



INFORME EJECUTIVO

# Monitoreo Hidrometeorológico de la cuenca alta del río Guayllabamba y microcuencas Oyacachi, Papallacta y Antisana



INFORME EJECUTIVO

**Monitoreo Hidrometeorológico  
de la cuenca alta del río  
Guayllabamba y microcuencas  
Oyacachi, Papallacta y Antisana**







## INFORME EJECUTIVO

# Monitoreo Hidrometeorológico de la cuenca alta del río Guayllabamba y microcuencas Oyacachi, Papallacta y Antisana

## Fondo para la Protección del Agua-FONAG, 2013

### Autores

Ángel G. Muñoz S. y William Torres-Centro de Modelado Científico-CMC, Universidad del Zulia – Venezuela

Jacqueline Cisneros y Andrea Vera-Programa Gestión del Agua-FONAG

### Edición

Jacqueline Cisneros-FONAG

### Fotos

Andrea Vera-FONAG

**ISBN:** 978-9942-9983-1-6








**Línea editorial:** graphus® 290 2760

**Diseño de esta cartilla:** graphus® 322 7507

**Impresión:** creative@graphusecuador.com

Impreso en Quito-Ecuador

# Contenido

-  **4** Presentación
-  **5** Red de monitoreo Hidrometeorológico
-  **10** Registro de datos hidrometeorológicos
-  **11** Estandarización de formatos
-  **11** Control de Calidad
-  **13** Homogeneización de series de tiempo
-  **16** Bibliografía





## Presentación |

Disponer de una información hidrometeorológica confiable, que permita en tiempo real conocer el estado y comportamiento del sistema hídrico y la variabilidad climática de la cuenca alta del río Guayllabamba y las microcuencas de los ríos orientales Oyacachi, Chalpi Grande, Papallacta y Antisana, es una de las prioridades del Fondo para la Protección del Agua – FONAG, en su desafío por lograr una planificación y gestión integrada de los recursos hídricos que abastecen al Distrito Metropolitano de Quito.

El FONAG, junto con organizaciones nacionales, desarrolla acciones que impulsan el monitoreo hidrometeorológico integrado, que conlleven a un manejo responsable del agua en la cuenca y que precautele la sostenibilidad de los ecosistemas. En el área existen alrededor de 155 estaciones, entre meteorológicas e hidrológicas, de las cuales 17 estaciones conforman la red de monitoreo implementada por el FONAG y que operan en las partes altas de las cuencas mencionadas.

El programa Gestión del Agua–FONAG, desde el 2011, aplica una serie de procedimientos técnicos, alineados con la normativa mundial, para garantizar que la información hidrometeorológica cumpla con estándares de alta calidad. Los datos generados en la red FONAG se comparten a través del Sistema de Información y Monitoreo de recursos hídricos de la cuenca alta del río Guayllabamba: [www.infoagua-guayllabamba.ec](http://www.infoagua-guayllabamba.ec)



# Monitoreo Hidrometeorológico de la cuenca alta del río Guayllabamba y microcuencas Oyacachi, Papallacta y Antisana

## Red de monitoreo Hidrometeorológico

El Fondo para la Protección del Agua-FONAG, desde el 2006, impulsó la implementación de una Red de Monitoreo Hidrometeorológico en la cuenca alta del río Guayllabamba y las microcuencas orientales de Oyacachi, Papallacta y Antisana. La red permite contar con datos hidrometeorológicos que ayudan a la caracterización del estado y comportamiento del sistema hídrico y la variabilidad climática en estas cuencas, insumos básicos para una adecuada planificación de los recursos hídricos con enfoque de gestión y manejo integrado.

