

El cuadro de las precipitaciones corregidas según cada RNA se presenta en la tabla.

Tabla 111. Salida de las diferentes arquitecturas, mes de octubre – Kayra.

PROCEDIMIENTO	ROW	AÑO	AGO	SET	OCT	OBJETIVO	RNA_T	RNA_T_1	RNA_T_2
TRN	0	1981	4.90	22.67	73.73	108.90	78.25	80.41	78.11
TRN	1	1982	4.61	13.40	37.02	37.90	44.14	41.87	42.53
TRN	2	1983	4.03	10.56	16.90	26.00	31.36	20.31	25.83
TRN	3	1984	5.73	9.55	48.26	114.60	54.40	61.64	60.99
TRN	4	1985	5.85	21.44	54.59	62.10	60.70	58.70	51.06
TRN	5	1986	5.58	10.38	21.97	17.30	33.88	25.05	27.26
TRN	6	1987	2.80	7.67	21.09	26.50	33.41	27.98	35.46
TRN	7	1988	2.71	10.40	18.26	36.20	32.00	21.49	29.64
TRN	8	1989	4.70	7.72	33.79	48.70	41.57	46.76	46.45
TRN	9	1990	3.71	12.70	55.33	73.70	61.44	66.68	72.14
TRN	10	1991	3.01	9.23	32.93	49.30	40.92	42.86	48.18
TRN	11	1992	8.17	6.88	38.23	50.70	45.15	53.60	43.19
TRN	12	1993	5.96	10.55	46.93	46.20	53.10	60.02	56.83
TRN	13	1994	2.94	14.63	50.95	40.20	57.06	61.74	66.01
TRN	14	1995	3.52	17.51	29.22	26.70	38.28	24.44	30.98
TRN	15	1996	6.19	8.03	44.10	58.40	50.40	58.67	55.90
TRN	16	1997	5.36	8.27	31.03	44.40	39.53	41.61	39.91
TRN	17	1998	3.17	8.78	31.82	49.80	40.10	41.92	46.80
TRN	18	1999	3.93	25.30	33.77	18.80	41.55	22.88	26.93
TRN	19	2000	4.46	12.43	53.45	49.30	59.56	65.25	67.93
TRN	20	2001	9.12	13.22	76.81	38.30	80.55	75.00	79.41
TRN	21	2002	4.67	16.73	61.71	78.70	67.73	71.52	72.04
TRN	22	2003	8.45	10.47	35.49	34.60	42.90	44.74	34.32
TRN	23	2004	7.57	16.54	38.84	25.60	45.67	38.99	32.72
TRN	24	2005	4.23	8.78	31.58	39.10	39.93	41.54	43.20
VLD	25	2006	5.81	9.81	62.35	72.50	68.34	68.99	77.49
VLD	26	2007	3.43	8.44	50.12	49.27	56.23	63.11	72.03
VLD	27	2008	4.80	15.38	57.52	51.70	63.63	68.21	68.13
VLD	28	2009	3.52	12.38	29.90	8.30	38.74	32.19	37.88
VLD	29	2010	4.28	12.99	67.97	70.00	73.49	72.87	83.30
VLD	30	2011	4.30	24.36	45.02	38.20	51.27	35.17	38.20
VLD	31	2012	3.12	28.31	25.84	19.50	36.11	19.50	21.57
VLD	32	2013	7.46	16.83	98.30	105.00	91.98	81.06	93.56
VLD	33	2014	5.85	22.22	62.26	52.18	68.25	69.79	61.15
VLD	34	2015	6.25	16.83	24.86	19.10	35.52	21.42	23.25
VLD	35	2016					79.53	78.30	
TST	36	2017	6.44	22.68	69.85	33.70	75.11	77.65	69.12

Los valores del objetivo son los valores de la precipitación según SENAMHI.

TRN: Train – Entrenamiento.

VLD: Validation – Validación.

TST: Test – Prueba.

Según el diagrama de Taylor, el modelo RNA-3(OCT_T_2), tiene el mejor comportamiento en la correlación, RMSE, aunque no en la desviación estándar; por lo tanto, es el seleccionado.

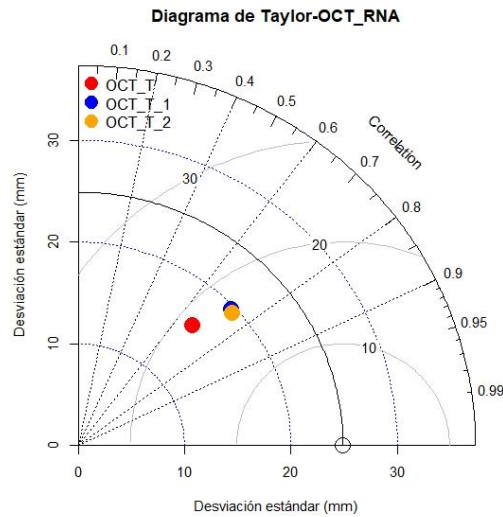


Figura 155. Selección de arquitectura óptima de los modelos RNA-1(OCT_T), RNA-2(OCT_T_1), RNA-3 (OCT_T_2) – mes de octubre – Kayra.

La diferencia en la serie de tiempo antes y después de la corrección se muestra a continuación.

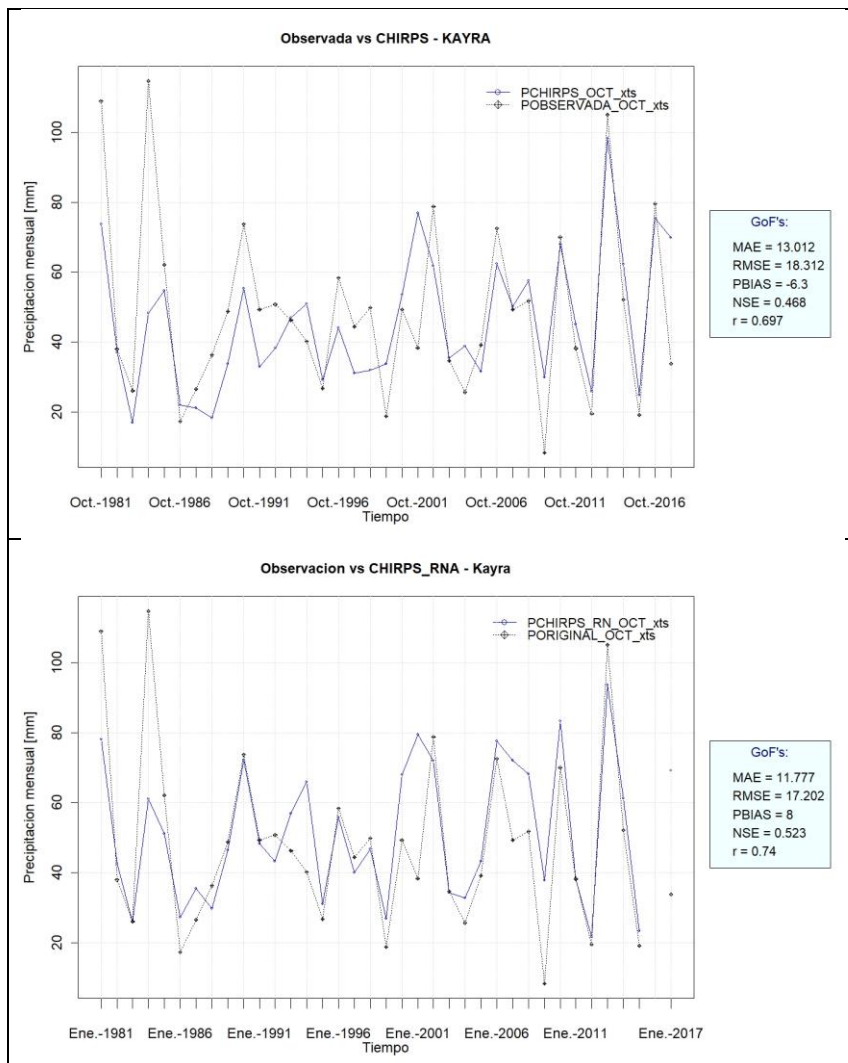


Figura 156. Serie de tiempo antes y después de corrección mediante RNA, octubre–Kayra.

Mes de noviembre – Estación Kayra

(N) NOV	(N) NOV_SENAMHI	(N) OCT	(N) NOV	(N) NOV_SENAMHI	(N) SET	(N) OCT	(N) NOV	(N) NOV_SENAMHI
TRN 101	120.8	TRN 73.73	101	120.8	TRN 22.67	73.73	101	120.8
TRN 104.17	122.5	TRN 37.02	104.17	122.5	TRN 13.4	37.02	104.17	122.5
TRN 46.12	44.3	TRN 16.9	46.12	44.3	TRN 10.56	16.9	46.12	44.3
TRN 78.42	69.4	TRN 48.26	78.42	69.4	TRN 9.55	48.26	78.42	69.4
TRN 103.74	116.5	TRN 54.59	103.74	116.5	TRN 21.44	54.59	103.74	116.5
TRN 39.63	69.6	TRN 21.97	39.63	69.6	TRN 10.38	21.97	39.63	69.6
TRN 85.87	101.8	TRN 21.09	85.87	101.8	TRN 7.67	21.09	85.87	101.8
TRN 38.48	47.6	TRN 18.26	38.48	47.6	TRN 10.4	18.26	38.48	47.6
TRN 55.88	60.7	TRN 33.79	55.88	60.7	TRN 7.72	33.79	55.88	60.7
TRN 97.06	86.9	TRN 55.33	97.06	86.9	TRN 12.7	55.33	97.06	86.9
TRN 51.63	83.6	TRN 32.93	51.63	83.6	TRN 9.23	32.93	51.63	83.6
TRN 66.46	117.4	TRN 38.23	66.46	117.4	TRN 6.88	38.23	66.46	117.4
TRN 106.91	111.9	TRN 46.93	106.91	111.9	TRN 10.55	46.93	106.91	111.9
TRN 46.27	40.5	TRN 50.95	46.27	40.5	TRN 14.63	50.95	46.27	40.5
TRN 49.39	70.2	TRN 29.22	49.39	70.2	TRN 17.51	29.22	49.39	70.2
TRN 54.64	49	TRN 44.1	54.64	49	TRN 8.03	44.1	54.64	49
TRN 103.93	201.5	TRN 31.03	103.93	201.5	TRN 8.27	31.03	103.93	201.5
TRN 66.48	49.7	TRN 31.82	66.48	49.7	TRN 8.78	31.82	66.48	49.7
TRN 54.95	39.7	TRN 33.77	54.95	39.7	TRN 25.3	33.77	54.95	39.7
TRN 41.94	29.3	TRN 53.45	41.94	29.3	TRN 12.43	53.45	41.94	29.3
TRN 91.82	96.8	TRN 76.81	91.82	96.8	TRN 13.22	76.81	91.82	96.8
TRN 87.37	97.8	TRN 61.71	87.37	97.8	TRN 16.73	61.71	87.37	97.8
TRN 41.37	23.1	TRN 35.49	41.37	23.1	TRN 10.47	35.49	41.37	23.1
TRN 67.83	60.9	TRN 38.84	67.83	60.9	TRN 16.54	38.84	67.83	60.9
TRN 56.02	59.3	TRN 31.58	56.02	59.3	TRN 8.78	31.58	56.02	59.3
VLD 84.03	67.8	VLD 62.35	84.03	67.8	VLD 9.81	62.35	84.03	67.8
VLD 71.44	72.232953	VLD 50.12	71.44	72.232953	VLD 8.44	50.12	71.44	72.232953
VLD 67.22	90.2	VLD 57.52	67.22	90.2	VLD 15.38	57.52	67.22	90.2
VLD 130.23	88.7	VLD 29.9	130.23	88.7	VLD 12.38	29.9	130.23	88.7
VLD 44.21	40	VLD 67.97	44.21	40	VLD 12.99	67.97	44.21	40
VLD 81.69	60.2	VLD 45.02	81.69	60.2	VLD 24.36	45.02	81.69	60.2
VLD 110.45	138.2	VLD 25.84	110.45	138.2	VLD 28.31	25.84	110.45	138.2
VLD 82.83	86	VLD 98.3	82.83	86	VLD 16.83	98.3	82.83	86
VLD 34.74	29.6	VLD 62.26	34.74	29.6	VLD 22.22	62.26	34.74	29.6
VLD 46.46	48.6	VLD 24.86	46.46	48.6	VLD 16.83	24.86	46.46	48.6
VLD 30.91	28	VLD 75.41	30.91	28	VLD 30.32	75.41	30.91	28
TST 112.31	61.4	TST 69.85	112.31	61.4	TST 22.68	69.85	112.31	61.4

Análisis de distribución de datos. RNA-1 = NOV (t)

Análisis de distribución de datos. RNA-2 = NOV (t, t-1)

Análisis de distribución de datos. RNA-3 = NOV (t, t-1, t-2)

Encoded Columns	Encoded Data
NOV	NOV
NOV_SENAMHI	NOV_SENAMHI
0.411398	0.547646
0.475232	0.557175
-0.693717	0.118834
-0.043294	0.259529
0.466573	0.523543
-0.824406	0.26065
0.106726	0.441143
-0.847563	0.137332
-0.497181	0.210762
0.332058	0.357623
-0.582763	0.339126
-0.284132	0.528587
0.530407	0.497758
-0.690697	0.097534
-0.62787	0.264013
-0.522151	0.145179
0.470399	1
-0.283729	0.149103
-0.515908	0.093049
-0.77789	0.034753
0.22654	0.413117
0.136931	0.418722
-0.789368	0
-0.256545	0.211883
-0.494362	0.202915
0.069674	0.250561
-0.18385	0.275409
-0.268828	0.376121
1	0.367713
-0.732179	0.094731
0.022553	0.20796
0.601692	0.645179
0.045509	0.352578
0.922876	0.036435
30.91	-0.686871
130.23	0.142937
71.186486	-1
26.210748	0.639146
0.020137	0.214686

Parameter	Value
Column type	input
Format	numerical
Scaling range	[-1..1]
Encoded into	1 columns
Min	30.91
Max	130.23
Mean	71.186486
Std. deviation	26.210748
Scaling factor	0.020137

Normalización de datos RNA-1 = NOV (t)

Encoded Columns	Encoded Data	
OCT	OCT	
NOV	NOV	
NOV_SENAMHI	NOV_SENAMHI	
0.396314	0.411398	0.547646
-0.505651	0.475232	0.557175
-1	-0.693717	0.118834
-0.229484	-0.043294	0.259529
-0.073956	0.466573	0.523543
-0.87543	-0.824406	0.26065
-0.897052	0.106726	0.441143
-0.966585	-0.847563	0.137332
-0.585012	-0.497181	0.210762
-0.055774	0.332058	0.357623
-0.606143	-0.582763	0.339126
-0.475921	-0.284132	0.528587
-0.262162	0.530407	0.497758
-0.163391	-0.690697	0.097534
-0.697297	-0.62787	0.264013
-0.331695	-0.522151	0.145179
-0.652826	0.470399	1
-0.633415	-0.283729	0.149103
-0.585504	-0.515908	0.093049
-0.101966	-0.77789	0.034753
0.47199	0.22654	0.413117
0.100983	0.136931	0.418722
-0.543243	-0.789368	0
-0.460934	-0.256545	0.211883
-0.639312	-0.494362	0.202915
0.116708	0.069674	0.250561
-0.183784	-0.18385	0.275409
-0.001966	-0.268828	0.376121
-0.68059	1	0.367713
0.254791	-0.732179	0.094731
-0.309091	0.022553	0.20796
-0.780344	0.601692	0.645179
1	0.045509	0.352578
0.114496	-0.922876	0.036435
-0.804423	-0.686871	0.142937
0.437592	-1	0.027466
0.300983	0.639146	0.214686

Parameter	Value
Column type	input
Format	numerical
Scaling range	[-1..1]
Encoded into	1 columns
Min	16.9
Max	98.3
Mean	45.6
Std. deviation	18.857442
Scaling factor	0.02457

Normalización de datos. RNA-2 = NOV (t, t-1)

Encoded Columns	Encoded Data		
SET	SET		
OCT	OCT		
NOV	NOV		
NOV_SENAMHI	NOV_SENAMHI		
0.34727	0.396314	0.411398	0.547646
-0.443686	-0.505651	0.475232	0.557175
-0.686007	-1	-0.693717	0.118834
-0.772184	-0.229484	-0.043294	0.259529
0.242321	-0.073956	0.466573	0.523543
-0.701365	-0.87543	-0.824406	0.26065
-0.932594	-0.897052	0.106726	0.441143
-0.699659	-0.966585	-0.847563	0.137332
-0.928328	-0.585012	-0.497181	0.210762
-0.503413	-0.055774	0.332058	0.357623
-0.799488	-0.606143	-0.582763	0.339126
-1	-0.475921	-0.284132	0.528587
-0.68686	-0.262162	0.530407	0.497758
-0.338737	-0.163391	-0.690697	0.097534
-0.093003	-0.697297	-0.62787	0.264013
-0.901877	-0.331695	-0.522151	0.145179
-0.881399	-0.652826	0.470399	1
-0.837884	-0.633415	-0.283729	0.149103
0.571672	-0.585504	-0.515908	0.093049
-0.526451	-0.101966	-0.77789	0.034753
-0.459044	0.47199	0.22654	0.413117
-0.159556	0.100983	0.136931	0.418722
-0.693686	-0.543243	-0.789368	0
-0.175768	-0.460934	-0.256545	0.211883
-0.837884	-0.639312	-0.494362	0.202915
-0.75	0.116708	0.069674	0.250561
-0.866894	-0.183784	-0.18385	0.275409
-0.274744	-0.001966	-0.268828	0.376121
-0.530717	-0.68059	1	0.367713
-0.478669	0.254791	-0.732179	0.094731
-0.491468	-0.309091	0.022553	0.20796
0.828498	-0.780344	0.601692	0.645179
-0.151024	1	0.045509	0.352578
0.308874	0.114496	-0.922876	0.036435
6.88	-0.804423	-0.686871	0.142937
30.32	1	0.437592	-1
14.442973	0.348123	0.300983	0.639146
6.221326			
0.085324			

Parameter	Value
Column type	input
Format	numerical
Scaling range	[-1..1]
Encoded into	1 columns
Min	6.88
Max	30.32
Mean	14.442973
Std. deviation	6.221326
Scaling factor	0.085324

Normalización de datos. RNA-3 = NOV (t, t-1, t-2)

Figura 157. Análisis y Preprocesamiento (normalización) de los datos para los modelos RNA-1, RNA-2 y RNA-3, mes de noviembre – Kayra.

En la **Figura 157**, se muestra la selección de datos: 68% para el entrenamiento, 30 % para la validación y 3% para el test, luego se normaliza los datos dentro de la escala de [-1,1].

Posteriormente se procede a la búsqueda de la arquitectura de RNA para su entrenamiento y validación de acuerdo a los modelos planteados. Se tienen las arquitecturas simplificadas según las variables consideradas como entradas a la RNA.

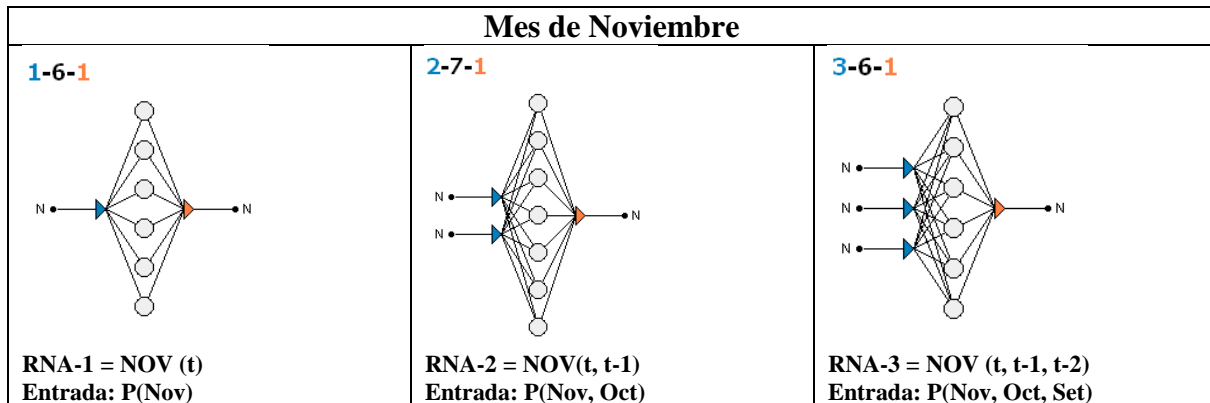


Figura 158. Modelos de RNA planteados para la corrección de datos del mes de noviembre - Kayra.

RNA-1: modelo de red neuronal de una variable de entrada que conforma una neurona de entrada con datos de precipitación mensual del mes de noviembre, 6 neuronas en la capa oculta y una neurona en la capa de salida.

RNA-2: modelo de red neuronal de 2 variables de entrada que conforma 2 neuronas de entrada con datos de precipitación mensual del mes de noviembre y octubre, 7 neuronas en la capa oculta y una neurona en la capa de salida.

RNA-3: modelo de red neuronal de 3 variables de entrada que conforman 3 neuronas de entrada con datos de precipitación mensual del mes de noviembre, octubre y setiembre, 6 neuronas en la capa oculta y una neurona en la capa de salida.

Cada uno de los modelos de RNA en referencia al objetivo de los datos observados por SENAMHI tiene salida de la precipitación corregida.

El cuadro de las precipitaciones corregidas según cada RNA se presenta en la **Tabla 112**.

Tabla 112. Salida de las diferentes arquitecturas, mes de noviembre – Kayra.

PROCEDIMIENTO	ROW	AÑO	SET	OCT	NOV	OBJETIVO	RNA_T	RNA_T_1	RNA_T_2
TRN	0	1981	22.67	73.73	101.00	120.80	123.95	115.44	116.28
TRN	1	1982	13.40	37.02	104.17	122.50	135.02	128.14	133.82
TRN	2	1983	10.56	16.90	46.12	44.30	49.09	52.85	58.48
TRN	3	1984	9.55	48.26	78.42	69.40	87.79	86.15	79.99
TRN	4	1985	21.44	54.59	103.74	116.50	134.07	123.80	115.07
TRN	5	1986	10.38	21.97	39.63	69.60	45.36	47.37	53.31
TRN	6	1987	7.67	21.09	85.87	101.80	90.38	104.33	118.58
TRN	7	1988	10.40	18.26	38.48	47.60	44.86	47.00	53.33
TRN	8	1989	7.72	33.79	55.88	60.70	58.57	59.56	64.09
TRN	9	1990	12.70	55.33	97.06	86.90	103.95	113.76	105.30
TRN	10	1991	9.23	32.93	51.63	83.60	53.82	55.51	58.85
TRN	11	1992	6.88	38.23	66.46	117.40	73.57	71.21	75.62
TRN	12	1993	10.55	46.93	106.91	111.90	137.44	129.77	134.50
TRN	13	1994	14.63	50.95	46.27	40.50	49.20	48.84	38.97
TRN	14	1995	17.51	29.22	49.39	70.20	51.71	54.01	48.93
TRN	15	1996	8.03	44.10	54.64	49.00	57.09	56.74	56.30
TRN	16	1997	8.27	31.03	103.93	201.50	134.51	129.04	149.90
TRN	17	1998	8.78	31.82	66.48	49.70	73.60	72.52	76.81
TRN	18	1999	25.30	33.77	54.95	39.70	57.45	58.60	41.34
TRN	19	2000	12.43	53.45	41.94	29.30	46.49	45.70	38.13
TRN	20	2001	13.22	76.81	91.82	96.80	91.67	100.39	92.68
TRN	21	2002	16.73	61.71	87.37	97.80	90.45	96.98	81.70
TRN	22	2003	10.47	35.49	41.37	23.10	46.19	47.12	49.25
TRN	23	2004	16.54	38.84	67.83	60.90	75.59	72.91	59.18
TRN	24	2005	8.78	31.58	56.02	59.30	58.75	60.05	64.10
VLD	25	2006	9.81	62.35	84.03	67.80	90.18	91.55	78.93
VLD	26	2007	8.44	50.12	71.44	72.23	80.61	75.52	69.54
VLD	27	2008	15.38	57.52	67.22	90.20	74.70	68.45	50.99
VLD	28	2009	12.38	29.90	130.23	88.70	88.70	156.21	173.65
VLD	29	2010	12.99	67.97	44.21	40.00	47.81	45.73	35.03
VLD	30	2011	24.36	45.02	81.69	60.20	89.55	91.99	69.06
VLD	31	2012	28.31	25.84	110.45	138.20	134.24	138.22	127.58
VLD	32	2013	16.83	98.30	82.83	86.00	89.92	81.44	86.00
VLD	33	2014	22.22	62.26	34.74	29.60	43.55	41.13	31.10
VLD	34	2015	16.83	24.86	46.46	48.60	49.34	52.10	50.79
VLD	35	2016	30.32	75.41	30.91	28.00	42.59	38.70	31.00
TST	36	2017	22.68	69.85	112.31	61.40	131.02	132.14	134.30

Los valores del objetivo son los valores de la precipitación según SENAMHI.

TRN: Train – Entrenamiento.

VLD: Validation – Validación.

TST: Test – Prueba.

