



CARRERA ESTUDIOS AMBIENTALES

TEMA:

“Análisis de la frecuencia e intensidad de las olas de calor dentro del perímetro urbano de Quito durante los años 2000 al 2016”

Proyecto Integrador de grado previo a la obtención del título de
TECNÓLOGO EN ESTUDIOS AMBIENTALES

AUTOR: MARCELO LEIVA

DIRECTOR: ING. DANIEL RODRIGUEZ.

D.M. Quito, Junio2018

DEDICATORIA

A **Dios**, por darme la fortaleza para continuar cuando he estado a punto de desertar,
por ello, con toda humildad, dedico y agradezco primeramente a él.

A **mi madre**, por haber sido participe de mi formación con buenos sentimientos,
hábitos y valores, lo cual me ha servido para salir adelante y tener éxito.

A **mi familia**, por todo el apoyo incondicional brindado para cumplir mis metas.

AGRADECIMIENTO

Al **Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología**, por haber sido un apoyo fundamental en el desarrollo de la investigación, su colaboración y receptividad permitieron lograr parte de los objetivos.

Al **Instituto Tecnológico Internacional**, por darme la oportunidad de ingresar y especializarme en el área deseada.

Al **mi tutor**, por su colaboración incondicional, su entrega y minuciosa revisión de mis avances para lograr un excelente desarrollo de la investigación. Le agradezco su confianza, sus conocimientos, por su tiempo y consejos pedagógicos.

AUTORIA

Yo, MARCELO LEIVA, autor del presente informe, me responsabilizo por los conceptos, opiniones y propuestas contenidos en el mismo.

Atentamente

Marcelo Leiva

Quito, Junio del 2018

ING. DANIEL RODRIGUEZ

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICA

Haber revisado el presente informe de investigación, que se ajusta a las normas institucionales y académicas establecidas por el Instituto Tecnológico Superior Internacional ITI, de Quito, por tanto, se autoriza su presentación final para los fines legales pertinentes.

ING. DANIEL RODRIGUEZ

Quito, Junio del 2018

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DE TRABAJO FIN DE CARRERA

Conste por el presente documento la cesión de los derechos en trabajo fin de carrera, de conformidad con las siguientes cláusulas:

PRIMERA: El **Ing. Daniel Rodríguez** por sus propios derechos en calidad de director del trabajo fin de carrera; y el Sr. /Srta. **Marcelo Leiva** por sus propios derechos, en calidad de autor del trabajo fin de carrera.

SEGUNDA:

UNO. - El Sr. /Srta. **Marcelo Leiva** realizó el trabajo fin de carrera titulado: **Análisis de la frecuencia e intensidad de las olas de calor dentro del perímetro urbano de Quito durante los años 2000 al 2016**, para optar por el título de, Tecnólogo en Estudios Ambientales en el Instituto Tecnológico Superior Internacional ITI, bajo la dirección del Ing. Daniel Rodríguez.

DOS.- Es política del Instituto Tecnológico Superior Internacional ITI, que los trabajos fin de carrera se aplique, se materialicen y difundan en beneficio de la comunidad.

TERCERA: Los comparecientes, **Ing. Daniel Rodríguez**, en calidad de director del trabajo fin de carrera y la Sr. /Srta. **Marcelo Leiva**, como autor del mismo, por medio del presente instrumento, tienen a bien ceder en forma gratuita sus derechos en el trabajo fin de Carrera titulado: **Análisis de la frecuencia e intensidad de las olas de calor dentro del perímetro urbano de Quito durante los años 2000 al 2016** y conceden autorización para que el ITI pueda utilizar este trabajo en su beneficio y/o de la comunidad, sin reserva alguna.

CUARTA: aceptación: las partes declaradas que aceptan expresamente todo lo estipulado en la presente cesión de derecho.

Ing. Daniel Rodríguez

Marcelo Leiva

Quito, Junio del 2018

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN..... 1

CAPÍTULO I: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 3

1.1. Análisis e identificación de las variables de investigación. 3

1.2 Definiciones de las variables 4

1.2.1 Temperatura 4

1.2.2 Humedad relativa 4

1.2.3 Heliofanía..... 5

1.3 Bases Teóricas Científicas 5

1.3.1 Ola de calor 5

1.3.2 Ola de calor en América del Sur 6

1.3.3 Olas de calor en Ecuador 6

1.3.5 Contexto climático del DMQ 7

1.4 Instituciones relacionadas 10

1.4.1 Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) 10

1.4.2 Ministerio del Ambiente 10

1.4.3 Ministerio de Salud Pública 11

1.4.4 Secretaria de Ambiente del DMQ 11

1.5 Marco Legal..... 12

1.5.1 Constitución de la República del Ecuador 12

1.5.2 Ley Orgánica de Salud..... 13

1.5.3 Ley de Gestión Ambiental 13

1.5.4 Acuerdos Internacionales 13

CAPÍTULO II: DIAGNÓSTICO 17

2.1 Antecedentes diagnósticos..... 17

2.1.1 Metodología 17

2.1.2 Universo y muestra 18

2.2 Tipo de investigación..... 18

2.3 Resultados obtenidos 18

2.3.1 Análisis de entrevistas.....	18
2.3.2 Presentación gráfica de resultados	21
Conclusiones	27
Bibliografía	29
Anexos	31
Anexo 1. Entrevista	31
Anexo 2. Gráficos estadísticos.....	32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Identificación y operacionalización de la variable	3
Tabla 3. Acuerdos internacionales.....	14
Tabla 4. Ubicación de las estaciones meteorológicas.....	18
Tabla 7. Humedad relativa, estaciones de Izobamba e Iñaquito, 2002.....	21
Tabla 8. Humedad relativa, estaciones de Izobamba e Iñaquito, 2011.....	21
Tabla 9. Humedad relativa, estaciones de Izobamba e Iñaquito, 2012.....	22
Tabla 10. Humedad relativa, estaciones de Izobamba e Iñaquito, 2013.....	22
Tabla 11. Humedad relativa, estaciones de Izobamba e Iñaquito, 2014.....	23
Tabla 12. Temperatura, estaciones de Izobamba e Iñaquito, 2002.....	24
Tabla 13. Temperatura, estaciones de Izobamba e Iñaquito, 2011.....	24
Tabla 14. Temperatura, estaciones de Izobamba e Iñaquito, 2012.....	25
Tabla 15. Temperatura, estaciones de Izobamba e Iñaquito, 2013.....	25
Tabla 16. Temperatura, estaciones de Izobamba e Iñaquito, 2014.....	26

ABREVIATURAS Y SIGLAS

CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
DMQ	Distrito Metropolitano de Quito
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
MSP	Ministerio de Salud Pública
OMM	Organización Mundial de Meteorología

INTRODUCCIÓN

El presente estudio, titulado “Análisis de la frecuencia e intensidad de las olas de calor dentro del perímetro urbano de Quito durante los años 2000 al 2016”, se desarrolla en un momento en el que se incrementa el interés por las olas de calor que afectan a la población humana, especialmente a los sectores más vulnerables. Según datos de las Naciones Unidas, en varios países del Medio Oriente y África, como Emiratos Árabes Unidos, Pakistán, Kuwait y Marruecos, se registraron temperaturas hasta de 54 grados centígrados. Esto trajo, entre otras consecuencias, prolongadas sequías y epidemias en poblaciones humanas.

Las olas de calor, como resultado del cambio climático, son parte de las consecuencias de la elevación de la temperatura. Para enfrentar el problema del aumento de la temperatura, se suscribieron Pactos, Tratados y Convenios entre la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), cuyos 195 países integrantes se comprometen a limitar el aumento de la temperatura mundial y controlar, así, el cambio climático y sus consecuencias.

En el Ecuador, el año 2016, la ola de calor fue resultado del fenómeno “El Niño”, que afectó principalmente a las provincias de la costa. Así en el mismo año en la estación de La Tola del INAMHI ubicada en Tumbaco registro una máxima de 27.2° C en el mes de febrero, existiendo registros iguales en los años 2015 y 2017. Específicamente, en la ciudad de Quito desde el año 2000, los habitantes evidenciaron dicho fenómeno con mayor intensidad, debido a que uno de los factores que influyen es la altitud (2800 m.s.n.m.), con impactos en las dimensiones ambiental, sanitaria y económica.

Con relación a lo anterior, la frecuencia y variaciones de las olas de calor en el perímetro urbano del DMQ y la continuidad de este fenómeno dentro de la ciudad, requiere de mayor atención y participación por parte de los organismos institucionales del Estado, mediante el desarrollo de estrategias preventivas para evaluar la vulnerabilidad del DMQ y examinar los factores que pueden contribuir a la vulnerabilidad en sectores prioritarios: agua, salud, agricultura, ecosistemas y riesgos. Estos fenómenos también generan pérdidas económicas para un país, por la proliferación de brotes endémicos y desastres naturales

obligan económicamente y socialmente a un Estado a recuperar el entorno y salud del ciudadano, derecho inalienable que le pertenece por decreto constitucional.

Por tales razones, el Estado debe estudiar y aplicar medidas en los indicadores que están ocasionando las olas de calor en la ciudad del DMQ, entre las que se mencionan la temperatura máxima y mínima, humedad relativa y heliofanía. Es importante ejercer control sobre las mismas, aunque son factores ambientales que no pueden ser manipuladas intencionalmente, si se pueden aplicar estrategias que evitan el aumento de los mismos, promoviendo también la concientización respecto al cuidado ambiental en los sectores industriales, rurales y urbanos.

Con base a todo lo expuesto, la investigación tiene como objetivo general el Análisis de la frecuencia e intensidad de las olas de calor dentro del perímetro urbano de Quito durante los años 2000 a 2016, con la finalidad de establecer una base de datos climatológicos y constatar la existencia del fenómeno en nuestra ciudad. Con este planteamiento, se da inicio al desarrollo de la investigación, que estructurará en los siguientes tres capítulos:

Capítulo I. Fundamentación Teórica: Se desarrolla a partir del análisis de las variables de la investigación, sustentando con bases teóricas, un marco que describa los organismos involucrados en el estudio y la elaboración de una síntesis del capítulo.

Capítulo II. Diagnóstico: Se elabora a partir de los antecedentes, se explica la metodología a desarrollar especificando el universo y la muestra. Además, evidencia los resultados obtenidos de las entrevistas y datos específicos que demuestran las olas de calor.

Capítulo III. La Propuesta: En esta sección se establece un análisis comparativo del estudio con respecto a otros, con el fin de proponer líneas estratégicas para mitigar y disminuir el impacto de las olas de calor en el DMQ.

Finalmente se presentan las conclusiones en base a los objetivos y recomendaciones a los organismos competentes.

CAPÍTULO I: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La siguiente sección desarrolla los sustentos teóricos que tratan de dar explicación al fenómeno planteado. En este contexto se inicia con la descripción y análisis de las variables que inciden en el fenómeno Olas de Calor.

1.1. Análisis e identificación de las variables de investigación.

Dentro del perímetro urbano del DMQ se ha evidenciado mayor frecuencia de olas de calor debido a una variabilidad en las temperaturas, humedad y radiación solar en los últimos años comprendido entre 2000 y 2016. En base a esta hipótesis se identifican las siguientes variables:

Variable 1: Tiempo Vs. Temperatura máxima

Variables 2: Tiempo Vs. Humedad relativa

Variable 3: Tiempo Vs. Heliofanía

Tabla 1. Identificación y operacionalización de la variable

Variable	Definición	Indicadores
Temperatura	Es la magnitud física que indica la intensidad de calor o frío del ambiente. (IPCC, 2014)	- Tabla de variabilidad de la temperatura máxima de las estaciones seleccionadas. - Tabla de variabilidad de la temperatura mínima de las estaciones seleccionadas. - En grado centígrado.
Humedad relativa	Es el porcentaje de saturación de un volumen específico de aire a una temperatura específica. (IPCC, 2014)	- Índices de humedad relativa mensual y anual de las estaciones seleccionadas. - En porcentaje
Heliofanía	Es la concentración de radiación solar directa	- Valores estacionales de la radiación solar.

	determinada por la ocurrencia de la nubosidad. (IPCC, 2014)	- Horas de sol
--	---	----------------

1.2 Definiciones de las variables

1.2.1 Temperatura

La temperatura es la magnitud más común para describir los cambios climáticos y fenómenos que ocurren en el planeta, uno de ellos, las olas de calor que se caracterizan por un elevado aumento de ésta, tanto en sus niveles mínimos como máximo. En este sentido, la temperatura está muy relacionada con la rapidez del movimiento de partículas que constituyen la materia, a medida que la agitación de estas partículas sea mayor, la temperatura también lo será. Es importante reconocer que para medir la temperatura la meteorología se basa en propiedades de la materia que se ven alteradas cuando ésta cambia la resistencia eléctrica de algunos materiales, el volumen y color del cuerpo (Sarochar, 2015).