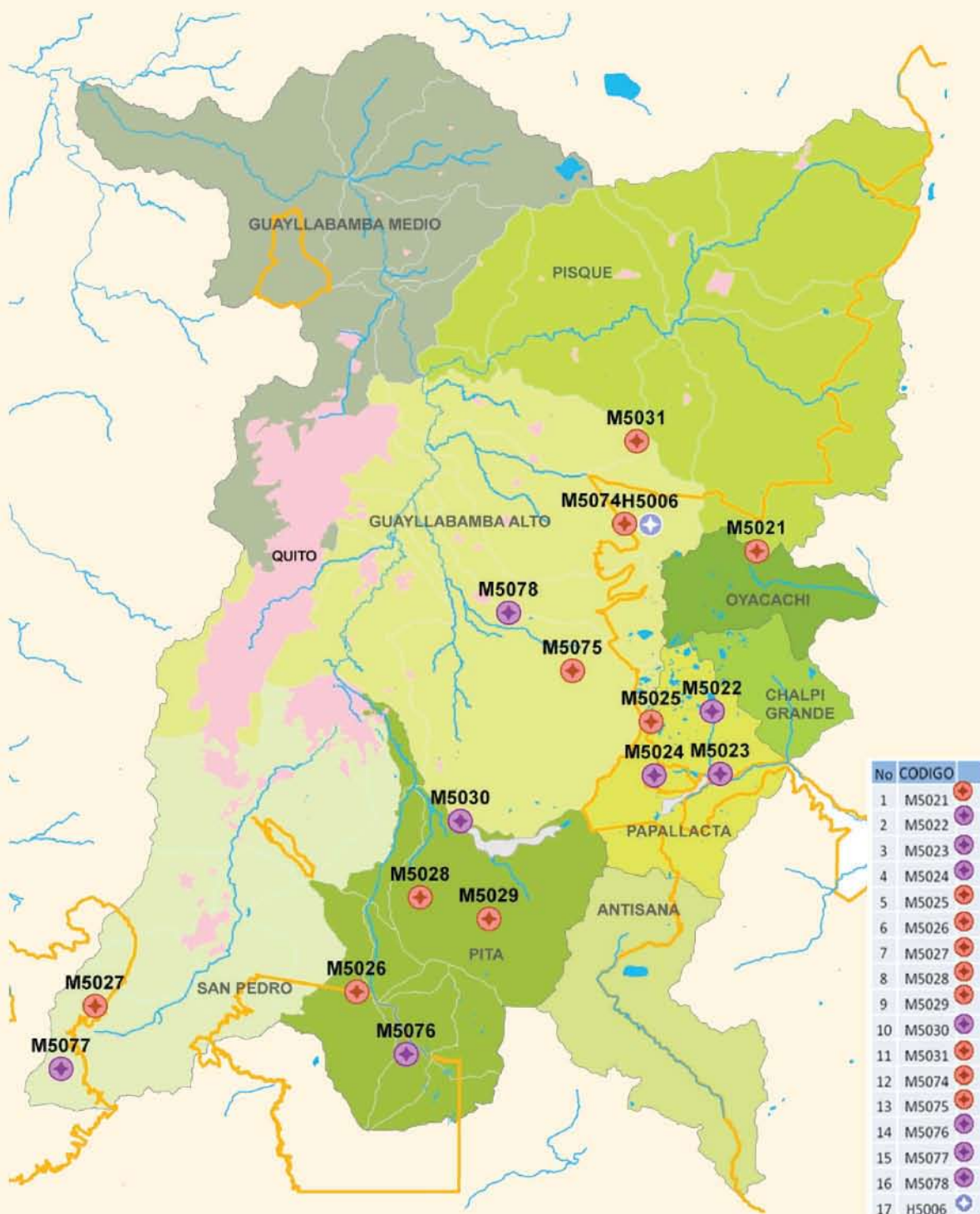
Desde el 2011, el Programa Gestión del Agua del FONAG desarrolla una serie de acciones encaminadas a fortalecer la infraestructura física de las estaciones y sus sensores, así como de la instrumentación para la operación y mantenimiento de cada una de ellas. Estos procedimientos enmarcados en la normativa de la Organización Mundial de Meteorología (OMM) y del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador (INAMHI), con la finalidad de hacer más transparentes las metodologías empleadas y alcanzar altos estándares en la calidad de la información generada.

El esfuerzo del FONAG con la colaboración del INAMHI y otras organizaciones locales expertas en el tema, permitió que la Red de Monitoreo Hidrometeorológico del FONAG, conformada por 17 estaciones automáticas (9 meteorológicas, 7 pluviométricas, 1 hidrológica) sea incorporada como una red local de apoyo a la red nacional.





