

ANALYSIS OF THE TEMPORARY DYNAMICS OF THE CLIMATE CONDITIONS OF THE LOS NEVADOS NATURAL NATIONAL PARK

ARTÍCULO CIENTÍFICO

RECIBIDO: 15/09/2019 ACEPTADO: 15/03/2020 ÚLTIMA VERSIÓN: 15/07/2020

¹ David Arrubla Lara

² Diego Fernando Hernández Villamil

³ Luis Miguel Mejía Giraldo

⁴ Ximena Cifuentes Wchima

Como citar este artículo: Arrubla et al., (2020) Analysis of the temporary dynamics of the climate conditions of the los nevados natural national park, revista Dynamikos 1 (2). Recuperado de: <https://teinco.edu.co/wp-content/uploads/2021/07/Revista-Dinamicos-No2.pdf>

ABSTRACT

The present research project revolves around the study of the temporal dynamics of the national park Los Nevados, according to the current regulations that legitimize the study zone (Resolution 0393 of September 14, 2017), Los Nevados National Park is geographically located in the Cordillera Central of Colombia with heights between 2. It is located in the departments of Caldas (municipality of Villamaria), Risaralda (municipalities of Santa Rosa de Cabal and Pereira), Quindio (municipality of Salento) and Tolima (municipalities of Ibagué Anzoátegui, Santa Isabel). Murillo, Villahermosa, Casablanca and Herveo). Los Nevados National Park is a strategic area for the Andean region in the production of eco-systemic services, ecological, environmental importance and rich landscape, cultural or archaeological. This study was carried out based on statistical processes specifically geo-statistics, and GIS tools. Descriptive and inferential statistics were implemented in the statistical processes, and dynamic tables for the classification and ordering of data were implemented in the process of organizing climatological data. At the same time, box-plot diagrams were used. This is a standardized method that serves to graphically represent numerical data by means of quartiles and to represent outliers. The GIS tools made it possible to spatialize climatological information by means of deterministic methods (interpolation) and in this way the precipitation and temperature variables could be vectorially represented on a map. It is fundamental to recognize that the knowledge of the behavior of the climatological variables allows to have a wider vision of how the characteristics of the territory or zone of study are. Because the climate of an established place conditions the ecological relationships, biogeochemical cycles and behaviors of the ecosystems. It is for this reason that the multitemporal analysis allows to determine significant changes through the time and in addition opportune decisions will be able to be taken for the reduction of the problematics that influence in the affectation to the natural national park the snow-capped mountains.

1 [CV] Ingeniero Geógrafo y Ambiental - Universidad La Gran Colombia, UGCA, Colombia - arrublalardavid@miugca.edu.co

2 [CV] Ingeniero Geógrafo y Ambiental - Universidad La Gran Colombia, UGCA, Colombia - hernandezvildiego@miugca.edu.co

3 [CV] Profesor Facultad de Ingenierías - Universidad La Gran Colombia, UGCA, Colombia - mejiagluismiguel@miugca.edu.co

4 [CV] Decana Facultad de Ingenierías, Líder Grupo de Investigación Gerencia de la Tierra - Universidad la Gran Colombia, UGCA, Colombia – defingenieria@ugca.edu.co

Traducción de Diego Fernando Hernandez Villamil (Ingeniero Geógrafo Y Ambiental- UGCA)- David Arrubla Lara Ingeniero Geógrafo Y Ambiental- UGCA)

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo gira en torno al análisis de las condiciones climáticas de los diferentes nevados (paramillo del Quindío, santa Isabel, nevado del Ruiz y nevado del Tolima). El análisis temporal permite establecer características ambientales de la zona de estudio. Por medio de datos históricos que son suministrados por diferentes entidades nacionales, que manejan información climatológica.

Los datos suministrados permiten establecer modelos de prevención y sistemas de alertas tempranas en la región. Los departamentos de Quindío, Tolima, caldas y Risaralda, cuentan con diferentes formas de relieve, en estas se resaltan los diferentes orógenos (montañas) que sobre pasan los 4500 msnm, estas características biofísicas generan que el departamento contenga diferentes condiciones atmosféricas en los diferentes municipios. La intervención humana ha generado que en la región del eje cafetero se halla modificando estas condiciones atmosféricas, hasta tal punto que se evidencian en cambios biológicos, geográficos, topográficos, entre otros.

Es importante estudiar las condiciones atmosféricas para establecer los cambios significativos en los nevados y así mismo realizar modelamientos a futuro que nos permitan observar los cambios a corto plazo. Estos cambios se verán reflejados en las condiciones climáticas.

