

# Cambio climático y soberanía energética en Ecuador

FRANCISCO PARDAVILA PINO (AUTOR PRINCIPAL)

Investigador Senior  
Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental  
<pardavila82@gmail.com; fpardavila@ceda.org.ec>

LUIS CARLOS JEMIO

Investigador Senior  
Instituto de Estudios Avanzados en Desarrollo  
<lcjemio@inesad.edu.bo; www.lcjemio.com>

JAIME NAVARRO BARBER

Consultor independiente, especialista en temática ambiental con énfasis en energías renovables.  
<jainabar@hotmail.com; jainabar@cam.upv.es>

**RESUMEN:** Ecuador tiene una tasa de crecimiento económico superior a la media mundial y regional. Este incremento en la renta per cápita trae consigo un mayor consumo de energía eléctrica que el Estado pretende ofertar mediante la construcción de grandes centrales hidroeléctricas, forma de generación que en el año 2021 abastecerá el 67,5% de toda la demanda nacional. Una de las mayores críticas a esta modificación de la matriz energética es su dependencia de la pluviometría, de manera que años secos supondrán inexorablemente la compra de electricidad a Perú y Colombia, a un coste muy superior al de generación. Por este motivo, el presente documento de investigación se centra en el análisis de la existencia de un potencial impacto del cambio climático, expresado a través de las precipitaciones, sobre la soberanía energética del país.

*Palabras clave: soberanía, hidroelectricidad, cambio climático, pluviometría, renta per cápita.*

**Title:** Climate change and energy sovereignty in Ecuador

**ABSTRACT:** Ecuador has a rate higher than the global average and regional economic growth. This increase in per capita income leads to greater consumption of electricity that the State try to offer through the construction of large hydroelectric plants, form of electricity generation in 2021 will supply 67.5% of the national demand. One of the major criticisms of this modification of the energy matrix is its dependence on rainfall, so that dry years inexorably involve the purchase of electricity to Peru and Colombia, at a cost much higher than generation. For this reason, this research paper analyzes the existence of a potential impact of climate change, expressed through rainfall on electricity production and in case of having a positive result, quantifying the economic cost associated.

*Keywords: sovereignty, hydropower, climate change, rainfall, per capita income.*



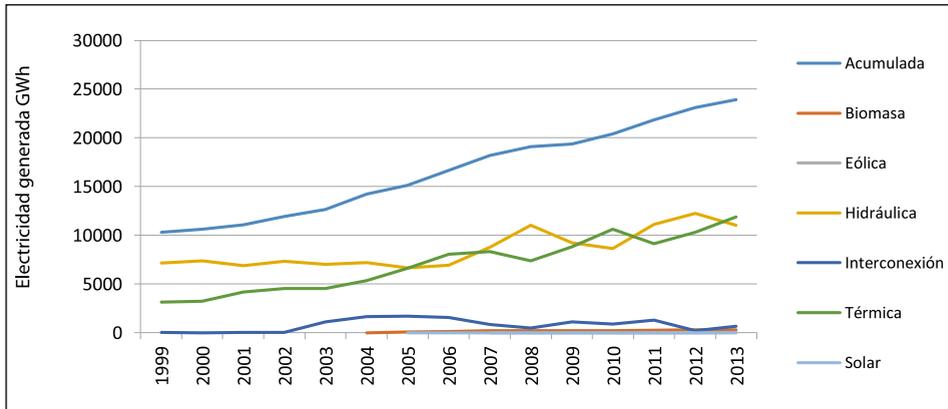
## I. INTRODUCCIÓN

La dinámica del consumo eléctrico de un país se presenta como una buena aproximación para el análisis del ritmo de crecimiento y desarrollo de su economía. Numerosos estudios vinculan el mayor consumo de energía eléctrica con el incremento de la renta per cápita, pues a medida que mejora la capacidad de consumo de la población, lo hace de manera proporcional la demanda de energía secundaria. Por esta razón, se emplea frecuentemente como indicador, al asumirse que el grado de desarrollo de un país está ligado al tipo y la cantidad de energía consumida y a la eficiencia con la que se transforma y utiliza (González, 2009). Este es el caso de Ecuador, donde la mejora de su economía ha motivado a que durante las últimas dos décadas, la oferta de energía secundaria haya mantenido un crecimiento sostenido, registrándose una tasa media de incremento anual durante el período 1990-2013, del 6,28%. En la actualidad, el país genera casi cinco veces más energía eléctrica que hace 24 años, por lo que la oferta total ha evolucionado de los 4912,11 GWh producidos en el año 1990 a los 23 920,98 GWh en 2013 (CONELEC, 2014).

Si se analizan las fuentes empleadas para la generación de electricidad, se observa que durante el período 1990-2013, el aprovechamiento hidroeléctrico pasó de representar el 76% en la matriz eléctrica, a solo el 46,1%. La producción termoeléctrica, que utiliza combustibles fósiles, se incrementó del 21% al 49,6%, y la incorporación de centrales de biomasa representó el 1% de la producción eléctrica de manera constante en el tiempo (CONELEC, 2014). Durante estos años, cuando la demanda de electricidad ha sido superior a la oferta, el país ha debido comprar la energía faltante a los países vecinos: Perú y especialmente, Colombia.

Dicho de otra manera, se ha compensado el mayor consumo eléctrico con la instalación de centrales térmicas y la adquisición de energía en el exterior para los momentos en los que la demanda así lo ha exigido (Gráfico 1). La compra de energía a Perú o Colombia supone un importante gasto para el país, dado que el precio medio del mercado internacional en el año 2013 se situó en los 10 580 cUSD/KWh, muy por encima del precio de compra por la generación eléctrica en Ecuador, establecida en 4366 cUSD/KWh (CONELEC, 2014).

