

# PROPUESTA DE PROYECTO DE PLAN HIDROLÓGICO DE LA PARTE ESPAÑOLA DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL TAJO

Revisión de tercer ciclo (2022-2027)

Apéndice 2. Metodología ajuste SIMPA

ANEJO Nº2.

Inventario de recursos hídricos

Abril 2022

Confederación Hidrográfica del Tajo O.A.





## Índice

<b>1</b>	<b>Introducción</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Series restituidas al régimen natural</b> .....	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Modelo SIMPA</b> .....	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Modelo SIMPA ajustado</b> .....	<b>12</b>
4.1	Metodología de cálculo.....	13
4.1.1	Cálculo de series “ajustadas acumuladas” .....	13
4.1.2	Distribución de errores acumulados en cuencas parciales de aforo. Cálculo de series “corregidas acumuladas” .....	14
4.1.3	Cálculo de series “propuestas” .....	16
4.1.4	Extensión al conjunto de la cuenca.....	18
4.2	Índice de contraste.....	18
4.3	SIMPA ajustado vs SIMPA.....	23

## Índice de figuras

Figura 1 Cuenca, red hídrica, sistemas de explotación, estaciones ROEA restituidas y no restituidas .....	6
Figura 2 Ecuaciones de los índices de error PBIAS y CE .....	7
Figura 3 PBIAS (SIMPA vs Restitución) en las estaciones restituidas .....	11
Figura 4 CE (SIMPA vs Restitución) en las estaciones restituidas .....	11
Figura 5 Ajuste lineal por mínimos cuadrados de series acumuladas para el mes de mayo en la Estación 3082 de Orusco en el Tajuña. $a = 0,448$ y $b = 2,947$ .....	14
Figura 6. Esquema de tres cuencas aforadas .....	14
Figuras 7 y 8: Estaciones en la cuenca de Alberche. Cuenca parcial de la estación 3112 y aportación media mensual .....	15
Figura 9 Aportación media mensual “ajustada” en la cuenca parcial de la estación 3112 .....	16
Figura 10 Ajuste lineal por mínimos cuadrados de series parciales para el mes de mayo en la Estación 3082 de Orusco en el Tajuña. $A_{3082\_5p} = 0,1912$ y $B_{3082\_5p} = 0,999$ .....	17
Figura 11. Series parciales SIMPA, restituida y ajustada en el periodo 2000-2018 en la EA-3082 de Orusco en el Tajuña. ....	17
Figura 12 PBIAS (SIMPA ajustado vs Restitución) en las estaciones restituidas .....	21
Figura 13 CE (SIMPA vs Restitución) en las estaciones restituidas .....	22
Figura 14 Diferencia de aportación media anual entre SIMPA ajustado y SIMPA (1980-2018) .....	23
Figura 15 Diferencia de aportación media para cada mes entre SIMPA ajustado y SIMPA (1980-2018) .....	24

## Índice de tablas

Tabla 1. Número de estaciones restituidas por sistema de explotación .....	5
Tabla 2. Índices PBIAS y CE (SIMPA vs Restitución) en las estaciones restituidas .....	10
Tabla 3. Número de estaciones para cada categoría de indicador PBIAS.....	10
Tabla 4. Número de estaciones para cada categoría de indicador CE .....	10
Tabla 5. Índices PBIAS y CE (SIMPA ajustado vs Restitución) en las estaciones restituidas .....	20
Tabla 6. Número de estaciones para cada categoría de indicador PBIAS.....	21
Tabla 7. Número de estaciones para cada categoría de indicador CE .....	21

BORRADOR

## 1 Introducción

La base de la información para estimar los recursos hídricos ha sido el modelo de precipitación-aportación SIMPA desarrollado por el CEDEX. Se trata de un modelo conceptual y cuasi-distribuido que simula el proceso de transformación de precipitación en escorrentía en régimen natural, a escala mensual y en cada una de las celdas en las que se reticula el territorio. El periodo de simulación se extiende entre los años hidrológicos 1940/41 y 2017/18. En el Apéndice 1 se describe con mayor profundidad el modelo SIMPA.

Los procesos del ciclo hidrológico simulados por el modelo SIMPA dependen de 4 parámetros principales que se evalúan en función de las características fisiográficas del medio que los condiciona. Son la capacidad máxima de almacenamiento de agua en el suelo ( $H_{MAX}$ ), el coeficiente de excedente ( $C$ ), la capacidad de infiltración máxima ( $I_{MAX}$ ) y el coeficiente de agotamiento del acuífero ( $\alpha$ ). El proceso de calibración de estos parámetros se realiza para el conjunto del territorio español y los resultados obtenidos muestran diferentes grados de ajuste en las distintas cuencas hidrográficas. En una parte de las cuencas de aportación definidas en el Tajo, las series simuladas obtenidas muestran desviaciones con respecto a las series restituidas que afectan de forma sensible a determinaciones importantes del plan hidrológico tales como: asignación de recursos, garantías o caudales ecológicos.

Por otra parte, la Oficina de Planificación Hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Tajo ha realizado una restitución al régimen natural en 132 puntos distribuidos por toda la cuenca, allí donde se contaba con series de aportaciones medidas en estaciones de aforo o embalses.

Para combinar las ventajas que ofrece un modelo cuasi-distribuido como el SIMPA y la mejor aproximación a la realidad de la cuenca en puntos concretos que proporcionan las series restituidas basadas en datos reales, se ha realizado un ajuste del modelo SIMPA. Para ello, en aquellos puntos donde se dispone de datos SIMPA y de datos restituidos, se ha realizado un ajuste lineal por mínimos cuadrados. Los coeficientes de ajuste se obtienen para cada mes y cada cuenca parcial restituida. El procedimiento ha permitido obtener las series de aportación SIMPA-ajustado en cualquier punto de la cuenca.

## 2 Series restituidas al régimen natural

La Oficina de Planificación Hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Tajo ha realizado una restitución al régimen natural en 132 puntos de la cuenca que cuentan con series de aportaciones medidas en estaciones de aforo o embalses. Se trata de obtener, mediante estas restituciones, la aportación natural que existiría en los puntos de estudio si no existiera ninguna alteración de origen antrópico del recurso hídrico. Se eliminan por tanto todas las afecciones que se producen, que son las siguientes:

- Embalses de regulación: Estos afectan al régimen natural tanto por su capacidad de almacenamiento (retienen caudales en determinados momentos y los liberan por el río cuando es preciso) como por el aumento de la evaporación.
- Trasvases entre cuencas.
- Usos no consuntivos, pero con modificación del régimen de caudales: centrales hidroeléctricas.
- Usos consuntivos: regadíos, abastecimientos urbanos y usos industriales. Sin género de dudas, estos usos son los que modifican con mayor intensidad el régimen natural de caudales.
- Retornos de los usos consuntivos: no todo el caudal detruido por estos usos termina siendo consumido, parte retorna a los ríos, pero diferido en el tiempo. También pueden tener ubicaciones geográficamente alejadas los puntos de detracción y restitución, esto es especialmente importante en el caso de las grandes redes de abastecimiento.

La red oficial de estaciones de aforo (ROEA) cuenta con 227 estaciones en la cuenca del Tajo, de ellas se han seleccionado 132 con series de datos suficientemente largas.

SISTEMA DE EXPLOTACION UNICO	SISTEMA INTEGRADO DE LA CUENCA ALTA (SICA)	Sistemas explotación	Estaciones restituidas
		Cabecera	18
	Tajuña	5	
	Henares	12	
	Jarama-Guadarrama	24	
	Alberche	7	
	Tajo izquierda	14	
	Tiétar	12	
	Alagón	17	
	Árrago	5	
	Bajo Tajo	18	
	<b>Total cuenca del Tajo</b>	<b>132</b>	

Tabla 1. Número de estaciones restituidas por sistema de explotación

El proceso de restitución es complejo y no está libre de error. La fiabilidad del resultado depende de factores tales como la longitud de la serie aforada, el grado de alteración del régimen natural, los datos disponibles sobre los usos consuntivos y su distribución temporal, etc. Considerando estos factores, se ha establecido en cada restitución una calificación cualitativa de su fiabilidad, para su consideración en las etapas siguientes de cálculo.

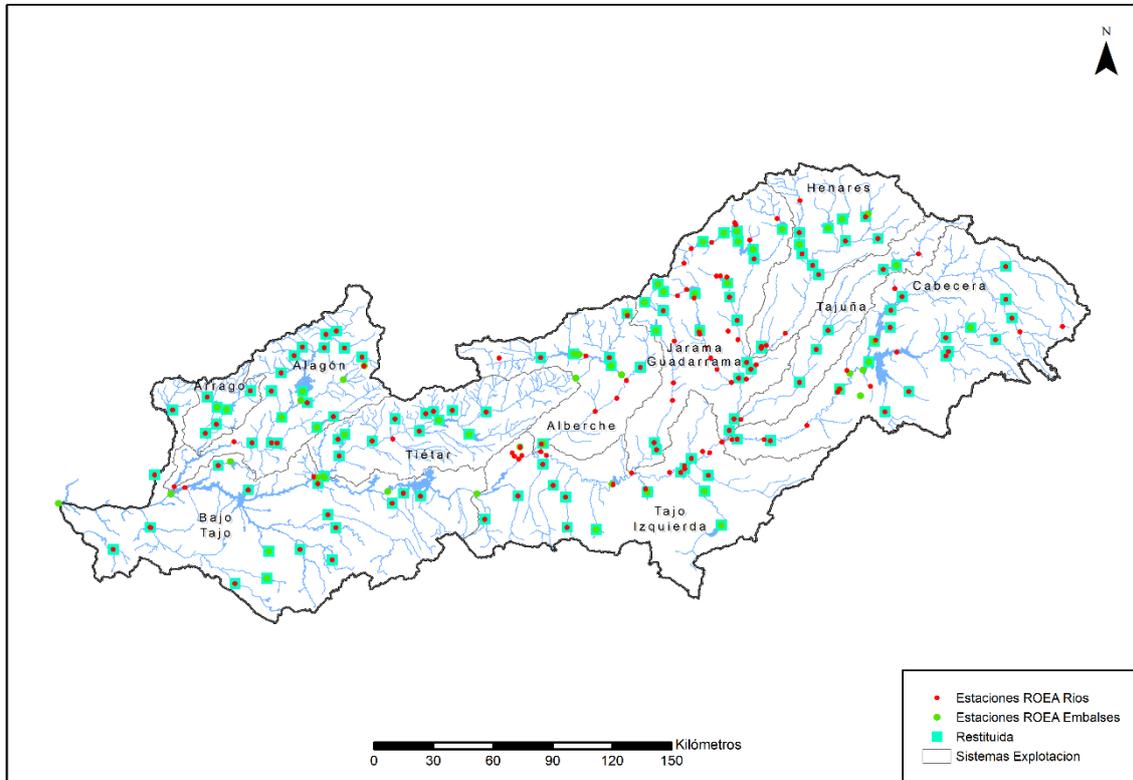


Figura 1 Cuenca, red hídrica, sistemas de explotación, estaciones ROEA restituidas y no restituidas

La lista completa de estaciones se muestra en el siguiente apartado, junto con los índices de contraste calculados para cada una de ellas.

