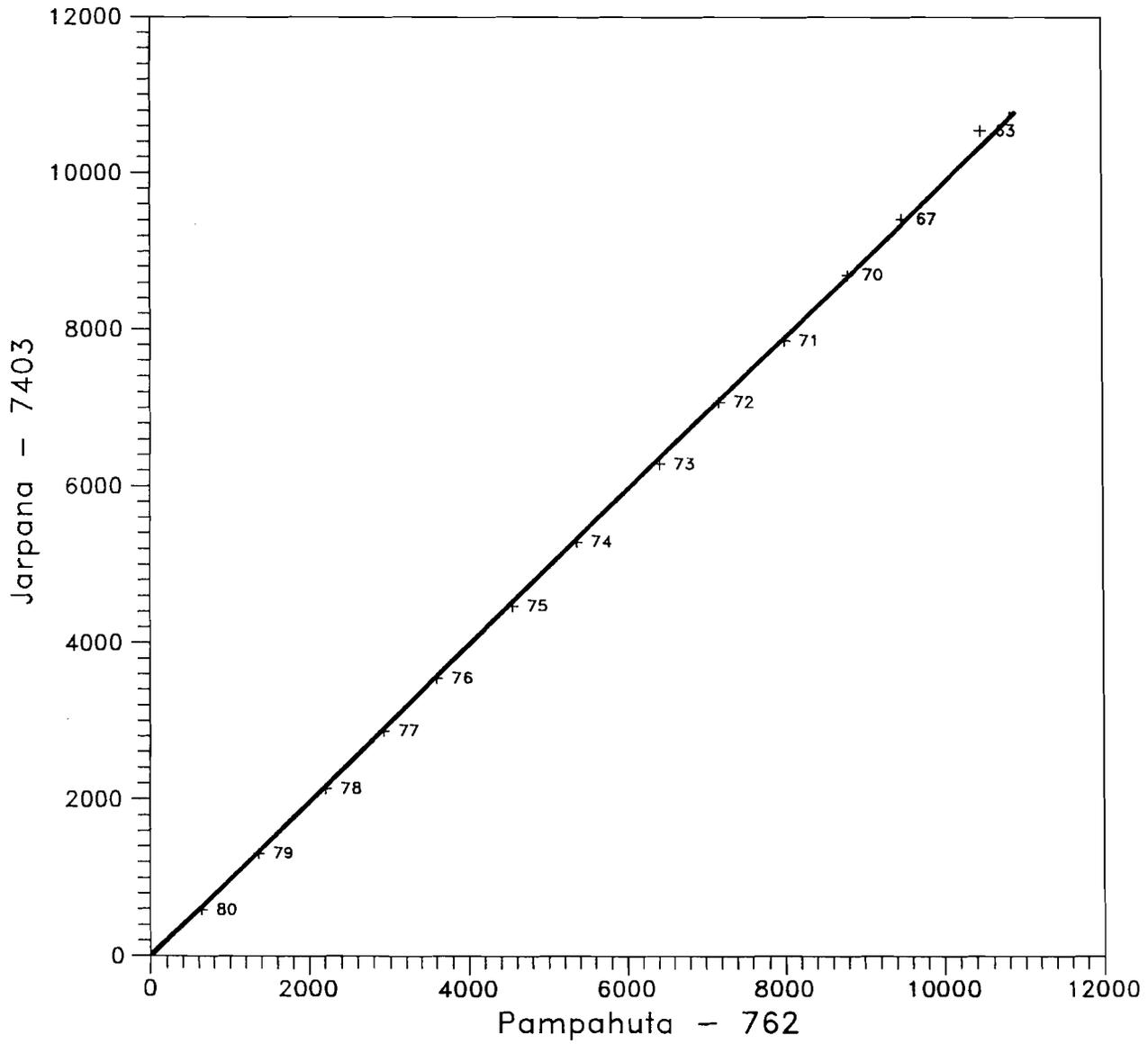
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES Nivel mensual (1966-1990)



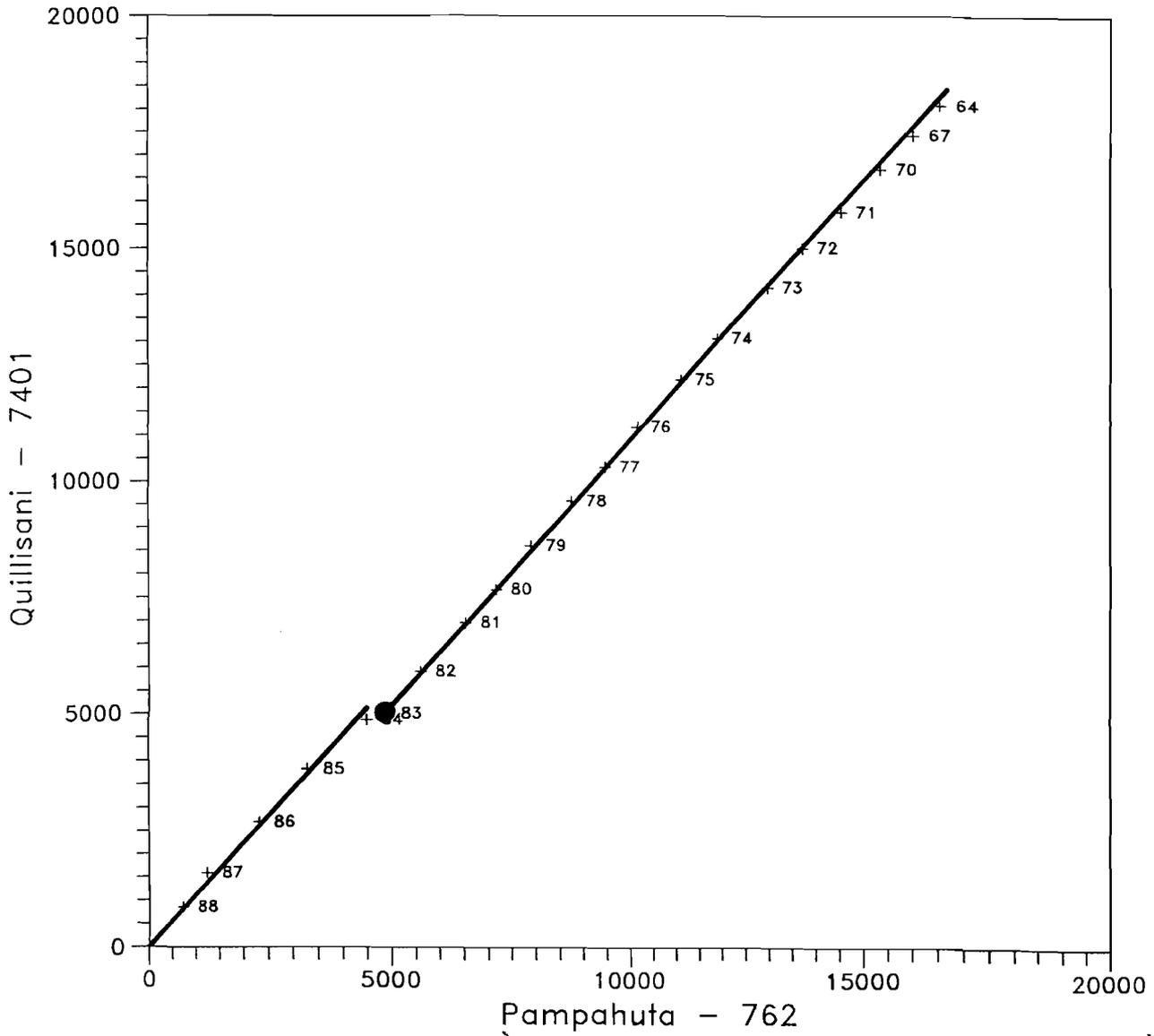
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



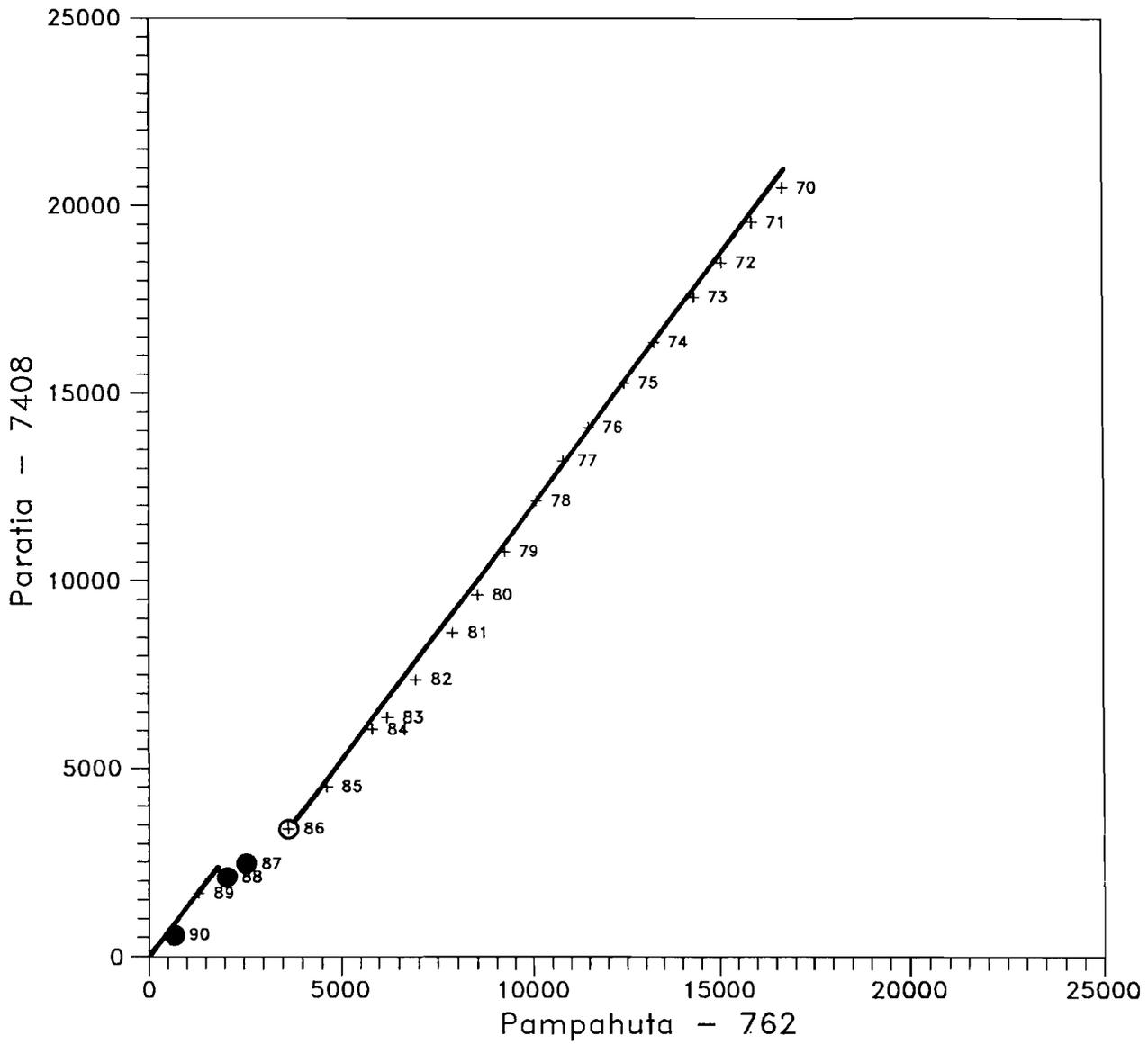
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



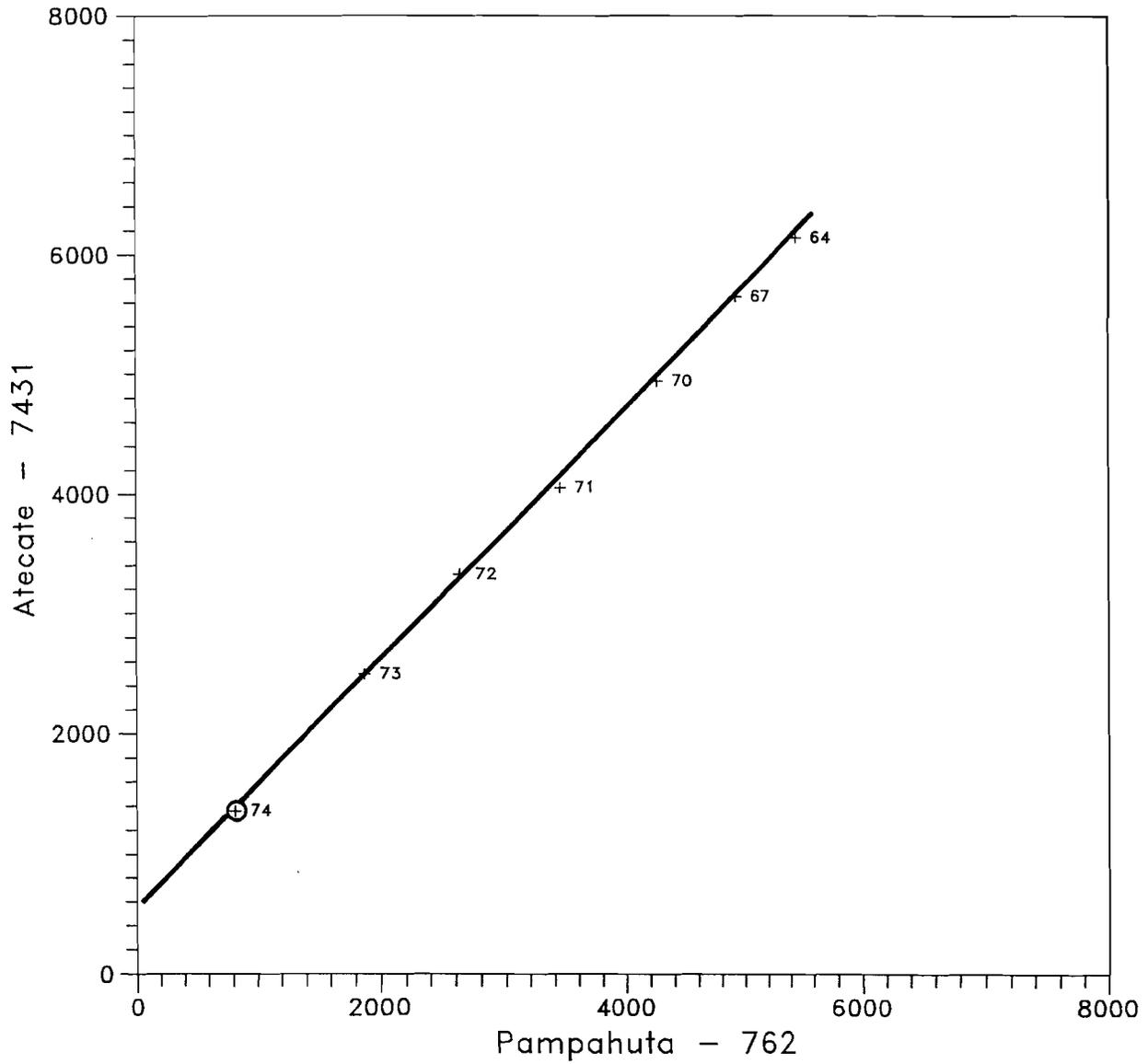
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



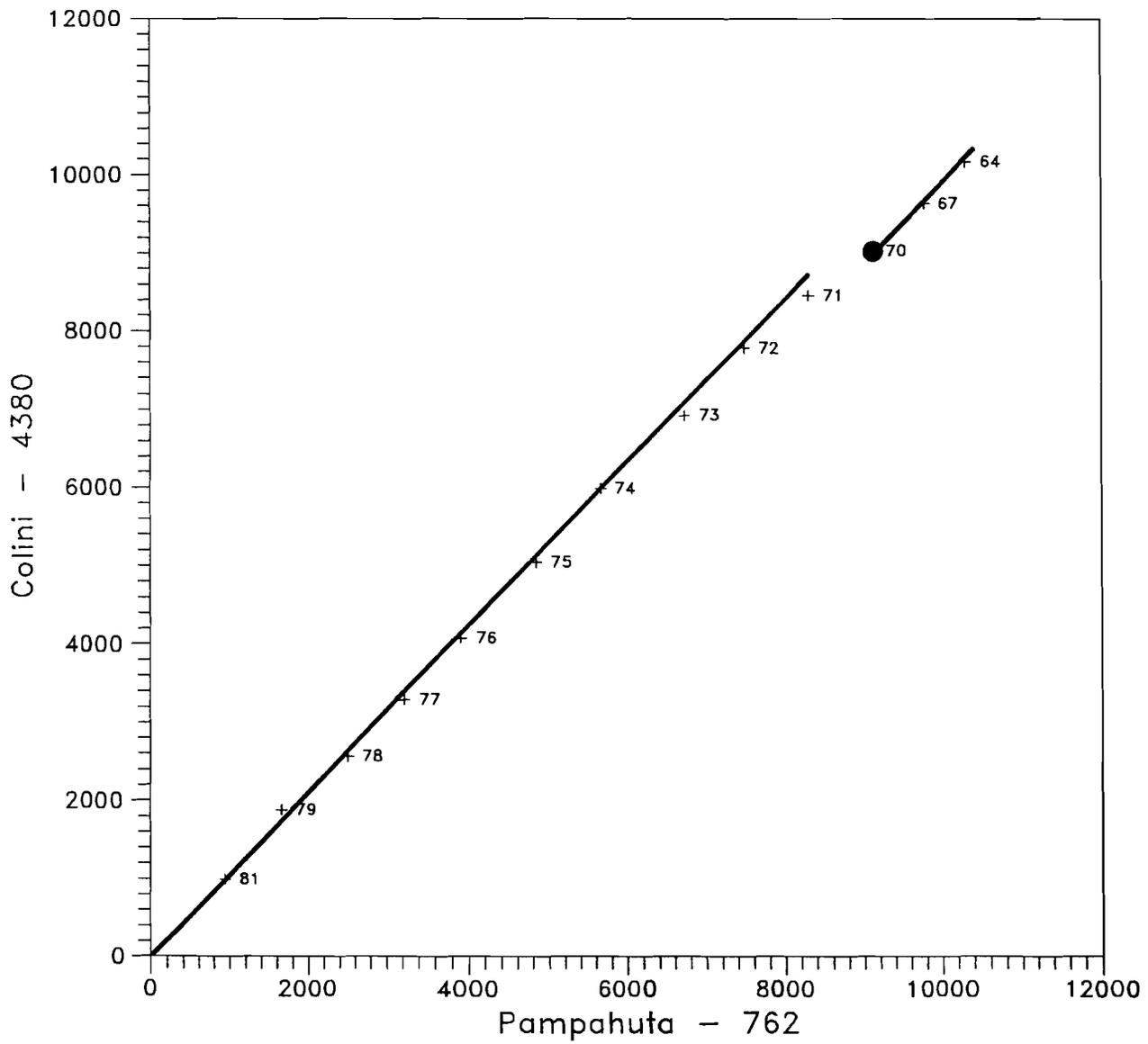
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



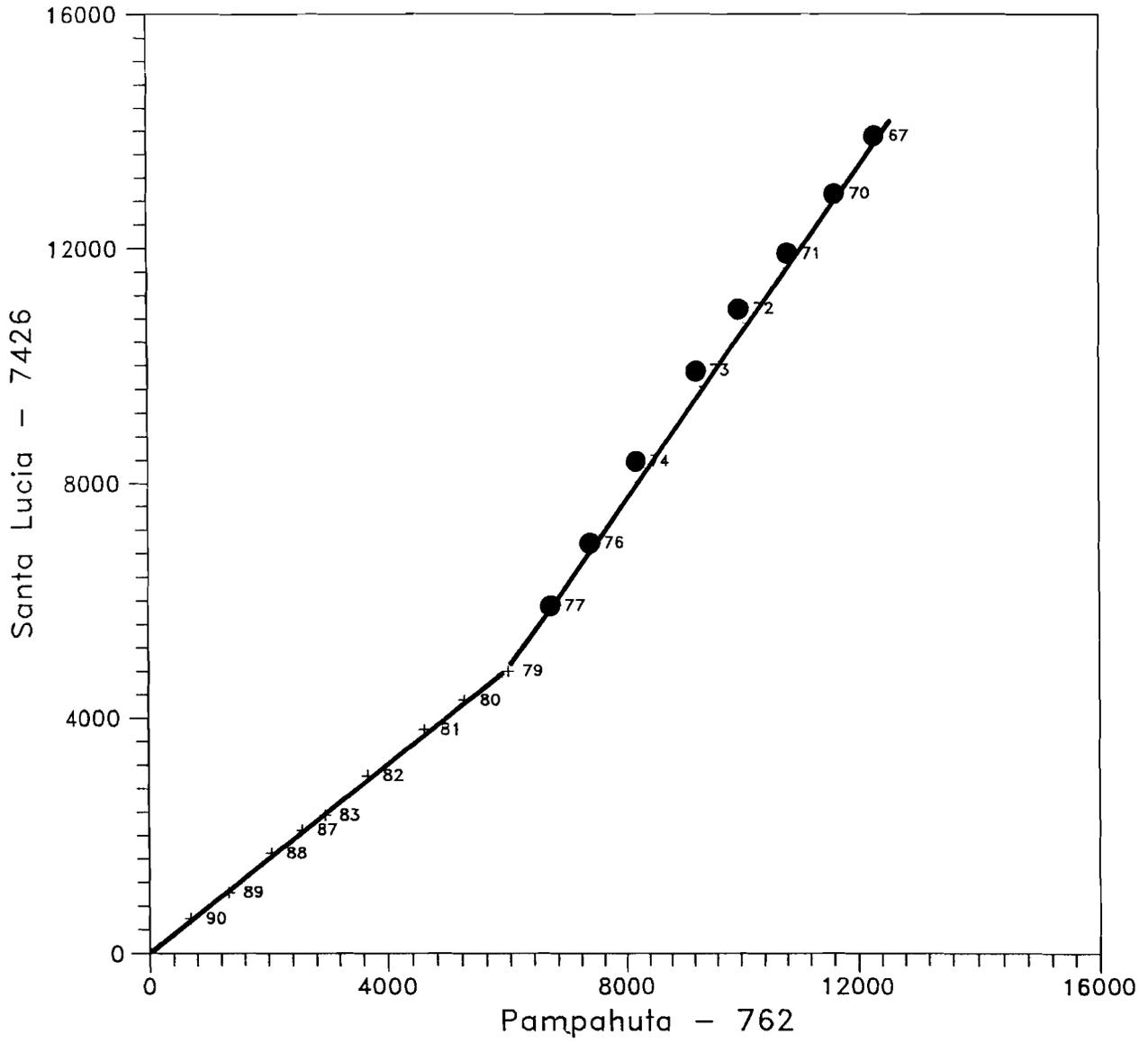
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



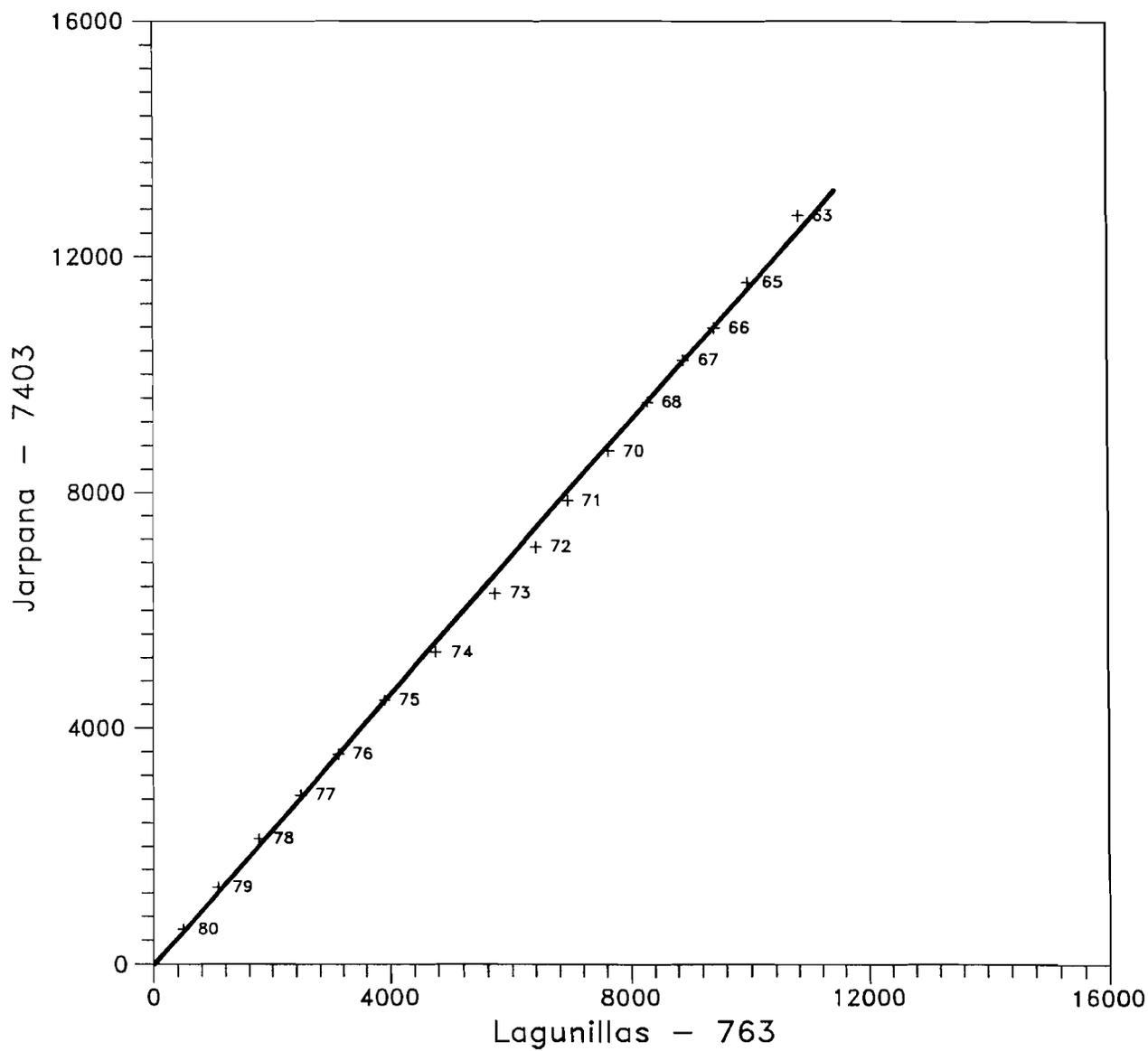
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



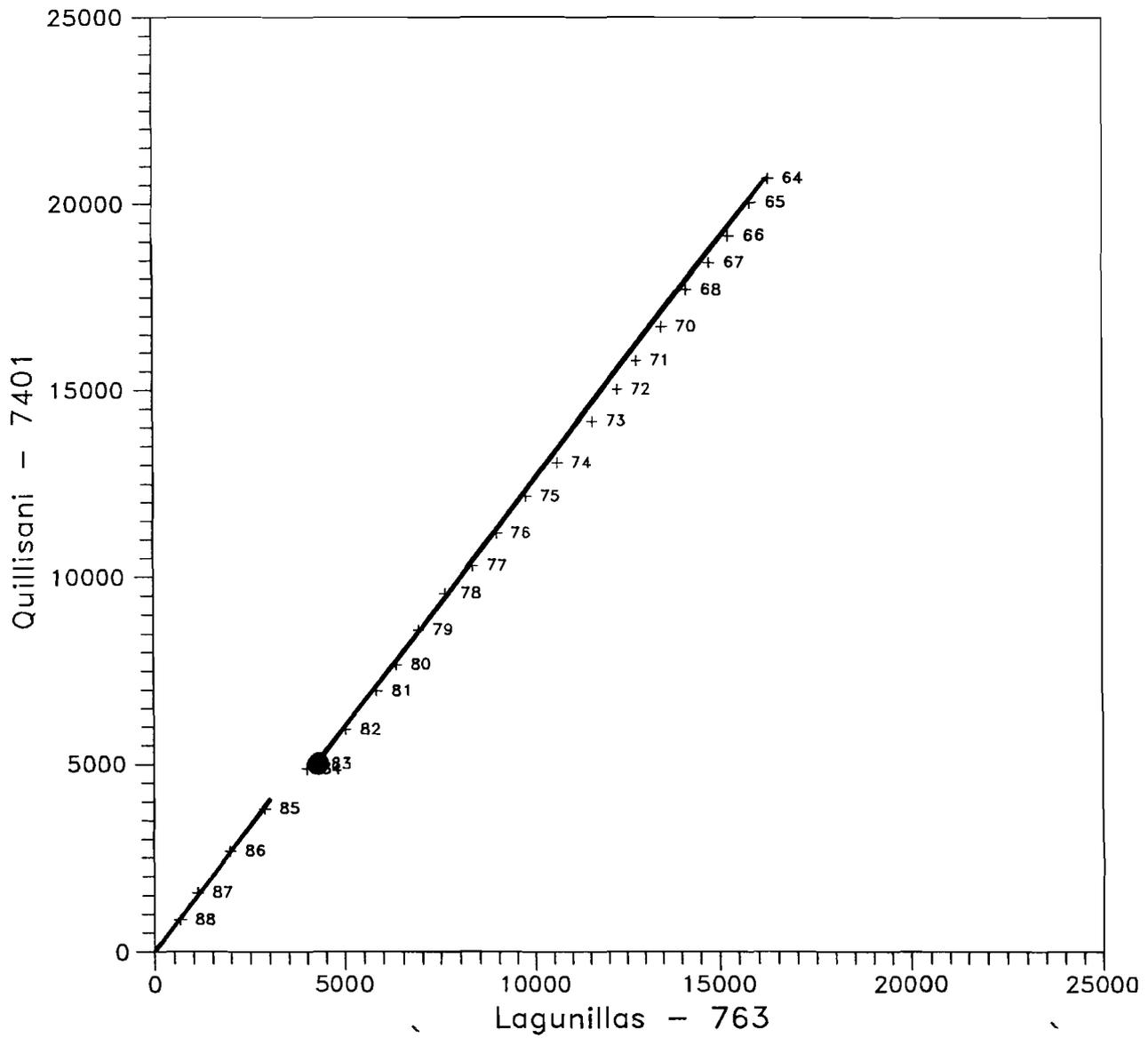
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



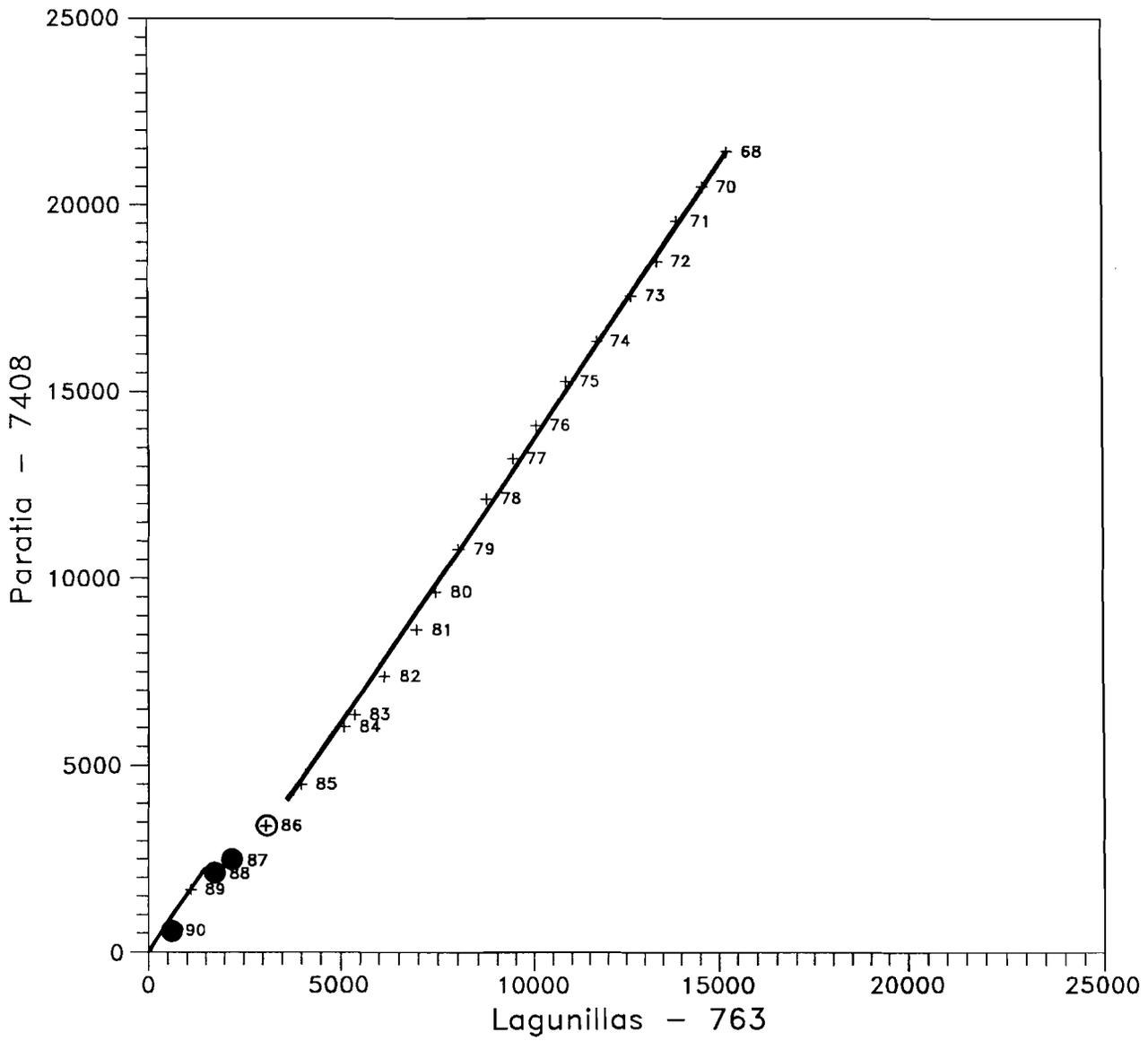
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