**Gráfico 1.**  
**EVOLUCIÓN DE LA FUENTE DE GENERACIÓN ELÉCTRICA EN ECUADOR (GWh/año)**



**Fuente:** *Elaboración propia basada en CONELEC (2014).*

Las proyecciones apuntan a que la demanda eléctrica mantendrá una tendencia creciente en las próximas décadas, por lo que el Estado ecuatoriano ha debido iniciar acciones para aumentar la potencia instalada. Esta necesidad de incrementar la producción eléctrica vino acompañada del cumplimiento de uno de los objetivos del actual Gobierno: modificar la matriz de energía secundaria mediante el fomento de la hidroelectricidad en detrimento de la termoelectricidad, a través de la próxima supresión del subsidio al gas licuado de petróleo (GLP) y los derivados de hidrocarburos. De esta manera, se pretende que para el año 2021, el 67,5% de la energía eléctrica consumida en Ecuador proceda del aprovechamiento de los recursos hídricos. Para alcanzar dicho fin, además de la ya existente central hidroeléctrica Paute Molino con una potencia de 1100 MW, se han aprobado otros macroproyectos instalados en la cuenca amazónica, entre los que destacan las centrales hidroeléctricas Coca – Codo Sinclair con una potencia de 1500 MW, Gualaquiza que contará con 800 MW, San Miguel con 686,3 MW, Paute Cardenillo con 564 MW y Paute Sopladora con una potencia de 487 MW (CONELEC, 2012).

Esta modificación de la fuente energética ha generado diversas críticas, entre las que destaca el hecho de que se use un sistema de producción centralizado y que se parta desde la proyección de un futuro estable, en el que no se contemplan las variaciones climáticas interanuales y los períodos pluviométricamente secos. La energía hidroeléctrica está directamente relacionada con la precipitación, que es la responsable de la modelación de los caudales de los cursos de los ríos. Por

lo tanto, años con escasas lluvias o con una distribución irregular, implicará una menor oferta de energía eléctrica (Harrison *et al.*, 2010).

En el presente estudio de investigación se analiza la existencia de años secos, la variabilidad y la tendencia periódica de la pluviometría en la vertiente amazónica de los Andes, proyectando esa tendencia hasta el año 2100. Basándonos en dicho análisis se busca determinar el impacto del cambio climático sobre la soberanía energética de Ecuador durante el período 2014-2021.

Por soberanía energética entenderemos la propia capacidad de una comunidad política para ejercer el control y regular de manera racional, limitada y sustentable la explotación y distribución de los recursos energéticos, conservando un margen de maniobra y una libertad de acción (Cotarello *et al.*, 2014). El cambio climático comprometería esta capacidad al suponer, durante los años de sequía, una menor generación eléctrica y la necesidad de compensar este déficit mediante su compra a otros países, perdiendo así su control sobre la producción.

## II. METODOLOGÍA

En el presente estudio, tiene un importante peso las fuentes de información secundarias utilizadas. Con el fin de dar respuesta a los objetivos planteados, se han consultado reportes institucionales así como artículos académicos y científicos, en los que se plasma y explica la situación energética ecuatoriana. Se revisaron también los aspectos legales y las políticas públicas en desarrollo hidroeléctrico en Ecuador, para de esta manera tener una visión más amplia y completa de su situación actual y futura, con base en las líneas estratégicas marcadas por el actual Gobierno.

De una manera más concreta, para proyectar la demanda futura de la energía eléctrica en el país se han consultado bases de datos de instituciones internacionales y nacionales, mediante las que se han identificado los factores socioeconómicos que modelarán su evolución. La variación de la oferta eléctrica durante el período 2014-2021 ha sido identificada a través del “Plan Maestro de Electrificación 2012-2021”, en el que se plasma la construcción de los más importantes proyectos generadores de energía eléctrica a escala nacional.

El estudio de la variabilidad pluviométrica anual e interanual, las tendencias de las precipitaciones medias y la determinación probabilística de la aparición de años secos se ha realizado empleando los datos facilitados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), que abarcan el período 1960-2013. Se han identificado un total de 84 estaciones meteorológicas en la vertiente amazónica de los Andes, de las que han sido seleccionadas 27 al ser las únicas con datos de 38 años o más, y poseer al menos el 95 % de los meses con lecturas pluviométricas. El concepto de año seco será el definido como aquel en

el que las precipitaciones son, al menos, un 20 % inferior respecto al valor medio, dentro de los grados de sequía definiremos: sequía leve, cuando la precipitación es entre un 20 y 30 por ciento inferior a la media; sequía moderada, entre 30 y 40 por ciento y sequía fuerte, al estar por debajo del 40 por ciento de la media pluviométrica (Wilhite & Glanz, 1985). La variabilidad vendrá determinada por el estudio de la desviación estándar.

El área de análisis corresponde a las cuencas en las que se ubicarán las centrales hidroeléctricas construidas o en vías de construcción más importantes del país, por considerarlas representativas del sistema de generación eléctrica y necesarias para alcanzar la soberanía energética. Estas centrales son: Paute Molino, Coca – Codo Sinclair, Gualaquiza, San Miguel, Paute Cardenillo y Paute Sopladora.

Combinando las proyecciones de oferta y demanda de la energía eléctrica con la existencia de años secos, la variabilidad y la tendencia pluviométrica en la vertiente amazónica de los Andes, podremos cuantificar el impacto del cambio climático sobre la soberanía energética de Ecuador.