### 3 Modelo SIMPA

El Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX ha realizado una evaluación actualizada de los recursos hídricos de España en régimen natural<sup>1</sup>. La simulación abarca el periodo comprendido entre los años hidrológicos 1940/41 y 2017/18. Para ello, se ha utilizado el modelo hidrológico de Simulación Precipitación-Aportación SIMPA<sup>2</sup>. Se trata de un modelo conceptual y cuasi-distribuido que simula el proceso de transformación de precipitación en escorrentía en régimen natural, a escala mensual y en cada una de las celdas en las que se reticula el territorio.

En el Apéndice 1 se ofrece una descripción detallada del modelo. Aquí nos limitamos a destacar dos salidas del modelo que son especialmente relevantes para la elaboración del Plan Hidrológico.

- El balance hídrico mensual, realizado en cada celda en la que se divide el territorio, proporciona los valores de **aportación total** para cada uno de los meses comprendidos entre los años hidrológicos 1940/41 y 2017/18.
- Acumulando los valores anteriores, con los modelos de direcciones de drenaje, se obtienen los valores de **aportación total acumulada**, para cada celda del territorio y para cada uno de los meses comprendidos entre los años hidrológicos 1940/41 y 2017/18.

En el Apéndice 1 se incluye un apartado referido a la calibración del SIMPA realizada por el CEDEX.

Se ha realizado una comparación de las series SIMPA con las series restituidas, con los datos disponibles hasta 2017/2018. Para realizar el contraste, se han utilizado los mismos índices de error utilizados de manera extensiva por el CEDEX.

$$PBIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (s_i - o_i)}{\sum_{i=1}^n o_i} * 100 \quad CE = \frac{\sum (o_i - \bar{o})^2 - \sum (o_i - s_i)^2}{\sum (o_i - \bar{o})^2}$$

Figura 2 Ecuaciones de los índices de error PBIAS y CE

El PBIAS es un indicador de ajuste del volumen total simulado con respecto al observado, se trata de un indicador del sesgo. El CE, por su parte, mide si el modelo reproduce bien la variabilidad observada, por lo que se trata de un indicador de la varianza. Cuando el PBIAS está en el intervalo [-10% ; +10%], el ajuste se considera muy bueno; si no pasa en valor absoluto de 25%, se considera bueno; y si sobrepasa el 25%, se considera que el ajuste del SIMPA con los datos observados no es satisfactorio.

<sup>1</sup> Evaluación de los recursos hídricos en régimen natural en España (1940/41 – 2017/18). CEDEX 2020

<sup>2</sup> Sistema Integrado de Modelización Precipitación – Aportación (Estrela y Quintas, 1996; Estrela et al.; 1999; Álvarez et al., 2005)

Cuando el CE está en el intervalo  $]0,75 ; 1]$ , el ajuste se considera muy bueno; si está en el intervalo  $]0,65 ; 0,75]$  se considera bueno; si está en  $]0,5 ; 0,65]$  se considera satisfactorio; y si es inferior o igual a 0,5 se considera que el ajuste no es satisfactorio.

A continuación, se muestran estos coeficientes de contraste, para cada una de las estaciones restituidas:

ESTACION	TIPO	Nombre	Sistema	Y_UTM	X_UTM	PBIAS	CE
3111	EMBALSE	BURGUILLO, EL	ALBERCHE	369875	4476038	21,92	0,76
3112	EMBALSE	SAN JUAN	ALBERCHE	388620	4469968	25,61	0,81
3115	EMBALSE	CAZALEGAS	ALBERCHE	354380	4430603	29,36	0,77
3180	RÍO	SAN MARTÍN DE VALDEIGLESIAS	ALBERCHE	387796,4	4474249,8	-4,17	0,88
3198	RÍO	VILLAMANTILLA	ALBERCHE	403400,5	4469229,7	18,8	0,82
3227	EMBALSE	ACEÑA	ALBERCHE	396671	4496468	-18,19	0,37
3231	RÍO	NAVALUENGA	ALBERCHE	353174,2	4474178	26,18	0,42
3003	RÍO	LORANCA	TAJUÑA	491891,8	4478336,6	69,18	-1,88
3080	RÍO	MASEGOSO	TAJUÑA	525585,9	4518906,7	76,97	-1,36
3082	RÍO	ORUSCO	TAJUÑA	483484,5	4461594,7	62,81	-3,46
3237	RÍO	ROMANONES	TAJUÑA	497867,8	4488019,7	-23,5	0,27
3079	EMBALSE	TAJERA, LA	TAJUÑA	532251	4520967	96,4	-1,53
3060	RÍO	BUJALARO	HENARES	506621,1	4533279,8	24,6	0,27
3061	RÍO	HUMANES	HENARES	490164	4520947	2,8	0,81
3062	RÍO	ESPINILLOS	HENARES	464260,7	4478887,2	2,37	0,72
3067	RÍO	BELEÑA	HENARES	484735,1	4526717	6,86	0,63
3158	RÍO	HUÉRMECES	HENARES	516701,2	4545586,7	74,54	-0,78
3159	RÍO	MURIEL	HENARES	483388,2	4537561	0,6	0,7
3193	RÍO	TOROTE	HENARES	464379,7	4479933,2	-4,3	0,78
3254	RÍO	ARAGOSA	HENARES	522878	4534502,7	-15,14	0,36
3255	RÍO	TORRE DEL BURGO	HENARES	493149,9	4516208	68,07	-4,53
3065	EMBALSE	PALMACES	HENARES	505041	4544367	-6,05	0,67
3068	EMBALSE	BELEÑA	HENARES	483514	4531444	5,94	0,73
3287	EMBALSE	ALCORLO	HENARES	497889	4539721	-16,72	0,59
3161	RÍO	ARENAS DE S. PEDRO	TIÉTAR	325768,2	4446569,1	54,55	0,14
3184	RÍO	BAZAGONA	TIÉTAR	251786,8	4424357,9	11,08	0,92
3224	RÍO	GARGÜERA	TIÉTAR	251154,9	4432848,8	94,24	-1,13
3225	RÍO	MADRIGAL DE LA VERA	TIÉTAR	299254,6	4446932,5	-46,33	-0,3
3226	RÍO	CANDELEDA	TIÉTAR	308708,5	4447417,2	-31,82	0,16
3229	RÍO	LOSAR DE LA VERA	TIÉTAR	279958,7	4443129,6	-39,89	-0,07
3234	RÍO	JARAÍZ DE LA VERA	TIÉTAR	268355,8	4431943,7	7,54	0,75
3260	RÍO	VILLANUEVA DE LA VERA	TIÉTAR	295455,7	4445803,6	-45,46	-0,49
3261	RÍO	MAJADA	TIÉTAR	292192,6	4436903,7	14,09	0,66
3127	EMBALSE	ROSARITO	TIÉTAR	301954	4442549	24,24	0,82
3128	EMBALSE	TORREJON-TIETAR	TIETAR	244041	4413944	-1	0,95
3199	EMBALSE	NAVALCAN	TIÉTAR	317254	4435302	48,93	0,6
3001	RÍO	PERALEJOS	CABECERA	590372,8	4494253,3	-32,26	0,13
3005	RÍO	TRILLO	CABECERA	534987,8	4505110,6	-1,11	0,82
3030	RÍO	VENTOSA	CABECERA	587251	4520316,4	20,4	-1,06
3040	RÍO	SANTA MARÍA DEL VAL	CABECERA	582122,7	4483310,4	-43,03	0,05
3041	RÍO	ALCANTUD	CABECERA	557127,7	4484315,5	-22,5	0,45
3045	RÍO	PRIEGO-ESCABAS	CABECERA	558402,7	4477229,5	-31,17	0,12
3172	RÍO	HUETE	CABECERA	526480,2	4446763,9	87,7	-9,42
3173	RÍO	LA PERALEJA	CABECERA	538485,4	4456982,8	36,39	-1,84
3186	RÍO	PRIEGO-TRABAQUE	CABECERA	557153,7	4475103,6	268,24	-17
3258	RÍO	EMBOCADOR	CABECERA	452121,4	4432822,5	6,75	0,51
3259	RÍO	VILLARRUBIA DE SANTIAGO	CABECERA	468775,3	4432107,4	3,92	0,59
3268	RÍO	TARAVILLAS	CABECERA	587370,9	4503726,4	14,49	0,56
3269	RÍO	CERECEDA / PAREJA	CABECERA	529485,8	4498256,7	98,48	-1,42
3270	RÍO	PAREJA	CABECERA	529051	4489467	59,59	-3,44
3006	EMBALSE	ENTREPEÑAS	CABECERA	521168	4482467	6,54	0,72
3009	EMBALSE	ALMOGUERA	CABECERA	503505	4458195	9,36	0,59
3043	EMBALSE	BUENDIA	CABECERA	518346	4472034	7,56	0,45
3201	EMBALSE	MOLINO DE CHINCHA	CABECERA	569606	4489353	8,95	0,72