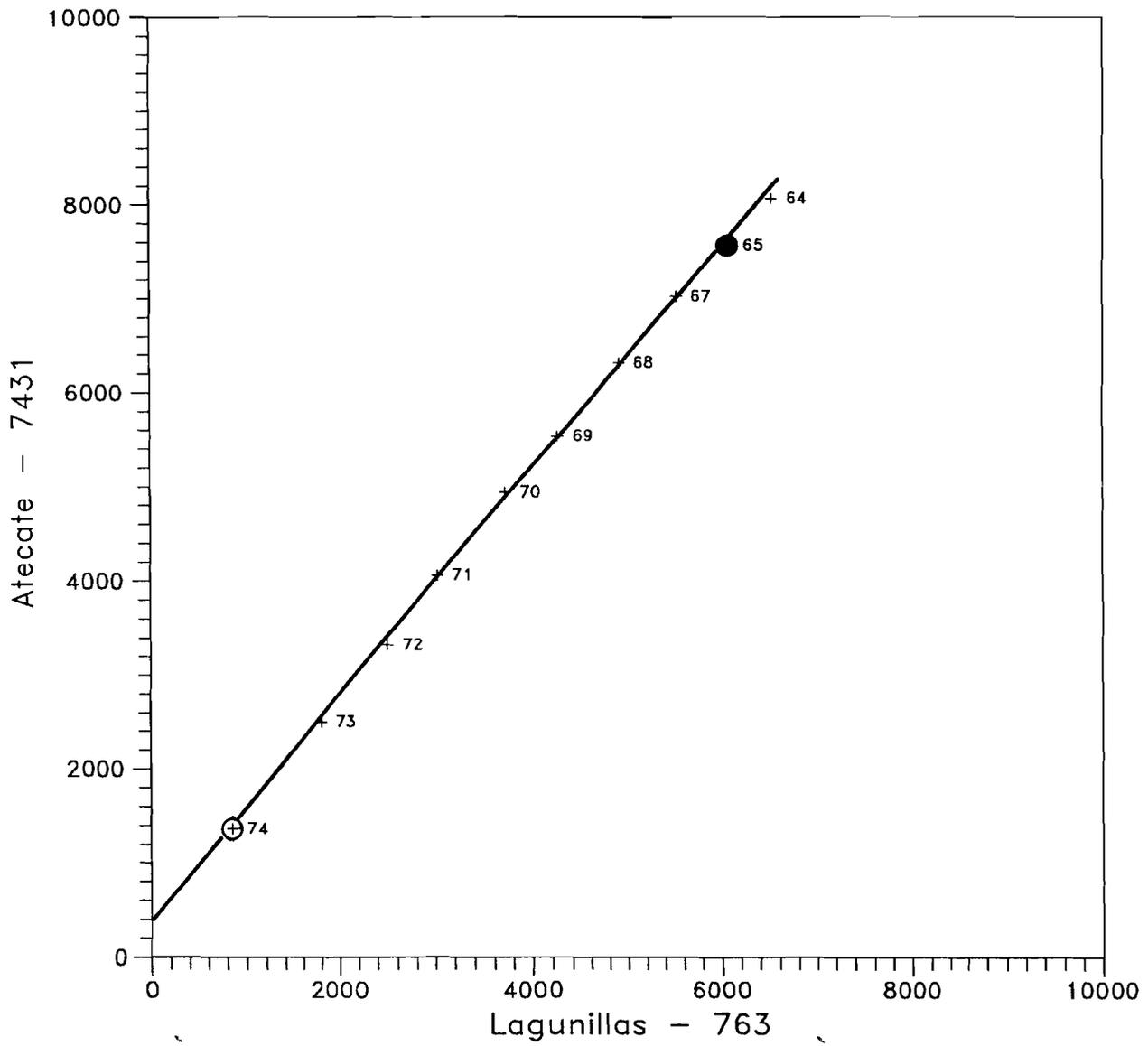
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



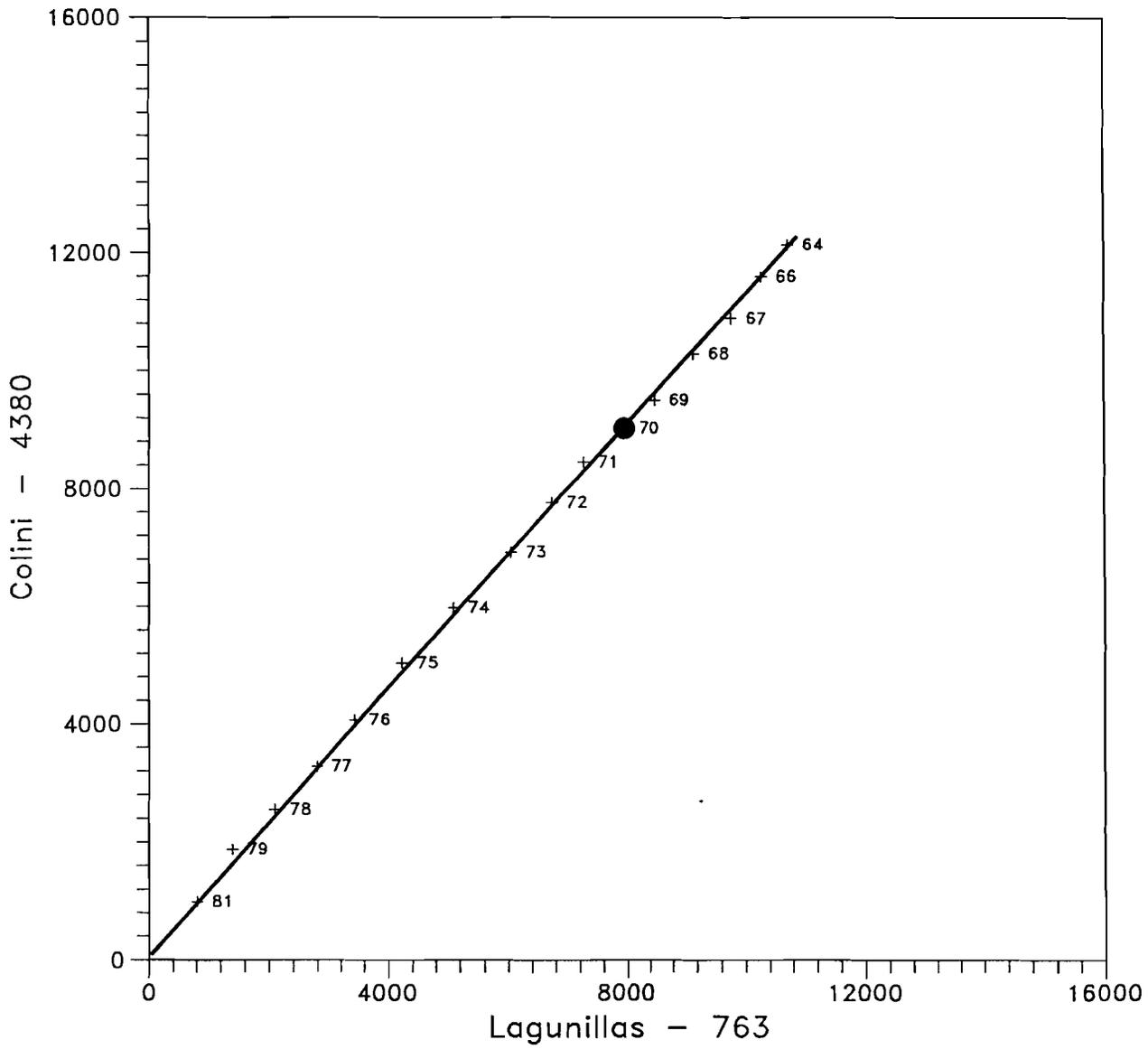
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



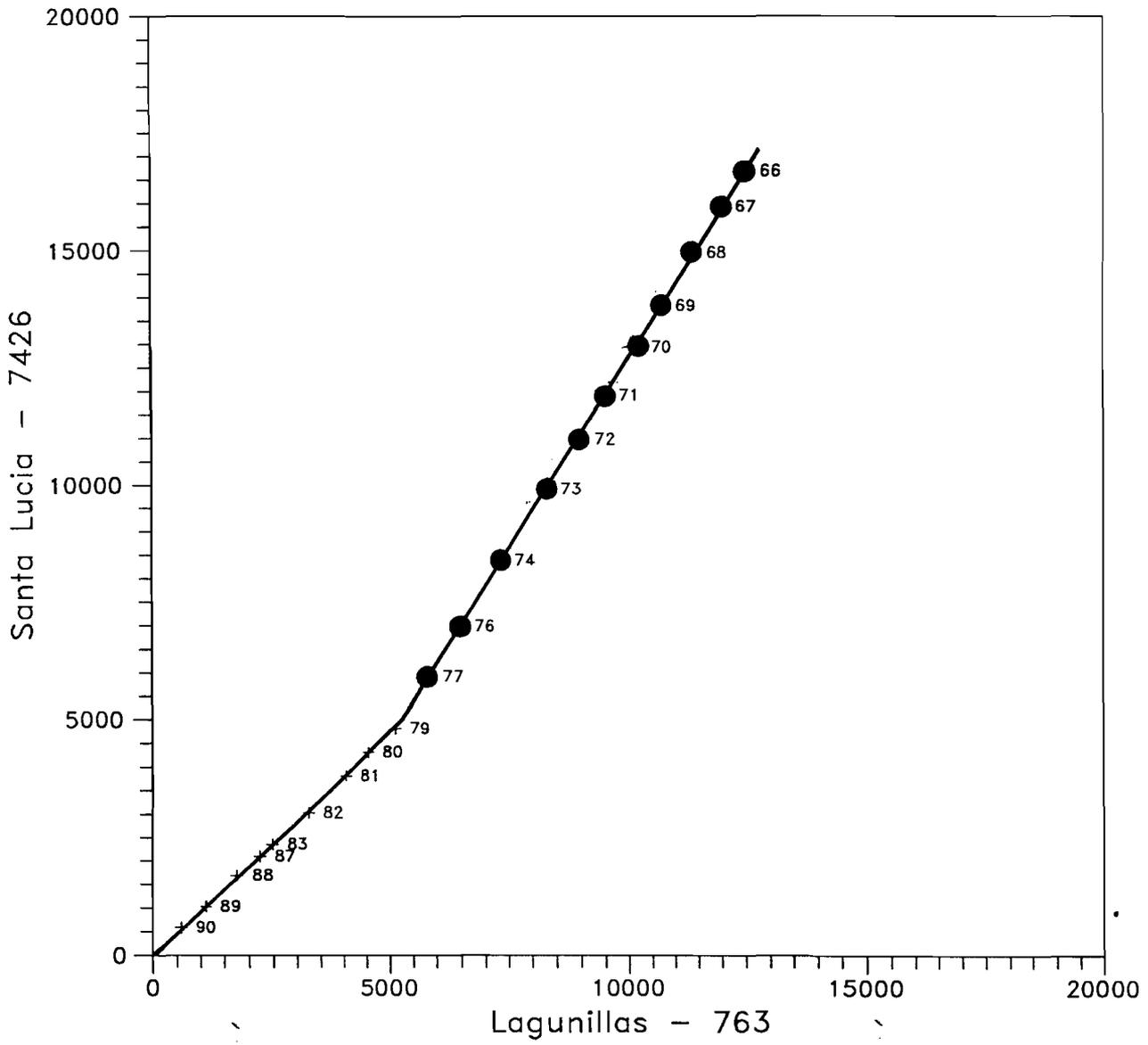
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



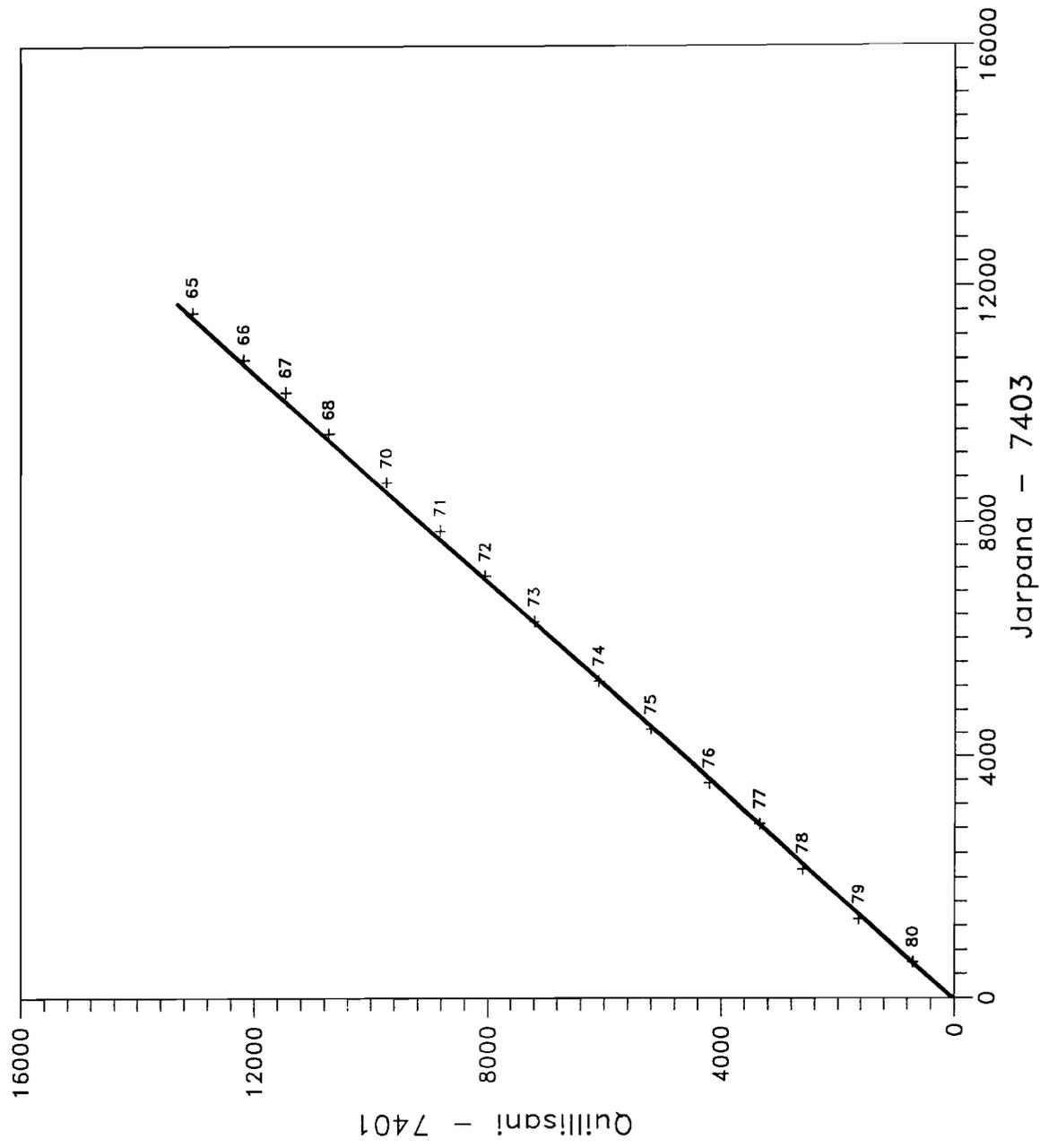
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



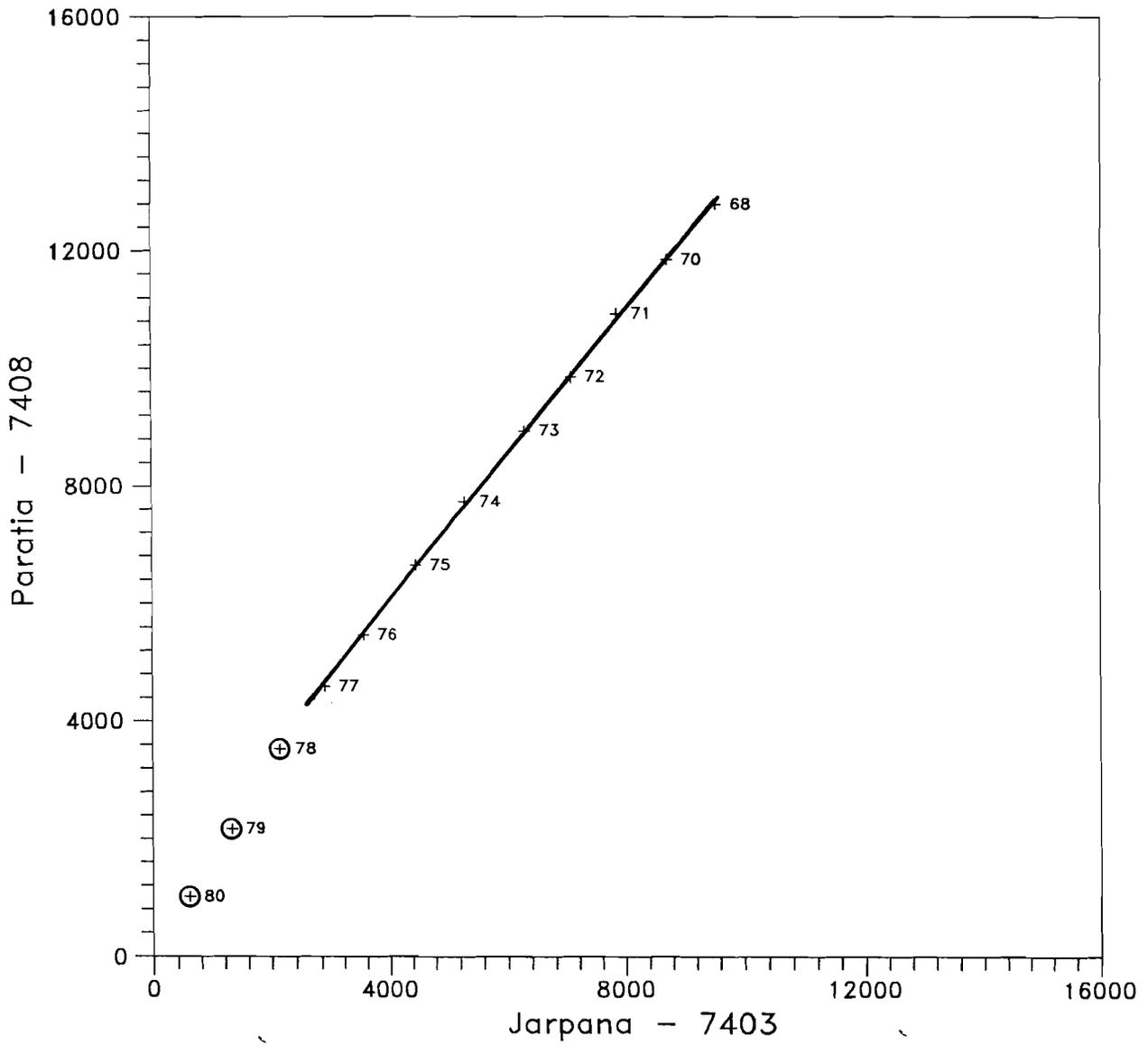
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



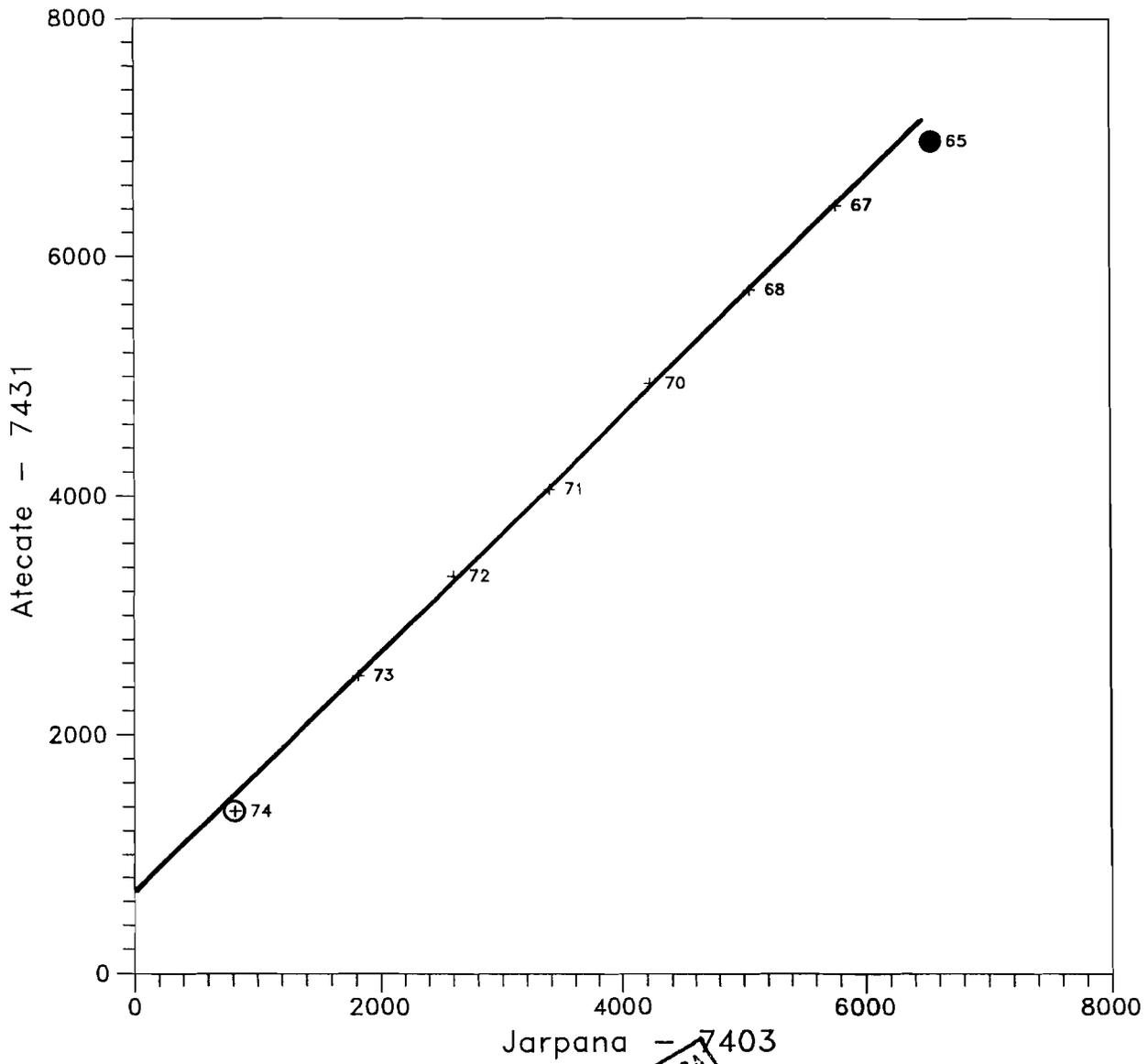
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES

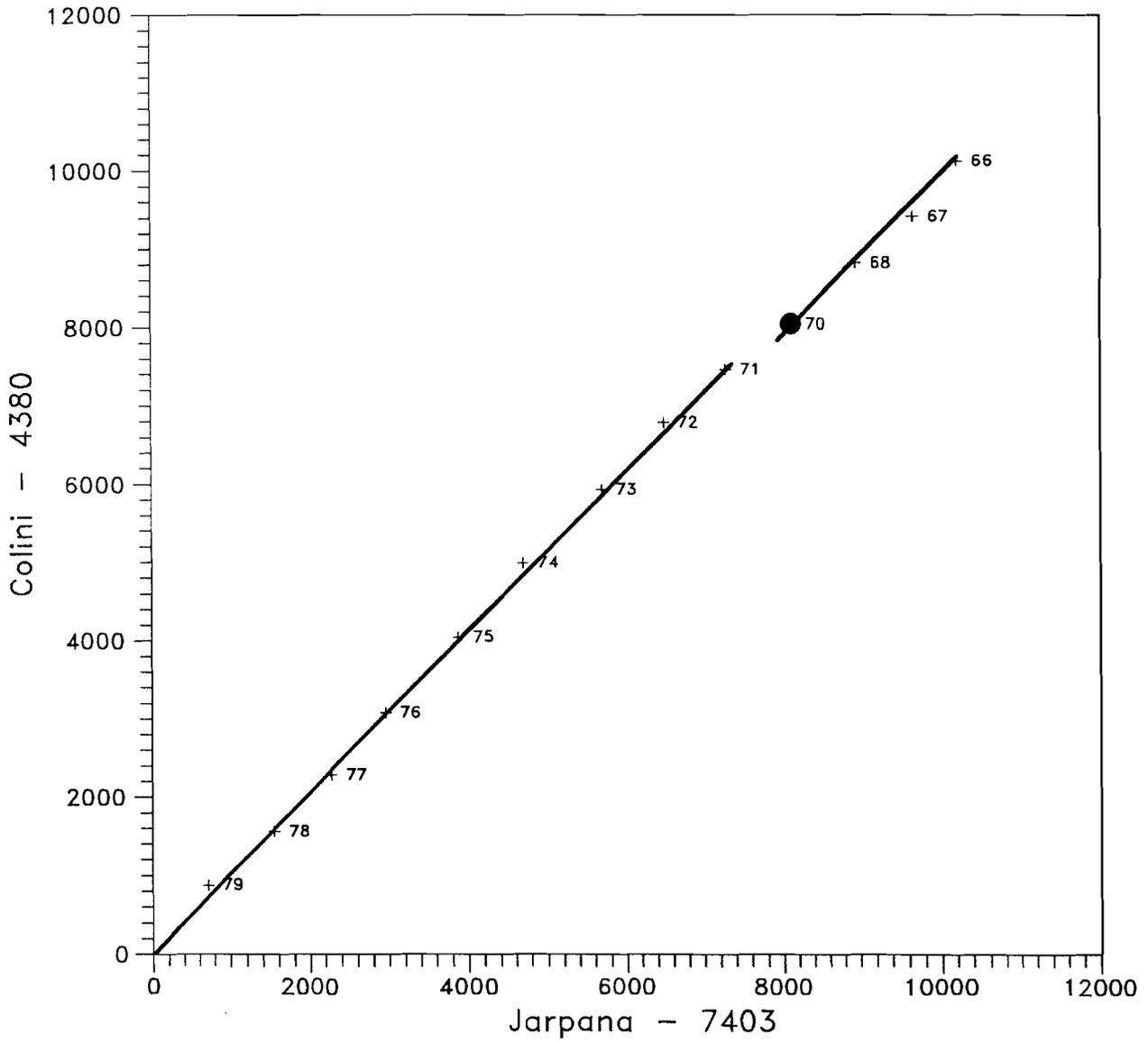


PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES

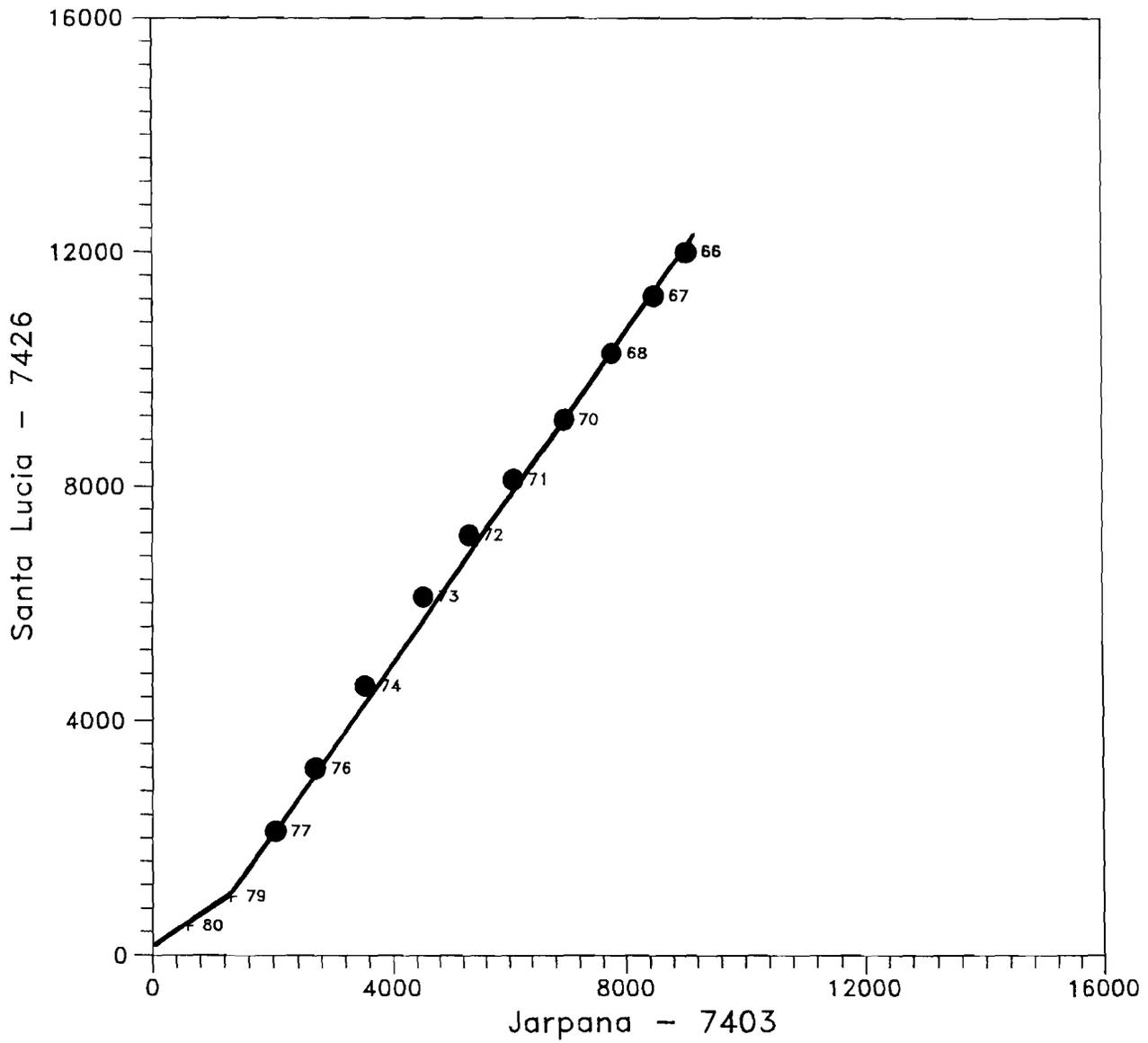


AUTORIDAD BINACIONAL LAGO TITICACA
BOLIVIA - PERU
BIBLIOTECA
A.L.T.

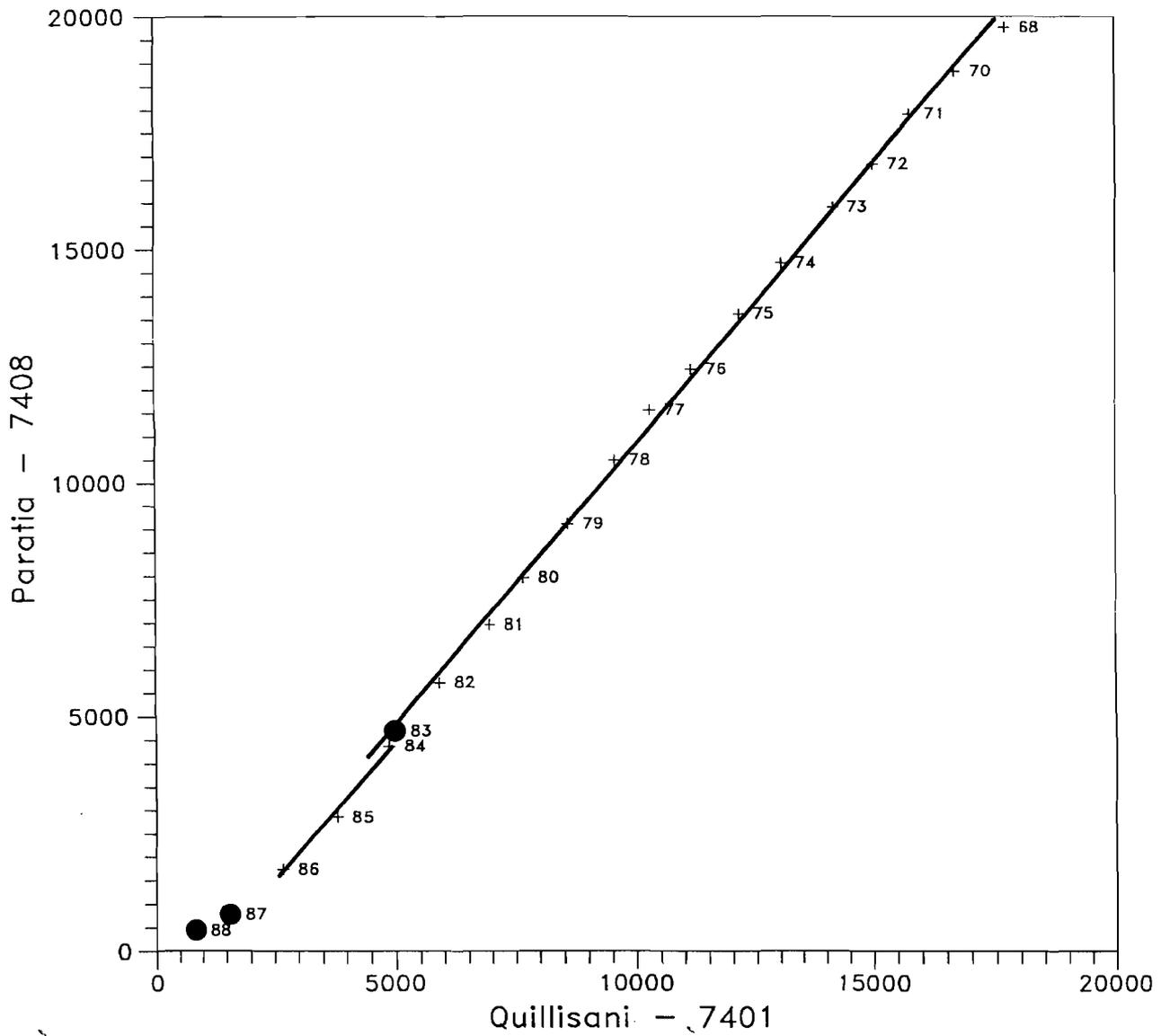
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



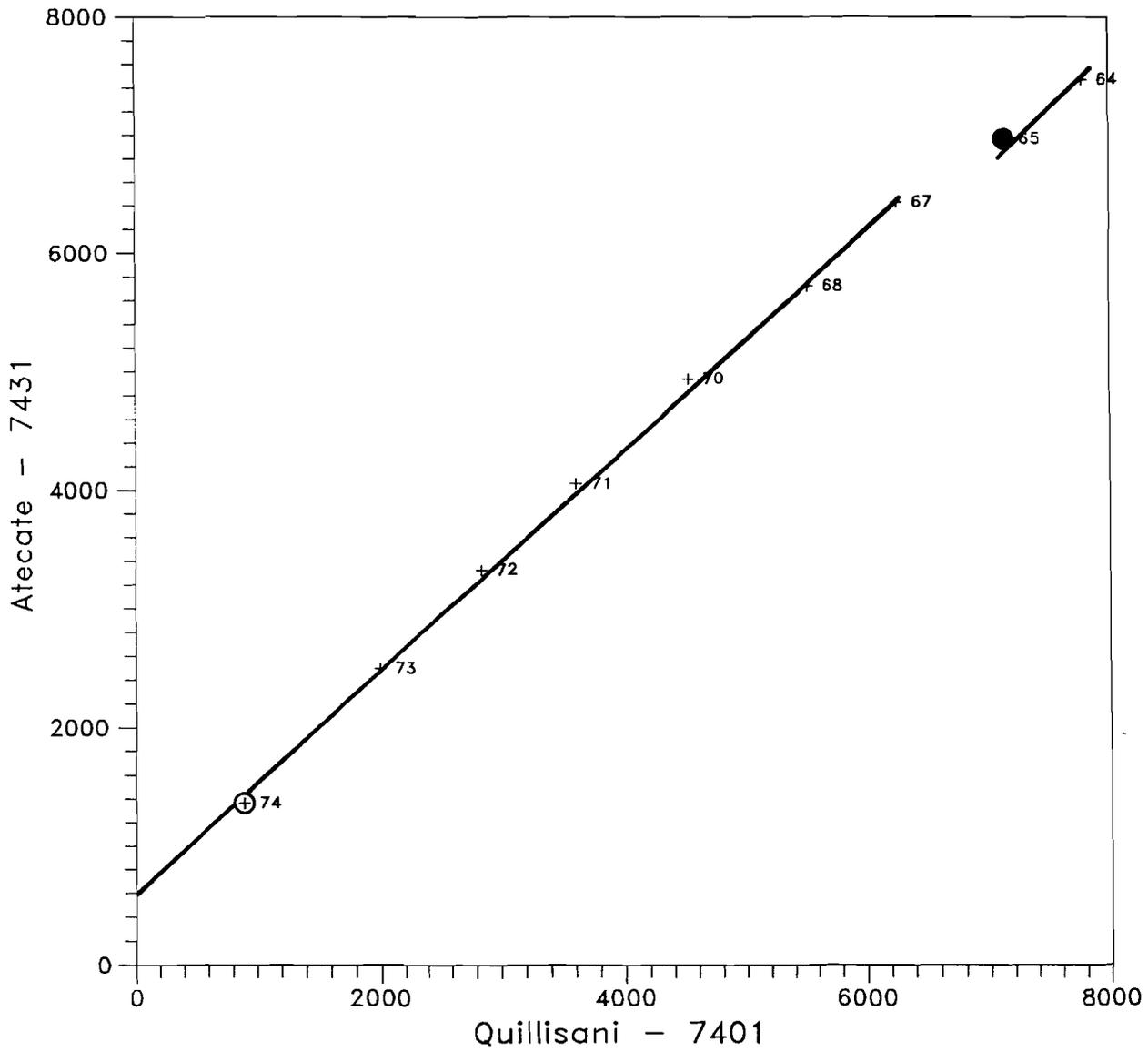
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