Desde un punto de vista meteorológico, se suele mencionar temperatura máxima y mínima, lo que indica los periodos del tiempo registrados en valores más altos y más bajos. Según el diccionario meteorológico de la Organización Mundial de Meteorología (OMM), la temperatura máxima se refiere a la temperatura mayor registrada en un día, y que se presenta entre las 14:00 horas y las 16:00 horas. Mientras que la temperatura mínima se refiere como menor temperatura registrada en un día y se puede observar entre las 06:00 horas y las 08:00 horas.

1.2.2 Humedad relativa

La humedad es otro de los parámetros principales que se tienen en cuenta en el momento de hacer un estudio fenomenológico. La presencia de agua en cualquiera de sus estados es necesaria para que haya un cambio en la atmósfera. En este aspecto, la humedad reconocida como la cantidad de vapor de agua que contiene el aire, la cual no es constante sino que va a depender de diversos factores (Sarochar, 2015).

Sin embargo, la humedad más utilizada es la humedad relativa la cual es un tipo de humedad que se basa en el cociente entre la presión actual del vapor del aire y la situación de la presión del vapor, expresada normalmente en porcentaje (Brito, 2011).

La humedad relativa es una guía que da una idea de lo cerca que está una masa de aire de alcanzar la saturación, al estar al 100% indica que esa masa ya no puede almacenar más agua y se transformará en agua líquida o hielo de acuerdo a las condiciones climáticas. (Sarochar, 2015)

1.2.3 Heliofanía

Se refiere comúnmente a lo que se conoce como radiaciones solares, otros términos utilizados la insolación u horas de sol. Toda la energía transferida por el sol a la tierra es lo que se conoce heliofanía. Esta energía solar viaja a la tierra en forma de ondas que corresponden a un rango ultravioleta, seguida por luz visible, infrarroja hasta llegar a las ondas de radio (Urquiza, 2013).

La heliofanía es una de las variables o parámetros meteorológicos que se pasan por alto algunas veces para los estudios fenomenológicos, pero son de suma importancia en esta investigación y no pueden obviarse, debido a que tiene una importante influencia en la generación de olas de calor.

1.3 Bases Teóricas Científicas

1.3.1 Ola de calor

Para conceptualizar la ola de calor, la estación meteorológica de España ha señalado que se refiere a episodios de temperaturas anormalmente altas, las cuales se mantienen por un tiempo prolongado e impactan sobre los seres vivos. Sin embargo, para formar un concepto sobre este fenómeno es preciso establecer umbrales de temperatura donde hay valores que se consideran normales.(AEMet, 2000). Al respecto, el mismo autor de acuerdo a sus criterios ha definido olas de calor como:

un episodio de al menos tres días consecutivos, en que como mínimo el 10% de las estaciones registran máximas por encima del percentil del 95% de su serie de temperaturas máximas diarias...” (AEMet, 2000)

De acuerdo con esta definición, se deduce que las olas de calor ocurren cuando se sobrepasan los umbrales de las temperaturas tanto máxima como mínima, por varios días consecutivos, siendo esto los criterios e indicadores principales para determinar la existencia de olas de calor en el perímetro del DMQ.

1.3.2 Ola de calor en América del Sur

Seluchi y Simonelli (2007) analizaron las condiciones meteorológicas que provocarían una intensa ola de calor en la región subtropical de América del Sur, donde se evidenciaron temperaturas máximas superiores a 40°C en la región aledaña al este de los Andes, durante la última semana de enero del año 2003. El estudio se basó en simulaciones matemáticas con el modelo regional Eta/CPTEC. Los autores concluyeron que el fuerte incremento de la temperatura fue provocado por el calentamiento por compresión adiabática, resultado de la subsidencia, y por el calentamiento superficial en la región señalada, afectando extensas regiones en el sur de Brasil, Bolivia, Uruguay, Paraguay y Argentina, especialmente en este último (Norte, Gomes, Seluchi, & Simonelli, 2007).

Entre las conclusiones más relevantes del estudio, los autores refieren que el calentamiento por subsidencia y el balance de calor en la superficie contribuyeron a la ola de calor, habiendo actuado el primer factor con más intensidad sobre el sur de Brasil y la ladera este de los Andes. El segundo, en cambio, fue más significativo sobre la región de Cuyo, Argentina, como consecuencia de la combinación de cielo despejado, baja humedad y suelos casi desprovistos de vegetación. En la Provincia de Buenos Aires hubo enfriamiento provocado por movimientos de ascenso, pero estos no compensaron totalmente el calentamiento provocado por la advección horizontal (Norte, Gomes, Seluchi, & Simonelli, 2007, pág. 384).

1.3.3 Olas de calor en Ecuador

El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) indicó el año 2015 el registro de altas temperaturas en la capital ecuatoriana, señalando que este cambio de temperatura se debió a la circulación de los vientos que traen aire frío y seco de influencia del Pacífico, lo que contribuyó a una mayor influencia de radiación solar. En este punto se recalca que en el DMQ se mantiene un clima muy inestable por la atmósfera que tiene constantes cambios por estar ubicada en el centro de la tierra, influyendo en estos cambios

las condiciones de las zonas amazónicas, zona de influencia intertropical, oceánicas, vaguadas del sur (Ecuador Inmediato, 2015).

Según un reportaje periodístico, para el año 2016 se experimentó un importante cambio climático originado por el fenómeno del niño, este cambio dio lugar a una ola de calor en la región, y solo un anticipo de lo que podría suceder si no se aplican medios estratégicos para la mitigación y adaptación de este fenómeno. Así mismo reporta que el planeta aumenta cada vez más un grado centígrado en su temperatura promedio lo cual indica que en cualquier momento puede haber desastres naturales. Esta situación anuncia un grave problema en un futuro. (Khor, 2016)

El año 2017, según el INAMHI, el Ecuador registró un incremento de temperatura para inicios de año en la zona costera, con una temperatura entre 34 y 35°C. Sin embargo, la sensación térmica en la calle se ubicó entre los 40 y 41°C, con noches de 26°C. (El Universo, 2017).

1.3.5 Contexto climático del DMQ

La ciudad del DMQ está situada en la cordillera de los Andes y rodeada de volcanes que conforman un paisaje inigualable. Se considera la segunda ciudad más alta del mundo a 2.830 m.s.n.m con una superficie de 256.370 Km². Se encuentra en el lado occidental de la Cordillera de los Andes en la mitad del mundo específicamente. Se divide en cinco sectores: zona norte, centro norte, centro histórico, sur y valles (Flacso, 2015).

Se diferencias dos estaciones climáticas por la distribución de las estaciones de lluvias: temporada lluviosa y temporada seca. El clima en general es muy variable y se considera un clima tropical con variabilidad de temperaturas entre 22 y 26°C durante el día, con noches de temperatura hasta los 10°C. (Flacso, 2015).

Según el Subsistema Metropolitano de Áreas Naturales Protegidas, en el DMQ se identifican cinco tipos de clima, entre los cuales se destacan los siguientes: Clima ecuatorial de alta montaña con 700 a 2000 mm de precipitaciones. Clima ecuatorial mesotérmico seco con 2000 mm de precipitaciones. Clima nival con menos de 1000 mm de RR al año. En el DMQ predomina en un 51% el clima ecuatorial mesotérmico semi-húmedo y el 26% corresponde a un clima ecuatorial de alta montaña hacia el occidente de la cordillera. El 16% está ocupado por un clima tropical mega térmico húmedo en las

líneas noroccidentales. Hacia los valles predomina un clima ecuatorial mesotérmico seco con un 5% y finalmente el 3% está ocupado por un clima nival en las cumbres de las cordilleras con una temperatura promedio de 14 °C. (DMQ, 2012)

La Secretaría del Ambiente señala en el DMQ variabilidad climática por las precipitaciones de los últimos años, lo cual ha originado desastres como deslizamientos de las tierras. Estudios realizados en los años 1981 y 1999 evidencia una temperatura media en aumento, con un promedio de 1.2 y 1.4 °C. (Yates, 2013).

1.3.5.1 Precipitaciones

Quito se caracteriza por estaciones lluviosas, y estos se debe a la combinación de la orografía y las oscilaciones climáticas generan un clima específico en la ciudad. En los meses de invierno por efecto la Zona de confluencia intertropical (ZCIT) donde se manifiestan presiones bajas, dan origen a precipitaciones fuertes; y debido a las altas temperaturas, las masas de aire ascienden produciendo nubosidad acompañada de lluvia. Sin embargo, se resalta que las temporadas lluviosas de fuerte intensidad por lo general se dan en la zona noroccidental, pues las demás zonas se protegen con la barrera geográfica que forma el volcán Pichincha (Flasco, 2015)

Según la Flasco (2015) entre los meses de julio y agosto, estación de verano, la ZCIT se desplaza al norte dejando circular los vientos alisios, atrapando las zonas montañosas del oriente del DMQ la humedad de los vientos. En estos meses se produce el efecto Fohn, lo indica que, al aumentar las precipitaciones en Amazonia, disminuyen drásticamente en el DMQ originando un aumento de la temperatura y mantenimiento un clima cálido en la ciudad quiteña. Este fenómeno se da específicamente porque la zona oriente del DMQ obliga a que se eleven las masas de humedad, enfriándolas y condensándolas, generando lluvias en la Amazonía para luego cruzar la cordillera oriental y al llegar al DMQ la masa de aire está sin humedad.

1.3.5.2 Temperatura

Esta variable se relaciona directamente con la altitud de una zona, lo que indica a mayor altura menor temperatura. La temperatura representa el indicador climatológico responsable del clima del DMQ. Por lo general, la temperatura desciende -0,65°C por cada 100 metros de ascenso en las zonas altas de la cordillera andina, mientras que en las zonas bajas desciende 0,53°C/100m. Asimismo, Quito se ha caracterizado en los últimos años por

el crecimiento urbano rápido, lo cual ha ocasionado también un aumento en la temperatura, pues actividades industriales y urbanas crean un fenómeno llamado “islas de calor” donde se incrementan y conservan los aumentos de temperatura a mayor actividad urbana, englobando al DMQ en una ciudad llena de cemento (Yates, 2013).

1.3.5.3 Humedad

Los relieves característicos de la sierra quiteña son el motivo principal para la distribución de la humedad de la región. Para explicar la humedad del DMQ, se acude al efecto Fohn, el cual trata de un fenómeno de una masa de aire caliente y húmedo que se ve obligado a ascender una montaña; y cuando el aire desciende lo hace con menos humedad y mayor temperatura (Flacso, 2015).

Entonces, con base en este efecto en el DMQ, las masas de aire cargadas de humedad provienen del océano se enfrían y condensan hasta alcanzar al piedemonte de la cordillera, ubicado a 1500 m.s.n.m., lo cual hace aumentar la humedad relativa. Sin embargo, no todas las zonas reciben la misma cantidad de humedad: a mayor altitud, menor será la humedad. Un ejemplo de ello son los páramos. (Flacso, 2015)

1.3.5.4 Heliofanía

El ciclo solar en el DMQ se diferencia de otras regiones por la naturaleza montañosa que lo caracteriza. La zona del DMQ es la primera parte en recibir luz solar al amanecer, los valores de radiación solar máximo se dan entre 2000 y 3000 m.s.n.m., a una altitud mayor a los 3000 y 4000 m.s.n.m. la heliofanía suele aumentar, lo que indica que a mayor altitud mayor radiación (Yates, 2013).