ESTACION	TIPO	Nombre	Sistema	Y_UTM	X_UTM	PBIAS	CE
3051	RÍO	ALGETE	JARAMA-GUADARRAMA	452060,7	4493067,4	3,01	0,93
3052	RÍO	MEJORADA	JARAMA-GUADARRAMA	456765,5	4471748,2	3,45	0,91
3054	RÍO	PESADILLA	JARAMA-GUADARRAMA	448206,8	4504840,5	2,9	0,68
3100	RÍO	VILLALBA	JARAMA-GUADARRAMA	414934,8	4497966,8	37,26	0,42
3102	RÍO	BARGAS	JARAMA-GUADARRAMA	411571,2	4427539,6	19,17	0,09
3153	RÍO	VALDEPEÑAS	JARAMA-GUADARRAMA	460611	4524182,3	4,72	0,92
3174	RÍO	PUENTE TITULCIA	JARAMA-GUADARRAMA	450521,4	4443099,4	0,98	0,83
3175	RÍO	ARANJUEZ P. LARGO	JARAMA-GUADARRAMA	448110	4437272	5,93	0,73
3177	RÍO	VACIAMADRID	JARAMA-GUADARRAMA	452863,4	4463848,3	-41,95	-0,08
3266	RÍO	PRADO REDONDO	JARAMA-GUADARRAMA	410286,2	4431171,6	39,36	-0,03
3273	RÍO	VELILLA DE SAN ANTONIO	JARAMA-GUADARRAMA	459010,5	4468266,2	200	-11,32
3050	EMBALSE	VADO, EL	JARAMA-GUADARRAMA	474706	4539190	21,69	0,6
3069	EMBALSE	SANTILLANA	JARAMA-GUADARRAMA	430841	4506528	-9,92	0,88
3154	EMBALSE	RIOSEQUILLO	JARAMA-GUADARRAMA	445449	4537266	-9,67	0,84
3155	EMBALSE	PUENTES VIEJAS	JARAMA-GUADARRAMA	451951	4538167	-9,11	0,87
3156	EMBALSE	ATAZAR, EL	JARAMA-GUADARRAMA	460126	4529108	-10,82	0,86
3157	EMBALSE	VELLON, EL	JARAMA-GUADARRAMA	447271	4511903	13,19	0,7
3181	EMBALSE	VALMAYOR	JARAMA-GUADARRAMA	411288	4487725	-25,29	0,4
3189	EMBALSE	NAVACERRADA	JARAMA-GUADARRAMA	415086	4507593	35,84	0,23
3190	EMBALSE	JAROSA, LA	JARAMA-GUADARRAMA	405531	4502173	-6,7	0,75
3191	EMBALSE	NAVALMEDIO	JARAMA-GUADARRAMA	412231	4511433	18,82	0,6
3195	EMBALSE	VILLAR, EL	JARAMA-GUADARRAMA	452617	4533077	-9,56	0,87
3196	EMBALSE	PINILLA	JARAMA-GUADARRAMA	434846	4532930	-7,98	0,86
3263	EMBALSE	PARDO, EL	JARAMA-GUADARRAMA	433190	4487868	-18,59	0,74
3164	RÍO	VILLASEQUILLA DE YEPES	TAJO IZQUIERDA	437557,2	4414513,5	-44,46	-0,46
3197	RÍO	CANTOS BLANCOS	TAJO IZQUIERDA	366513	4388127	-27,83	0,38
3211	RÍO	VILLAREJO DE MONTALBÁN	TAJO IZQUIERDA	365790	4403514,1	-4,99	0,67
3212	RÍO	MALPICA	TAJO IZQUIERDA	359451,1	4409473,1	-13,47	0,74
3213	RÍO	ALCAUDETE DE LA JARA	TAJO IZQUIERDA	341810,1	4404093,3	-31,95	0,52
3230	RÍO	VILLAMEJOR	TAJO IZQUIERDA	425722,2	4417949,5	11,46	-1,02
3232	RÍO	VILLASECA	TAJO IZQUIERDA	429050,2	4423144,5	-15,38	0,09
3233	RÍO	VALDECABA	TAJO IZQUIERDA	423727,1	4416038,6	-12,47	-3,32
3251	RÍO	PUEBLANUEVA	TAJO IZQUIERDA	354276,1	4420103,1	69,24	0,18
3256	RÍO	ALDEANUEVA DE BARBARROYA	TAJO IZQUIERDA	325020,2	4392303,5	-38,42	0,4
3073	EMBALSE	FINISTERRE	TAJO IZQUIERDA	444116	4389190	35,32	-0,86
3074	EMBALSE	CASTRO, EL	TAJO IZQUIERDA	435574	4406499	29,58	-1,5
3166	EMBALSE	TORCON	TAJO IZQUIERDA	381093	4387084	67,52	0,4
3252	EMBALSE	GUAJARAZ	TAJO IZQUIERDA	406899	4406109	-0,12	0,5
3144	RÍO	EL VILLAR	ALAGÓN	235727,3	4451305,6	14,76	0,58
3146	RÍO	EL TORNO	ALAGÓN	248930,9	4444277,7	-2,42	0,7
3147	RÍO	GALISTEO JERTE	ALAGÓN	220544,1	4430861,6	-20,16	0,26
3182	RÍO	GARCIBUEY	ALAGÓN	250324,7	4487657,1	25,37	0,48
3185	RÍO	SANTIBAÑEZ	ALAGÓN	217615,7	4457310,1	65,07	-1,43
3200	RÍO	SOTOSERRANO	ALAGÓN	244271,5	4479176,4	-3,06	0,75
3217	RÍO	HORCAJO DE MONTEMAYOR	ALAGÓN	254511,7	4479089,2	26,59	0,68
3218	RÍO	MIRANDA DEL CASTAÑAR	ALAGÓN	245165,6	4485948,2	-14,72	0,59
3235	RÍO	NUÑOMORAL	ALAGÓN	229200,9	4475221,4	-1,79	0,66
3236	RÍO	LADRILLAR	ALAGÓN	233337,3	4479527,4	11,9	0,28
3240	RÍO	BÉJAR	ALAGÓN	263256,7	4474417,2	-3,84	0,82
3242	RÍO	CASAR DEL PALOMERO	ALAGÓN	222577,5	4466475,2	-27,6	0,09
3281	RÍO	EL BATÁN	ALAGÓN	207940,5	4430987,5	-12,4	0,4
3940	RÍO	GALISTEO (ALAGÓN)	ALAGÓN	217821,1	4431024,1	9,68	0,87
3142	EMBALSE	GABRIEL Y GALAN	ALAGÓN	233411	4457028	12,19	0,75
3143	EMBALSE	VALDEOBISPO	ALAGÓN	222898	4443830	12,69	0,8
3145	EMBALSE	JERTE-PLASENCIA	ALAGÓN	240561	4438884	-0,88	0,83
3162	RÍO	LA MORALEJA	ÁRRAGO	184541	4435852,1	-3,57	0,72
3245	RÍO	HERNÁN PÉREZ	ÁRRAGO	207091,4	4457352,4	3,28	0,85
3283	RÍO	ACEBO	ÁRRAGO	185492,2	4454286,3	-0,77	0,81
3148	EMBALSE	BORBOLLON	ÁRRAGO	195191	4447809	5,14	0,9
3160	EMBALSE	RIVERA DE GATA	ÁRRAGO	190457	4448982	15,68	0,73
3163	RÍO	PIEDRAS ALBAS	BAJO TAJO	158986,6	4414821,1	34,58	0,49
3168	RÍO	MONROY	BAJO TAJO	246114,6	4394579,9	73,06	-0,6
3169	RÍO	MEMBRÍO	BAJO TAJO	156618,5	4388132,3	-9,45	0,66

ESTACION	TIPO	Nombre	Sistema	Y_UTM	X_UTM	PBIAS	CE
3220	RÍO	SANTA MARTA DE MAGASCA	BAJO TAJO	232062,2	4376979,8	47,12	0,24
3221	RÍO	BOHONAL DE IBOR	BAJO TAJO	284193,5	4405444,6	9,42	0,63
3222	RÍO	PERALEDA DE SAN ROMÁN	BAJO TAJO	292733,4	4403996,6	21,56	0,64
3244	RÍO	CAMPILLO DE LA DELEITOSA	BAJO TAJO	278510,5	4400301,6	-23,58	0,28
3246	RÍO	AYUELA	BAJO TAJO	199362,5	4359663,3	23	0,27
3250	RÍO	TRUJILLO (MAGASCA)	BAJO TAJO	248255,7	4371622,1	-35,58	0,56
3265	RÍO	TORREJONCILLO	BAJO TAJO	190913,8	4419537,8	33,16	0,33
3276	RÍO	TORREJÓN	BAJO TAJO	240985,2	4410293,5	-23,72	0,79
3278	RÍO	VALENCIA DE ALCÁNTARA	BAJO TAJO	138060,1	4376987,7	11,35	0,45
3279	RÍO	TRUJILLO (TOZO)	BAJO TAJO	250162,6	4388037,9	-33,77	0,5
3280	RÍO	CILLEROS	BAJO TAJO	167991,9	4447664,1	107,22	-2,76
3284	RÍO	CAÑAVERAL	BAJO TAJO	205996,9	4407121,2	33,64	-0,01
3208	EMBALSE	SALOR	BAJO TAJO	215325	4362330	36,88	0,68
3264	EMBALSE	GUADILOBA	BAJO TAJO	216386	4375994	-7,52	0,88
Santa Lucía	EMBALSE	SANTA LUCÍA	BAJO TAJO	254623	4435256,8	38,31	-0,03

Tabla 2. Índices PBIAS y CE (SIMPA vs Restitución) en las estaciones restituidas

Rango	Diagnóstico	Nº estaciones	Frecuencia
]-∞ ; -25%[	No satisfactorio	16	12,12%
[-25% ; -10%[	Bueno-satisfactorio	15	11,36%
[-10% ; 10%]	Muy bueno	44	33,33%
]10% ; 25%]	Bueno-satisfactorio	21	15,91%
]25% ; +∞[	No satisfactorio	36	27,27%
<b>Total</b>		<b>132</b>	<b>100%</b>

Tabla 3. Número de estaciones para cada categoría de indicador PBIAS

Rango	Diagnóstico	Nº estaciones	Frecuencia
[0 ; 0,5]	No satisfactorio	63	47,73%
]0,5 ; 0,65]	Satisfactorio	15	11,36%
]0,65 ; 0,75]	Bueno	24	18,18%
]0,75 ; 1]	Muy bueno	30	22,73%
<b>Total</b>		<b>132</b>	<b>100,00%</b>