El problema del cambio climático ha generado que en el planeta se estén desapareciendo las pequeñas unidades de criosfera que existen en el planeta, los nevados del Tolima y santa Isabel son el ejemplo preciso de este fenómeno, la temperatura en el planeta se incrementa en valores significativos, generando que otras variables relacionadas como humedad, precipitación, radiación solar, se vean involucradas en este fenómeno llamado cambio climático.

2. MÉTODO

El presente estudio posee un carácter de enfoque de investigación empírico-analítico, en el cual se utilizaron variables asociadas al clima. Estas son la precipitación y la temperatura, generan características en la zona bajo estudio y condicionan las relaciones de la variabilidad climática como por ejemplo los fenómenos atmosféricos, biodiversidad, servicios eco-sistémicos entre otros. El análisis de las condiciones desde los años 1985 hasta 2015 de la zona de estudio.

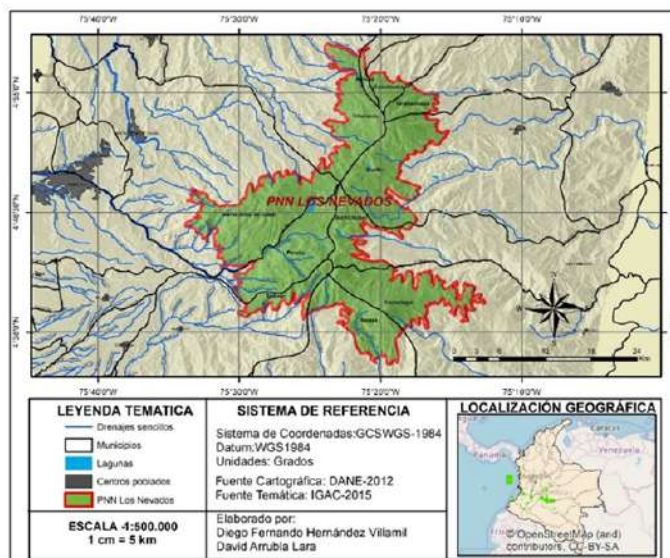
2.1 Estrategias metodológicas

El método de investigación a utilizar en el presente trabajo de grado es de carácter experimental, con base en el comportamiento de las variables bajo estudio, pueden tener diversos comportamientos como aumento, disminución o estabilización de las mismas, para los años 1985 hasta 2015 de la zona de estudio.

2.2 Población y muestra

Area de estudio: El parque nacional natural los nevados se encuentra localizado en las coordenadas latitud $4^{\circ} 48' 0''$ N y longitud $75^{\circ} 22' 0''$ W, sobre la cordillera central de la región andina de Colombia. Esta zona de estudio limita con cuatro departamentos al norte con Caldas, al sur con Tolima y Quindío, al occidente con Risaralda y al oriente con Tolima. El parque alberga diversos ecosistemas estratégicos como bosques andinos, paramos y nevados, y cuencas hidrográficas, de la cuales se pueden nombrar la cuenca del río Quindío, cuenca del río Otun, cuenca del río Totarito, cuenca del río Combeima entre otras que se encuentran ubicadas allí (ilustración 1).

Ilustración 1. Mapa área de estudio Parque Nacional Natural Los Nevados y sus límites territoriales.

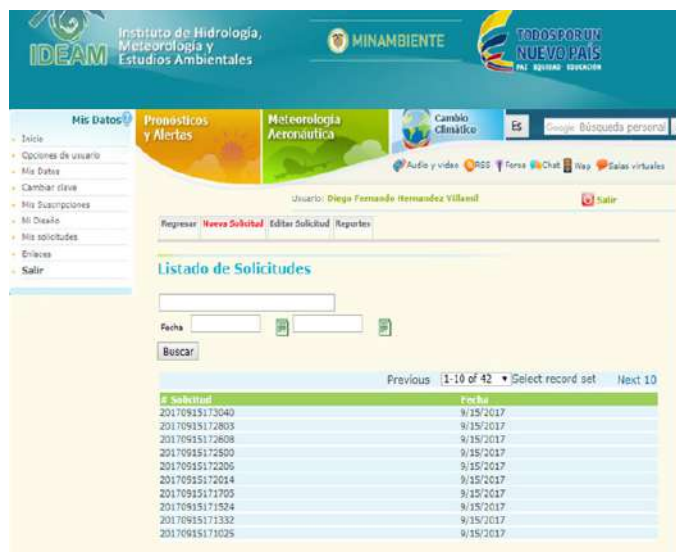


Fuente: los autores (2018). Datos: elaborado a partir de imagen satelital ALOS PALSAR-2010; DANE 2012, IGAC 2015

La fuente primaria de información son los datos climatológicos suministrados por el IDEAM y las fuentes secundarias son los documentos técnicos como fundamentos de climatología de la universidad de la rioja del año 2012, Glaciares de Colombia, más que montañas con hielo del IDEAM 2012, Glaciares de Colombia del IDEAM 2012 y algunas publicaciones del sistema de áreas protegidas de Colombia, brindo información normativa y temática de los parques nacionales.