Según el diagrama de Taylor, el modelo RNA-1(NOV_T), tiene el mejor comportamiento en la correlación, RMSE, aunque no en la desviación estándar; por lo tanto, es el seleccionado.

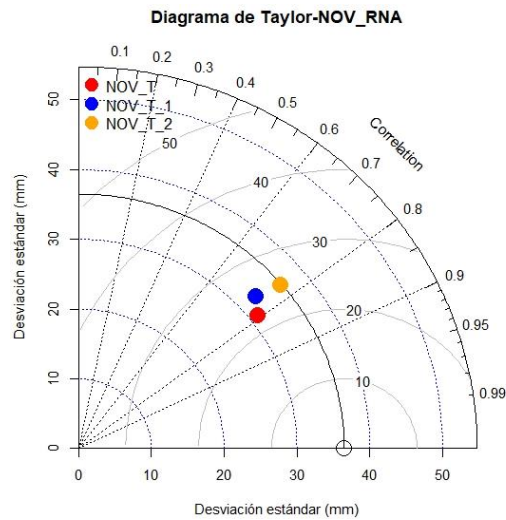


Figura 159. Selección de arquitectura óptima de los modelos RNA-1(NOV_T), RNA-2(NOV_T_1), RNA-3 (NOV_T_2), mes de noviembre – Kayra.

La diferencia en la serie de tiempo antes y después de la corrección se muestra a continuación.

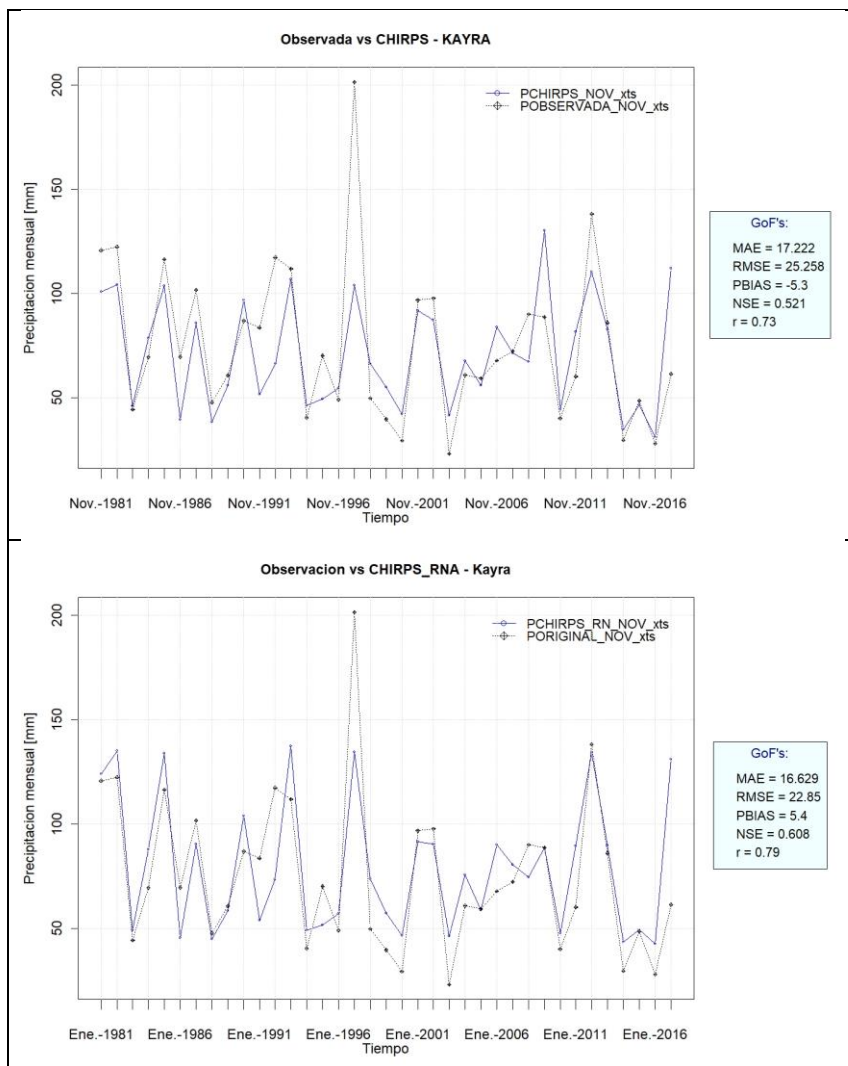


Figura 160. Serie de tiempo antes y después de corrección mediante RNA, noviembre–Kayra.



Mes de diciembre – Estación Kayra

(N) DIC	(N) DIC_SENAMHI	(N) NOV	(N) DIC	(N) DIC_SENAMHI	(N) OCT	(N) NOV	(N) DIC	(N) DIC_SENAMHI
TRN 117.13	144.3	TRN 101	117.13	144.3	TRN 73.73	101	117.13	144.3
TRN 51.89	98.6	TRN 104.17	51.89	98.6	TRN 37.02	104.17	51.89	98.6
TRN 78.45	100.2	TRN 46.12	78.45	100.2	TRN 16.9	46.12	78.45	100.2
TRN 74.16	102.8	TRN 78.42	74.16	102.8	TRN 48.26	78.42	74.16	102.8
TRN 103.08	122.4	TRN 103.74	103.08	122.4	TRN 54.59	103.74	103.08	122.4
TRN 56.74	102.7	TRN 39.63	56.74	102.7	TRN 21.97	39.63	56.74	102.7
TRN 86.42	107.6	TRN 85.87	86.42	107.6	TRN 21.09	85.87	86.42	107.6
TRN 94.76	103.7	TRN 38.48	94.76	103.7	TRN 18.26	38.48	94.76	103.7
TRN 61.57	88.5	TRN 55.88	61.57	88.5	TRN 33.79	55.88	61.57	88.5
TRN 87.97	66.5	TRN 97.06	87.97	66.5	TRN 55.33	97.06	87.97	66.5
TRN 74.48	99	TRN 51.63	74.48	99	TRN 32.93	51.63	74.48	99
TRN 67.91	57	TRN 66.46	67.91	57	TRN 38.23	66.46	67.91	57
TRN 146.12	201.5	TRN 106.91	146.12	201.5	TRN 46.93	106.91	146.12	201.5
TRN 129.55	119.9	TRN 46.27	129.55	119.9	TRN 50.95	46.27	129.55	119.9
TRN 81.06	102.6	TRN 49.39	81.06	102.6	TRN 29.22	49.39	81.06	102.6
TRN 125.98	133.2	TRN 54.64	125.98	133.2	TRN 44.1	54.64	125.98	133.2
TRN 117.03	148.4	TRN 103.93	117.03	148.4	TRN 31.03	103.93	117.03	148.4
TRN 75.65	58.9	TRN 66.48	75.65	58.9	TRN 31.82	66.48	75.65	58.9
TRN 125.46	119.5	TRN 54.95	125.46	119.5	TRN 33.77	54.95	125.46	119.5
TRN 92.75	82	TRN 41.94	92.75	82	TRN 53.45	41.94	92.75	82
TRN 91.62	89.4	TRN 91.82	91.62	89.4	TRN 76.81	91.82	91.62	89.4
TRN 135.09	132.4	TRN 87.37	135.09	132.4	TRN 61.71	87.37	135.09	132.4
TRN 117.9	123.8	TRN 41.37	117.9	123.8	TRN 35.49	41.37	117.9	123.8
TRN 102.81	87.9	TRN 67.83	102.81	87.9	TRN 38.84	67.83	102.81	87.9
TRN 85.73	102.5	TRN 56.02	85.73	102.5	TRN 31.58	56.02	85.73	102.5
VLD 127.46	147.2	VLD 84.03	127.46	147.2	VLD 62.35	84.03	127.46	147.2
VLD 107.29	88.4	VLD 71.44	107.29	88.4	VLD 50.12	71.44	107.29	88.4
VLD 139.25	131.9	VLD 67.22	139.25	131.9	VLD 57.52	67.22	139.25	131.9
VLD 107.92	82.9	VLD 130.23	107.92	82.9	VLD 29.9	130.23	107.92	82.9
VLD 182.11	172.7	VLD 44.21	182.11	172.7	VLD 67.97	44.21	182.11	172.7
VLD 119.72	110.2	VLD 81.69	119.72	110.2	VLD 45.02	81.69	119.72	110.2
VLD 185.1	179.5	VLD 110.45	185.1	179.5	VLD 25.84	110.45	185.1	179.5
VLD 160.68	159.4	VLD 82.83	160.68	159.4	VLD 98.3	82.83	160.68	159.4
VLD 118.05	152.1	VLD 34.74	118.05	152.1	VLD 62.26	34.74	118.05	152.1
VLD 137.01	113	VLD 46.46	137.01	113	VLD 24.86	46.46	137.01	113
VLD 133.96	89.8	VLD 30.91	133.96	89.8	VLD 75.41	30.91	133.96	89.8
TST 148.74	101.7	TST 112.31	148.74	101.7	TST 69.85	112.31	148.74	101.7

Análisis de distribución de datos. RNA-1 = DIC (t)

Análisis de distribución de datos. RNA-2 = DIC (t, t-1)

Análisis de distribución de datos. RNA-3 = DIC (t, t-1, t-2)

Encoded Columns	Encoded Data
DIC	DIC
DIC_SENAMHI	DIC_SENAMHI
-0.020494	0.604152
-1	0.287889
-0.601231	0.298962
-0.665641	0.316955
-0.231439	0.452595
-0.927183	0.316263
-0.48157	0.350173
-0.356355	0.323183
-0.854666	0.217993
-0.458299	0.065744
-0.660836	0.290657
-0.759478	0
0.414759	1
0.165979	0.435294
-0.562045	0.315571
0.112379	0.527336
-0.021995	0.632526
-0.64327	0.013149
0.104572	0.432526
-0.386533	0.17301
-0.403498	0.224221
0.249155	0.521799
-0.008933	0.462284
-0.235493	0.213841
-0.49193	0.314879
0.1346	0.624221
-0.168231	0.217301
0.311613	0.518339
-0.158772	0.179239
0.955108	0.800692
0.018392	0.368166
Format	numerical
Scaling range	[-1..1]
Encoded into	1 columns
Min	51.89
Max	185.1
Mean	109.421622
Std. deviation	32.462944
Scaling factor	0.015014

Normalización de datos. RNA-1 = DIC (t)

Encoded Columns	Encoded Data	
NOV	NOV	
DIC	DIC	
DIC_SENAMHI	DIC_SENAMHI	
0.411398	-0.020494	0.604152
0.475232	-1	0.287889
-0.693717	-0.601231	0.298962
-0.043294	-0.665641	0.316955
0.466573	-0.231439	0.452595
-0.824406	-0.927183	0.316263
0.106726	-0.48157	0.350173
-0.847563	-0.356355	0.323183
-0.497181	-0.854666	0.217993
0.332058	-0.458299	0.065744
-0.582763	-0.660836	0.290657
-0.284132	-0.759478	0
0.530407	0.414759	1
-0.690697	0.165979	0.435294
-0.62787	-0.562045	0.315571
-0.522151	0.112379	0.527336
0.470399	-0.021995	0.632526
-0.283729	-0.64327	0.013149
-0.515908	0.104572	0.432526
-0.77789	-0.386533	0.17301
0.22654	-0.403498	0.224221
0.136931	0.249155	0.521799
-0.789368	-0.008933	0.462284
-0.256545	-0.235493	0.213841
-0.494362	-0.49193	0.314879
0.069674	0.1346	0.624221
-0.18385	-0.168231	0.217301
-0.268828	0.311613	0.518339
1	-0.158772	0.179239
-0.732179	0.955108	0.800692
0.022553	0.018392	0.368166
Format	numerical	
Scaling range	[-1..1]	
Encoded into	1 columns	
Min	30.91	
Max	130.23	
Mean	71.186486	
Std. deviation	26.210748	
Scaling factor	0.020137	

Normalización de datos. RNA-2 = DIC (t, t-1)

Encoded Columns	Encoded Data		
OCT	OCT		
NOV	NOV		
DIC	DIC		
DIC_SENAMHI	DIC_SENAMHI		
0.396314	0.411398	-0.020494	0.604152
-0.505651	0.475232	-1	0.287889
-1	-0.693717	-0.601231	0.298962
-0.229484	-0.043294	-0.665641	0.316955
-0.073956	0.466573	-0.231439	0.452595
-0.87543	-0.824406	-0.927183	0.316263
-0.897052	0.106726	-0.48157	0.350173
-0.966585	-0.847563	-0.356355	0.323183
-0.585012	-0.497181	-0.854666	0.217993
-0.055774	0.332058	-0.458299	0.065744
-0.606143	-0.582763	-0.660836	0.290657
-0.475921	-0.284132	-0.759478	0
-0.262162	0.530407	0.414759	1
-0.163391	-0.690697	0.165979	0.435294
-0.697297	-0.62787	-0.562045	0.315571
-0.331695	-0.522151	0.112379	0.527336
-0.652826	0.470399	-0.021995	0.632526
-0.633415	-0.283729	-0.64327	0.013149
-0.585054	-0.515908	0.104572	0.432526
-0.101966	-0.77789	-0.386533	0.17301
0.47199	0.22654	-0.403498	0.224221
0.100983	0.136931	0.249155	0.521799
-0.543243	-0.789368	-0.008933	0.462284
-0.460934	-0.256545	-0.235493	0.213841
-0.639312	-0.494362	-0.49193	0.314879
0.116708	0.069674	0.1346	0.624221
-0.183784	-0.18385	-0.168231	0.217301
-0.001966	-0.268828	0.311613	0.518339
-0.68059	1	-0.158772	0.179239
0.254791	-0.732179	0.955108	0.800692
-0.309091	0.022553	0.018392	0.368166
-0.780344	0.601692	1	0.847751
Scaling range	[-1..1]		
Encoded into	1 columns		
Min	16.9		
Max	98.3		
Mean	45.6		
Std. deviation	18.857442		
Scaling factor	0.02457		

Normalización de datos. RNA-3 = DIC (t, t-1, t-2)

Figura 161. Análisis y Preprocesamiento (normalización) de los datos para los modelos RNA-1, RNA-2 y RNA-3, mes de diciembre – Kayra.

En la **Figura 161**, se muestra la selección de datos: 68% para el entrenamiento, 30 % para la validación y 3% para el test, luego se normaliza los datos dentro de la escala de [-1,1].

Posteriormente se procede a la búsqueda de la arquitectura de RNA para su entrenamiento y validación de acuerdo a los modelos planteados. Se tienen las arquitecturas simplificadas según las variables consideradas como entradas a la RNA.

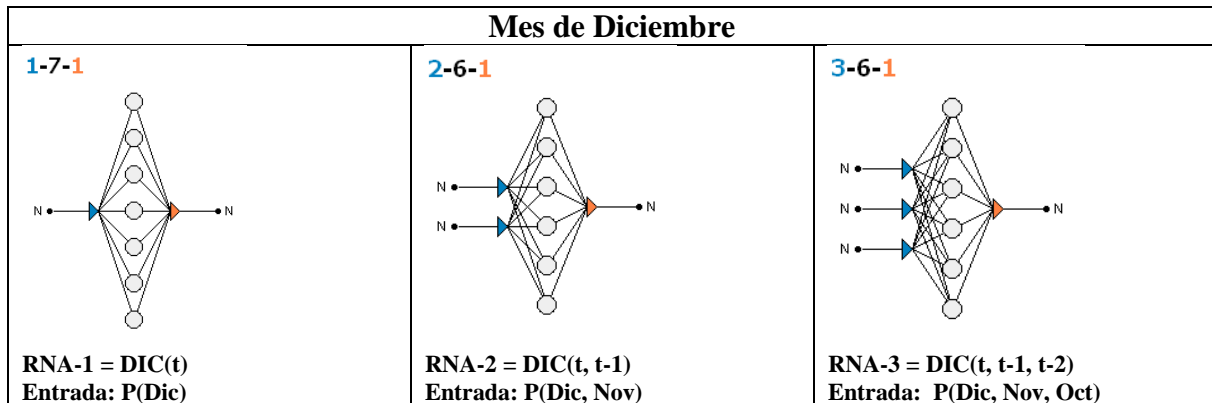


Figura 162. Modelos de RNA planteados para la corrección de datos del mes de diciembre - Kayra.

RNA-1: modelo de red neuronal de una variable de entrada que conforma una neurona de entrada con datos de precipitación mensual del mes de diciembre, 7 neuronas en la capa oculta y una neurona en la capa de salida.

RNA-2: modelo de red neuronal de 2 variables de entrada que conforma 2 neuronas de entrada con datos de precipitación mensual del mes de diciembre y noviembre, 6 neuronas en la capa oculta y una neurona en la capa de salida.

RNA-3: modelo de red neuronal de 3 variables de entrada que conforman 3 neuronas de entrada con datos de precipitación mensual del mes de diciembre, noviembre y octubre y setiembre, 6 neuronas en la capa oculta y una neurona en la capa de salida.

Cada uno de los modelos de RNA en referencia al objetivo de los datos observados por SENAMHI tiene salida de la precipitación corregida.

El cuadro de las precipitaciones corregidas según cada RNA se presenta en la tabla.

Tabla 113. Salida de las diferentes arquitecturas, mes de diciembre – Kayra.

PROCEDIMIENTO	ROW	AÑO	OCT	NOV	DIC	OBJETIVO	RNA_T	RNA_T_1	RNA_T_2
TRN	0	1981	73.73	101.00	117.13	144.30	124.00	145.99	130.38
TRN	1	1982	37.02	104.17	51.89	98.60	80.65	99.81	87.77
TRN	2	1983	16.90	46.12	78.45	100.20	93.39	96.15	90.31
TRN	3	1984	48.26	78.42	74.16	102.80	90.86	86.41	92.99
TRN	4	1985	54.59	103.74	103.08	122.40	111.56	114.87	121.04
TRN	5	1986	21.97	39.63	56.74	102.70	82.49	104.62	80.87
TRN	6	1987	21.09	85.87	86.42	107.60	98.61	89.94	104.70
TRN	7	1988	18.26	38.48	94.76	103.70	104.77	95.25	97.49
TRN	8	1989	33.79	55.88	61.57	88.50	84.53	85.37	84.04
TRN	9	1990	55.33	97.06	87.97	66.50	99.70	90.47	106.41
TRN	10	1991	32.93	51.63	74.48	99.00	91.04	103.04	88.61
TRN	11	1992	38.23	66.46	67.91	57.00	87.52	70.71	88.07
TRN	12	1993	46.93	106.91	146.12	201.50	149.16	199.49	156.74
TRN	13	1994	50.95	46.27	129.55	119.90	135.25	120.65	123.84
TRN	14	1995	29.22	49.39	81.06	102.60	95.02	98.88	91.56
TRN	15	1996	44.10	54.64	125.98	133.20	132.05	124.52	124.40
TRN	16	1997	31.03	103.93	117.03	148.40	123.91	148.67	135.47
TRN	17	1998	31.82	66.48	75.65	58.90	91.72	69.34	92.19
TRN	18	1999	33.77	54.95	125.46	119.50	131.58	125.11	125.06
TRN	19	2000	53.45	41.94	92.75	82.00	103.22	94.42	94.81
TRN	20	2001	76.81	91.82	91.62	89.40	102.37	94.27	105.80
TRN	21	2002	61.71	87.37	135.09	132.40	140.11	133.20	141.88
TRN	22	2003	35.49	41.37	117.90	123.80	124.70	126.86	113.72
TRN	23	2004	38.84	67.83	102.81	87.90	111.33	87.83	110.02
TRN	24	2005	31.58	56.02	85.73	102.50	98.13	100.03	95.45
VLD	25	2006	62.35	84.03	127.46	147.20	133.38	115.54	134.36
VLD	26	2007	50.12	71.44	107.29	88.40	115.19	87.27	113.82
VLD	27	2008	57.52	67.22	139.25	131.90	143.64	129.72	138.91
VLD	28	2009	29.90	130.23	107.92	82.90	115.74	152.02	137.00
VLD	29	2010	67.97	44.21	182.11	172.70	170.61	172.70	161.15
VLD	30	2011	45.02	81.69	119.72	110.20	126.36	109.33	128.55
VLD	31	2012	25.84	110.45	185.10	179.50	171.84	201.19	174.97
VLD	32	2013	98.30	82.83	160.68	159.40	159.40	186.91	155.60
VLD	33	2014	62.26	34.74	118.05	152.10	124.84	129.59	109.34
VLD	34	2015	24.86	46.46	137.01	113.00	141.75	115.27	132.92
VLD	35	2016	75.41	30.91	133.96	89.80	139.13	125.44	119.90
TST	36	2017	69.85	112.31	148.74	101.70	151.16	200.78	157.95

Los valores del objetivo son los valores de la precipitación según SENAMHI.

TRN: Train – Entrenamiento.

VLD: Validation – Validación.

TST: Test – Prueba.

Según el diagrama de Taylor, el modelo RNA-2(DIC_T_1), tiene el mejor comportamiento en la correlación, RMSE y en la desviación estándar; por lo tanto, es el seleccionado.

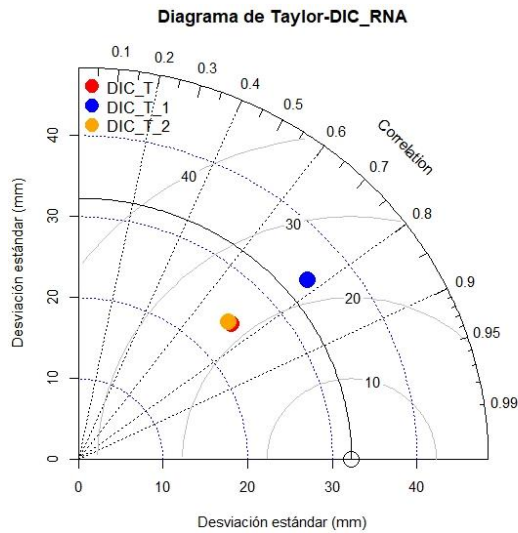


Figura 163. Selección de arquitectura óptima de los modelos RNA-1(DIC_T), RNA-2(DIC_T_1), RNA-3 (DIC_T_2), mes de diciembre – Kayra.

La diferencia en la serie de tiempo antes y después de la corrección se muestra a continuación.

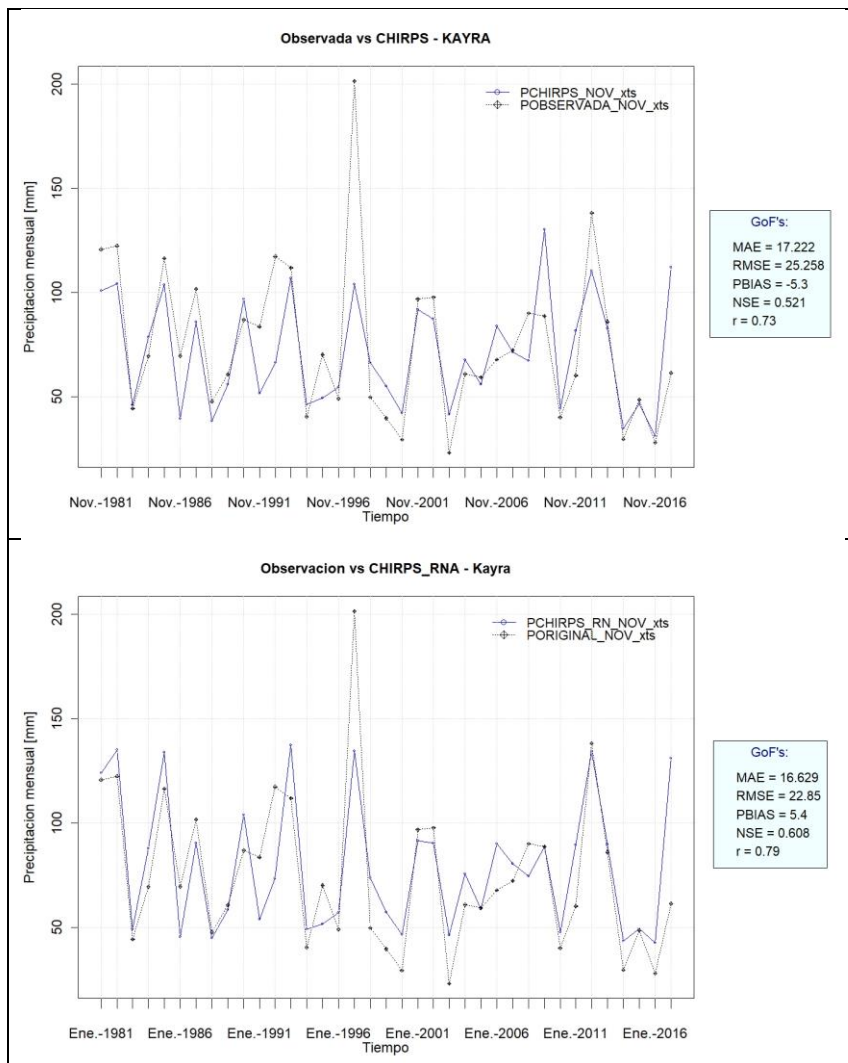


Figura 164. Serie de tiempo antes y después de corrección mediante RNA, diciembre–Kayra

Tabla 114. Resumen de las arquitecturas para cada modelo de RNA – Estación Kayra.