1.3.5.5 Vientos

Los vientos aumentan proporcionalmente a la altura. En el DMQ alcanzan un máximo de 5000 m.s.n.m. y un mínimo a las alturas de 1500 y 3500 m.s.n.m. En un estudio llevado a cabo en la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico del DMQ desde el 2004 al 2011 se observó que la dirección del viento se marca por las elevaciones, siendo los vientos más significativos los que vienen del noroccidente en dirección oeste-este, para luego encontrarse con una zona de convección del nororiente donde hay un suelo relleno de sedimentos volcánicos. (Serrano, Moscoso, Jácome, Palacios, & Villacís, 2012)

El hecho descrito hace que exista un forzamiento para desviar los vientos hacia el sur bordeando al Pichincha; sin embargo, este volcán impide que el viento ingrese directamente por el norte. Por otra parte, hay vientos que provienen del Este, pero la cordillera impide su paso haciéndolo desviar al sur. Desde esta perspectiva, el viento que ingresa al DMQ mantiene una dirección norte-sur con una velocidad de 7,4m/s, con mayor viento en los meses agosto y septiembre, donde hay mayor radiación y temperatura. (Serrano, Moscoso, Jácome, Palacios, & Villacís, 2012)

1.4 Instituciones relacionadas

1.4.1 Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)

El INAMHI fue creado bajo el decreto ejecutivo n° 1446 en el año 1961. Está adscrito al Ministerio de Fomento con sede en el DMQ y jurisdicción en todo el país, siendo representante oficial a nivel nacional e internacional. Este organismo es rector, coordinador y normalizador de las políticas nacionales en referencia a la meteorología e hidrología. El INAMHI aporta información oportuna y veraz sobre el tiempo, clima y agua. Sus funciones consisten en vigilar y predecir el comportamiento de la atmósfera y las aguas interiores, mediante el uso de la tecnología, emitir alertas oportunamente, reducir daños y proteger el medio ambiente, intercambiar información con otros países sobre el tiempo, clima, recurso hídrico bajo los acuerdos políticos internacionales, cooperar con los medios de comunicación para el suministro de información oportuna y segura para la entrega de pronósticos diarios, predicciones y avisos de fenómenos meteorológicos e hidrológicos extremos, colaborar con actividades de planificación para el desarrollo del país y operar para mantener las estaciones meteorológicas e hidrológicas en óptimo estado (INAMHI, 2018).

1.4.2 Ministerio del Ambiente

Es un ente público encargado de velar por un ambiente saludable y el respeto a los derechos de la naturaleza. Gestiona y garantiza un desarrollo ambiental equilibrado, con el fin de conservar la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas. Asimismo, se encarga de diseñar políticas y estrategias ambientales para el cuidado de los ecosistemas y aprovechamiento de los recursos naturales. También propone y define las normas para garantizar una calidad ambiental con un desarrollo sostenible en la conservación y uso apropiado de la biodiversidad característica del Ecuador, por tal razón

impulsa la participación ciudadana para un trabajo coordinado y consciente como responsabilidad de todos. (Ministerio de Ambiente, 2018)

1.4.3 Ministerio de Salud Pública

Es un organismo público y oficial, encargado de gestionar y ejecutar actividades administrativas, educativas, asistenciales y gremiales relacionadas con la salud. Su misión es ejercer la rectoría, regulación, planificación, coordinación y control de la salud de la nación mediante el control y vigilancia epidemiológica, garantizando así el derecho a salud de todos los ciudadanos del Ecuador(MSP, 2018).

1.4.4 Secretaria de Ambiente del DMQ

Es un ente que formula políticas ambientales a nivel municipal, para promover la cultura ambiental con prácticas saludables para el ambiente. También promueve la participación de todos aquellos integrantes de la sociedad. La secretaría trabaja en el Municipio con la colaboración de empresas públicas y privadas, academias, organizaciones sociales, universidades y otros, para promover políticas que reduzcan los efectos de los cambios climáticos y lograr un Buen Vivir (Secretaría de Ambiente, 2018)

1.4.5 Hallazgos percibidos de las instituciones involucradas

Tabla 2. Hallazgos percibidos de las instituciones involucradas

Institución	Intereses en la investigación	Problemas percibidos	Recursos y mandatos
INAMHI	Base de datos para futuras investigaciones. Elaboración de sistemas de modelaje.	Necesidad de ampliar y contribuir con actualización de la base de información con datos recientes. Se requiere de constante capacitación y entrenamiento técnico del personal, acorde a la tecnología utilizada para actualizar datos y realizar otras gestiones dentro del campo.	Recursos financieros. Contratos. Orientadores y capacitadores dentro del campo requerido. Programas de entrenamiento
MINISTERIO DE AMBIENTE	Conocimiento de las condiciones meteorológicas de Quito. Prevención de daños a flora y fauna en parques de Quito.	Participar en la actualización de la base de datos informativos. Contribuir a la publicación de datos significativos para los solicitantes.	-Recursos financieros -Programas informáticos actualizados. -Orientadores y entrenadores.
MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA	Aplicaciones para prevención de	Priorizar el desarrollar planes y medidas de adaptación a las	-Recursos financieros. -Contratos.

Institución	Intereses en la investigación	Problemas percibidos	Recursos y mandatos
	enfermedades. Conocimiento de etapas de mayores índices de calor.	variaciones de índices de calor en Quito, para minimizar los efectos negativos de este fenómeno y proteger la salud humana. Así mismo, se requiere reforzar la red de atención nacional para el control de factores que puedan influir en los aumentos de temperatura y por ende en la salud.	-Orientadores y capacitadores dentro del campo requerido.
SECRETARIA DE AMBIENTE DE QUITO	Investigaciones sobre el fenómeno de olas de calor. Base de datos y desarrollo de planes. Elaboración de mapas.	Disminución en aportes de científicos nacionales respecto a las olas de calor en Quito. Elaboración de base con datos actualizados. Actualización en sistemas de alertas tempranas.	-Recursos financieros. -Contratos. -Orientadores y capacitadores dentro del campo requerido. -Programas informáticos actualizados

1.5 Marco Legal

El sustento legal de la investigación se basa en una serie de leyes y acuerdos que construyen y van a determinar el fundamento del estudio. En este aspecto, las leyes que respalda la investigación legalmente corresponden a las siguientes:

1.5.1 Constitución de la República del Ecuador

Esta norma superior sustenta la investigación en el artículo 14, literal “C”, que reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. También declara el interés público para preservar el ambiente y conservarlos para mantener la biodiversidad e integridad del patrimonio; también establece la prevención del daño ambiental. Asimismo, este estudio se apoya en el artículo 264, numerales 1, 2 y 8; que estipulan que los distritos metropolitanos autónomos son responsables de la planificación, ordenamiento territorial, uso y ocupación de suelo urbano y rural, con la preservación, mantenimiento y difusión del patrimonio natural. Bajo el mismo contexto, el artículo 396 señala que el Estado debe adoptar políticas y medidas oportunas que eviten impactos negativos en el ambiente.

1.5.2 Ley Orgánica de Salud

La Ley Orgánica de Salud sustenta la investigación en su artículo 5, el cual explica que las autoridades sanitarias deben crear mecanismos regulatorios destinados a las salud. Por tanto, debe orientar sus estrategias a la implementación, seguimiento y evaluación de políticas, planes, programas y proyectos destinados a garantizar la salud de la población.

El artículo 6, literal 5-A, dicta, regula y controla la correcta aplicación de la normativa para la atención de enfermedades consideradas catastróficas y dirigir programas a la atención de las mismas. El artículo 35, dispuesto en el capítulo VI dirigido a los desastres naturales; establece que la autoridad nacional de salud debe cooperar con los gobiernos y organismos competentes e integrarse en los planes vigentes al componente salud en gestión de riesgos en emergencias y desastres, para prevenir, reducir y controlar los efectos de los eventos y fenómenos naturales y antrópicos. De igual manera, se dispone en el artículo 36 un sistema actualizado de información, capacitación y educación en gestión de riesgos. El artículo 37 establece como obligación de toda institución de salud mantener planes de emergencia, mitigación y atenciones en caso de desastres naturales en concordancia con los planes formulados.

1.5.3 Ley de Gestión Ambiental

El estudio se fundamenta en el artículo 39 de esta ley. Dicho artículo establece que las instituciones encargadas de la protección ambiental deben diseñar planes de participación social con programas de monitoreo ambiental en las áreas de su competencia. El artículo 9, literales a-d y h, establecen entre sus competencias la elaboración de planes estratégicos y normas de protección ambiental en coordinación con otros organismos, bajo la aprobación de estudios, planes y proyectos en relación a la materia ambiente para una óptima gestión, y, finalmente, recopilar información de carácter ambiental como un instrumento para planificar, educar, controlar y difundir información oportuna a nivel nacional e internacional.

1.5.4 Acuerdos Internacionales

Entre los acuerdos internacionales que sustentan el estudio, están aquellos dirigidos a prevenir los daños ambientales por efectos de cambios climáticos. Entre ellos se mencionan los siguientes:

Tabla 3. Acuerdos internacionales

Año	Conferencia	Descripción
1988	IPCC	Planteó la necesidad de aplicar fuertes medidas para detener las emisiones de gases de efecto invernadero. El grupo produjo diversos informes como resultado de sus labores de monitoreo.
1992		Los líderes mundiales adoptaron el plan Agenda 21, programa de acción para el desarrollo sostenible global. Sus líneas de acción fueron la lucha contra el cambio climático, la protección de la biodiversidad y la eliminación de las sustancias tóxicas emitidas.
1995	Primera Conferencia de las partes Berlín	Suscribieron acuerdos internacionales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero más allá del 2000.
1997	Protocolo de Kioto	Los países industrializados suscribieron compromisos concretos y un calendario de actuación. Durante 2008 y 2012, con respecto a 1990, se redujeron en 5,2% las emisiones de los seis gases con más incidencia en el efecto invernadero, siendo éste un indicador positivo para el planeta. Para el 2020 se plantean reducir las emisiones un 30% y para el 2050 un 80% disminuyendo la intensidad energética de consumo.
2002	Johannesburgo	El objetivo de la Cumbre es renovar el compromiso político con el desarrollo sostenible del ambiente. En un plan negociado de ejecución se bosquejaron medidas prioritarias que requiere el desarrollo sostenible.
2007	Bali	Se fijó una hoja de ruta (Bali Road Map) para posibilitar la implementación plena, efectiva y sustentada de la Convención, centrándose en el logro de una visión común, mitigación, adaptación, tecnología y financiamiento de diversas estrategias y acuerdos globales de protección del medio ambiente.

Año	Conferencia	Descripción
2010	Conferencia de Cancún	Entre los ejes logrados en los acuerdos de esta Conferencia resalta la creación del Fondo Verde para el Clima, que obliga a los Estados parte altamente industrializados a proveer financiamiento a proyectos y actividades en países en desarrollo. Se acordó la operacionalización de mecanismos tecnológicos que promuevan la innovación, desarrollo y difusión de tecnologías amigables con el clima.
2011	XVII Conferencia sobre el Cambio Climático Durban	La resolución aprobada en esta Conferencia impone a los principales emisores de gases de efecto invernadero, iniciar un proceso que concluirá con un acuerdo legalmente vinculante de protección climática y medidas protectoras para disminuir el marcado sostenimiento de la elevación de la temperatura.

1.6 Glosario de términos

Cambio climático: variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un periodo prolongado.

Clima nival: Se presenta en la Cordillera de Los Andes, en la zona de alta montaña. El clima es seco y las temperaturas son muy bajas, con promedios de congelación durante casi todo el año. Las precipitaciones varían entre los 300 y 500 mm. anuales.

Impactos climáticos: consecuencias del cambio climático en sistemas humanos y naturales.

Isla de calor: zona dentro de un área urbana caracterizada por una temperatura ambiente más alta que las zonas colindantes debido a una absorción de la energía solar por materiales como el asfalto.

m.s.n.m.: metros sobre el nivel del mar.

Mitigación: Intervención antropogénica para reducir las fuentes o mejorar los sumideros de gases de efecto invernadero.

Morbilidad: Nivel de ocurrencia de una enfermedad u otro problema de salud dentro de una población.