Instrumentos de recogida de información se solicita la información del IDEAM en las bases de datos que posee la entidad, en la cual se encuentra en una plataforma libre pero que requiere un previo registro. La plataforma es la siguiente.

Ilustración 2. Listado de Solicitud de Información de las estaciones del IDEAM



Fuente: IDEAM, 2018

Una vez obtenidos los datos, se procede a organizar los datos climatológicos de la siguiente forma:

- Código de la estación
- Coordenadas longitud y latitud
- Tipo de estación (Climatológica principal, Climatológica ordinaria, Pluviométrica, Pluviográfica)
- Nombre de la estación
- Municipio al que pertenece la estación
- Departamento al que pertenece la estación
- Año de la toma de registro del dato
- Mes de la toma de registro del dato
- Variable que mide la estación (Temperatura y precipitación)

Nota: se recibieron 12 estaciones distribuidas alrededor del Parque Nacional Natural Los Nevados

Ilustración 3. Clasificación de las estaciones organizadas

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Código_estacion	X	Y	Tipo_Estacion	Nombre	Municipio	Departamento	AÑO	MES	PRECIPITACION
2	21250110	-75.1733	4.870556	Pluviométrica	Murillo	Murillo	Tolima	1981 ENERO	57	
3								1981 FEBRERO	94	
4								1981 MARZO	94	
5								1981 ABRIL	276	
6								1981 MAYO	374	
7								1981 JUNIO	299	
8								1981 JULIO	100	
9								1981 AGOSTO	143	
10								1981 SEPTIEMB	150	
11								1981 OCTUBRE	163	
12								1981 NOVIEMB	186	
13								1981 DICIEMB	50	
14								VR_ANUA 1986		
15								1982 ENERO	113	
16								1982 FEBRERO	132	
17								1982 MARZO	104	
18								1982 ABRIL	325	
19								1982 MAYO	222	
20								1982 JUNIO	30	
21								1982 JULIO	47	
22								1982 AGOSTO	11	
23								1982 SEPTIEMB	142	

Fuente: Los Autores, 2018

Posterior a esto, se crearon tablas dinámicas para tener una mejor visualización de los datos.

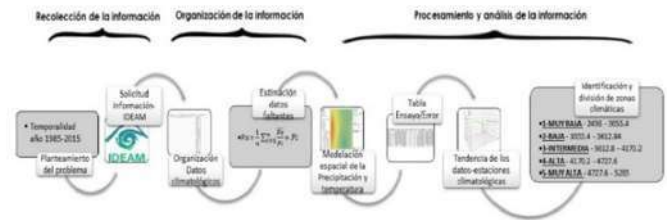
Tabla 1. Tabla Dinámica de Estimación de Datos Faltantes

