



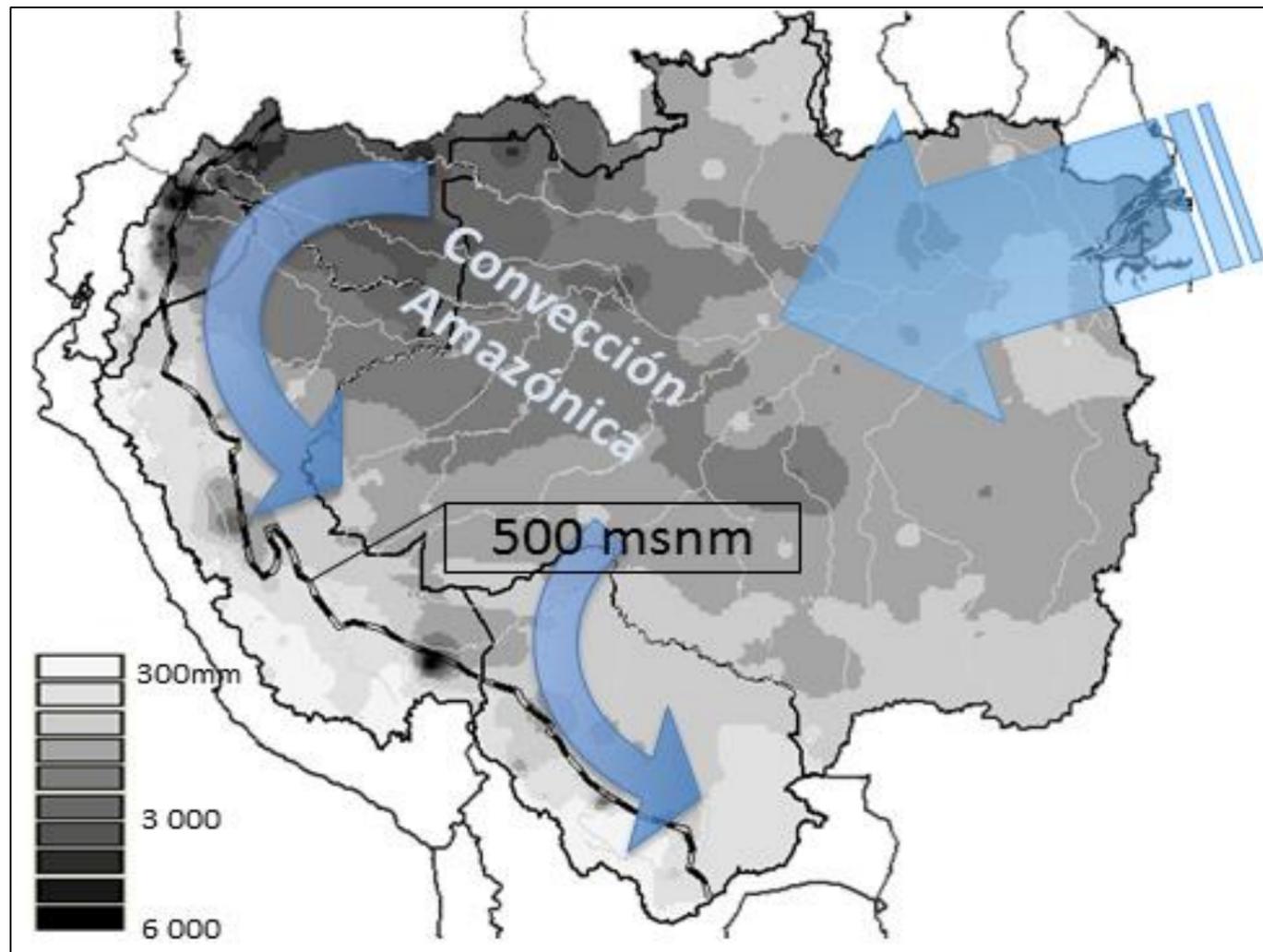
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICO**



**ESTIMACIÓN DE ESCORRENTÍA MEDIA ANUAL EN LA
CUENCA ANDINA AMAZÓNICA, INCORPORANDO
TIPOS DE VEGETACIÓN EN MODELO BUDYKO**