Mortalidad: Nivel de ocurrencia de muertes dentro de una población y dentro de un período específico.

ITCZ (Intertropical Convergence Zone) acrónimo en inglés cuya traducción al castellano significa “Frente intertropical o zona de convergencia ecuatorial”.

Vaguada. En meteorología, una zona alargada de baja presión atmosférica, situada entre dos áreas de mayor presión, que provocan el ascenso de masas de aire cálido y húmedo.

Gelación: Estado en el cual un líquido empieza a exhibir propiedades pseudoelásticas.

Adiabática: Curva que representa en un diagrama termodinámico los cambios de temperatura de una pequeña masa de aire sujeta a un proceso adiabático

Fenómeno del niño: El Niño es un fenómeno relacionado con el calentamiento de las aguas del Pacífico oriental ecuatorial, cíclico, que se da cada tres u ocho años y que tiene una duración de 8-10 meses

CAPÍTULO II: DIAGNÓSTICO

2.1 Antecedentes diagnósticos

2.1.1 Metodología

En este estudio se aplicó una metodología con enfoque predominantemente cuantitativo, pues se analizaron los registros de variaciones en temperatura, humedad relativa y heliofanía. Dichos datos cuantitativos fueron obtenidos de las estaciones meteorológicas de Izobamba e Iñaquito. La primera, está ubicada al sur de la capital ecuatoriana; la segunda, al norte. Con esto, se aspira tener una visión completa del fenómeno analizado.

La investigación hace uso de un método analítico-estadístico, que consiste en descomponer el fenómeno para observar las causas, naturaleza y efectos con el fin de una correcta valoración de la información obtenida. En esta investigación, los datos fueron obtenidos de las estaciones meteorológicas seleccionadas, específicamente datos de la temperatura mínima y máxima y humedad relativa en el periodo de 2000 a 2016, para desarrollar un análisis racional y comprobar la hipótesis de la existencia de olas de calor en el DMQ.

Para demostrar la presencia de olas de calor en el perímetro del DMQ se siguió el siguiente proceso:

1. En primer lugar, se seleccionaron las estaciones de análisis en la ciudad con el fin de obtener datos reales y auténticos útiles para la investigación.
2. Calcular las temperaturas de las estaciones seleccionadas, durante los periodos desde 2000 hasta 2016.
3. Localizar y analizar los periodos críticos de temperatura que dieron lugar a la ola de calor. Para lograr esto, se debe identificar por lo menos dos días seguidos con sostenida elevación de la temperatura, luego se localizan los días cálidos, y finalmente se determina la ola de calor.
4. Finalmente, se establecen conclusiones de acuerdo a los objetivos y resultados obtenidos del estudio, con sus respectivas recomendaciones.

2.1.2 Universo y muestra

El universo en esta investigación reviste a aquellas estaciones meteorológicas ubicadas en la provincia de Pichincha, que conforman un total de 35 estaciones según las reportadas por el INAMHI. Pero dada la extensión del universo y los criterios de la investigación se seleccionará una muestra de dos estaciones ubicadas en la ciudad del DMQ. Estas estaciones para ser seleccionadas se aplicaron criterios de inclusión como: estaciones ubicadas en el DMQ y estaciones que registren datos analógicos de las variables manejadas en el estudio (temperatura, humedad relativa y heliofanía). Con esto, se tiene una muestra representativa de la zona. Desde este punto de vista, la muestra quedó integrada por las siguientes dos estaciones meteorológicas:

Tabla 4. Ubicación de las estaciones meteorológicas

COD.	NOMBRE	TIPO	LATITUD	LONGITUD	ELEVACIÓN
M0003	Izobamba	AG	00 21 57.33 S	78 33 18.46 W	3.058 m.s.n.m
M0024	Iñaquito	CP	00 10 41.89 S	78 29 15.83 W	2.789 m.s.n.m.

2.2 Tipo de investigación

Se trata de una investigación analítica y de campo. Es analítica porque en su procedimiento metodológico la investigación busca comparar variables entre grupos de estaciones meteorológicas seleccionadas en la muestra, para inferir de forma racionales tendencias a lo largo del período seleccionado. También se considera de campo, porque es un estudio donde el fenómeno se observa tal cual es, y los datos se toman de la realidad sin manipulación alguna de las variables, para proponer estrategias que resuelvan una situación, en este caso, medidas para mitigar las olas de calor en el DMQ; como por ejemplo reduciendo o eliminando las causas que coadyuvan a la elevación de la temperatura ambiental.

2.3 Resultados obtenidos

2.3.1 Análisis de entrevistas

Para realizar las entrevistas a los especialistas se utilizó el cuestionario adjunto en Anexos, con preguntas abiertas que le diera la oportunidad a los entrevistados de

extenderse e introducir otras preguntas pertinentes según el desarrollo de la conversación. Los entrevistados son el Ing. Homero Jácome y el Técnico Edgar Vaca, del INAMHI.

Consultado sobre si actualmente evidenciamos la existencia del fenómeno Olas de Calor dentro del perímetro urbano del DMQ, el Ing. Jácome considera que, en la actualidad, presenciamos la existencia de olas de calor dentro del DMQ y en otras regiones del país. Como efecto más claro, se tienen las altas temperaturas que se están dando. Por su parte, el Técnico Vaca considera que definitivamente sí. Por la presencia de estas interacciones que ha habido en los sistemas de alta presión tanto del Caribe como del pacífico, ha sido posible que tengamos la presencia de las olas de calor que, selváticamente no es más que una forma de la presencia del buen tiempo digamos.

Por otra parte, sobre otros parámetros de estudio a considerar para las olas de calor, además de las variables temperatura máxima, humedad relativa y heliofanía, el Ing. Jácome afirma que otra variable a considerar es el viento. El técnico Vaca, en cambio, señala que toda la presencia de estos cambios de nuestro país es cíclica, o sea, si todos los años se tiene una época seca, eso no significa que todo el año no se tendrá ninguna lluvia. Por la ubicación de Ecuador, en una zona tropical, se debe recordar la existencia de una época seca y otra de lluvia. No se puede afirmar que vamos a estar con lluvia toda la estación. No sucede como en la zona norte del globo terrestre, donde se identifican las cuatro estaciones, y en la época de lluvia suele llover siempre hasta terminar el periodo. En Ecuador, la ausencia de lluvias en esta última época es una anomalía, dada la presencia en primer lugar por las gelaciones de las partes polares y por su lado estuviera intensificada por el sistema de alta presión de Caribe la cual estuvo actuando sobre nuestro territorio afectando especialmente la región oriental y la región interandina, lo que motivo cielo despejado, mayor cantidad de radiación solar, lo que permitió radiaciones ultravioletas con mayor intensidad.

Consultados sobre si tienen conocimiento de alguna institución que esté realizando a nivel nacional o regional estudios sobre el campo de los fenómenos extremos o anómalos de la atmósfera, el Ing. Jácome afirma no conocer sobre alguna institución a nivel nacional haya realizado o esté realizado algún estudio sobre las olas de calor. El Técnico Vaca, por su parte, afirma que no, y que únicamente estamos nosotros, el INAMHI, estudiando estos comportamientos, solo en el área estamos viendo estas anomalías, tomando en cuenta periodos secos anteriores.

Consultados sobre las principales afectaciones de las olas de calor en el ambiente y al ser humano, el Ing. Jácome afirma que, al tener altas temperaturas especialmente en la región interandina y en un lugar como es Quito, esto ocasiona intensidad de calor que influye a la población. La radiación solar afecta la vista, la piel del ser humano, entre otros efectos. Si existen varios días de intensidad de radiación solar, se tienen altas temperaturas. Esto influye directamente al medio ambiente, ya que produce incendios forestales, existiendo contaminación en el aire, etc. El Técnico Vaca identifica la sequedad de la atmósfera por la gelación de la parte norte, carencia de alimentación, afecta a las plantas por la ausencia de agua.

Consultado sobre si consideran que este fenómeno atmosférico tendría a disminuir o aumentar en su intensidad y frecuencia en nuestra ciudad, el Ing. Jácome señala que, si no hacemos nada, tanto las autoridades como la ciudadanía para mitigar este fenómeno, en el futuro muy cercano va aumentar considerablemente las altas temperaturas. El técnico Vaca afirma que sí, realmente se van a presentar olas de calor más fuerte, con impactos inesperados y radiaciones solares con mayor intensidad que van afectar por estar ubicados en el centro de la tierra.

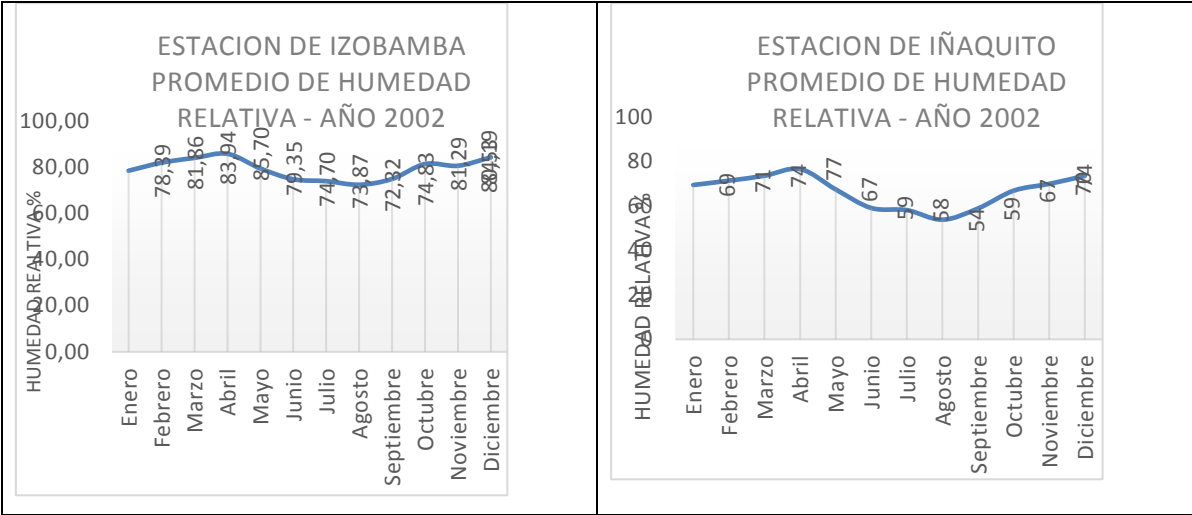
Los profesionales entrevistados concuerdan en la realidad de que tanto la población como la ciudadanía no lo suficiente por cambiar la situación del ambiente en general, y de los problemas de olas de calor, en particular.

2.3.2 Presentación gráfica de resultados

Humedad relativa

En este apartado, se presentan los gráficos obtenidos de la investigación cuantitativa.

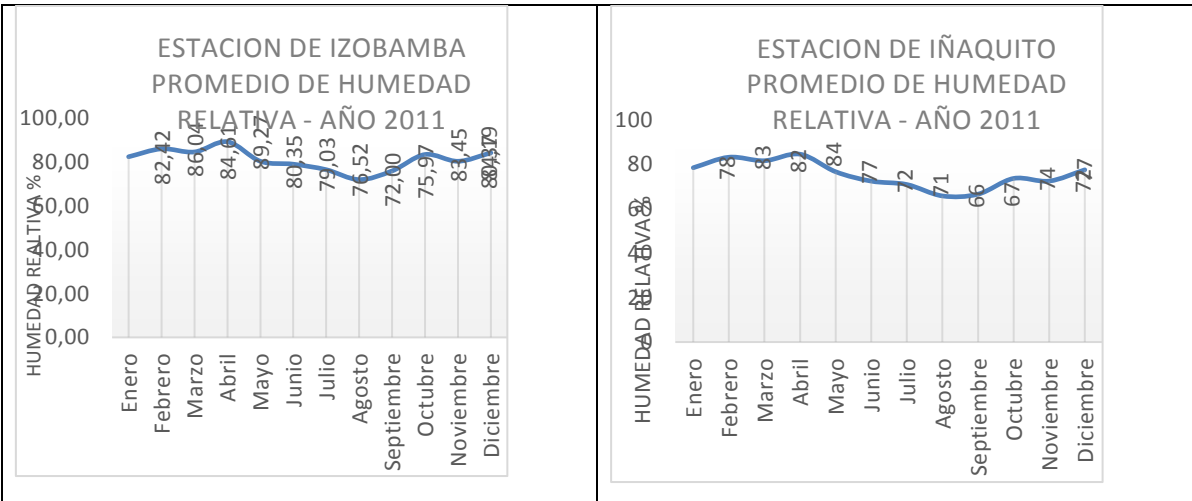
Tabla 5. Humedad relativa, estaciones de Izobamba e Ñaquito, 2002



Fuente: (INAMHI, 2018).