FIGURA 1: Red de Monitoreo Hidrometeorológico-FONAG



Fuente: Programa Gestión del Agua-FONAG

## ESTACIONES DE LA RED DE MONITOREO DEL FONAG

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>CÓDIGO ESTÁNDAR</b>	M5021	M5022	M5023	M5024	M5025	M5026	M5027	M5028	M5029
<b>TIPO DE ESTACIÓN</b>	M	P	P	P	M	M	M	M	M
<b>SISTEMA HIDROGRÁFICO</b>	Napo	Napo	Napo	Napo	Napo	Esmeraldas	Esmeraldas	Esmeraldas	Esmeraldas
<b>CUENCA HIDROGRÁFICA</b>	Napo	Napo	Napo	Napo	Napo	Guayllabamba	Guayllabamba	Guayllabamba	Guayllabamba
<b>SUB CUENCA HIDROGRÁFICA</b>	Coca	Coca	Coca	Coca	Coca	Pita	San Pedro	Pita	Pita
<b>MICROCUENCA</b>	Oyacachi	Papallacta	Papallacta	Papallacta	Papallacta	Salto Pita	Jambeli	Guapal	Guapal
<b>PROVINCIA</b>	Napo	Napo	Napo	Napo	Napo	Pichincha	Pichincha	Pichincha	Pichincha
<b>CANTÓN</b>	El Chaco	Quijos	Quijos	Quijos	Quijos	Mejía	Mejía	Quito	Quito
<b>PARROQUIA</b>	Oyacachi	Papallacta	Papallacta	Papallacta	Papallacta	Machachi	El Chaupi	Pintag	Pintag
<b>COORDENADAS DATUM WGS 84, ZONA 17 S</b>									
<b>LATITUD UTM (N)</b>	9979154	9964050	9958152	9958004	9963068	9937618	9936280	9946524	9944491
<b>LONGITUD UTM (E)</b>	821647	817507	818242	812125	811859	784573	760317	790439	796826
<b>COORDENADAS GEOGRÁFICAS</b>									
<b>LATITUD (S)</b>	0°11'18.092"	0°19'29.443"	0°22'41.295"	0°22'46.045"	0°20'1.44"	0°33'49.766"	0°34'33.64"	0°11'18.092"	0°11'18.092"
<b>LONGITUD (W)</b>	78°3'38.368"	78°8'52.029"	78°8'28.221"	78°11'28.221"	78°11'54.525"	78°26'36.045"	78°39'40.081"	78°23'26.571"	78°20'124"
<b>ALTURA (m.s.n.m.)</b>	3710	3620	3100	3637	3920	3670	3727	3526	4100





**ESTACIONES DE LA RED DE MONITOREO DEL FONAG**

No	10	11	12	13	14	15	16	17
CÓDIGO ESTÁNDAR	M5030	M5031	M5074	M5075	M5076	M5077	M5078	H5006
TIPO DE ESTACIÓN	P	M	M	M	P	P	P	H
SISTEMA HIDROGRÁFICO	Esmeraldas	Esmeraldas	Esmeraldas	Esmeraldas	Esmeraldas	Esmeraldas	Esmeraldas	Esmeraldas
CUENCA HIDROGRÁFICA	Guayllabamba	Guayllabamba	Guayllabamba	Guayllabamba	Guayllabamba	Guayllabamba	Guayllabamba	Guayllabamba
SUB CUENCA HIDROGRÁFICA	Pita	Guayllabamba Alto	Guayllabamba Alto	Guayllabamba Alto	Pita	San Pedro	Guayllabamba Alto	Guayllabamba Alto
MICROCUENCA	Guapal	Coyago	Urayvía	Chiche	Pita alto	Jambeli	Chiche	Urayvía
PROVINCIA	Pichincha	Pichincha	Pichincha	Pichincha	Pichincha	Pichincha	Pichincha	Pichincha
CANTÓN	Quito	Cayambe	Quito	Quito	Mejía	Mejía	Quito	Quito
PARROQUIA	Pintag	Cangahua	Checa	Pifo	Machachi	El Chaupi	Pifo	Checa
<b>COORDENADAS DATUM WGS 84, ZONA 17 S</b>								
LATITUD UTM (N)	9953712	9989510	9981721	9967879	9931750	9930365	9973342	9981650
LONGITUD UTM (E)	794173	810520	809389	804574	789148	757174	798647	811778
<b>COORDENADAS GEOGRÁFICAS</b>								
LATITUD (S)	0°25'6.001"	0°5'41.255"	0°9'54.658"	0°17'24.991"	0°37'0.600"	0°37'0.600"	0°14'27.300"	0°9'57.000"
LONGITUD (W)	78°21'25.975"	78°12'37.468"	78°13'14.468"	78°15'49.979"	78°24'8.100"	78°41'21.600"	78°19'1.600"	78°11'57.30"
ALTURA (m.s.n.m.)	3248	3750	4142	4029	3866	3983	2857	3765