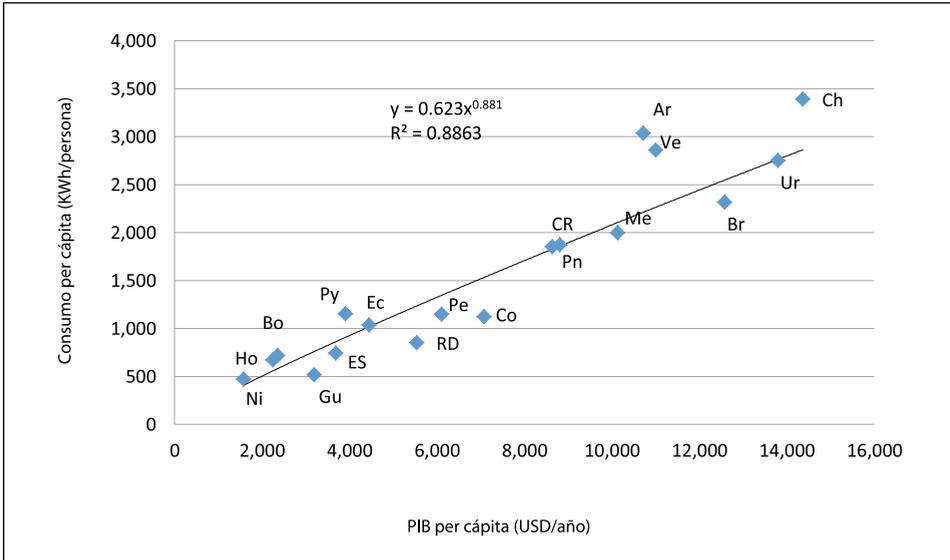
Como elemento comparativo de nuestros resultados usaremos el programa PRECIS (CEPAL, 2012), instrumento de Naciones Unidas que proyecta las tendencias pluviométricas a escala regional.

El motivo por el que en este estudio se ha seleccionado únicamente la vertiente amazónica de los Andes, es porque concentra el 90% de todo el potencial hidroeléctrico de Ecuador y es ahí donde están planificados los proyectos más importantes (CONELEC, 2012).

### **III. ANÁLISIS Y PROYECCIÓN DE LA DEMANDA ELÉCTRICA EN ECUADOR PARA EL PERÍODO 2014-2021**

Los tres parámetros que van a determinar la progresión del consumo eléctrico nacional son la tasa de urbanización, la población total y la renta per cápita. De estos tres factores, el más relevante es la renta per cápita, especialmente para el análisis de períodos largos de tiempo, por lo que será quien nos cuantifique la energía eléctrica demandada en el futuro (CONELEC, 2012). Prueba de ello es el Gráfico 2, donde se expresa una relación directa y proporcional entre el consumo per cápita de electricidad y los ingresos per cápita de los diferentes países de Latinoamérica.

**Gráfico 2.**  
**RELACIÓN ENTRE EL CONSUMO Y PIB PER CÁPITA EN PAÍSES LATINOAMERICANOS (AÑO 2012)**



**Fuente:** Elaboración propia basada en CEPAL (2013).

Dado que será el Producto Interno Bruto (PIB) per cápita de Ecuador quien determine a largo plazo la demanda eléctrica del país, mediante la regresión previamente calculada (“ $y = 0,623x^{0,881}$ ”) se podrá establecer de manera aproximada el consumo eléctrico en los próximos decenios. Para determinar la proyección del PIB per cápita se usarán los datos correspondientes a la proyección de la evolución demográfica en Ecuador, efectuado por CELADE<sup>1</sup> (CELADE, 2012) y los datos de previsión de incremento del PIB nacional por parte de CEPAL (CEPAL, 2013).

Con esta información hemos calculado un PIB per cápita de US\$ 8279,71 para el año 2021. La proyección de la demanda eléctrica estimada por el CONELEC para el año 2021 es de 1835 KWh por habitante bajo un panorama de crecimiento medio (CONELEC, 2012). Para este mismo año y mediante la regresión expresada en el Gráfico 2 en la que aplicamos el PIB per cápita previamente calculado, hemos proyectado una demanda eléctrica de 1763 KWh por habitante, que equivale a su vez a una demanda total de 31 340 GWh. La diferencia existente entre nuestras estimaciones y las realizadas por el CONELEC

1 Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía.

son muy reducidas. Dicha variación, bien podría explicarse por los proyectos de modificación de la matriz energética en la que, durante los próximos años, se le dará un fuerte peso a la energía eléctrica frente a la procedente de los hidrocarburos a través de proyectos de gran importancia, como es la sustitución del GLP por cocinas eléctricas.

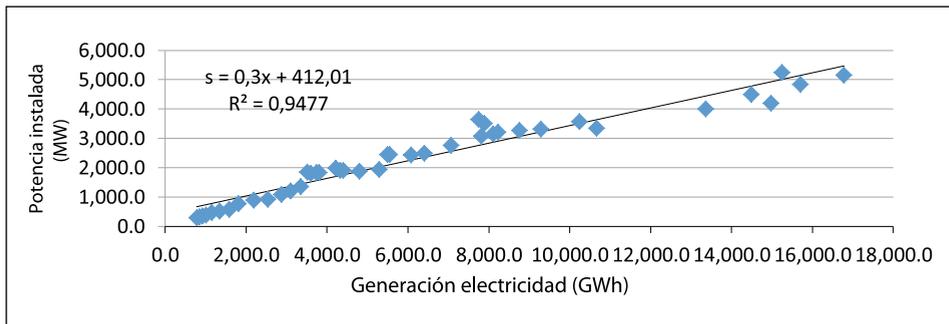
#### IV. RELACIÓN ENTRE DE DEMANDA ELÉCTRICA Y POTENCIA INSTALADA

Conociendo el consumo de energía nacional, resulta sencillo calcular con bastante precisión, la potencia instalada para la generación eléctrica necesaria para poder satisfacer la demanda interna. La regresión que relaciona consumo eléctrico (x) y potencia instalada (y) en Ecuador durante el período 1970-2012, es:

$$S = 0,3x + 412,01$$

$$R^2 = 0,9477$$

**Gráfico 3.**  
**RELACIÓN ENTRE POTENCIA INSTALADA Y CONSUMO ELÉCTRICO EN ECUADOR. PERÍODO 1970-2012.**



**Fuente:** *Elaboración propia basada en CEPAL.*

Como hemos visto anteriormente, se proyecta un consumo aproximado de 31 350 GWh para el año 2021, exigiendo una potencia de 9831,5 MW, cantidad ampliamente inferior a los 12 432,5 MW que tiene previsto instalar el Estado ecuatoriano para ese momento, es decir, está planificado un excedente del 26,45 % equivalente a 2601 MW. Según comunicados oficiales, ese superávit de electricidad será vendido a países de la región.