VARIABLES KAYRA	
ENE (t)	[1-6-1]
ENE (t-1)	[2-6-1]
ENE (t-2)	[3-6-1]
FEB (t)	[1-6-1]
FEB (t-1)	[2-7-1]
FEB (t-2)	[3-6-1]
MAR (t)	0
MAR (t-1)	0
MAR (t-2)	0
ABR (t)	[1-7-1]
ABR (t-1)	[2-13-1]
ABR (t-2)	[3-6-1]
MAY (t)	[1-10-1]
MAY (t-1)	[2-7-1]
MAY (t-2)	[3-13-1]
JUN (t)	0
JUN (t-1)	0
JUN (t-2)	0
JUL (t)	[1-15-1]
JUL (t-1)	[2-14-1]
JUL (t-2)	[3-13-1]
AGO (t)	[1-10-1]
AGO (t-1)	[2-7-1]
AGO (t-2)	[3-6-1]
SET (t)	0
SET (t-1)	0
SET (t-2)	0
OCT (t)	[1-7-1]
OCT (t-1)	[2-7-1]
OCT (t-2)	[3-6-1]
NOV (t)	[1-6-1]
NOV (t-1)	[2-7-1]
NOV (t-2)	[3-6-1]
DIC (t)	[1-7-1]
DIC (t-1)	[2-6-1]
DIC (t-2)	[3-6-1]

Así como se describió anteriormente la corrección por cada mes para la estación de Kayra, se procede a la corrección para los 12 meses de las 30 estaciones restantes.

Es así que se presenta los cuadros resumiendo las arquitecturas de RNA para cada modelo planteado y para cada una de las estaciones CHIRPS.

3.6.6.4. Resumen de arquitecturas obtenidas

Se presenta como resumen las arquitecturas obtenidas para la precipitación mensual por cada mes para cada estación.



Tabla 115. Resumen de arquitecturas de RNA para cada modelo planteado – primera parte.

VARIABLES	CUNYAC	COLQUEPATA	CHITAPAMPA	SAN GABAN	NUÑO	QUILLABAMBA	KAYRA	QUEBRADA	CHALLABAMBA	CHONTACHACA	CURAHUASI	MACHUPICCHU	URUBAMBA	ANTA	CALCA
ENE (t)	[1-13-1]	[1-10-1]	[1-7-1]	0	[1-7-1]	[1-6-1]	[1-6-1]	[1-11-1]	0	[1-7-1]	[1-10-1]	[1-6-1]	[1-6-1]	0	[1-6-1]
ENE (t-1)	[2-8-1]	[2-6-1]	[2-7-1]	0	[2-6-1]	[2-6-1]	[2-6-1]	[2-7-1]	[2-6-1]	[2-9-1]	[2-6-1]	[2-8-1]	[2-15-1]	0	[2-6-1]
ENE (t-2)	[3-17-1]	0	[3-6-1]	0	[3-6-1]	[3-6-1]	[3-6-1]	[3-15-1]	[3-6-1]	[3-6-1]	[3-15-1]	[3-12-1]	[3-6-1]	[3-15-1]	[3-6-1]
FEB (t)	[1-8-1]	0	0	0	[1-6-1]	[1-6-1]	[1-6-1]	0	[1-6-1]	[1-6-1]	[1-9-1]	[1-6-1]	[1-6-1]	[1-13-1]	0
FEB (t-1)	[2-20-1]	[2-6-1]	[2-6-1]	0	[2-7-1]	[2-6-1]	[2-7-1]	[2-12-1]	[2-6-1]	[2-6-1]	[2-6-1]	[2-6-1]	[2-6-1]	0	0
FEB (t-2)	[3-13-1]	0	[3-7-1]	0	[3-6-1]	[3-6-1]	[3-6-1]	[3-15-1]	[3-6-1]	0	[3-15-1]	[3-12-1]	[3-8-1]	0	[3-11-1]
MAR (t)	0	[1-6-1]	0	[1-6-1]	0	0	0	0	0	0	[1-13-1]	[1-6-1]	[1-6-1]	0	[1-11-1]
MAR (t-1)	[2-6-1]	[2-7-1]	0	[2-6-1]	0	0	0	0	0	0	[2-11-1]	[2-6-1]	0	0	0
MAR (t-2)	0	[3-6-1]	0	[3-15-1]	0	0	0	0	0	0	[3-10-1]	[3-6-1]	[3-6-1]	0	[3-15-1]
ABR (t)	[1-13-1]	0	0	[1-7-1]	[1-6-1]	[1-11-1]	[1-7-1]	0	[1-6-1]	[1-7-1]	0	[1-6-1]	[1-6-1]	0	[1-13-1]
ABR (t-1)	0	0	[2-12-1]	0	[2-6-1]	[2-9-1]	[2-13-1]	0	[2-7-1]	0	0	[2-7-1]	[2-7-1]	[2-13-1]	[2-10-1]
ABR (t-2)	0	[3-7-1]	[3-7-1]	0	[3-6-1]	[3-6-1]	[3-6-1]	[3-14-1]	[3-6-1]	0	0	[3-6-1]	[3-15-1]	[3-15-1]	[3-15-1]
MAY (t)	0	[1-7-1]	[1-9-1]	0	[1-13-1]	0	[1-10-1]	0	[1-7-1]	0	0	[1-6-1]	0	[1-11-1]	[1-6-1]
MAY (t-1)	0	0	0	0	[2-11-1]	0	[2-7-1]	[2-6-1]	[2-9-1]	0	0	[2-6-1]	0	[2-6-1]	0
MAY (t-2)	0	[3-9-1]	0	0	[3-6-1]	[3-8-1]	[3-13-1]	[3-9-1]	[3-7-1]	0	0	[3-6-1]	0	[3-6-1]	[3-11-1]
JUN (t)	0	[1-7-1]	0	[1-2-1]	[1-9-1]	0	0	0	[1-9-1]	0	[1-15-1]	[1-6-1]	0	[1-6-1]	[1-6-1]
JUN (t-1)	0	[2-6-1]	0	[2-10-1]	0	[2-9-1]	0	[2-6-1]	0	0	[2-15-1]	[2-7-1]	0	[2-11-1]	[2-15-1]
JUN (t-2)	0	[3-7-1]	0	[3-15-1]	[3-6-1]	[3-15-1]	0	[3-6-1]	0	0	[3-11-1]	[3-6-1]	0	[3-9-1]	0
JUL (t)	0	0	0	0	0	0	[1-15-1]	0	0	0	0	[1-6-1]	0	0	0
JUL (t-1)	0	0	0	[2-9-1]	0	0	[2-14-1]	0	0	0	0	[2-6-1]	0	0	[2-15-1]
JUL (t-2)	0	0	0	0	[3-6-1]	0	[3-13-1]	0	0	0	0	[3-6-1]	0	0	[3-13-1]
AGO (t)	[1-6-1]	[1-6-1]	[1-9-1]	[1-6-1]	[1-9-1]	[1-6-1]	[1-10-1]	0	[1-7-1]	0	[1-9-1]	[1-15-1]	[1-8-1]	[1-13-1]	[1-7-1]
AGO (t-1)	[2-15-1]	[2-6-1]	[2-6-1]	[2-11-1]	[2-6-1]	[2-6-1]	[2-7-1]	0	[2-6-1]	0	[2-7-1]	[2-10-1]	[2-6-1]	[2-15-1]	[2-7-1]
AGO (t-2)	[3-15-1]	[3-6-1]	[3-6-1]	[3-10-1]	[3-11-1]	[3-6-1]	[3-6-1]	0	[3-6-1]	0	[3-15-1]	0	[3-6-1]	[3-12-1]	[3-9-1]
SET (t)	[1-10-1]	0	0	[1-13-1]	0	0	0	0	[1-9-1]	0	0	[1-7-1]	0	[1-15-1]	[1-13-1]
SET (t-1)	[2-10-1]	[2-8-1]	0	0	0	[2-15-1]	0	0	[2-11-1]	0	0	0	[2-6-1]	[2-10-1]	[2-9-1]
SET (t-2)	[3-15-1]	[3-6-1]	0	0	[3-6-1]	0	0	0	[3-7-1]	0	0	0	0	[3-13-1]	[3-8-1]
OCT (t)	[1-15-1]	[1-6-1]	0	[1-6-1]	[1-6-1]	[1-6-1]	[1-7-1]	[1-6-1]	0	[1-9-1]	[1-10-1]	[1-6-1]	[1-10-1]	0	[1-9-1]
OCT (t-1)	[2-12-1]	[2-6-1]	0	[2-9-1]	[2-6-1]	[2-7-1]	[2-7-1]	[2-6-1]	[2-12-1]	[2-6-1]	0	[2-6-1]	[2-9-1]	0	[2-7-1]
OCT (t-2)	0	[3-6-1]	0	[3-8-1]	[3-10-1]	[3-6-1]	[3-6-1]	[3-6-1]	0	[3-6-1]	0	0	[3-9-1]	[3-15-1]	[3-7-1]
NOV (t)	[1-6-1]	0	[1-9-1]	[1-11-1]	[1-9-1]	[1-11-1]	[1-6-1]	[1-6-1]	[1-9-1]	[1-7-1]	0	[1-6-1]	[1-8-1]	[1-6-1]	[1-10-1]
NOV (t-1)	[2-9-1]	[2-6-1]	[2-6-1]	[2-13-1]	[2-6-1]	[2-6-1]	[2-7-1]	[2-6-1]	[2-9-1]	[2-6-1]	0	[2-6-1]	[2-10-1]	[2-11-1]	[2-11-1]
NOV (t-2)	0	[3-6-1]	[3-6-1]	[3-13-1]	[3-7-1]	[3-6-1]	[3-6-1]	[3-6-1]	[3-6-1]	[3-6-1]	0	[3-7-1]	[3-6-1]	[3-6-1]	[3-10-1]
DIC (t)	[1-6-1]	[1-9-1]	[1-6-1]	0	0	[1-11-1]	[1-7-1]	[1-10-1]	0	[1-6-1]	[1-15-1]	[1-7-1]	[1-6-1]	0	[1-11-1]
DIC (t-1)	[2-15-1]	[2-6-1]	[2-6-1]	0	[2-6-1]	[2-6-1]	[2-6-1]	[2-10-1]	[2-6-1]	[2-6-1]	[2-8-1]	[2-9-1]	[2-6-1]	0	[2-15-1]
DIC (t-2)	0	[3-7-1]	[3-6-1]	0	[3-6-1]	[3-6-1]	[3-6-1]	[3-6-1]	0	[3-6-1]	[3-15-1]	[3-6-1]	[3-6-1]	0	[3-7-1]

Arquitectura seleccionada



Tabla 116. Resumen de arquitecturas de RNA para cada modelo planteado - segunda parte.

VARIABLES	PARURO	ACOMAYO	PAUCARTAMBO	CCATCCA	OLLACHEA	COMBAPATA	SICUANI	MACUSANI	CAYCAY	POMACANCHI	SANTA ROSA	PISAQ	PERAYOC	YAURI	CHUQUIBAMBILLA	CRUCERO
ENE (t)	[1-7-1]	0	[1-7-1]	0	0	[1-6-1]	0	0	[1-6-1]	[1-9-1]	[1-9-1]	[1-12-1]	[1-6-1]	[1-7-1]	[1-6-1]	[1-6-1]
ENE (t-1)	[2-7-1]	0	[2-6-1]	0	0	[2-6-1]	0	0	[2-13-1]	[2-6-1]	[2-6-1]	[2-6-1]	[2-6-1]	[2-6-1]	[2-10-1]	0
ENE (t-2)	[3-6-1]	0	0	0	[3-9-1]	[3-6-1]	0	[3-6-1]	[3-15-1]	0	[3-10-1]	[3-8-1]	[3-11-1]	[3-13-1]	[3-6-1]	[3-6-1]
FEB (t)	[1-9-1]	0	[1-7-1]	0	[1-6-1]	[1-6-1]	[1-13-1]	0	0	[1-15-1]	[1-9-1]	[1-6-1]	[1-6-1]	[1-6-1]	[1-7-1]	0
FEB (t-1)	[2-6-1]	0	[2-6-1]	[2-11-1]	[2-6-1]	[2-7-1]	[2-11-1]	0	0	[2-11-1]	[2-6-1]	[2-10-1]	[2-10-1]	[2-11-1]	[2-6-1]	0
FEB (t-2)	[3-11-1]	0	[3-6-1]	0	[3-6-1]	[3-6-1]	[3-9-1]	0	0	[3-6-1]	[3-6-1]	[3-6-1]	[3-10-1]	[3-6-1]	[3-6-1]	0
MAR (t)	[1-6-1]	0	[1-8-1]	[1-6-1]	[1-9-1]	0	0	0	0	[1-6-1]	[1-9-1]	0	[1-9-1]	[1-6-1]	0	[1-6-1]
MAR (t-1)	[2-6-1]	[2-15-1]	[2-6-1]	[2-7-1]	[2-7-1]	[2-8-1]	[2-13-1]	0	0	[2-6-1]	[2-10-1]	0	[2-6-1]	[2-6-1]	0	[2-12-1]
MAR (t-2)	[3-6-1]	[3-14-1]	[3-6-1]	0	[3-6-1]	[3-6-1]	0	[3-9-1]	0	[3-7-1]	[3-6-1]	0	0	[3-6-1]	[3-9-1]	[3-7-1]
ABR (t)	[1-7-1]	0	[1-6-1]	[1-6-1]	[1-9-1]	[1-7-1]	[1-6-1]	[1-9-1]	[1-12-1]	[1-6-1]	[1-7-1]	[1-6-1]	[1-7-1]	[1-9-1]	[1-9-1]	[1-6-1]
ABR (t-1)	[2-12-1]	0	[2-12-1]	[2-6-1]	[2-6-1]	[2-6-1]	[2-6-1]	[2-11-1]	[2-6-1]	[2-6-1]	[2-6-1]	[2-7-1]	[2-7-1]	[2-14-1]	[2-6-1]	[2-6-1]
ABR (t-2)	0	[3-11-1]	[3-13-1]	0	[3-9-1]	[3-6-1]	[3-7-1]	[3-15-1]	[3-6-1]	[3-6-1]	[3-6-1]	[3-7-1]	[3-7-1]	[3-11-1]	[3-2-1]	[3-6-1]
MAY (t)	[1-9-1]	[1-9-1]	[1-7-1]	0	[1-7-1]	0	0	[1-11-1]	0	0	0	[1-8-1]	[1-9-1]	0	0	0
MAY (t-1)	[2-14-1]	[2-11-1]	[2-8-1]	[2-6-1]	[2-6-1]	0	0	[2-15-1]	[2-9-1]	0	0	[2-6-1]	[2-9-1]	0	0	0
MAY (t-2)	0	[3-13-1]	0	0	[3-11-1]	0	0	[3-6-1]	0	0	0	0	[3-11-1]	0	0	0
JUN (t)	[1-11-1]	[1-15-1]	[1-6-1]	0	[1-11-1]	[1-9-1]	0	[1-11-1]	[1-10-1]	0	[1-9-1]	0	0	[1-7-1]	[1-9-1]	[1-9-1]
JUN (t-1)	[2-9-1]	[2-8-1]	[2-6-1]	0	0	[2-9-1]	0	[2-11-1]	0	0	[2-7-1]	[2-13-1]	0	[2-10-1]	[2-6-1]	[2-15-1]
JUN (t-2)	[3-7-1]	[3-10-1]	[3-6-1]	0	0	[3-6-1]	0	[3-6-1]	0	0	[3-6-1]	0	0	[3-9-1]	[3-6-1]	[3-10-1]
JUL (t)	0	[1-9-1]	0	[1-9-1]	0	0	[1-6-1]	0	[1-9-1]	0	[1-11-1]	0	[1-11-1]	[1-9-1]	[1-12-1]	[1-15-1]
JUL (t-1)	0	[2-6-1]	0	[2-6-1]	0	[2-7-1]	[2-9-1]	0	[2-6-1]	[2-7-1]	[2-9-1]	0	[2-9-1]	0	[2-9-1]	[2-9-1]
JUL (t-2)	0	0	[3-6-1]	0	0	0	[3-6-1]	0	[3-6-1]	[3-6-1]	0	0	[3-6-1]	[3-12-1]	[3-9-1]	[3-9-1]
AGO (t)	[1-8-1]	[1-12-1]	[1-15-1]	[1-9-1]	0	[1-9-1]	[1-12-1]	[1-9-1]	[1-9-1]	[1-11-1]	0	[1-11-1]	[1-9-1]	[1-9-1]	[1-9-1]	[1-9-1]
AGO (t-1)	[2-7-1]	[2-13-1]	[2-6-1]	[2-6-1]	0	[2-6-1]	[2-7-1]	[2-9-1]	[2-7-1]	[2-7-1]	[2-7-1]	[2-9-1]	[2-13-1]	[2-6-1]	0	[2-7-1]
AGO (t-2)	[3-9-1]	[3-14-1]	[3-6-1]	[3-6-1]	0	[3-6-1]	[3-6-1]	[3-9-1]	[3-9-1]	[3-6-1]	0	[3-8-1]	[3-6-1]	[3-6-1]	[3-10-1]	[3-6-1]
SET (t)	[1-14-1]	0	0	0	0	[1-6-1]	[1-6-1]	0	0	[1-14-1]	[1-6-1]	[1-13-1]	0	[1-6-1]	[1-6-1]	0
SET (t-1)	[2-15-1]	[2-15-1]	[2-10-1]	0	0	[2-6-1]	[2-9-1]	0	0	[2-7-1]	[2-7-1]	[2-9-1]	0	[2-6-1]	[2-6-1]	0
SET (t-2)	[3-10-1]	0	[3-14-1]	0	0	[3-6-1]	0	0	0	[3-6-1]	[3-6-1]	[3-6-1]	0	[3-6-1]	[3-6-1]	0
OCT (t)	[1-7-1]	0	[1-6-1]	[1-6-1]	0	0	[1-6-1]	[1-14-1]	[1-6-1]	0	[1-9-1]	[1-6-1]	[1-6-1]	[1-1-1]	[1-9-1]	[1-6-1]
OCT (t-1)	[2-6-1]	0	0	[2-6-1]	[2-6-1]	0	0	[2-6-1]	[2-6-1]	0	[2-9-1]	[2-6-1]	[2-14-1]	[2-4-1]	[2-15-1]	[2-6-1]
OCT (t-2)	0	0	0	[3-6-1]	0	0	0	[3-12-1]	[3-8-1]	0	[3-6-1]	[3-7-1]	[3-6-1]	[3-1-1]	[3-15-1]	[3-8-1]
NOV (t)	[1-11-1]	[1-13-1]	[1-6-1]	[1-6-1]	[1-6-1]	0	[1-6-1]	[1-10-1]	[1-6-1]	[1-6-1]	[1-6-1]	[1-7-1]	0	[2-11-1]	[1-9-1]	[1-6-1]
NOV (t-1)	[2-6-1]	[2-15-1]	[2-9-1]	[2-6-1]	[2-6-1]	0	[2-6-1]	[2-6-1]	[2-6-1]	[2-15-1]	[2-6-1]	[2-6-1]	0	[2-6-1]	[2-6-1]	[2-9-1]
NOV (t-2)	[3-6-1]	[3-9-1]	[3-6-1]	[3-6-1]	[3-11-1]	0	[3-6-1]	[3-10-1]	[3-7-1]	[3-13-1]	[3-6-1]	[3-6-1]	0	[3-15-1]	[3-6-1]	[3-10-1]
DIC (t)	[1-6-1]	0	[1-6-1]	[1-6-1]	0	[1-7-1]	[1-10-1]	[1-7-1]	[1-6-1]	[1-7-1]	[1-6-1]	[1-7-1]	[1-6-1]	[1-9-1]	[1-6-1]	0
DIC (t-1)	[2-6-1]	0	[2-15-1]	[2-6-1]	0	[2-6-1]	[2-6-1]	[2-11-1]	[2-6-1]	[2-6-1]	[2-6-1]	[2-6-1]	[2-6-1]	0	[2-15-1]	0
DIC (t-2)	[3-6-1]	[3-12-1]	[3-15-1]	[3-6-1]	0	[3-15-1]	[3-6-1]	[3-6-1]	[3-6-1]	[3-6-1]	[3-6-1]	[3-6-1]	[3-7-1]	[3-6-1]	[3-11-1]	0

Arquitectura seleccionada

Como se puede apreciar en los cuadros 124, 125 y 126, no ha sido posible la corrección de la precipitación mensual de todos los meses porque las variables de entrada de dichos meses no convergen en un resultado respecto a la salida objetivo; por lo tanto, se presenta el grafico del resumen de los meses corregidos con los modelos de RNA por cada estación.

Tabla 117. Resumen de arquitecturas por modelo y estación.

ESTACION	RNA-1	RNA-2	RNA-3	TOTAL OBTENIDOS	TOTAL REQUERIDO	PORCENTAJE OBTENIDO
CUNYAC	2	5	2	9	12	75%
COLQUEPATA	1	5	5	11	12	92%
CHITAPAMPA	1	0	6	7	12	58%
SAN GABAN	3	3	2	8	12	67%
NUÑO A	6	3	2	11	12	92%
QUILLABAMBA	1	3	6	10	12	83%
KAYRA	4	2	3	9	12	75%
QUEBRADA	0	3	5	8	12	67%
CHALLABAMBA	3	3	4	10	12	83%
CHONTACHACA	2	2	2	6	12	50%
CURAHUASI	3	1	3	7	12	58%
MACHUPICCHU	1	3	8	12	12	100%
URUBAMBA	1	3	5	9	12	75%
ANTA	1	3	5	9	12	75%
CALCA	4	4	4	12	12	100%
PARURO	2	5	4	11	12	92%
ACOMAYO	1	3	5	9	12	75%
PAUCARTAMBO	3	7	2	12	12	100%
CCATCCA	2	5	2	9	12	75%
OLLACHEA	1	4	3	8	12	67%
COMBAPATA	1	3	5	9	12	75%
SICUANI	2	4	3	9	12	75%
MACUSANI	0	3	6	9	12	75%
CAYCAY	5	1	3	9	12	75%
POMACANCHI	3	3	3	9	12	75%
SANTA ROSA	3	4	4	11	12	92%
PISAQ	3	3	4	10	12	83%
PERAYOC	3	5	1	9	12	75%
YAURI	0	3	8	11	12	92%
CHUQUIBAMBILLA	2	2	7	11	12	92%
CRUCERO	2	0	6	8	12	67%
TOTAL	66	98	128	292	372	78%

Ademas se puede indicar que fue posible corregir el 78% de la totalidad de los datos mensuales estimados por satélite CHIRPS.

Se puede apreciar en *Figura 165*, que la estación Chontachaca tiene la mínima cantidad de meses corregidos 6 meses, y las estaciones Machupicchu, Calca y Paucartambo con 12 meses.

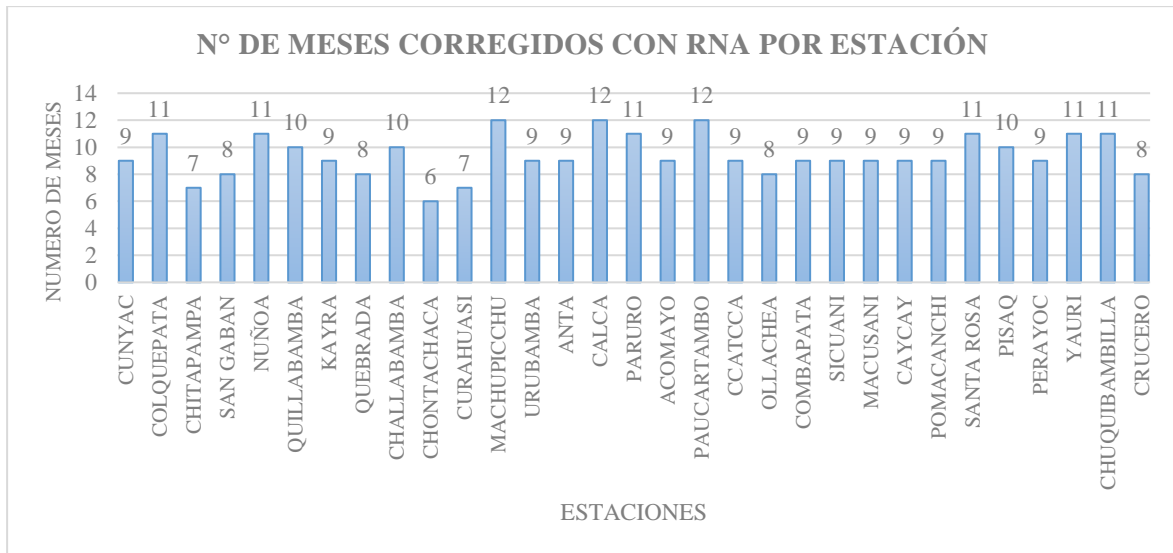


Figura 165. Número de meses corregidos con RNA por estación.

Como resumen total de la corrección a los datos mensuales por cada mes y para cada estación se tiene 66 und del modelo RNA-1, 98 und del modelo RNA-2 y 128 und del modelo RNA-3, haciendo un total de 292 modelos de RNA obtenidos.