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1985	6.5	6.9	7.1	7.3	7.6	7.6	6.4	6.7	6.9	6.8	6.4	8.1
1986	7.7	7.5	7.9	8.4	8.7	7.5	7.4	7.6	7.5	7.4	7.6	7.8
1987	8.1	8.1	8.6	8.6	8.9	8.9	8.5	8.0	8.2	7.8	8.3	8.7
1988	8.0	8.2	8.2	8.3	8.5	8.1	7.5	7.2	7.0	6.8	6.8	6.8
1989	17.6	17.8	17.3	17.7	17.6	17.8	17.9	18.3	17.4	17.5	17.9	17.6
1990	17.6	17.4	17.9	17.6	17.9	17.8	17.8	17.8	17.9	17.1	17.0	17.1
1991	17.1	17.4	17.3	17.2	17.0	17.4	17.3	17.2	17.1	16.3	16.4	16.8
1992	17.1	17.4	17.3	17.2	17.3	17.2	17.3	17.4	16.9	16.7	16.8	16.8
1993	16.3	16.6	16.6	16.6	16.7	16.6	16.7	16.8	16.2	16.3	16.2	16.8
1994	16.5	16.6	16.8	16.9	16.7	17.1	17.0	16.9	17.0	16.6	16.1	16.8
1995	17.0	17.5	17.0	16.9	16.8	16.8	16.7	16.4	16.7	16.1	16.5	16.1
1996	16.0	6.8	16.5	16.4	16.6	16.6	16.8	16.9	16.5	16.4	16.5	16.4
1997	16.3	16.9	17.1	17.1	17.4	17.5	18.1	18.7	17.2	17.3	16.8	17.7
1998	18.8	18.4	18.1	18.3	17.9	17.4	17.1	17.1	16.6	16.5	16.8	16.3
1999	16.4	16.0	16.4	16.7	16.8	16.5	16.9	16.8	16.2	15.9	16.8	16.3
2000	15.8	16.1	16.4	16.8	16.7	16.8	16.0	17.4	16.0	16.6	16.6	16.4
2001	16.3	17.0	16.7	17.5	17.0	17.1	16.8	18.1	16.5	17.3	16.8	17.1
2002	17.4	17.8	17.6	16.8	17.5	17.3	17.8	18.0	17.9	17.2	16.8	17.3
2003	17.9	17.5	17.3	17.2	17.4	16.8	17.4	16.9	17.1	16.7	16.8	16.9
2004	16.8	17.4	18.3	17.4	17.6	17.8	17.0	18.1	16.7	16.7	17.2	17.0
2005	17.3	18.1	17.8	18.1	17.7	17.3	17.8	17.7	18.1	16.7	17.0	16.6
2006	17.1	17.4	17.3	17.2	17.3	17.2	17.3	17.4	16.9	16.7	16.8	16.8
2007	18.2	17.8	17.7	17.6	17.6	17.6	18.1	17.3	7.6	7.3	7.5	6.9
2008	17.1	6.9	16.8	17.1	17.4	17.1	16.8	16.6	16.6	16.7	16.7	16.7
2009	16.7	16.9	16.9	17.2	17.5	17.3	17.9	17.7	18.2	17.3	17.3	17.3
2010	18.0	18.7	18.4	17.8	17.8	17.3	8.0	8.3	7.7	8.0	7.3	7.5
2011	7.5	7.3	7.3	7.8	8.8	8.3	7.8	8.1	7.8	7.4	7.6	7.6
2012	7.0	7.2	7.7	7.8	8.0	8.3	8.0	7.9	8.1	7.8	8.3	7.9
2013	7.6	7.9	8.3	8.4	8.3	8.5	7.8	7.7	7.8	7.6	7.4	7.8
2014	7.6	7.7	7.8	8.3	8.4	8.5	8.4	7.7	7.9	7.7	7.7	7.8
2015	7.3	7.6	7.7	8.0	8.3	8.1	7.7	7.7	7.6	7.5	7.5	7.6

Fuente: Los Autores, 2018

2.3 Procedimiento

Ilustración 4. Grafico del diseño metodológico.



Fuente: Los Autores, 2018

3. RESULTADOS

Cuando se realiza el análisis de la dinámica climática, se aprecia una serie de fluctuaciones que no definen claramente un patrón con respecto al comportamiento del clima en el año 1986 a 1988, dado que pasa de aumento de las precipitaciones, contrastando a su vez en el año 1990 a 1992 el clima cambia y disminuyen los volúmenes de precipitación (Grafica 1).

Grafica 1. Gráfico de precipitación 1985-2015, en milímetros mm en un intervalo de 30 años



Fuente: Los Autores, 2018

Grafica 2. Gráfico de temperatura 1985-2015, representa el comportamiento de la variable temperatura medida en grados centígrados en un intervalo de 30.



Fuente: Los Autores, 2018

Con respecto a la temperatura, desde los años 1996 tuvo un aumento significativo hasta alcanzar sus máximos en 2009, desde los años 1996 hasta 2010, donde la temperatura no disminuyó y tendiendo a estabilizarse para el año 2011, respectivamente.

Tabla 2. Resumen de la precipitación de 1985 a 2015

Años	Mínimo (mm)	Mediana (mm)	Media (mm)	Máxima (mm)
1985	484.5	1377.8	1538.6	2508.0
1990	873.3	1350.5	1623.8	2855.0
1995	927.9	1587.7	1819.9	3075.9
2000	1118.7	1877.7	2103.9	3863.7
2005	633.2	1857.9	1891.8	3011.3
2010	902.4	1797.4	2046.7	3651.0
2015	289.5	1265.7	1302.7	1972.0

Fuente: Los Autores, 2018

En cuanto a la precipitación, la tabla 1 está representada en intervalos de cada 5 años con el fin de que se aprecien mejor las variaciones de la variable a través del tiempo, teniendo como año de referencia a 1985, donde la precipitación media fue de 1538.6 milímetros, por consiguiente, se puede decir que después de 30 años en el 2015 se precipitaron 1302.7 milímetros. Quiere decir que hubo una disminución de precipitación de 235.9 milímetros.