En el año 2021, las centrales hidroeléctricas Coca – Codo Sinclair, Paute Molino, Paute Sopladora, San Miguel, Paute Cardenillo y Gualaquiza supondrán de manera conjunta 5237,3 MW, representando un 41,3 % de toda la potencia instalada en el país y un 53,2 % de la necesaria para cubrir la demanda eléctrica nacional.

## V. VARIABILIDAD Y TENDENCIA PLUVIOMÉTRICA

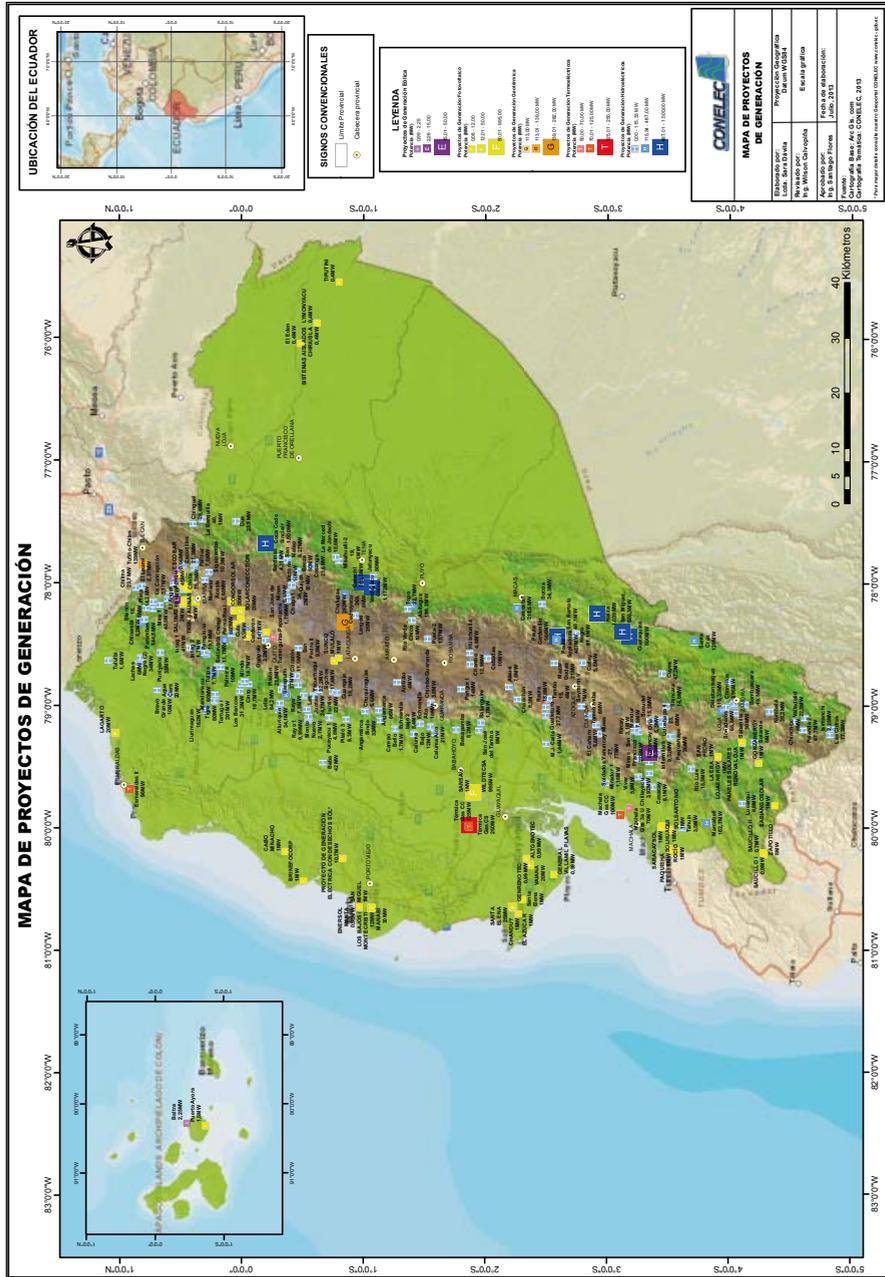
### 5.1. *Área objeto de análisis de la variabilidad y tendencia pluviométrica*

Las centrales hidroeléctricas Coca – Codo Sinclair, Paute Sopladora, Paute Molino, San Miguel, Gualaquiza y Paute Cardenillo se ubican en la vertiente amazónica de los Andes, en dos áreas geográficas que están representadas en el Gráfico 5.

El **Área 1** corresponde a la situada más al norte, constituida por la central hidroeléctrica Coca – Codo Sinclair, actualmente en fase de construcción y ubicada en las coordenadas -0,3 S y 77,7 W.

El **Área 2** es la ubicada más al sur y en ella se engloban las centrales hidroeléctricas Paute Sopladora, Paute Cardenillo, Paute Molino, San Miguel y Gualaquiza. De ellas, Paute Molino está operativa desde el año 1991, Paute Sopladora se encuentra en construcción, mientras que las restantes están en fase de estudio. Se enmarcan en una latitud comprendida entre los 2,8 y 3,1 S y una longitud aproximada de 78,5 W.

Gráfico 4.  
UBICACIÓN DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS OBJETO DE ANÁLISIS



Fuente: CONELEC, 2013.