Además de establecer protocolos técnicos, el FONAG formalizó la participación libre, voluntaria y consciente con los propietarios de los predios donde se localizan las estaciones; por ello, la institución reconoce y agradece la colaboración de los señores: José Luis Jijón de Campo, Mario Benalcázar, Benjamín Ríos, Camilo Ponce, Eduardo Tituaña, José Manuel Cobacango, Calixto Díaz, Edmundo Gordillo, José Miranda, Julio López y Gustavo Cadena, de la Junta Parroquial de Checa y a los miembros de la Asociación Loma Urco.



Intercambio de experiencias para la implementación y operación de la Red de Monitoreo FONAG.



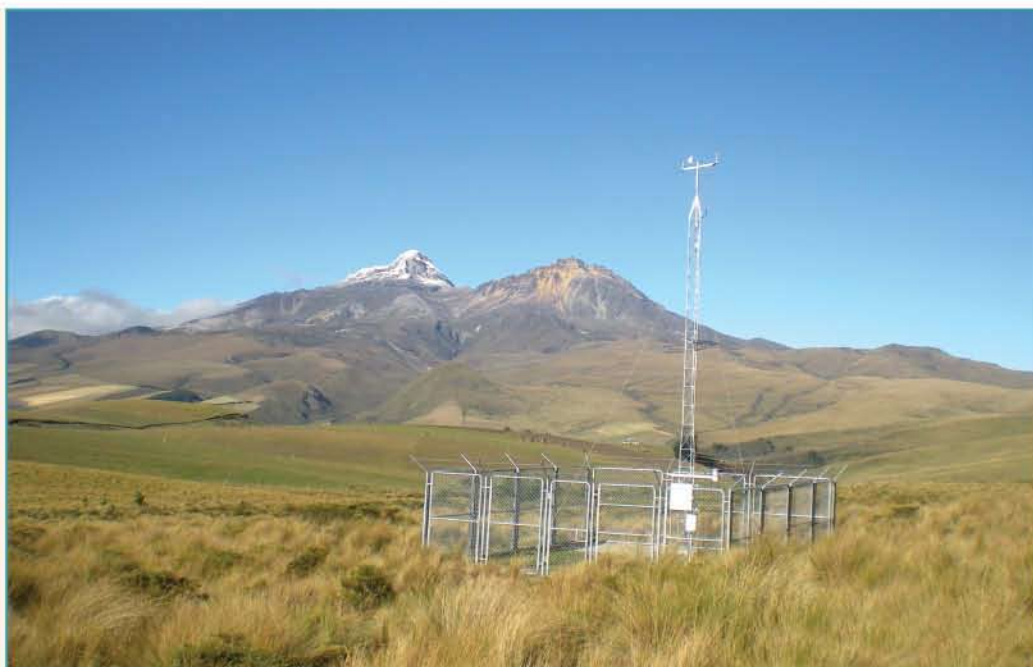


## Registro de datos hidrometeorológicos

El contar con una única red de monitoreo hidrometeorológico, administrada bajo parámetros y protocolos estándar que garanticen la confiabilidad de la información registrada, facilita la participación, manejo, análisis y aplicación de la información.

En la cuenca alta del río Guayllabamba y microcuencas de los ríos orientales Oyacachi, Chalpi Grande, Papallacta y Antisana, y alrededores, operan cerca de 155 estaciones, administradas por distintas instituciones (i.e. FONAG, INAMHI, EPMAPS, IRD, INAMHI-IRD, CARE, INERHI, Hidroequinoccio, HCJB-Ecoluz), que responden a diversos objetivos de investigación.

Para el área, se puede obtener información a partir del año 1962 hasta la presente fecha. Vale mencionar que no todas las estaciones presentan registros continuos, recientes, consistentes y de similar frecuencia de registro. Con estos antecedentes, de las 155 estaciones localizadas en el área, 143 estaciones (44 hidrológicas y 99 meteorológicas) cuentan con datos útiles y están disponibles.



Estación M5027: Localizada en Loma Urco, Los Illinizas.