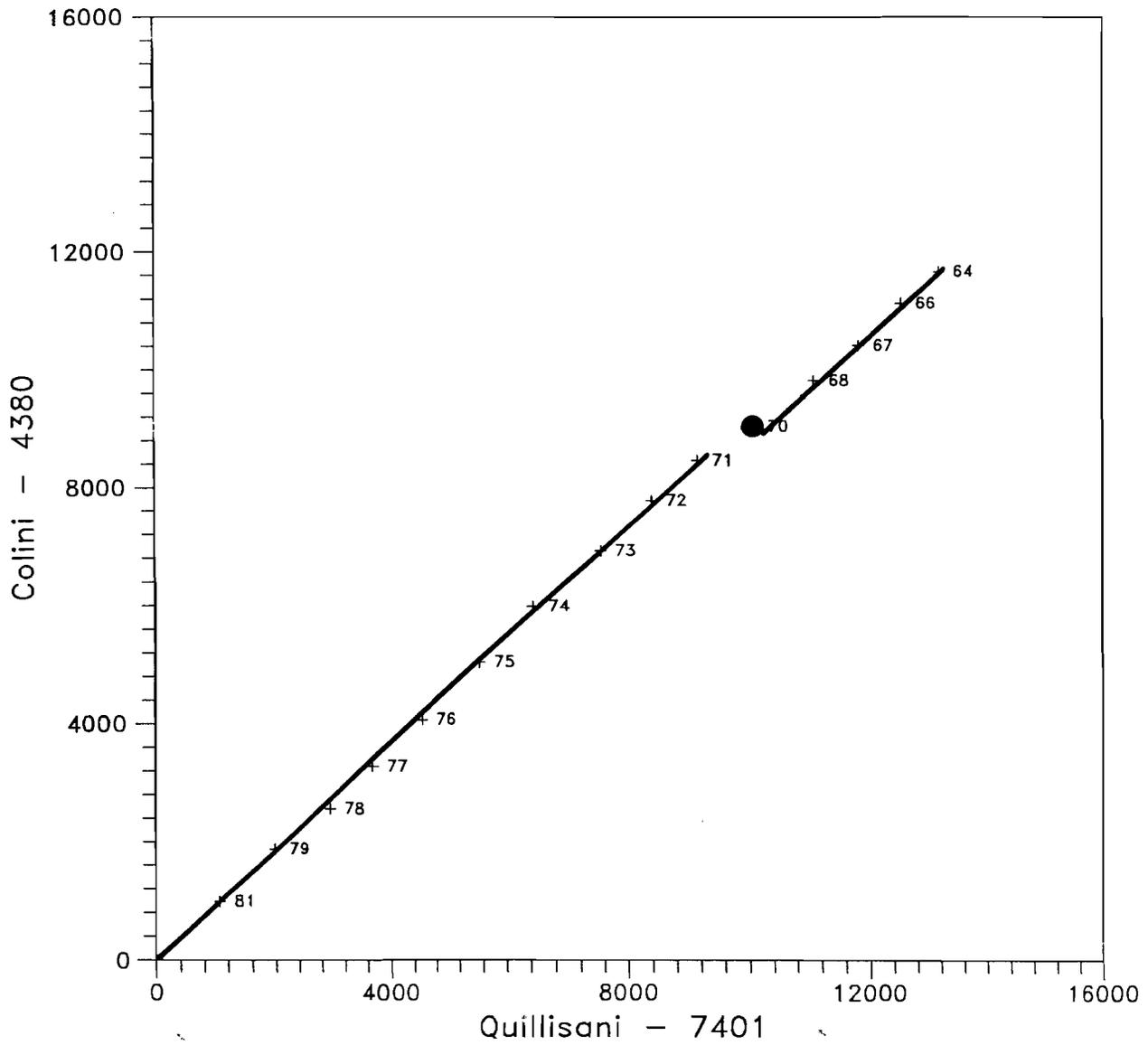
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



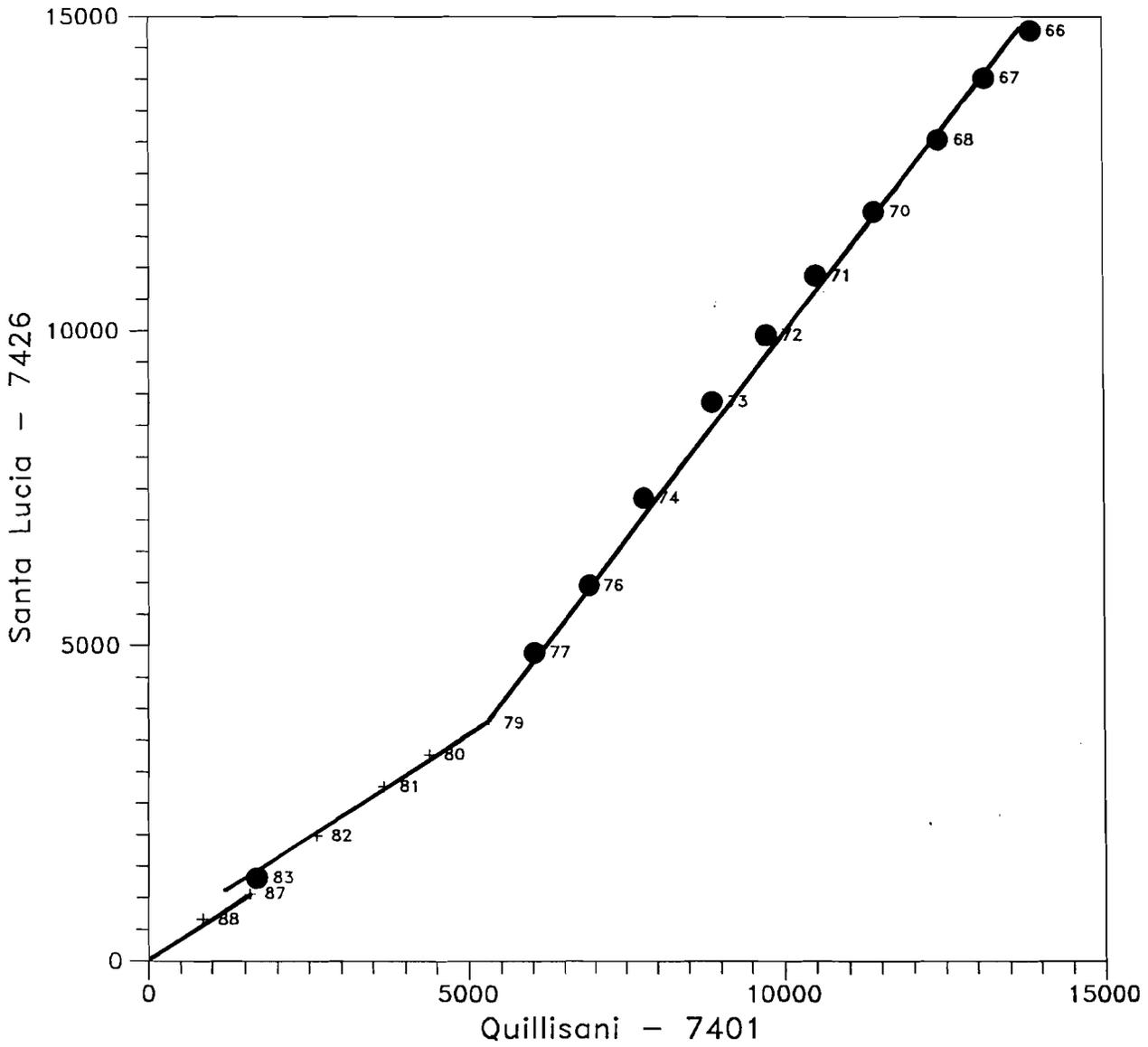
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



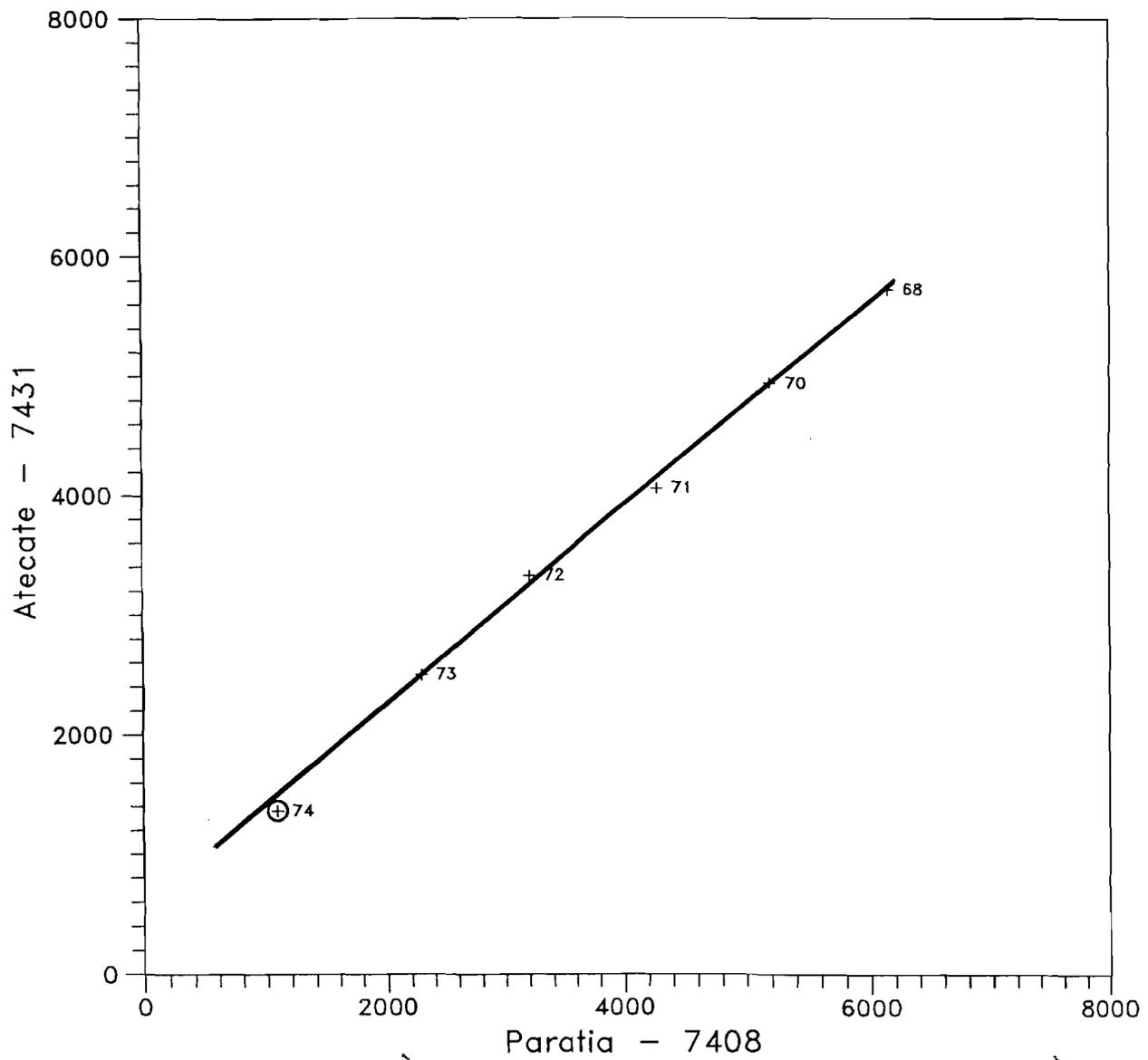
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



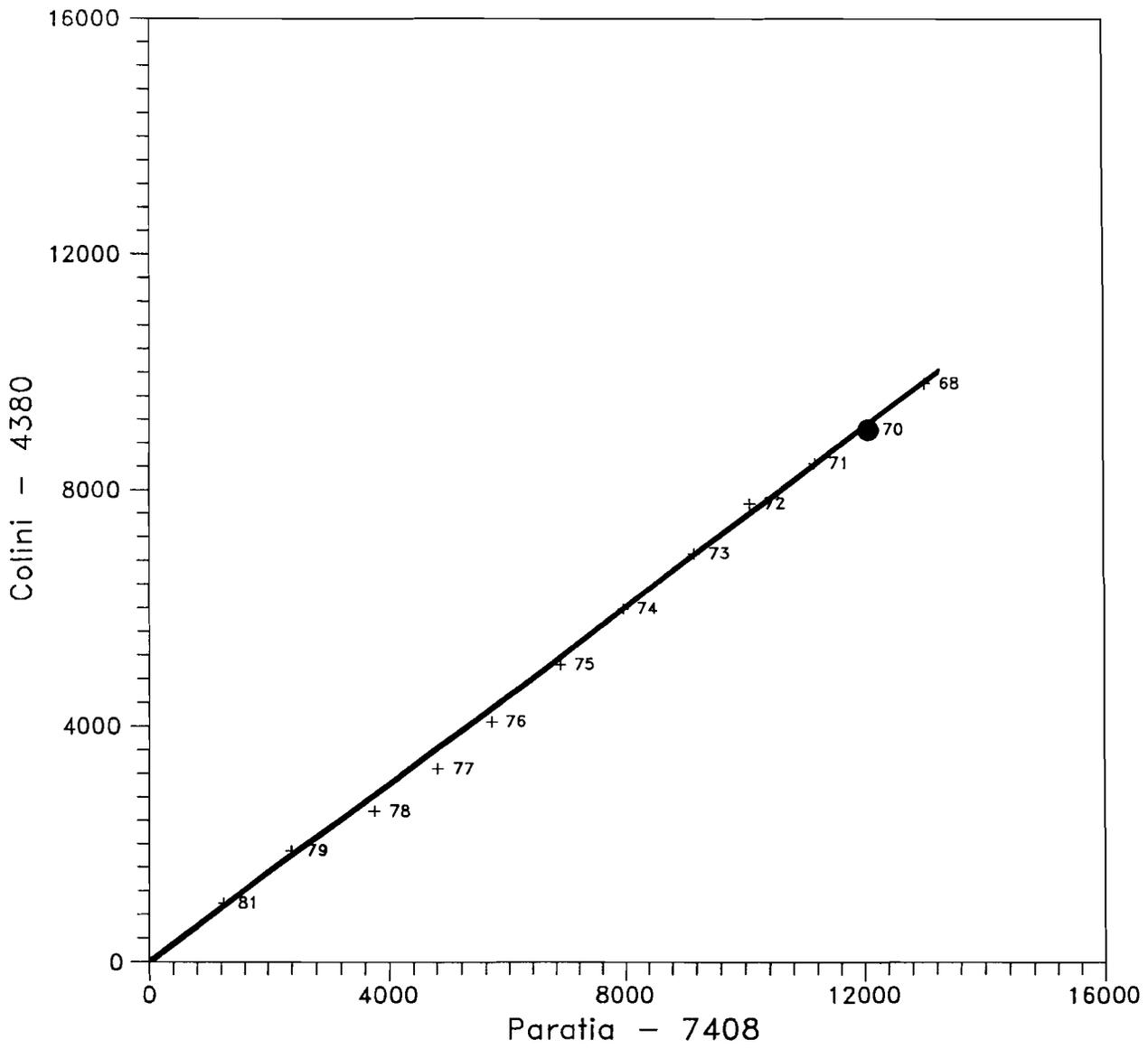
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



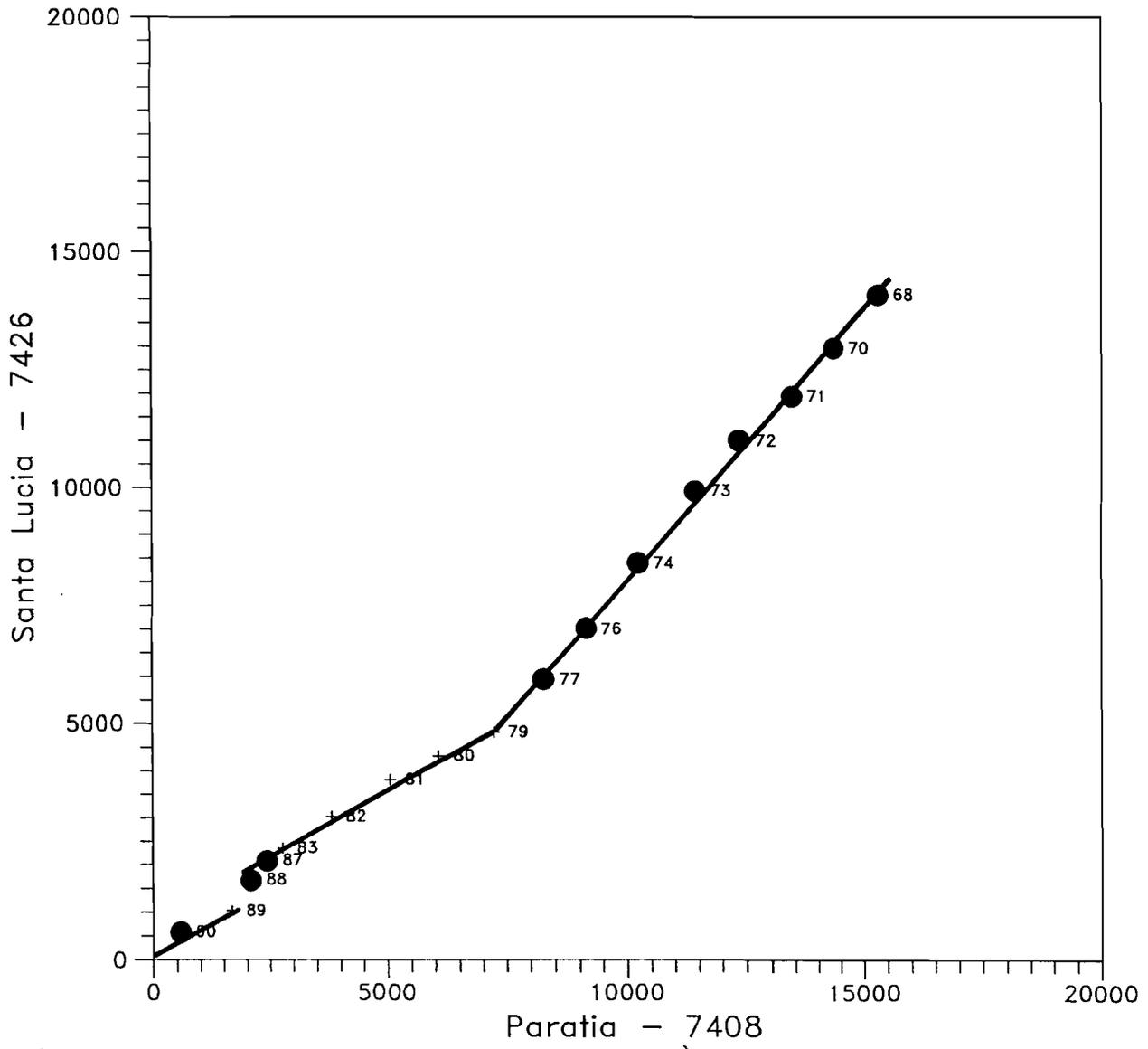
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



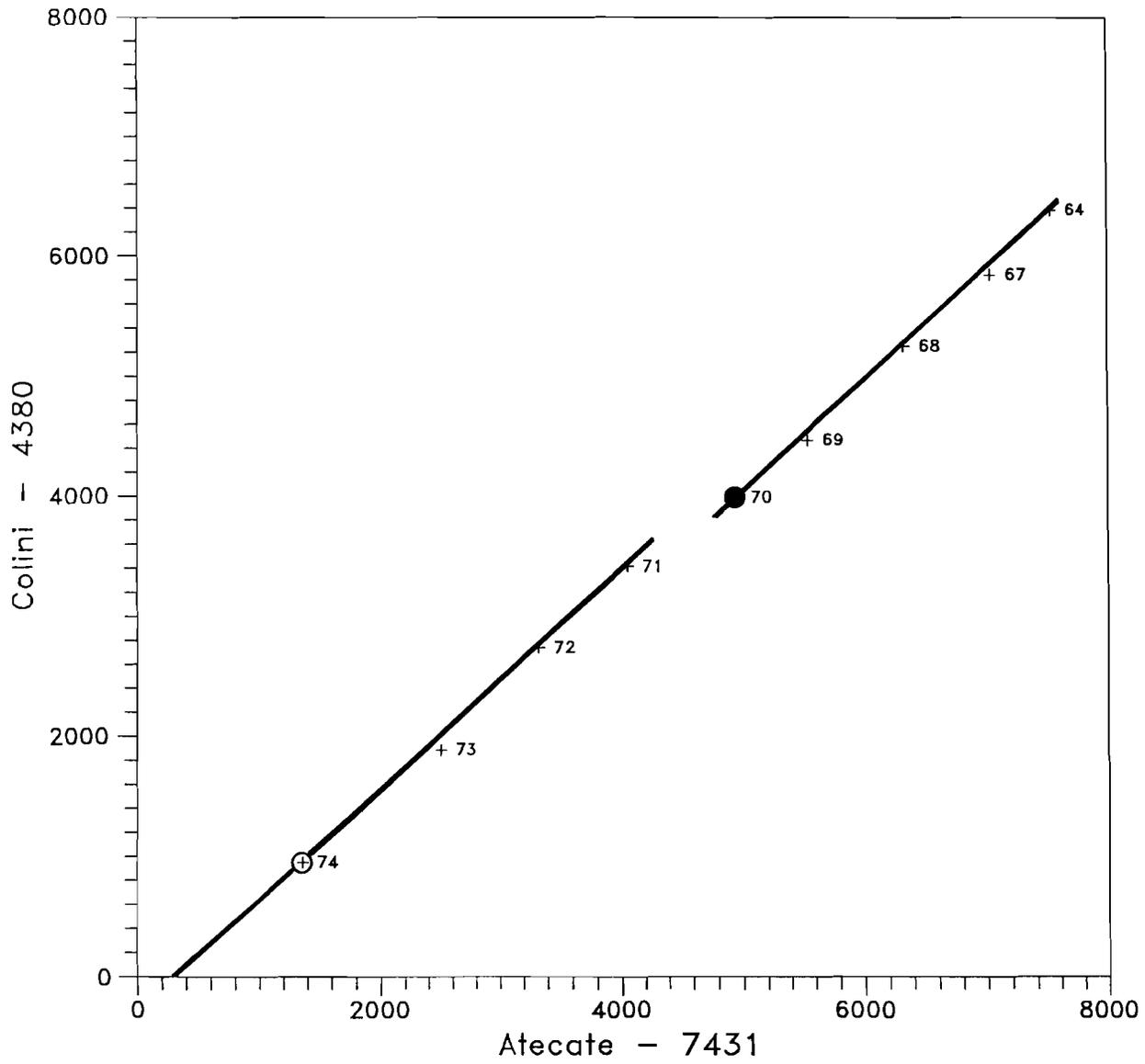
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



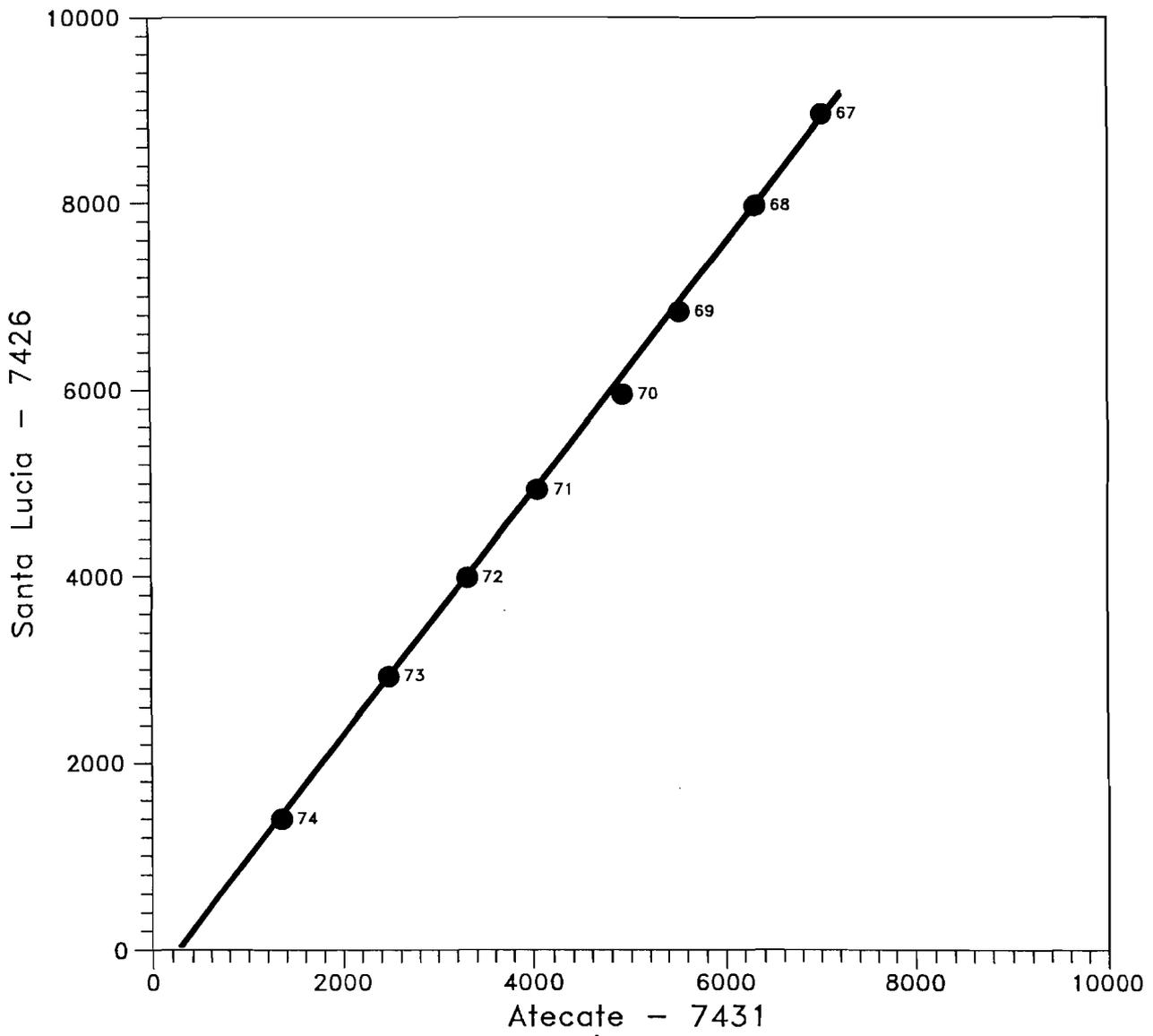
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



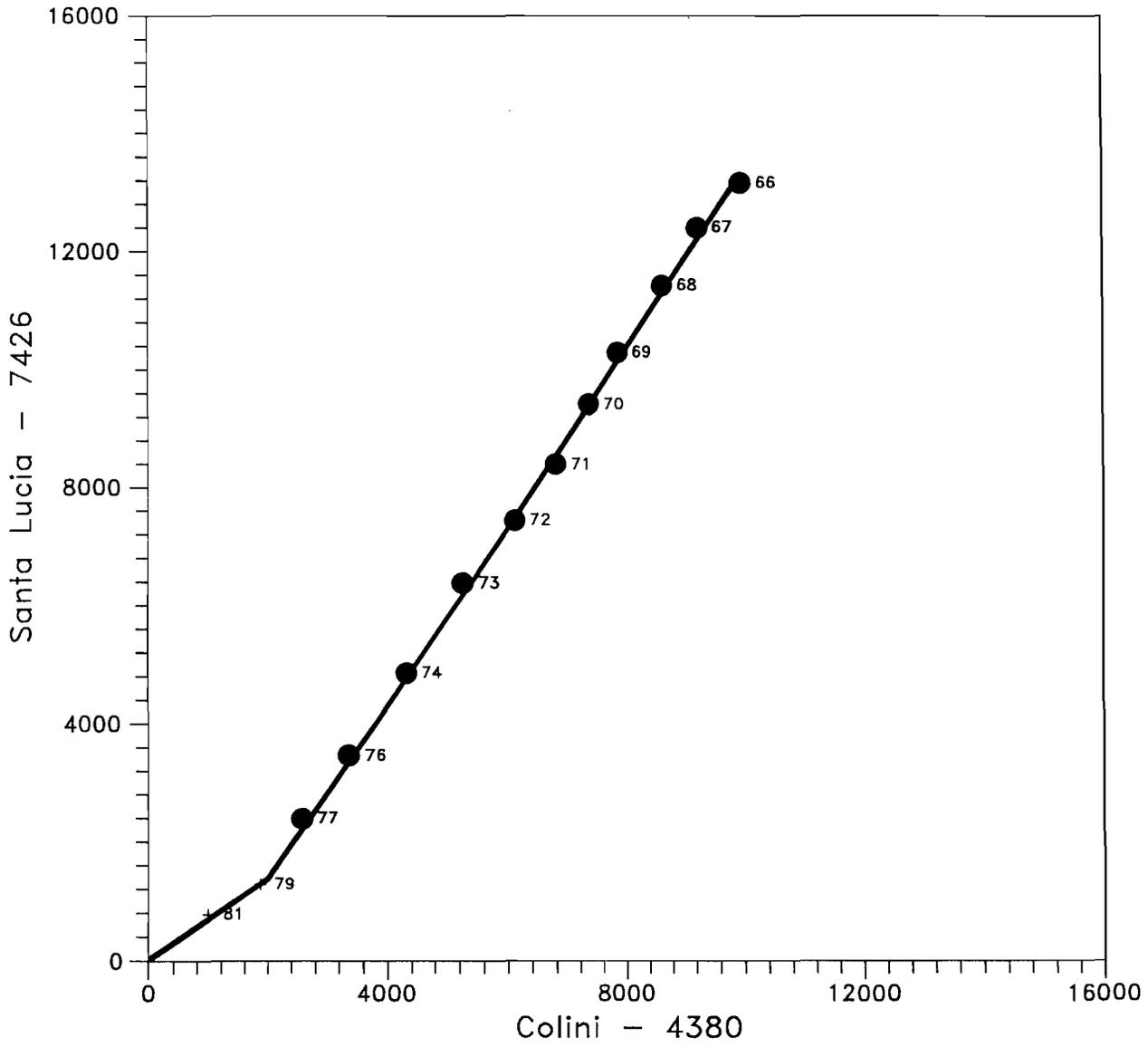
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



GRUPO 18

Compuesto por los siguientes pluviómetros:

- Chuquibambilla (764)
- Santa Rosa (7402)
- Nuñoa (7404)
- Orurillo (7407)
- Progreso (778)
- Llally (761)
- Ayaviri (776)

Geográficamente estos pluviómetros dan cobertura a parte de la cuenca media del Ramis y a la cuenca alta de sus afluentes principales. Sólo queda fuera su cabecera, constituida por la cuenca vertiente del río Crucero (grupo 19). El régimen de precipitaciones es una continuación del que caracteriza al grupo 16, presentando buenas correlaciones las series de ambos grupos. Este hecho obedece a la inexistencia de obstáculos orográficos, por lo que también existe una continuidad geográfica.

Los contrastes por dobles masas son en general de buena calidad, con la excepción de los que implican al observatorio de Ayaviri cuyos contrastes aparecen muy distorsionados por la existencia de 4 años con errores importantes.

Los comentarios específicos por estaciones son:

Chuquibambilla (764): serie correcta. Las únicas anomalías significativas en sus dobles masas se dan con Ayaviri (por los errores en ésta), Orurillo (período 1985-90 ligeramente anómalos) y Santa Rosa (año 1960 erróneo).

Santa Rosa (7402): serie globalmente correcta. Además de con Ayaviri sólo presenta anomalías reseñables en el año 1960 con Chuquibambilla y en el año 1974 con Nuñoa. En el segundo caso corresponde a un error asociado a los registros de Nuñoa. En cuanto al año 1960, y aunque la cobertura es insuficiente (sólo registraron en el grupo 18 Chuquibambilla y Santa Rosa y en el grupo 16 Azángaro, Putina y Lampa), se han considerado como datos erróneos los correspondientes a los meses de marzo y abril en Santa Rosa, que han sido eliminados de la serie.

Nuñoa (7404): se han identificado errores en los meses de marzo, abril, octubre y noviembre de 1974, así como en Febrero de 1968 (este último por contraste con el grupo 19); todos estos datos han sido suprimidos. Además, las dobles masas presentan anomalías con Orurillo en la segunda mitad de la década de los 80, con Llally en el año 1964, y con Ayaviri en varios años. En todos estos casos las anomalías no son imputables a la serie de Nuñoa.