El año 2002, se aprecia un porcentaje de humedad inusualmente alto durante el mes de febrero en la estación de Izobamba, mientras en la estación de Ñaquito se tiene un comportamiento más estable, pero con la misma tendencia a 50% de humedad relativa registrada el año anterior durante el mes de agosto.

Tabla 6. Humedad relativa, estaciones de Izobamba e Ñaquito, 2011

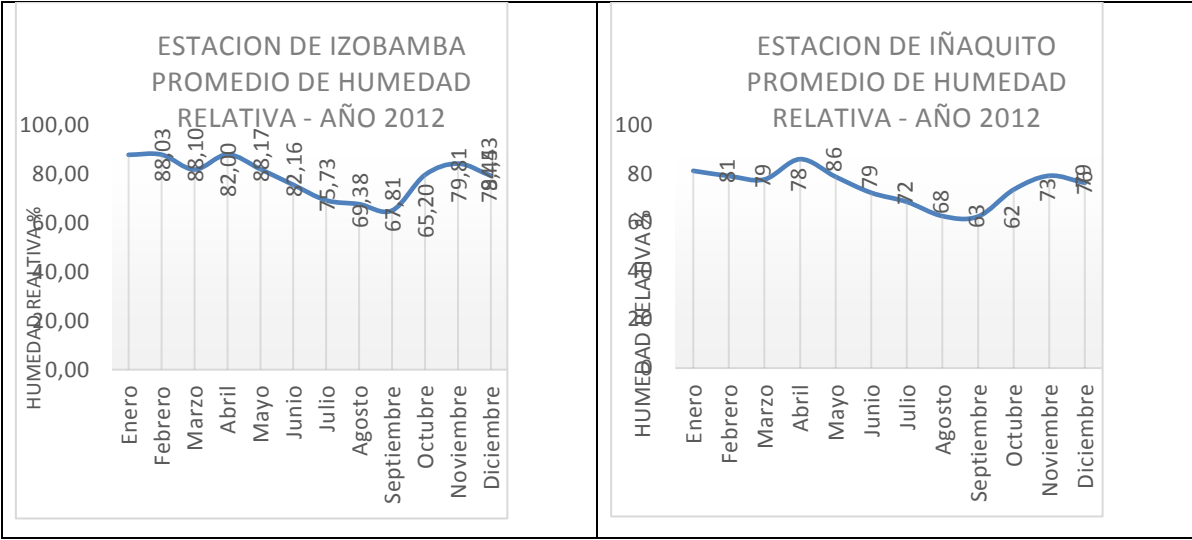


Fuente: (INAMHI, 2018).

El año 2011 se aprecia una humedad relativa más alta en comparación con el año anterior, y con un comportamiento similar en ambas estaciones. La humedad relativa más alta se da

en Izobamba, con un índice superior al 90% el mes de abril. El mes con índice de humedad relativa más baja es agosto en ambos casos, con menos de 70% en la estación de Ñaquito.

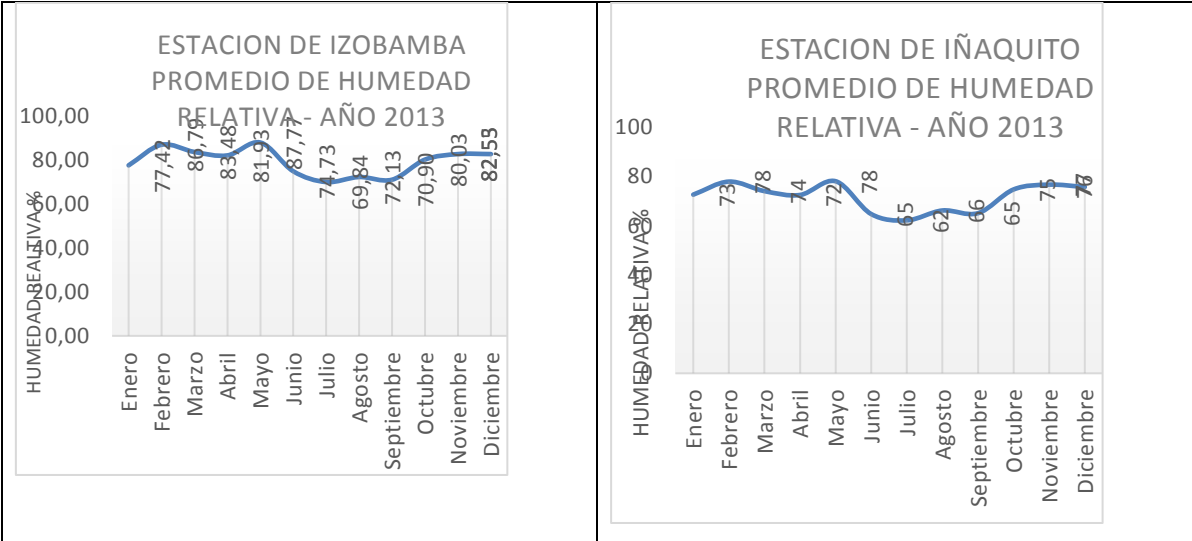
Tabla 7. Humedad relativa, estaciones de Izobamba e Ñaquito, 2012



Fuente: (INAMHI, 2018).

El año 2012, cuando se produjeron varios incendios en la ciudad de Quito, se observan índices de humedad relativa que rondan el 60% en ambas estaciones, durante los meses de agosto, septiembre y octubre, coincidiendo con los incendios señalados anteriormente.

Tabla 8. Humedad relativa, estaciones de Izobamba e Ñaquito, 2013

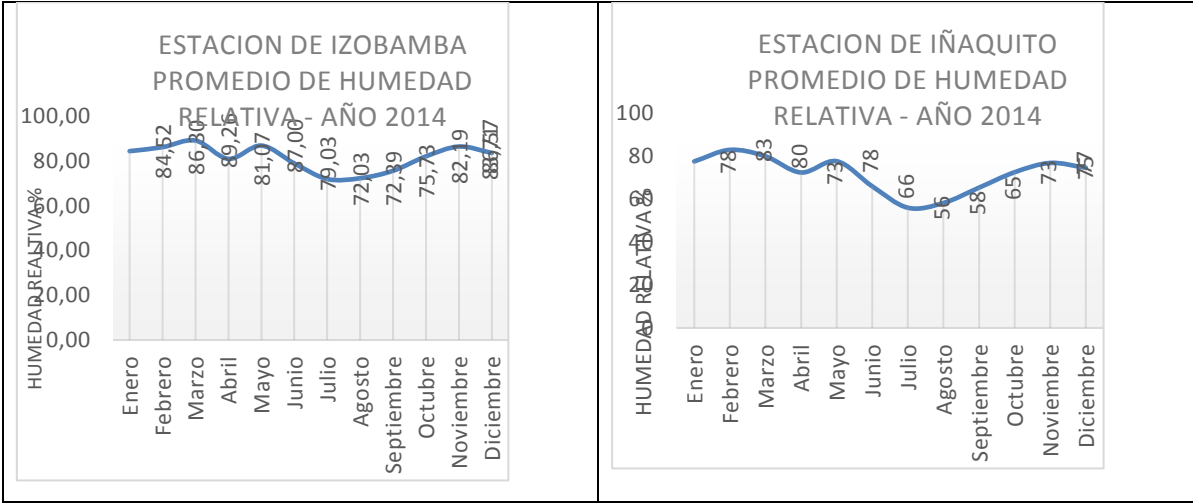


Fuente: (INAMHI, 2018).

El año 2013 también se produjeron varios incendios forestales, lo que explica los descensos en la humedad relativa durante los meses de julio, agosto y septiembre en ambas

estaciones, con el descenso más evidente en la estación de Iñaquito por su cercanía a los incendios en el parque metropolitano y el bosque aledaño al Pichincha.

Tabla 9. Humedad relativa, estaciones de Izobamba e Iñaquito, 2014



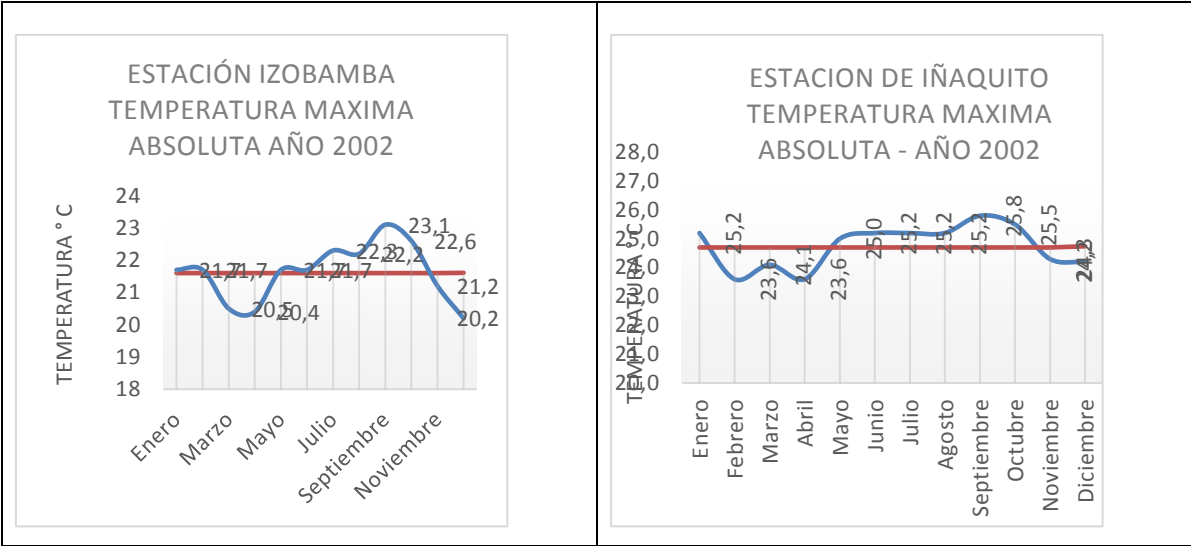
Fuente: (INAMHI, 2018).

El año 2014 se produce un descenso brusco en la humedad relativa en la estación de Iñaquito durante junio, hasta 65%, y se agudiza en julio, con el 55%, observándose una elevación durante los siguientes meses. Estos descensos de la humedad relativa coinciden, una vez más, con los incendios registrados durante el período referido.

Temperatura

En esta sección se presentan los resultados en gráficos de la temperatura, de los años más representativos, que ilustran el comportamiento de las variables climatológicas identificadas en este estudio.