Tabla 4. Número de estaciones para cada categoría de indicador CE

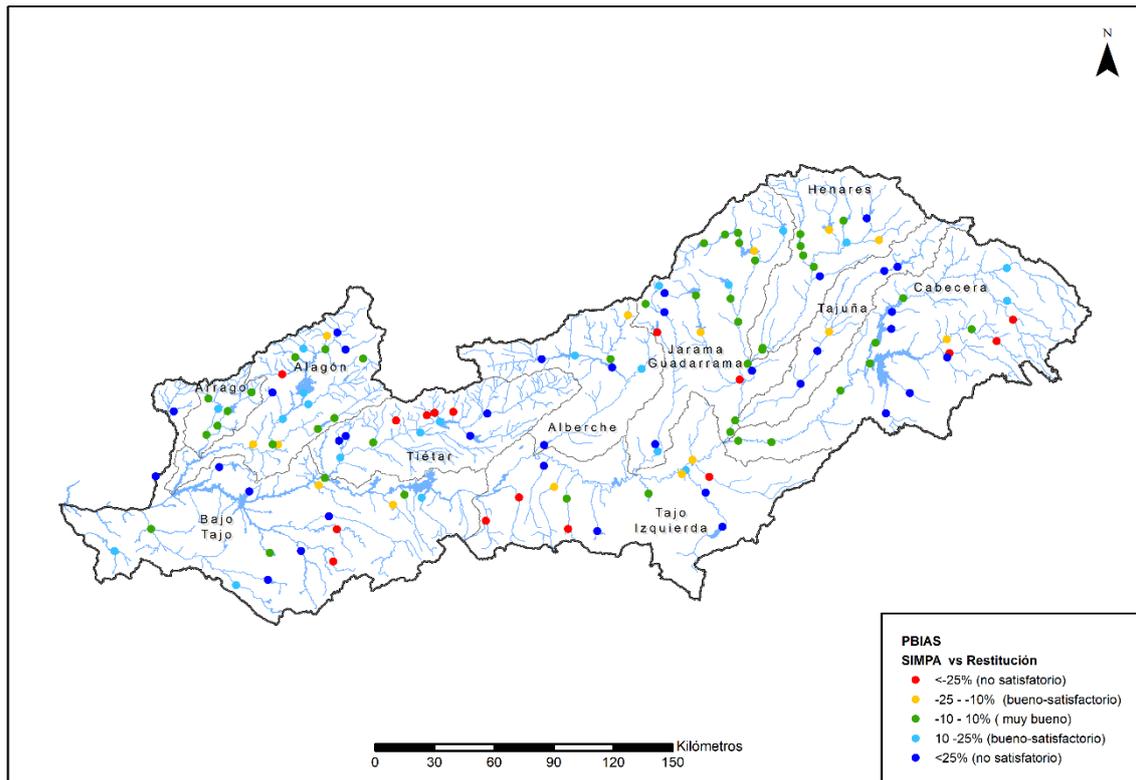


Figura 3 PBIAS (SIMPA vs Restitución) en las estaciones restituidas

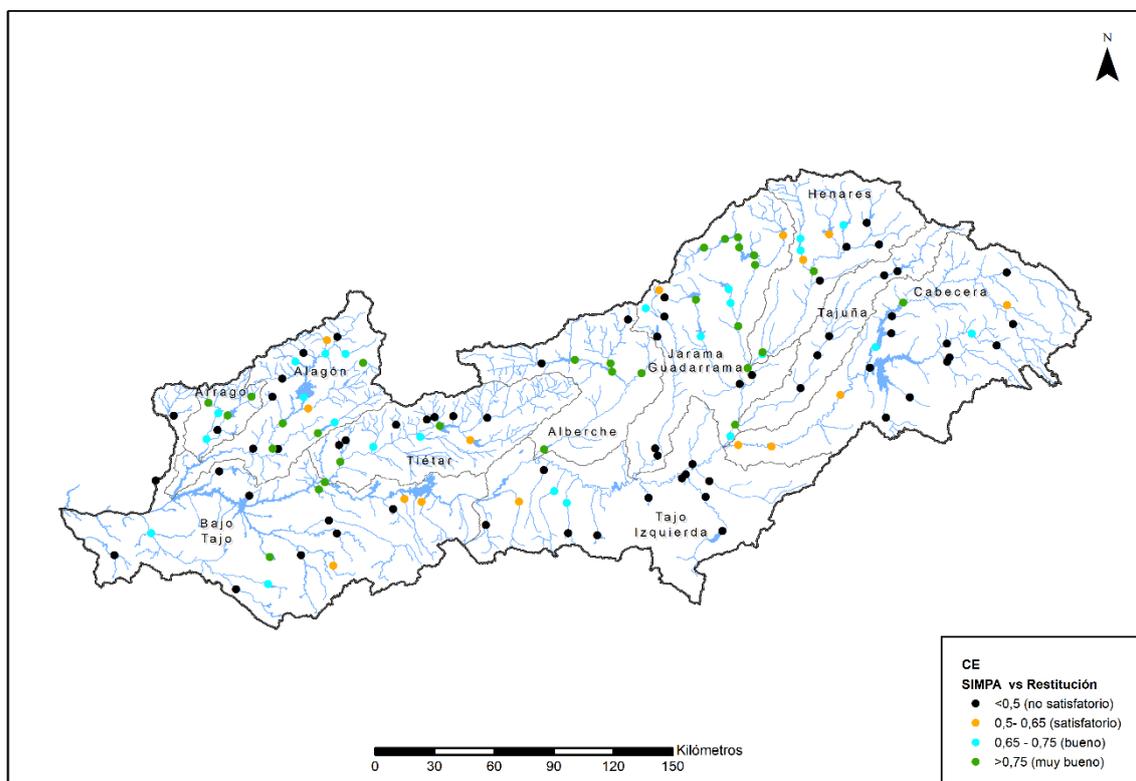


Figura 4 CE (SIMPA vs Restitución) en las estaciones restituidas

## 4 Modelo SIMPA ajustado

Cuando el CEDEX desarrolló el SIMPA original, en el marco de los trabajos para el libro blanco del agua, el objetivo era cuantificar los recursos existentes en régimen natural a nivel de toda España. El modelo se calibró para que fuera preciso en los cierres de algunas de las grandes cuencas, pero si se le piden resultados locales en cuencas más pequeñas, a nivel de masas de agua por ejemplo, la precisión se resiente de forma muy significativa. A pesar de que las versiones posteriores del SIMPA han mejorado cada vez más la precisión territorial del modelo, esta sigue siendo insuficiente para dos labores con importancia crítica en el plan hidrológico: el establecimiento de un régimen de caudales ecológicos y la asignación y reserva de recursos.

Este es el motivo por el que, en el marco de los trabajos del plan hidrológico, se ha ajustado la escurrentía total del SIMPA a partir de los valores realmente observados en las estaciones de aforo, previa restitución de estos datos al régimen natural. Es importante destacar que el ajuste se ciñe a la escurrentía total; no se plantea aquí un modelo alternativo. La pluviometría, la infiltración, la evapotranspiración, la escurrentía subterránea y el resto de variables no se han modificado para forzar su ajuste con la nueva escurrentía total.

Del resultado del ajuste se deducen básicamente dos series:

- En cada celda en la que se divide el territorio, para cada uno de los meses comprendidos entre los años hidrológicos 1940/41 y 2017/18, se obtienen los valores de aportación total (no acumulada).
- Acumulando los valores anteriores a lo largo de la red de drenaje, para cada celda del territorio y para cada uno de los meses de la serie larga, se obtiene los valores de aportación total acumulada.

En aquellos puntos donde se dispone de datos SIMPA y de datos restituidos, se ha realizado un ajuste lineal por mínimos cuadrados. Los coeficientes de ajuste se obtienen para cada mes y para cada cuenca parcial restituida. Previamente ha sido necesario tratar las series restituidas para solventar dos problemas:

- Las series de datos aforados y, por tanto, las series restituidas no registran el periodo completo comprendido entre los años hidrológicos 1940/41 y 2017/18. De hecho, por problemas de fiabilidad y disponibilidad de datos, ninguna de las series restituidas se remonta más allá de 1980/81. Algunas estas series se tiene que interrumpir alguna vez a lo largo del periodo que se pretende restituir de 1980/81 a 2017/18, cuando no se han registrado los datos de aforo.
- Como ya se ha comentado, la restitución al régimen natural es un proceso que no está exenta de errores. Las aportaciones parciales (no acumuladas), en cada punto de aforo restituido, se obtienen deduciendo de su aportación total las aportaciones totales de los puntos de aforo ubicados inmediatamente aguas arriba. La serie parcial así obtenida acumula todos los errores que se hayan producido en la restitución a régimen natural de esa cuenca. Esto es importante porque el hidrograma medio resultante, representativo de la cuenca intermedia entre estaciones de aforo, puede resultar aberrante, y eso tiene un impacto directo sobre el establecimiento del régimen de caudales ecológicos en ese tramo.

Por ello, se ha desarrollado una metodología que consiste en estimar el error acumulado en una cuenca y en redistribuirlo en el conjunto de subcuencas aforadas.

En los siguientes apartados se describe con detalle la metodología de cálculo.

## 4.1 Metodología de cálculo

A continuación se presentan resumidamente los 8 pasos que se han seguido en el proceso de ajuste de la esorrentía total del SIMPA, para desarrollarlos con más detalle en los siguientes subapartados:

1. Cálculo de las series “ajustadas acumuladas”. En cada punto de aforo, para cada mes, utilizando los pares de valores comunes de las series SIMPA y restituida, se obtienen los parámetros (a y b) de ajuste lineal por mínimos cuadrados. Se obtienen las series “ajustadas acumuladas” en cada punto de aforo:  

$$APO_{AJUSTADA} = a \cdot APO_{SIMPA} + b$$
. Estas series son completas para el periodo de estudio.
2. Reparto de los errores acumulados estimados en cuencas parciales. Se obtienen las series “corregidas acumuladas” en los puntos de aforo.
3. Se obtienen las aportaciones “corregidas parciales” en cada punto de aforo restituido deduciendo de su aportación total (corregida) las aportaciones totales (corregidas) de los puntos de aforo ubicados inmediatamente aguas arriba.
4. En cada punto de aforo, para cada mes, utilizando las series parciales SIMPA y “corregidas parciales”, se obtiene un segundo conjunto de parámetros (a' y b') de ajuste lineal por mínimos cuadrados.
5. Cálculo de series parciales propuestas en cada punto de aforo:  

$$APO_{CORREGIDA} = a' \cdot APO_{SIMPA} + b'$$
. Estas series ya no solo son completas, sino que además distribuyen homogéneamente el error cometido en las restituciones entre todas ellas. Ya no aparecen aportaciones intermedias aberrantes.
6. Extensión de los coeficientes de ajuste al conjunto de píxeles de la cuenca ponderando el término independiente en función de la proporción entre las aportaciones medias mensuales SIMPA en el pixel y en el conjunto de la cuenca.
7. Cálculo, con los coeficientes obtenidos, para cada celda en la que se divide el territorio y para cada uno de los meses comprendidos entre los años hidrológicos 1940/41 y 2017/18, de los valores de aportación total SIMPA-ajustada.
8. Acumulando los valores anteriores a lo largo de la red de drenaje, para cada celda del territorio y para cada uno de los meses comprendidos entre los años hidrológicos 1940/41 y 2017/18, se obtienen los valores de aportación total acumulada SIMPA-ajustada.

### 4.1.1 Cálculo de series “ajustadas acumuladas”

En cada estación de aforo (E), para cada mes (M), utilizando los pares de valores comunes de las series SIMPA acumulada (ESa) y restituida acumulada (ERa) se obtienen los parámetros de ajuste lineal ( $A_{EMa}$  y  $B_{EMa}$ ) por mínimos cuadrados

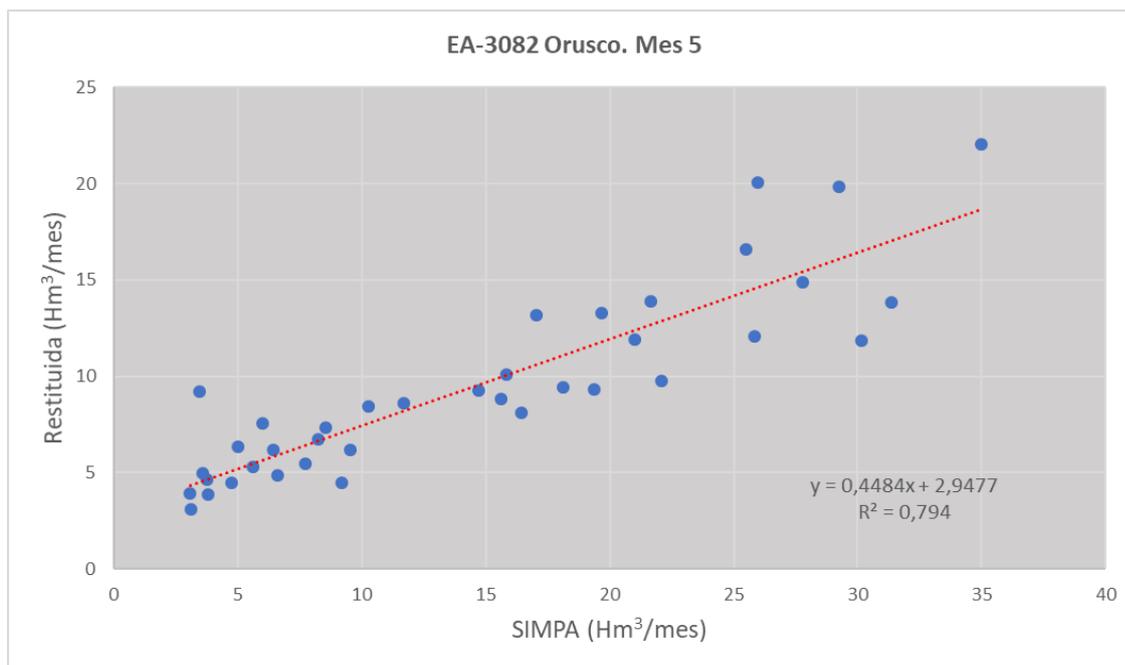


Figura 5 Ajuste lineal por mínimos cuadrados de series acumuladas para el mes de mayo en la Estación 3082 de Orusco en el Tajuña.  $a = 0,448$  y  $b = 2,947$

En cada estación de aforo (E), para cada mes (M) se calcula la serie ajustada acumulada (EAa) como combinación lineal de la serie SIMPA acumulada (ESa) utilizando los parámetros obtenidos:

$$EAa = A_{EMa} \times ESa + B_{EMa}$$

#### 4.1.2 Distribución de errores acumulados en cuencas parciales de aforo. Cálculo de series “corregidas acumuladas”

Consideremos tres puntos de aforo en los que se han obtenida las series restituidas a régimen natural:  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$ . En cada uno de los puntos de aforo disponemos de:

- Series de aportación acumulada SIMPA (ESa)  
Denominamos, en cada punto de aforo (E), la media mensual de la serie para cada mes  $n$  como:  $E_iSa\_Mn$
- Series de aportación acumuladas ajustadas (EAa)  
Denominamos, en cada punto de aforo (E), la media mensual de la serie para cada mes  $n$  como:  $E_iAa\_Mn$

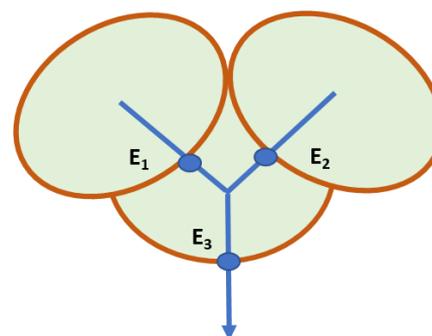


Figura 6. Esquema de tres cuencas aforadas

Las **aportaciones parciales** en cada punto de aforo se obtienen deduciendo de su aportación acumulada las aportaciones acumuladas en los puntos de aforo ubicados inmediatamente aguas arriba.