Tabla 118. Resumen total de modelos de RNA obtenidos para las 31 estaciones.

MODELO	RNA-1	RNA-2	RNA-3	TOTAL
TOTAL	66	98	128	292
PORCENTAJE	23%	34%	44%	100%

Según el **Figura 166**, se puede apreciar que el modelo RNA-3 representa el 44% de toda la cantidad de modelos, el modelo RNA-2 el 33% y el modelo RNA-1 el 23%, por lo tanto, se demuestra que mayores a una variable de entrada garantizan la corrección mediante RNA.

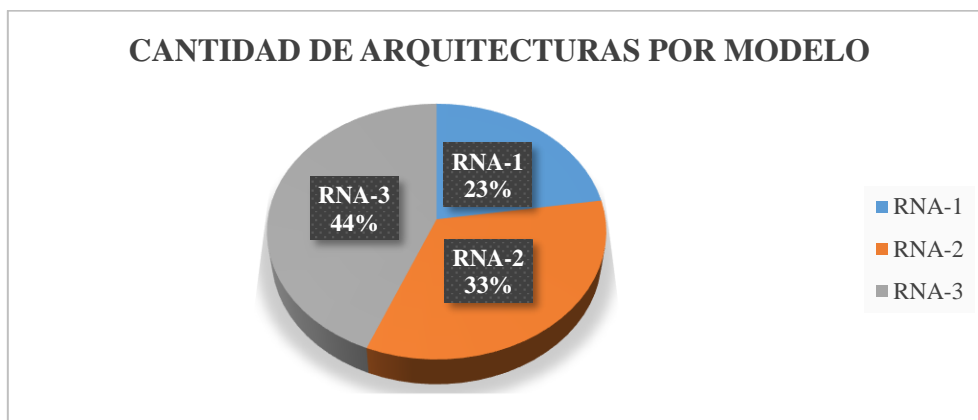


Figura 166. Porcentaje total de arquitecturas por modelos planteados.

3.6.6.5. Completación de datos faltantes luego de la corrección mediante RNA

En el proceso de corrección de datos mediante RNA se perdió datos a causa de que, en el análisis en cada mes, se presentó datos atípicos los cuales se tuvieron que eliminar para mejorar el rendimiento de los modelos de RNA.

Tabla 119. Cantidad de datos eliminados en el proceso de corrección mediante RNA.

ESTACIONES	CANTIDAD DE MESES CORREGIDOS MEDIANTE RNA			
	TOTAL	CON DATOS	SIN DATOS	% SIN DATOS
CUNYAC	444	440	4	1%
COLQUEPATA	444	436	8	2%
CHITAPAMPA	444	441	3	1%
SAN GABAN	444	437	7	2%
NUÑO A	444	436	8	2%
QUILLABAMBA	444	440	4	1%
KAYRA	444	441	3	1%
QUEBRADA	444	441	3	1%
CHALLABAMBA	444	438	6	1%
CHONTACHACA	444	444	0	0%
CURAHUASI	444	441	3	1%
MACHUPICCHU	444	439	5	1%
URUBAMBA	444	439	5	1%
ANTA	444	439	5	1%
CALCA	444	440	4	1%
PARURO	444	441	3	1%
ACOMAYO	444	441	3	1%
PAUCARTAMBO	444	436	8	2%
CCATCCA	444	441	3	1%
OLLACHEA	444	440	4	1%
COMBAPATA	444	439	5	1%
SICUANI	444	441	3	1%
MACUSANI	444	437	7	2%
CAYCAY	444	441	3	1%
POMACANCHI	444	442	2	0%
SANTA ROSA	444	438	6	1%
PISAQ	444	437	7	2%
PERAYOC	444	440	4	1%
YAURI	444	436	8	2%
CHUQUIBAMBILLA	444	430	14	3%
CRUCERO	444	434	10	2%
TOTAL	13764	13606	158	1%

El porcentaje de datos eliminados en el proceso de corrección de la precipitación estimada por satélite CHIRPS mediante RNA representa el sólo 1% de la cantidad total de datos, siendo mínima la pérdida de datos.

Es así que en la *Figura 167*, también se muestra los años con datos mensuales perdidos.

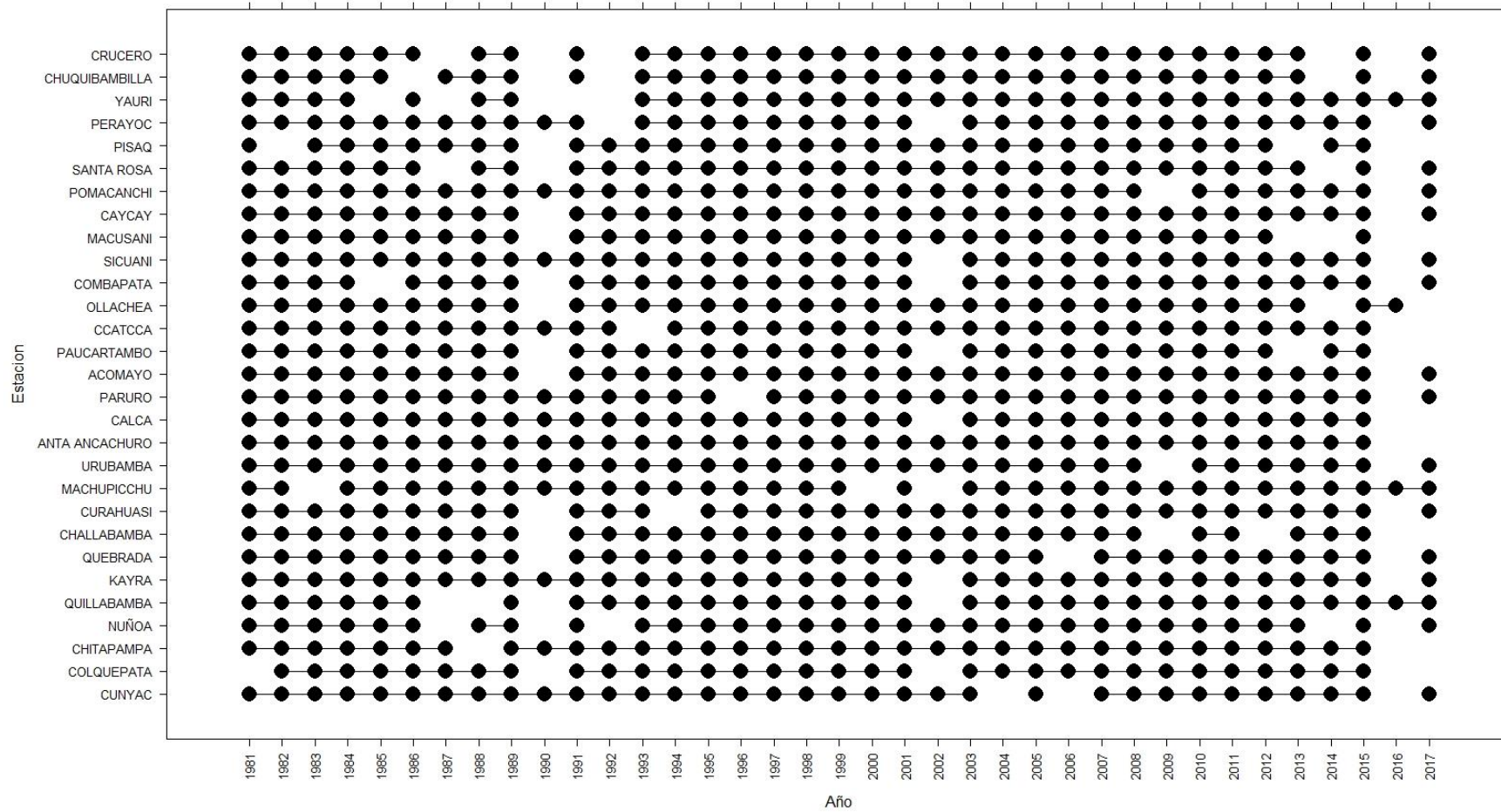


Figura 167. Años con datos mensuales perdidos por cada estación en el proceso de corrección mediante RNA.

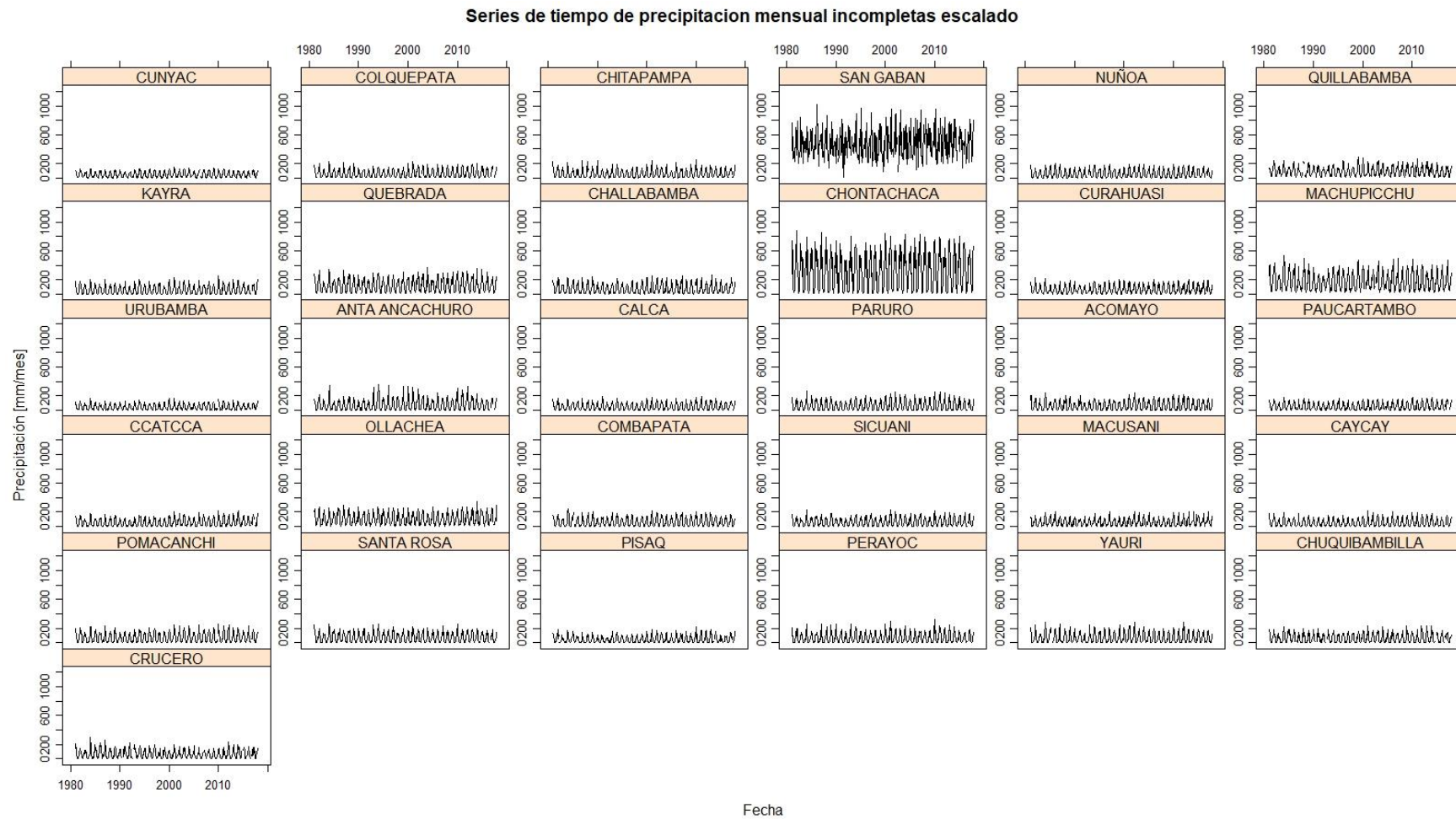


Figura 168. Series de tiempo de la precipitación mensual estimada por satélite corregida mediante RNA.

De la **Figura 168**, se puede indicar que las estaciones San Gaban y Chontachaca presentan valores de precipitación más altos que los otros.

Por lo tanto, se forman dos grupos según se indica:

Grupo 01. Se agrupa todas las estaciones sin considerar las estaciones Chontachaca y San Gaban. Se considera como umbral de correlación de 0.9.

Grupo 02. Se Agrupa las estaciones San Gaban, Quillabamba, Quebrada, Challabamba, Chontachaca y Ollachea por presentar comportamiento de la precipitación similares y por la ubicación geográfica (ceja de selva). Se considera como umbral de correlación de 0.8. formado para completar los datos de la estación San Gaban.

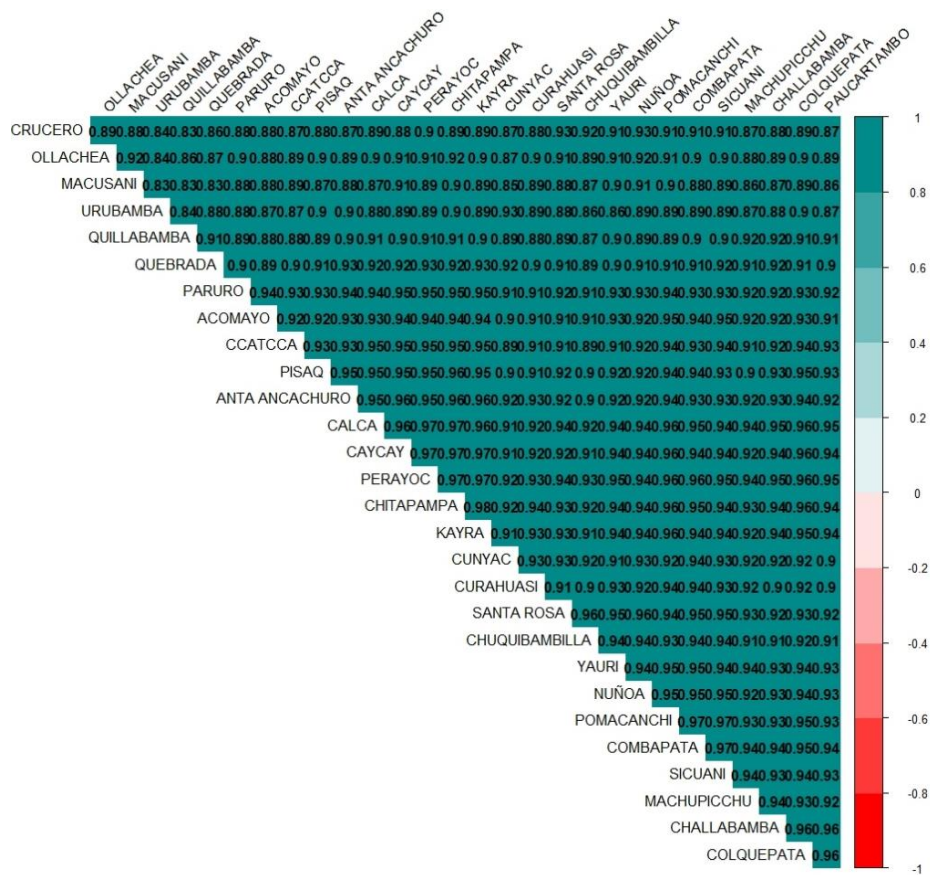


Figura 169. Correlación de precipitación mensual corregida por RNA del grupo 01.

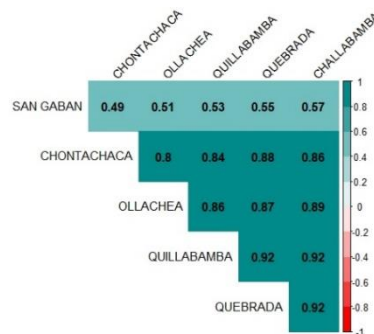


Figura 170. Correlación de precipitación mensual corregida por RNA del grupo 02.

3.6.7. Precipitación mensual corregida mediante RNA

3.6.7.1. Estadísticos de validación de datos mensuales corregidos con RNA

Una vez corregidas mediante modelo de RNA de los datos mensuales estimados por satélite, se sigue el siguiente procedimiento para su validación.

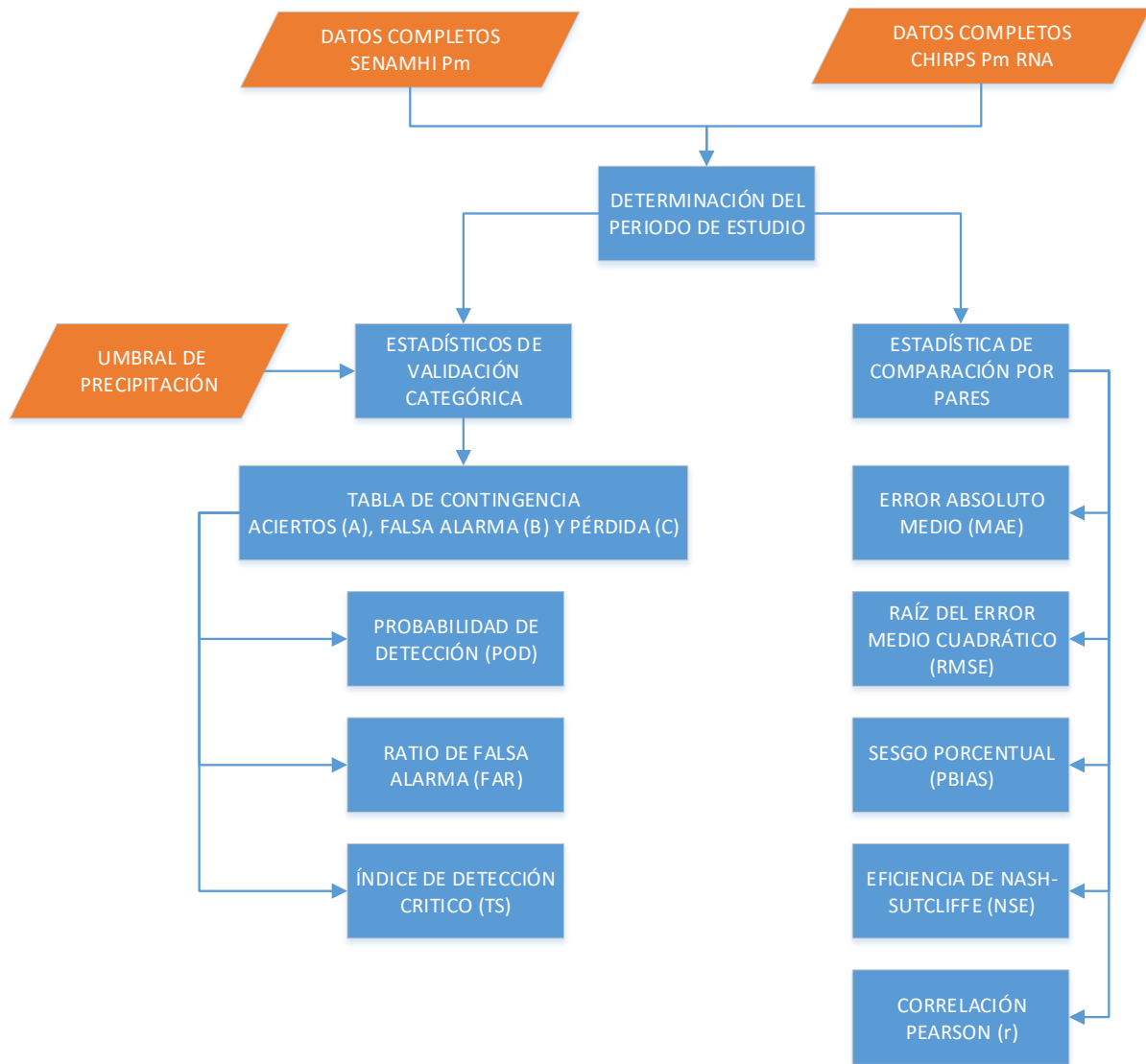


Figura 171. Flujograma de la validación de los datos mensuales corregidos de manera general.

3.6.7.1.1. Estadísticos de validación categórica

Consideramos la estación Kayra por ser una estación que presenta consistencia en sus datos.

Tabla 120. Aciertos (A), Falsa Alarma (B) y Perdida (C) de la precipitación mensual CHIRPS_rna.

N	ESTACIONES	A	B	C
1	CUNYAC	135	12	19
2	COLQUEPATA	171	12	4
3	CHITAPAMPA	160	13	16
4	SAN GABAN	438	5	0
5	NUÑO A	165	18	10
6	QUILLABAMBA	249	26	10
7	KAYRA	169	18	9
8	QUEBRADA	269	15	23
9	CHALLABAMBA	204	18	11
10	CHONTACHACA	321	0	107
11	CURAHUASI	167	16	23
12	MACHUPICCHU	326	25	16
13	URUBAMBA	137	21	9
14	ANTA	190	20	12
15	CALCA	162	13	11
16	PARURO	177	23	15
17	ACOMAYO	183	19	24
18	PAUCARTAMBO	162	20	6
19	CCATCCA	162	16	11
20	OLLACHEA	233	39	13
21	COMBAPATA	190	12	12
22	SICUANI	190	17	7
23	MACUSANI	163	30	9
24	CAYCAY	155	13	12
25	POMACANCHI	198	3	19
26	STA_ROSA	189	13	15
27	PISAQ	125	14	16
28	PERAYOC	190	19	18
29	YAURI	171	8	8
30	CHUQUIBAMBILLA	179	17	18
31	CRUCERO	158	33	14

De las tablas anteriores se puede calcular los estadísticos de validación categórica para la estación Kayra.

Tabla 121. Tabla de contingencia para un umbral de 60 mm/día – CHIRPS_RNA.

	Observado ≥ umbral	Observado < umbral	Total
Satélite ≥ umbral	169	18	187
Satélite < umbral	9		
Total	178		

$$A_{60mm} := ResA(7, 5) = 169.00$$

$$B_{60mm} := ResB(7, 5) = 18.00$$

$$C_{60mm} := ResC(7, 5) = 9.00$$

$$A_{60mm} = 169.00$$

$$B_{60mm} = 18.00$$

$$C_{60mm} = 9.00$$

$$POD := \frac{A_{60mm}}{A_{60mm} + C_{60mm}} \rightarrow \frac{169}{178} = 0.95$$

$$FAR := \frac{B_{60mm}}{A_{60mm} + B_{60mm}} \rightarrow \frac{18}{187} = 0.10$$

$$TS := \frac{A_{60mm}}{A_{60mm} + B_{60mm} + C_{60mm}} \rightarrow \frac{169}{196} = 0.86$$

De la misma manera se calcula los estadísticos de validación Categórica para el umbral de 60 mm de precipitación del pixel de precipitación CHIRPS_RNA que se corresponde a cada estación meteorológica.

Tabla 122. Indicadores estadísticos de validación Categórica para umbral = 60 mm.