Orurillo (7407): serie correcta. Con Nuñoa y Chuquibambilla presenta diversas irregularidades en los últimos años, especialmente en 1985 y 1986 en que en relación a los

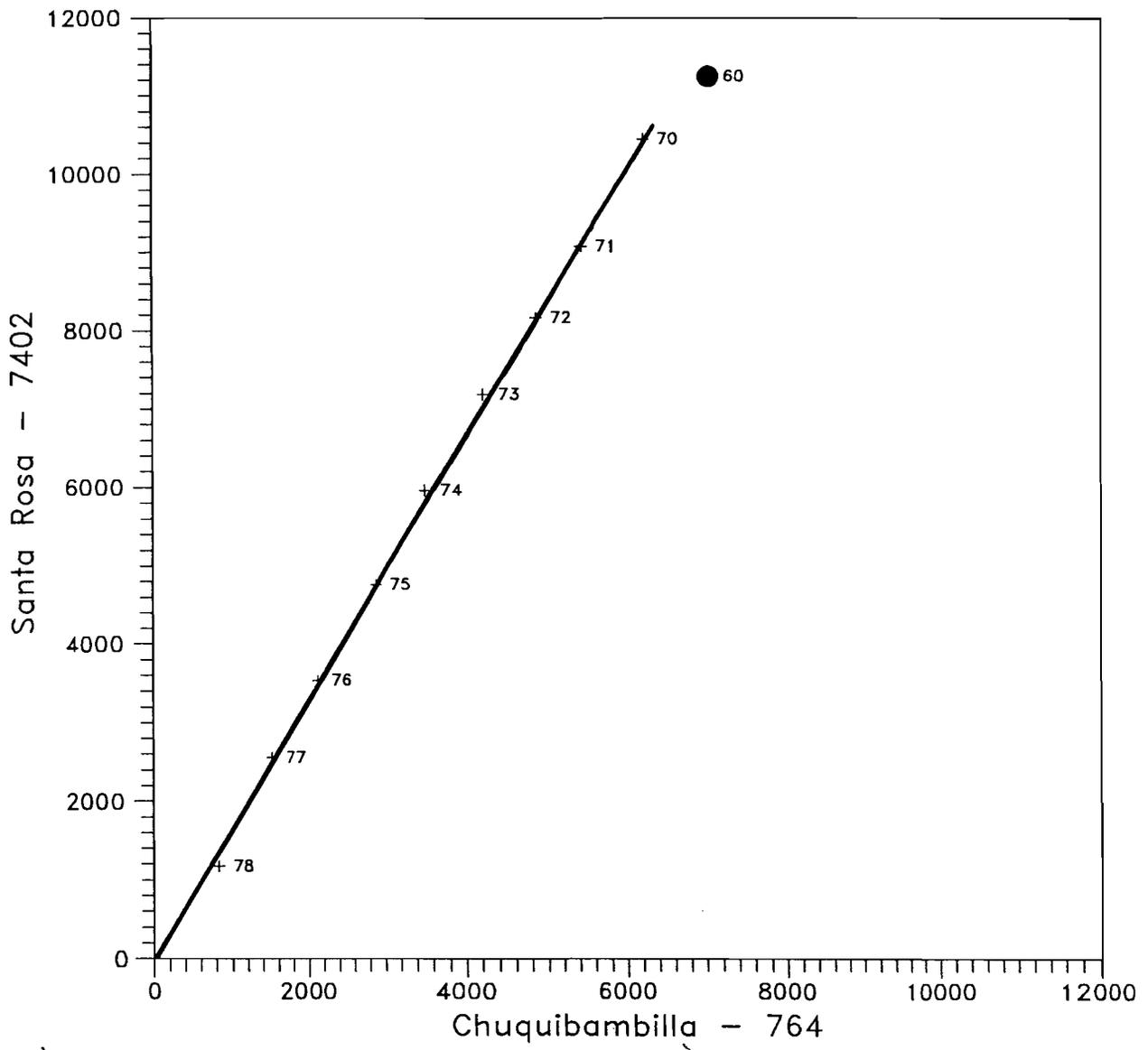
pluviómetros mencionados Orurillo mide por exceso. Este fenómeno, tan repetido en el Altiplano en estos años (especialmente en el entorno del lago), se confirma de nuevo como natural, ya que los datos de Chuquibambilla y Nuñoa se validan entre sí, mientras que los de Orurillo se validan a su vez con los registros de Progreso y Pucara. Las comprobaciones a nivel mensual indican que si bien los valores de Diciembre de 1985 y Abril de 1986 resultan algo elevados, no existe base suficiente como para proceder a su eliminación (máxime cuando Santa Rosa no registró). Por otra parte, las anomalías en el año 1970 con Llally y en 1987 con Progreso no son achacables a la serie de Orurillo.

Progreso (778): los distintos contrastes muestran que sus datos son confiables. La ligera anomalía positiva que presenta frente a Orurillo y Nuñoa en el año 1987, se difumina - e incluso llega a desaparecer - en los cruces con Chuquibambilla, Pucara y Ayaviri.

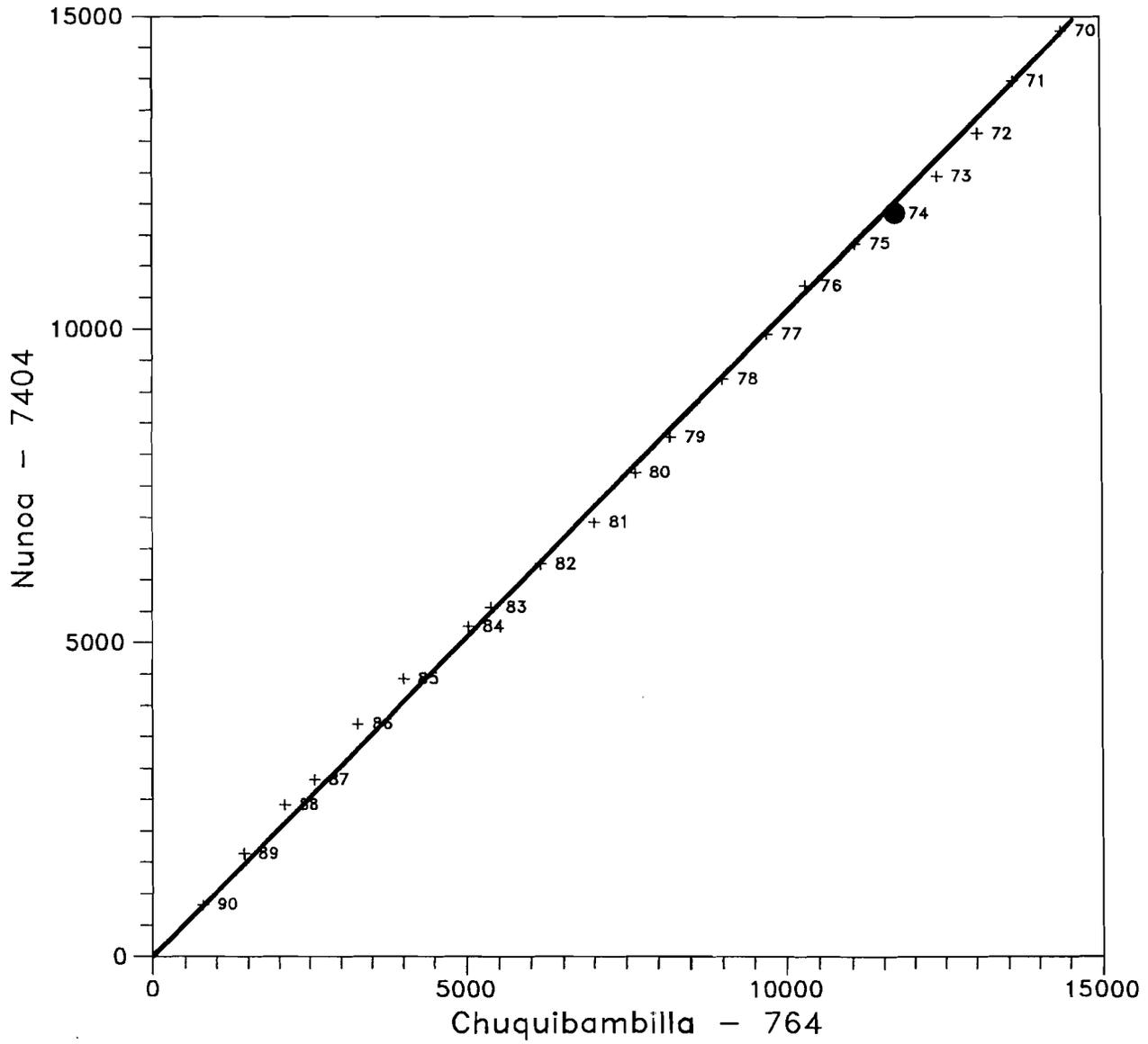
Llally (761): serie básicamente correcta. Sólo se ha suprimido por su posible carácter erróneo el dato de Noviembre de 1970, cuya incidencia en las dobles acumulaciones es prácticamente nula. Por los demás, la ligera anomalía negativa que se pone de manifiesto en 1964 en los contrastes con Nuñoa y Progreso, desaparece por completo en la comparación con la serie de Pucara, por lo que se asocia a un proceso natural.

Ayaviri (776): inicialmente sus dobles acumulaciones muestran un aspecto muy irregular, que no concuerda con las buenas correlaciones que existen entre el resto de los pluviómetros. Sin embargo, los contrastes a nivel mensual con observatorios de su grupo y del grupo 16 muestran que el origen de estas anomalías reside aparentemente en la existencia de cuatro años con datos erróneos. Los registros suprimidos de su serie han sido: Noviembre y Diciembre de 1976 , Enero, Febrero, Marzo, Abril, Septiembre, Octubre y Noviembre de 1977 , Octubre y Noviembre de 1984 y, finalmente, Enero de 1985. El año 1977 no se ha eliminado en su totalidad por evitar el completado estocástico de los meses con datos en apariencia correctos. Además de estos errores, en el año 1970 se presenta una anomalía negativa que es notoria con Orurillo, Santa Rosa y Chuquibambilla, menos significativa con Progreso, y despreciable o inexistente con Nuñoa, Pucara y Azángaro.

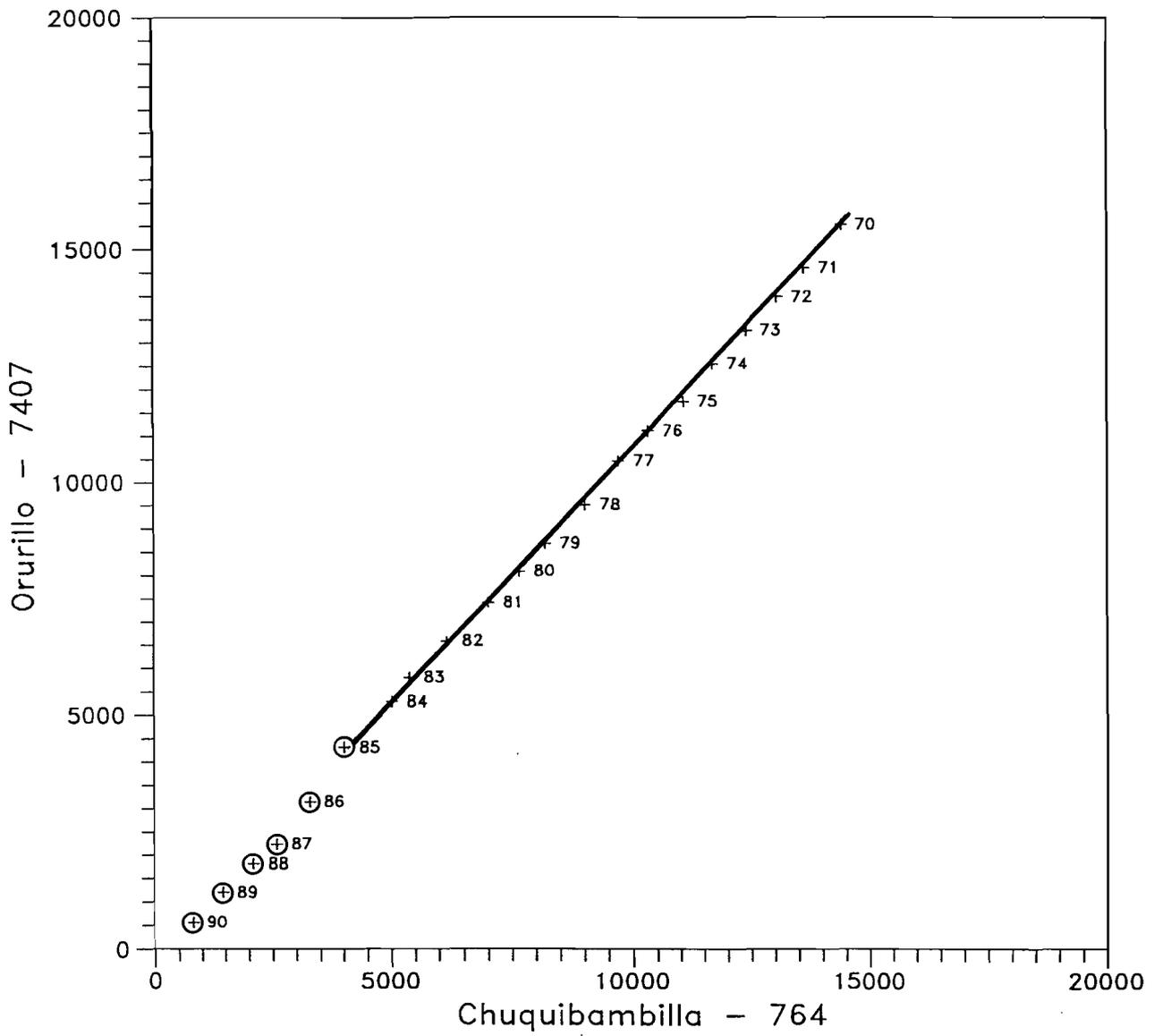
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



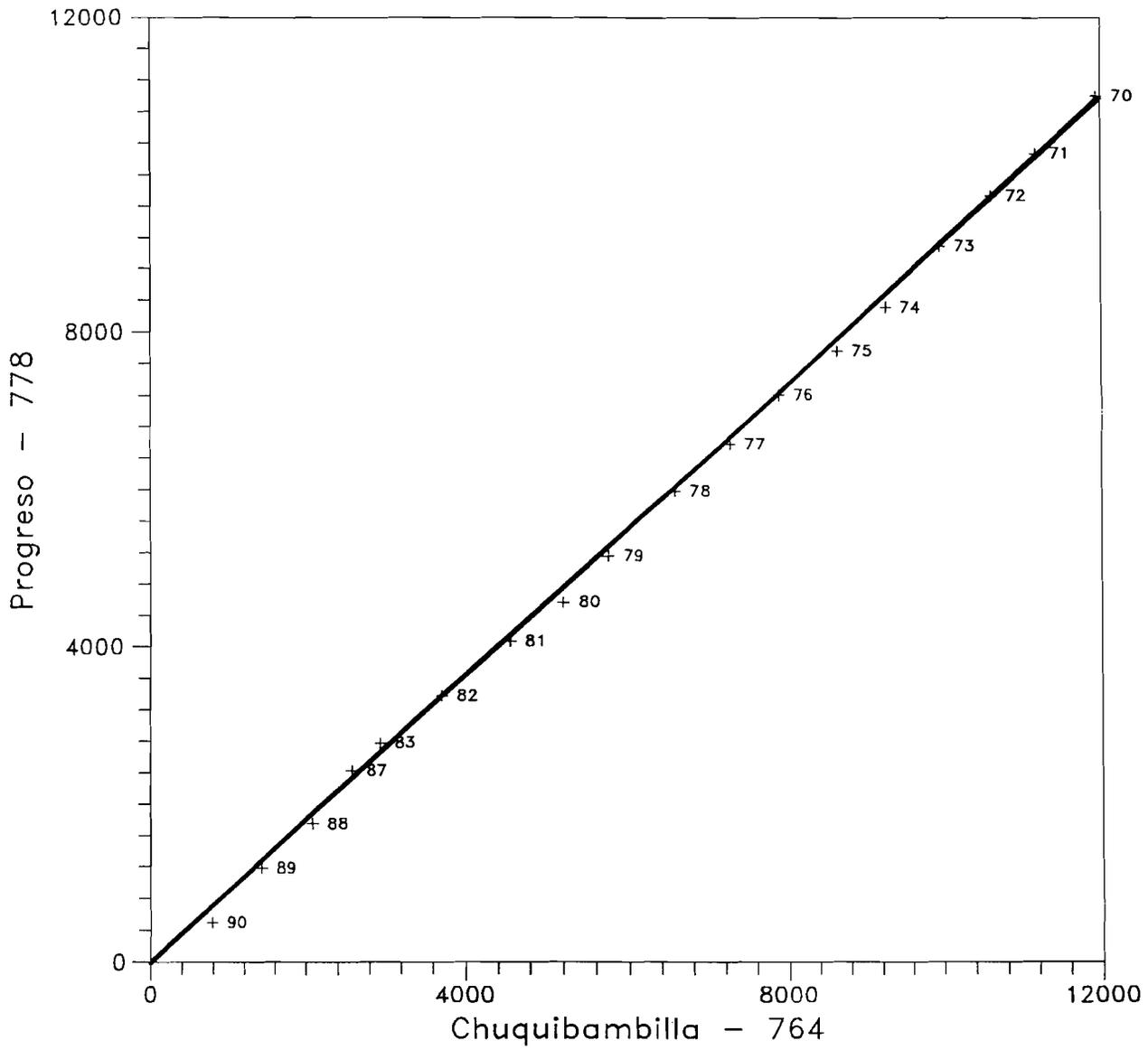
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



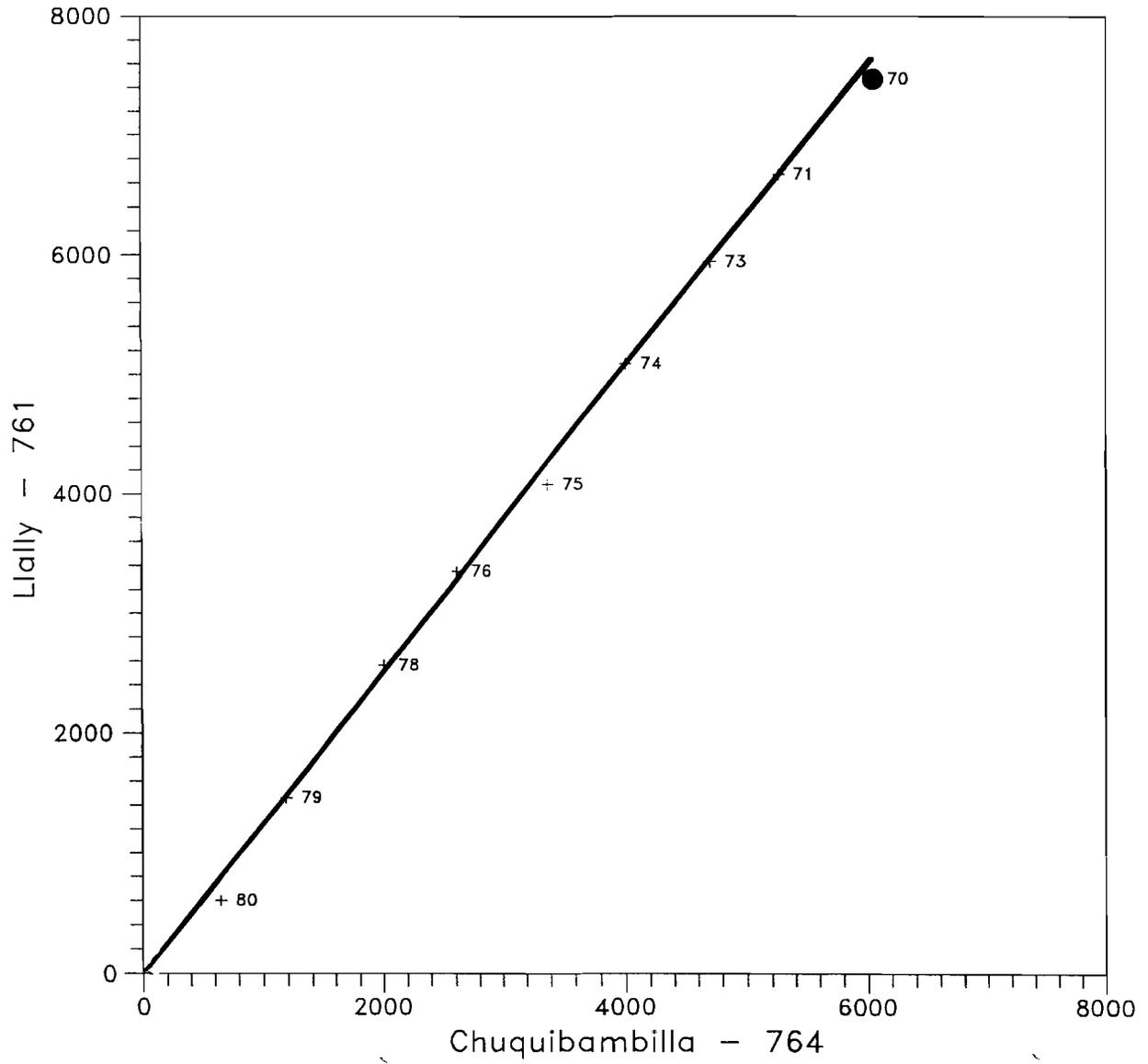
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



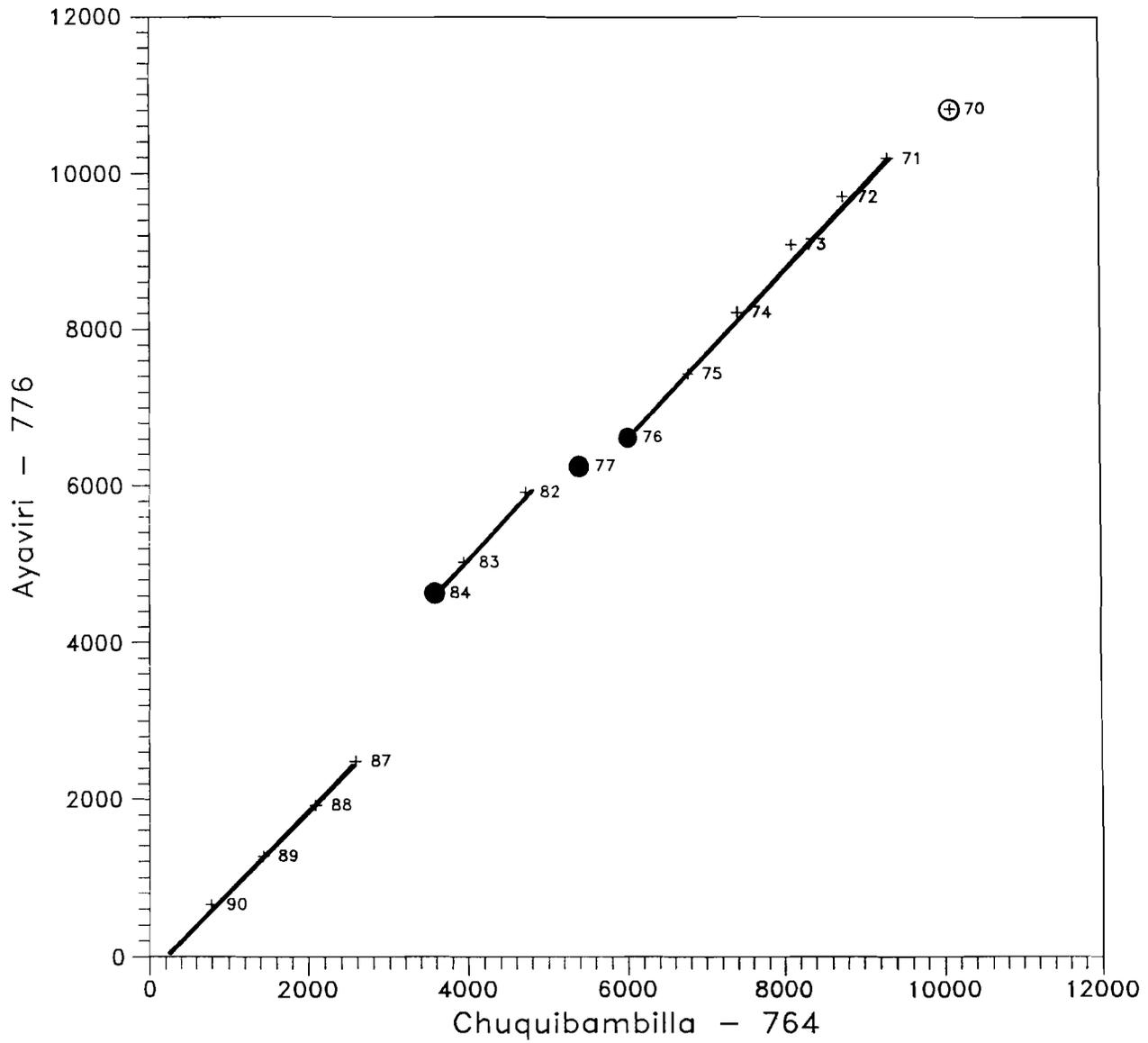
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



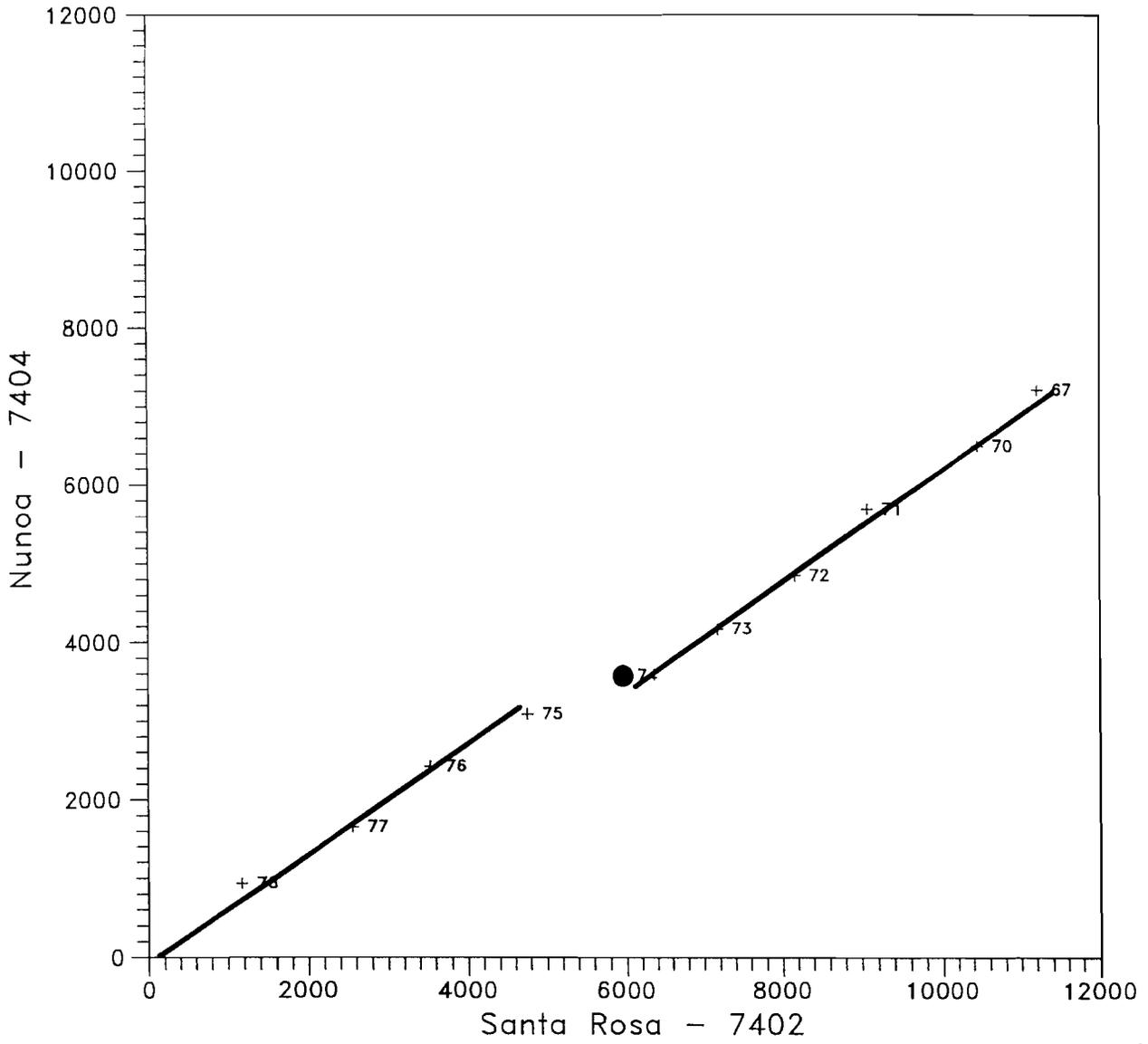
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



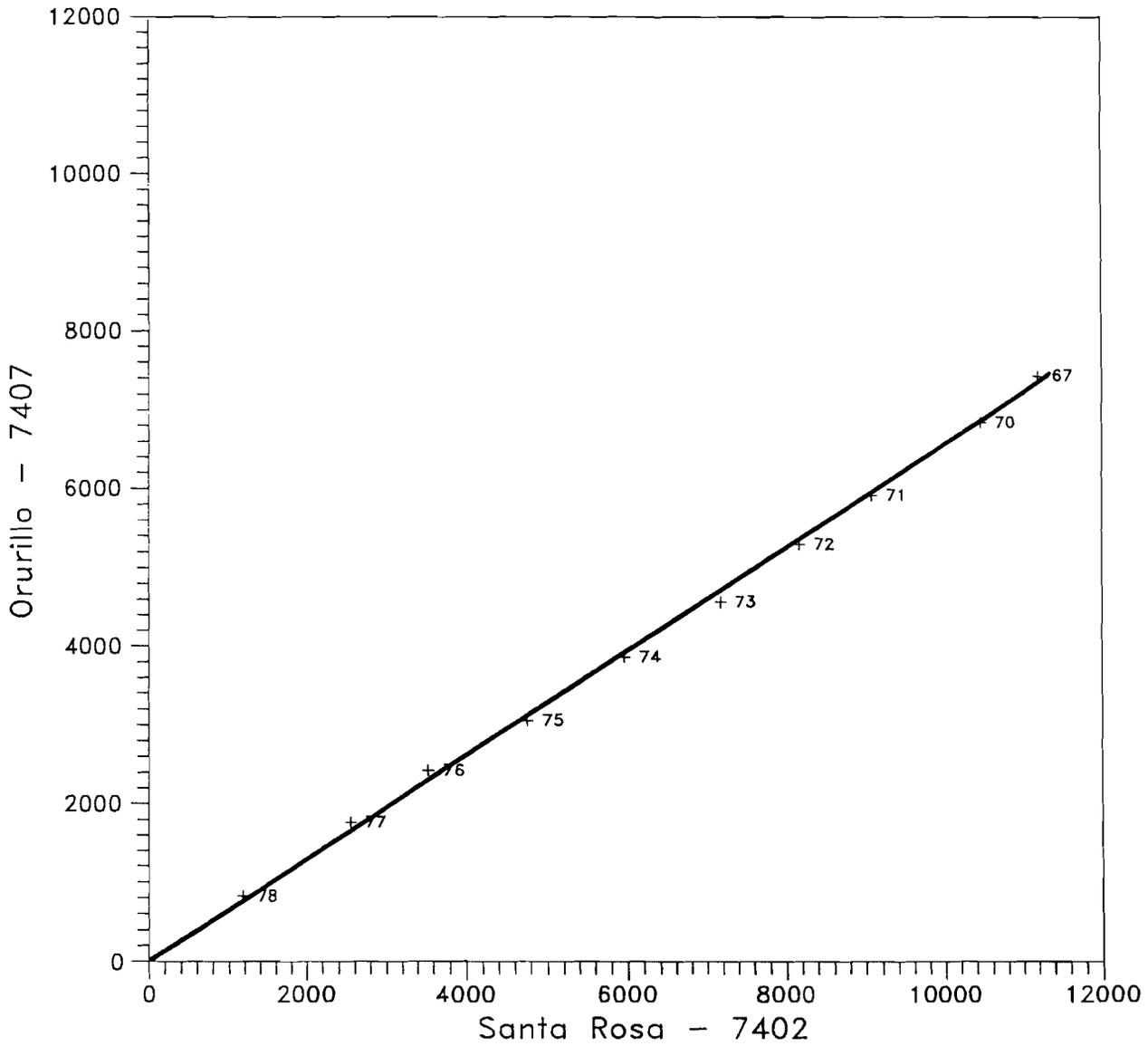
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



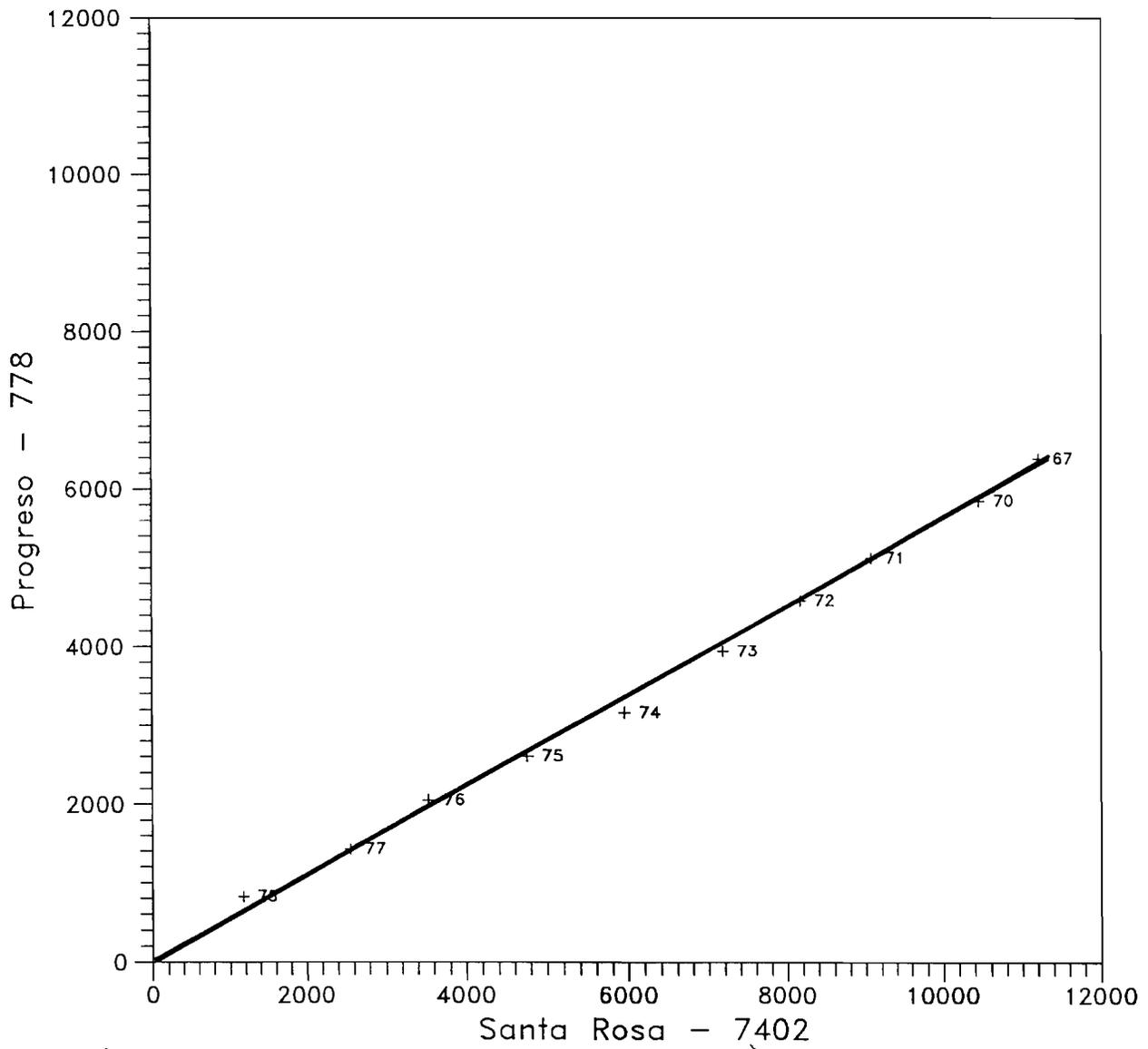
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