Denominamos a la serie parcial SIMPA ES<sub>p</sub> y a la ajustada EA<sub>p</sub>.

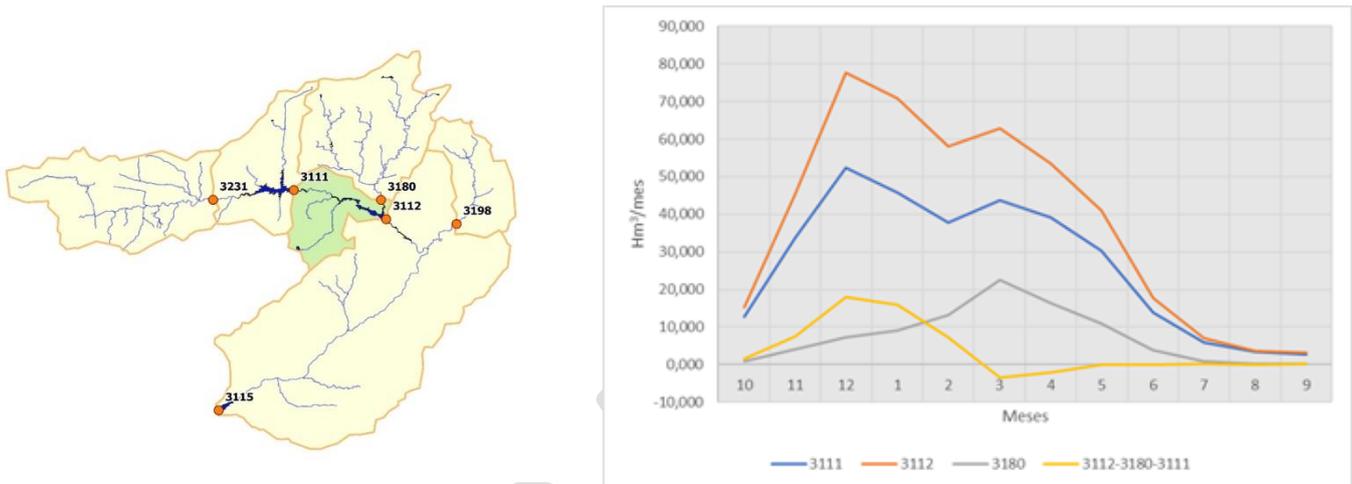
En la cuenca  $E_3$ :

$$E_3Sp\_Mn = E_3Sa\_Mn - E_2Sa\_Mn - E_1Sa\_Mn$$

$$E_3Ap\_Mn = E_3Aa\_Mn - E_2Aa\_Mn - E_1Aa\_Mn$$

La serie parcial así obtenida acumula los errores que se hayan producido en la restitución al régimen natural.

Un ejemplo claro de este problema, en el sistema Alberche, es el área de aportación de "San Juan", obtenida como diferencia entre la estación 3112 con las estaciones 3111 y 3180, como se muestra en la figura adjunta. Se obtienen valores medios incluso negativos para el periodo marzo-junio.



Figuras 7 y 8: Estaciones en la cuenca de Alberche. Cuenca parcial de la estación 3112 y aportación media mensual

Para resolver el problema se asumen dos hipótesis:

- 1) La proporción de la serie simpa parcial (ESp) respecto a la serie simpa acumulada (Esa) es igual a la proporción de la serie ajustada parcial (EAp) respecto a la ajustada acumulada (EaA). A la serie restituida parcial obtenida a partir de esta proporción la denominamos "objetivo" (EOp)

$$E_3Op\_Mn = E_3Sp\_Mn / E_3Sa\_Mn \times E_3Aa\_Mn$$

- 2) El error cometido en las restituciones a régimen natural es proporcional a la aportación en cada punto.

$$E_3Op\_Mn \times (1+c) = E_3Aa\_Mn \times (1-c) - E_1Aa\_Mn \times (1+c) - E_2Aa\_Mn \times (1+c)$$

De (1) y (2) se despeja el coeficiente  $c$  para cada mes:

$$c = (E_3Aa\_Mn - E_2Aa\_Mn - E_1Aa\_Mn - E_3Op\_Mn) / (E_3Aa\_Mn + E_2Aa\_Mn + E_1Aa\_Mn + E_3Op\_Mn)$$

Para cada estación (E) y cada mes (M) se obtiene un coeficiente  $c_{EM}$ . Aplicando este coeficiente a la serie ajustada, se obtiene la serie corregida acumulada (ECa).

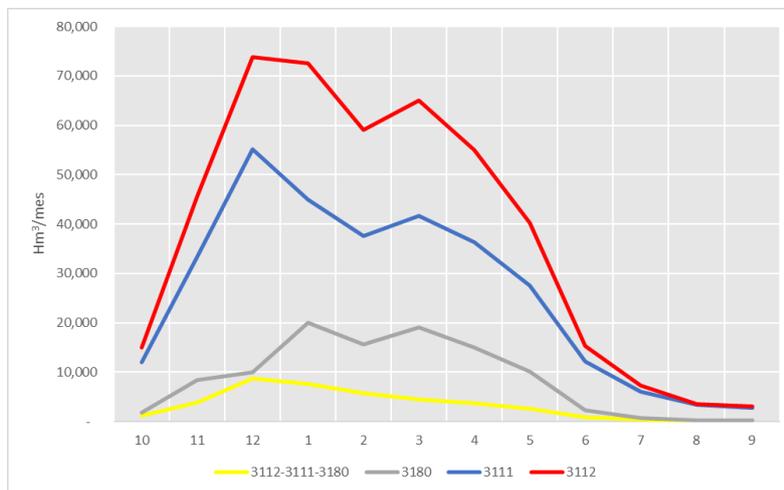


Figura 9 Aportación media mensual "ajustada" en la cuenca parcial de la estación 3112

En la comparación de las curvas medias mensuales parciales (de color amarillo) de las figuras 8 y 9, se puede observar el defecto que se pretendía corregir con la distribución de los errores de la restitución entre las tres cuencas vertientes.

#### 4.1.3 Cálculo de series "propuestas"

Se calculan las aportaciones parciales en cada punto de aforo restituido, deduciendo de su aportación total las aportaciones totales de los puntos de aforo ubicados inmediatamente aguas arriba. Se obtienen así las series corregida parciales (ECp) y las series SIMPA parciales (ESp).

En cada estación de aforo (E), para cada mes (M), utilizando los pares de valores comunes de las series ECp y ESp se obtienen los parámetros de ajuste lineal ( $A_{EMp}$  y  $B_{EMp}$ ) por mínimos cuadrados.

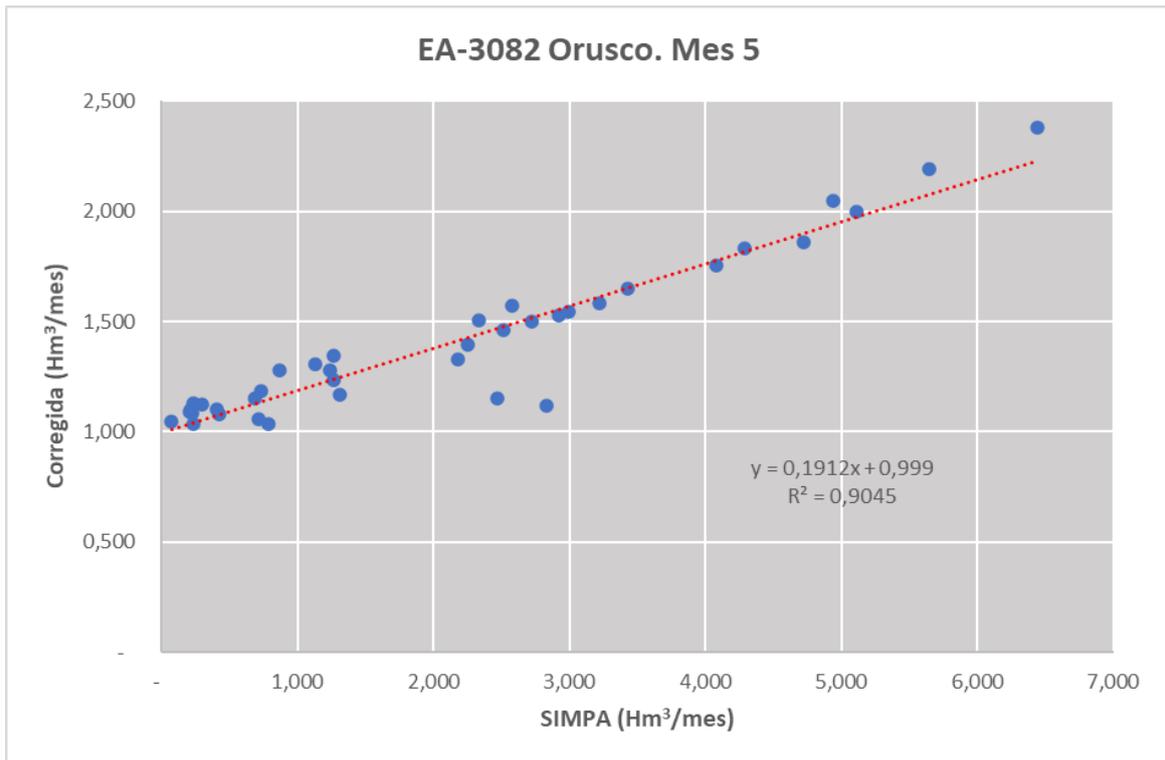


Figura 10 Ajuste lineal por mínimos cuadrados de series parciales para el mes de mayo en la Estación 3082 de Orusco en el Tajuña.  $A_{3082\_5p} = 0,1912$  y  $B_{3082\_5p} = 0,999$