N	ESTACIONES	A	B	C	OBS=A+C	CHIRPS_RNA=A+B	A+B+C	POD	FAR	TS
1	CUNYAC	135	12	19	154	147	166	0.88	0.08	0.81
2	COLQUEPATA	171	12	4	175	183	187	0.98	0.07	0.91
3	CHITAPAMPA	160	13	16	176	173	189	0.91	0.08	0.85
4	SAN GABAN	438	5	0	438	443	443	1.00	0.01	0.99
5	NUÑO A	165	18	10	175	183	193	0.94	0.10	0.85
6	QUILLABAMBA	249	26	10	259	275	285	0.96	0.09	0.87
7	KAYRA	169	18	9	178	187	196	0.95	0.10	0.86
8	QUEBRADA	269	15	23	292	284	307	0.92	0.05	0.88
9	CHALLABAMBA	204	18	11	215	222	233	0.95	0.08	0.88
10	CHONTACHACA	321	0	107	428	321	428	0.75	0.00	0.75
11	CURAHUASI	167	16	23	190	183	206	0.88	0.09	0.81
12	MACHUPICCHU	326	25	16	342	351	367	0.95	0.07	0.89
13	URUBAMBA	137	21	9	146	158	167	0.94	0.13	0.82
14	ANTA	190	20	12	202	210	222	0.94	0.10	0.86
15	CALCA	162	13	11	173	175	186	0.94	0.07	0.87
16	PARURO	177	23	15	192	200	215	0.92	0.12	0.82
17	ACOMAYO	183	19	24	207	202	226	0.88	0.09	0.81
18	PAUCARTAMBO	162	20	6	168	182	188	0.96	0.11	0.86
19	CCATCCA	162	16	11	173	178	189	0.94	0.09	0.86
20	OLLACHEA	233	39	13	246	272	285	0.95	0.14	0.82
21	COMBAPATA	190	12	12	202	202	214	0.94	0.06	0.89
22	SICUANI	190	17	7	197	207	214	0.96	0.08	0.89
23	MACUSANI	163	30	9	172	193	202	0.95	0.16	0.81
24	CAYCAY	155	13	12	167	168	180	0.93	0.08	0.86
25	POMACANCHI	198	3	19	217	201	220	0.91	0.01	0.90
26	STA_ROSA	189	13	15	204	202	217	0.93	0.06	0.87
27	PISAQ	125	14	16	141	139	155	0.89	0.10	0.81
28	PERAYOC	190	19	18	208	209	227	0.91	0.09	0.84
29	YAURI	171	8	8	179	179	187	0.96	0.04	0.91
30	CHUQUIBAMBILLA	179	17	18	197	196	214	0.91	0.09	0.84
31	CRUCERO	158	33	14	172	191	205	0.92	0.17	0.77

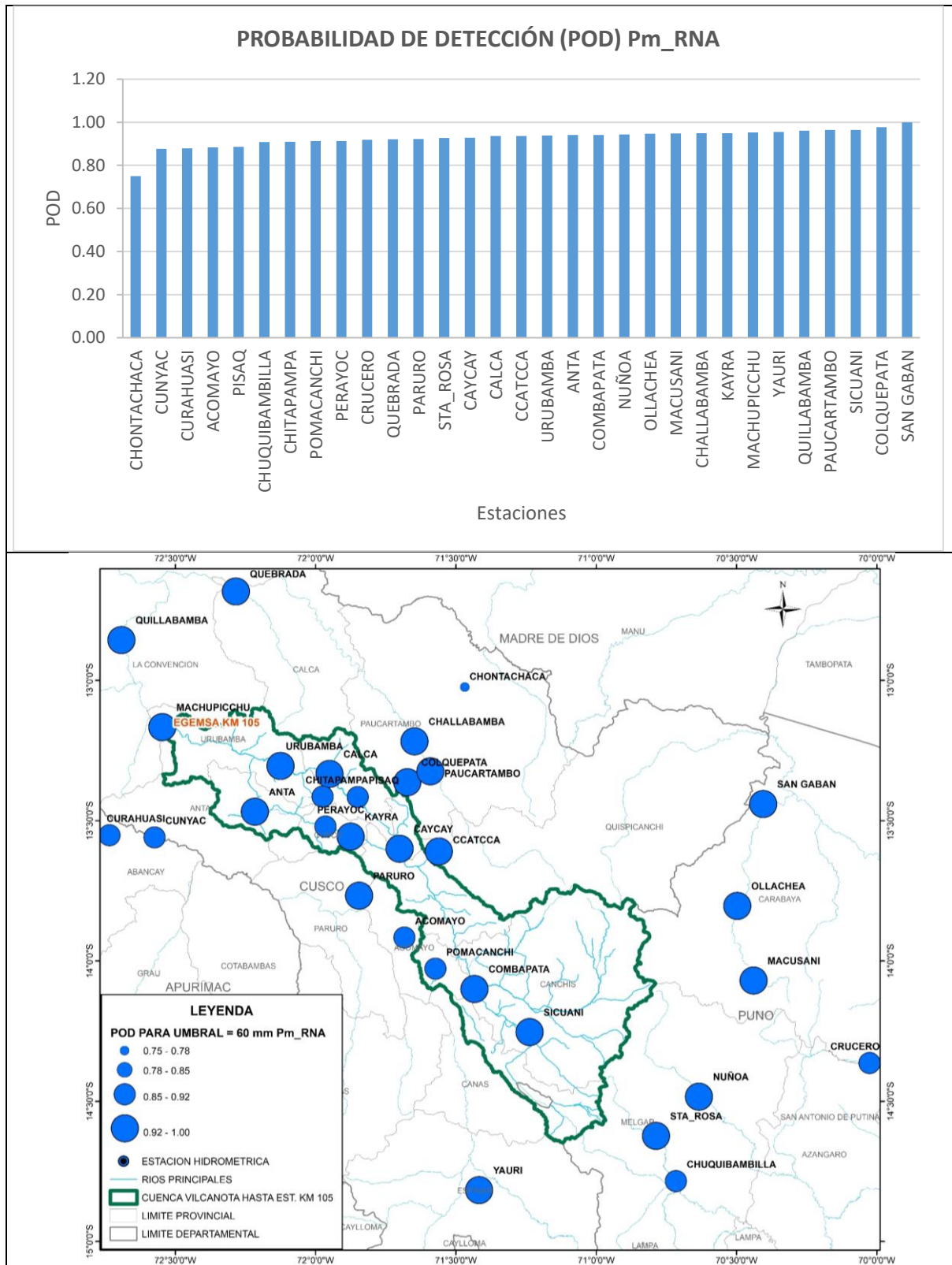


Figura 172. Probabilidad de Detección (POD) de la precipitación diaria para umbral = 60 mm.

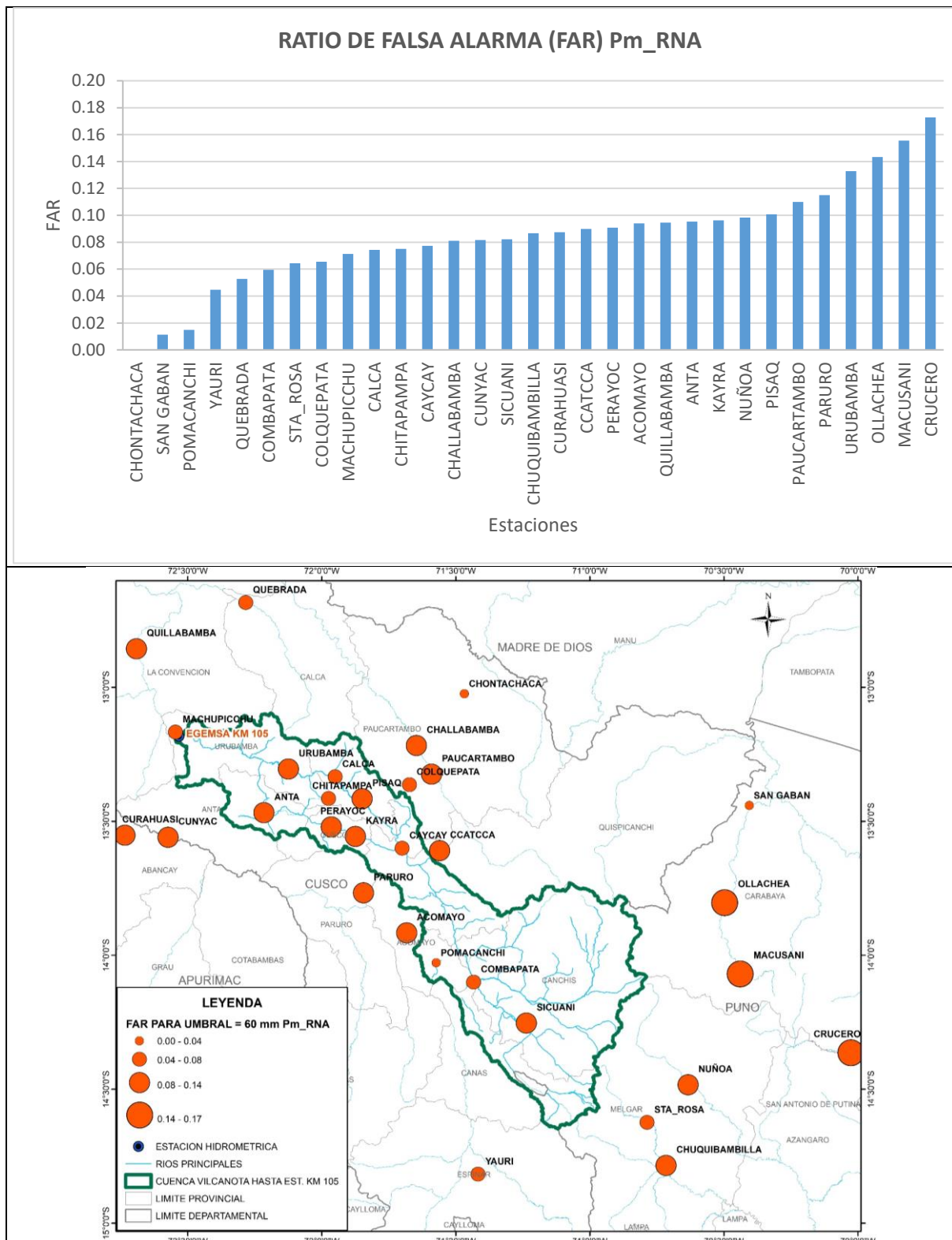


Figura 173. Ratio de Falsa Alarma (FAR) de la precipitación mensual para umbral = 60 mm.

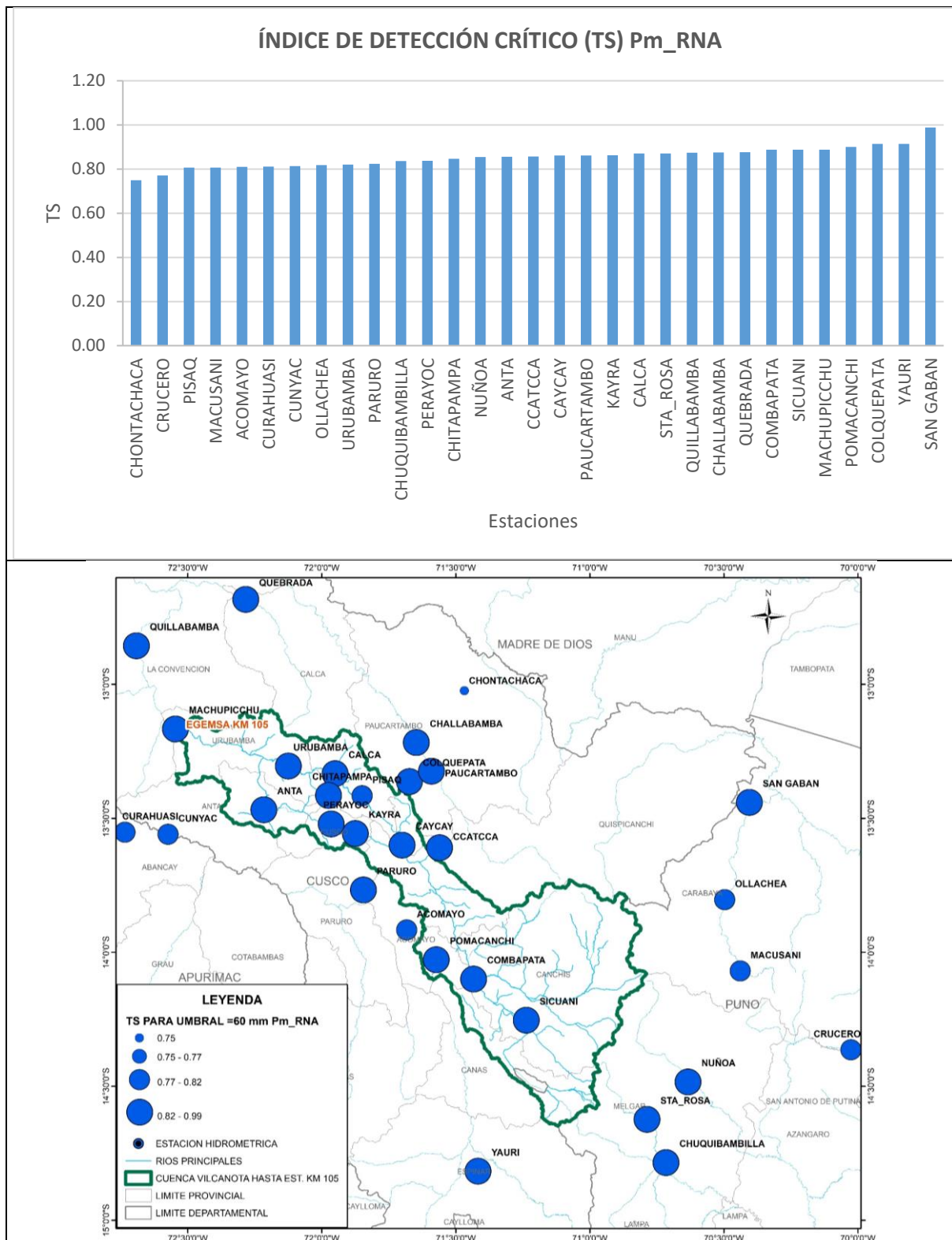


Figura 174. Índice de Detección Crítico (TS) de la precipitación mensual para umbral = 60 mm.

Tabla 123. Resultados de aciertos (A) para los umbrales de precipitación – CHIRPS_RNA.

n	ESTACIONES	UMBRALES DE PRECIPITACION (mm)								
		10	20	40	60	80	100	120	140	150
1	CUNYAC	285	251	179	135	100	39	12	1	0
2	COLQUEPATA	329	272	210	171	136	100	67	38	28
3	CHITAPAMPA	296	260	213	160	126	94	58	27	22
4	SAN GABAN	443	442	441	438	434	432	430	424	419
5	NUÑO A	306	256	201	165	133	98	67	34	30
6	QUILLABAMBA	421	359	303	249	208	154	118	89	82
7	KAYRA	289	250	210	169	139	95	63	35	26
8	QUEBRADA	408	368	307	269	247	223	194	158	144
9	CHALLABAMBA	352	293	240	204	168	130	101	67	53
10	CHONTACHACA	440	406	351	321	299	283	272	266	262
11	CURAHUASI	310	260	209	167	132	111	71	48	38
12	MACHUPICCHU	438	419	371	326	286	261	242	227	215
13	URUBAMBA	287	241	186	137	87	41	15	4	3
14	ANTA	306	262	227	190	158	125	95	68	57
15	CALCA	296	253	208	162	116	72	34	14	11
16	PARURO	294	269	219	177	142	117	96	63	47
17	ACOMAYO	306	264	226	183	151	119	89	57	39
18	PAUCARTAMBO	323	272	201	162	111	78	49	24	11
19	CCATCCA	304	254	199	162	121	92	51	29	17
20	OLLACHEA	386	348	275	233	192	161	139	112	100
21	COMBAPATA	303	263	223	190	149	110	83	47	37
22	SICUANI	299	268	229	190	151	105	67	37	29
23	MACUSANI	306	266	205	163	125	75	35	15	8
24	CAYCAY	290	246	199	155	108	68	40	21	16
25	POMACANCHI	315	266	236	198	164	139	99	58	46
26	STA_ROSA	309	275	226	189	157	131	97	61	49
27	PISAQ	282	228	170	125	91	55	27	16	13
28	PERAYOC	299	260	225	190	144	114	82	59	49
29	YAURI	298	257	206	171	148	129	93	71	62
30	CHUQUIBAMBI	290	265	219	179	151	110	78	38	31
31	CRUCERO	328	285	212	158	120	80	56	36	26

**Tabla 124.** Resultados de falsa alarma (B) para los umbrales de precipitación – CHIRPS_RNA.

n	ESTACIONES	UMBRALES DE PRECIPITACION (mm)								
		10	20	40	60	80	100	120	140	150
1	CUNYAC	62	49	21	12	27	12	3	0	0
2	COLQUEPATA	22	12	17	12	23	18	16	14	13
3	CHITAPAMPA	21	16	8	13	14	15	14	8	4
4	SAN GABAN	1	1	2	5	9	9	10	14	17
5	NUÑO A	28	17	17	18	17	25	15	8	6
6	QUILLABAMBA	20	30	15	26	37	20	21	23	15
7	KAYRA	12	18	13	18	21	15	16	10	8
8	QUEBRADA	35	22	11	15	21	24	19	28	29
9	CHALLABAMBA	28	17	17	18	20	23	24	18	16
10	CHONTACHACA	3	1	0	0	0	0	0	0	1
11	CURAHUASI	53	76	37	16	12	13	21	14	12
12	MACHUPICCHU	6	22	29	25	16	10	17	24	28
13	URUBAMBA	86	35	14	21	18	11	4	0	0
14	ANTA	24	23	23	20	23	24	25	18	17
15	CALCA	16	12	17	13	18	22	12	3	4
16	PARURO	8	8	13	23	14	25	26	15	11
17	ACOMAYO	12	9	17	19	17	24	16	21	19
18	PAUCARTAMBO	33	18	19	20	15	17	18	12	7
19	CCATCCA	30	23	13	16	18	17	25	13	6
20	OLLACHEA	40	42	35	39	34	38	32	38	42
21	COMBAPATA	38	19	11	12	19	19	18	14	6
22	SICUANI	23	18	16	17	23	18	18	20	11
23	MACUSANI	51	49	38	30	26	33	28	14	14
24	CAYCAY	28	30	13	13	19	26	17	5	5
25	POMACANCHI	29	15	6	3	12	19	23	20	12
26	STA_ROSA	32	23	28	13	20	20	23	23	14
27	PISAQ	20	15	30	14	17	17	13	6	4
28	PERAYOC	13	7	13	19	22	20	20	22	15
29	YAURI	17	12	9	8	13	11	26	22	16
30	CHUQUIBAMBI	19	10	16	17	13	19	12	11	10
31	CRUCERO	29	50	43	33	31	39	40	30	20

Tabla 125. Resultados de Pérdida (C) para los umbrales de precipitación – CHIRPS_RNA.

n	ESTACIONES	UMBRALES DE PRECIPITACION (mm)								
		10	20	40	60	80	100	120	140	150
1	CUNYAC	3	2	18	19	10	17	15	7	5
2	COLQUEPATA	23	18	11	4	6	9	9	11	12
3	CHITAPAMPA	23	11	12	16	14	13	16	15	10
4	SAN GABAN	0	0	0	0	0	0	0	1	2
5	NUÑO A	13	16	10	10	10	10	16	20	10
6	QUILLABAMBA	2	21	18	10	16	32	23	28	28
7	KAYRA	15	12	8	9	8	20	11	11	10
8	QUEBRADA	0	15	34	23	12	11	15	20	19
9	CHALLABAMBA	13	18	9	11	12	16	17	21	22
10	CHONTACHACA	1	34	85	107	121	132	136	137	138
11	CURAHUASI	7	6	20	23	22	17	16	11	14
12	MACHUPICCHU	0	1	8	16	26	22	9	8	8
13	URUBAMBA	8	10	10	9	14	15	19	5	4
14	ANTA	16	13	6	12	12	15	22	22	23
15	CALCA	21	12	6	11	6	7	11	9	4
16	PARURO	13	5	11	15	18	10	8	24	29
17	ACOMAYO	14	8	10	24	13	13	17	19	19
18	PAUCARTAMBO	15	16	12	6	11	9	5	11	12
19	CCATCCA	10	11	8	11	13	10	12	13	12
20	OLLACHEA	7	9	14	13	22	18	15	14	11
21	COMBAPATA	11	10	10	12	13	14	12	10	13
22	SICUANI	17	7	8	7	8	14	21	10	6
23	MACUSANI	9	4	10	9	9	20	19	13	10
24	CAYCAY	14	5	6	12	20	16	13	18	16
25	POMACANCHI	12	16	12	19	12	10	11	11	13
26	STA_ROSA	8	5	9	15	11	11	10	21	20
27	PISAQ	23	17	14	16	19	19	16	14	12
28	PERAYOC	20	18	10	18	23	22	21	15	14
29	YAURI	19	15	18	8	8	8	12	15	17
30	CHUQUIBAMBI	14	13	11	18	13	13	14	20	16
31	CRUCERO	6	4	15	14	13	11	8	11	15



Tabla 126. Cuadro resumen de los estadísticos de validación categórica. Probabilidad de detección (POD), precipitación mensual – RNA.

UMBRAL	CUNYAC	COLQUEPATA	CHITAPAMPA	SAN GABAN	NUÑO A	QUILLABAMBA	KAYRA	QUEBRADA	CHALLABAMBA	CHONTACHACA	CURAHUASI	MACHUPICCHU	URUBAMBA	ANTA	CALCA	PARURO
10	0.99	0.93	0.93	1.00	0.96	1.00	0.95	1.00	0.96	1.00	0.98	1.00	0.97	0.95	0.93	0.96
20	0.99	0.94	0.96	1.00	0.94	0.94	0.95	0.96	0.94	0.92	0.98	1.00	0.96	0.95	0.95	0.98
40	0.91	0.95	0.95	1.00	0.95	0.94	0.96	0.90	0.96	0.81	0.91	0.98	0.95	0.97	0.97	0.95
60	0.88	0.98	0.91	1.00	0.94	0.96	0.95	0.92	0.95	0.75	0.88	0.95	0.94	0.94	0.94	0.92
80	0.91	0.96	0.90	1.00	0.93	0.93	0.95	0.95	0.93	0.71	0.86	0.92	0.86	0.93	0.95	0.89
100	0.70	0.92	0.88	1.00	0.91	0.83	0.83	0.95	0.89	0.68	0.87	0.92	0.73	0.89	0.91	0.92
120	0.44	0.88	0.78	1.00	0.81	0.84	0.85	0.93	0.86	0.67	0.82	0.96	0.44	0.81	0.76	0.92
140	0.13	0.78	0.64	1.00	0.63	0.76	0.76	0.89	0.76	0.66	0.81	0.97	0.44	0.76	0.61	0.72
150	0.00	0.70	0.69	1.00	0.75	0.75	0.72	0.88	0.71	0.66	0.73	0.96	0.43	0.71	0.73	0.62

Tabla 127. Cuadro resumen de los estadísticos de validación categórica. Probabilidad de detección (POD), precipitación mensual – RNA.

UMBRAL	ACOMAYO	PAUCARTAMBO	CCATCCA	OLLACHEA	COMBAPATA	SICUANI	MACUSANI	CAYCAY	POMACANCHI	STA_ROSA	PISAQ	PERAYOC	YAURI	CHUQUIBAMBILLA	CRUCERO
10	0.96	0.96	0.97	0.98	0.96	0.95	0.97	0.95	0.96	0.97	0.92	0.94	0.94	0.95	0.98
20	0.97	0.94	0.96	0.97	0.96	0.97	0.99	0.98	0.94	0.98	0.93	0.94	0.94	0.95	0.99
40	0.96	0.94	0.96	0.95	0.96	0.97	0.95	0.97	0.95	0.96	0.92	0.96	0.92	0.95	0.93
60	0.88	0.96	0.94	0.95	0.94	0.96	0.95	0.93	0.91	0.93	0.89	0.91	0.96	0.91	0.92
80	0.92	0.91	0.90	0.90	0.92	0.95	0.93	0.84	0.93	0.93	0.83	0.86	0.95	0.92	0.90
100	0.90	0.90	0.90	0.90	0.89	0.88	0.79	0.81	0.93	0.92	0.74	0.84	0.94	0.89	0.88
120	0.84	0.91	0.81	0.90	0.87	0.76	0.65	0.75	0.90	0.91	0.63	0.80	0.89	0.85	0.88
140	0.75	0.69	0.69	0.89	0.82	0.79	0.54	0.54	0.84	0.74	0.53	0.80	0.83	0.66	0.77
150	0.67	0.48	0.59	0.90	0.74	0.83	0.44	0.50	0.78	0.71	0.52	0.78	0.78	0.66	0.63

Tabla 128. Cuadro resumen de los estadísticos de validación categórica. Ratio de falsa alarma (FAR), precipitación mensual – RNA.

UMBRAL	CUNYAC	COLQUEPATA	CHITAPAMPA	SAN GABAN	NUÑO A	QUILLABAMBA	KAYRA	QUEBRADA	CHALLABAMBA	CHONTACHACA	CURAHUASI	MACHUPICCHU	URUBAMBA	ANTA	CALCA	PARURO
10	0.18	0.06	0.07	0.00	0.08	0.05	0.04	0.08	0.07	0.01	0.15	0.01	0.23	0.07	0.05	0.03
20	0.16	0.04	0.06	0.00	0.06	0.08	0.07	0.06	0.05	0.00	0.23	0.05	0.13	0.08	0.05	0.03
40	0.11	0.07	0.04	0.00	0.08	0.05	0.06	0.03	0.07	0.00	0.15	0.07	0.07	0.09	0.08	0.06
60	0.08	0.07	0.08	0.01	0.10	0.09	0.10	0.05	0.08	0.00	0.09	0.07	0.13	0.10	0.07	0.12
80	0.21	0.14	0.10	0.02	0.11	0.15	0.13	0.08	0.11	0.00	0.08	0.05	0.17	0.13	0.13	0.09
100	0.24	0.15	0.14	0.02	0.20	0.11	0.14	0.10	0.15	0.00	0.10	0.04	0.21	0.16	0.23	0.18
120	0.20	0.19	0.19	0.02	0.18	0.15	0.20	0.09	0.19	0.00	0.23	0.07	0.21	0.21	0.26	0.21
140	0.00	0.27	0.23	0.03	0.19	0.21	0.22	0.15	0.21	0.00	0.23	0.10	0.00	0.21	0.18	0.19
150	NA	0.32	0.15	0.04	0.17	0.15	0.24	0.17	0.23	0.00	0.24	0.12	0.00	0.23	0.27	0.19



Tabla 129. Cuadro resumen de los estadísticos de validación categórica. Ratio de falsa alarma (FAR), precipitación mensual – RNA.