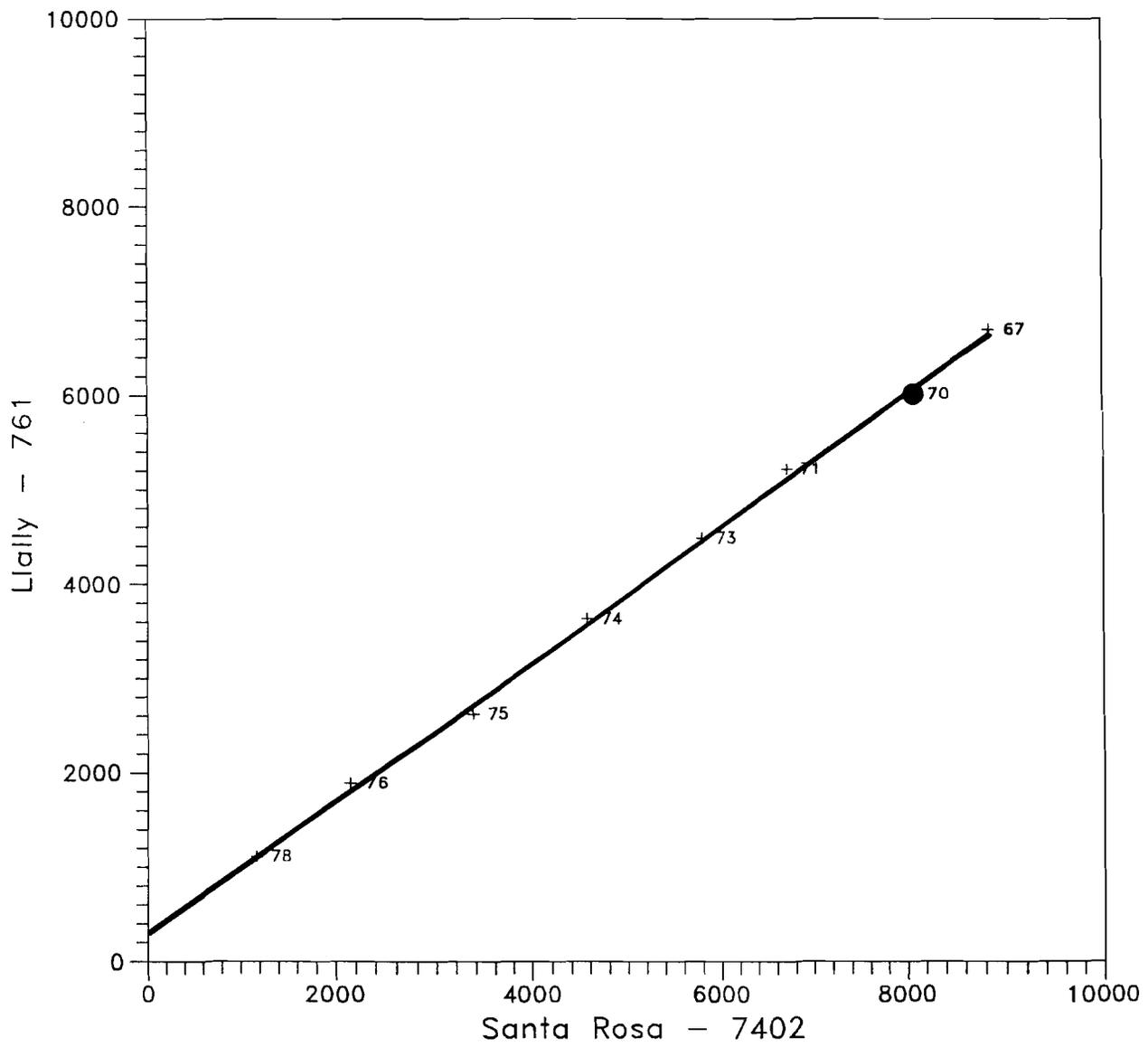
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



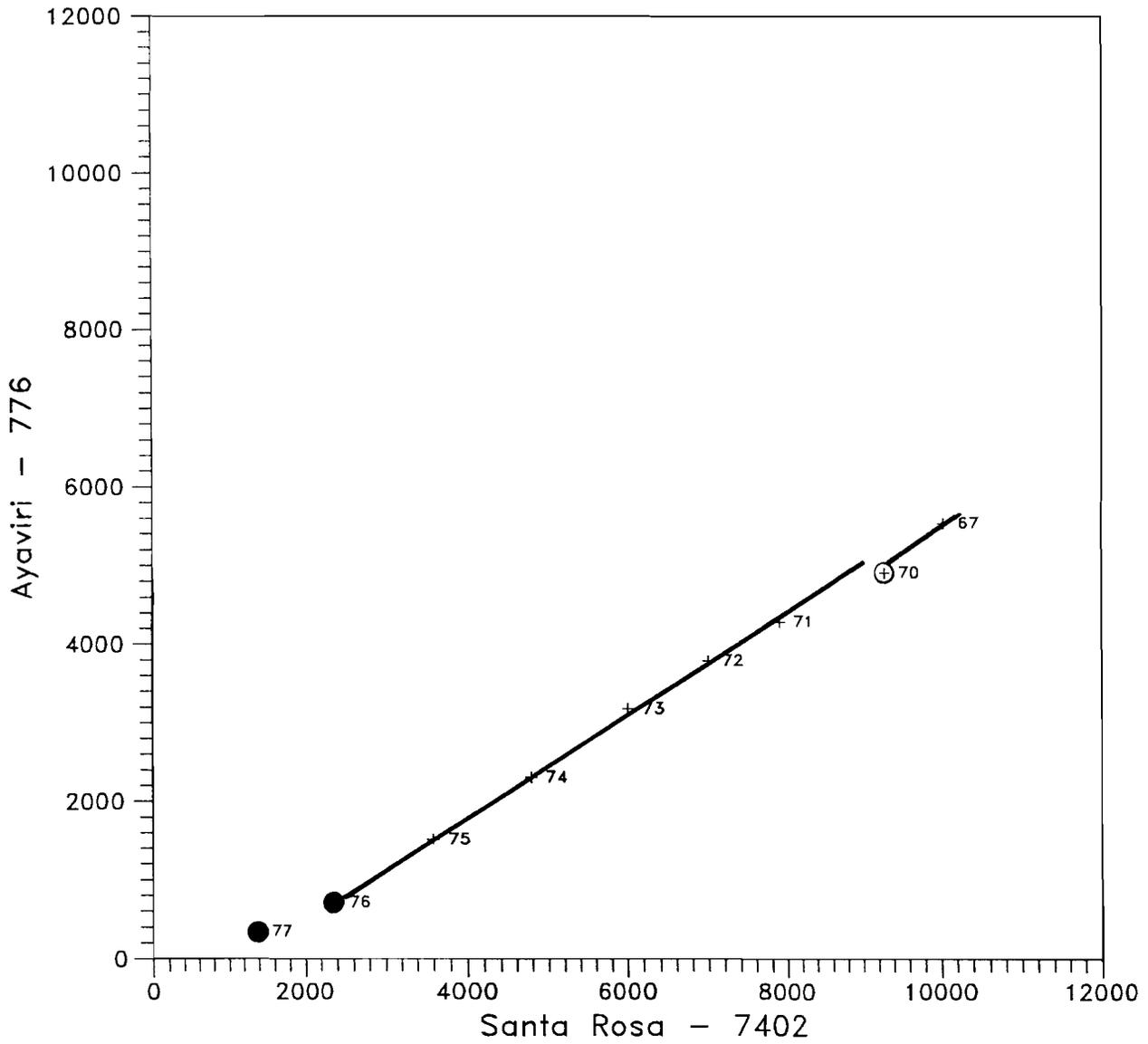
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



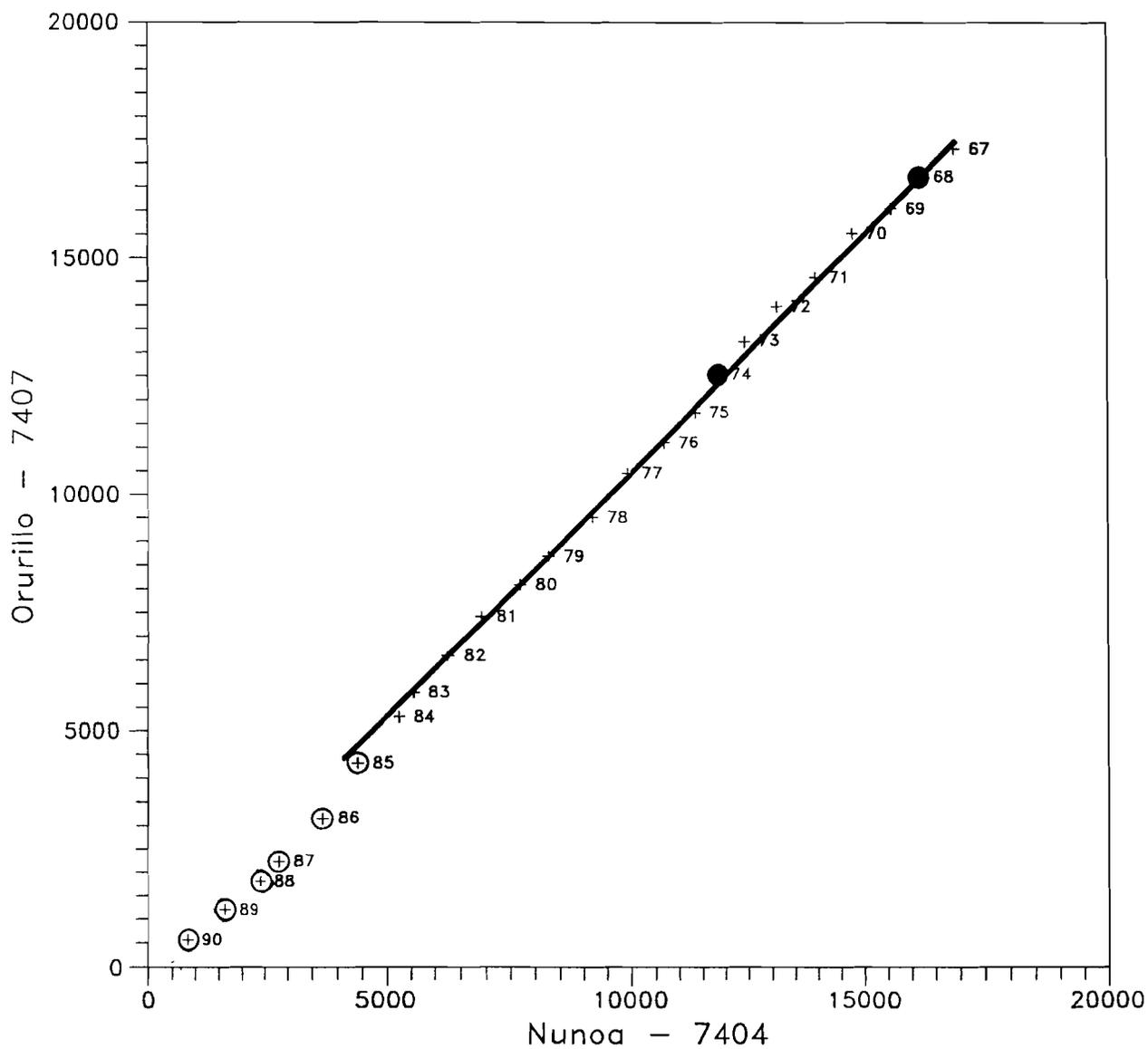
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



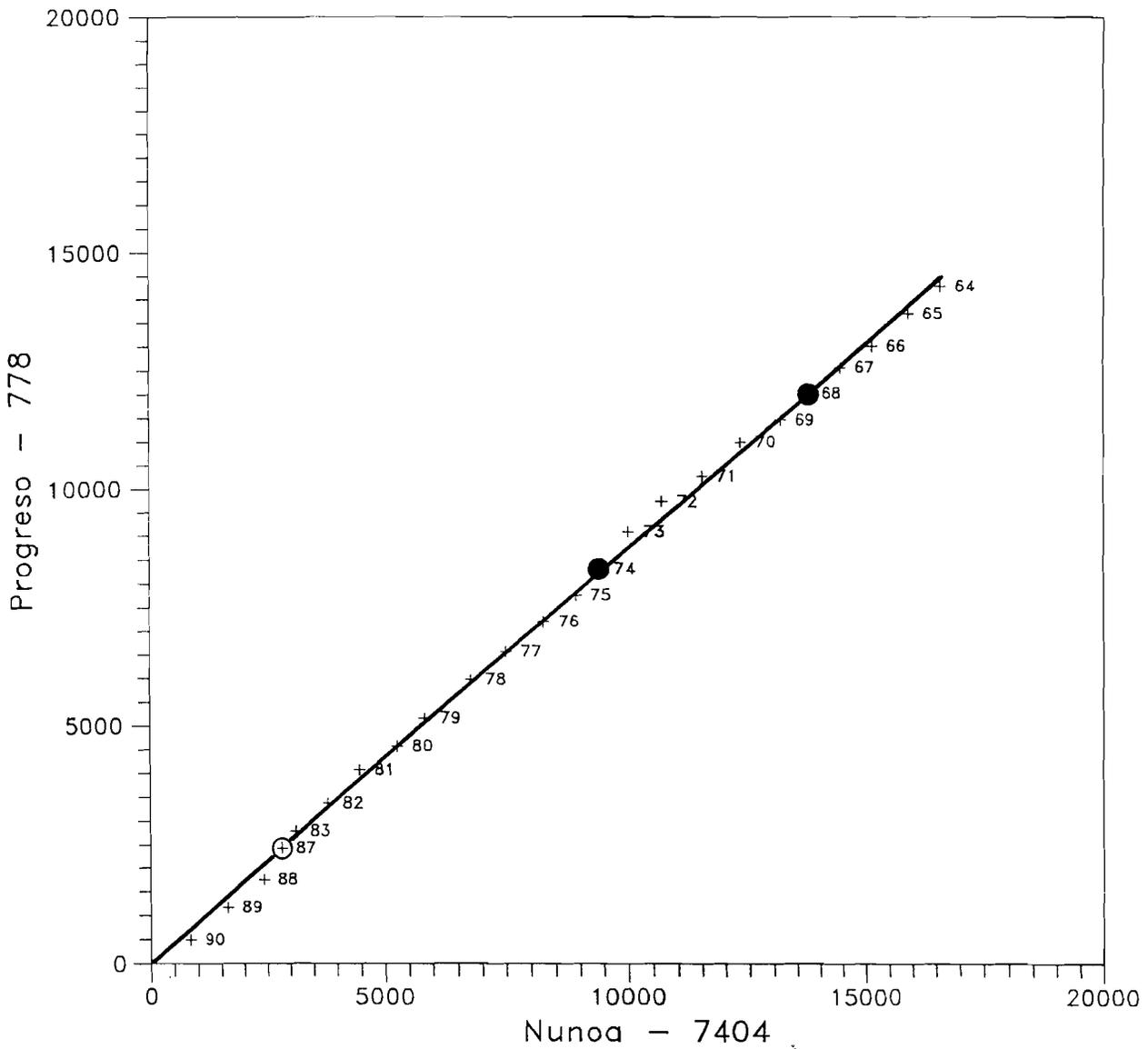
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



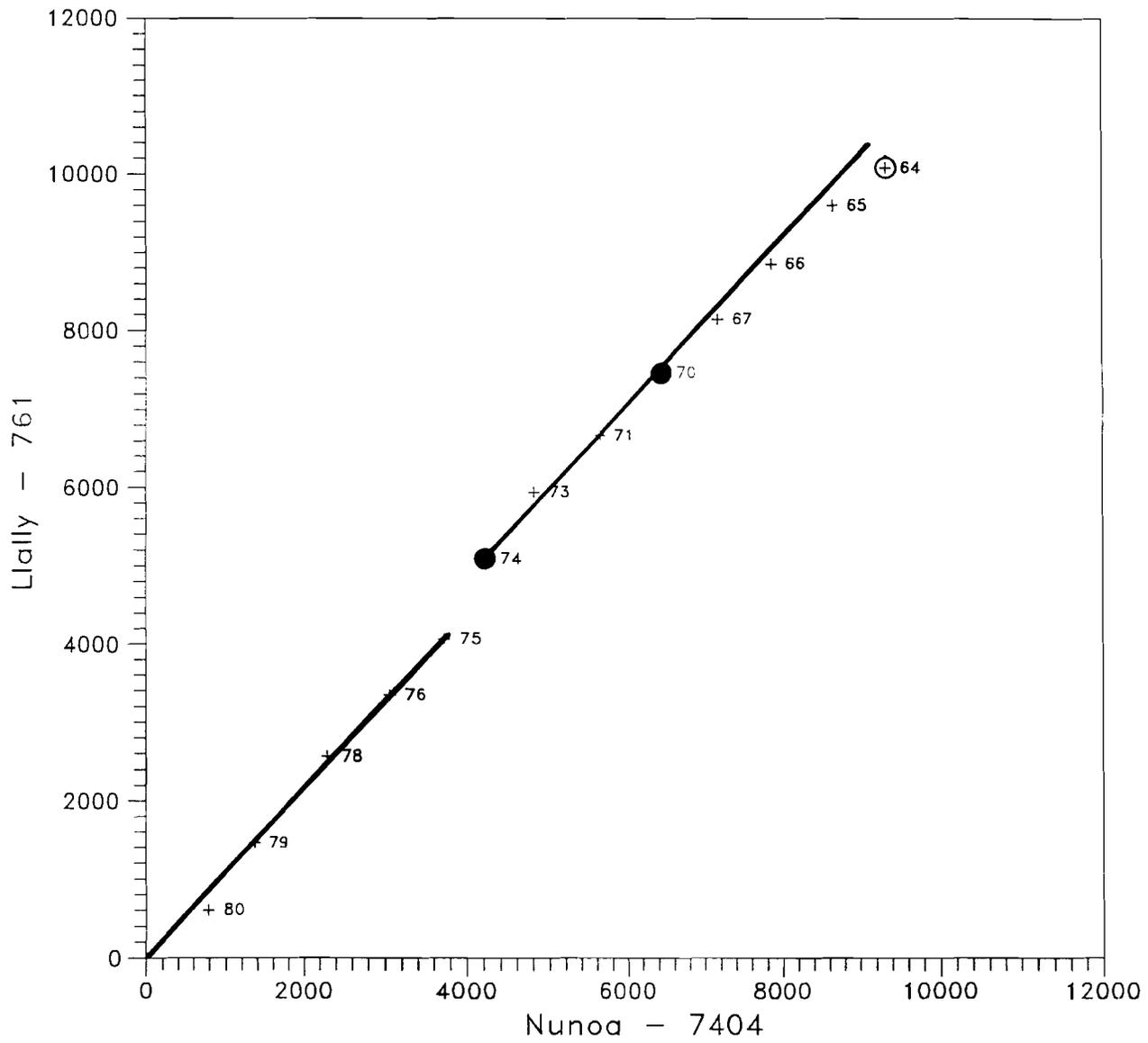
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



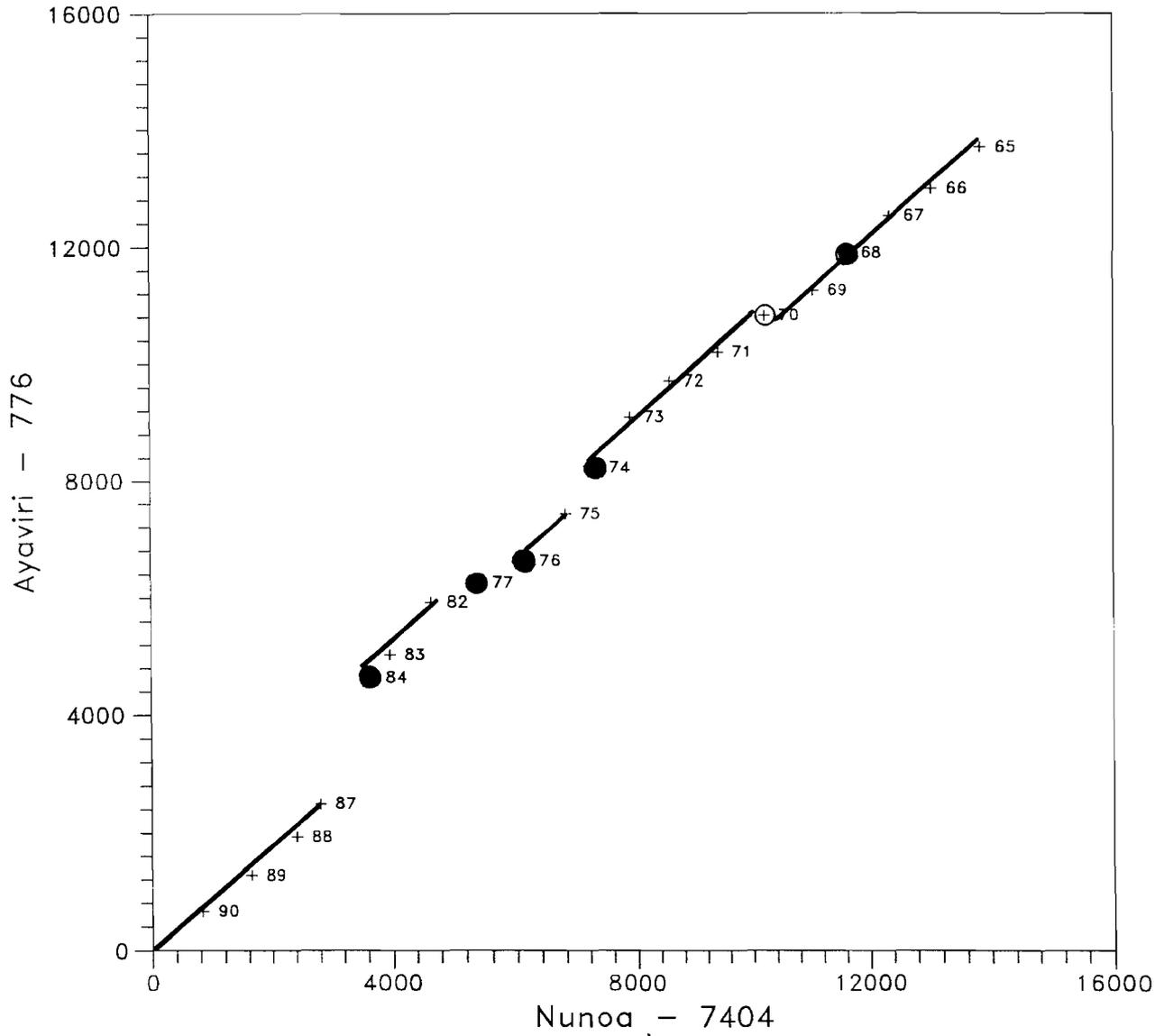
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



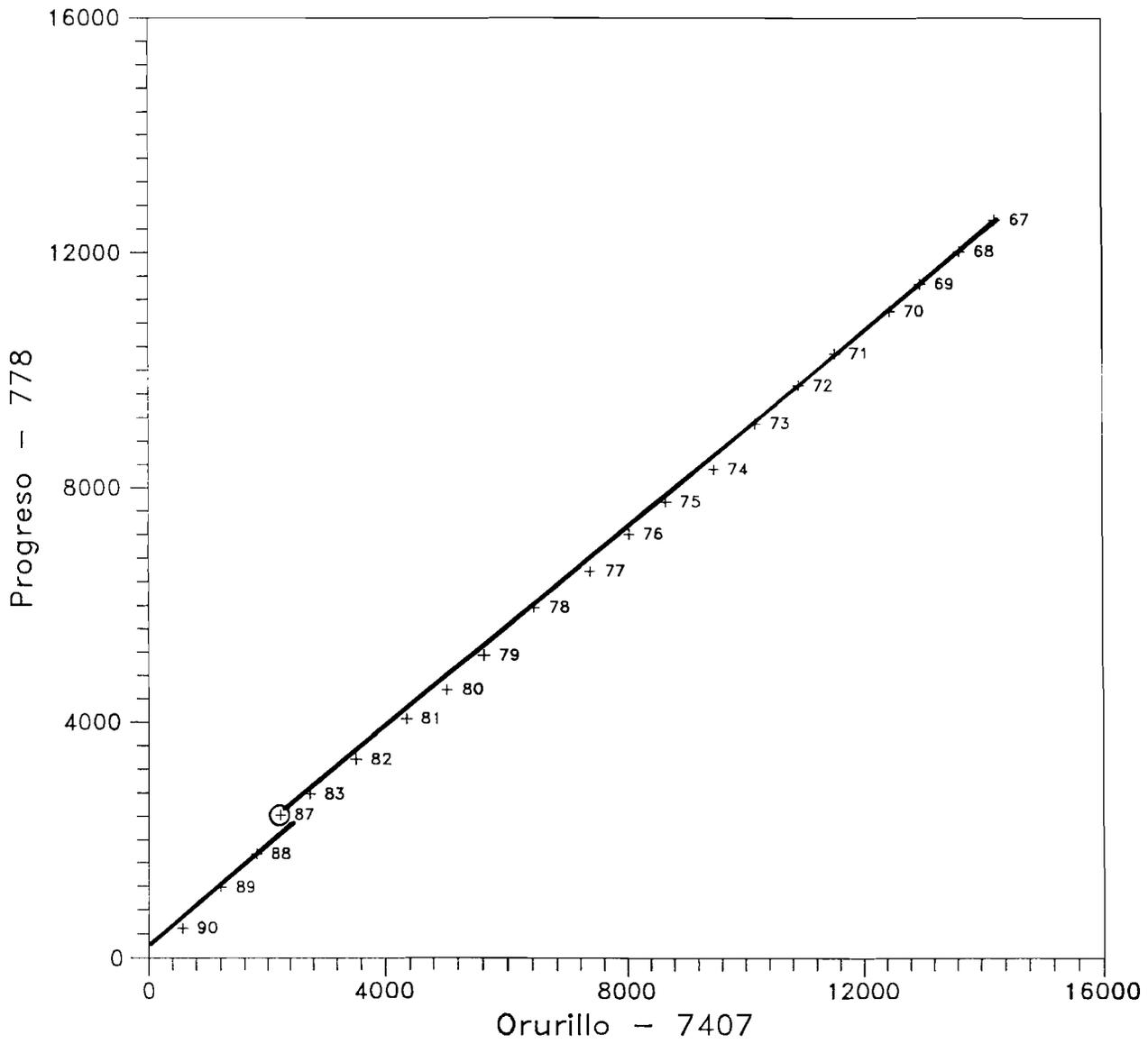
PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



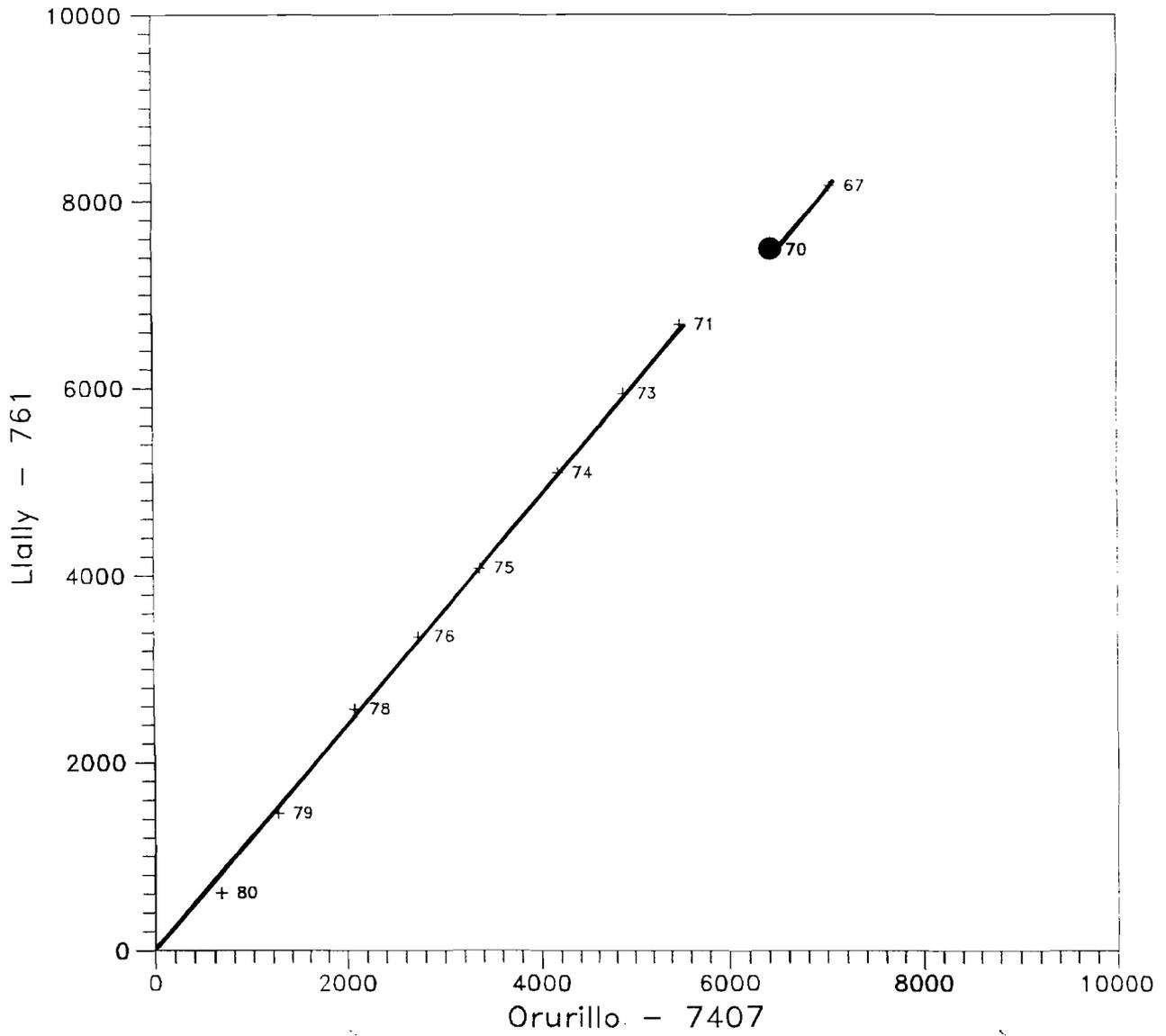
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



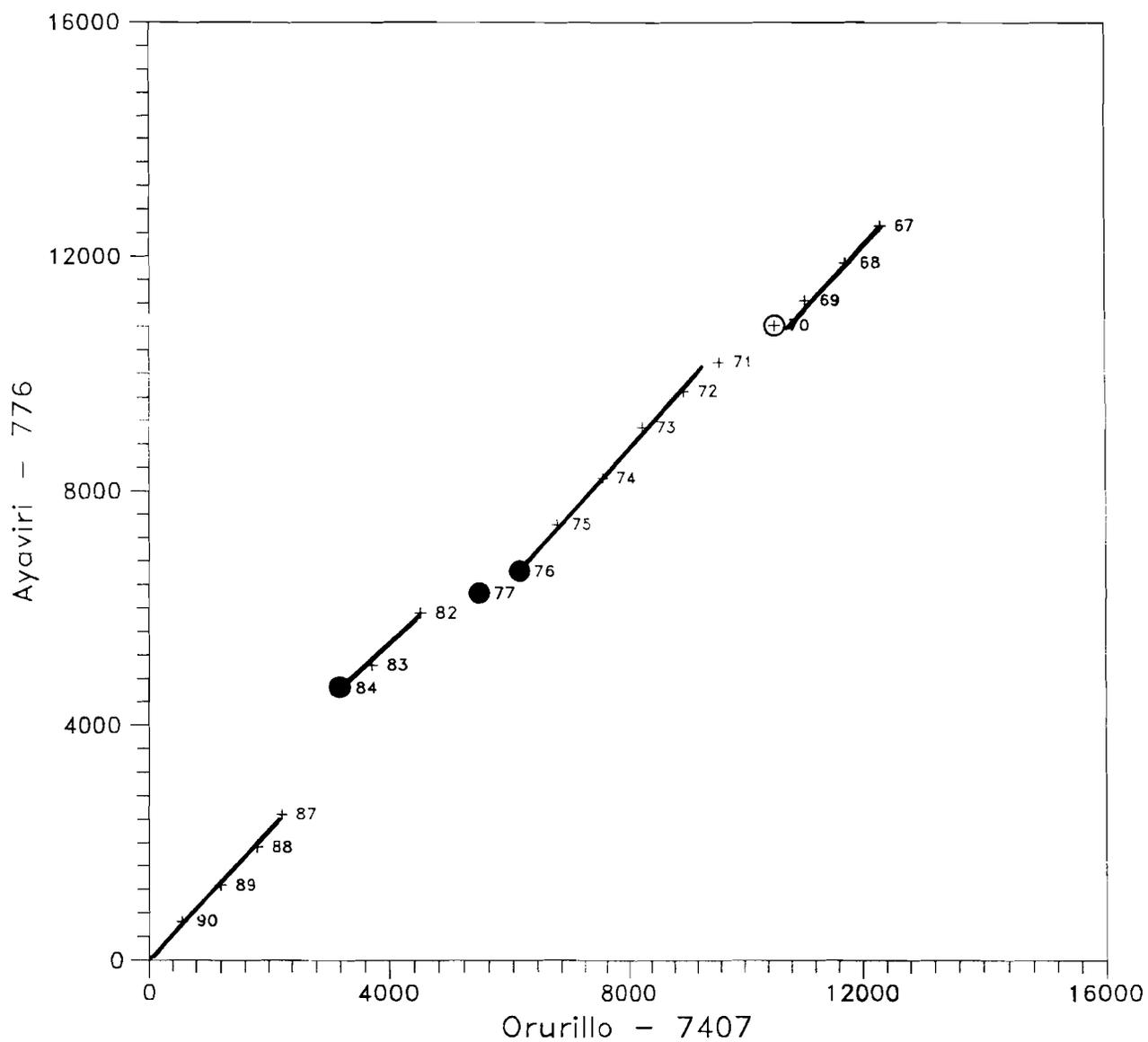
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



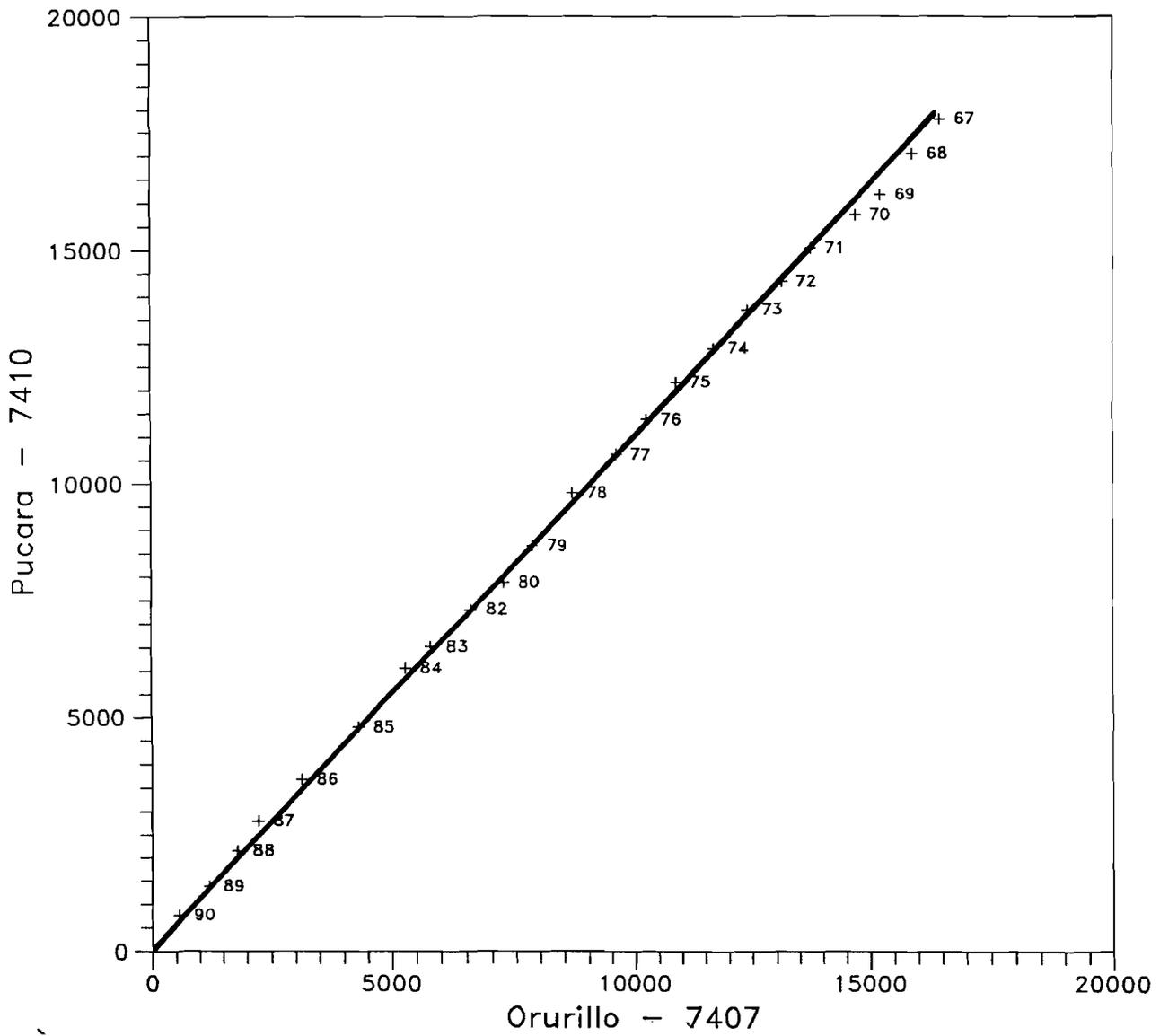
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