En cada estación de aforo (E), para cada mes (M) se calcula la serie propuesta parcial (EPp) como combinación lineal de la serie SIMPA acumulada (Esa) utilizando los parámetros obtenidos:

$$EPP = A_{EMP} \times ESA + B_{EMP}$$

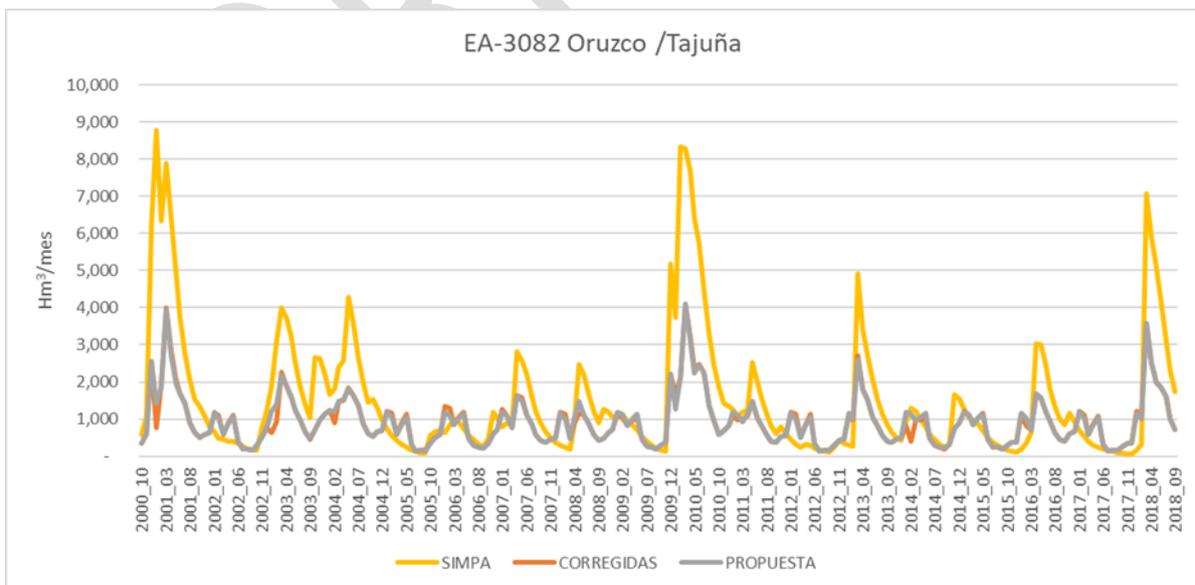


Figura 11. Series parciales SIMPA, restituida y ajustada en el periodo 2000-2018 en la EA-3082 de Orusco en el Tajuña.

#### 4.1.4 Extensión al conjunto de la cuenca

Los coeficientes de ajuste ( $A_{EMP}$  y  $B_{EMP}$ ) obtenidos en los puntos de aforo se extienden al conjunto de píxeles de la cuenca ponderando el término independiente en función de la proporción entre las aportaciones medias mensuales SIMPA en el pixel y en el conjunto de la cuenca.

$$SIMPA/ajustada_i = A_{EMP} \times Esp + B_{EMP} \times E/e$$

E: Aportación total SIMPA media mensual en la cuenca parcial

e: Aportación total SIMPA media mensual en el pixel de cálculo

Con los coeficientes obtenidos, para cada celda en la que se divide el territorio y para cada uno de los meses comprendidos entre los años hidrológicos 1940/41 y 2017/18, se calculan de los valores de aportación total SIMPA/ajustada.

Acumulando los valores anteriores a lo largo de la red de drenaje, para cada celda del territorio y para cada uno de los meses comprendidos entre los años hidrológicos 1940/41 y 2017/18 los valores de aportación total acumulada SIMPA/ajustada.

## 4.2 Índice de contraste

Una vez obtenido la serie SIMPA ajustada, se ha realizado un contraste de esta con las series restituidas, en aquellos datos disponibles hasta 2017/2018. Para llevar a cabo esta comparación, se han empleado los mismos índices de error que propone el CEDEX, y que ya han sido utilizados en el apartado anterior.

A continuación, se exponen los valores obtenidos de estos indicadores en cada una de las estaciones restituidas:

ESTACION	TIPO	Nombre	Sistema	Y_UTM	X_UTM	PBIAS	CE
3111	EMBALSE	BURGUILLO, EL	ALBERCHE	369875	4476038	-2,92	0,78
3112	EMBALSE	SAN JUAN	ALBERCHE	388620	4469968	0,07	0,8
3115	EMBALSE	CAZALEGAS	ALBERCHE	354380	4430603	3,9	0,85
3180	RÍO	SAN MARTÍN DE VALDEIGLESIAS	ALBERCHE	387796,4	4474249,8	-3,25	0,82
3198	RÍO	VILLAMANTILLA	ALBERCHE	403400,5	4469229,7	0,96	0,73
3227	EMBALSE	ACEÑA	ALBERCHE	396671	4496468	-4,2	0,56
3231	RÍO	NAVALUENGA	ALBERCHE	353174,2	4474178	-0,97	0,67
3003	RÍO	LORANCA	TAJUÑA	491891,8	4478336,6	1,62	0,76
3080	RÍO	MASEGOSO	TAJUÑA	525585,9	4518906,7	-7,01	0,78
3082	RÍO	ORUSCO	TAJUÑA	483484,5	4461594,7	-2,39	0,79
3237	RÍO	ROMANONES	TAJUÑA	497867,8	4488019,7	279,55	-21,92
3079	EMBALSE	TAJERA, LA	TAJUÑA	532251	4520967	2,26	0,75
3060	RÍO	BUJALARO	HENARES	506621,1	4533279,8	0,86	0,81
3061	RÍO	HUMANES	HENARES	490164	4520947	-0,16	0,8
3062	RÍO	ESPINILLOS	HENARES	464260,7	4478887,2	-1,07	0,82
3067	RÍO	BELEÑA	HENARES	484735,1	4526717	0,97	0,66
3158	RÍO	HUÉRMECES	HENARES	516701,2	4545586,7	-0,43	0,63
3159	RÍO	MURIEL	HENARES	483388,2	4537561	-5,1	0,69
3193	RÍO	TOROTE	HENARES	464379,7	4479933,2	3,29	0,82
3254	RÍO	ARAGOSA	HENARES	522878	4534502,7	-0,08	0,57
3255	RÍO	TORRE DEL BURGO	HENARES	493149,9	4516208	0,45	0,36
3065	EMBALSE	PALMACES	HENARES	505041	4544367	-0,27	0,72

ESTACION	TIPO	Nombre	Sistema	Y_UTM	X_UTM	PBIAS	CE
3068	EMBALSE	BELEÑA	HENARES	483514	4531444	-0,06	0,76
3287	EMBALSE	ALCORLO	HENARES	497889	4539721	0,45	0,72
3161	RÍO	ARENAS DE S. PEDRO	TIÉTAR	325768,2	4446569,1	4,15	0,78
3184	RÍO	BAZAGONA	TIÉTAR	251786,8	4424357,9	8	0,93
3224	RÍO	GARGÜERA	TIÉTAR	251154,9	4432848,8	2,11	0,77
3225	RÍO	MADRIGAL DE LA VERA	TIÉTAR	299254,6	4446932,5	1,87	0,69
3226	RÍO	CANDELEDA	TIÉTAR	308708,5	4447417,2	3,11	0,69
3229	RÍO	LOSAR DE LA VERA	TIÉTAR	279958,7	4443129,6	1,84	0,82
3234	RÍO	JARAÍZ DE LA VERA	TIÉTAR	268355,8	4431943,7	1,69	0,77
3260	RÍO	VILLANUEVA DE LA VERA	TIÉTAR	295455,7	4445803,6	0,3	0,66
3261	RÍO	MAJADA	TIÉTAR	292192,6	4436903,7	1,77	0,77
3127	EMBALSE	ROSARITO	TIÉTAR	301954	4442549	0,03	0,91
3128	EMBALSE	TORREJON-TIETAR	TIETAR	244041	4413944	-2,72	0,94
3199	EMBALSE	NAVALCAN	TIÉTAR	317254	4435302	6,9	0,9
3001	RÍO	PERALEJOS	CABECERA	590372,8	4494253,3	-9,84	0,67
3005	RÍO	TRILLO	CABECERA	534987,8	4505110,6	-3,79	0,86
3030	RÍO	VENTOSA	CABECERA	587251	4520316,4	-8,77	0,59
3040	RÍO	SANTA MARÍA DEL VAL	CABECERA	582122,7	4483310,4	-18,77	0,66
3041	RÍO	ALCANTUD	CABECERA	557127,7	4484315,5	-14,38	0,56
3045	RÍO	PRIEGO-ESCABAS	CABECERA	558402,7	4477229,5	-5,74	0,83
3172	RÍO	HUETE	CABECERA	526480,2	4446763,9	-3,95	0,42
3173	RÍO	LA PERALEJA	CABECERA	538485,4	4456982,8	-5,74	0,39
3186	RÍO	PRIEGO-TRABAQUE	CABECERA	557153,7	4475103,6	-6,91	0,69
3258	RÍO	EMBOCADOR	CABECERA	452121,4	4432822,5	-0,9	0,93
3259	RÍO	VILLARRUBIA DE SANTIAGO	CABECERA	468775,3	4432107,4	-3,48	0,88
3268	RÍO	TARAVILLAS	CABECERA	587370,9	4503726,4	-8,86	0,71
3269	RÍO	CERECEDA / PAREJA	CABECERA	529485,8	4498256,7	-4,04	0,81
3270	RÍO	PAREJA	CABECERA	529051	4489467	-12,9	0,39
3006	EMBALSE	ENTREPEÑAS	CABECERA	521168	4482467	0,35	0,93
3009	EMBALSE	ALMOGUERA	CABECERA	503505	4458195	1,9	0,95
3043	EMBALSE	BUENDIA	CABECERA	518346	4472034	-0,8	0,94
3201	EMBALSE	MOLINO DE CHINCHA	CABECERA	569606	4489353	7,49	0,85
3051	RÍO	ALGETE	JARAMA-GUADARRAMA	452060,7	4493067,4	0,4	0,82
3052	RÍO	MEJORADA	JARAMA-GUADARRAMA	456765,5	4471748,2	0,57	0,86
3054	RÍO	PESADILLA	JARAMA-GUADARRAMA	448206,8	4504840,5	0,44	0,67
3100	RÍO	VILLALBA	JARAMA-GUADARRAMA	414934,8	4497966,8	-10,39	0,64
3102	RÍO	BARGAS	JARAMA-GUADARRAMA	411571,2	4427539,6	-8,01	0,57
3153	RÍO	VALDEPEÑAS	JARAMA-GUADARRAMA	460611	4524182,3	3,37	0,81
3174	RÍO	PUENTE TITULCIA	JARAMA-GUADARRAMA	450521,4	4443099,4	0,3	0,89
3175	RÍO	ARANJUEZ P. LARGO	JARAMA-GUADARRAMA	448110	4437272	0,79	0,89
3177	RÍO	VACIAMADRID	JARAMA-GUADARRAMA	452863,4	4463848,3	-31,48	0,17
3266	RÍO	PRADO REDONDO	JARAMA-GUADARRAMA	410286,2	4431171,6	-10,44	0,33
3273	RÍO	VELILLA DE SAN ANTONIO	JARAMA-GUADARRAMA	459010,5	4468266,2	0	0,12
3050	EMBALSE	VADO, EL	JARAMA-GUADARRAMA	474706	4539190	-0,85	0,72
3069	EMBALSE	SANTILLANA	JARAMA-GUADARRAMA	430841	4506528	0,14	0,84
3154	EMBALSE	RIOSEQUILLO	JARAMA-GUADARRAMA	445449	4537266	-1,13	0,72
3155	EMBALSE	PUENTES VIEJAS	JARAMA-GUADARRAMA	451951	4538167	-1,49	0,74
3156	EMBALSE	ATAZAR, EL	JARAMA-GUADARRAMA	460126	4529108	-1,67	0,75
3157	EMBALSE	VELLON, EL	JARAMA-GUADARRAMA	447271	4511903	-2,42	0,66
3181	EMBALSE	VALMAYOR	JARAMA-GUADARRAMA	411288	4487725	-7,55	0,45
3189	EMBALSE	NAVACERRADA	JARAMA-GUADARRAMA	415086	4507593	0,48	0,68
3190	EMBALSE	JAROSA, LA	JARAMA-GUADARRAMA	405531	4502173	-13,05	0,6
3191	EMBALSE	NAVALMEDIO	JARAMA-GUADARRAMA	412231	4511433	-12,75	0,5
3195	EMBALSE	VILLAR, EL	JARAMA-GUADARRAMA	452617	4533077	-1,98	0,74
3196	EMBALSE	PINILLA	JARAMA-GUADARRAMA	434846	4532930	-2,02	0,73
3263	EMBALSE	PARDO, EL	JARAMA-GUADARRAMA	433190	4487868	0,07	0,82
3164	RÍO	VILLASEQUILLA DE YEPES	TAJO IZQUIERDA	437557,2	4414513,5	0,05	0,04
3197	RÍO	CANTOS BLANCOS	TAJO IZQUIERDA	366513	4388127	-10,71	0,67
3211	RÍO	VILLAREJO DE MONTALBÁN	TAJO IZQUIERDA	365790	4403514,1	9,05	0,69
3212	RÍO	MALPICA	TAJO IZQUIERDA	359451,1	4409473,1	0,1	0,81
3213	RÍO	ALCAUDETE DE LA JARA	TAJO IZQUIERDA	341810,1	4404093,3	0,4	0,83
3230	RÍO	VILLAMEJOR	TAJO IZQUIERDA	425722,2	4417949,5	-11,9	0,82
3232	RÍO	VILLASECA	TAJO IZQUIERDA	429050,2	4423144,5	-15,38	0,09