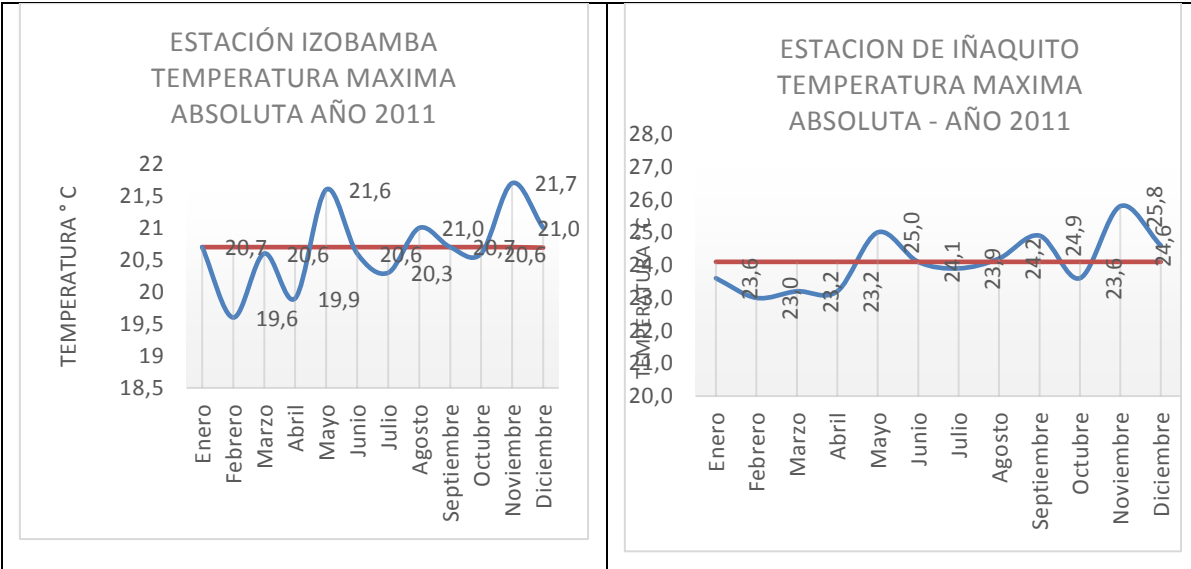
Tabla 10. Temperatura, estaciones de Izobamba e Iñaquito, 2002



Fuente: (INAMHI, 2018).

El año 2002, la estación de Iñaquito reportó temperaturas elevadas de forma sostenidas desde el mes de mayo hasta octubre, con temperaturas desde 25 °C hasta 25,8 °C.

Tabla 11. Temperatura, estaciones de Izobamba e Iñaquito, 2011

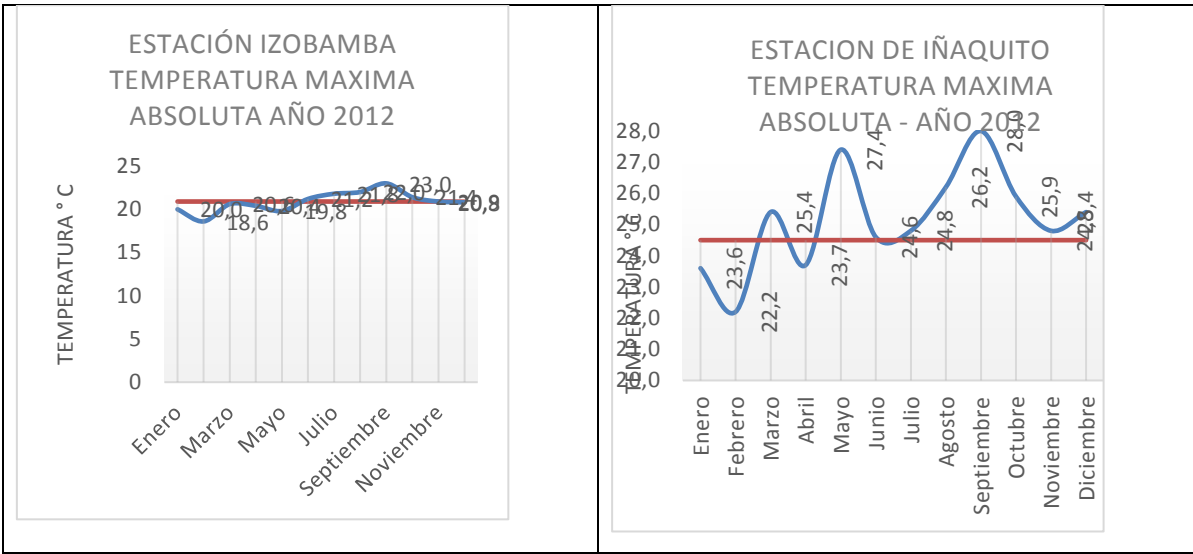


Fuente: (INAMHI, 2018).

El año 2011 en la estación de Iñaquito se aprecian picos altos de temperatura en los meses de mayor con 25°C y noviembre con 25,8°C. Aunque pareciera estable el comportamiento

de la temperatura, el cálculo del promedio (21,3°C) revela que se originaron múltiples olas de calor en el año.

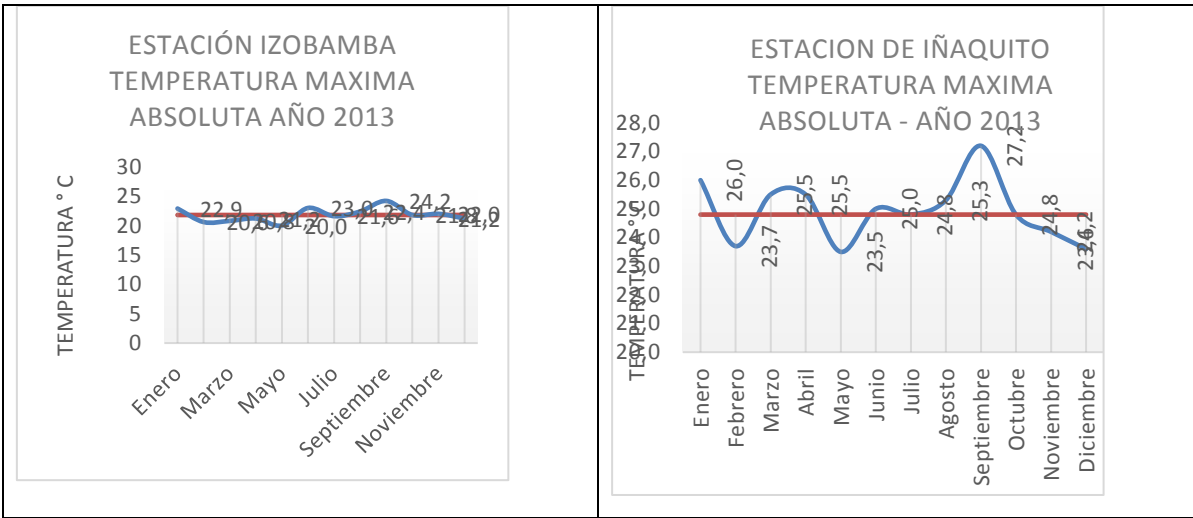
Tabla 12. Temperatura, estaciones de Izobamba e Iñaquito, 2012.



Fuente: (INAMHI, 2018).

El año 2012, en la estación de Iñaquito con un promedio de temperatura de 22,3°C, se observaron olas de calor en las diferentes estaciones de la ciudad, observándose picos que sobrepasan el máximo en los meses de mayo con 27,4°C y septiembre con 28°C. El comportamiento de la temperatura para ese año fue bastante irregular.

Tabla 13. Temperatura, estaciones de Izobamba e Iñaquito, 2013

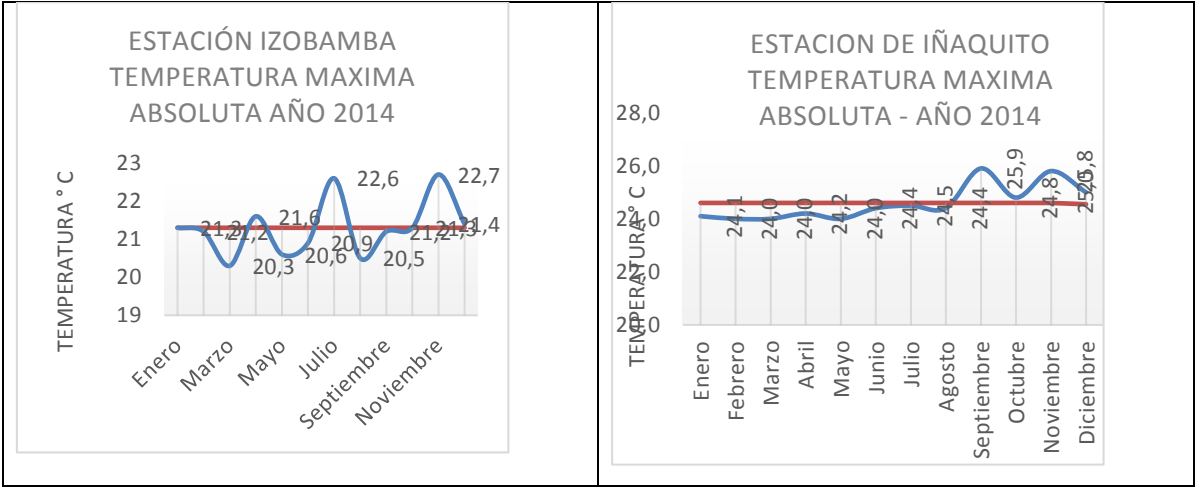


Fuente: (INAMHI, 2018).

El año 2013 se produjeron varios incendios forestales, lo que explica los aumentos de la temperatura durante los meses de julio, agosto y septiembre en ambas estaciones, con el

aumento más evidente en la estación de Iñaquito por su cercanía a los incendios en el parque metropolitano y el bosque aledaño al Pichincha.

Tabla 14. Temperatura, estaciones de Izobamba e Iñaquito, 2014



Fuente: (INAMHI, 2018).

El año 2014 la estación de Iñaquito reporta un promedio de temperatura de 21,8°C, lo cual indica de acuerdo a lo observado olas de calor durante casi todo el año, como consecuencia de los incendios ocurridos el año 2013.

Conclusiones

Este estudio permitió formular las siguientes conclusiones:

- Se identificaron los días donde se registraron los mayores índices de radiación solar en el DMQ durante los años 2000 al 2016. Durante algunos meses, incluso, se produjeron hasta 12 días continuos de heliofanía por encima del promedio, como sucedió en junio del año 2002.
- La heliofanía tuvo un índice promedio de 6,35 horas sol en la Estación de Izobamba, mientras que en Iñaquito fue de 5,77. Como máxima, en Izobamba se tuvo 14,18 y 15,53 en Iñaquito. Estos valores son altos, como se puede ver, y la situación geográfica del DMQ es un factor adicional a considerar respecto a esta variable.
- Se verificó la variable de humedad relativa que se registraron en el DMQ durante los años 2000 al 2016. En Izobamba, la humedad relativa tuvo un promedio de 79%, y la humedad mínima fue de 62%, mientras en la estación de Iñaquito presentó un índice promedio de 70%, y la más baja de 49%, observándose una sequedad mayor en esta última estación. Además, se observó que, durante los meses de agosto y octubre de los años 2011, 2012, 2013 y 2014 se presentaron los porcentajes de humedad relativa más bajas, debido a la sequedad del ambiente y los incendios forestales producidos esos años.
- Se analizaron los años donde se produjeron las temperaturas máximas de los registros estaciones meteorológicas del DMQ, habiéndose determinado que el año con la temperatura más alta fue el 2004, específicamente septiembre, cuando se registró una temperatura máxima de 29,7° en la estación de Iñaquito, mientras en la de Izobamba se registró una temperatura máxima de 24,7°. Además, los años en que se registraron incendios forestales, la temperatura también fue alta, específicamente 2011 con 22,3° en promedio, el 2012, con 22°, el 2013, con 21,8°, y el 2014, con 22,7°, registrados en la estación de Iñaquito.

- Desde un punto de vista de salud, el estudio permite al Ministerio que regula las políticas de salud en el país, establecer planes o sistemas de vigilancia que tomen en consideración la temperatura que pueda suponer un riesgo para la salud de la población. De acuerdo a la literatura, una temperatura por encima de los 37 °C puede ocasionar mortalidad y severos daños a la salud. Por lo tanto, es preciso activar medidas de protección para la salud. De igual manera, el estudio permite dar paso para la activación de mecanismos de intervención para mitigar las olas de calor desde el punto de vista sanitario.
- Por otra parte, el estudio mantiene un perfil preventivo, porque al demostrar las olas de calor existentes durante estos últimos 15 años, permite establecer sistemas de vigilancia e información a los organismos competentes en el área meteorológica, y de esta manera promover y aplicar medidas en la población con la finalidad de disminuir los incrementos de las temperaturas y mitigar el fenómeno olas de calor.
- Finalmente, la investigación es un instrumento informativo para la población estudiantil, sirviendo de apoyo para el desarrollo de otras investigaciones futuras con la idea de establecer planes de mitigación al fenómeno analizado. A los centros competentes, le permite informarse y obtener información del comportamiento de la temperatura en los últimos 15 años para establecer medidas. Además, le permite al público en general obtener información de un fenómeno que ha sido silencioso y desconocido por la población, ocasionando daños ambientales y a la salud.