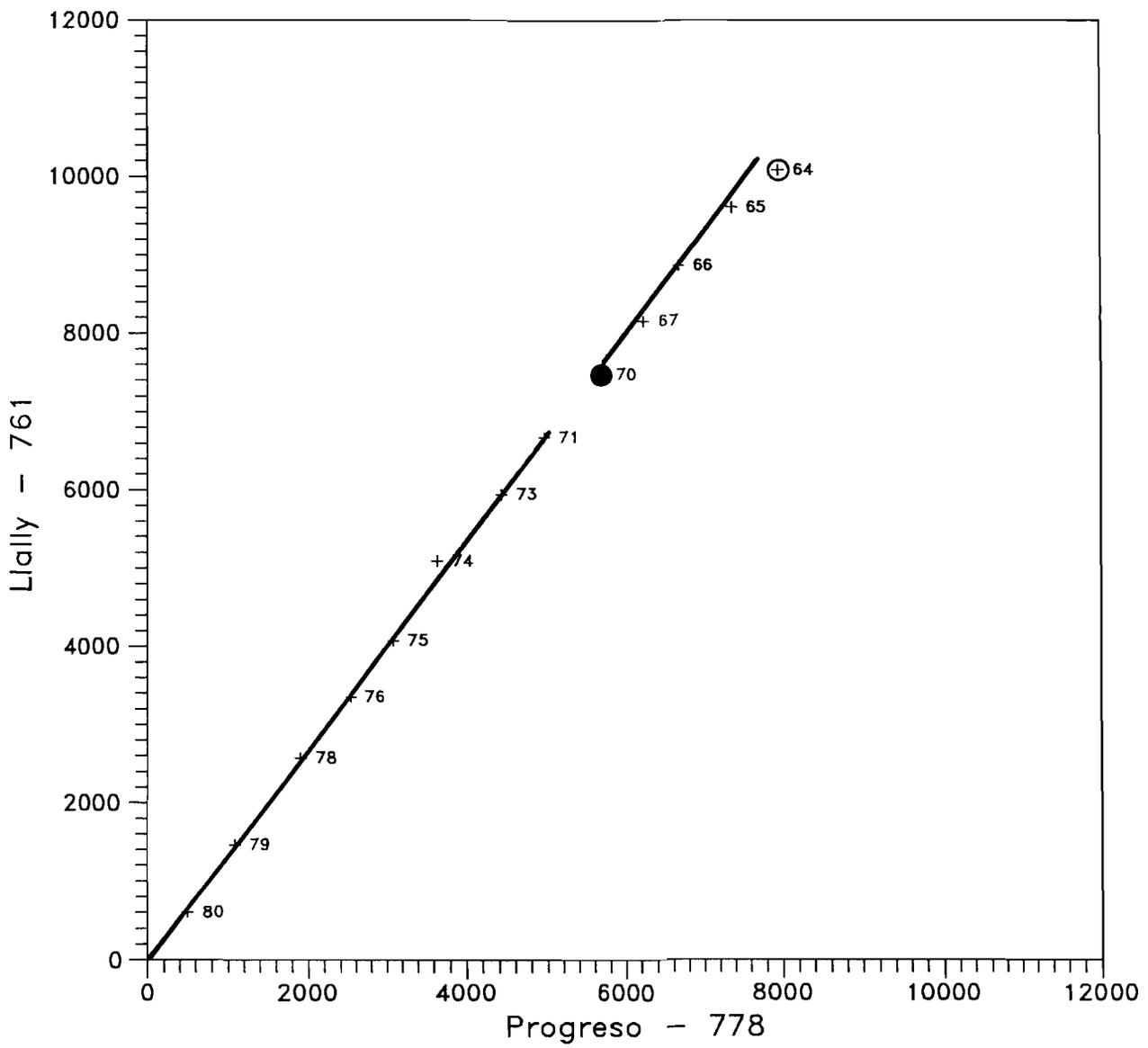
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



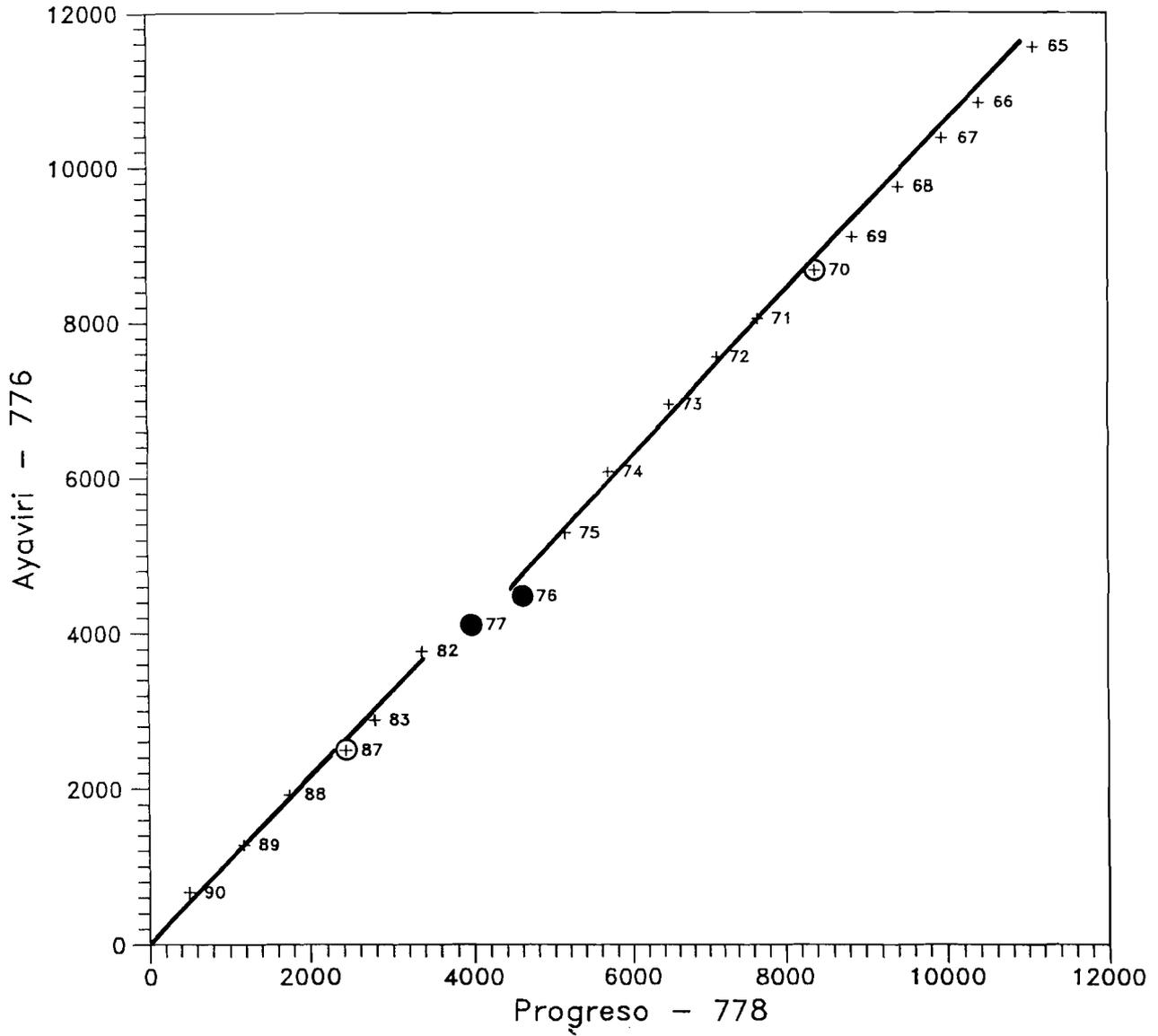
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



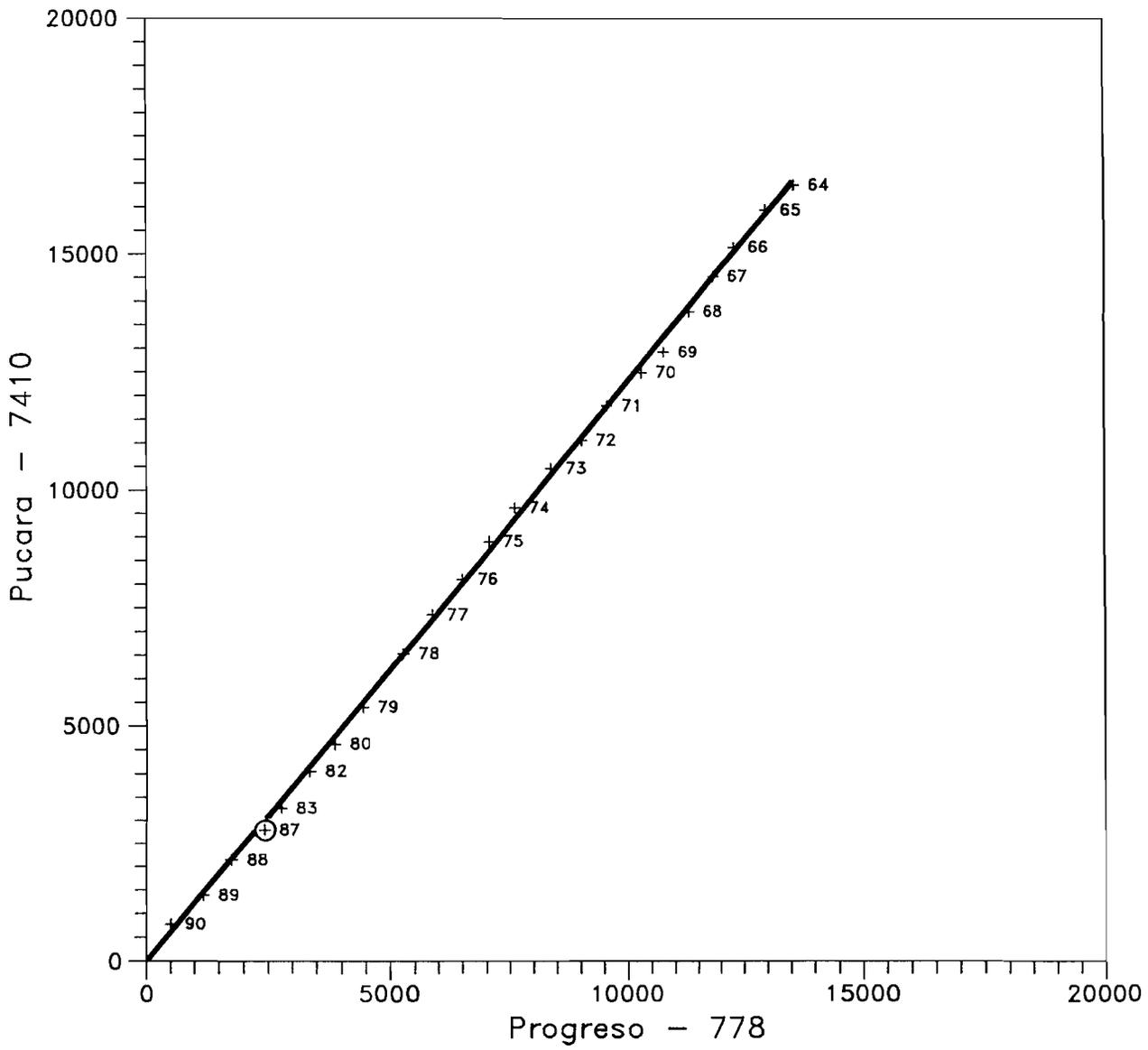
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



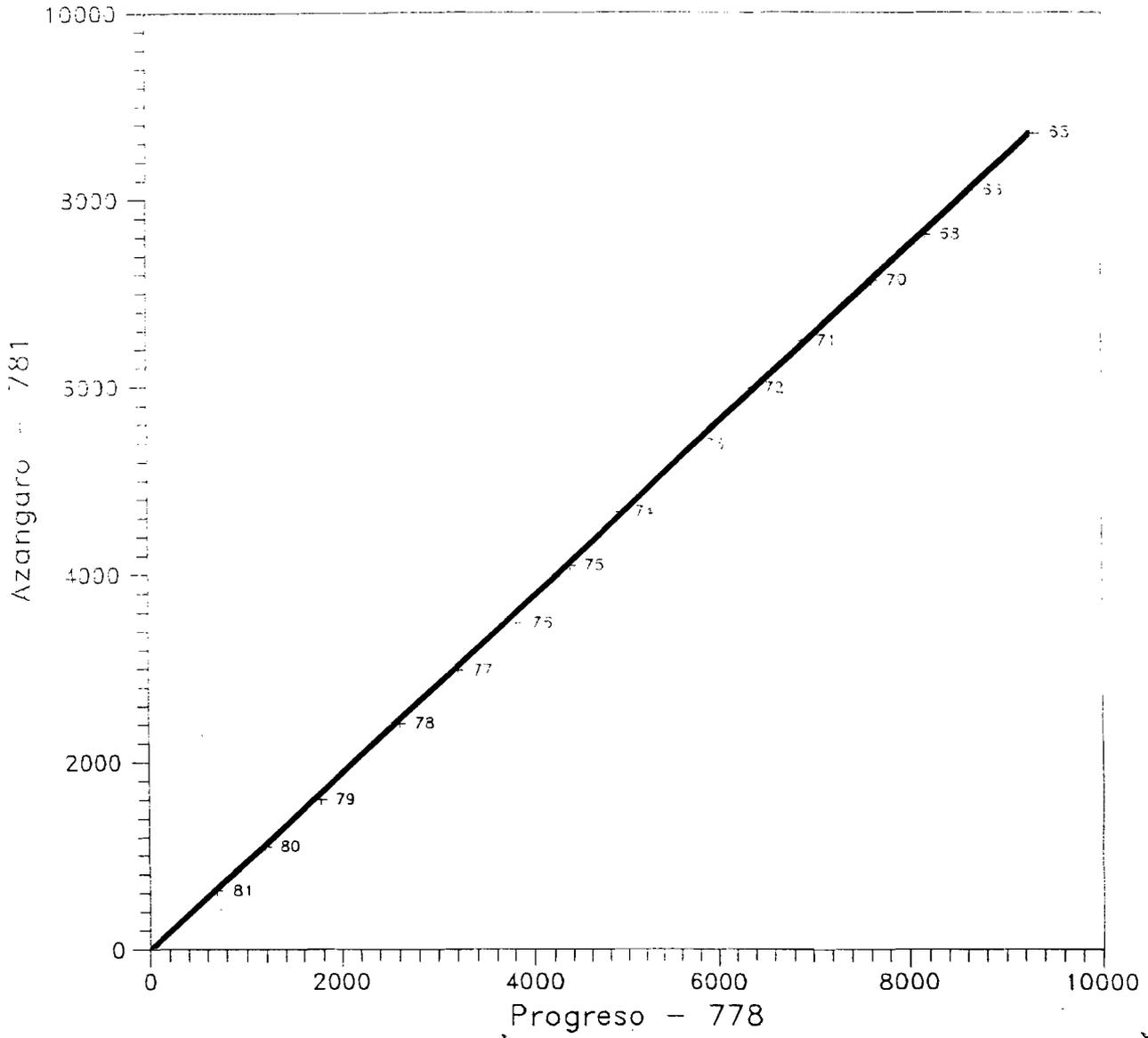
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



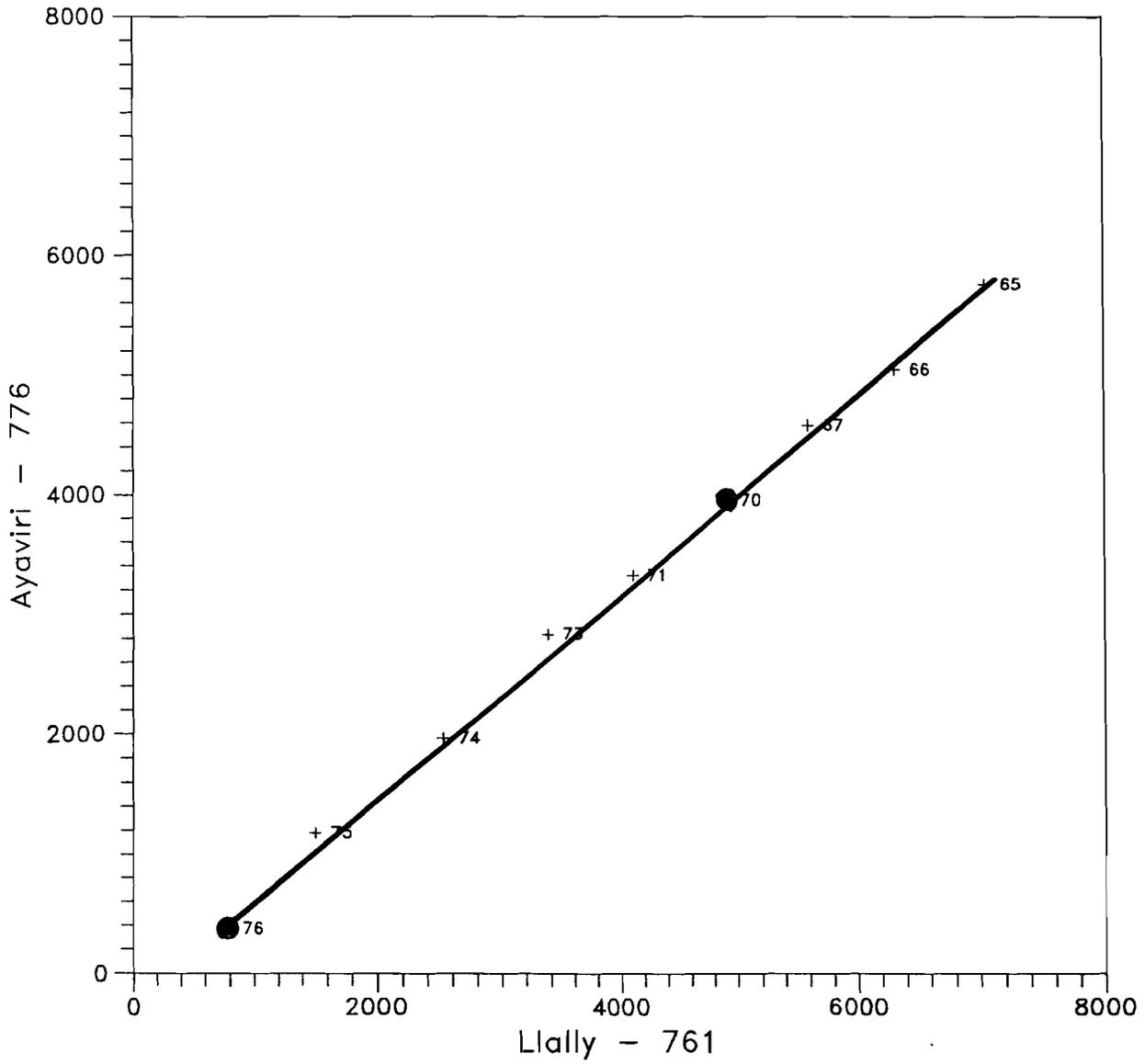
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



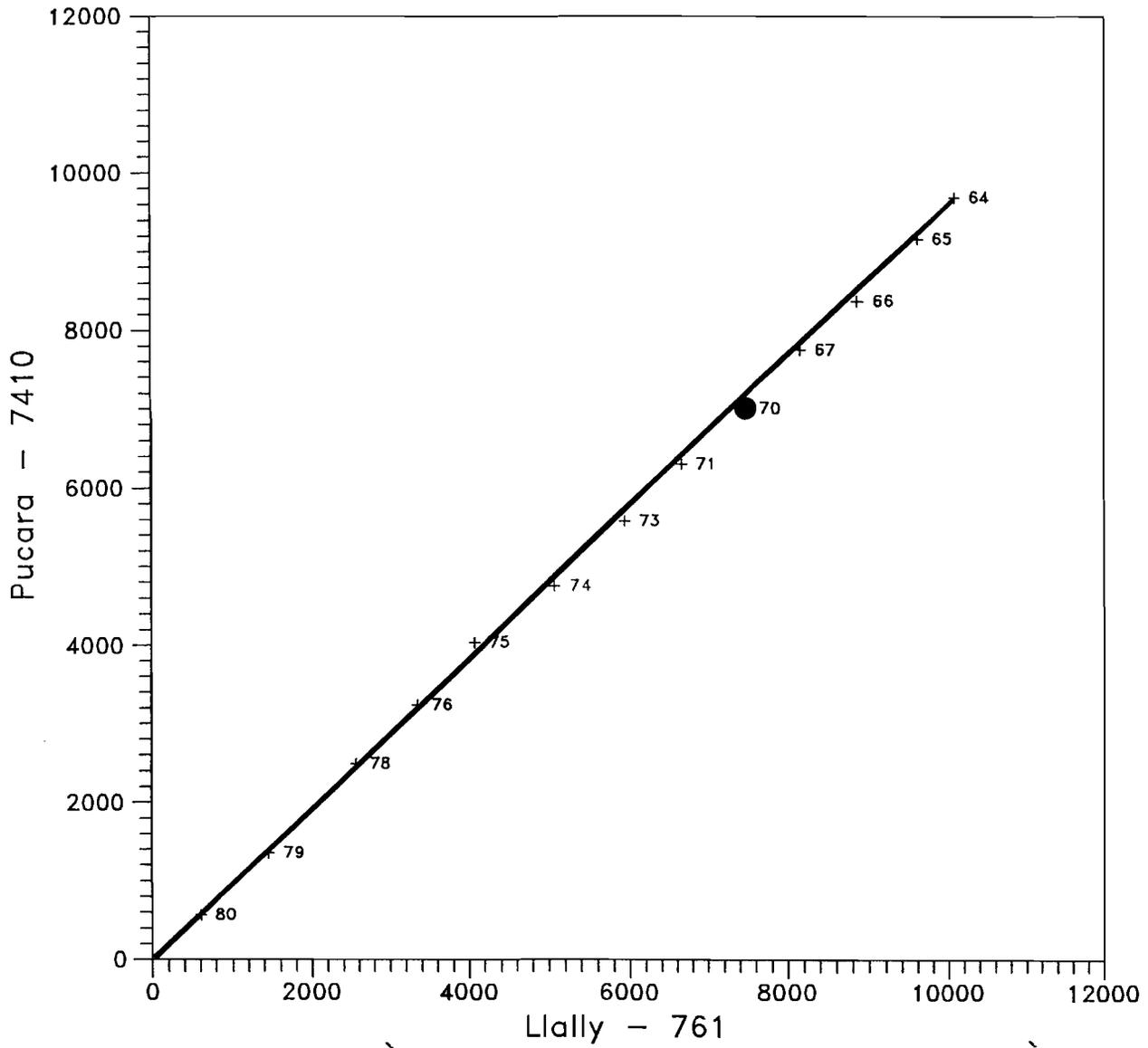
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



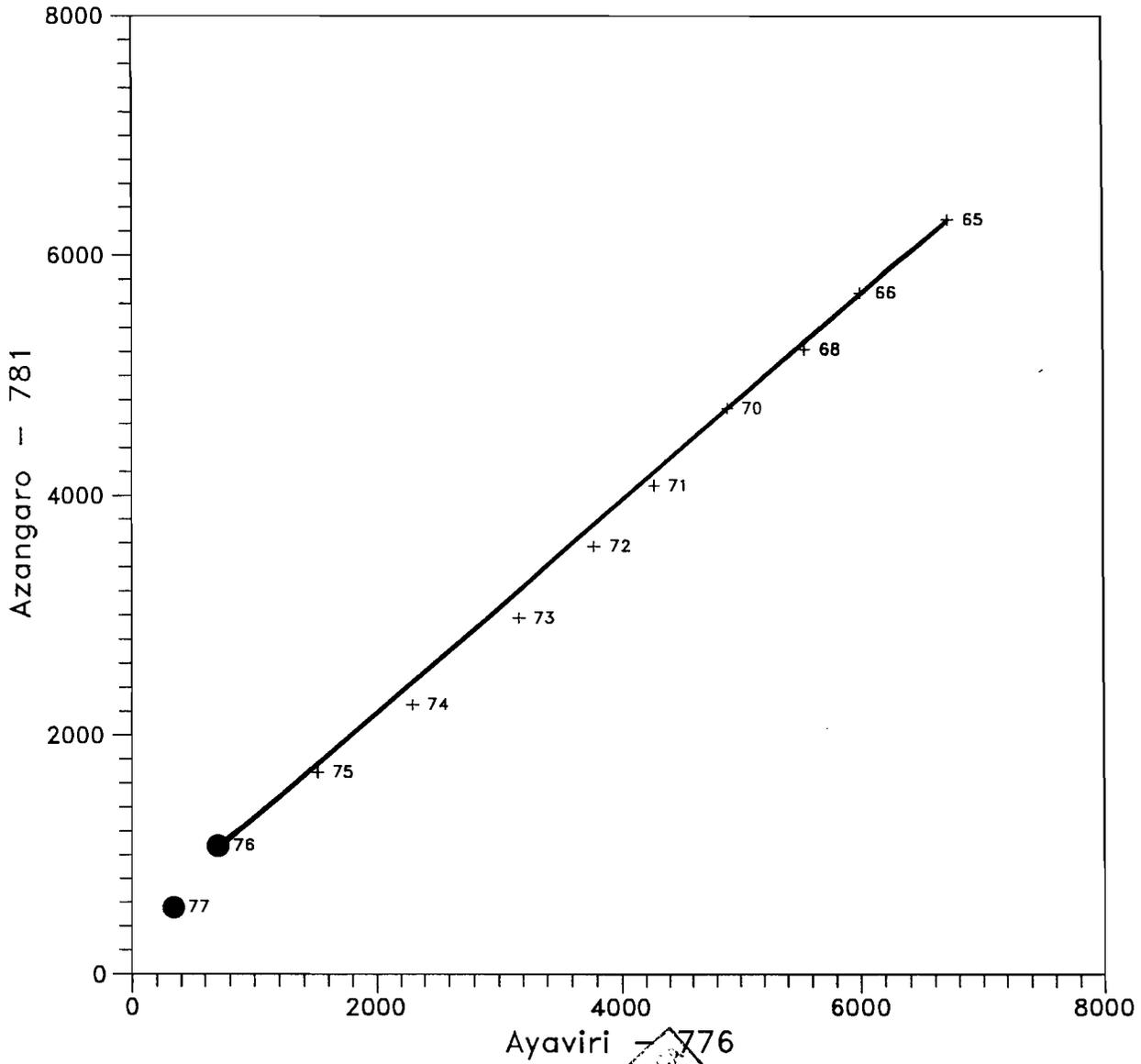
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES

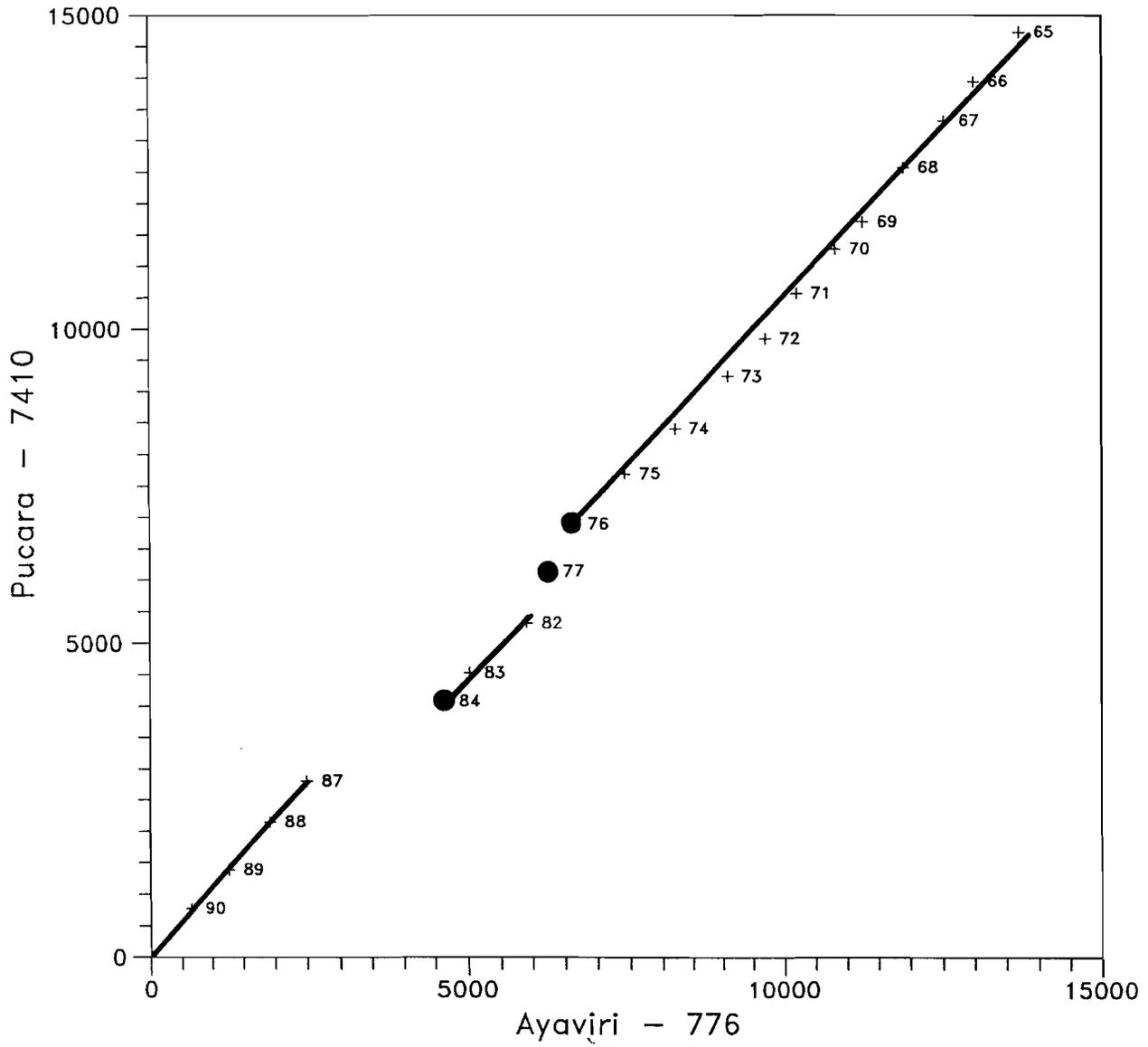


PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



AUTORIDAD NACIONAL LASO INDIANAS
BOLIVIA - PERU
BIBLIOTECA
A. L. T.

PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



GRUPO 19

Constituido únicamente por cuatro estaciones:

- Crucero (7415)
- Ananea (7419)
- Antauta (7406)
- Macusani (777)

Estos pluviómetros dan cobertura - al menos teórica - a la cabecera del Ramis, es decir, a la cuenca vertiente del río Crucero. Dicho río surca un valle, enmarcado por divisorias montañosas elevadas, que sigue una dirección atípica en el Altiplano, por lo que se le suponen ciertas características microclimáticas.

Inicialmente formaban también parte de este grupo los pluviómetros situados en el sector de cabecera de la cuenca del río Suhez. Pero, tal y como se detalla en el epígrafe correspondiente al grupo 15, los primeros contrastes aconsejaron su inclusión en dicho grupo.

Si ya de partida, contar con únicamente cuatro pluviómetros resulta insuficiente para caracterizar el régimen de precipitaciones en un sector de las dimensiones y rasgos orográficos de la cuenca del río Crucero, los análisis efectuados agravan el problema, ya que, por una parte, los registros de Antauta son cortos e incluyen numerosos errores, y por otra parte, el observatorio de Macusani ha tenido que ser eliminado del proceso por las razones que se explicarán posteriormente.

Por estaciones, los comentarios a las series pluviométricas son los siguientes:

Crucero (7415): en general la correlación con las principales estaciones del entorno (Ananea, Cojata y Putina) es buena, pero se detecta un cambio brusco de pendiente en los años más antiguos (anteriores a 1966). Dado el aspecto de las dobles masas se han verificado las series mensuales de este período de forma gráfica y analítica, encontrándose que se trata aparentemente de un error sistemático - de origen desconocido - susceptible de ser corregido. Por ello se ha decidido aplicar un factor de 1.84 (media de los obtenidos utilizando Cojata y Putina como series de referencia) a todos los datos hasta Diciembre de 1965. Dentro de este mismo período se ha suprimido el valor de Abril de 1963 por considerarlo poco verosímil. Por último, con independencia de estos errores se ha identificado una cierta anomalía en el año 1982, pero cuyo origen parece ser natural.