ESTACION	TIPO	Nombre	Sistema	Y_UTM	X_UTM	PBIAS	CE
3233	RÍO	VALDECABA	TAJO IZQUIERDA	423727,1	4416038,6	-0,22	0,4
3251	RÍO	PUEBLANUEVA	TAJO IZQUIERDA	354276,1	4420103,1	0,84	0,72
3256	RÍO	ALDEANUEVA DE BARBARROYA	TAJO IZQUIERDA	325020,2	4392303,5	1,16	0,7
3073	EMBALSE	FINISTERRE	TAJO IZQUIERDA	444116	4389190	2,8	0,86
3074	EMBALSE	CASTRO, EL	TAJO IZQUIERDA	435574	4406499	0,93	0,83
3166	EMBALSE	TORCON	TAJO IZQUIERDA	381093	4387084	-0,93	0,6
3252	EMBALSE	GUAJARAZ	TAJO IZQUIERDA	406899	4406109	-2,13	0,8
3144	RÍO	EL VILLAR	ALAGÓN	235727,3	4451305,6	-24,86	0,49
3146	RÍO	EL TORNO	ALAGÓN	248930,9	4444277,7	-1,53	0,73
3147	RÍO	GALISTEO JERTE	ALAGÓN	220544,1	4430861,6	-0,59	0,4
3182	RÍO	GARCIBUEY	ALAGÓN	250324,7	4487657,1	-3,45	0,7
3185	RÍO	SANTIBAÑEZ	ALAGÓN	217615,7	4457310,1	0	0,78
3200	RÍO	SOTOSERRANO	ALAGÓN	244271,5	4479176,4	-5,79	0,71
3217	RÍO	HORCAJO DE MONTEMAYOR	ALAGÓN	254511,7	4479089,2	-3,83	0,64
3218	RÍO	MIRANDA DEL CASTAÑAR	ALAGÓN	245165,6	4485948,2	-3,39	0,7
3235	RÍO	NUÑOMORAL	ALAGÓN	229200,9	4475221,4	-3,18	0,65
3236	RÍO	LADRILLAR	ALAGÓN	233337,3	4479527,4	-2,6	0,33
3240	RÍO	BÉJAR	ALAGÓN	263256,7	4474417,2	-2,93	0,8
3242	RÍO	CASAR DEL PALOMERO	ALAGÓN	222577,5	4466475,2	-5,5	0,36
3281	RÍO	EL BATÁN	ALAGÓN	207940,5	4430987,5	-0,03	0,66
3940	RÍO	GALISTEO (ALAGÓN)	ALAGÓN	217821,1	4431024,1	-2,3	0,9
3142	EMBALSE	GABRIEL Y GALAN	ALAGÓN	233411	4457028	5,44	0,8
3143	EMBALSE	VALDEOBISPO	ALAGÓN	222898	4443830	1,16	0,84
3145	EMBALSE	JERTE-PLASENCIA	ALAGÓN	240561	4438884	-0,43	0,84
3162	RÍO	LA MORALEJA	ÁRRAGO	184541	4435852,1	-5,34	0,75
3245	RÍO	HERNÁN PÉREZ	ÁRRAGO	207091,4	4457352,4	-0,05	0,85
3283	RÍO	ACEBO	ÁRRAGO	185492,2	4454286,3	-0,07	0,79
3148	EMBALSE	BORBOLLON	ÁRRAGO	195191	4447809	0,44	0,9
3160	EMBALSE	RIVERA DE GATA	ÁRRAGO	190457	4448982	3,89	0,83
3163	RÍO	PIEDRAS ALBAS	BAJO TAJO	158986,6	4414821,1	-42,97	0,27
3168	RÍO	MONROY	BAJO TAJO	246114,6	4394579,9	2,83	0,73
3169	RÍO	MEMBRÍO	BAJO TAJO	156618,5	4388132,3	-6,75	0,71
3220	RÍO	SANTA MARTA DE MAGASCA	BAJO TAJO	232062,2	4376979,8	-0,52	0,83
3221	RÍO	BOHONAL DE IBOR	BAJO TAJO	284193,5	4405444,6	-1,26	0,74
3222	RÍO	PERALEDA DE SAN ROMÁN	BAJO TAJO	292733,4	4403996,6	2,7	0,73
3244	RÍO	CAMPILLO DE LA DELEITOSA	BAJO TAJO	278510,5	4400301,6	-0,29	0,44
3246	RÍO	AYUELA	BAJO TAJO	199362,5	4359663,3	5,71	0,77
3250	RÍO	TRUJILLO (MAGASCA)	BAJO TAJO	248255,7	4371622,1	-1,36	0,74
3265	RÍO	TORREJONCILLO	BAJO TAJO	190913,8	4419537,8	0,63	0,76
3276	RÍO	TORREJÓN	BAJO TAJO	240985,2	4410293,5	0,62	0,86
3278	RÍO	VALENCIA DE ALCÁNTARA	BAJO TAJO	138060,1	4376987,7	0,42	0,49
3279	RÍO	TRUJILLO (TOZO)	BAJO TAJO	250162,6	4388037,9	1,87	0,61
3280	RÍO	CILLEROS	BAJO TAJO	167991,9	4447664,1	2,67	0,8
3284	RÍO	CAÑAVERAL	BAJO TAJO	205996,9	4407121,2	0	0,51
3208	EMBALSE	SALOR	BAJO TAJO	215325	4362330	0,78	0,75
3264	EMBALSE	GUADILoba	BAJO TAJO	216386	4375994	1,97	0,91
Santa Lucía	EMBALSE	SANTA LUCIA	BAJO TAJO	254623	4435256,8	-2,41	1

Tabla 5. Índices PBIAS y CE (SIMPAs ajustado vs Restitución) en las estaciones restituidas

Como se puede observar, el ajuste mejora muchísimo. Destacan no obstante algunos casos en los que el ajuste no ha sido bueno: en general esto se debe a estaciones de aforo muy seguidas con datos contradictorios. En estas situaciones, se ha forzado el ajuste para que se encajara bien la más fiable de las dos estaciones restituidas, lo que ha ido en perjuicio de la estación descartada.

Rango	Diagnóstico	Nº estaciones	Frecuencia (%)
$]-\infty ; -25\%[$	No satisfactorio	2	1,52%
$[-25\% ; -10\%[$	Bueno-satisfactorio	11	8,33%
$[-10\% ; 10\%]$	Muy bueno	118	89,39%
$]10\% ; 25\%]$	Bueno-satisfactorio	0	0,00%
$]25\% ; +\infty[$	No satisfactorio	1	0,76%
<b>Total</b>		<b>132</b>	<b>100,00%</b>

Tabla 6. Número de estaciones para cada categoría de indicador PBIAS

Rango	Diagnóstico	Nº estaciones	Frecuencia (%)
$[0 ; 0,5]$	No satisfactorio	20	15,15%
$]0,5 ; 0,65]$	Satisfactorio	13	9,85%
$]0,65 ; 0,75]$	Bueno	39	29,55%
$]0,75 ; 1]$	Muy bueno	60	45,45%
<b>Total</b>		<b>132</b>	<b>100,00%</b>