UMBRAL	ACOMAYO	PAUCARTAMBO	CCATCCA	OLLACHEA	COMBAPATA	SICUANI	MACUSANI	CAYCAY	POMACANCHI	STA_ROSA	PISAQ	PERAYOC	YAURI	CHUQUIBAMBILLA	CRUCERO
10	0.04	0.09	0.09	0.09	0.11	0.07	0.14	0.09	0.08	0.09	0.07	0.04	0.05	0.06	0.08
20	0.03	0.06	0.08	0.11	0.07	0.06	0.16	0.11	0.05	0.08	0.06	0.03	0.04	0.04	0.15
40	0.07	0.09	0.06	0.11	0.05	0.07	0.16	0.06	0.02	0.11	0.15	0.05	0.04	0.07	0.17
60	0.09	0.11	0.09	0.14	0.06	0.08	0.16	0.08	0.01	0.06	0.10	0.09	0.04	0.09	0.17
80	0.10	0.12	0.13	0.15	0.11	0.13	0.17	0.15	0.07	0.11	0.16	0.13	0.08	0.08	0.21
100	0.17	0.18	0.16	0.19	0.15	0.15	0.31	0.28	0.12	0.13	0.24	0.15	0.08	0.15	0.33
120	0.15	0.27	0.33	0.19	0.18	0.21	0.44	0.30	0.19	0.19	0.33	0.20	0.22	0.13	0.42
140	0.27	0.33	0.31	0.25	0.23	0.35	0.48	0.19	0.26	0.27	0.27	0.27	0.24	0.22	0.45
150	0.33	0.39	0.26	0.30	0.14	0.28	0.64	0.24	0.21	0.22	0.24	0.23	0.21	0.24	0.43

Tabla 130. Cuadro resumen de los estadísticos de validación categórica. Índice de detección crítico (TS), precipitación mensual – RNA.

UMBRAL	CUNYAC	COLQUEPATA	CHITAPAMPA	SAN GABAN	NUÑO A	QUILLABAMBA	KAYRA	QUEBRADA	CHALLABAMBA	CHONTACHACA	CURAHUASI	MACHUPICCHU	URUBAMBA	ANTA	CALCA	PARURO
10	0.81	0.88	0.87	1.00	0.88	0.95	0.91	0.92	0.90	0.99	0.84	0.99	0.75	0.88	0.89	0.93
20	0.83	0.90	0.91	1.00	0.89	0.88	0.89	0.91	0.89	0.92	0.76	0.95	0.84	0.88	0.91	0.95
40	0.82	0.88	0.91	1.00	0.88	0.90	0.91	0.87	0.90	0.81	0.79	0.91	0.89	0.89	0.90	0.90
60	0.81	0.91	0.85	0.99	0.85	0.87	0.86	0.88	0.88	0.75	0.81	0.89	0.82	0.86	0.87	0.82
80	0.73	0.82	0.82	0.98	0.83	0.80	0.83	0.88	0.84	0.71	0.80	0.87	0.73	0.82	0.83	0.82
100	0.57	0.79	0.77	0.98	0.74	0.75	0.73	0.86	0.77	0.68	0.79	0.89	0.61	0.76	0.71	0.77
120	0.40	0.73	0.66	0.98	0.68	0.73	0.70	0.85	0.71	0.67	0.66	0.90	0.39	0.67	0.60	0.74
140	0.13	0.60	0.54	0.97	0.55	0.64	0.63	0.77	0.63	0.66	0.66	0.88	0.44	0.63	0.54	0.62
150	0.00	0.53	0.61	0.96	0.65	0.66	0.59	0.75	0.58	0.65	0.59	0.86	0.43	0.59	0.58	0.54

Tabla 131. Cuadro resumen de los estadísticos de validación categórica. Índice de detección crítico (TS), precipitación mensual – RNA.

UMBRAL	ACOMAYO	PAUCARTAMBO	CCATCCA	OLLACHEA	COMBAPATA	SICUANI	MACUSANI	CAYCAY	POMACANCHI	STA_ROSA	PISAQ	PERAYOC	YAURI	CHUQUIBAMBILLA	CRUCERO
10	0.92	0.87	0.88	0.89	0.86	0.88	0.84	0.87	0.88	0.89	0.87	0.90	0.89	0.90	0.90
20	0.94	0.89	0.88	0.87	0.90	0.91	0.83	0.88	0.90	0.91	0.88	0.91	0.90	0.92	0.84
40	0.89	0.87	0.90	0.85	0.91	0.91	0.81	0.91	0.93	0.86	0.79	0.91	0.88	0.89	0.79
60	0.81	0.86	0.86	0.82	0.89	0.89	0.81	0.86	0.90	0.87	0.81	0.84	0.91	0.84	0.77
80	0.83	0.81	0.80	0.77	0.82	0.83	0.78	0.73	0.87	0.84	0.72	0.76	0.88	0.85	0.73
100	0.76	0.75	0.77	0.74	0.77	0.77	0.59	0.62	0.83	0.81	0.60	0.73	0.87	0.77	0.62
120	0.73	0.68	0.58	0.75	0.73	0.63	0.43	0.57	0.74	0.75	0.48	0.67	0.71	0.75	0.54
140	0.59	0.51	0.53	0.68	0.66	0.55	0.36	0.48	0.65	0.58	0.44	0.61	0.66	0.55	0.47
150	0.51	0.37	0.49	0.65	0.66	0.63	0.25	0.43	0.65	0.59	0.45	0.63	0.65	0.54	0.43

3.6.7.1.2. Estadísticas de comparación por pares.

Se calcula los estadísticos para todas las estaciones consideradas.

Tabla 132. Resumen de indicadores de la estadística de comparación por pares.

N	ESTACIONES	MAE_CHIRPS_RNA	RMSE_CHIRPS_RNA	PBIAS_CHIRPS_RNA	NSE_CHIRPS_RNA	Pearson_CHIRPS_RNA
1	CUNYAC	11.975	18.404	6.400	0.821	0.909
2	COLQUEPATA	10.657	17.705	3.400	0.899	0.950
3	CHITAPAMPA	10.406	16.301	0.000	0.916	0.958
4	SAN GABAN	214.435	330.715	-20.300	0.135	0.505
5	NUÑO A	12.224	20.008	0.900	0.882	0.939
6	QUILLABAMBA	22.052	34.407	-3.800	0.784	0.887
7	KAYRA	10.468	17.232	2.500	0.911	0.955
8	QUEBRADA	24.045	37.106	-1.200	0.835	0.916
9	CHALLABAMBA	17.083	29.316	2.000	0.823	0.909
10	CHONTACHACA	162.020	245.164	-27.800	-0.203	0.610
11	CURAHUASI	17.316	26.336	5.900	0.819	0.907
12	MACHUPICCHU	29.630	43.935	0.200	0.881	0.939
13	URUBAMBA	10.486	14.876	6.700	0.881	0.942
14	ANTA	21.178	35.493	0.700	0.821	0.906
15	CALCA	7.891	12.198	3.100	0.933	0.967
16	PARURO	14.451	24.463	-0.800	0.876	0.936
17	ACOMAYO	15.786	26.766	-2.900	0.845	0.920
18	PAUCARTAMBO	10.891	16.628	3.000	0.889	0.944
19	CCATCCA	11.580	17.905	3.900	0.891	0.945
20	OLLACHEA	30.558	45.194	8.100	0.714	0.854
21	COMBAPATA	12.091	19.125	0.600	0.902	0.950
22	SICUANI	11.323	17.229	4.400	0.908	0.955
23	MACUSANI	17.453	26.850	13.700	0.727	0.872
24	CAYCAY	11.201	17.737	2.300	0.886	0.942
25	POMACANCHI	12.719	21.364	1.400	0.896	0.948
26	STA_ROSA	15.740	23.978	2.400	0.878	0.937
27	PISAQ	12.488	21.293	-0.500	0.825	0.908
28	PERAYOC	15.539	23.652	-0.700	0.882	0.940
29	YAURI	14.070	21.901	0.900	0.909	0.954
30	CHUQUIBAMBILLA	12.777	21.560	-1.200	0.879	0.938
31	CRUCERO	20.208	32.574	12.300	0.726	0.862

A continuación, se muestran las mejoras de los indicadores de CHIRPS_RNA

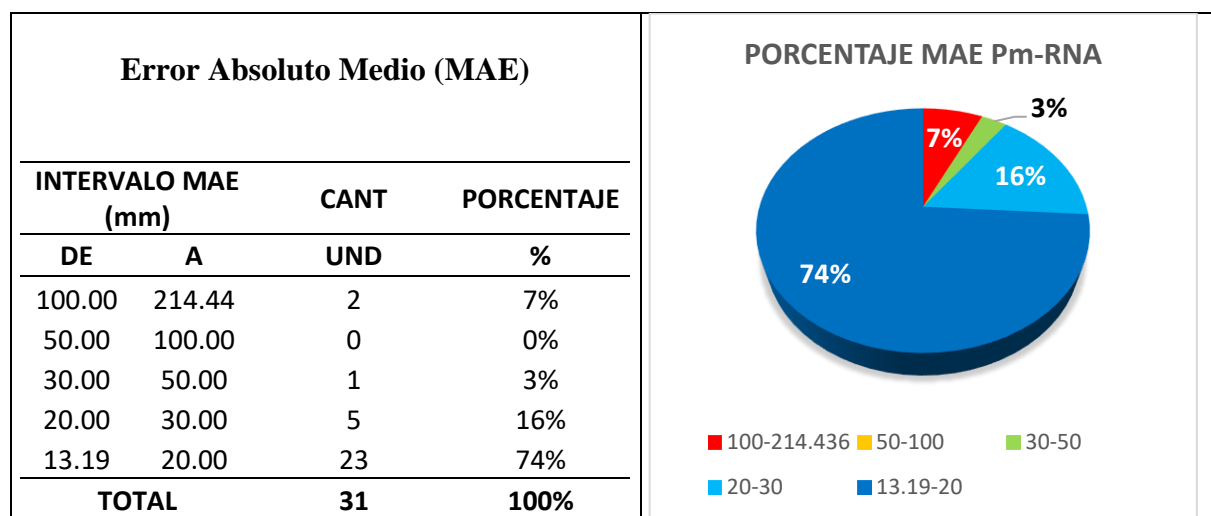


Figura 175. Resumen de cantidad de estaciones según el Error Absoluto Medio (MAE) Pm-RNA.

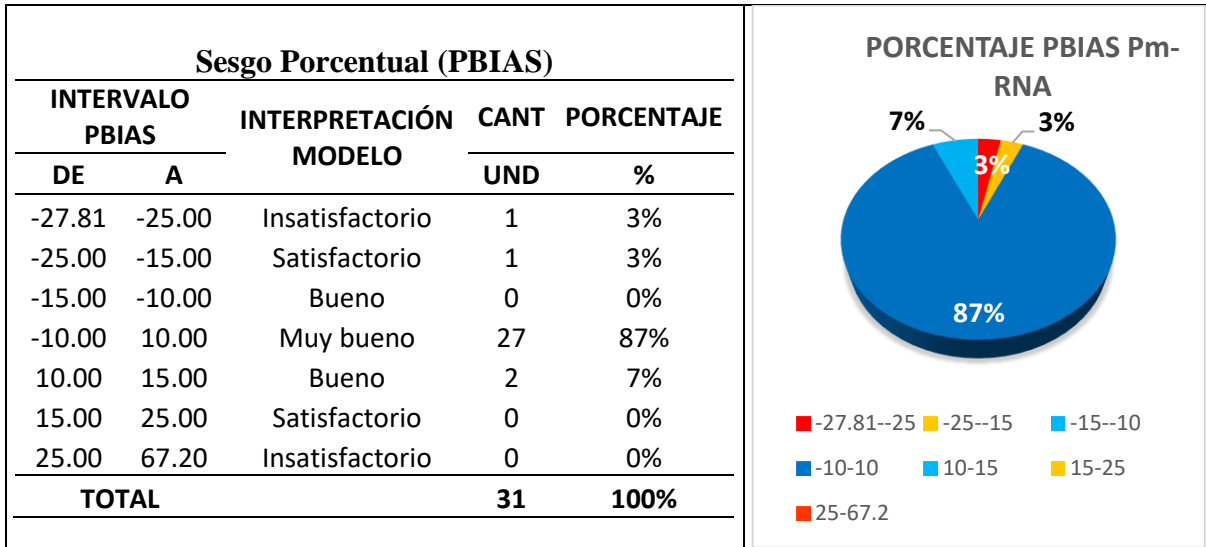


Figura 176. Resumen de cantidad de estaciones según el Porcentaje de sesgo (PBIAS) Pm-RNA.

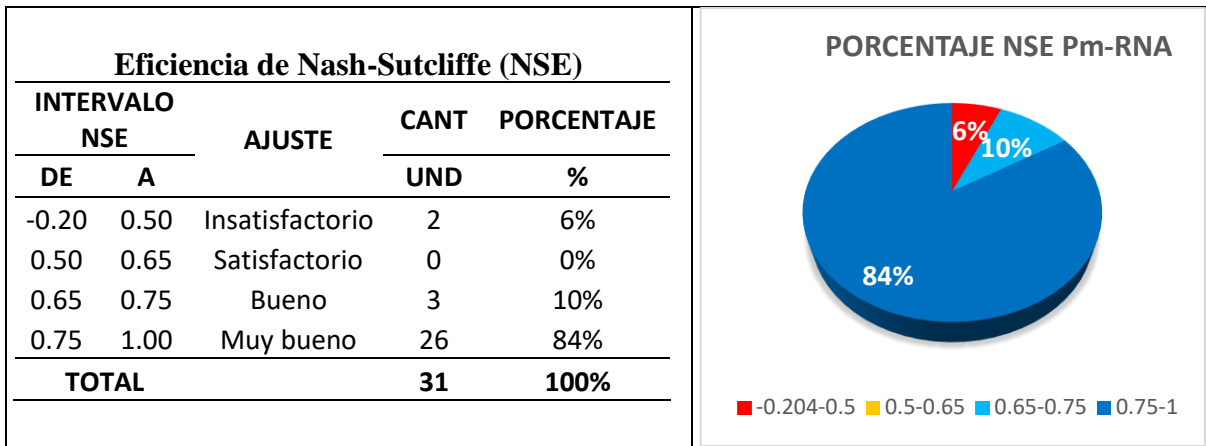


Figura 177. Resumen de cantidad de estaciones según Eficiencia de Nash-Sutcliffe (NSE) Pm-RNA.

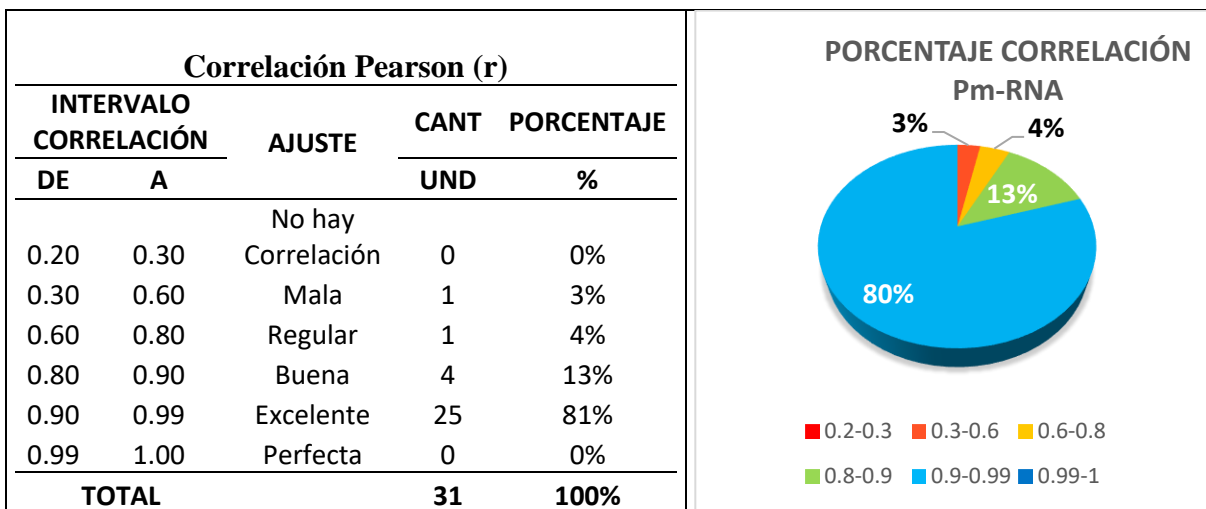


Figura 178. Resumen de cantidad de estaciones según Correlación Pearson (r) Pm-RNA.

Variación espacial de los indicadores estadísticos de comparación por pares

En las Figuras 212 y 213, se pueden observar que los valores de MAE y RMSE son las más altas en la zona de ceja de selva, donde se ubican las estaciones de Chontachaca, San Gaban con valores de MAE superiores a 100 mm y RMSE superiores a 125 mm.

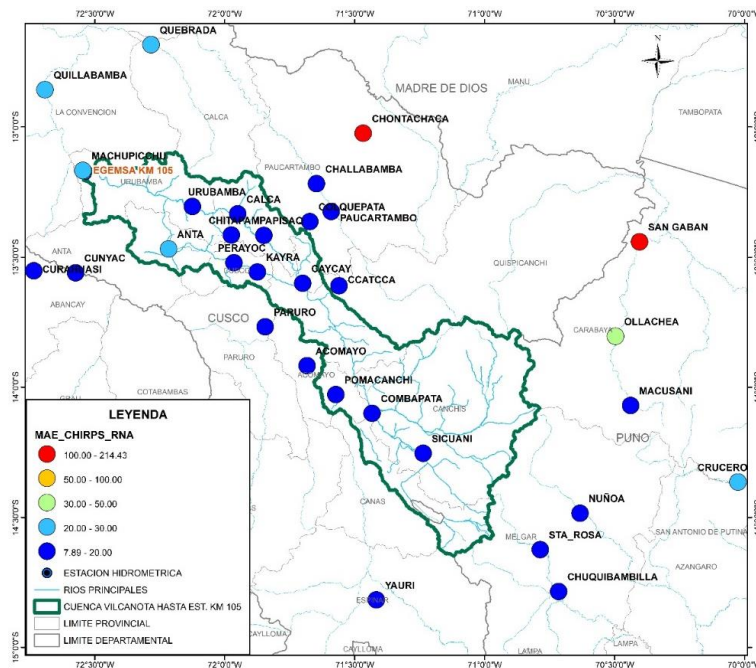


Figura 179. Variación espacial del error absoluto medio (MAE) de la precipitación mensual corregido mediante RNA.

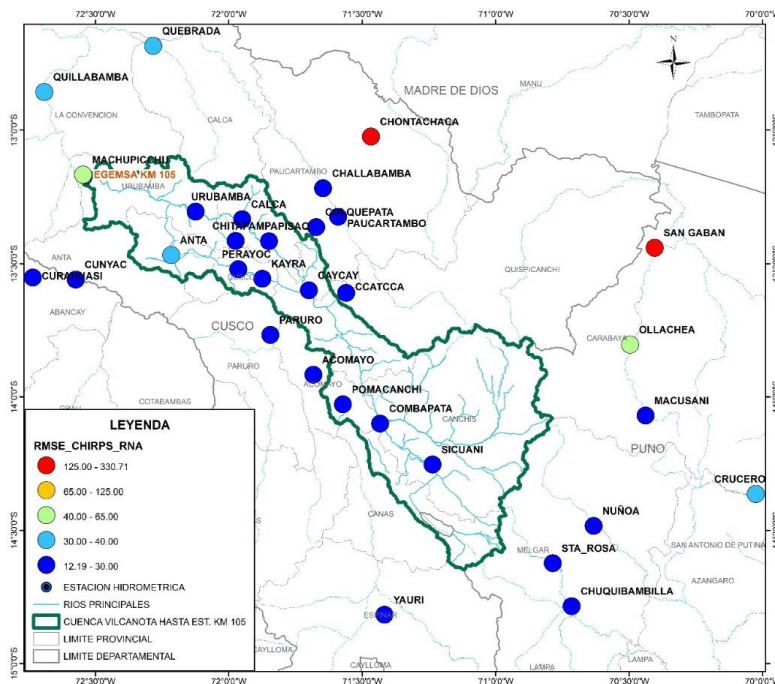


Figura 180. Variación espacial de la Raíz del Error Medio Cuadrático (RMSE) de la precipitación mensual corregido mediante RNA.

De acuerdo al sesgo porcentual con respecto a la precipitación mensual observada y según la **Figura 181**, las estaciones de Chontachaca y San Gaban, muestran una subestimación de la precipitación con PBIAS menores a -25 y -15 estando dentro de los criterios de evaluación como insatisfactoria y satisfactoria respectivamente, por otro lado las estaciones el resto de la estaciones tienen PBIAS entre -10 a 10, son considerados como sesgo muy bueno, salvo Macusani y Crucero tienen $10 < PBIAS < 15$ considerandose sobreestimación de la precipitación mensual corregida mediante RNA.

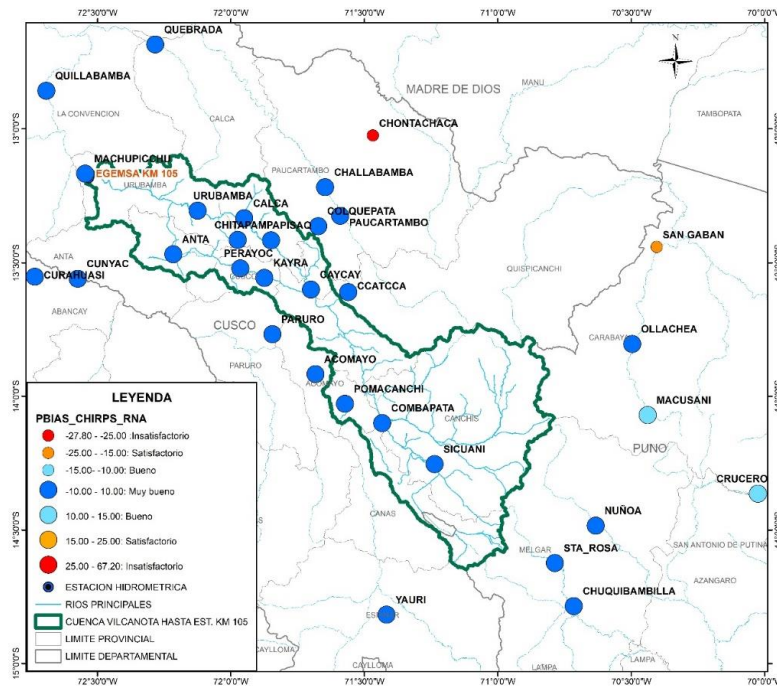


Figura 181. Variación espacial del Sesgo Porcentual (PBIAS) de la precipitación mensual corregida mediante RNA.

En cuanto a la NSE según muestra la **Figura 182**, las estaciones Chontachaca y San Gaban tienen NSE menores a 0.50, lo que nos indica que la eficiencia de la estimación por satélite CHIRPS se considera como insatisfactoria; por otro lado el resto de las estaciones tienen NSE mayor a 0.75, lo que significa que la eficiencia de la estimación por satélite CHIRPS se considera como muy buena, excepto las estaciones: Ollachea, Macusani y Crucero que tienen $0.65 < NSE < 0.75$, siendo considerados como eficiencia buena en la estimación de la precipitación mensual corregida mediante RNA.

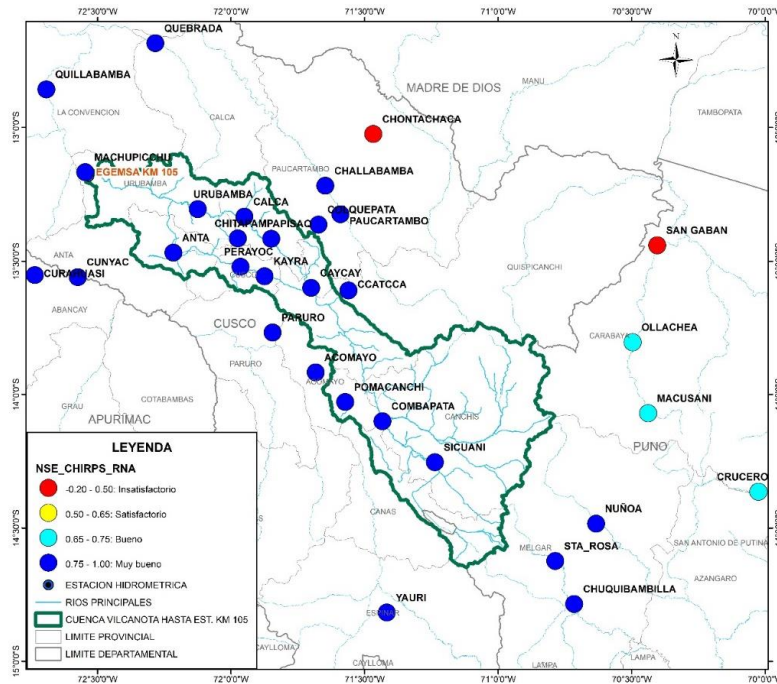


Figura 182. Variación espacial de la Eficiencia de Nash-Sutcliffe (NSE) de la precipitación mensual corregida mediante RNA.

Según los criterios considerados para la evaluación de la Correlación de datos; la estación San Gaban tiene $r < 0.60$, lo que significa que no hay correlación; la estación Chontachaca $0.60 < r < 0.80$, que significa correlación regular; las estaciones: Quillabamba, Ollachea, Macusani y Crucero $0.80 < r < 0.90$, lo que significa correlación buena y finalmente el resto de las estaciones tienen $0.90 < r < 0.99$, que indica una correlación excelente de la precipitación mensual del producto CHIRPS corregido mediante RNA con los datos observados, así como se muestra en la **Figura 183**.