## Estandarización de formatos

En el análisis de las series de tiempo es posible reconocer un componente asociado a la señal climática y otro que puede identificarse como ruido, por lo que se debe utilizar el llamado concepto “cociente señal-ruido”. Su aplicación facilita saber, por ejemplo, qué tan útil es la información disponible para calcular tendencias a futuro de una variable.

Investigaciones de referencia (i.e. Santer et al. [2011]) muestran que, una serie de tiempo con una longitud de al menos 20 años de datos, asegura la confiabilidad de los resultados que puedan desprenderse, posteriormente, por ejemplo de una modelación hidrológica o un análisis de variabilidad climática. Sin embargo, no es fácil contar con esta longitud de tiempo, sea por las características biofísicas de la región, por la falta de estaciones o por un monitoreo inadecuado.

Asimismo, la periodicidad del registro de los datos depende en buena medida del objetivo de la investigación, al igual que el formato que utilice para su registro o almacenamiento. En general, los formatos difieren de acuerdo a cada institución, por lo que es necesario unificarlos a uno estándar, previo al proceso de control de calidad de datos.

## Control de Calidad

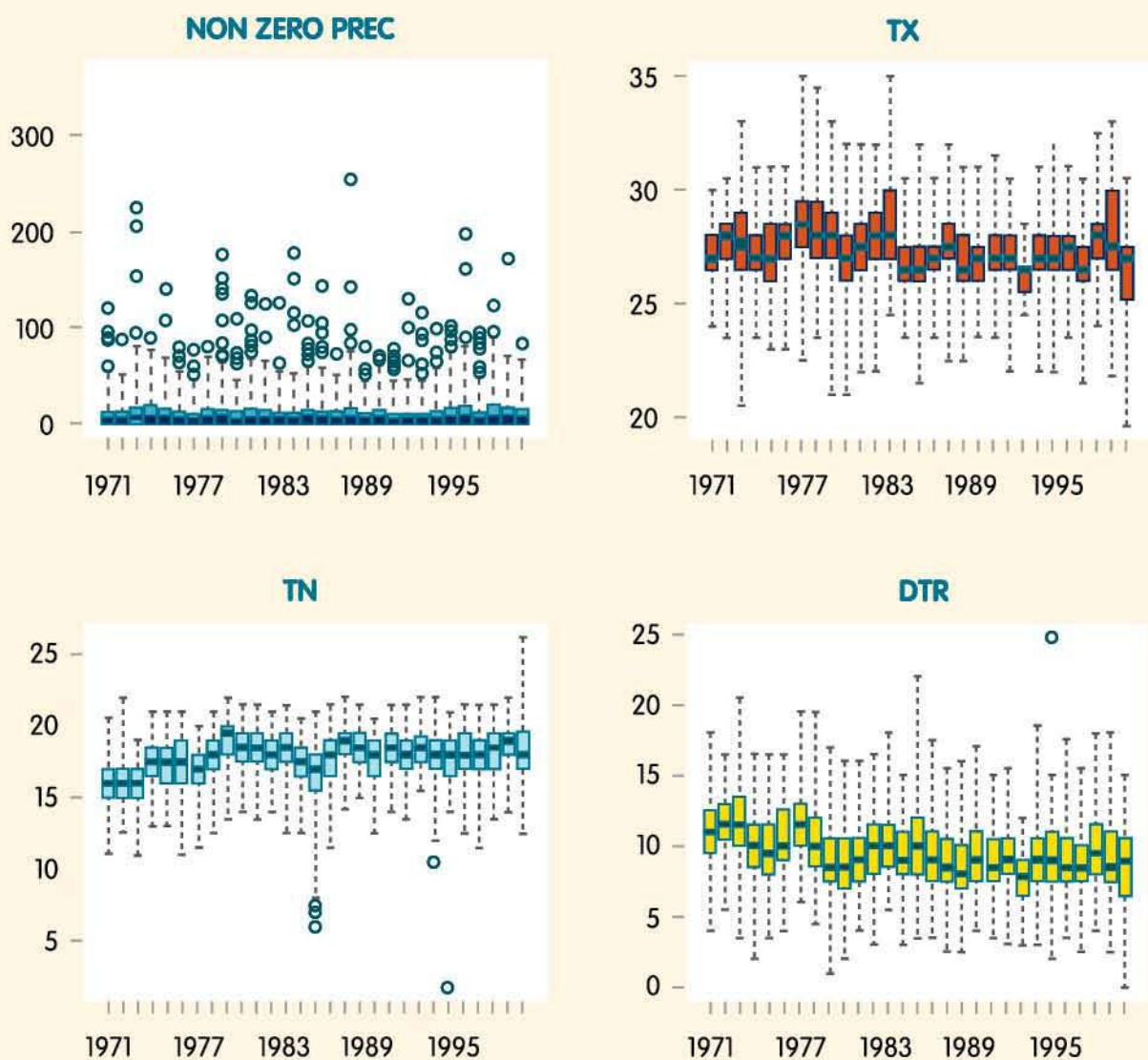
Los procesos de control de calidad se aplican para detectar e identificar errores notables que ocurren durante la adquisición, manipulación, formato, transmisión y archivo de los datos [Aguilar et al., 2003]. Naturalmente, es importante conocer los procedimientos que se han aplicado en cada caso, en aras de considerar adecuadamente la validez de las observaciones y llevar a cabo las correcciones necesarias.