Tabla 7. Número de estaciones para cada categoría de indicador CE

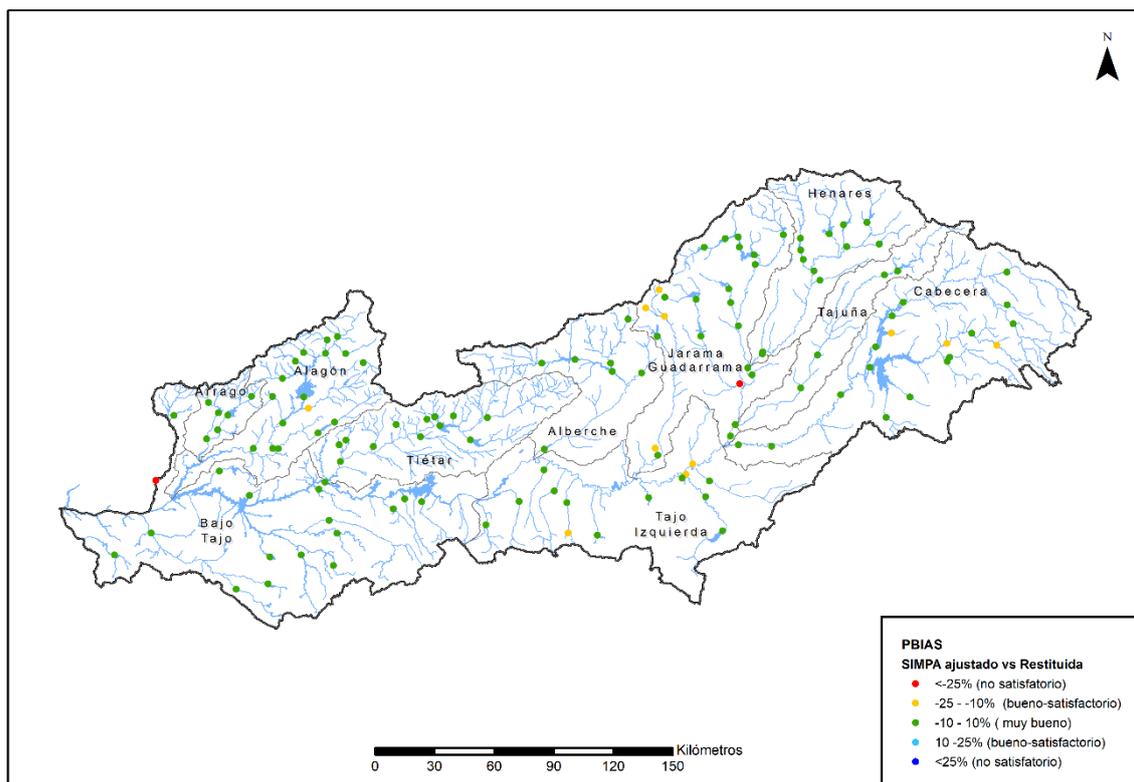


Figura 12 PBIAS (SIMPA ajustado vs Restitución) en las estaciones restituidas

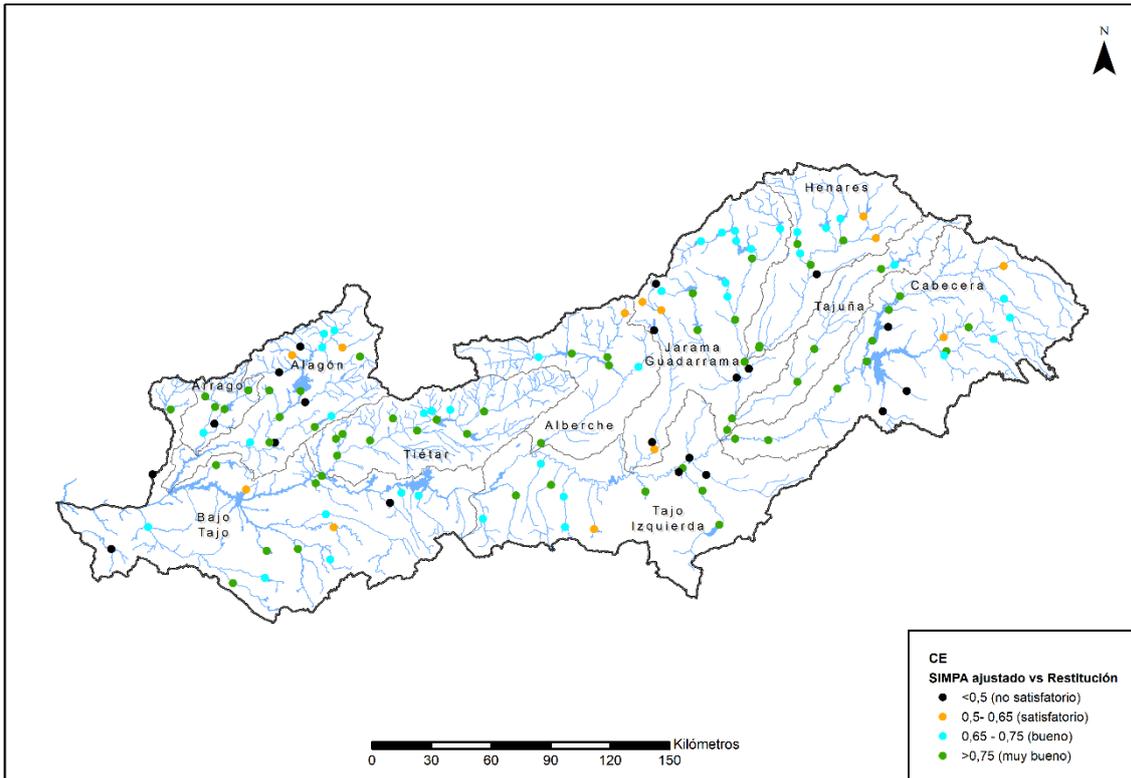


Figura 13 CE (SIMPA vs Restitución) en las estaciones restituidas

### 4.3 SIMPA ajustado vs SIMPA

A continuación, se muestra una comparativa entre el SIMPA ajustado y el SIMPA original (1980/81 – 2017/18), por áreas de aportación. En la primera figura se muestra la diferencia, expresado en porcentaje, de la aportación media anual obtenida mediante el ajuste frente a la estimada originalmente por el SIMPA. En la segunda figura, se realiza esta misma comparativa para cada mes.

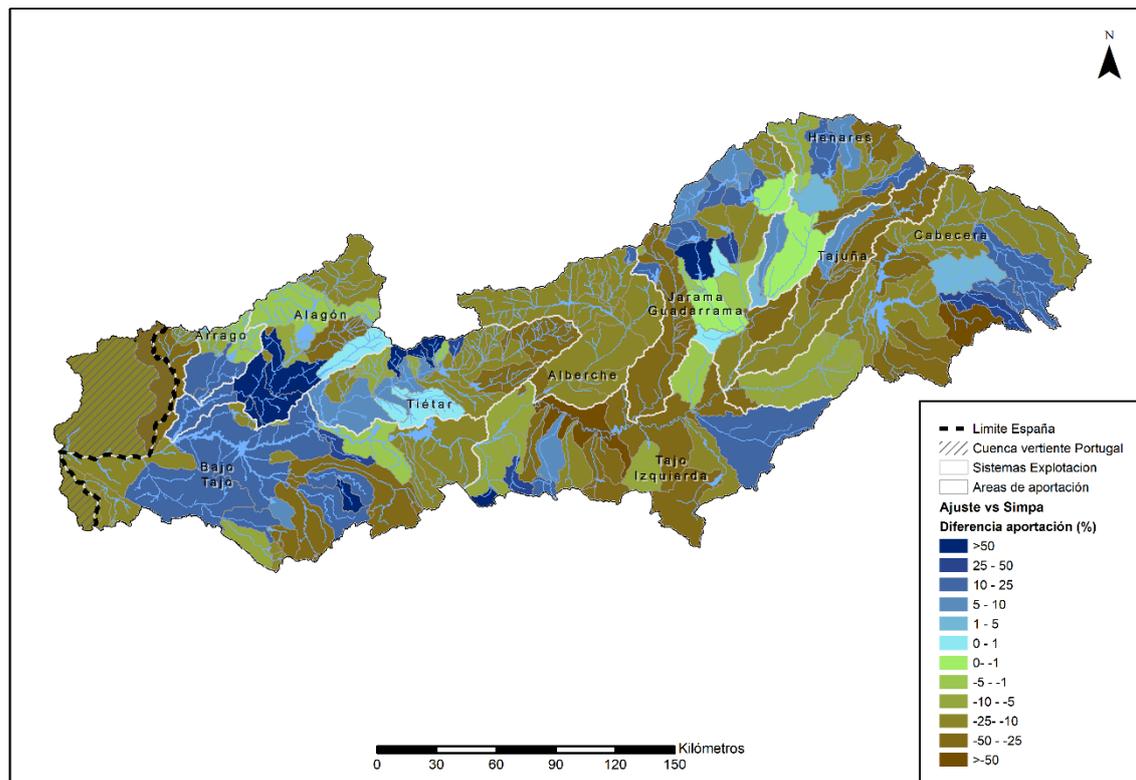


Figura 14 Diferencia de aportación media anual entre SIMPA ajustado y SIMPA (1980-2018)

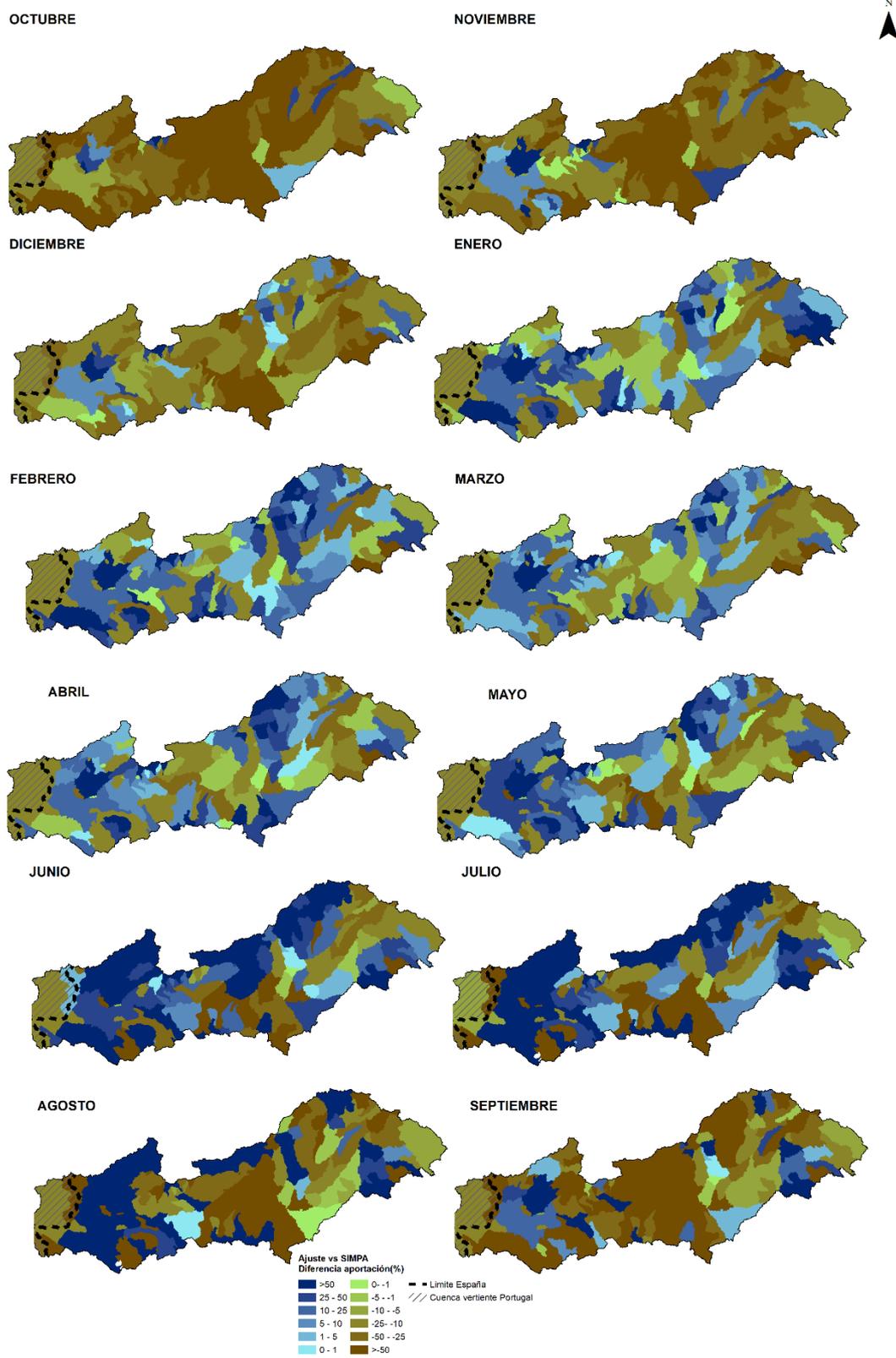


Figura 15 Diferencia de aportación media para cada mes entre SIMPA ajustado y SIMPA (1980-2018)