**ING. AGR. ÁNGEL LUNA ROMERO MG SC
DR. WALDO LAVADO CASIMIRO**

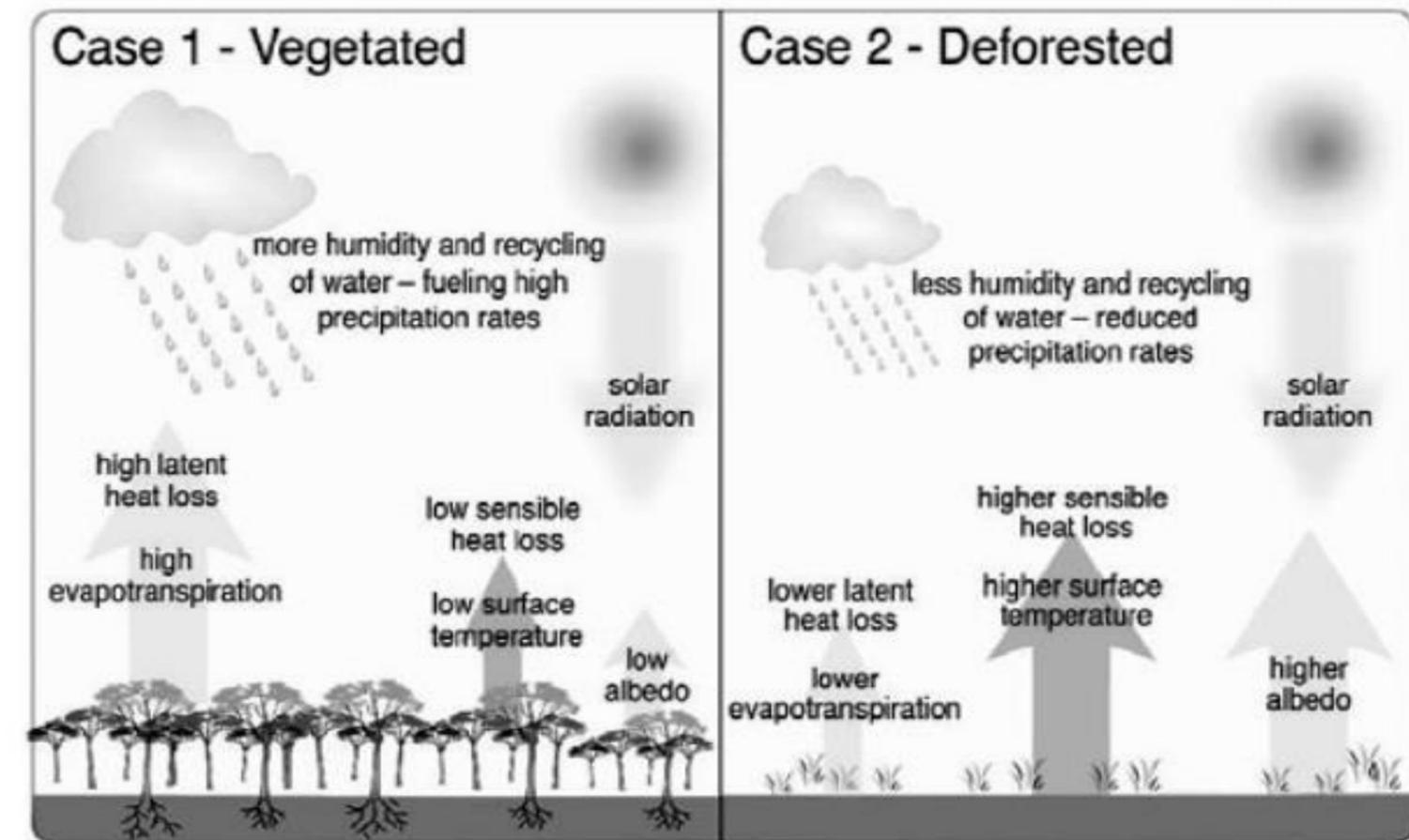
EL BALANCE HÍDRICO Y LA VEGETACIÓN



Tomado de Espinoza et al., 2009

- El balance hídrico proporciona un marco de estudio, y es útil para evaluar los cambios en el particionamiento de la precipitación (Zhang et al., 2001).

- Los cambios de uso del suelo debido a una deforestación a gran escala, pueden producir una variación negativa en la P (calor latente), y hacia el cambio positivo en la temperatura superficial (Marengo, 2006).

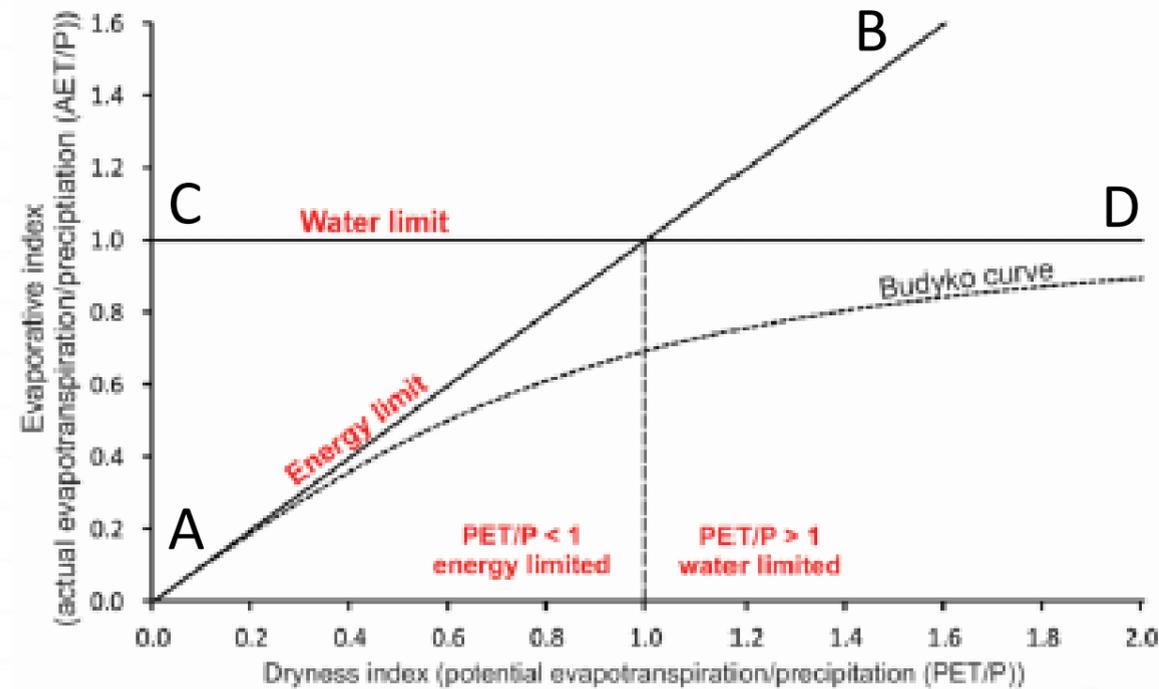


Tomado de Foley et al., 2003

CURVA DE BUDYKO

VERTICAL deviations
change in partitioning
between ET and Q

Less runoff



Warmer, drier

HORIZONTAL deviations
change in the climatic conditions

- Budyko observó que en algunas regiones, la E se aproxima a la P ($E/P \rightarrow 1$), donde la energía (R_n) entrante a la superficie (medida por la E_p) excede en gran medida la cantidad necesaria para vaporizar la P ($E_p/P \rightarrow \infty$, segmento CD). En cambio, cuando la entrada de energía es una pequeña fracción de la cantidad necesaria, la E se aproxima a la E_p ($E_p/P \rightarrow 0$, segmento AB).