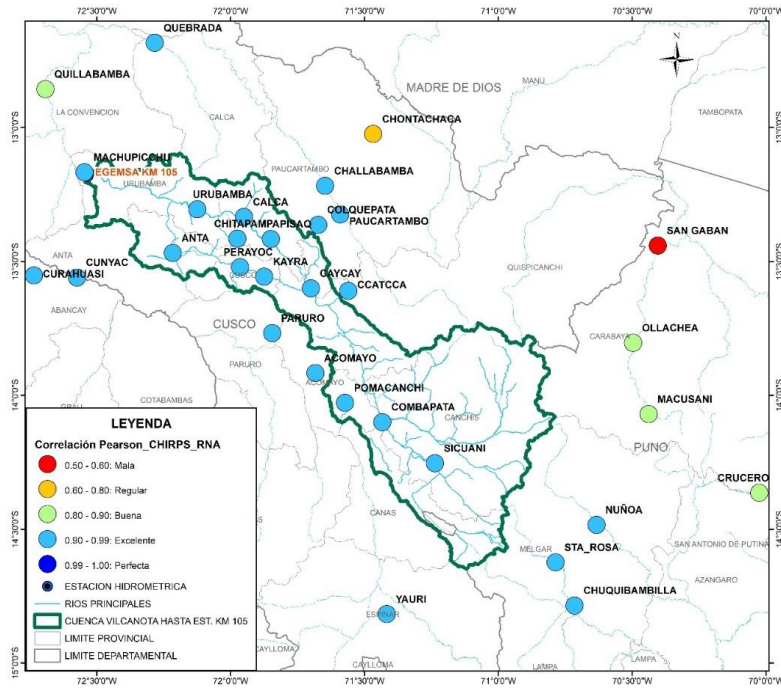


Figura 183. Variación espacial de la Correlación de Pearson (r) de la precipitación mensual corregida mediante RNA.

3.6.7.1.3. Comparación con otros productos de precipitación mensual corregida mediante RNA.

Resumen de Estadísticos de validación categórica

Estación Kayra

Para verificar y contrastar la calidad del producto CHIRPS corregido mediante RNA, se realiza la comparación con otros productos de precipitación mensual disponibles en la web, por lo tanto, para este caso se selecciona la estación Kayra por ser la estación con datos consistentes.

Entonces según la **Figura 184**, muestra los estadísticos categóricos que evalúan las capacidades de detección de lluvia. De izquierda a derecha se puede observar que para el umbral de 10 mm los productos CHIRPS y PISCO tienen habilidades similares de falsa alarma (FAR) igual a $=0.05$, pero a partir del umbral 60 mm hasta 150mm, el producto CHIRPS aumenta el valor del FAR desde 0.125 hasta 0.25; por otro lado con respecto a la probabilidad de detección (POD) para el umbral de $PO > 10$ mm los productos CHIRPS CHIRPM y PISCO tienen habilidades similares con $POD = 0.9$, deteriorándose a medida que se aumenta el umbral siendo la disminución del producto CHIRPM más que CHIRPS y PISCO. Y finalmente se puede indicar que los valores de TS del producto PISCO son mucho mejores que los productos CHIRPS y CHIRPM, aunque el producto CHIRPS es el segundo producto con buenos indicadores de validación Categórica.

Finalmente se puede indicar que el producto CHIRPS es el segundo producto con capacidades de detección de lluvia después del producto PISCO.

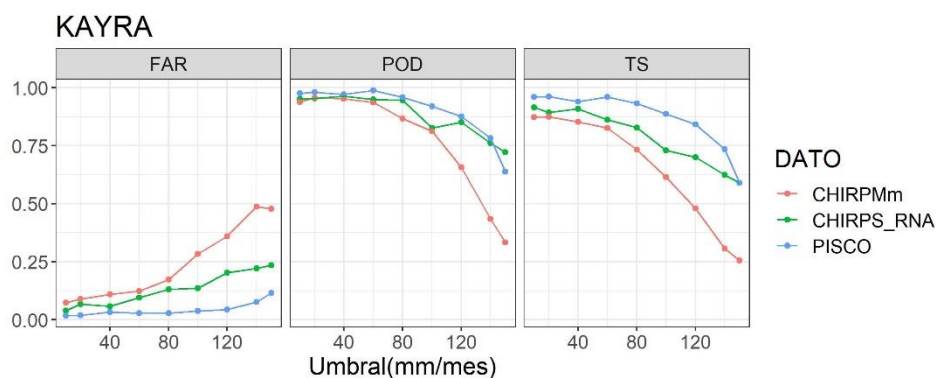


Figura 184. Comparativo de los estadísticos de validación categórica. Kayra_RNA.

Figuras de validación Categórica de cada una de las estaciones se encuentra en el anexo A.3.2.

Resumen de estadísticas de comparación por pares

Los resultados de la evaluación estadística de cada producto son como sigue:

Según la **Figura 185**, el producto CHIRPS, muestra valores menores de error absoluto medio que los otros productos en las estaciones: Calca, Chitapampa, Combapata Crucero, Cunyac, Machupicchu, Macusani, Nuñoa, Paruro, Perayoc, Písaq, Quillabamba, San Gaban y Yauri. El producto PISCO, muestra valores menores de MAE en las estaciones: Acomayo, Anta, Caycay, Ccatcca, Challabamba, Chontachaca, Chuquibambilla, Colquepata, Curahuasi, Kayra, Ollachea, Paucartambo, Pomacanchi, Quebrada, Sicuani, Santa Rosa y Urubamba.

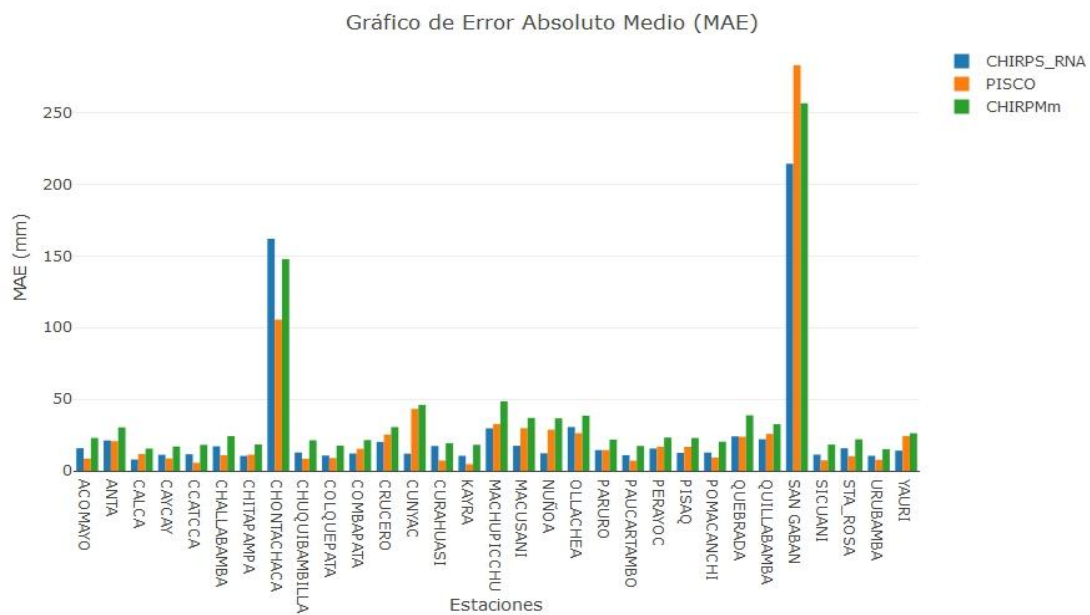


Figura 185. Error absoluto medio (MAE) de la precipitación mensual de los productos CHIRPS_RNA, PISCO Y CHIRPMm en cada estación.

Según la **Figura 186**, en general los productos CHIRPS, PISCO y CHIRPM, tienen RMSE menores a 50 mm, salvo en las estaciones de Chontachaca y San Gaban que superan los 150 mm. De manera detallada se puede indicar que el producto PISCO es el que tiene menor RMSE en la mayoría de las estaciones, excepto las estaciones de Anta, Calca, Chitapampa, Combapata, Crucero, Cunyac, Machupicchu, Macusani, Nuñoa, Paruro, Perayoc, Písaq, Quebrada, Quillabamba, San Gaban, Sicuani y Yauri.

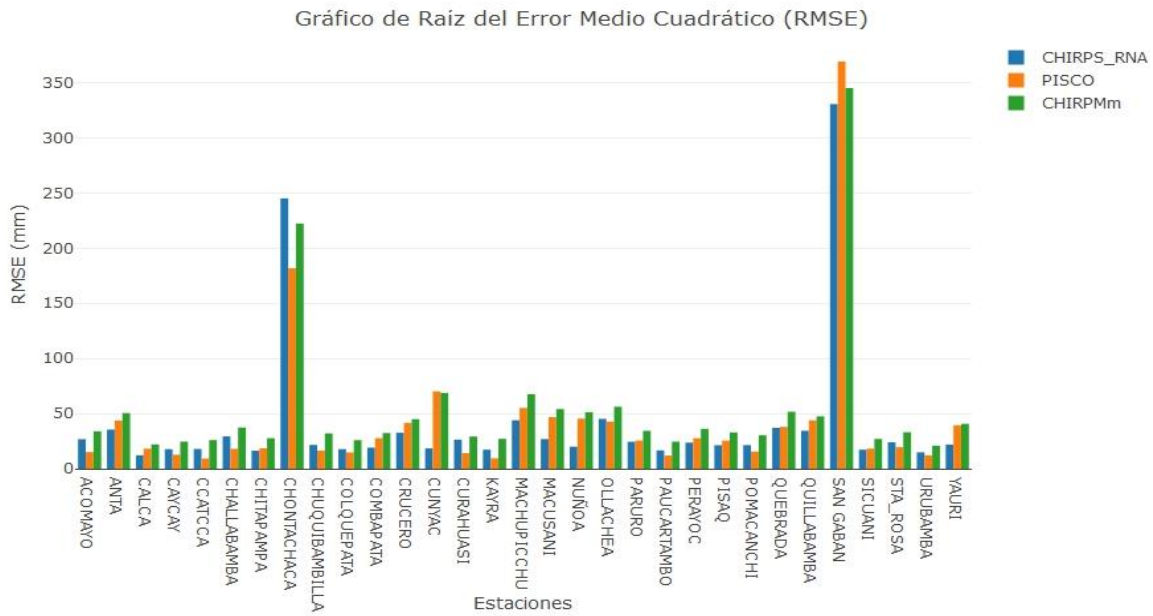


Figura 186. Raíz del error medio absoluto (RMSE) de la precipitación mensual de los productos CHIRPS_RNA, PISCO Y CHIRPMm en cada estación.

El producto CHIRPS muestra PBIAS menor a -20 en las estaciones Chontachaca, lo que indica que subestima más que los productos PISCO y CHIRPM, por otro lado, CHIRPS sobreestima la precipitación más que los otros productos en las estaciones: Calca, Crucero, Ollachea y Paucartambo.

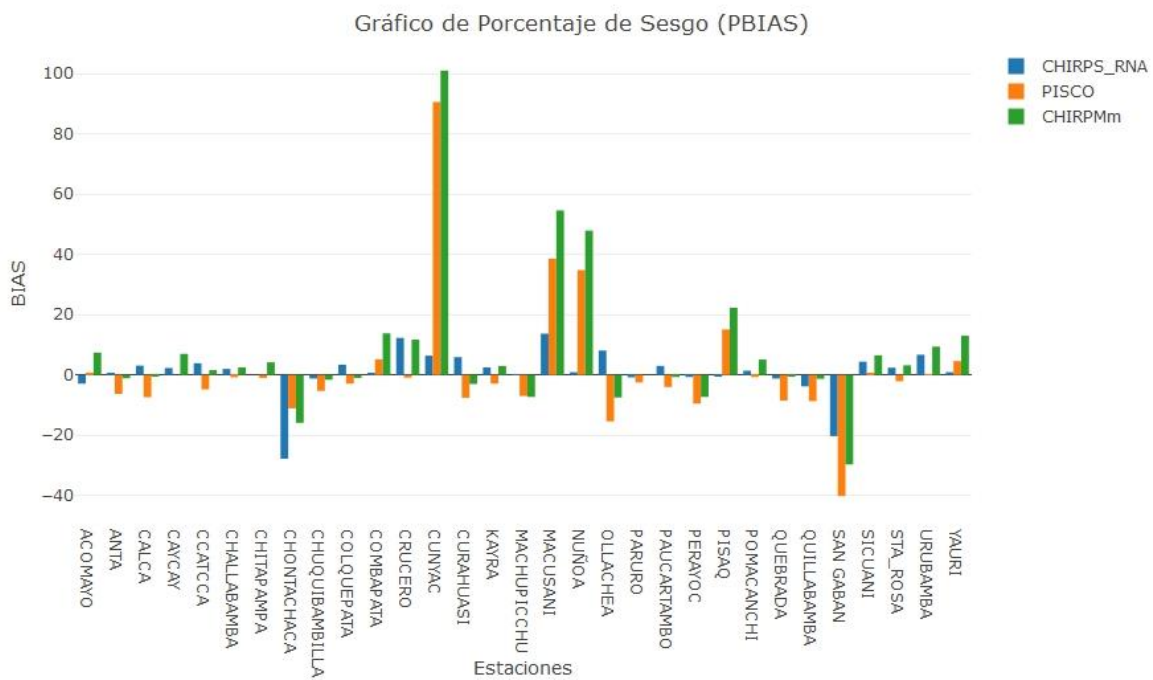


Figura 187. Porcentaje de sesgo (PBIAS) de la precipitación mensual de los productos CHIRPS_RNA, PISCO Y CHIRPMm en cada estación.

El producto PISCO en su mayoría tiene mejores valores de NSE, salvo en la estación Cunyac, por otro lado, el producto CHIRPS indica NSE negativo en la estación de Chontachaca, las cuales se encuentran ubicadas en la zona de ceja de selva, pero tiene mejores valores de NSE en las estaciones: Anta, Calca, Chitapampa, Combapata, Crucero, Cunyac, Machupicchu, Macusani, Nuñoa, Paruro Perayoc, Písaq, Quebrada, Quillabamba, San Gaban, Sicuani y Yauri.

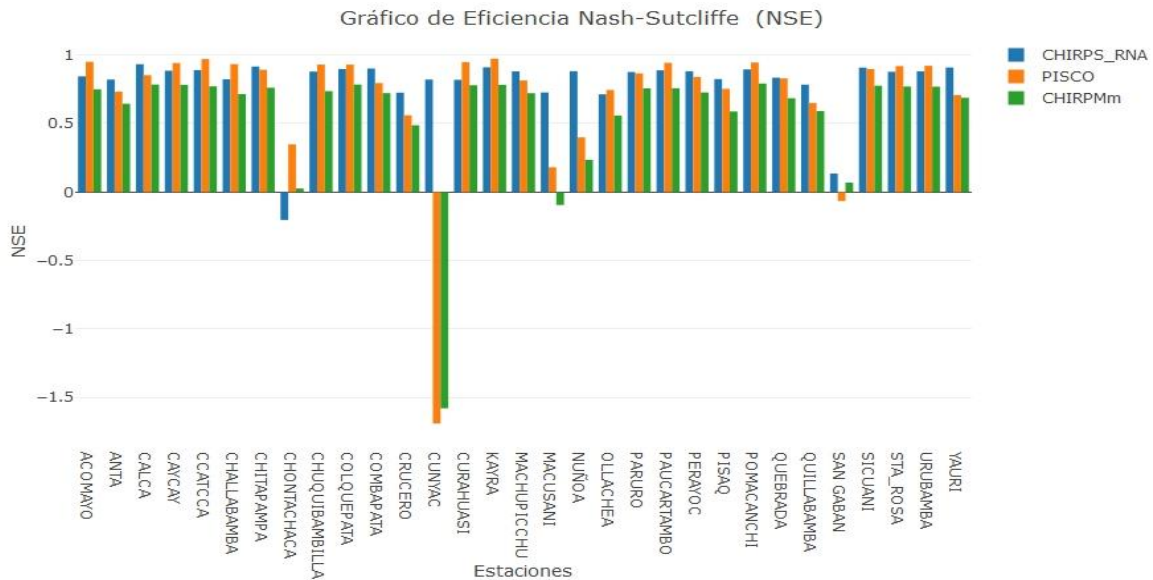


Figura 188. Eficiencia de Nash-Sutcliffe (NSE) de la precipitación mensual de los productos CHIRPS_RNA, PISCO Y CHIRPMm en cada estación.

El producto PISCO tiene mejores resultados de correlación salvo en las estaciones: Anta, Calca, Chitapampa, Combapata, Crucero, Cunyac, Machupicchu, Macusani, Nuñoa, Paruro, Perayoc, Písaq, Quillabamba, Sicuani, y Yauri que el producto CHIRPS es mejor.

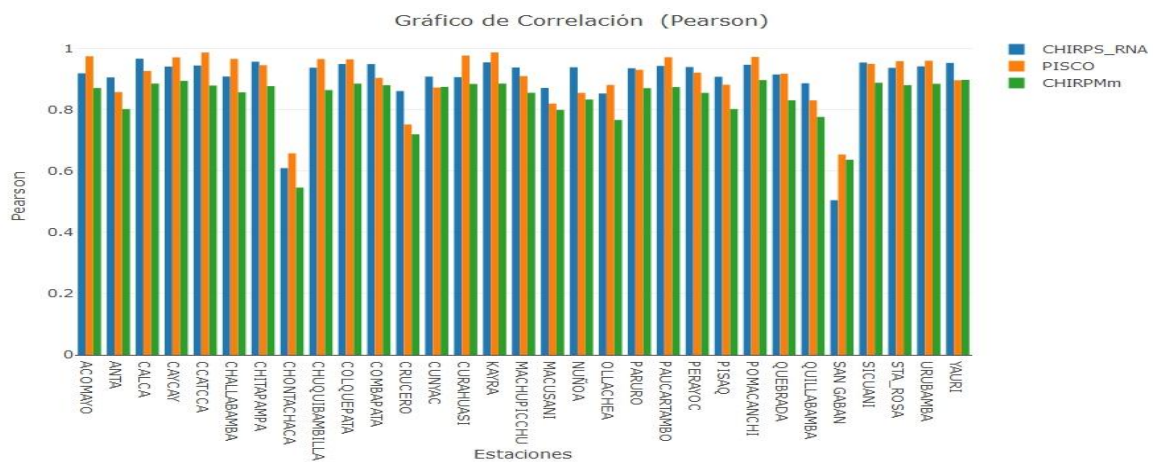


Figura 189. Correlación Pearson (r) de la precipitación mensual de los productos CHIRPS_RNA, PISCO Y CHIRPMm en cada estación.

Estación Kayra

De acuerdo a la **Figura 190**, se puede indicar que el producto PISCO muestra mejor dispersión con respecto a los datos observados.

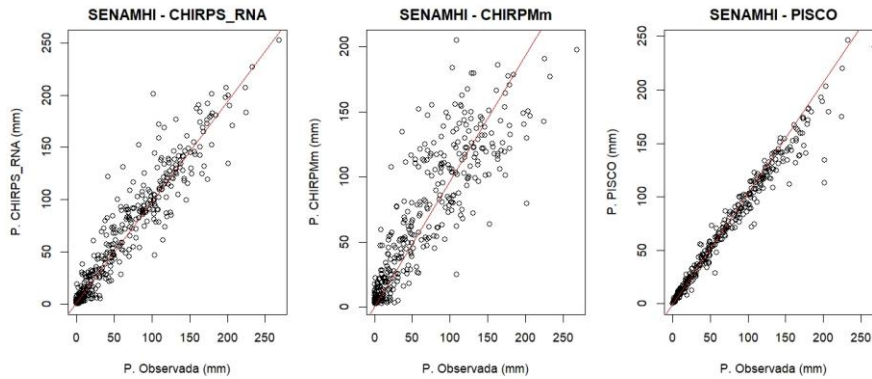


Figura 190. Diagrama de dispersión de datos observados y productos CHIRPS_RNA, CHIRPMm Y PISCO.

Finalmente, el diagrama de Taylor de la **Figura 191**, nos indica que el producto PISCO con $RMSE < 10$ mm, correlación $r > 0.98$ y Desviación estándar cercano a 60 mm; muestra una estimación similar a los datos observados. Mientras tanto el producto CHIRPS_RNA indica $RMSE > 10$ mm, correlación $r < 0.98$ y Desviación Estandar = 58 mm, similar al dato observado, siendo el segundo producto de mejor estimación de la precipitación mensual.

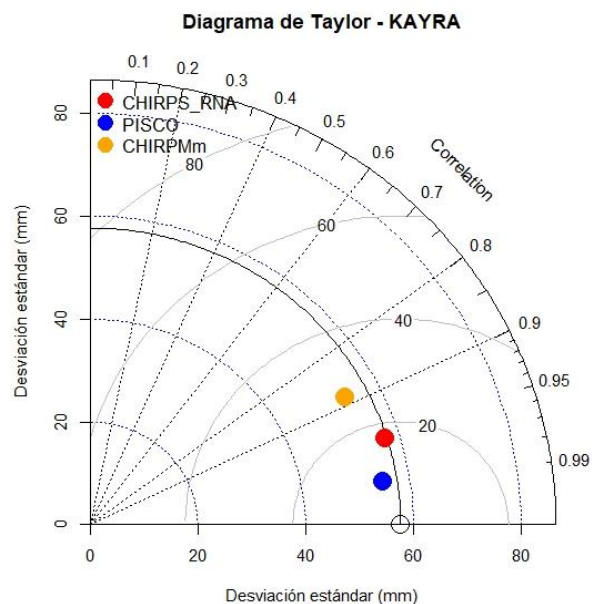


Figura 191. Comparativo de los productos CHIRPS_RNA, PISCO Y CHIRPM mediante Diagrama de Taylor.

El Diagrama de Taylor de todas las estaciones se muestra en el anexo A.3.3.

3.6.7.2. Estadísticos de validación de datos multimensuales corregidos con RNA

La **Figura 192**, muestra el MAE de la precipitación corregida mediante RNA por cada mes, donde se puede apreciar que en enero se tiene MAE<40mm, febrero y marzo con MAE<50 mm, abril con MAE<30 mm, mayo MAE<25 mm y diciembre con MAE<20 mm, en su mayoría excepto las estaciones de San Gaban y Chontachaca que muestran MAE>70 mm.



Figura 192. Error Absoluto Medio (MAE) - precipitación multimensual de enero a junio.

En la **Figura 193**, Los meses de julio y agosto muestran $MAE < 20$ mm, en cambio el resto de los meses desde setiembre hasta diciembre se tienen $MAE < 40$ mm en la mayoría de las estaciones.

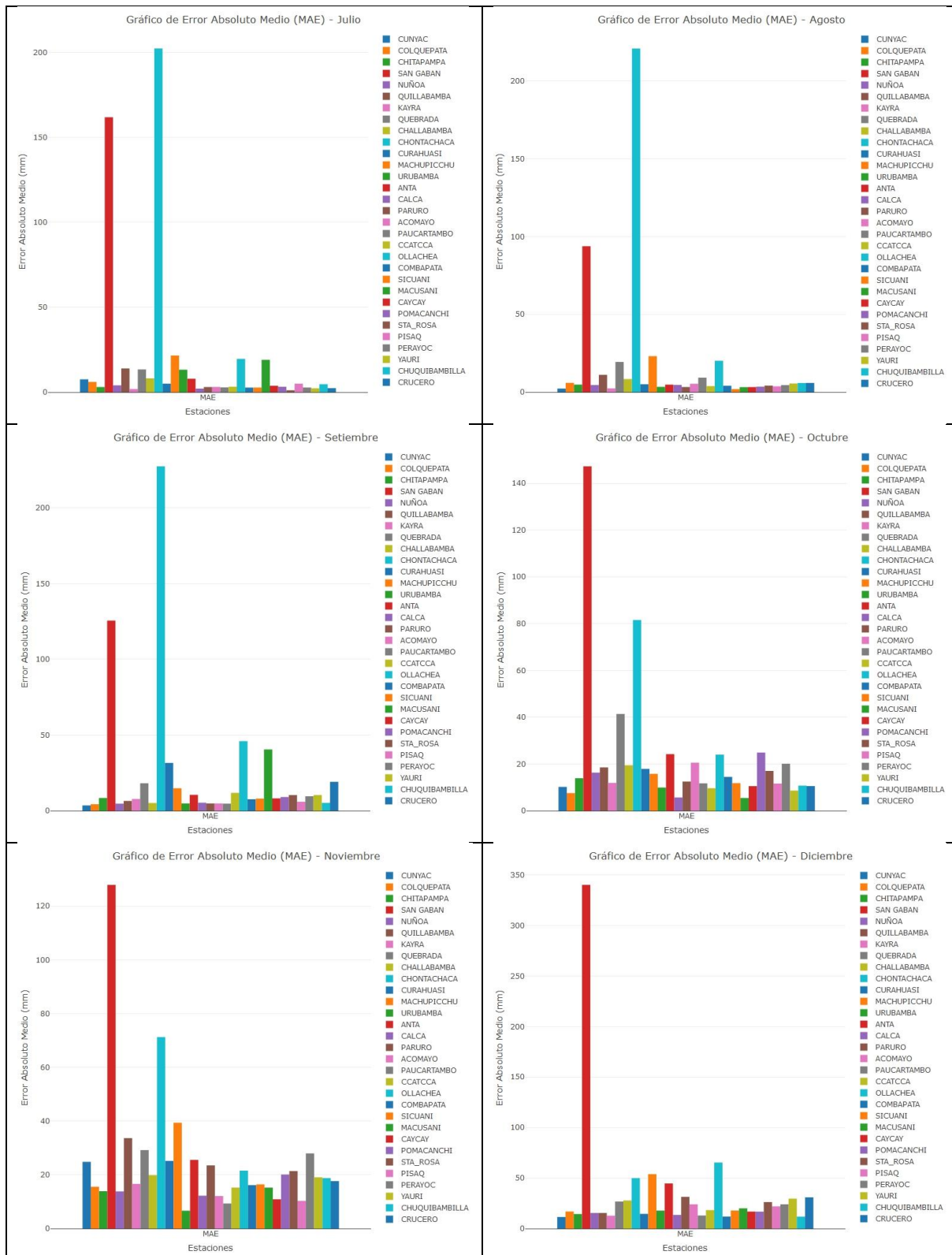


Figura 193. Error Absoluto Medio (MAE) - precipitación multimensual de julio a diciembre.