Tabla 3. Resumen de la temperatura de 1985 a 2015

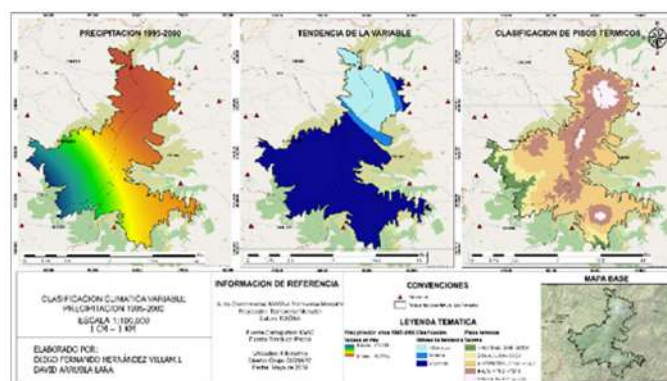
Años	Mínimo (mm)	Mediana (mm)	Media (mm)	Máxima (mm)
1985	4.25	6.75	7.29	11.42
1990	4.60	10.52	10.79	17.53
1995	4.60	10.52	10.79	17.53
2000	4.28	10.53	10.46	16.52
2005	5.13	11.32	11.32	17.52
2010	4.97	10.64	9.82	13.02
2015	4.68	7.40	7.99	12.47

Fuente: Los Autores, 2018

La temperatura en la tabla 2 está representada en intervalos de cada 5 años con el fin de que se aprecien mejor las variaciones de la variable a través del tiempo, se presentan algunas medidas de tendencia central. Como año de referencia se tiene el año 1985, la temperatura media fue 7.29 °C, por consiguiente, se puede decir que después de 30 años en el 2015 se registró una temperatura de 7.99 °C. Quiere decir que hubo una disminución de precipitación de 0.7 °C.

A continuación, se presentarán los intervalos de años más importantes, debido a la tendencia de la variable que fue modificada y alterada por los fenómenos ENSO dependientes de las regulaciones atmosféricas que propicia el océano pacífico de acuerdo con los reportes del emisor elaborado por el banco de la república en el año 2014 se identificaron fenómenos ENSO como: Fenómeno del niño débiles 1995-2000/ 2000-2010, fenómenos del niño moderados 2000-2005 y fenómeno del niño fuertes 2010-2015. En los siguientes mapas se pueden evidenciar las variaciones de las variables de precipitación y temperatura, a su vez la tendencia que tuvo en su determinado momento y la clasificación correspondiente.

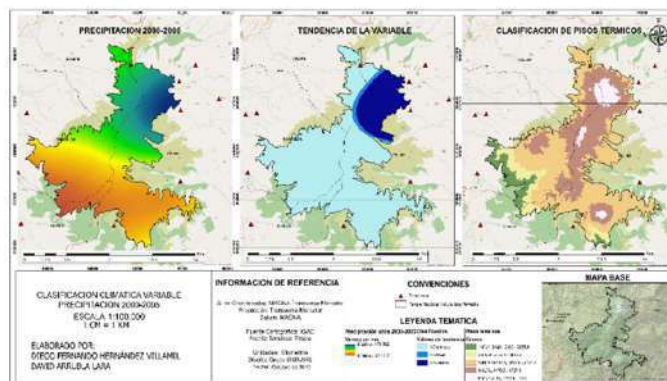
Ilustración 5. Mapa de Precipitación; Tendencia y Clasificación de 1995 al 2000



Datos: elaborado a partir del interpolador Kriging y el geoprocementamiento reclasificación; Fuente: Los Autores (2018).

En la clasificación climática hay un aumento en los años de 1995 a 2000 se puede apreciar un aumento de la precipitación en las zonas muy bajas y las zonas bajas; también se puede ver como en la zona intermedia tiende a aumentar. En las zonas altas y muy altas que sería el lugar de los glaciares el patrón es a disminuir.