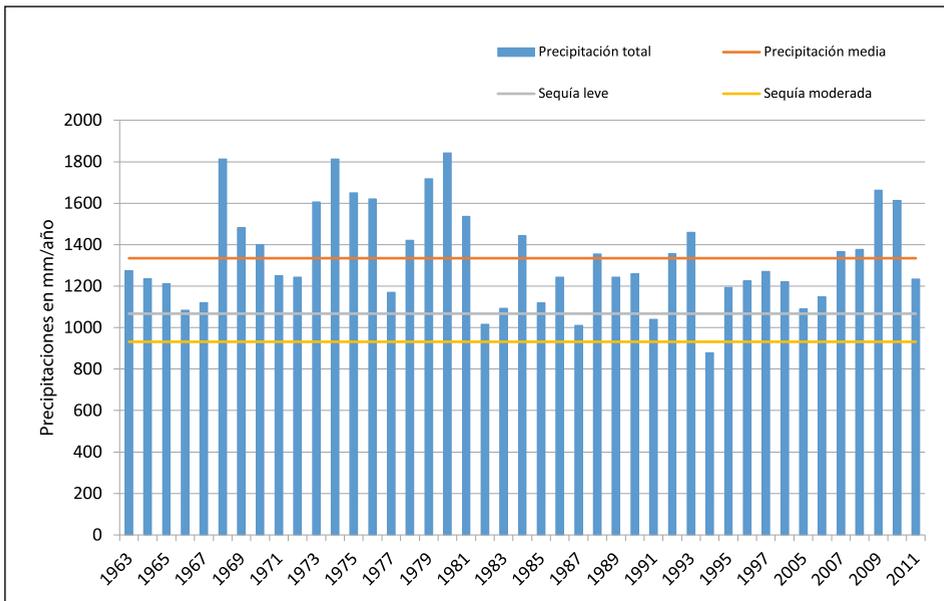
## 5.2. Variabilidad y tendencia pluviométrica para las áreas seleccionadas

- **Área 1: Central hidroeléctrica Coca Codo Sinclair**

Para analizar la variabilidad climática y su impacto en la producción eléctrica, existen un total de cuatro estaciones meteorológicas que son M188, M436, M203, M490 y dos estaciones limnológicas, H718 y H719. Todas ellas, a excepción de M188 cuentan con datos de escasa calidad, al presentar vacíos en numerosos años, por lo que se centrarán los esfuerzos en esta estación meteorológica para realizar el estudio.

La estación M188 aporta datos desde el año 1963 hasta el año 2012, existiendo un vacío en el período 1997-2004. Analizando estos valores pluviométricos, tenemos una media de 1334 mm/año y períodos anuales secos de carácter leve para precipitaciones comprendidas entre 1068 y 933 mm/año, y períodos secos moderados entre 932 y 800 mm/año.

**Gráfico 5.**  
**PRECIPITACIÓN MEDIA Y PERÍODOS ANUALES SECOS PARA M188**



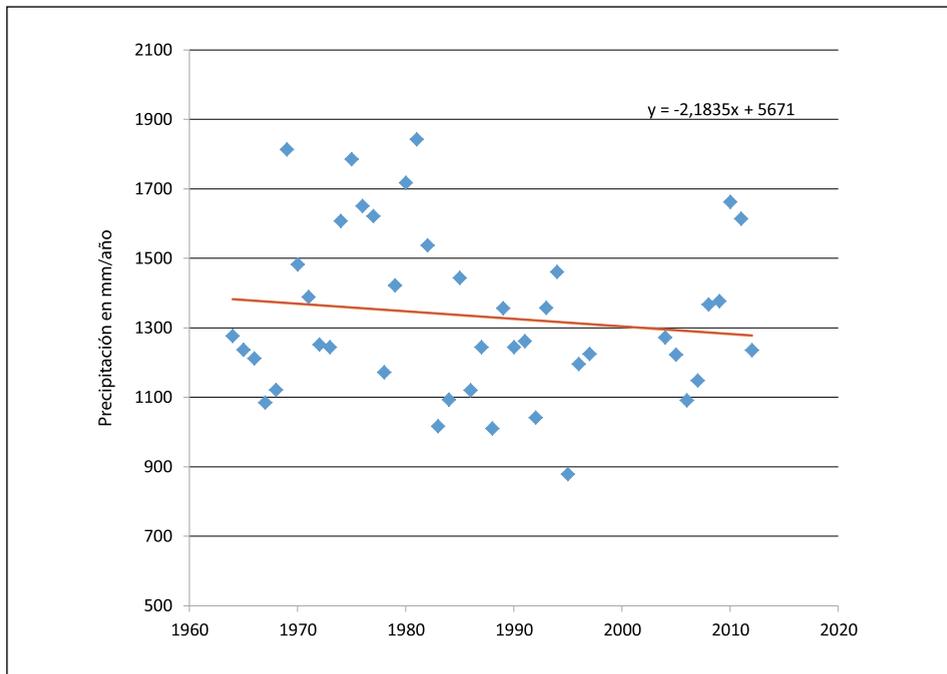
**Fuente:** Elaboración propia basada en datos del INAMHI.

Los años de carácter seco son:

- Con sequía leve (de 1068 a 933 mm/año): 1983, 1988 y 1992
- Con sequía moderada (de 932 a 800 mm/año): 1995

Otro aspecto de interés para conocer las dinámicas futuras de precipitación son las tendencias. Durante el período 1963-2012 la tendencia ha mantenido un decrecimiento pluviométrico tal y como observamos en el Gráfico 6.

**Gráfico 6.**  
**TENDENCIA DE LA PRECIPITACIÓN**



**Fuente:** *Elaboración propia basada en datos de INAMHI.*

De esta manera, siguiendo la tendencia de las últimas cinco décadas, para el año 2050 se prevé una precipitación media de 1195 mm/año y para el año 2100 de 1086 mm/año. Es decir, en el año 2100 habrá decrecido un 15,03 % respecto al valor de tendencia del año 2012. Estos datos los podemos comparar con valores obtenidos a través del programa PRECIS y recogidos en CEPAL (2012), que arrojan para el año 2050 una precipitación de 1102 mm/año y para el año 2100 de 770 mm/año, siendo una reducción del 39,7 %.