De acuerdo a la **Figura 194**, se puede indicar que en los meses de enero, febrero, marzo y abril se tiene $-10 < \text{sesgo} < 10$, lo que califica como muy bueno. Los meses de mayo y junio muestran sesgo muy bueno en algunas estaciones y de buenos hasta insatisfactorios en otros, lo que indica que aun se mantienen la subestimación y la sobreestimación de la precipitación mensual.

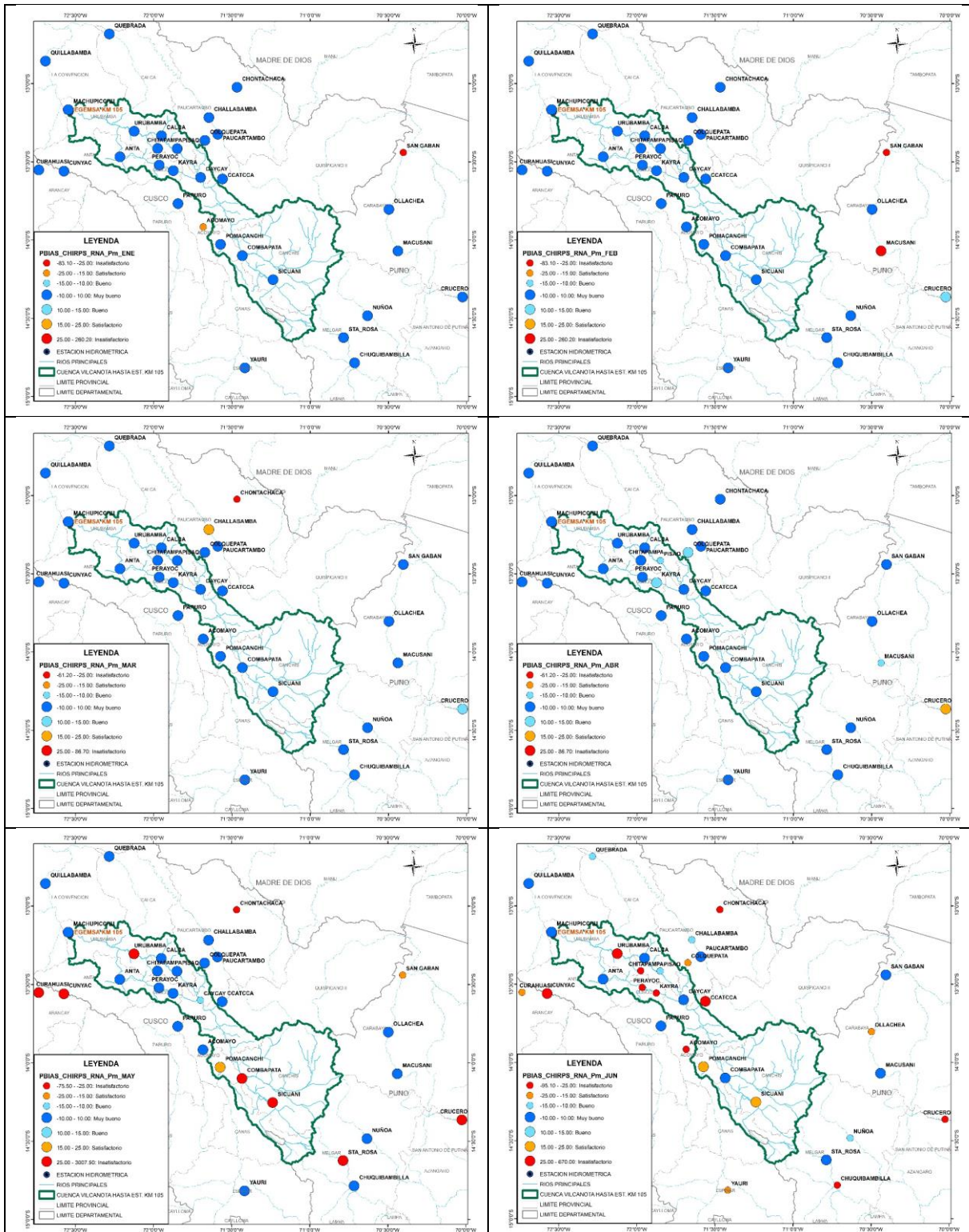


Figura 194. Sesgo Porcentual (PBIAS) - precipitación multimensual de enero a junio.

Caso similar se muestra según la **Figura 195**, que en los meses de julio, agosto y setiembre aun se mantienen la subestimación y sobreestimación de la precipitación mensual. Donde si se muestran mejoras son en los meses de octubre, noviembre y diciembre con sesgo considerado como muy bueno, excepto estaciones puntuales como Cunyac y San Gaban.

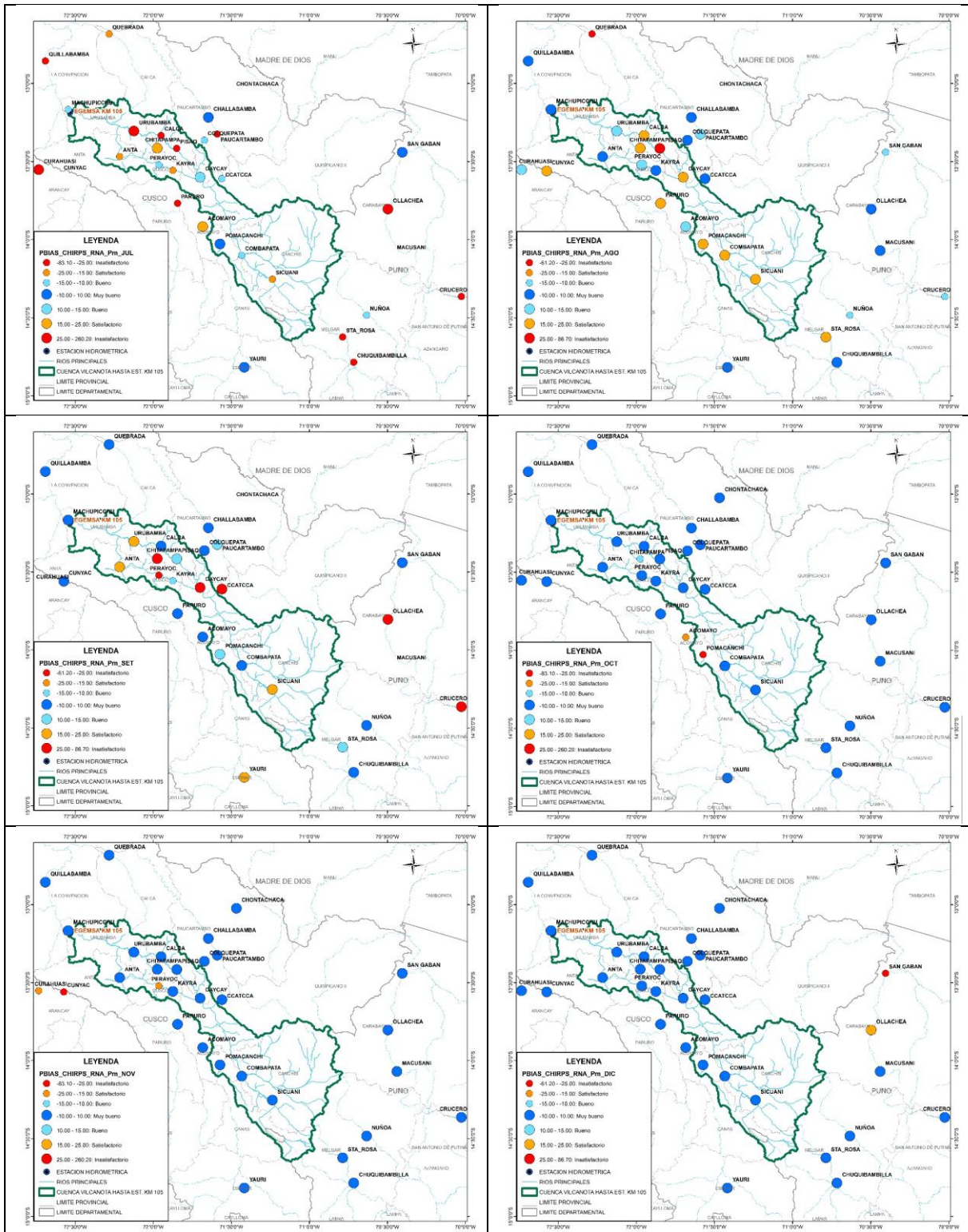


Figura 195. Sesgo Porcentual (PBIAS) - precipitación multimensual de julio a diciembre.

Según la **Figura 196**, se puede apreciar que la Eficiencia de Nash esta entre bueno, satisfactorio e insatisfactorio (febrero y mayo). En los meses de enero, marzo, abril y junio se puede observar casos puntuales donde se muestra NSE como muy bueno como son Chitapampa y Chontachaca (enero), Machupicchu (febrero), Urubamba y Pomacanchi (abril), Anta y Macusani (junio).

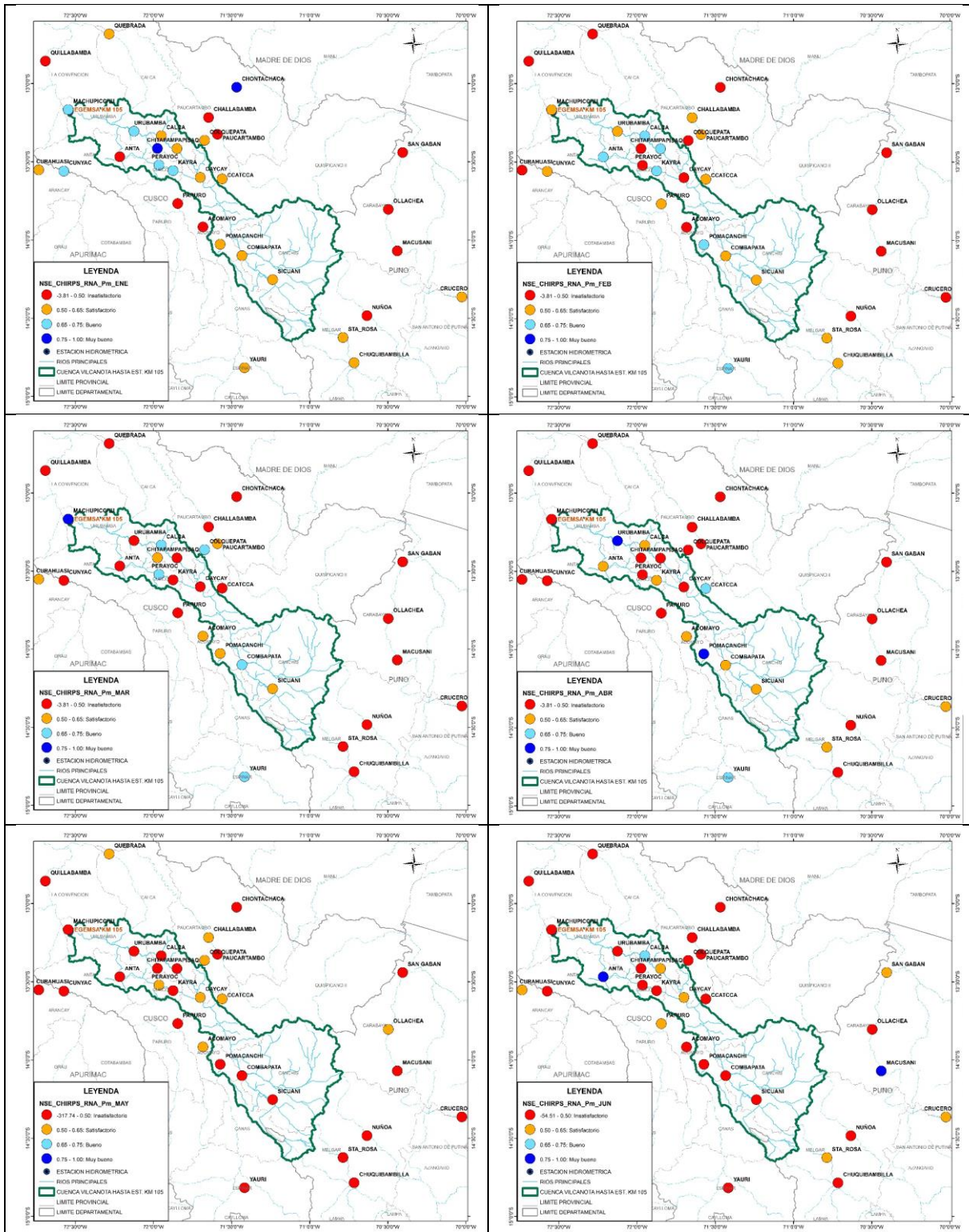


Figura 196. Eficiencia de Nash (NSE) - precipitación multimensual de enero a junio.

La correlación, así como se muestra en la **Figura 198**, en los meses desde enero hasta junio, muestra indicadores estadísticos considerados desde excelente en un mínimo de estaciones hasta buena, regular y mala en la mayoría de las estaciones.

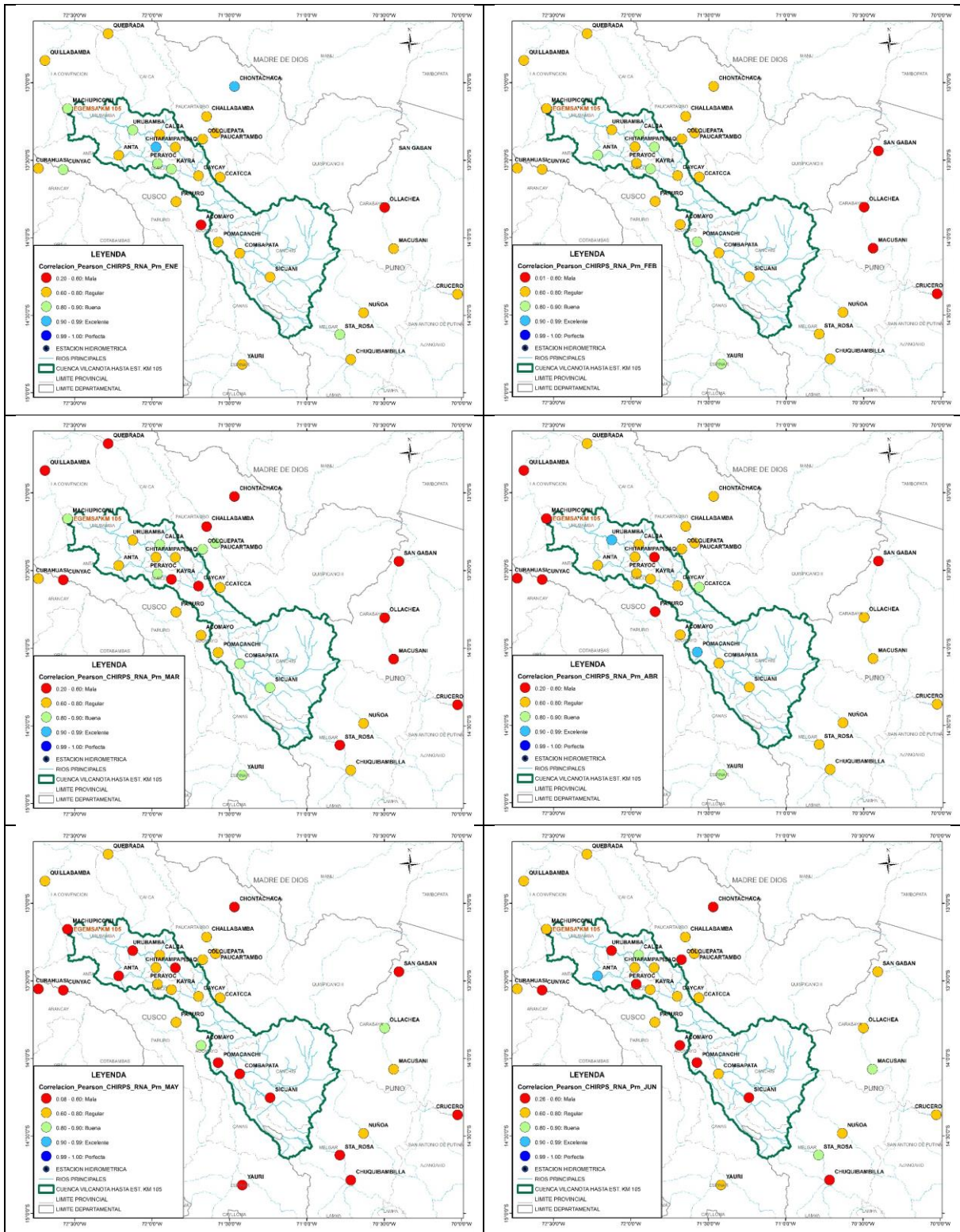


Figura 198. Correlación de Pearson (r) - precipitación multimensual de enero a junio.

Situación similar muestra la **Figura 199**, con correlación determinada como excelente de estaciones puntuales como Chuquibambilla (octubre) y Písaq (noviembre), pero el resto solamente se considera como Correlación buena, regular y malas.

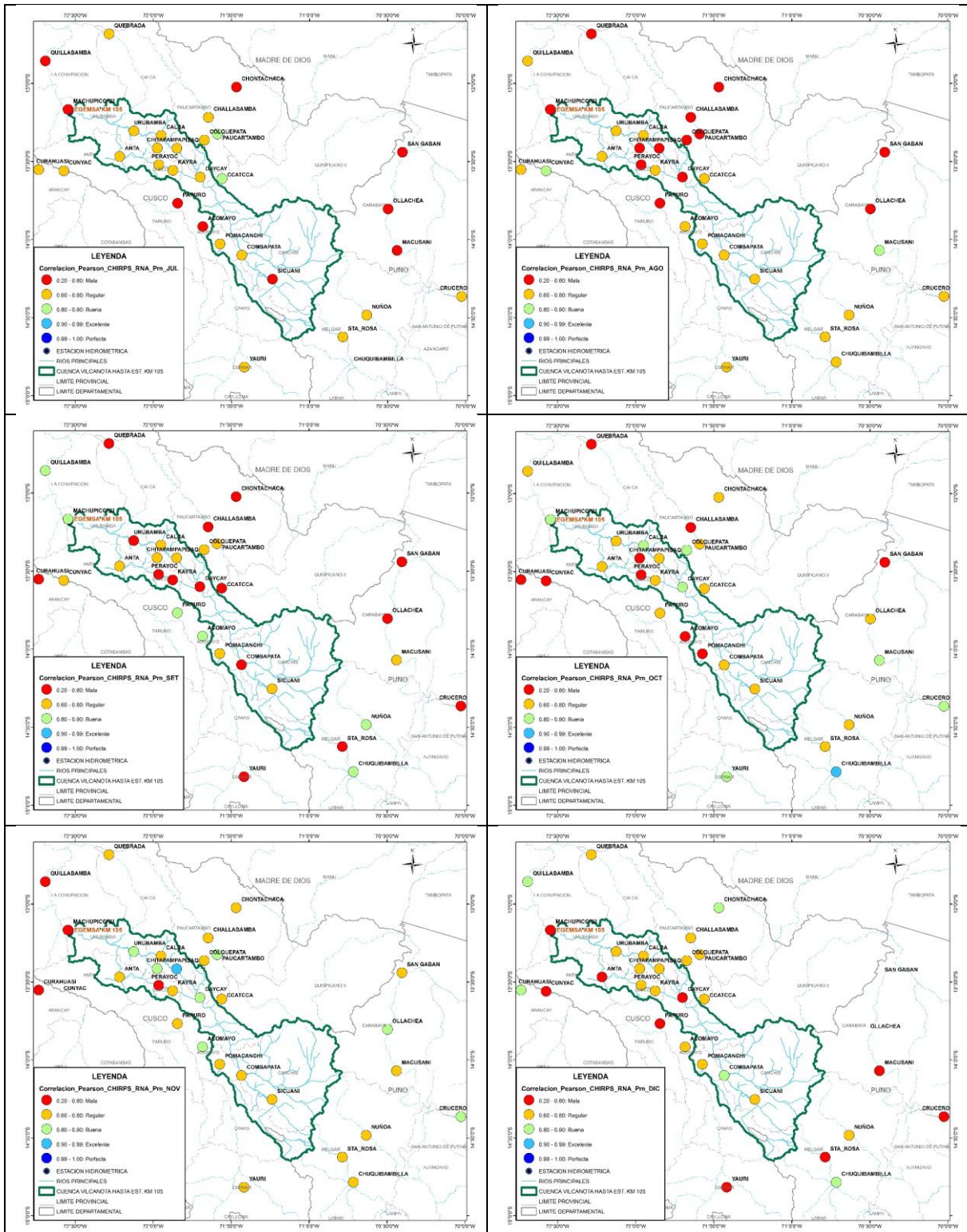


Figura 199. Correlación de Pearson (r) - precipitación multimensual de julio a diciembre.

3.6.8. Precipitación Estacional corregida mediante RNA

Así como en la investigación de (Díaz, 2013), se considera agrupar las precipitaciones mensuales en estaciones como sigue:

- Primavera. Setiembre, Octubre y Noviembre (SON).
- Verano. Diciembre, Enero y Febrero (DEF).
- Otoño. Marzo, Abril y Mayo (MAM).
- Invierno. Junio, Julio y Agosto (JJA).

3.6.8.1. Estadísticos de validación de datos estacionales corregidos con RNA

Se realiza el análisis comparativo entre las precipitaciones observadas y las estimadas por satélite CHIRPS.

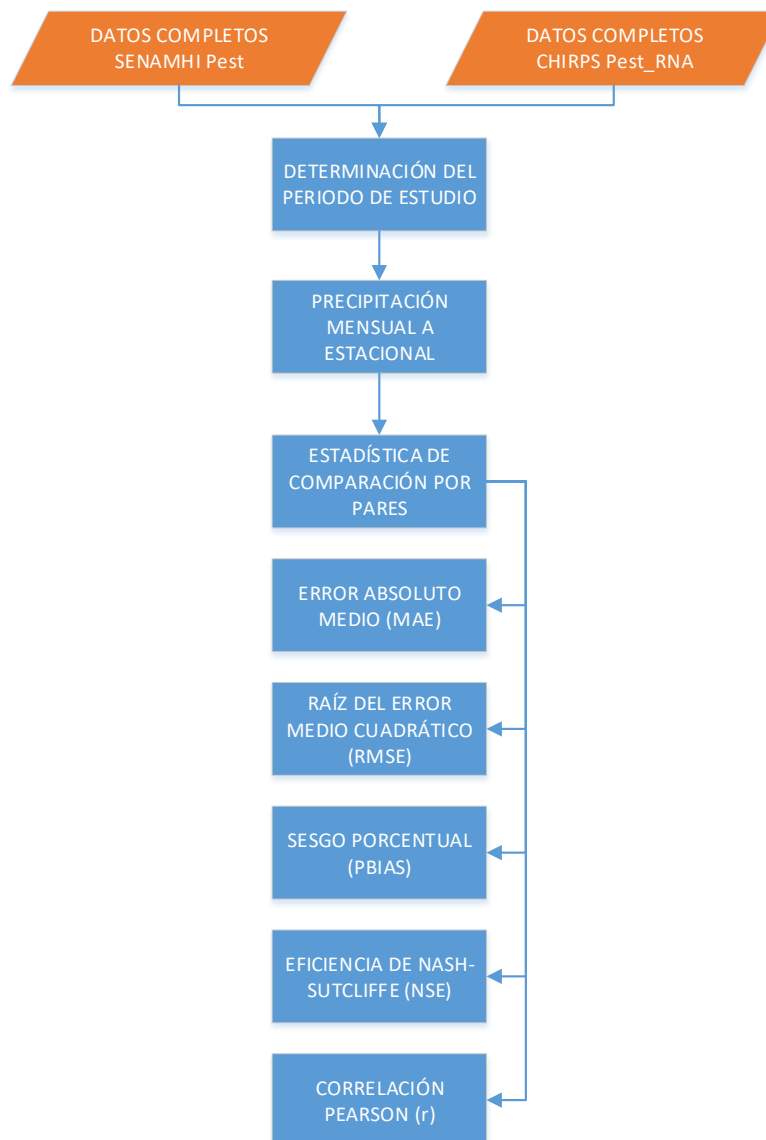


Figura 200. Flujograma de la validación de los datos estacionales.