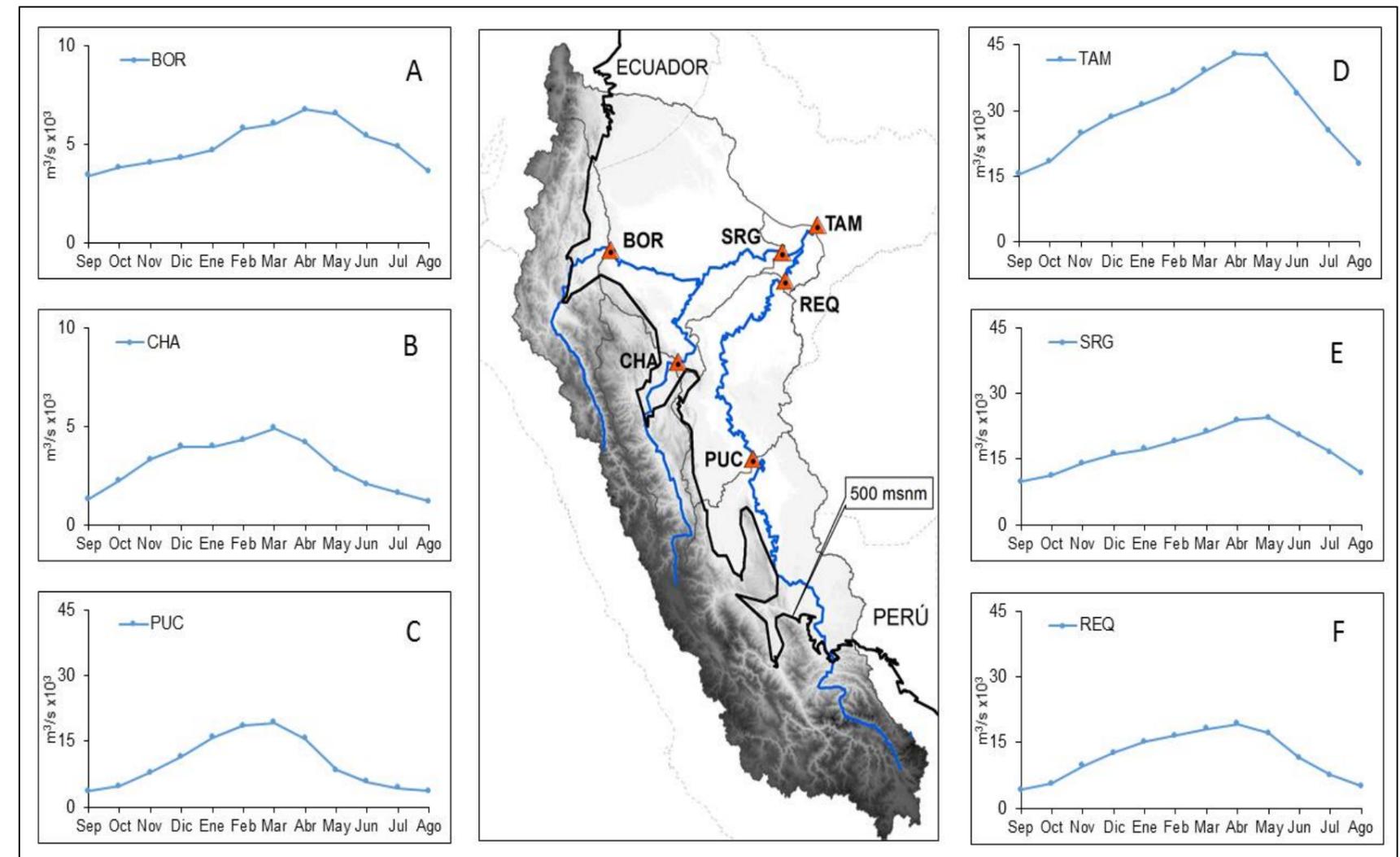
Caudales observados

- Los caudales se obtuvieron del observatorio ORE – HYBAM (Hidrogeodinámica de la Cuenca Amazónica) a escala mensual. Como se detalla en el siguiente Cuadro.

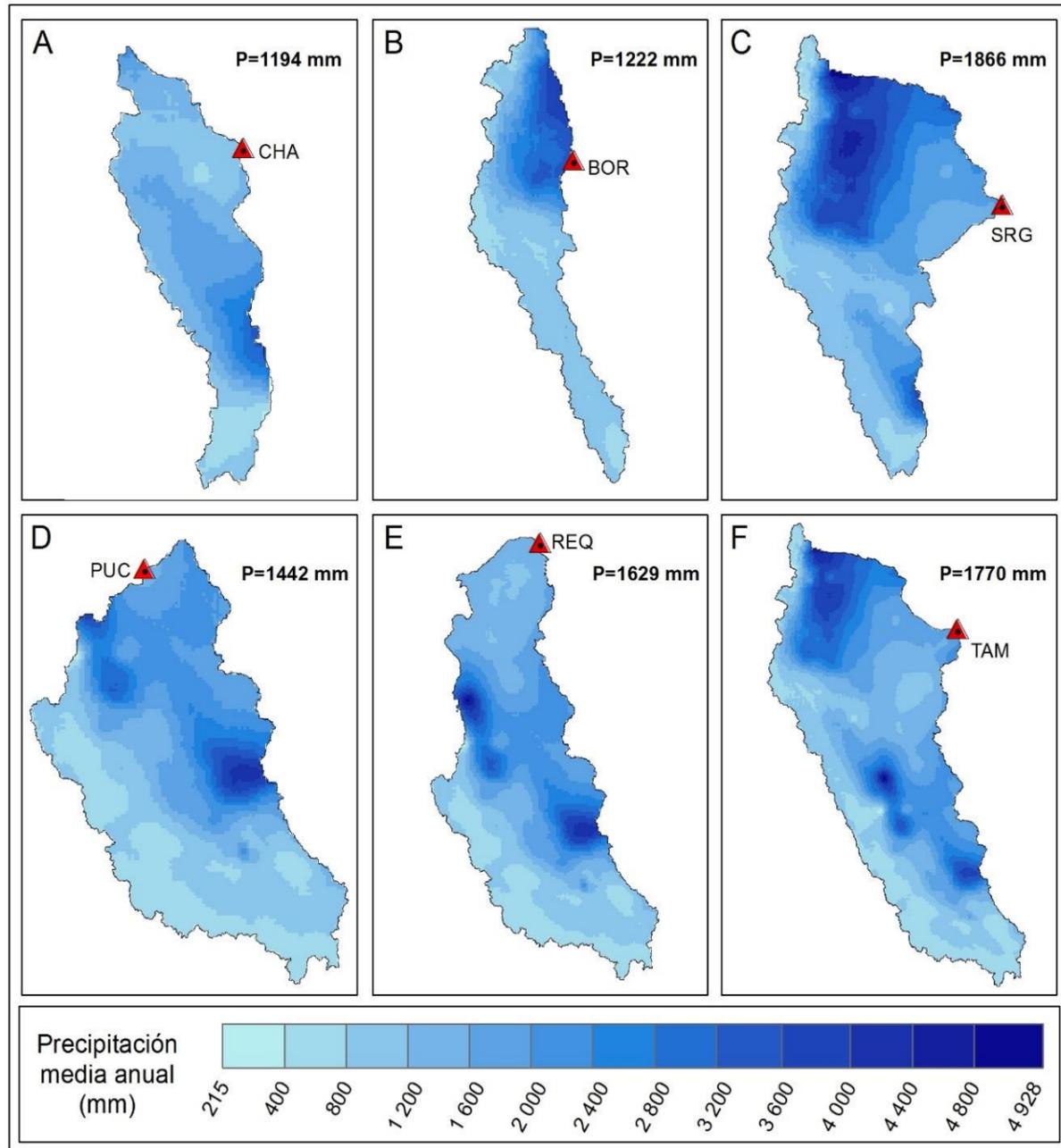
Cuadro 1. Estaciones en la Cuenca Andino Amazónica

Estación	Código	Rio	Latitud	Longitud	Área (km ²)	Serie Temporal
Tamshiyacu	TAM	Amazonas	-4.00	-73.16	726 400	1985-2010
Requena	REQ	Ucayali	-5.04	-73.84	315 544	1999-2010
Pucallpa	PUC	Ucayali	-8.39	-74.53	260 541	2000-2010
Chazuta	CHA	Huallaga	-6.57	-76.12	68 625	2000-2010
Borja	BOR	Marañón	-4.47	-77.55	114 983	1992-2010
San Regis	SRG	Marañón	-4.51	-73.91	356 198	2000-2010