Además de la existencia de años secos y la tendencia pluviométrica durante el registro temporal de datos, resulta de gran relevancia el análisis de la variabilidad de las precipitaciones en relación a la media, la cual ha sido cuantificada a partir de la desviación estándar, entendida como la medida del grado de dispersión de los datos con respecto al valor promedio. Para nuestro caso, este valor es de 236,07 mm/año o expresado de diferente manera, un 17,69% respecto al valor medio pluviométrico. Además, consideramos enriquecedor saber si esta variabilidad se ha mantenido constante durante el período de análisis o si ha evolucionado con el tiempo, para ello hemos dividido los datos en dos períodos, el primero de ellos desde 1963 hasta 1984 (22 años) y el segundo desde 1985 hasta 2012 (21 años, dado que hay un vacío desde el 1997 hasta el 2004). La desviación estándar para el primer período es de 258,65 mm/año y para el segundo período de 188,59 mm/año. Es decir, las precipitaciones durante el segundo período han sido más cercanas a la media que los correspondientes al primer intervalo temporal.

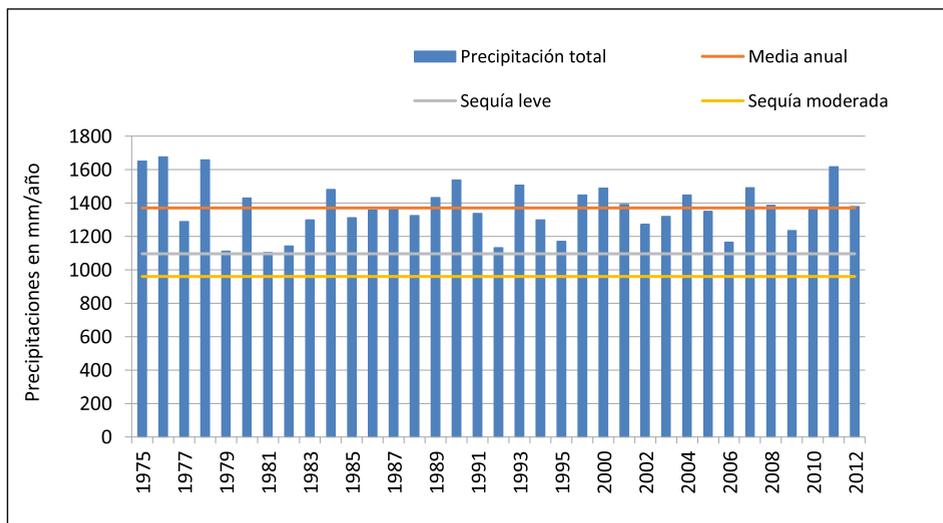
- **Área 2: Centrales hidroeléctricas Paute Sopladora, Paute Cardenillo, Paute Molino, San Miguel y Gualaquiza**

Dentro de esta área encontramos diversas estaciones meteorológicas y limnográficas. Las estaciones meteorológicas próximas a las centrales hidroeléctricas son M501, M431, M045, M424 y M139, de las cuales usaremos M045 y M424 como fuente de información al ser las únicas que presentan relativa continuidad en los datos pluviométricos. Respecto a las estaciones limnográficas dentro de las cuencas hidrográficas encontramos la H929, H894 y H931, las tres las mantendremos al margen de nuestros estudios al existir importantes vacíos mensuales y anuales en las mediciones, impidiéndonos realizar análisis estadísticos.

Las estaciones meteorológicas M045 y M424 representan a la cuenca hidrográfica que abastece a las centrales hidroeléctricas de Paute Sopladora, Paute Cardenillo, Paute Molino, San Miguel y Gualaquiza. En este caso, ambas estaciones meteorológicas presentan datos consistentes al no existir vacíos anuales y escasos meses sin mediciones de precipitaciones. La estación M045 abarca desde el año 1975 hasta el 2012 y la estación M424, de mayor antigüedad, desde el año 1968 hasta el año 2012.

La estación meteorológica M045 tiene una precipitación media de 1370,3 mm/año, estando los años secos de carácter leve comprendidos entre los 1096,2 y los 959,2 mm/año. Para esta estación, tal y como podemos apreciar en el Gráfico 7, no existen años que puedan ser considerados secos al estar todos por encima de los 1096,2 mm, mostrando así una tendencia a estar bastante próximos a la media.

**Gráfico 7.**  
**PRECIPITACIÓN MEDIA Y PERÍODOS ANUALES SECOS PARA M045**

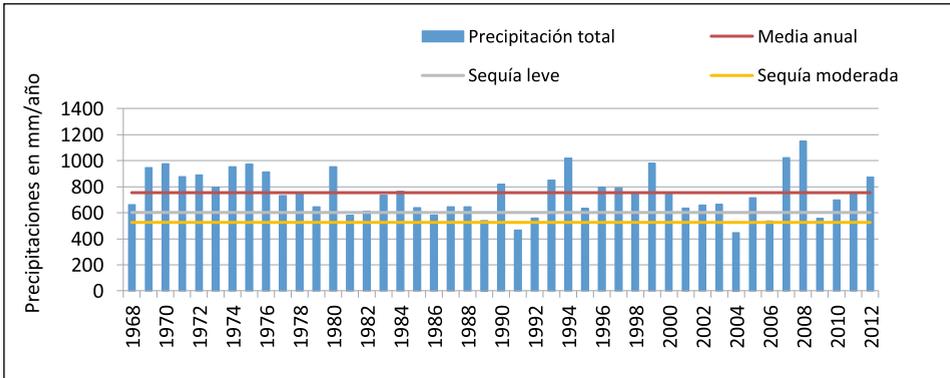


**Fuente:** *Elaboración propia basada en INAMHI.*

La estación meteorológica M424 tiene una precipitación media considerablemente inferior respecto a la M045, pese a encontrarse en la misma cuenca hidrográfica. La pluviometría media anual es de 753,2 mm, por lo que se considerará año seco de carácter leve a aquellos cuya precipitación esté comprendida entre los 602,6 y los 527,3 mm, tendrán carácter moderado los que se sitúen entre los 527,3 y los 451 mm. Por último, denominaremos años secos de carácter fuerte a los que estén comprendidos entre los 451 y 376,6 mm.