La validación de las observaciones es posible si las instituciones que manejan redes de monitoreo administran un conjunto de metadatos, donde se detalle las acciones de control, mantenimiento, reformas, reemplazos y demás intervenciones realizadas en las estaciones.

77 estaciones (12 hidrológicas y 65 meteorológicas) del total que opera en el área, poseen series de tiempo lo suficientemente largas y aceptables para ser sometidas a un proceso de homogeneización. En la figura 2 se aprecia un ejemplo de la aplicación de control de calidad de datos de las estaciones localizadas en el área de estudio.



**FIGURA 2:** Boxplots con las series anuales multianual de precipitación no nula (PREC), temperatura máxima (TX), temperatura mínima (TN) y rango diurno de temperatura (DTR). Los valores en círculos vacíos corresponden a valores atípicos



Fuente: Muñoz, Á. y Torres, W - FONAG



## Homogeneización de series de tiempo

Una vez garantizada la calidad de la data, se procede con la detección y reconocimiento de discontinuidades no naturales (i.e. no asociadas a señales climáticas reales) en las observaciones; y se procede en forma seguida, en los casos que es posible, a la corrección u homogeneización de las series de tiempo.

La presencia de discontinuidades en los datos está frecuentemente producida por cambios de ubicación de la estación, o del observador, o en los procedimientos de medición o tipo de instrumentación.

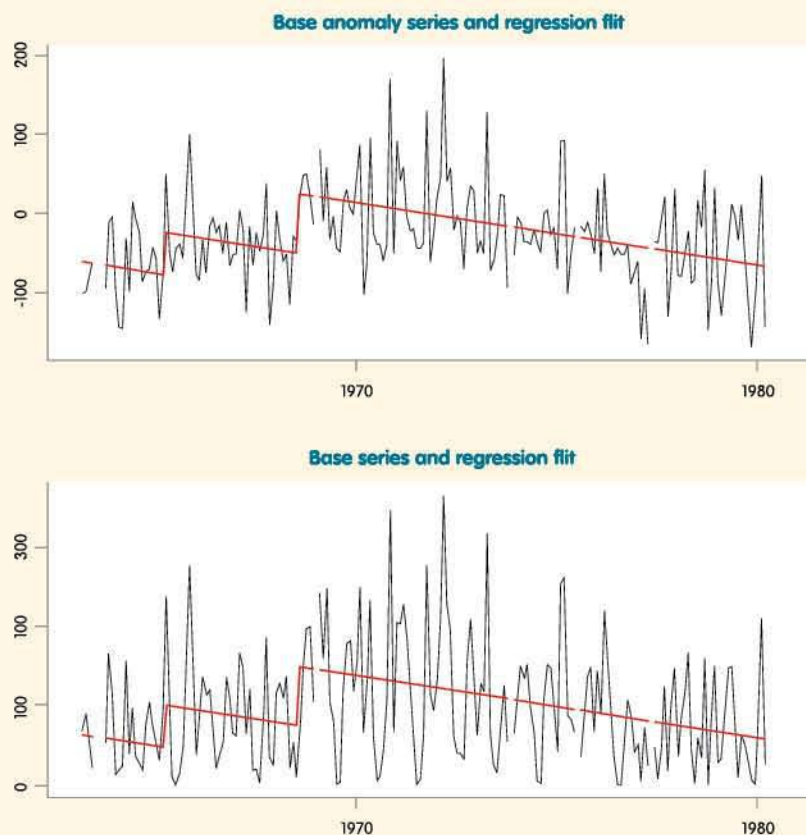
Algunos de estos cambios artificiales están documentados en los metadatos mientras que otros no. La evidencia de modificaciones se transparenta en la homogeneización a través de la aplicación de metodologías sugeridas a nivel mundial (i.e. Vincent et al., 2002; Menne y Williams 2005; De Gaetano, 2006; Wang, 2006; Wan et al. 2007). Sin embargo, es frecuente la ausencia de metadatos indicando estos cambios, por lo que se han diseñado diversos métodos estadísticos para detectarlos (i.e. Lund y Reeves 2002; Wang, 2003, 2008; Caussinus y Mestre 2004; Wang et al., 2007).