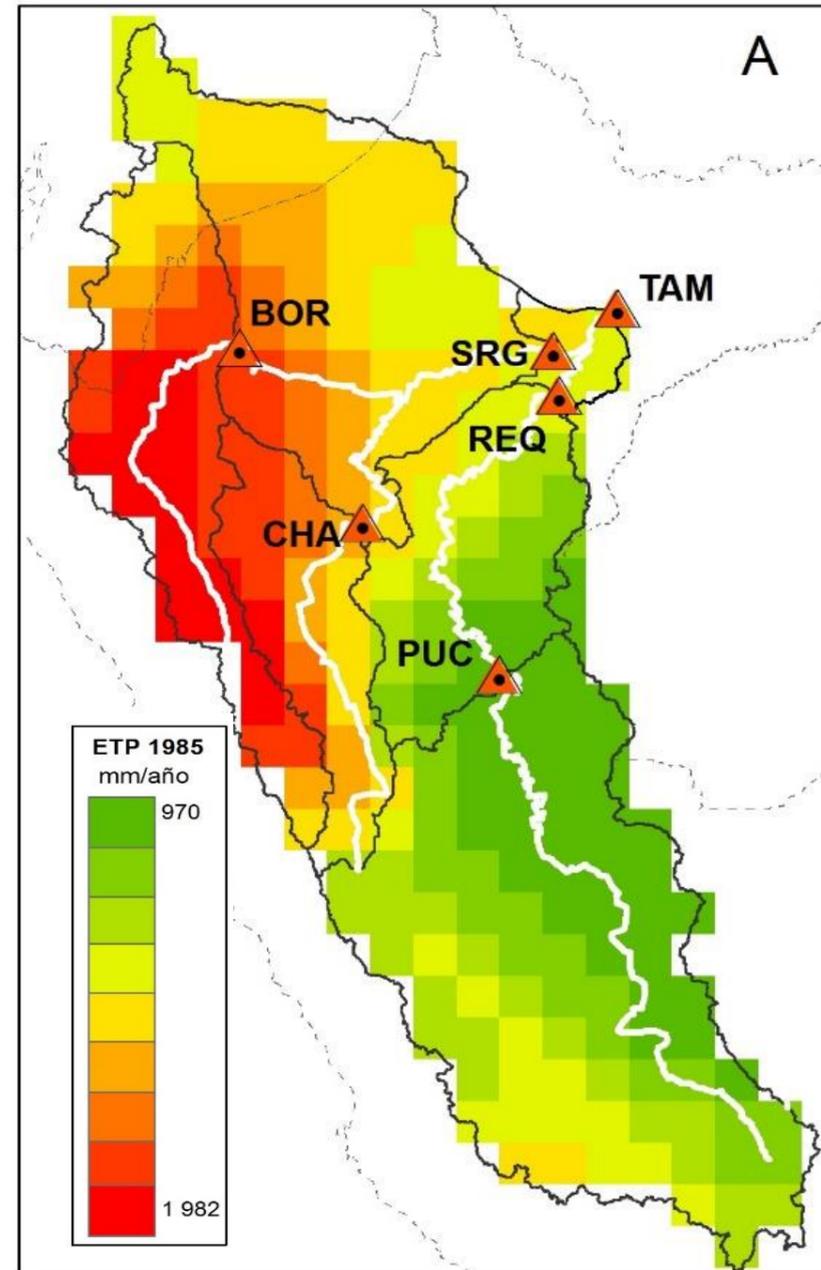
Fuente: Observatorio ORE-HYBAM (2014)