Como observamos en el Gráfico 8, para esta estación existe una mayor variabilidad climática, existiendo años cuya precipitación es muy inferior a la media del período analizado.

**Gráfico 8.**  
**PRECIPITACIÓN MEDIA Y PERÍODOS ANUALES**  
**SECOS PARA M424**



**Fuente:** Elaboración propia basada en INAMHI

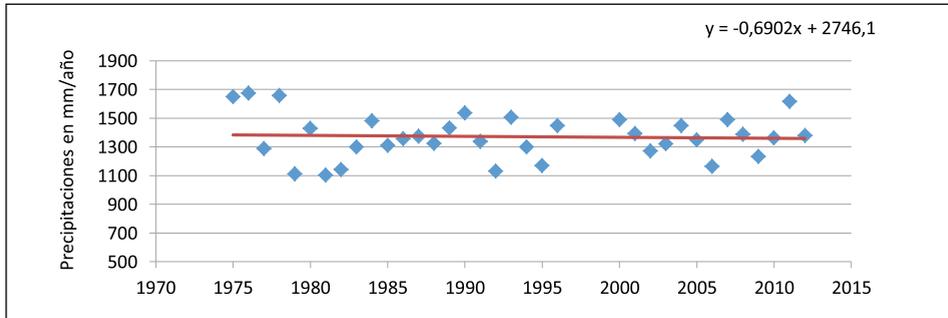
Los años caracterizados como secos son:

- Con sequía leve (602 a 527 mm/año): 1981, 1986, 1989, 1992, 2006 y 2009.
- Con sequía moderada (527 a 451 mm/año): 1991
- Con sequía fuerte (451 a 376,6 mm/año): 2004

En relación a la proyección de las precipitaciones, aunque en ambas estaciones existe una tendencia a disminución de las precipitaciones, el comportamiento varía notoriamente entre ellas al ser diferente el grado en que lo hace o la pendiente de la recta de dispersión, tal y como se puede observar en los Gráficos 9 y 10.

De esta manera, la tendencia de las precipitaciones para la estación M045 viene definida por la regresión  $y = -0,6902x + 2746,1$ , mediante la cual calculamos una precipitación media para el año 2050 de 1331,5 mm/año. Siguiendo esta tendencia, la pluviometría media proyectada para el 2100 es de 1297,1 mm/año, siendo una ligera variación del 4,6% respecto a la correspondiente a 2012. Según el programa PRECIS, la variación de la pluviometría para esta área será de un 7% al prever una precipitación media para el año 2050 y 2100 de 1262 mm/año.

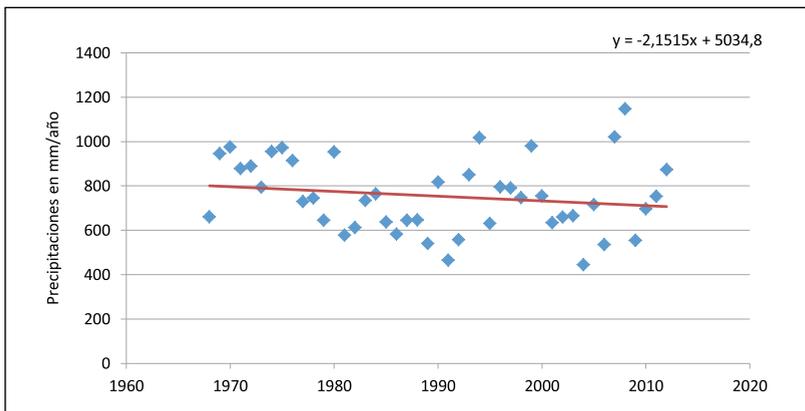
**Gráfico 9.**  
**TENDENCIA DE LA PRECIPITACIÓN ESTACIÓN M045**



**Fuente:** *Elaboración propia basada en datos de INAMHI.*

En la estación M424, la tendencia presenta una mayor pendiente definida por la regresión  $y = -2,1515x + 5034,8$ . Para el año 2050 hemos calculado una precipitación media de 624,45 mm y para el año 2100 de 516,9 mm, suponiendo un decrecimiento de las lluvias en un 11,56% y 26,79% respectivamente. El programa PRECIS coincide con nuestras proyecciones para el año 2050 estableciendo en 618,5 mm la precipitación media y que equivale a una disminución del 12,40% pero por el contrario, diverge respecto a nuestro cálculo para el año 2100 dado que pronostica un incremento de la precipitación hasta los 874 mm/año que es un 23,7% superior respecto al 2012.

**Gráfico 10.**  
**TENDENCIA DE LA PRECIPITACIÓN ESTACIÓN M424**



**Fuente:** *Elaboración propia basada en datos de INAMHI.*

Otro aspecto que estamos considerando en las estaciones es la variabilidad de las precipitaciones. Para este caso, la estación M045 tiene una desviación estándar de 154,19 mm/año, equivalente al 11,25 % sobre la media. La estación M424 tiene una desviación estándar de 164,70 mm/año, que supone el 21,8 % respecto a la precipitación media. Observamos por lo tanto, que la segunda estación presenta no solo precipitaciones sensiblemente inferiores sino además, una mayor variabilidad y presencia de años secos.

Esta variabilidad ha ido en decrecimiento para la estación M045 que ha pasado de ser de 182,84 mm/año durante el período 1975-1992 a ser de 122,44 mm/año durante el período 1993-2012. La estación M424 ha incrementado con el paso del tiempo su variabilidad al ser de 144,68 mm/año entre 1968 y 1990 y de 185,95 mm/año desde 1991 hasta la actualidad.