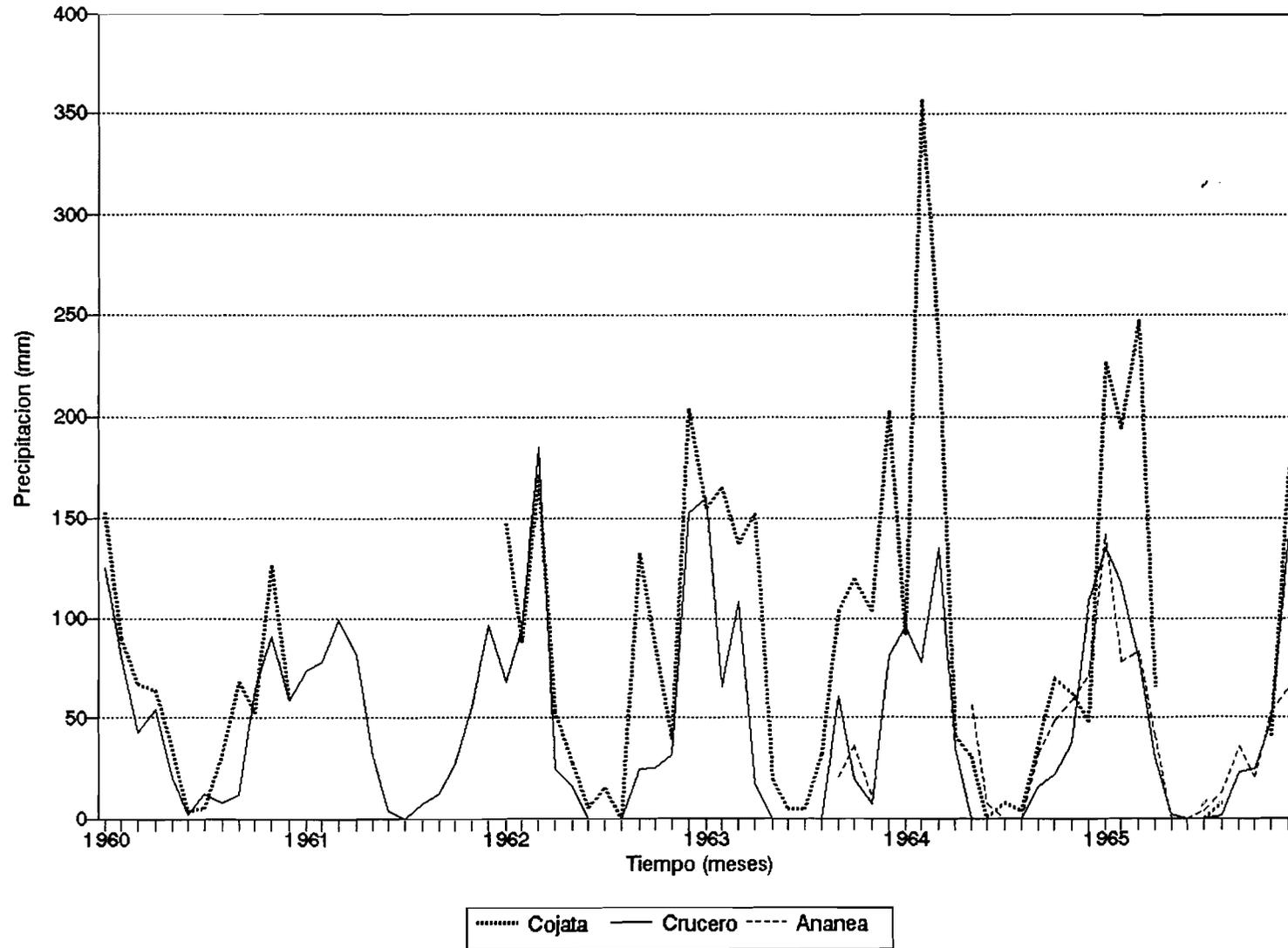
Ananea (7419): los contrastes con Crucero y Cojata evidencian una buena calidad de la serie. Las irregularidades observadas en los cruces con Antauta y Macusani responden a errores en estas últimas. Los únicos errores detectados - que preceden a un período sin observación - se refieren al período de Septiembre a Diciembre de 1968, que ha sido suprimido de la serie. Por

último, a pesar de su proximidad con el observatorio de Suchez sus dobles masas muestran una deficiente correlación, cuya justificación hay que buscarla en que la exposición de ambos valles es prácticamente contraria. Por esta razón tanto el observatorio de Suchez como el de Cojata fueron trasladados al grupo 15.

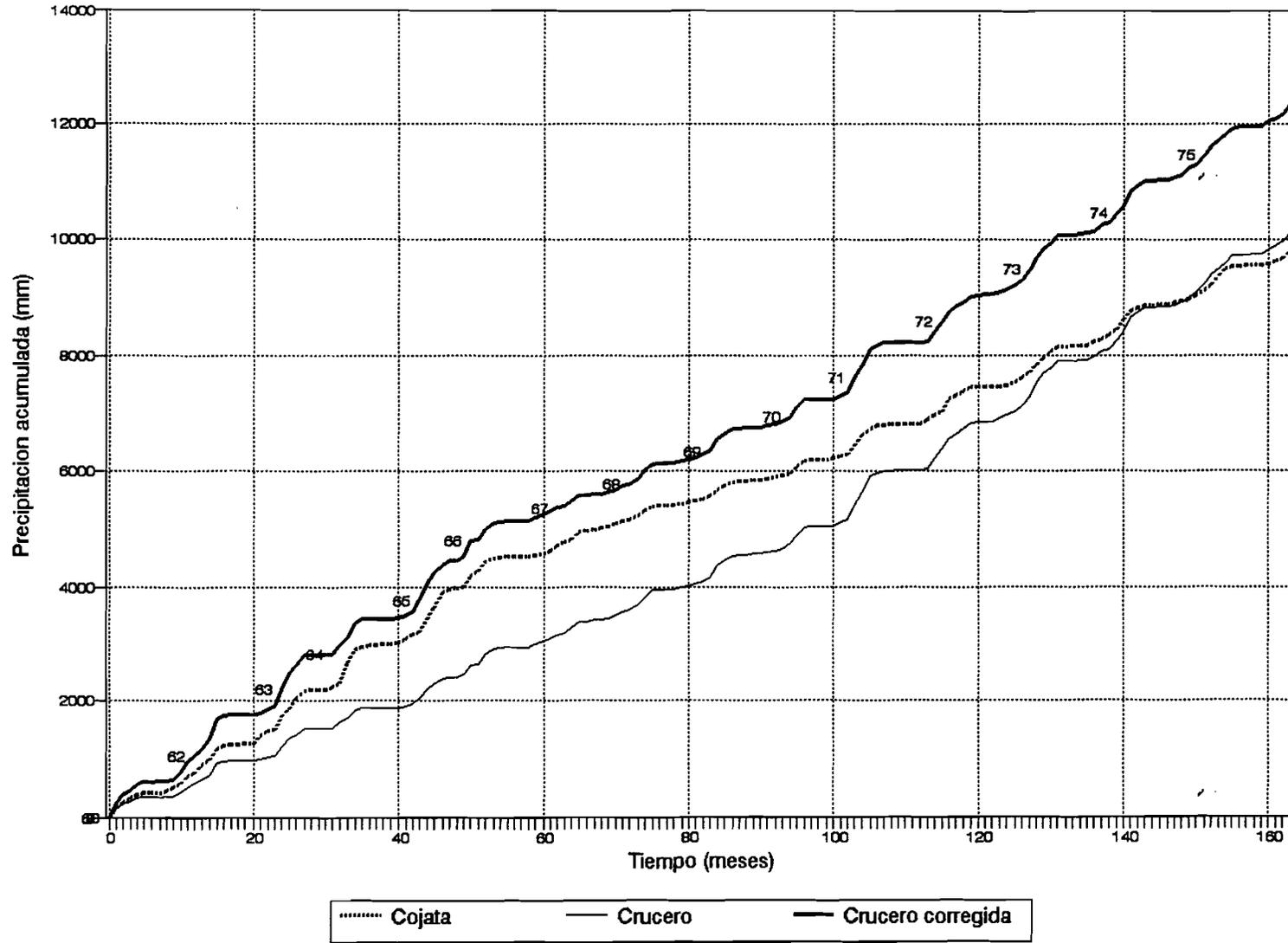
Antauta (7406): se trata de una serie corta (9 años completos y una media de 12 valores mensuales) en la que se han identificado como probablemente erróneos los registros de: Enero y Febrero de 1964, Febrero de 1966 y la totalidad de los años 1968 y 1969. En estos dos últimos años algunos valores podrían ser correctos, pero la cantidad de meses anómalos aconseja la supresión de todos los datos.

Macusani (777): su correlación es en general deficiente con las demás estaciones. Un análisis somero de sus series permitió detectar una repetición sistemática de ciertos valores en las precipitaciones máximas diarias (20.9, 21.0, 17.0), lo que hizo sospechar de la fiabilidad de los registros. En consecuencia, se procedió a una revisión detallada de los datos a nivel diario, encontrando que el observador utilizaba "meses maestros" que, con alguna ligera modificación, se repetían en distintos lugares de la serie. Por esta razón se tomó la decisión de eliminar el observatorio de Macusani del proceso de homogeneización de series.

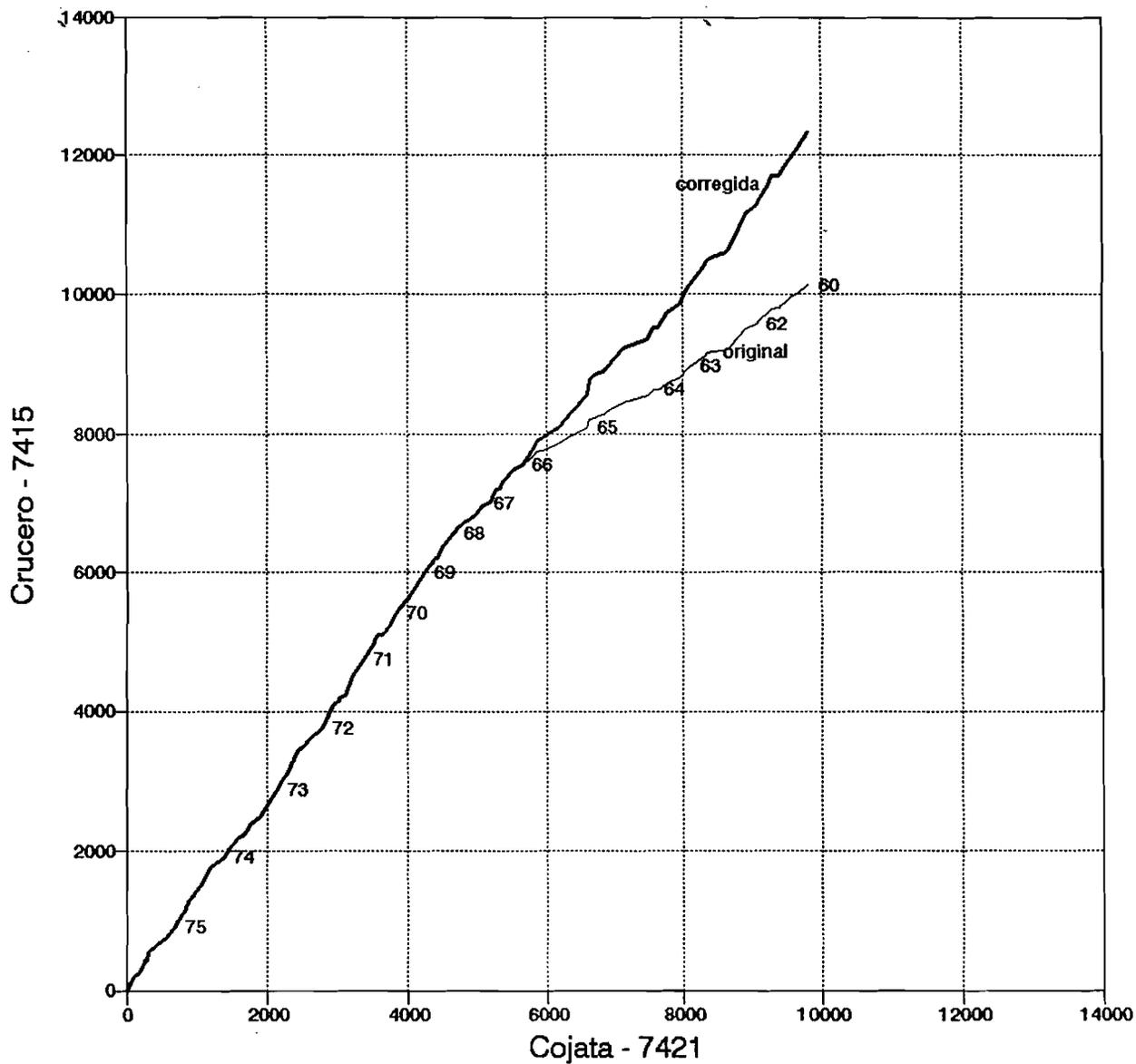
CONTRASTE CRUCERO (7415)
Valores mensuales (1960-1965)



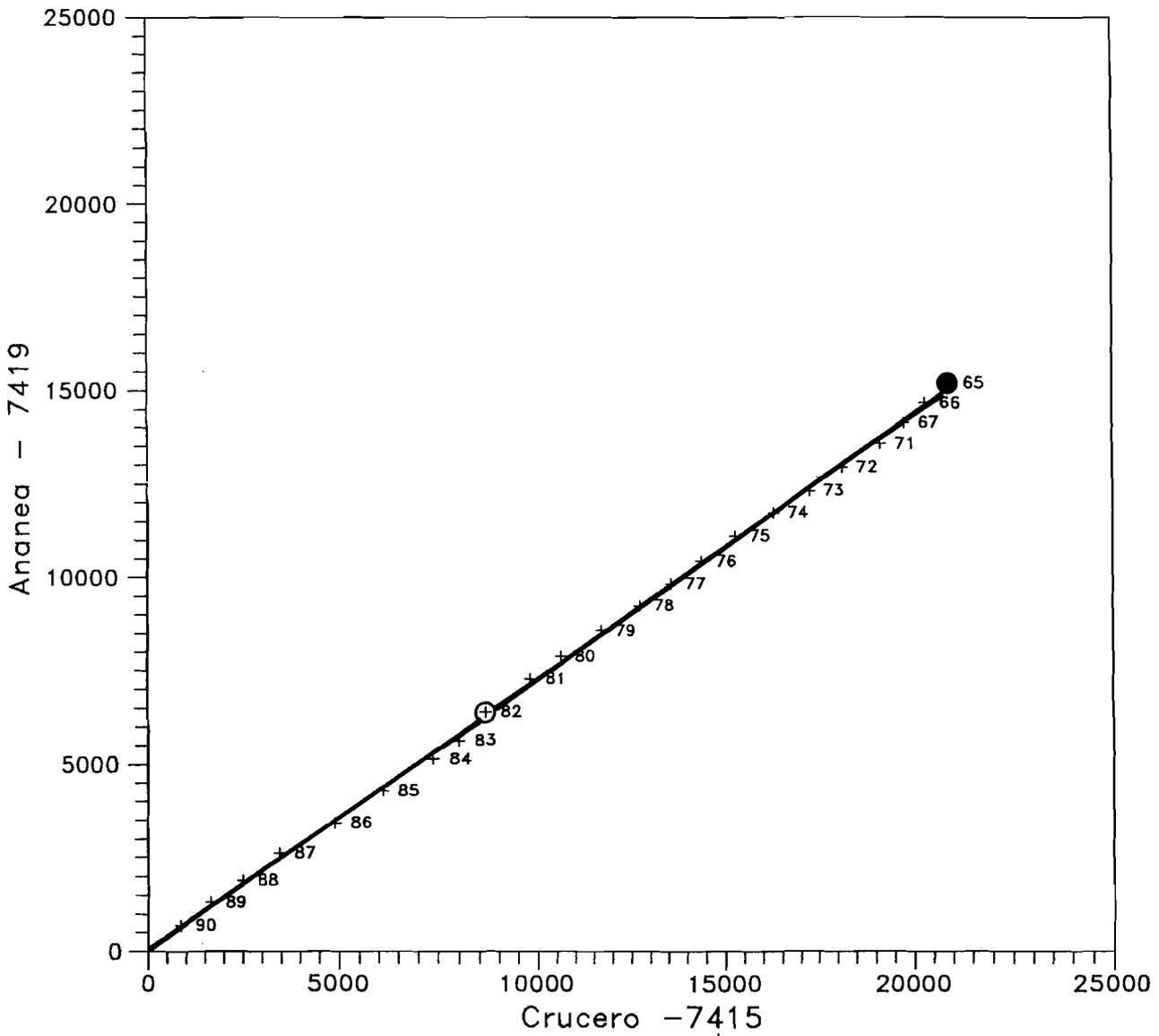
CONTRASTE CRUCERO (7415)
Valores mensuales acumulados (1960-75)



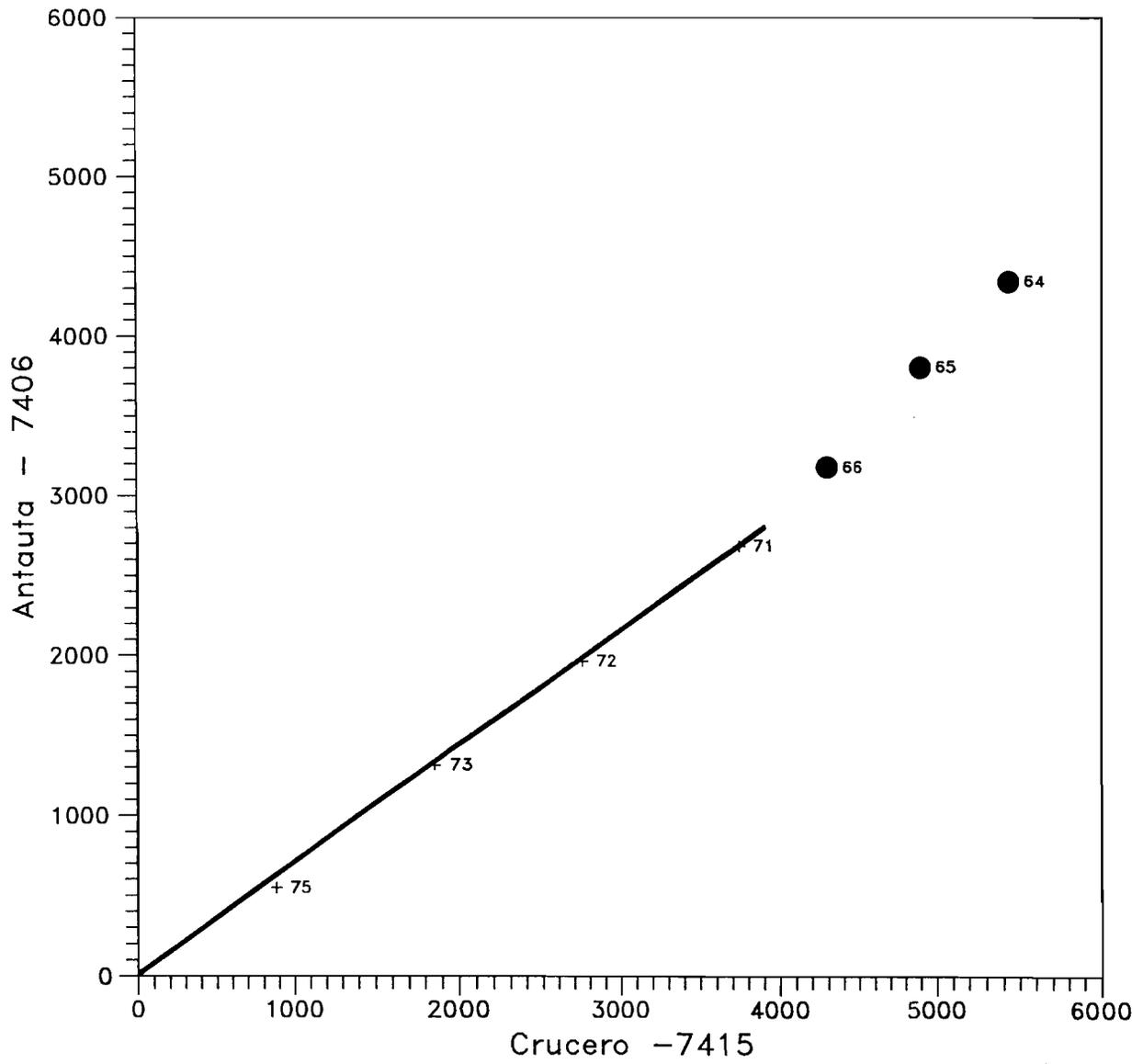
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES Nivel mensual (1960-1975)



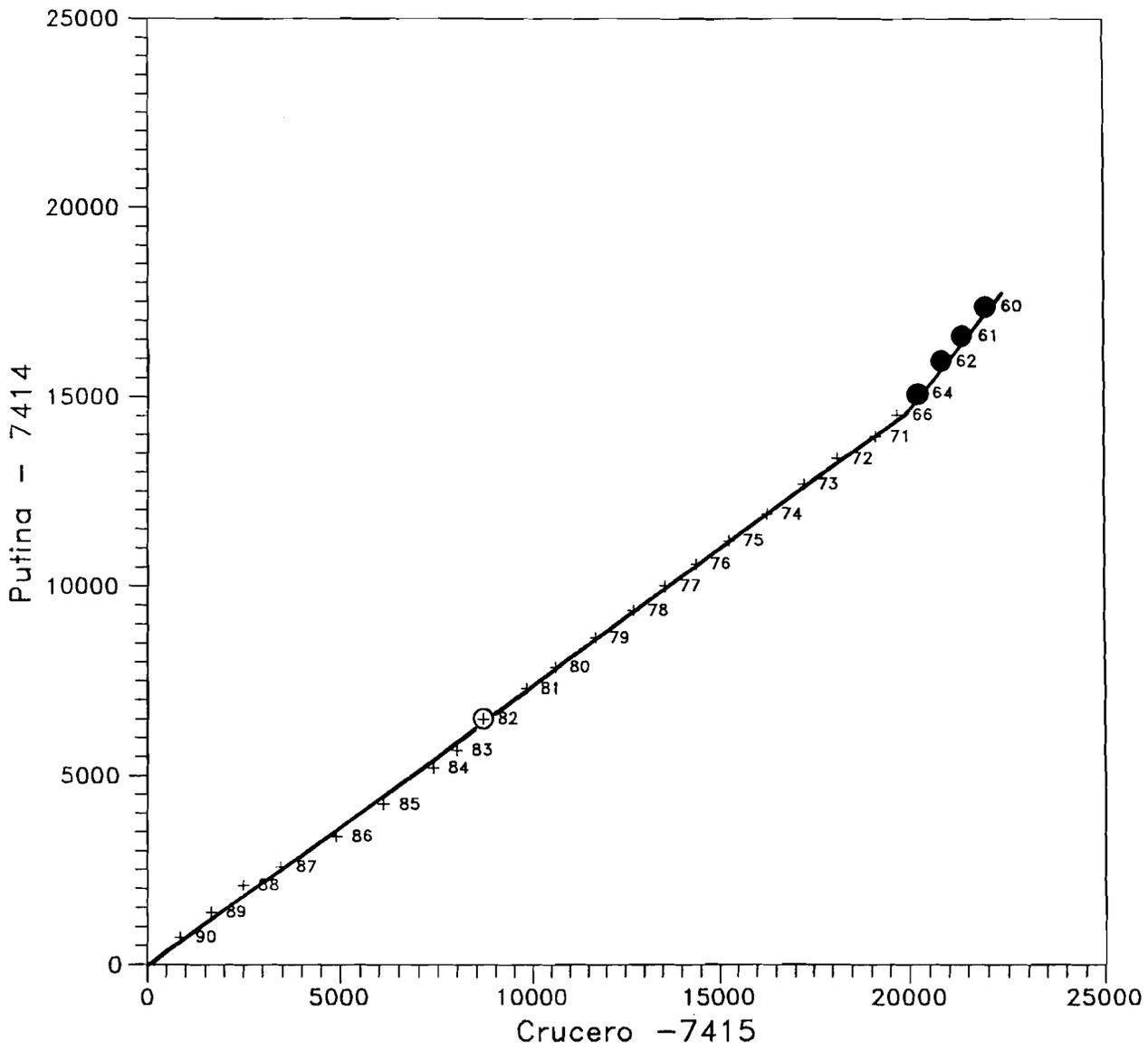
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



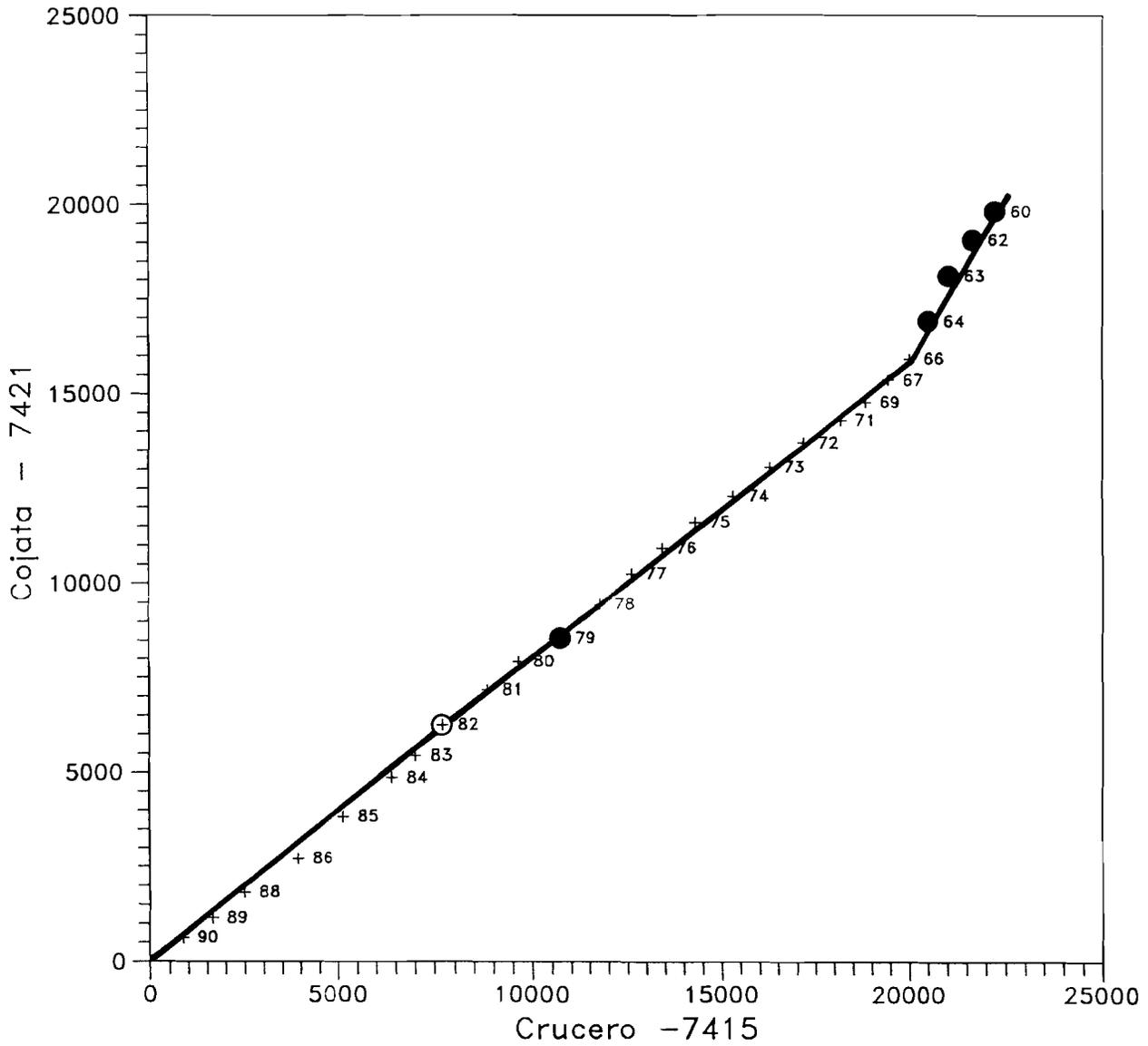
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



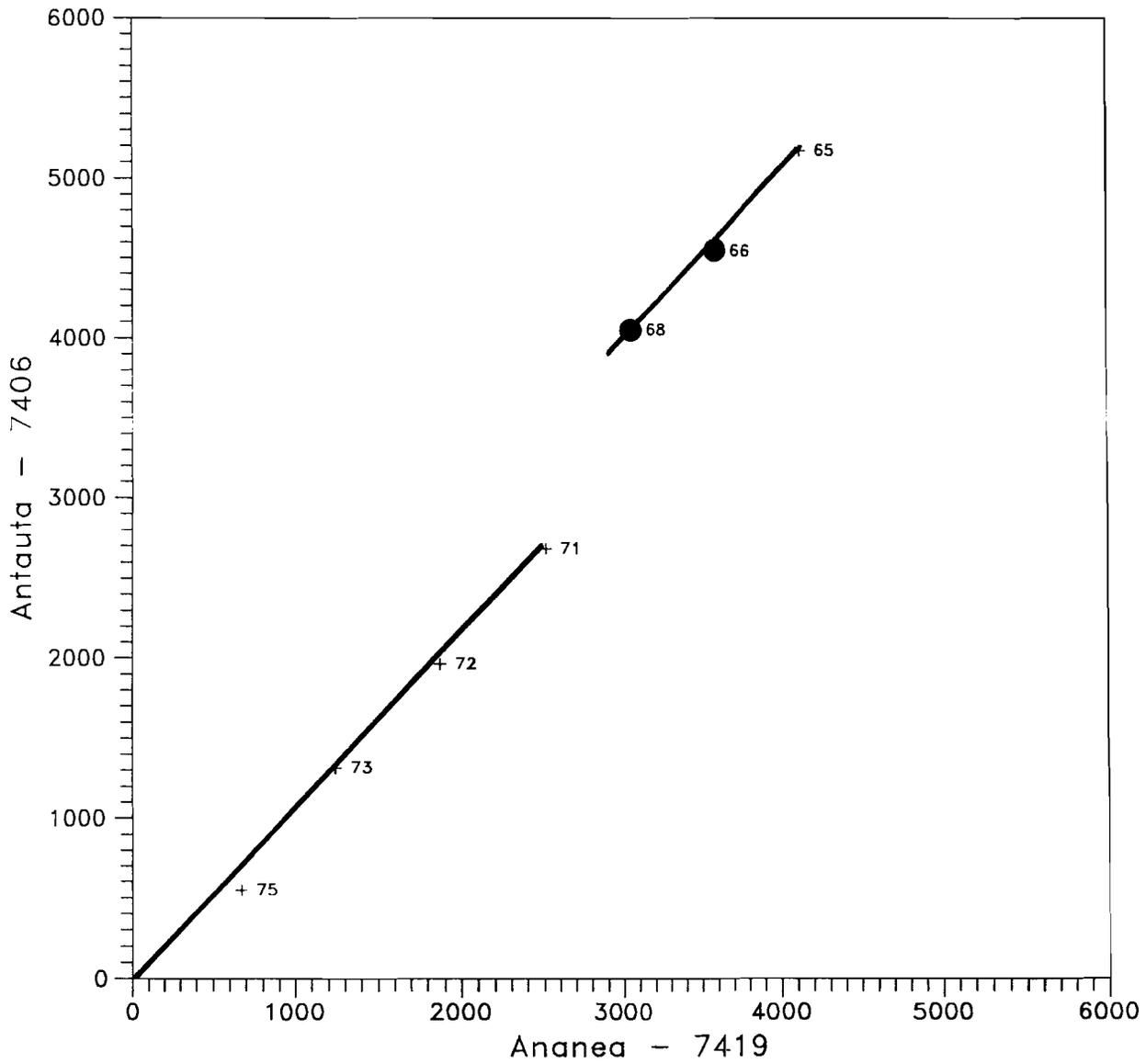
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



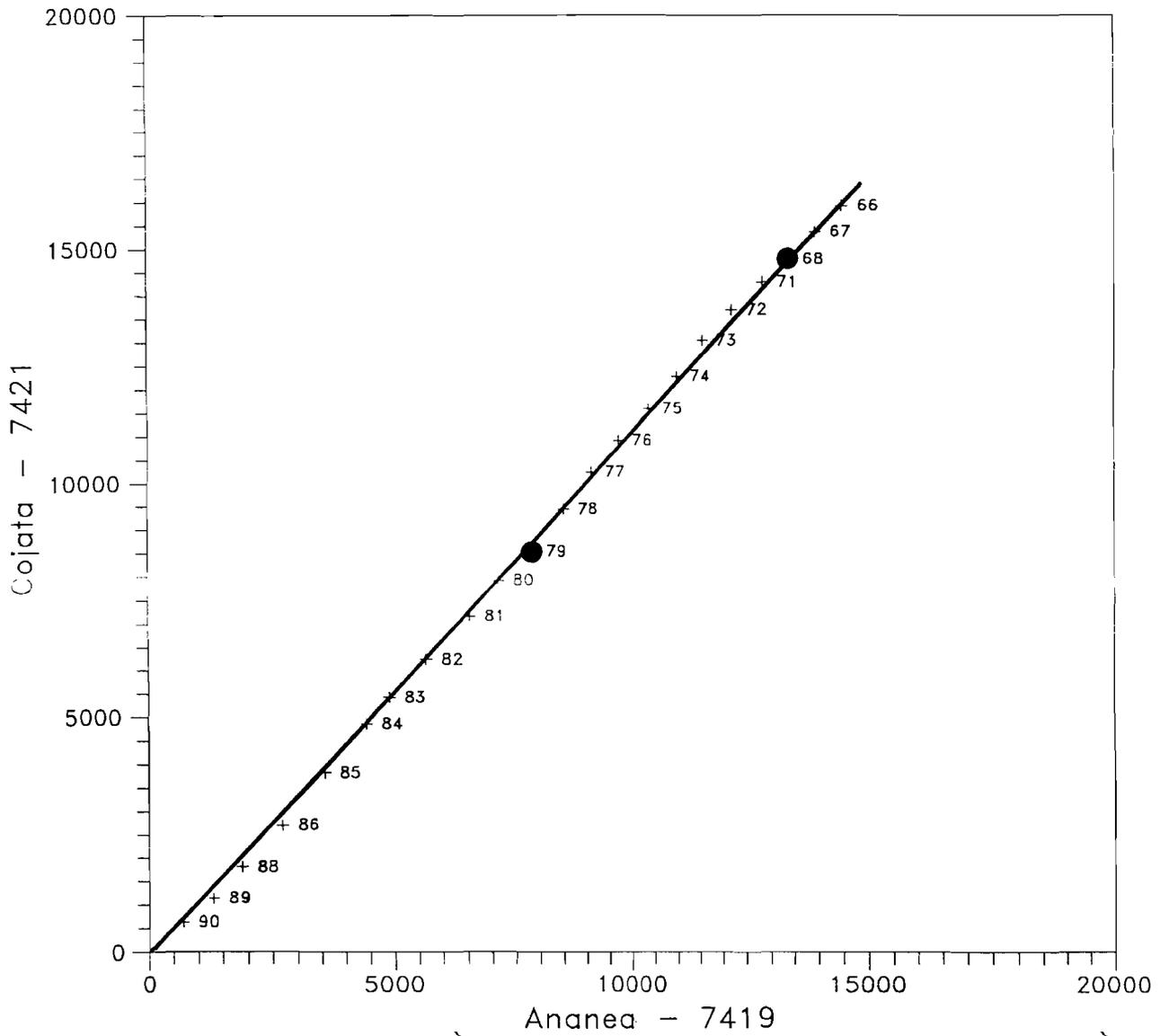
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