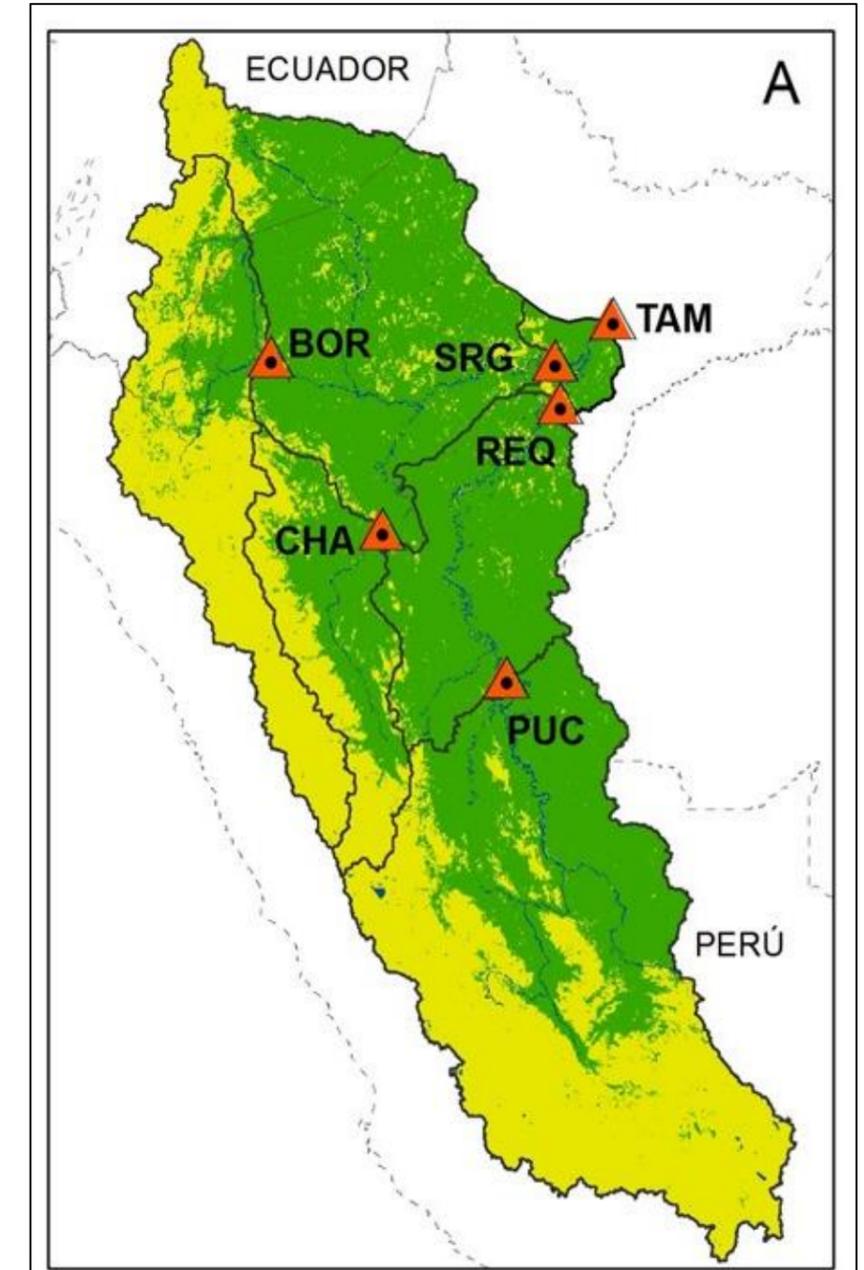
Información de entrada



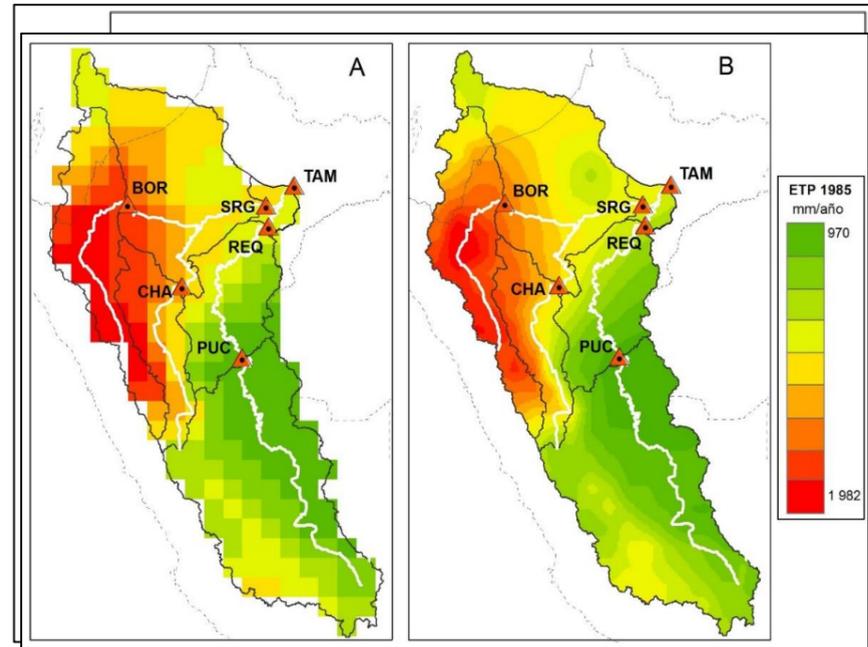
Precipitación media anual (PMA)



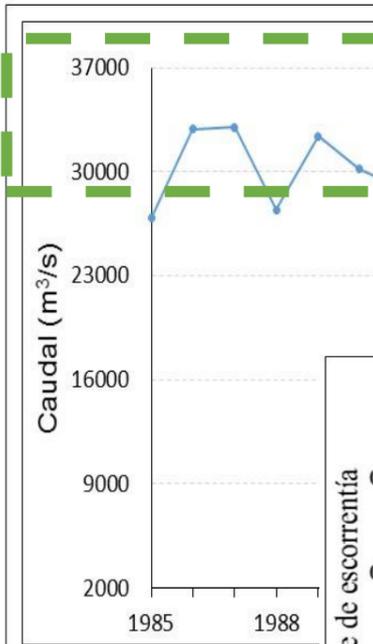
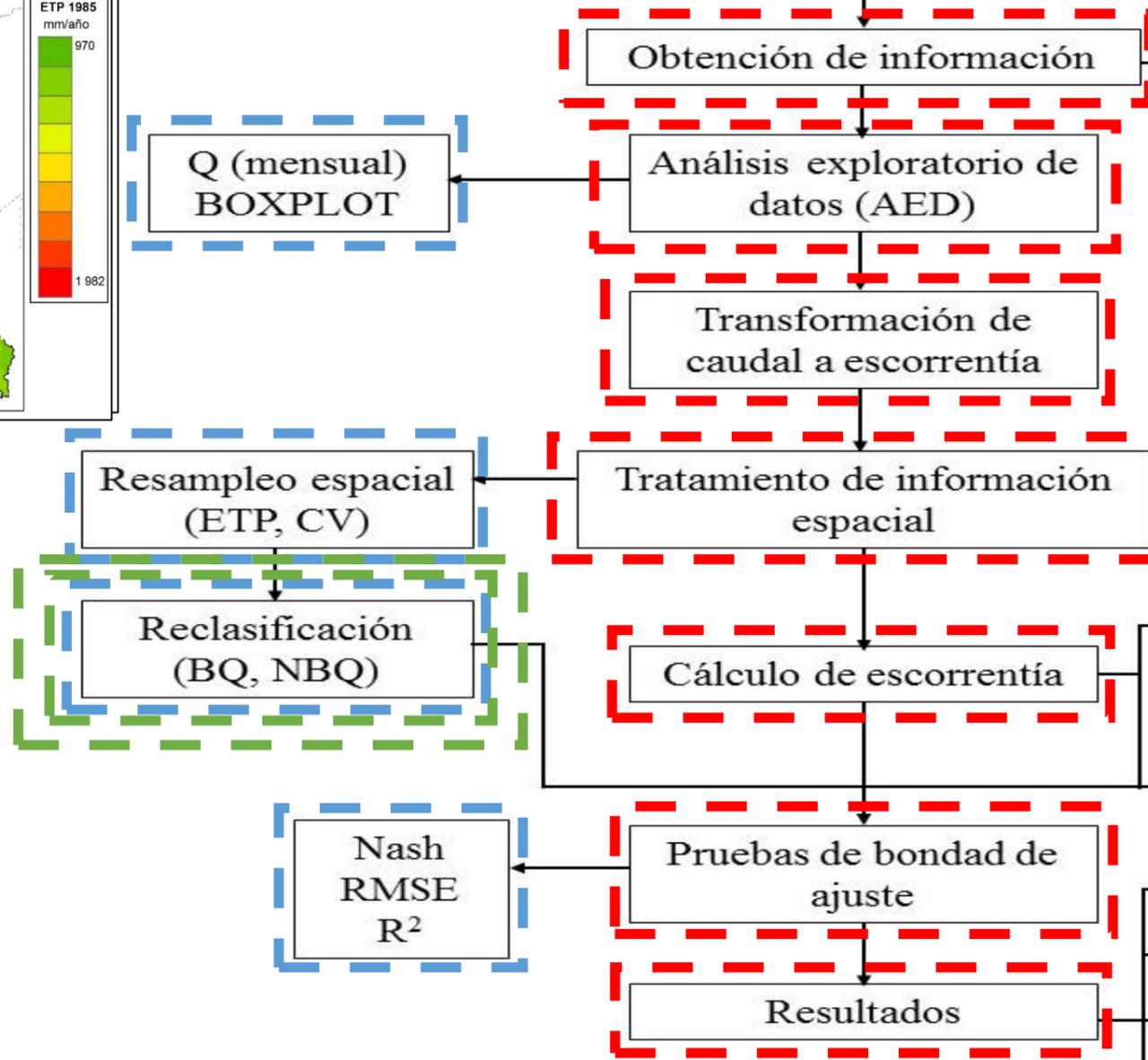
Evapotranspiración potencial anual (ETP)