Es relevante hacer notar que los períodos secos en el área 1 y área 2 no supusieron simultáneamente un decrecimiento de las precipitaciones superior al 20 %.

### **5.3. Dinámica pluviométrica de la vertiente amazónica de los Andes ecuatorianos**

Con el objetivo de entender cómo puede impactar el cambio climático a una generación hidroeléctrica extendida por la región andina, se ha decidido analizar la tendencia pluviométrica, la variabilidad y la existencia de fenómenos extremos de carácter seco en las 27 estaciones meteorológicas ubicadas en la vertiente amazónica, que cuentan con datos consistentes. Los resultados son muy heterogéneos, denotando que existe una gran variación de las dinámicas de precipitaciones en espacios reducidos, de manera que es preciso estudiar las cuencas hidrográficas de manera independiente. No obstante, algunas de las observaciones más relevantes son las siguientes:

- a) La suma de todas las tendencias pluviométricas de las estaciones ponen de manifiesto que existe, como media, una tendencia al decrecimiento de las precipitaciones expresado mediante la regresión lineal

$$"y = -0,739x + 2296,98".$$

Esta tendencia significa que si bien en el año 1970 en los Andes ecuatorianos cuyos ríos desembocan en la vertiente amazónica, llovía como media 841,15 litros/m<sup>2</sup> y año, en el año 2013 esta media ha descendido hasta los 809,37 litros/m<sup>2</sup> y año, existiendo un decrecimiento medio del 3,78 %. Si extendemos esta tendencia hasta el año 2100, tenemos una precipitación media de 745,08 litros/m<sup>2</sup> y año, que significa una disminución del 11,4 % respecto a 1970.

- b) No solo se da el fenómeno de una disminución de las precipitaciones medias, sino que además, como media ha incrementado la variabilidad en un 1,33% en todas las estaciones meteorológicas analizadas.

Para estudiar dicho fenómeno, hemos dividido el período de análisis en dos: desde 1970 hasta 1992 y desde 1993 hasta el 2013. Se ha visto, que en general se ha producido un incremento de la variabilidad, entendida como la variación de los datos respecto a la media. En 18 casos se ha incrementado la variabilidad y en 9 se ha disminuido.

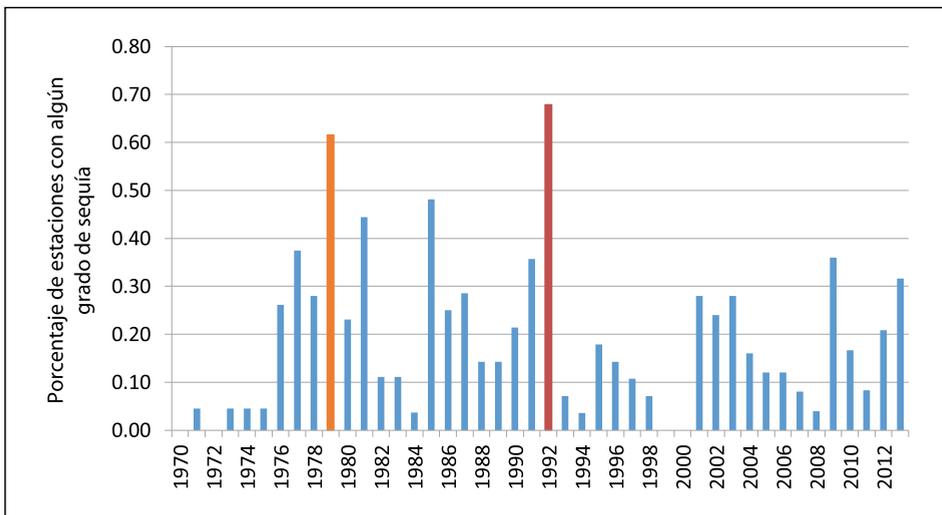
**Tabla 1.**  
**VARIABILIDAD EN LAS ESTACIONES ANDINAS DE LA**  
**REGIÓN AMAZÓNICA**

VARIABILIDAD	INCREMENTO	DECRECIMIENTO
Pequeña (0-5%)	8	4
Mediana (5-10%)	6	2
Grande (>10%)	4	3
TOTAL	18	9

**Fuente:** *Elaboración propia.*

Los períodos secos han sido poco coincidentes en general, de manera que no se puede anunciar un año seco de manera generalizada en los Andes de la vertiente amazónica. A esta afirmación debemos añadirle excepciones concretas, tal y como observamos en el Gráfico 11.

**Gráfico 11.**  
**PORCENTAJE DE ESTACIONES CON ALGÚN GRADO DE SEQUÍA DURANTE EL PERÍODO 1970-2013**



**Fuente:** *Elaboración propia basada en datos de INAMHI.*

Durante los años 1979 y 1992, más de la mitad de las estaciones meteorológicas sufrían algún tipo de sequía. En estas estaciones se daba una sequía media del 28,7% y el 29,7% para los años previamente señalados, a lo que, si le suma las estaciones en las que no existía sequía, obtenemos una sequía en la región andina de la vertiente amazónica del 17,03% y el 20,92% respectivamente.

## VI. CONCLUSIONES

En el análisis de la precipitación en las cuencas hidrográficas, uno de los resultados en común de la investigación es que existe una tendencia al decrecimiento pluviométrico, de forma que para la estación M188 (Área 1) se prevé una disminución de las lluvias desde el año 2013 hasta el 2100 de un 15,03%, mientras que para la estación M045 y M424 (Área 2) la disminución es del 4,6% y del 12,40% respectivamente. Como media de las tres estaciones meteorológicas, tenemos un decrecimiento pluviométrico del 10,67% para el año 2100, coincidiendo con proyecciones internacionales (PRECIS) que de