Bibliografía

- AEMet. (2000). *aemet.es*. Obtenido de http://www.aemet.es/documentos/es/noticias/2016/Olas_Calor_ActualizacionJun2016-B.pdf
- Brito, E. (2011). *Climatología y meteorología*. México: UDG.
- DMQ, S. A. (2012). *Subsistema Metropolitano de Áreas Naturales Protegidas*. Recuperado el 27 de 03 de 2018, de [:http://www.quitoambiente.gob.ec/index.php?option=com_k2&view=item&id=24:subsiste](http://www.quitoambiente.gob.ec/index.php?option=com_k2&view=item&id=24:subsiste)
- Ecuador Inmediato. (15 de Enero de 2015). *INAMHI explica que ola de calor en el DMQ se debe a influencia del Pacífico*. Recuperado el 1 de Febrero de 2018, de http://www.ecuadorinmediato.com/index.php?module=Noticias&func=news_user_view&id=2818774700
- El Universo. (4 de Diciembre de 2014). *El ecuador pierde del 30 al 40% de las áreas glaciares*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/2014/12/04/nota/4302661/ecuador-pierde-30-40-area-glaciares>
- El Universo. (4 de Enero de 2017). *Guayaquil arde por intensa ola de calor*. Recuperado el 1 de Febrero de 2018, de El universo: <https://www.eluniverso.com/noticias/2017/01/04/nota/5979118/ciudad-arde-intensa-ola-calor-inicio-ano>
- Flacso. (2015). *Quito Ciudad, Capital del Ecuador*. Recuperado el 23 de Marzo de 2018, de https://www.flacso.edu.ec/flax15/_upload/etnohistoria/pdfs/QUITO_IG.pdf
- INAMHI. (2018). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*. Recuperado el 27 de 03 de 2018, de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/la-institucion/>
- IPCC. (2014). *Glosario en cambio climático*. Ginebra.
- Khor, M. (31 de marzo de 2016). La ola de calor, una muestra de lo que se avecina. *El Telégrafo*.
- Ministerio de Ambiente. (2018). *Ministerio del Ambiente*. Recuperado el 24 de 03 de 2018, de <http://www.ambiente.gob.ec/el-ministerio/>
- MSP. (2018). *Ministerio de Salud Pública*. Recuperado el 25 de 03 de 2018, de <http://www.salud.gob.ec/>
- Norte, F., Gomes, J., Seluchi, M., & Simonelli, S. (2007). Análisis de una ola de calor extrema en la región subtropical de América del Sur. *Revista Brasileira de Meteorología*, 22(3), 373-386.
- Sarochar, H. (2015). *Introducción a la meteorología*. Buenos Aires: Universidad Nacional de La Plata.
- Secretaría de Ambiente. (2018). *Secretaria de Ambiente, Alcaldía*. Recuperado el 26 de 03 de 2018, de <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/>
- Secretaria de Salud Pública. (2015). *Impactos de las olas de calor en la salud de la población*. Santiago de Chile.
- Serrano, S., Moscoso, V., Jácome, P., Palacios, E., & Villacís, M. (2012). *Análisis estadístico de datos meteorológicos mensuales y diarios para la determinación de variabilidad climática y cambio climático en el Distrito Metropolitano del DMQ*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- Servicio de Meteorología Nacional. (Marzo de 2018). *Pronóstico climático*. Obtenido de <https://www.smn.gob.ar/boletines/pronostico-climatico-trimestral-marzo-abril-mayo-2018-0>

- Urquiza, M. (21 de Marzo de 2013). *Heliofanía en Argentina*. Recuperado el 19 de Marzo de 2018, de <http://foro.gustfront.com.ar/viewtopic.php?t=3186>
- Yates, D. (6 de Junio de 2013). *Distrito Metropolitano del DMQ. Análisis integrado de amenazas relacionadas*. Recuperado el 24 de Marzo de 2018, de http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/phocadownload/cambio_climatico/Proyectos/wp1_analisis_clima_dmq.pdf

Anexos

Anexo 1. Entrevista

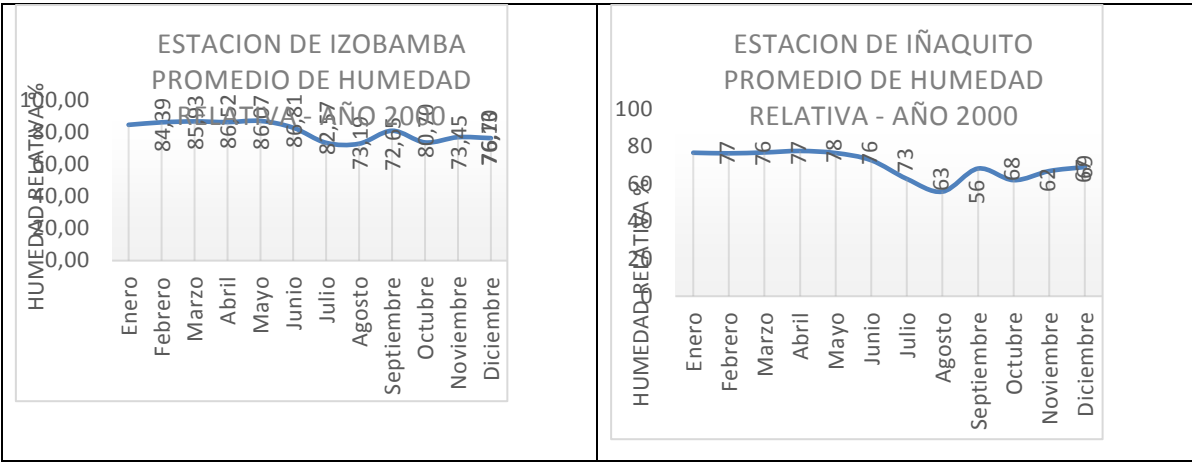
1. ¿De acuerdo a sus estudios y experiencias usted cree que actualmente evidenciamos la existencia del fenómeno anómalo Olas de Calor dentro del perímetro urbano del DMQ?
2. Además de las variables (temperatura, humedad y heleofania) que consideré en el análisis de la frecuencia de las olas de calor ¿Qué otros parámetros de estudio para las olas de calor se podrían considerar?
3. ¿Tiene conocimiento de alguna institución que esté realizando a nivel nacional o regional estudios sobre el campo de los fenómenos extremos o anómalos de la atmósfera?
4. ¿Podría indicarme usted cuales son las principales afectaciones de las olas de calor en el ambiente y al ser humano?
5. ¿Usted a un futuro cree que este fenómeno atmosférico tendría a disminuir o aumentar en su intensidad y frecuencia en nuestra ciudad?

Anexo 2. Gráficos estadísticos

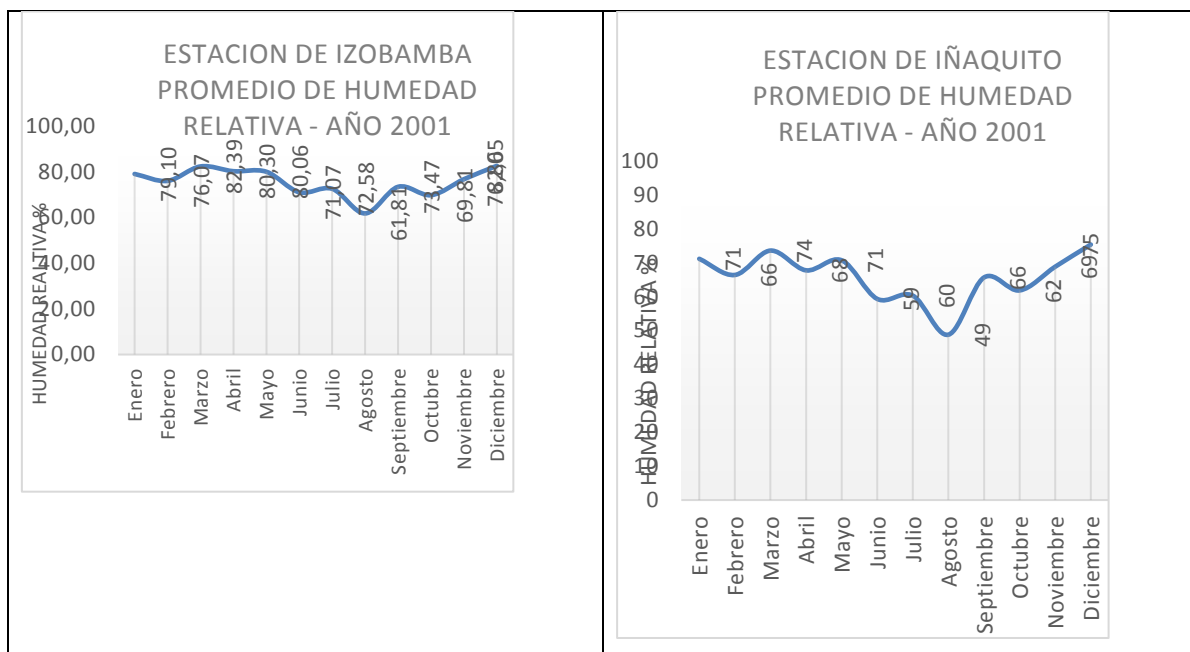
Anexos gráficos

Humedad relativa

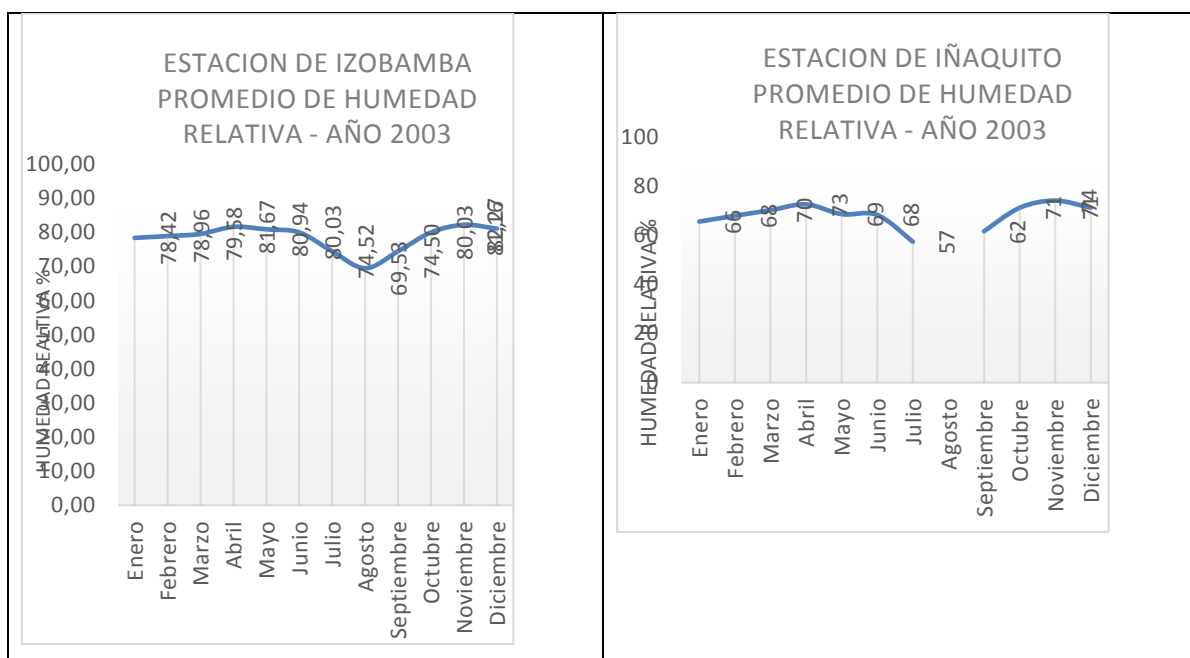
La medición de la humedad relativa presenta diferencias significativas en la estación de Izobamba en comparación con la de Iñaquito, como se podrá ver a lo largo de esta descripción de los resultados, debido principalmente a la posición geográfica de ambas. A continuación, se presentan los resultados por año y meses.