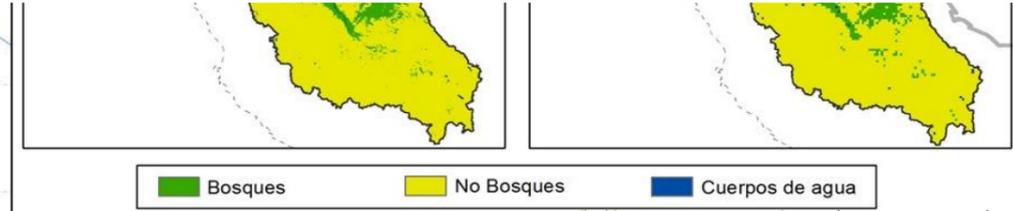
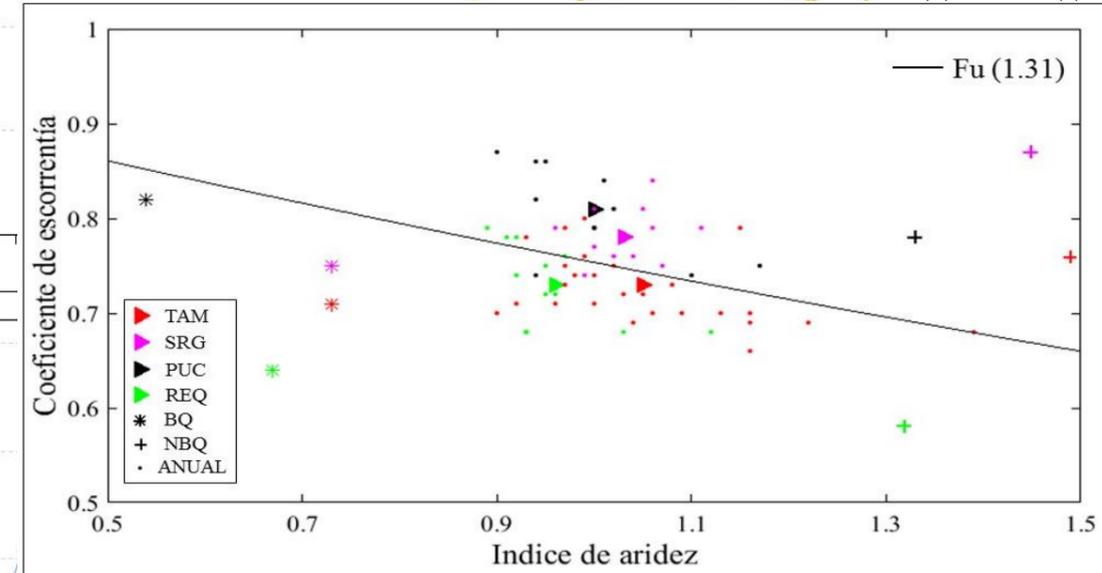
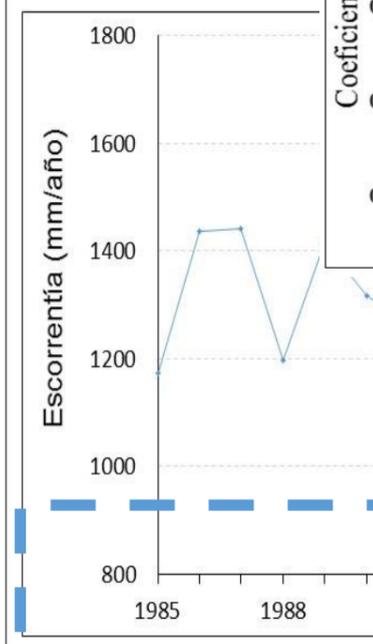
Cobertura vegetal reclasificada



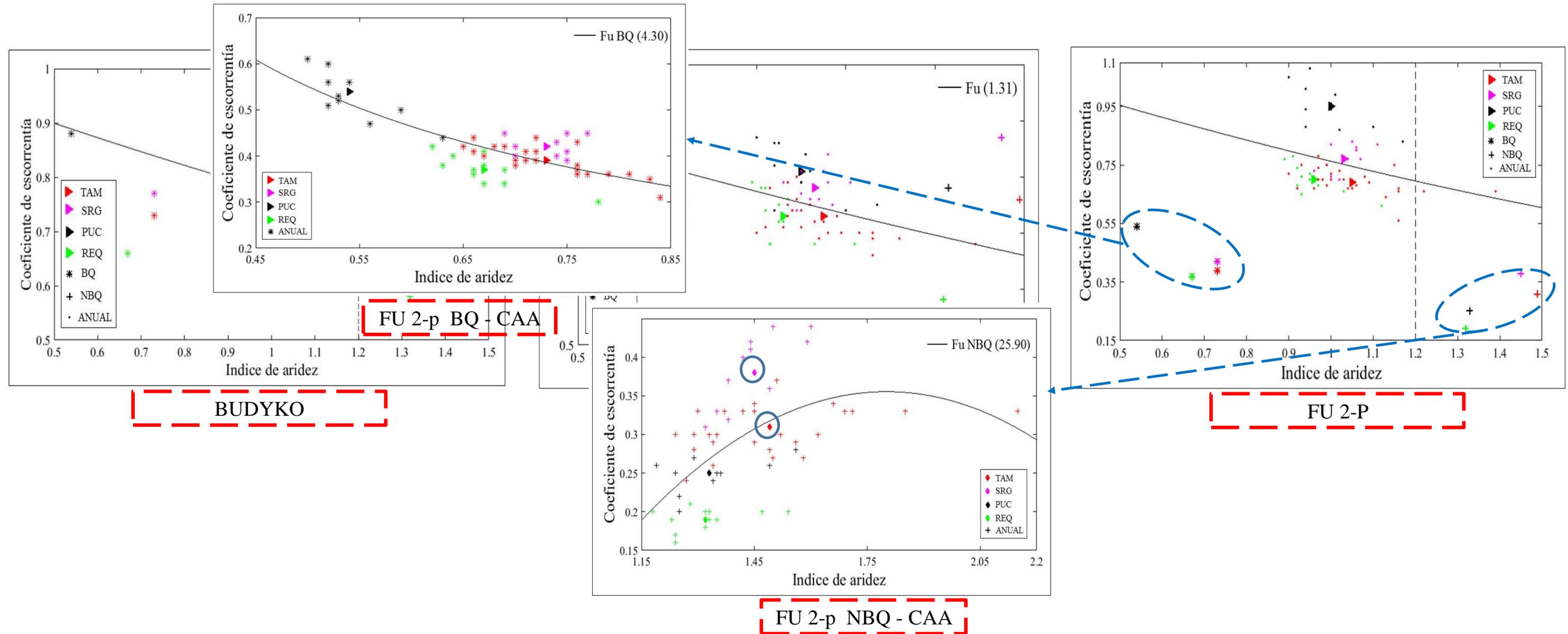
Estimación de escorrentía media anual en la CAA, incorporando tipos de vegetación en modelo Budyko



Estación	Área (km²)	Coberturas (%)			Área (km²)	
		BQ	NBQ	CA	BQ	NBQ
BOR	114 983	21.76	77.36	0.88	25 019.02	88 959.34
CHA	68 625	53.44	45.93	0.63	36 675.89	31 515.18
SRG	356 198	57.58	41.28	1.14	205 098.81	147 038.53
PUC	260 541	41.26	57.31	1.43	107 499.22	149 316.05
REQ	315 544	54.58	43.72	1.70	172 223.92	137 955.84
TAM	726 400	56.63	41.89	1.48	411 360.32	304 288.96