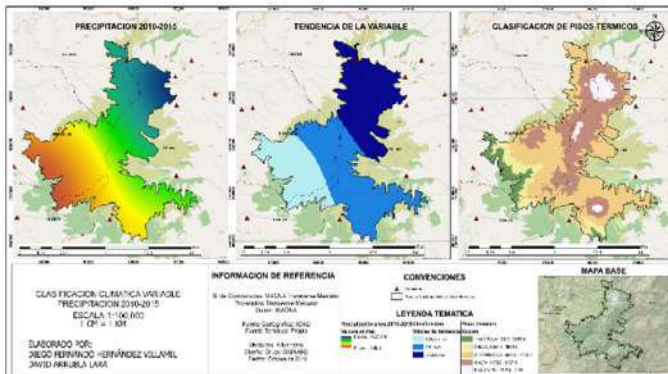
Ilustración 6. Mapa de Precipitación; Tendencia y Clasificación del 2000 al 2005



Datos: elaborado a partir del interpolador Kriging y el geoprocementamiento reclasificación; Fuente: Los Autores (2018).

En la clasificación climática hay un aumento en los años de 2000 al 2005, se puede apreciar un aumento de la precipitación en las zonas muy bajas y las zonas bajas; también se puede ver como en la zona intermedia tiende a estabilizarse. En las zonas altas y muy altas que esta sería el lugar de los glaciares el patrón es aumentar.

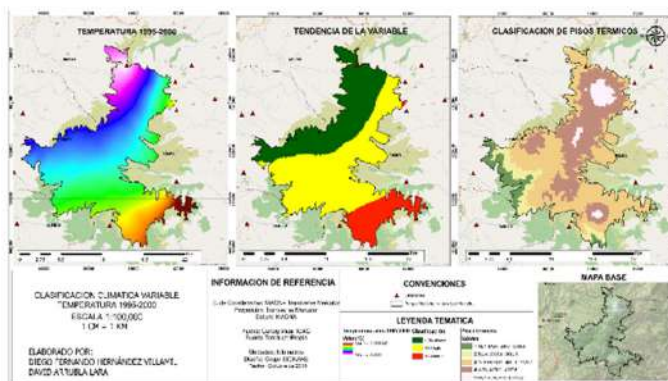
Ilustración 7. Mapa de Precipitación; Tendencia y Clasificación del 2010 al 2015



Datos: elaborado a partir del interpolador Kriging y el geoprocementamiento reclasificación; Fuente: Los Autores (2018).

Para los años de 2010-2015 se observa como en las distintas zonas la tendencia es aumentar, pero en diferentes intervalos de precipitación (milímetros- mm). Las zonas bajas tienden a aumentar entre 68.400024 - 191.192505 milímetros, las zonas intermedias se encuentran en intervalos que varían desde los 191.192505 - 255.918457 milímetros. Finalmente, las zonas muy altas se encuentran en una tendencia que disminuye desde los 255.918457 - 314.523071 milímetros.

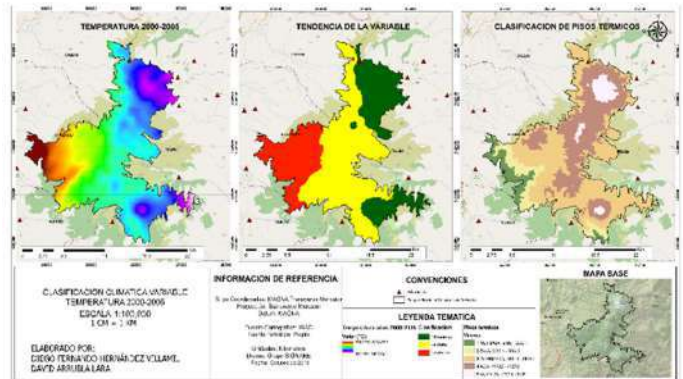
Ilustración 8. Mapa de Temperatura; Tendencia y Clasificación de 1995 al 2000



Datos: elaborado a partir del interpolador Kriging y el geoprocementamiento reclasificación; Fuente: Los Autores (2018).

Para los años de 1995 a 2000 se observa como en las distintas zonas la tendencia es a disminuir, pero en diferentes intervalos de temperatura (Grados °C). Las zonas bajas tienden a disminuir entre -0.144657 - -0.095956 grados Celsius, las zonas intermedias se encuentran en intervalos que varían desde los -0.2083 - -0.144657 grados Celsius. Finalmente, las zonas muy altas se encuentran en una tendencia que disminuye desde los -0.144657 - -0.095956 grados Celsius.