Si bien no hay consenso sobre cuál es la mejor metodología para la detección y corrección de inhomogeneidades, la de Wang et al. [2007a,b] utiliza pruebas estadísticas que ofrecen ventajas importantes para la detección de los casos de interés, comparadas, por ejemplo, con las pruebas de Alexandersson [1986].

La metodología de Wang et al. [2007a,b] emplea funciones de prueba maximizadas  $F$  y  $t$  con penalización (PMT y PMF), capaces de detectar desplazamientos en la media de series de tiempo de tendencia nula, empleando una función de penalización construida empíricamente para emparejar el perfil de la tasa de falsas alarmas (posee típicamente forma de U).



**FIGURA 3:** Detección de discontinuidades en la serie de tiempo de anomalía de precipitación de la estación M113, con el paquete RHTest. Arriba: serie de tiempo de anomalías. Abajo: serie de tiempo original con control de calidad

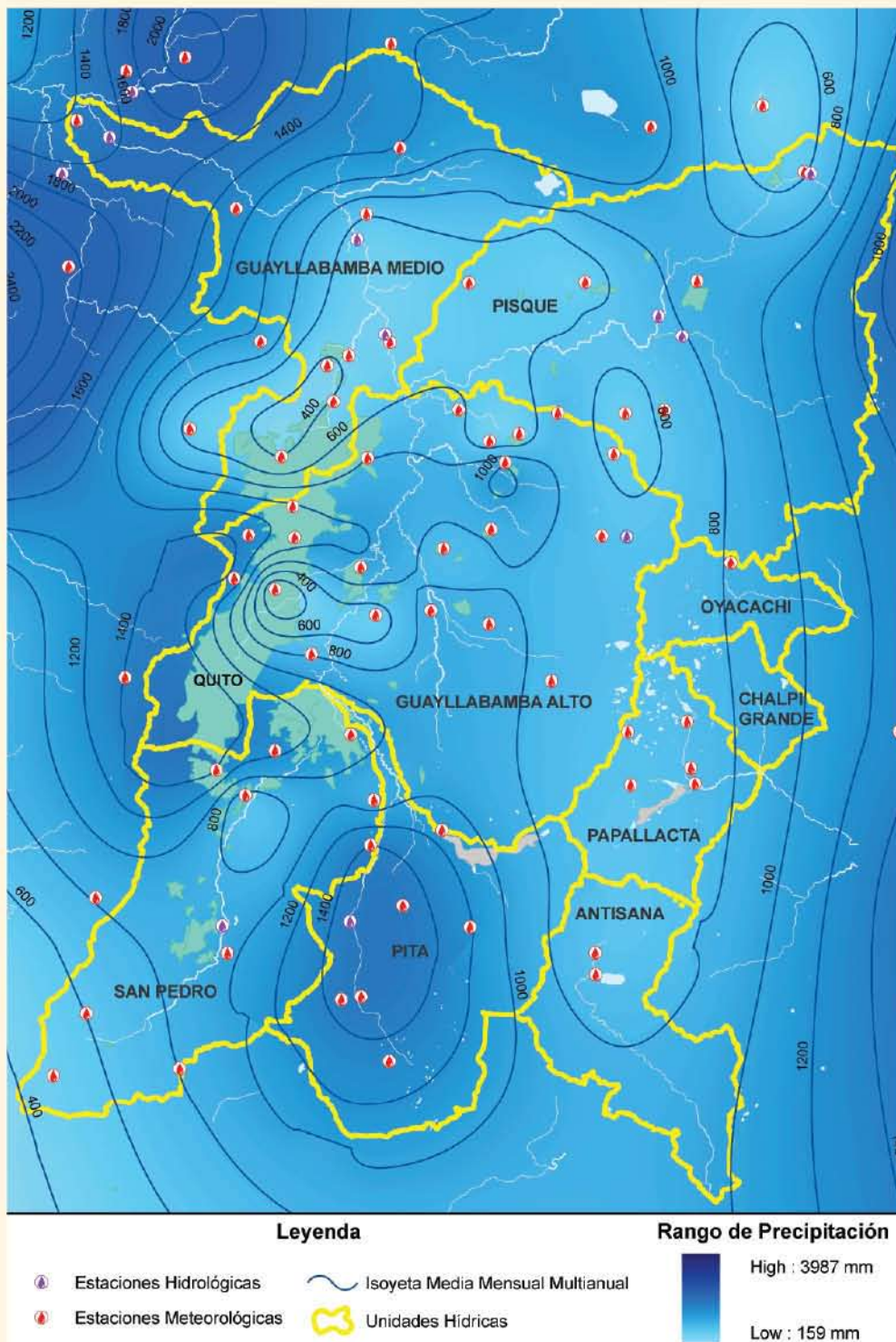


Fuente: Muñoz, A. y Torres, W - FONAG

Para la caracterización de tendencias hidrológicas y climáticas, así como de variabilidad a múltiples escalas en el área de estudio, resulta fundamental disponer de series de tiempo homogeneizadas. En la figura 4, se observa la distribución espacial de la precipitación medio mensual multianual, como ejemplo de la aplicación de los hidrometeorológicos tratados.

Los datos registrados por las estaciones que administra el FONAG, así como los estudios para establecer una red integrada de monitoreo y la propuesta de estandarización de datos están disponibles en el Sistema de Información y Monitoreo SIRH-CG [www.infoagua-guayllabamba.ec](http://www.infoagua-guayllabamba.ec)

**FIGURA 4:** Distribución de precipitación media mensual multianual



Fuente: Programa Gestión del Agua-FONAG



## Bibliografía |

- Alexandersson, H., 1986: A homogeneity test applied to precipitation data. *J. Climatol.*, 6, 661–675.