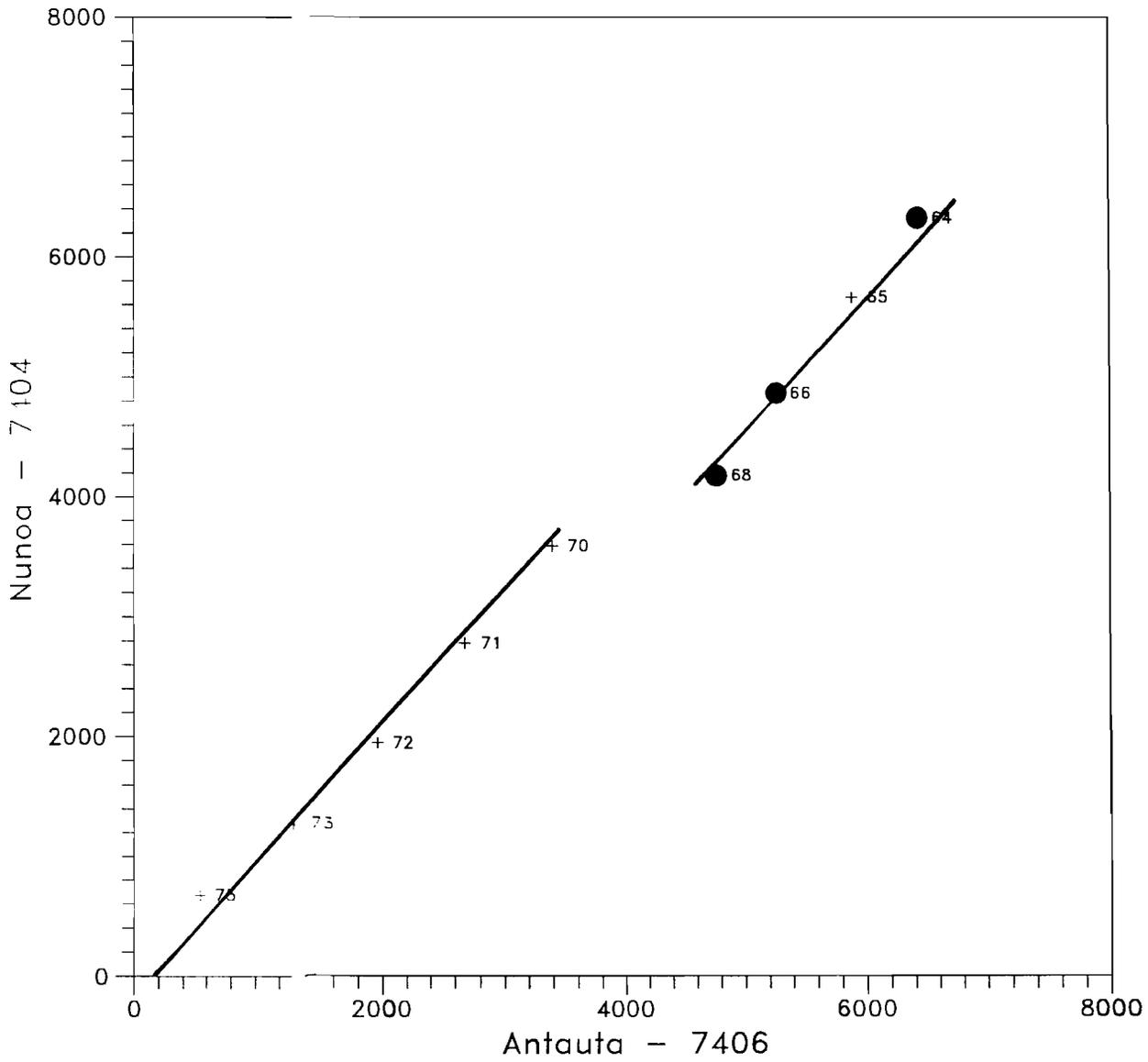
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



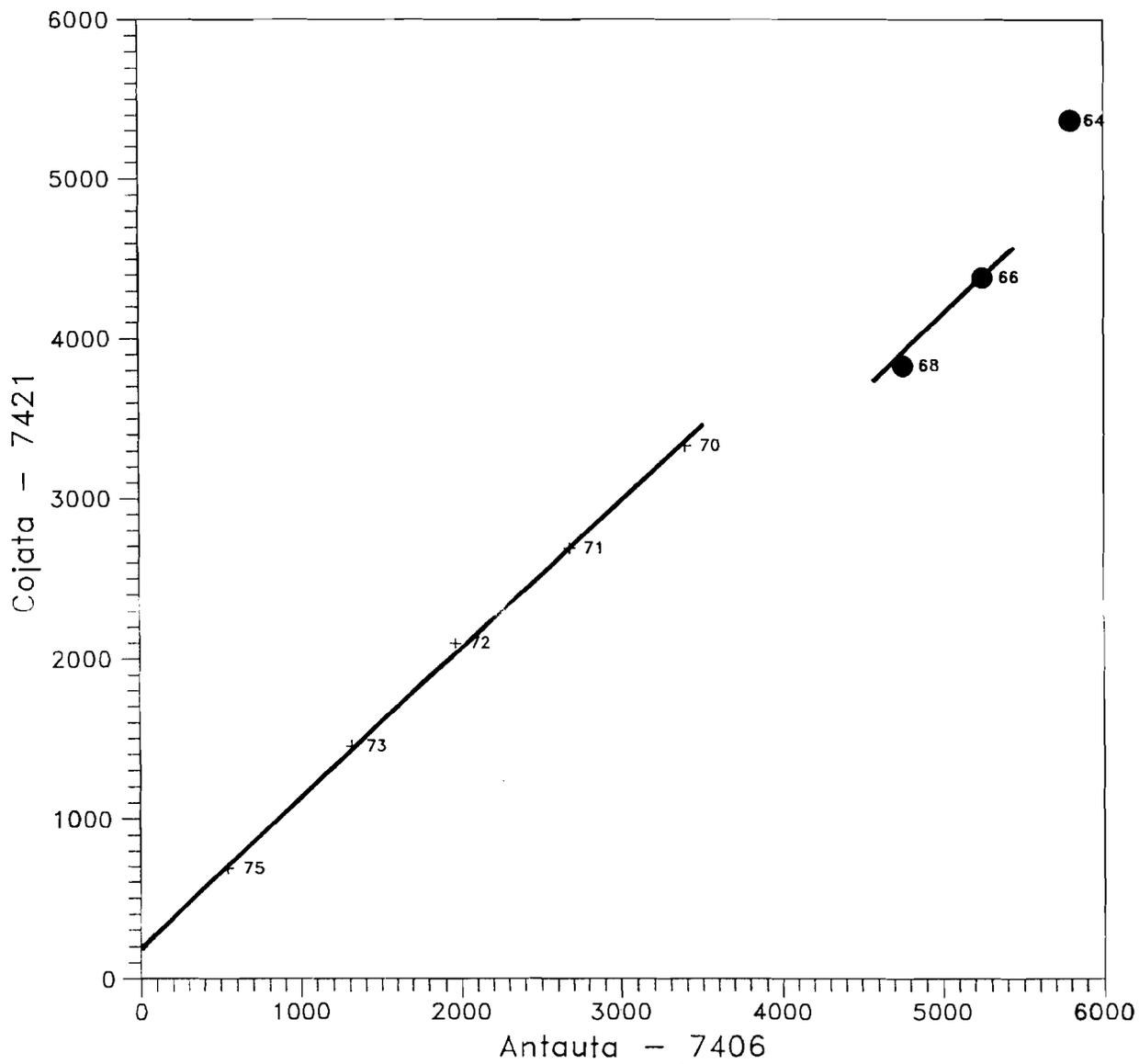
PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



PROYECTO T.D.P.S
DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



PROYECTO T.D.P.S DOBLES ACUMULACIONES DE PRECIPITACIONES



3.- CORRELACION DE LOS VALORES DE PRECIPITACION MEDIA
EN LOS GRUPOS 1,2,3, y 4 PARA TRADUCIRLOS AL
PERIODO 1960 - 1990

**CORRELACION DE LOS VALORES DE PRECIPITACION MEDIA EN
LOS GRUPOS 1,2,3 y 4 PARA TRADUCIRLOS AL PERIODO 1960-1990**

Como apoyo para estimar la precipitación promedio del período 1960-1990 a partir de la del período 1976-85 (el definido para los cuatro primeros grupos) se han utilizado las relaciones de precipitación entre el período largo y el período corto en los siguientes pluviómetros:

Salinas	0,78
Tacagua	0,94
Oruro	0,74
Eucaliptus	0,88
S.José Alto	0,82
Conchamarca	0,85
Ulloma	0,86
Charaña	0,99

El proceso de corrección ha consistido en aplicar a cada estación de serie corta un coeficiente que resulta de ponderar, en función de la distancia, las relaciones entre serie larga y serie corta en estaciones próximas.

Los resultados del proceso se resumen en el cuadro I, el que contiene: estación a corregir, estaciones de apoyo y relación resultante entre la precipitación en el período 1960-1990 y 1976-1985.

Los registros históricos existentes para el período 1960-1990, muestran una estacionalidad más húmeda para los valores medios comprendidos en los años 1976-1985 respecto a los años 1960-1990, situación que se refleja en los resultados obtenidos en el proceso de correlación.

CUADRO I.- CORRELACION DE PRECIPITACION MEDIA
EN LOS GRUPOS 1,2,3 y 4 PARA EL
PERIODO 1960 - 1990

Estación	Pluviómetros de Apoyo	Precipitación Media	
		Relación 1960-90/1976-85	1976-85 1960-90
Caracollo	Eucaliptus, Conchamarca, Oruro	0.83	439 364
Pazña	Tacagua, Oruro	0.88	538 473
Orinoca	Tacagua, Pazña, Salinas	0.88	366 322
San Martín	Salinas, Orinoca	0.82	281 230
Quillacas	Tacagua, Orinoca, San Martín	0.89	276 246
Andamarca	Orinoca, San Martín, Pazña, Oruro	0.85	195 166
S. Jose Kala	Andamarca, San Martín, San José Alto	0.84	396 333
Corque	S. Jose Kala, Oruro San José Alto	0.81	449 364
Turco	San José Alto, Corque, Ulloma	0.83	489 406
Huachacalla	S. José Kala, Turco, Salinas	0.82	442 362
Cosapa	Turco, Ulloma, Huachacalla	0.84	385 323
Sajama	Cosapa, Charaña, Ulloma	0.88	327 288
Sacabaya	Cosapa, Sajama, Huachacalla	0.85	193 164
Coipasa	Huachacalla, Salinas	0.80	214 171
Todos Santos	Sacabaya, Huachacalla, Coipasa	0.82	280 230

ANALISIS DE PRECIPITACIONES EXTREMAS
PRECIPITACIONES MAXIMAS EN 24 HORAS

1.- **INTRODUCCION**

El presente documento atiende parcialmente al Item 3.3.3. de los términos de referencia en lo que concierne al:

- Análisis preliminar de precipitaciones extremas para 24 hrs. de duración , para definir los eventos de tormenta, en base a los registros diarios.
- Análisis regional de precipitaciones extremas en 24 hrs. y mapeamiento de isomáximas , para cada tiempo de retorno.

2.- **RECOPIACION DE LA INFORMACION**

Los registros originales seleccionados para el análisis de precipitaciones extremas, corresponden a 97 estaciones distribuidas en el sistema T.D.P.S.

Se debe indicar que se han considerado a estaciones clausuradas o en funcionamiento que disponen de longitudes de registros iguales o mayores a 10 años.

El cuadro 2.1 contiene las estaciones seleccionadas y resume el número de años de registros correspondientes para cada estación.

De los registros originales se seleccionaron para cada estación, los valores máximos de precipitación diaria a nivel mensual.

Estos valores fueron contrastados areal y temporalmente con estaciones vecinas , una vez validados se determinaron los máximos anuales.

Los resultados correspondientes a cada estación se resumen en la tabla "Precipitaciones Máximas Diarias" (Pag. N° 1) del anexo 12.1 (Estudios Hidrologicos), y en el Banco de Datos como "Precipitación Máxima Diaria".

3.- **TRATAMIENTO ESTADISTICO DE LA INFORMACION**

El tratamiento estadístico de las series correspondientes a cada estación, ha sido realizado de acuerdo a la siguiente metodología:

- Selección del valor máximo con el criterio de serie

CUADRO Nº 2.1 : ESTACIONES PLUVIOMETRICAS BASICAS - ANALISIS DE PRECIPITACIONES EXTREM .

COD.	ESTACION	Nº AÑOS
704	JULIACA	29
708	PUNO	27
761	LLALLY (*)	17
762	PAMPAHUTA	29
763	LAGUNILLAS	29
764	CHUQUIBAMBILLA	45
776	AYAVIRI	23
778	PROGRESO	25
779	LAMPA	31
780	CABANILLAS	26
781	AZANGARO (*)	24
782	ISLA LOS UROS	22
783	ARAPA	26
784	SALCEDO	50
785	MUNANI	21
786	HUANCANE	27
787	HUARAYA-MOHO	32
788	CAPACHICA	29
878	MAZU CRUZ	29
879	ILAVE	20
880	JULI	24
881	PIZACOMA	19
882	YUNGUYO	16
883	DESAGUADERO(PERU)	32
4380	COLINI (*)	18
7331	ATECATE (*)	11
7401	QUILLISANI (*)	25
7402	SANTA ROSA	16
7403	JARPANA (*)	18
7404	NUNOA	27
7407	ORURILLO	24
7408	PARATIA	22
7410	PUCARA	27
7411	MANAZO (*)	20
7412	UMAYO	27
7413	TARACO (PERU)	27
7414	CUTINA	31
7415	CRUCERO	25
7416	ISLA TAQUILE	34
7419	ANANEA	25
7420	ISLA SOTO	11
7421	COJATA	33
7425	CONIMA	23
8316	LARAQUERI	34
8320	VILACOTA	18
8326	CAPAZO	28
8327	CHALLAPALCA	23
8328	PAUCARANI	23
8329	CHILLIGUA	27
8330	CHUAPALCA	20

COD.	ESTACION	Nº AÑOS
ABA	ABAROA (*)	15
ACH	ACHIRI	15
AYO	AYO AYO	36
BER	BERENGUELA	11
CAL	CALACOTO	36
CCH	CONCHAMARCA	14
CHC	CHACALTAYA (*)	13
CHR	CHARANA	35
CHV	CHUNAVI ALTO	14
CNI	CONIRI	17
COL	COLLANA	17
COM	COMANCHE	22
COP	COPACABANA	39
COS	COSAPA	10
CRP	CORPAPUTO	17
ELA	EL ALTO LA PAZ	40
ELB	EL BELEM	31
ESC	ESCOMA (*)	18
ECU	ECUAFITUS (*)	28
DES	DESAGUADERO (BOL.)	17
GUA	GUAQUI (*)	24
HUAT	HUATAJATA	18
HUR	HUARINA COTA COTA	17
ICH	ICHUCOTA	15
IRP	IRPA CHICO	16
NAZ	NAZACARA	10
ORU	ORURO	47
PAT	PATACAMAYA	42
PAZ	PAZNA	23
PEN	PENAS	33
PIL	PILLAPI	14
PUA	PUERTO ACOSTA	18
SAC	SACABAYA	12
SAL	SALINAS DE G. M. (F)	29
SAM	SANTIAGO DE MACHACA	11
SAN	SAN ANDRES DE MACHACA	14
SIC	SICASICA	19
SJA	SAN JOSE ALTO	15
SOL	ISLA DEL SOL	11
SUC	SUCHEZ	15
TAC	TACAGUA	31
TAM	TAMBILLO	15
TAR	TARACO (BOL.)	12
TIA	TIAHUANACU	15
UMA	UMALA	12
UYU	UYUNI	12
VIA	VIACHA	21

(F) Estacion fuera del sistema TDPS

(*) Estacion paralizada

- Ordenamiento de los datos de la serie en forma descendente.
- Asignación del número relativo a cada dato.
- Determinación del período de recurrencia empírico para cada dato, sobre la base de la fórmula de ploteo propuesta por Hazen:

$$T = \frac{2n}{2m - 1} \quad (1)$$

Donde:

m = número de orden.

n = número de datos de la serie.

La relación fue adoptada por ser la más conveniente para el análisis de eventos extremos (máximas).

- Se graficaron los valores de recurrencia empíricos, a fin de compararlos con diferentes distribuciones teóricas hasta encontrar las curvas de mejor ajuste y que corresponden en la generalidad de los casos a la de Log-Pearson III.
- Sobre la base de la distribución teórica, se obtuvieron los valores máximos de precipitación para diferentes períodos de retorno.

El resumen del análisis estadístico, correspondiente a cada estación, se detalla en el Anexo 12.1 (Estudios Hidrológicos).

La tabla "Análisis Estadístico de Valores Extremos" (Pag. Nº 2), resume la asignación del número de orden, el período de recurrencia empírico y los estadísticos de los logaritmos de la serie.

La tabla "Distribución Teórica de Valores" (Pag. Nº 3) resume los valores generados para diferentes períodos de retorno.

El gráfico "Precipitación Máxima Diaria vs. Probabilidad de No Excedencia" muestra la bondad del ajuste de la distribución empírica respecto a la distribución teórica.

Se debe indicar que el Anexo 12.1 tiene como información complementaria, el análisis estadístico para las estaciones que no fueron seleccionadas para el estudio de precipitaciones máximas.

4.- **ANALISIS REGIONAL DE PRECIPITACIONES MAXIMAS EN 24 HORAS**

El desarrollo del análisis regional de precipitaciones máximas para el sistema T.D.P.S. considera las siguientes limitantes:

- La longitud de los registros históricos de las estaciones pluviométricas varía de 10 a 50 años.
- No existe un período relativamente largo y bien definido que contenga información simultánea para las estaciones pluviométricas.

Estas limitantes han determinado tener que utilizar los resultados generados para diferentes períodos de retorno en las estaciones seleccionadas y que están especificados en el Anexo 12.1 (Estudios Hidrológicos).

Se debe indicar que los resultados generados han servido de estimadores y definen las isomáximas para 5,10,25,50,100,500 y 1000 años de período de retorno.

Los estimadores que corresponden a estaciones con períodos largos de registro, son confiables; no así para las de menor longitud de registros.

4.1 **PRECIPITACIONES MAXIMAS EN 24 HORAS**

Los estimadores del Anexo 12.1 corresponden a las precipitaciones máximas en 1 día y han sido transformados a precipitaciones máximas en 24 horas utilizando el coeficiente de HERSHFIELD (1.13).

Los valores obtenidos están resumidos en el cuadro N° 4.1. y sirvieron de base para el mapeamiento de las isomáximas en escala 1:100.000.

Los planos EC-01, EC-02, EC-03, EC-04, EC-05, EC-06 y EC-07 corresponden a las isomáximas de 5, 10, 25, 50, 100, 500 y 1000 años de período de retorno.

Estos mapas contienen isomáximas con trazo continuo y discontinuo, diferenciación definida por la confiabilidad de los estimadores calculados con registros mayores a 15 años y los calculados con registros de 10 a 14 años respectivamente.

CUADRO N° 4.1 : PRECIPITACIONES MAXIMAS EN 24 HORAS (mm)

COD.	ESTACION	N° AÑOS	PERIODO DE RETORNO (Años)							
			5	10	25	50	100	500	1000	PMP (mm)
704	JULIACA	29	45	51	57	62	66	76	80	224
708	PUNO	27	51	58	65	71	76	88	94	248
761	LLALLY (*)	17	41	45	50	53	57	64	67	200
762	PAMPAHUTA	29	42	46	52	56	60	71	75	165
763	LAGUNILLAS	29	47	52	58	63	67	76	80	231
764	CHUQUIBAMBILLA	45	49	58	72	83	94	127	143	285
776	AYAVIRI	23	41	46	53	59	64	79	86	225
778	PROGRESO	25	39	44	50	54	58	68	72	198
779	LAMPA	31	53	61	71	78	85	102	109	265
780	CABANILLAS	26	42	47	53	57	61	70	73	195
781	AZANGARO (*)	24	48	57	69	78	87	110	120	310
782	ISLA LOS UROS	22	47	52	59	64	69	80	84	213
783	ARAPA	26	42	46	51	55	58	65	68	192
784	SALCEDO	50	47	53	60	64	69	79	84	223
785	MUNANI	21	42	47	53	57	61	69	73	198
786	HUANCANE	27	53	58	64	68	72	81	85	241
787	HUARAYA-MOHO	32	62	69	78	84	90	104	110	283
788	CAPACHICA	29	45	52	62	68	75	93	102	265
878	MAZO CRUZ	29	39	46	53	59	65	78	83	236
879	ILAVE	20	44	48	53	57	60	68	71	189
880	JULI	24	62	70	81	89	96	114	122	331
881	PIZACOMA	19	41	46	53	58	63	74	79	211
882	YUNGUYO	16	51	58	67	74	80	94	100	274
883	DESAGUADERO(PERU)	32	51	57	64	69	74	85	89	237
4380	COLINI (*)	18	40	45	52	56	60	70	74	209
7331	ATECATE (*)	11	48	54	62	67	72	84	89	296
7401	QUILLISANI (*)	25	50	57	65	70	76	88	93	238
7402	SANTA ROSA	16	49	54	60	64	68	76	80	195
7403	JARPANA (*)	18	49	54	61	65	69	79	83	209
7404	NUNOA	27	37	42	47	52	56	65	69	191
7407	ORURILLO	24	43	49	56	62	67	81	87	204
7408	PARATIA	22	55	66	79	90	100	127	140	316
7410	PUCARA	27	44	49	55	59	63	72	76	203
7411	MANAZO (*)	20	52	60	70	77	84	101	108	284
7412	UMAYO	27	48	53	59	64	68	78	82	200
7413	TARACO (PERU)	27	45	50	56	61	65	74	79	223
7414	PUTINA	31	46	51	56	58	61	65	67	229
7415	CRUCERO	25	57	65	74	81	88	103	109	261
7416	ISLA TAQUILE	34	73	84	97	107	116	138	147	348
7419	ANANEA	25	23	26	30	34	38	48	53	136
7420	ISLA SOTO	11	54	59	65	69	73	82	85	264
7421	COJATA	33	45	51	59	65	70	83	88	242
7425	CONIMA	23	48	55	63	70	76	90	97	263
8316	LARAQUERI	34	48	55	64	71	78	95	103	247
8320	VILACOTA	18	36	42	50	56	61	74	80	225
8326	CAPAZO	28	38	43	48	52	56	65	69	202
8327	CHALLAPALCA	23	34	43	55	65	75	100	112	232
8328	PAUCARANI	23	40	47	56	63	69	85	92	198
8329	CHILLIGUA	27	30	34	38	42	45	52	55	152
8330	CHUAPALCA	20	35	39	43	46	49	55	57	146

CUADRO N° 4.1 : PRECIPITACIONES MAXIMAS EN 24 HORAS (mm)

COD.	ESTACION	N° AÑOS	PERIODO DE RETORNO (Años)							PMP (mm)
			5	10	25	50	100	500	1000	
ABA	ABAROA (*)	15	34	37	41	44	46	52	54	152
ACH	ACHIRI	15	55	65	79	89	100	124	135	335
AYO	AYO AYO	36	33	38	43	47	51	60	64	189
BER	BERENGUELA	11	26	34	45	54	64	89	101	265
CAL	CALACOTO	36	39	45	53	59	65	78	84	200
CCH	CONCHAMARCA	14	39	44	51	55	60	71	75	201
CHC	CHACALTAYA (*)	13	37	47	59	68	78	103	115	267
CHR	CHARANA	35	33	39	47	52	58	71	77	176
CHV	CHUNAVI ALTO	14	26	28	30	32	33	36	37	58
CNI	CONIRI	17	57	68	81	90	100	123	134	320
COL	COLLANA	17	43	49	55	60	64	75	79	236
COM	COMANCHE	22	48	56	68	76	86	105	114	341
COP	COPACABANA	39	46	52	59	64	69	80	84	200
COS	COSAPA	10	36	40	46	50	54	63	67	228
CRP	CORPAPUTO	17	35	39	45	49	54	63	67	158
ELA	EL ALTO LA PAZ	40	41	48	52	57	61	71	76	215
ELB	EL BELEM	31	38	41	46	50	54	63	67	178
ESC	ESCOMA (*)	18	46	54	63	70	77	94	101	229
EUC	EUCALIPTUS (*)	23	39	44	51	56	61	73	77	209
DES	DESAGUADERO (BOL.)	17	49	57	67	74	81	97	104	275
GUA	GUAQUI (*)	24	35	43	54	62	71	93	103	230
HUAT	HUATAJATA	18	55	62	71	77	83	97	103	260
HUR	HUARINA COTA COTA	17	42	47	53	57	61	70	74	217
ICH	ICHUCOTA	15	34	38	42	45	48	54	57	164
IRP	IRPA CHICO	16	32	34	37	39	41	45	47	129
NAZ	NAZACARA	10	43	49	55	60	65	76	80	245
ORU	ORURO	47	39	45	53	59	65	78	73	264
PAT	PATACAMAYA	42	32	35	39	41	43	49	51	127
PAZ	PAZNA	23	57	68	83	94	105	133	145	352
PEN	PENAS	33	49	59	70	79	88	109	118	309
PIL	PILLAPI	14	44	51	61	68	74	91	98	259
PUA	PUERTO ACOSTA	18	50	55	61	65	70	79	83	235
SAC	SACABAYA	12	36	49	70	88	108	162	190	281
SAL	SALINAS DE G. M. (F)	29	42	58	80	99	120	177	206	314
SAM	SANTIAGO DE MACHACA	11	41	47	53	58	63	74	79	244
SAN	SAN ANDRES DE MACHACA	14	42	47	53	57	62	71	75	217
SIC	SICASICA	19	40	47	56	63	70	86	93	160
SJA	SAN JOSE ALTO	15	44	53	65	74	83	105	115	290
SOL	ISLA DEL SOL	11	76	98	128	153	179	247	279	580
SUC	SUCHEZ	15	37	43	51	56	62	74	80	138
TAC	TACAGUA	31	41	47	54	59	65	77	82	246
TAM	TAMBILLO	15	38	43	48	52	56	64	67	195
TAR	TARACO (BOL.)	12	59	67	77	84	90	106	112	368
TIA	TIAHUANACU	15	45	51	60	66	72	86	92	221
UMA	UMALA	12	35	40	46	51	56	67	72	195
UYU	UYUNI	12	34	42	52	60	68	89	98	247
VIA	VIACHA	21	36	41	47	51	55	64	68	202

(F) Estación fuera del sistema TDPS.

(*) Estación clausurada.

4.2. CARACTERIZACION REGIONAL

Los rasgos generales que caracterizan las isomáximas de 24 horas a nivel regional, son los siguientes:

- Los centros de altas precipitaciones se ubican en las zonas ribereñas del lago Titicaca, dentro del Lago, Crucero y Paratia.
- Los centros de bajas precipitaciones se dan en Juliaca, Chilligua, Progreso, Ananea y Putina.
- La zona de influencia al eje Achiri - Lago Poopó, es de alta precipitación.
- Las zonas de Sajama y Jesús de Machaca son de baja precipitación.

En el cuadro Nº 4.2 se resume los órdenes de magnitud de las isomáximas para 24 horas de duración en las cuencas principales del Sistema Hidrológico.

Los órdenes de magnitud indican el rango de variación de las isomáximas para diferentes períodos de retorno.

4.3 PRECIPITACION MAXIMA PROBABLE

Los valores de la PMP presentan una envolvente maximizada de las precipitaciones máximas de 24 horas, a través del método estadístico de HERSHFIELD (1961-1965):

$$PMP_{24} = \bar{P} + K S_n$$

PMP_{24} = máxima precipitación probable en 24 horas

\bar{P} = media de las máximas anual de la serie histórica

S_n = desvío estándar de las máximas anuales de la serie histórica.

K = constante igual a 15

Ajustes para \bar{P} y S_n propone Hershfield, aunque estos no deberán alterar los resultados más allá de un 5% a 10%

El cuadro Nº 4.1. resume los valores de las precipitaciones máximas probables en cada estación y el plano E.C. 08 describe la distribución espacial de

isolíneas de igual P.M.P. en el sistema T.D.P.S.

La obtención de estas isolíneas tuvo como principal limitante series cortas de registros, por lo que se reitera el carácter de estimador a los valores cuantificados para las estaciones.

Los rasgos regionales generales de la precipitación máxima probable, son los mismos que para los de 24 horas y el orden de magnitud para las isomáximas características se resumen en el cuadro N° 4.3.



CUADRO N° 4.2 : ORDEN DE MAGNITUD PARA ISOMAXIMAS CARACTERISTICAS, DURACION : 24 Hrs. (En mm)

CUENCA	PERIODO DE RETORNO						
	5	10	25	50	100	500	1000
RIO RAMIS	23 - 65	26 - 75	30 - 75	34 - 85	38 - 95	48 - 115	53 - 150
RIO COATA	30 - 65	40 - 75	40 - 85	50 - 95	50 - 105	60 - 125	60 - 150
RIO HUANCANE	40 - 55	40 - 65	40 - 65	50 - 75	50 - 75	60 - 95	60 - 105
RIO ILAVE	25 - 60	34 - 65	38 - 75	42 - 75	45 - 85	52 - 95	56 - 105
RIO MAURI	30 - 60	37 - 65	40 - 80	50 - 90	50 - 100	60 - 120	60 - 140
ALTO DESAGUADERO	30 - 50	40 - 60	40 - 70	50 - 70	60 - 80	70 - 90	70 - 100
MEDIO DESAGUADERO	30 - 60	35 - 70	40 - 85	70 - 90	70 - 100	70 - 140	90 - 160
LAGO TITICACA	50 - 70	50 - 80	60 - 100	70 - 110	70 - 120	80 - 140	90 - 150
CUENCA LAGO POOPO	30 - 60	50 - 70	50 - 85	50 - 90	60 - 90	70-120	80 - 130
CUENCA SALARES	30 - 60	37 - 70	45-80	50 - 95	60 - 110	70 - 145	80 - 160

CUADRO N° 4.3 : ORDEN DE MAGNITUD PARA LAS PMP'S CARACTERISTICAS (VALORES EN mm)

CUENCA	R. RAMIS	R. COATA	R. HUANCANE	R. ILAVE	R. MAURI	DESAGUADERO		L. TITICACA	L. POOPO	SALARES
						ALTO	MEDIO			
PMP	200 - 300	200 - 300	200 - 250	200 - 250	150 - 350	200 - 250	150 - 350	250 - 350	250 - 350	250 - 350

5. **ASIMETRIA REGIONAL**

Los coeficientes de asimetría muestrales de los logaritmos de las precipitaciones máximas en 24 Hrs. correspondientes a cada estación pluviométrica, son estimadores que agrupan a las estaciones para regionalizarlas.

Los valores de asimetrías muestrales que se resumen en el cuadro N° 5.1, corresponden a las curvas de mejor ajuste en la distribución teórica Log. PEARSON III. La figura N° 5.1. define arealmente las asimetrías regionales del sistema T.D.P.S.

Se debe reiterar que la confiabilidad del análisis está en función de la longitud de las series muestrales, por lo tanto la asimetría regional obtenida, refleja solamente rasgos de las asimetrías reales.

La extensión de las series registradas, resulta insuficiente para obtener estimadores viables de un momento estadístico de tercer orden, por lo que los resultados obtenidos muestran gran heterogeneidad, reflejo no tanto de rasgos pluviométricos reales como de la diferente longitud y período de observación de los pluviómetros.

En consecuencia y a la espera de que el volumen de datos disponibles aumente y permita una mejor definición de la asimetría regional, se ha realizado el estudio estadístico considerando por defecto una distribución LOG NORMAL. Solo en sectores concretos en que los registros evidenciaban que esta hipótesis no era asumible, se ha impuesto un coeficiente de asimetría distinto de cero, y se ha utilizado la distribución LOG-PEARSON.

CUADRO Nº 5.1 : ASIMETRIA REGIONAL (DE ASIMETRIAS MUESTRALES SP - P. MAX 24 HRS)

COD.	ESTACION	Nº AÑOS	Sp
704	JULIACA	29	0
708	PUNO	27	0
761	LLALLY (*)	17	0.7
762	PAMPAHUTA	29	0.7
763	LAGUNILLAS	29	0.7
764	CHUQUIBAMBILLA	45	0.7
776	AYAVIRI	23	0.7
778	PROGRESO	25	0
779	LAMPA	31	0.7
780	CABANILLAS	26	0.7
781	AZANGARO (*)	24	0
782	ISLA LOS UROS	22	0
783	ARAPA	26	0
784	SALCEDO	50	0
785	MUNANI	21	0
786	HUANCANE	27	-0.7
787	HUARAYA-MOHO	32	0
788	CAPACHICA	29	0.7
878	MAZO CRUZ	29	0
879	ILAVE	20	-0.6
880	JULI	24	0.7
881	PIZACOMA	19	-0.6
882	YUNGUYO	16	0.7
883	DESAGUADERO(PERU)	32	0
4380	COLINI (*)	18	0.7
7331	ATECATE (*)	11	0.7
7401	QUILLISANI (*)	25	0.7
7402	SANTA ROSA	16	0.7
7403	JARPANA (*)	18	0.7
7404	NUNOA	27	0
7407	ORURILLO	24	0
7408	PARATIA	22	0.7
7410	PUCARA	27	0
7411	MANAZO (*)	20	0.7
7412	UMAYO	27	0.7
7413	TARACO (PERU)	27	0.7
7414	PUTINA	31	-0.7
7415	CRUCERO	25	-0.7
7416	ISLA TAQUILE	34	0.7
7419	ANANEA	25	0.5
7420	ISLA SOTO	11	0.7
7421	COJATA	33	0.7
7425	CONIMA	23	0.7
8316	LARAQUERI	34	0.7
8320	VILACOTA	18	0
8326	CAPAZO	28	0
8327	CHALLAPALCA	23	-0.6
8328	PAUCARANI	23	0
8329	CHILLIGUA	27	-0.6
8330	CHUAPALCA	20	0

COD.	ESTACION	Nº AÑOS	Sp
ABA	ABAROA (*)	15	0.7
ACH	ACHIRI	15	1.2
AYO	AYO AYO	36	1.2
BER	BERENGUELA	11	0
CAL	CALACOTO	36	0.7
CCH	CONCHAMARCA	14	0
CHC	CHACALTAYA (*)	13	0
CHR	CHARANA	35	-0.8
CHV	CHUNAVI ALTO	14	0.7
CNI	CONIRI	17	0
COL	COLLANA	17	0
COM	COMANCHE	22	1.2
COP	COPACABANA	39	0.7
COS	COSAPA	10	0
CRP	CORPAPUTO	17	1.5
ELA	EL ALTO LA PAZ	40	0
ELB	EL BELEM	31	0.7
ESC	ESCOMA (*)	18	1.5
EUC	EUCALIPTUS (*)	23	0
DES	DESAGUADERO (BOL.)	17	0
GUA	GUAQUI (*)	24	0.7
HUAT	HUATAJATA	18	0.7
HUR	HUARINA COTA COTA	17	0
ICH	ICHUCOTA	15	0
IRP	IRPA CHICO	16	0
NAZ	NAZACARA	10	0.7
ORU	ORURO	47	0
PAT	PATACAMAYA	42	0
PAZ	PAZNA	23	0
PEN	PENAS	33	0.7
PIL	PILLAPI	14	0.7
PUA	PUERTO ACOSTA	18	0
SAC	SACABAYA	12	-0.8
SAL	SALINAS DE G. M. (F)	29	-1.1
SAM	SANTIAGO DE MACHAC	11	0.7
SAN	SAN ANDRES DE MACH	14	0.7
SIC	SICASICA	19	0.7
SJA	SAN JOSE ALTO	15	0
SOL	ISLA DEL SOL	11	0
SUC	SUCHEZ	15	1.5
TAC	TACAGUA	31	0
TAM	TAMBILLO	15	0.7
TAR	TARACO (BOL.)	12	0
TIA	TIAHUANACU	15	0.7
UMA	UMALA	12	0
UYU	UYUNI	12	-0.8
VIA	VIACHA	21	0

(F) Estacion fuera del sistema TDPS

(*) Estacion paralizada

FIGURA 5.1 ASIMETRÍAS REGIONALES (S_{φ}) - SISTEMA T.D.P.S.
(PARA ASIMETRÍAS MUESTRALES RMAX. 24 HRS.)