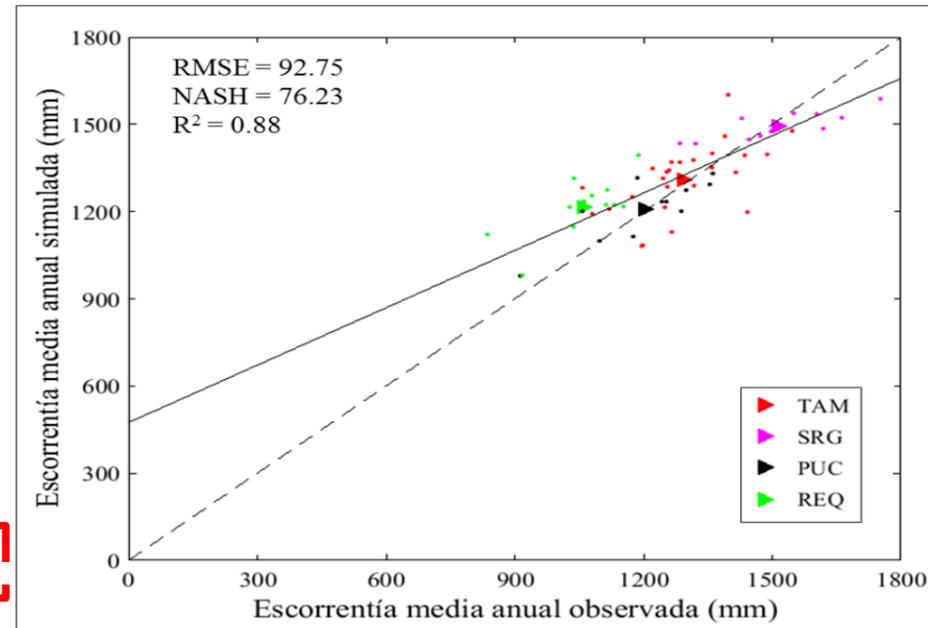


4.2 CURVAS DE MODELOS

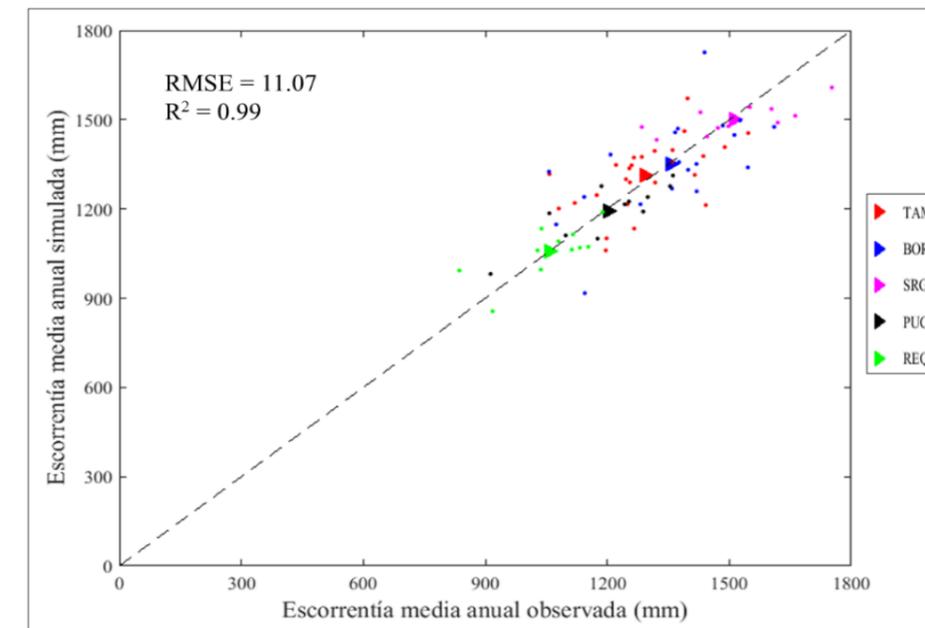


4.6 REGRESIÓN LINEAL DE LOS MODELOS

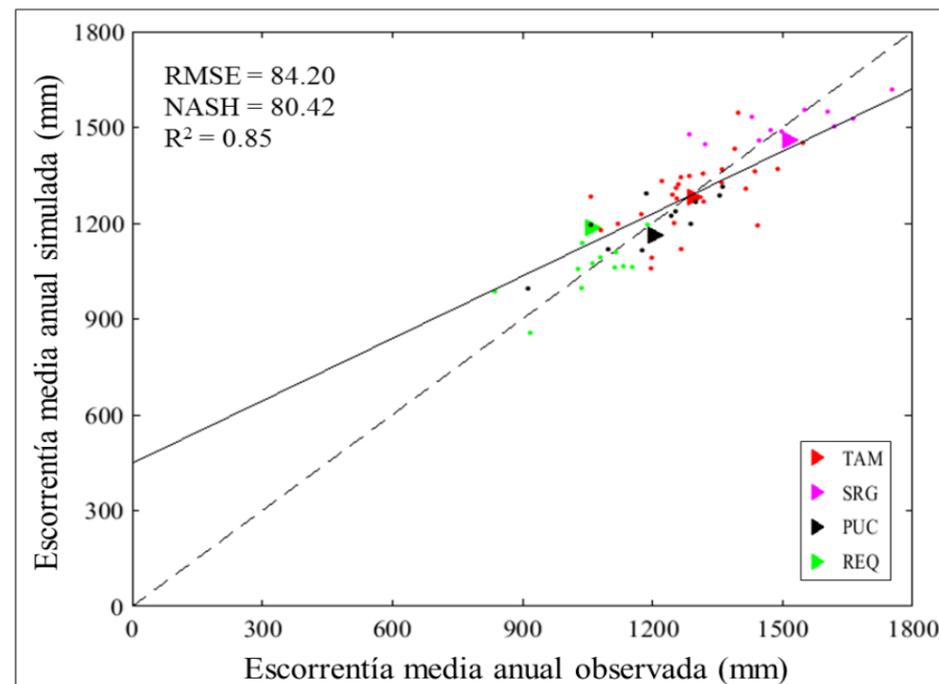
BUDYKO



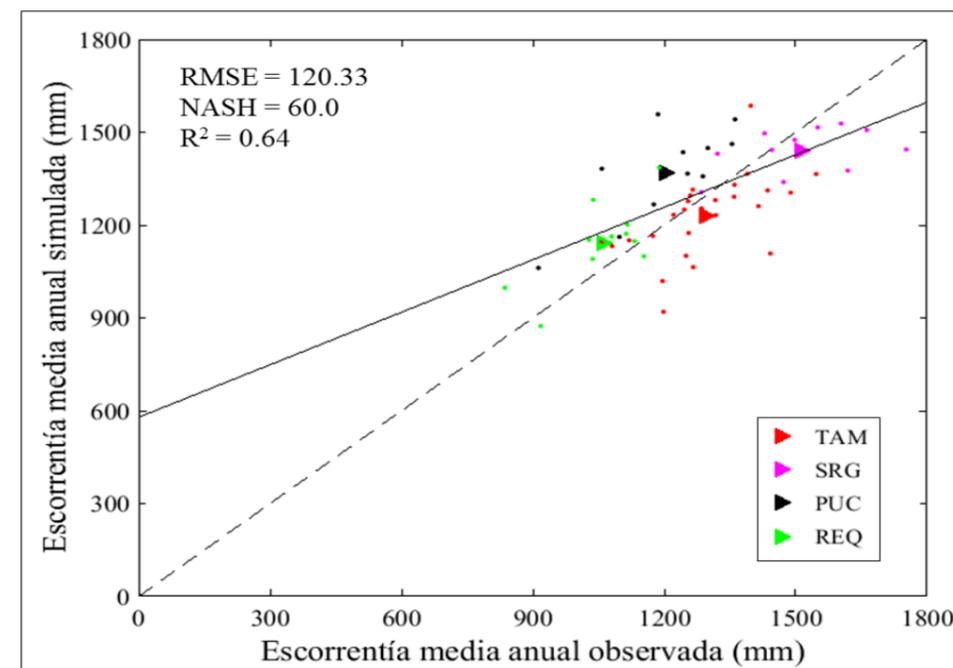
GR1A



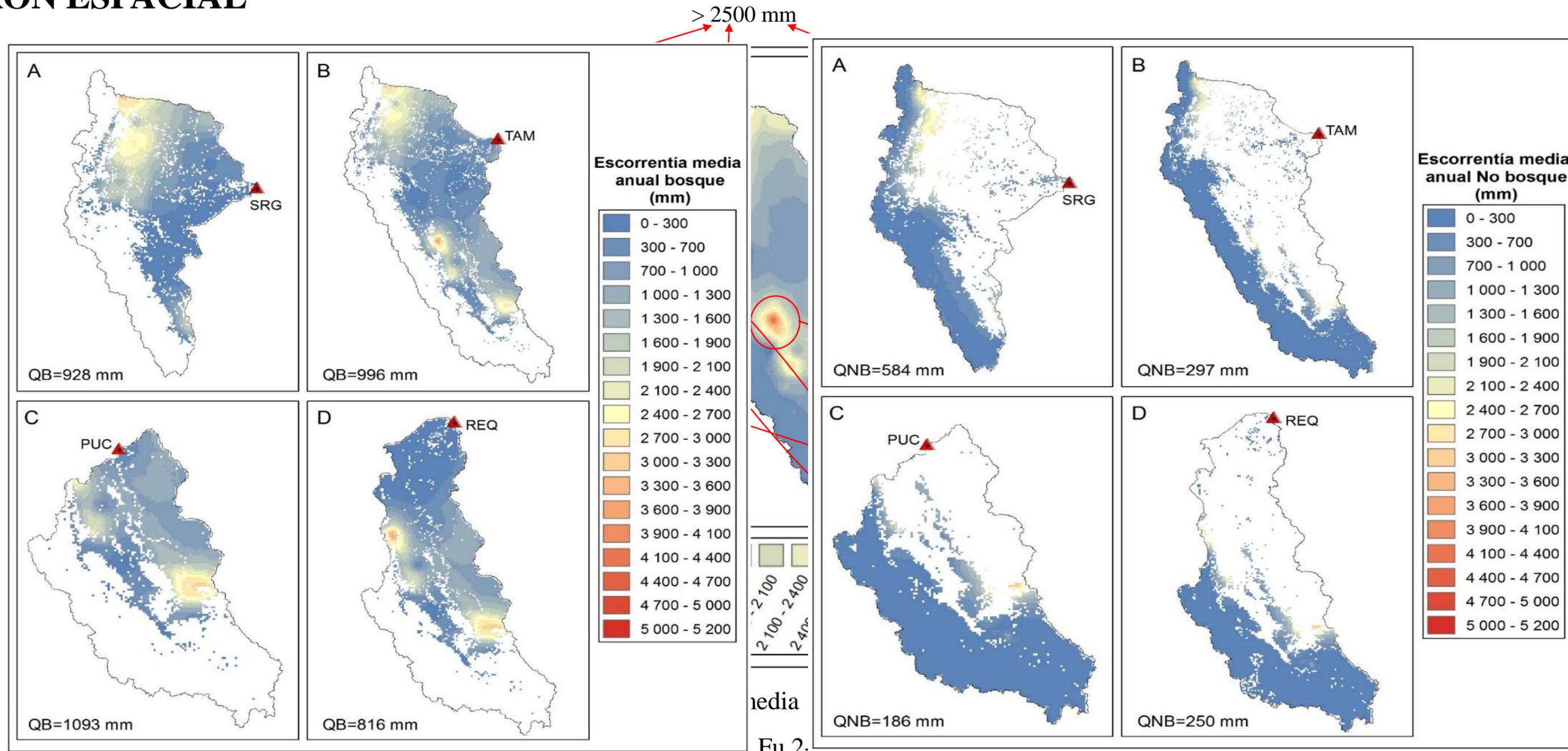
FU 1-P



FU 2-P



4.7 PATRON ESPACIAL



- Se concluye que existe una mayor eficiencia utilizando Fu 1-p, resaltándose que para la evaluación de los resultados se utilizó solamente SRG, PUC, REQ y TAM, cuencas con una superficie mayor a los 250 000km². La curva que se ajusta del coeficiente de escorrentía (CQ) frente el índice de aridez (IA) para Fu 1-p es similar al modelo Budyko, destacándose la notable robustez de la ecuación universal de Budyko (no paramétrica).
- Fu 2-p que incluye la cobertura vegetal a través del parámetro α , presenta la menor eficiencia, pero mejora la estimación de la QMA en la zona de NBQ, esquematizando que el menor escurrimiento se genera en NBQ, incongruencia que se presentó en los dos modelos anteriores. Se destaca la importancia de representar la información sobre el plano adimensional del CQ y el IA, permitiendo evaluar la consistencia de los resultados y la información de entrada.
- El modelo GR1A, se realizó la calibración y optimización del parámetro X, CHA se descartó por presentar valores negativos de Nash, presentó una mejor eficiencia en SRG (40.51%), REQ (51.08%) y PUC (69.10%). Los resultados obtenidos con el GR1A son parecidos a Fu 1-p, pero el modelo Fu 1-p, al igual que Budyko, estima la QMA directamente utilizando como data de entrada la PMA y la ETPMA, mientras el GR1A primero estima a paso anual y posteriormente se calcula la QMA.
- La estimación de escorrentía en la cobertura de NBQ presenta un comportamiento distinto del modelo Fu 2-p con respecto a los demás modelos, área que coincide siendo la región andina la cual sigue siendo una zona difícil de monitorear los datos climáticos debido al relieve y la presencia de nubosidad.

MUCHAS GRACIAS