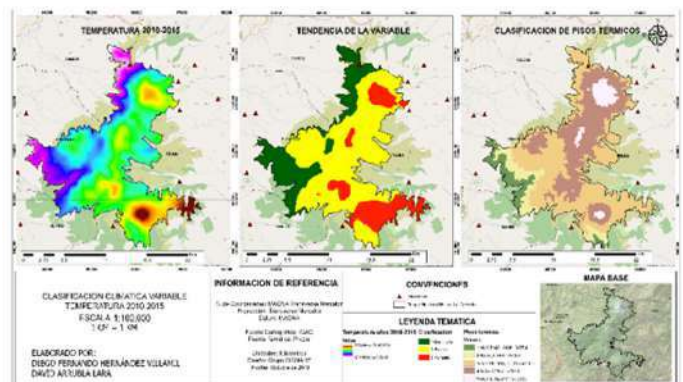
Ilustración 9. Mapa de Temperatura; Tendencia y Clasificación del 2000 al 2005



Datos: elaborado a partir del interpolador Kriging y el geoprocementamiento reclasificación; Fuente: Los Autores (2018).

Para los años de 2000 - 2005 se observa como en las distintas zonas la tendencia es a aumentar, pero en diferentes intervalos de temperatura (Grados °C). Las zonas bajas tienden a aumentar entre 0.891041 - 0.962414 grados Celsius, las zonas intermedias se encuentran en intervalos que varían desde los 0.859093 - 0.891041 grados Celsius. Finalmente, las zonas muy altas se encuentran en una tendencia que disminuye desde los 0.803341 - 0.859093 grados Celsius.

Ilustración 10. Mapa de Temperatura; Tendencia y Clasificación del 2010 al 2015



Datos: elaborado a partir del interpolador Kriging y el geoprocementamiento reclasificación; Fuente: Los Autores (2018).

Para los años de 2010-2015 se observa como en las distintas zonas la tendencia es a disminuir, pero en diferentes intervalos de temperatura (Grados °C). Las zonas bajas tienden a disminuir entre -3.138781 - -2.323298° Celsius, las zonas intermedias se encuentran en intervalos que varían desde los -2.323298 - -1.808706° Celsius. Finalmente, las zonas muy altas se encuentran en una tendencia que disminuye desde los -1.808706 - -0.363583° Celsius.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

- Las condiciones de la variable temperatura y Precipitación para el Parque Nacional Natural los Nevados presenta diversos comportamientos, de manera que las condiciones medioambientales del lugar configuran las tendencias de la variable, produciendo que en algunos años la Temperatura y la Precipitación se encuentre en aumento, estable o disminución.

- El patrón de cambio del Parque Nacional Natural los Nevados es versátil en el tiempo. las diferentes estaciones climatológicas que se encuentran distribuidas alrededor de la zona, se registraron datos significativos que pueden dar indicios de cambios en la temperatura como, por ejemplo:

Cambios en la variable cada 2 a 3 años aproximadamente (variaciones desde -0.8 a 0.5 °C), quiere decir que se aumenta en ese intervalo, pero así mismo disminuye o se estabiliza.

Para el caso de la precipitación presenta el mismo patrón de cambio en el tiempo, variaciones de volúmenes de precipitación desde los -600 hasta los 800 milímetros.

- De acuerdo con el análisis elaborado en base a procesos estadísticos y espaciales, se puede decir que la variable de temperatura aumento de 0.5 – 0.7 °C aproximadamente, en 30 años.

- Las precipitaciones disminuyeron entre 500-1000 mm aproximadamente en 30 años.

- La zona muy baja del PNNN tiene grandes volúmenes de precipitación donde superan los 2000 mm anuales, a su vez presenta las temperaturas más altas entre 10 – 15° C.

- La zona intermedia del PNNN cuenta con volúmenes de precipitación que varían desde los 1500 – 2000 mm anuales, a su vez presenta temperaturas entre 5-10 °C.

- La zona más alta del PNNN cuenta con volúmenes de precipitación que rodean los 1500 mm anuales, a su vez presenta las temperaturas más bajas entre 0-5 °C.

- Se puede apreciar un aumento de las temperaturas desde el año 1990 hasta el 2005, para la clasificación de la temperatura, subiendo hasta 1,3°.

- Los años donde más aumento de temperatura fueron del 2000 – 2005, provocado por un fenómeno del niño aumentando casi un grado con respecto a los años 1995 – 2000.

- Los años donde más disminución de la precipitación fueron del año 2010 – 2015, aproximadamente 600 mm.