- Caussinus, H., y O. Mestre, 2004: Detection and correction of artificial shifts in climate. *Appl. Stat.*, 53, 405–425.
- DeGaetano, A. T., 2006: Attributes of several methods for detecting discontinuities in mean temperature series. *J. Climate*, 19, 838–853.
- Lund, R., y J. Reeves, 2002: Detection of undocumented changepoints: A revision of the two-phase regression model. *J. Climate*, 15, 2547–2554.
- Menne, M. J., y C. N. Williams Jr., 2005: Detection of undocumented changepoints using multiple test statistics and composite reference series. *J. Climate*, 18, 4271–4286.
- Santer, B. D., et al., 2011: Separating signal and noise in atmospheric temperature changes: The importance of timescale, *J. Geophys. Res.*, 116, D22105, DOI:10.1029/2011JD016263.
- Vincent, L. A., X. Zhang, B. R. Bonsal, y W. D. Hogg, 2002: Homogenization of daily temperatures over Canada. *J. Climate*, 15, 1322–1334.
- Wang, X.L., 2003: Comments on “Detection of undocumented changepoints: A revision of the two-phase regression model.” *J. Climate*, 16, 3383–3385.
- Wan, H., X. L. Wang, y V. R. Swail, 2007: A quality assurance system for Canadian hourly pressure data. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, 46, 1804–1817.
- Wang, X. L., Q. H. Wen, and Y. Wu, 2007. Penalized maximal t test for detecting undocumented mean change in climate data series. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, 46, 916–931. DOI:10.1175/JAM2504.1

El FONAG, junto con organizaciones nacionales, desarrolla acciones que impulsan el monitoreo hidrometeorológico integrado, que conlleven a un manejo responsable del agua en la cuenca y que precautele la sostenibilidad de los ecosistemas. La red de monitoreo implementada por el FONAG está conformada por 17 estaciones, que operan en las partes altas de las cuencas abastecedoras de agua para el Distrito Metropolitano de Quito.

[www.fonag.org.ec](http://www.fonag.org.ec)  
[www.infoagua-guayllabamba.ec](http://www.infoagua-guayllabamba.ec)