- El Parque Nacional Natural Los Nevados tiene condiciones en donde existen aumentos, disminuciones o estabilizaciones de las variables climatológicas



REFERENCIAS

- Adam, J.C., Hamlet, A.F., Lettenmaier, D.P., 2009. Implications of global climate change for snowmelt hydrology in the twenty-first century. *Hydrol. Process.* 23, 962–972.
- Emery, X. (2013). *Geoestadística*. Facultad de ciencias físicas y matemáticas universidad de Chile.
- Banco de la república. 2014. *REPORTES DEL EMISOR* (182). s.l. : Banco de la república, 2014.
- Beebe, R.A., Manga, M., 2004. Variation in the relationship between snowmelt runoff in Oregon and ENSO and PDO. *J. Am. Water Resour. Assoc.* 40, 1011–1024.
- Benavides Ballesteros, Henry Oswaldo y León Aristizabal, Gloria Esperanza. 2007. *INFORMACIÓN TÉCNICA SOBRE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO*.
- Brown, J.A.H., Milner, F.C., 1989. Aspects of the meteorology and hydrology of the Australian Alps. In: Good, R. (Ed.), *The Scientific Significance of the Australian Alps*, Proceedings of the First Fenner Conference, Australian Alps Liaison Committee, Canberra, pp. 297–329 (Chapter 17).
- Diaz, H.F., Eischeid, J.K., Duncan, C., Bradley, R.S., 2003. Variability of freezing levels, melting season indicators, and snowcover for selected high-elevation and continental regions in the last 50 years. *Climatic Change* 59, 33–52.
- Dingman, L.S., 1981. Elevation: a major influence on the hydrology of New Hampshire and Vermont, USA. *Hydrol. Sci. Bull.* 26, 399–413.
- García, María Claudia, y otros. 2012. *Variabilidad climática, cambio climático y el recurso hídrico en Colombia*. [ed.] IDEAM. Bogotá : s.n., 2012, Scielo.
- Green, K., Pickering, C.M., 2009. The decline of snowpatches in the Snowy Mountains: importance of climate warming, variable snow and wind. *Arctic, Antarctic, Alpine Res.* 41, 212–218.
- Hennessy, K., Whetton, P., Smith, I., Bathols, J., Hutchinson, M., Sharples, J., 2003. *The Impact of Climate Change on Snow Conditions in Australia*.
- Consultancy Report for the Victorian Dept of Sustainability and Environment, NSW National Parks and Wildlife Service, Australian Greenhouse Office and the Australian Ski Areas Association. CSIRO Atmospheric Research, Aspendale, Australia.
- Hunsaker, C.T., Whitaker, T.W., Bales, R.C., 2012. Snowmelt runoff and water yield along elevation and temperature gradients in California's southern Sierra Nevada. *J. Am. Water Res. Assoc.* 48, 667–678.
- IDEAM. 2014. *CAMBIO CLIMÁTICO*. 2014, págs. 1-2.
- IDEAM. 2014. *GLACIARES EN COLOMBIA*. 2014, pág. 1.
- IPCC, 2013. Summary for policymakers. In: Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P.M. (Eds.), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* Stocker.
- Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Nicholls, N., 2005. Climate variability, climate change and the Australian snow season. *Aust. Meteorol. Mag.* 54, 177–185.
- Quijano Angarita, Álvaro Clemente y Morales Gaitán, Yeimy Lorena. 2014.
- Cambio climático: Un análisis temporal del retroceso glaciar de los nevados del Ruiz, Tolima y Santa Isabel, 1987-2014.. 2014, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá.
- Rosenzweig, C., Karoly, D., Vicarelli, M., Neofotis, P., Wu, Q., Casassa, G., Menzel, A., Root, T.L., Estrella, N., Seguin, B., Tryjanowski, P., Liu, C., Rawlins, S., Imeson, A., 2008. Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change. *Nature* 453, 353–357.
- Singh, P., Bengtsson, L., 2003. Effect of warmer climate on the depletion of snow-covered area in the Satluj basin in the western Himalayan region. *Hydrol. Sci. J.* 48, 413–425. <http://orcid.org/0000-0002-9639-3747>.
- Ingeniero Agrónomo, Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Profesor Asociado Universidad La Gran Colombia, Armenia Colombia.
- mejagluismiguel@miugca.edu.co. <https://orcid.org/0000-0003-2940-0115>. Grupo de Investigación Agroindustrialización GIDA.
- Ingeniera Agroindustrial, Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Decana Facultad de Ingenierías Universidad La Gran Colombia, Armenia Colombia. defingenieria@ugca.edu.co. Grupo de Investigación Gerencia de la Tierra.