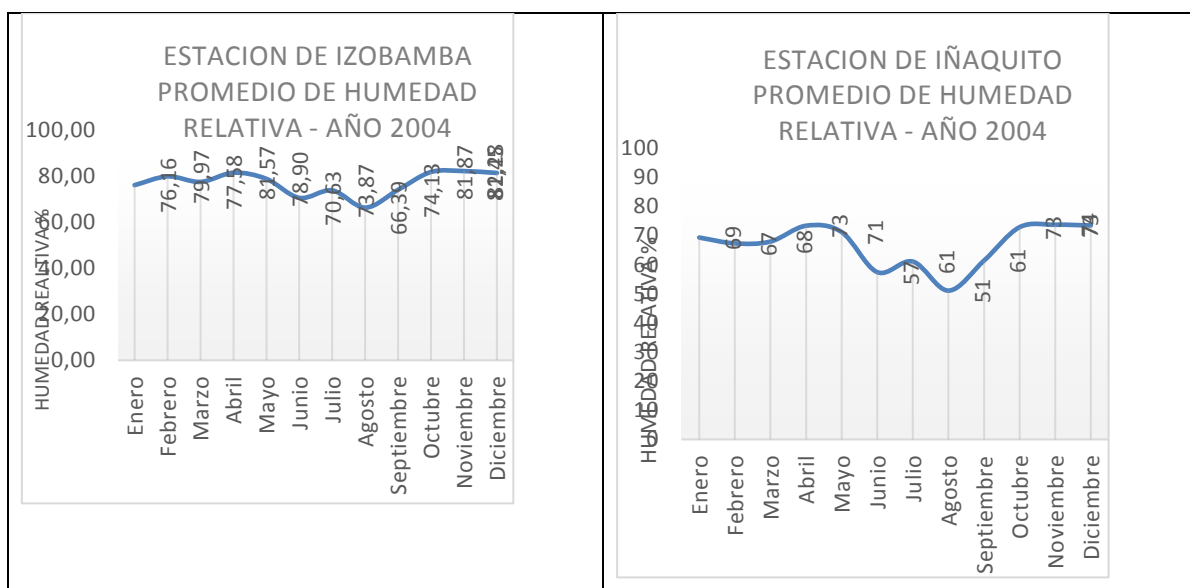
En esta tabla comparativa se aprecia que tanto en la estación de Izobamba como en Iñaquito, se determina una humedad relativa más baja desde julio hasta diciembre, con una ligera subida en septiembre, en el caso de Iñaquito, mientras la diferencia es más marcada en la estación de Izobamba. Este comportamiento es una constante en los años siguientes, con diferencias más marcadas en unos casos en comparación con otros, como se ve en las siguientes tablas comparativas.



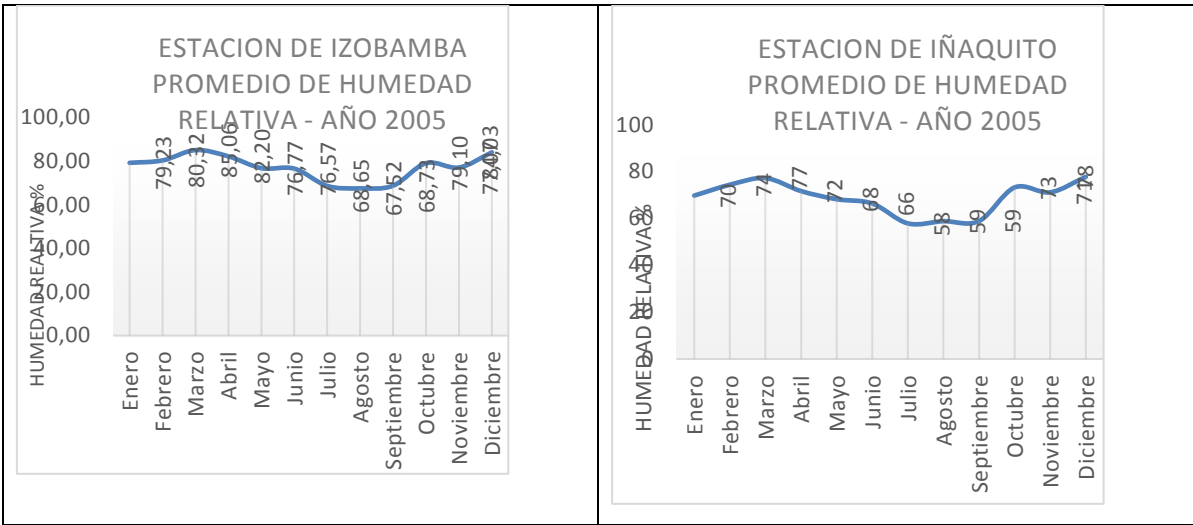
Durante el año 2001, en la estación de Izobamba se tienen cambios en la humedad relativa menos marcados que en la de Iñaquito, pero ambas estaciones marcan agosto como el de menor porcentaje en la humedad relativa. En la primera, el porcentaje más bajo de humedad relativa es ligeramente superior a 60%, mientras en la segunda, llega a 50%, es decir, entre mayo y septiembre se tienen los porcentajes más bajos de humedad relativa.



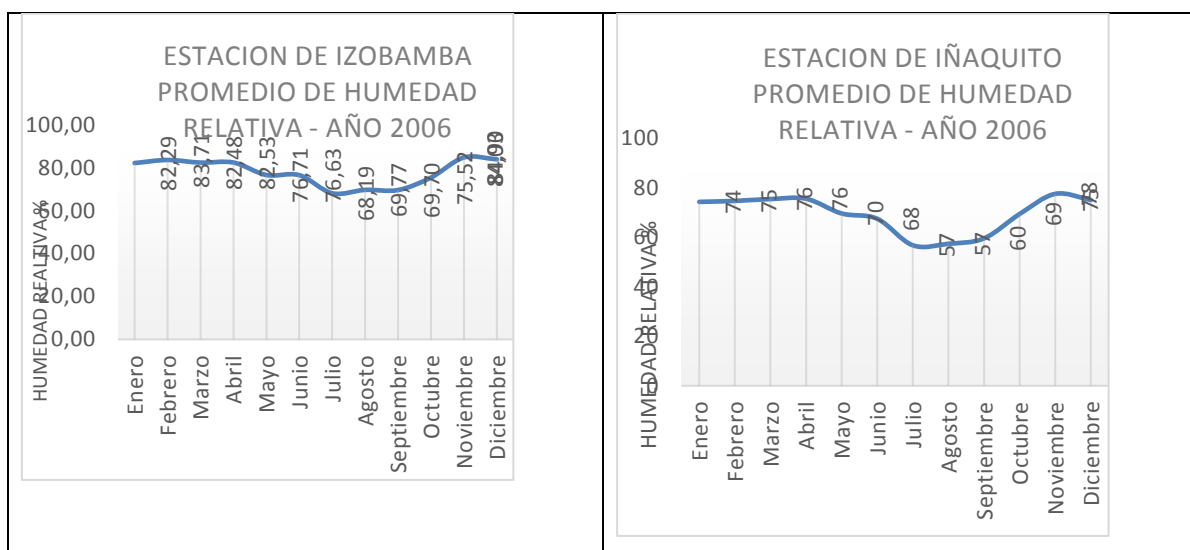
El año 2003 tiene la particularidad de no haber registrado los índices de humedad relativa el mes de agosto en la estación de Iñaquito, mientras en Izobamba se tiene nuevamente el registro más bajo el mismo mes, con el 70%.



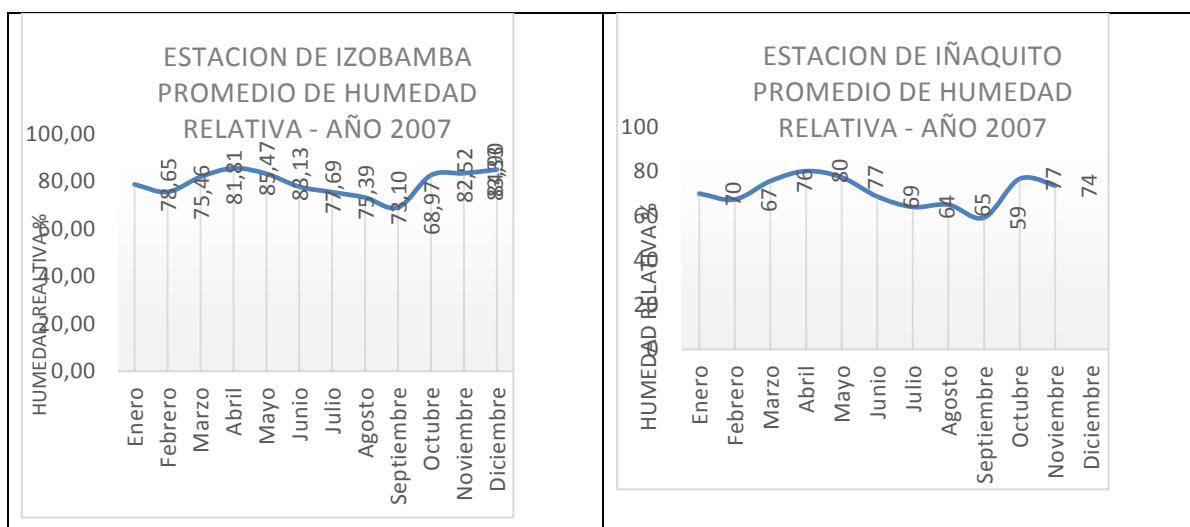
El año 2004 también se presentan variaciones notables en la humedad relativa de ambas estaciones, registrándose descensos hasta el 68% en la estación de Izobamba y hasta el 50% en Iñaquito, durante el mes de agosto en ambos casos. Los registros más altos se producen en octubre, noviembre y diciembre, con índices similares en ambas estaciones.



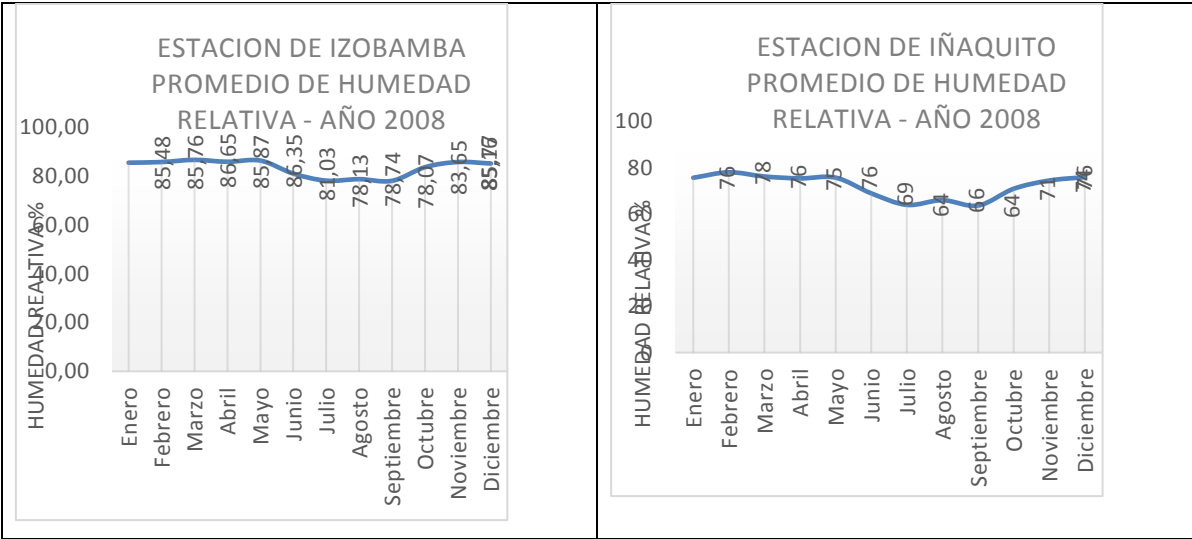
El año 2005 también se observa el registro de humedad relativa inferior en la estación de Iñaquito en comparación con la de Izobamba a lo largo del año, pero en ambos casos se advierte el mismo comportamiento de alta y baja en la misma curva.



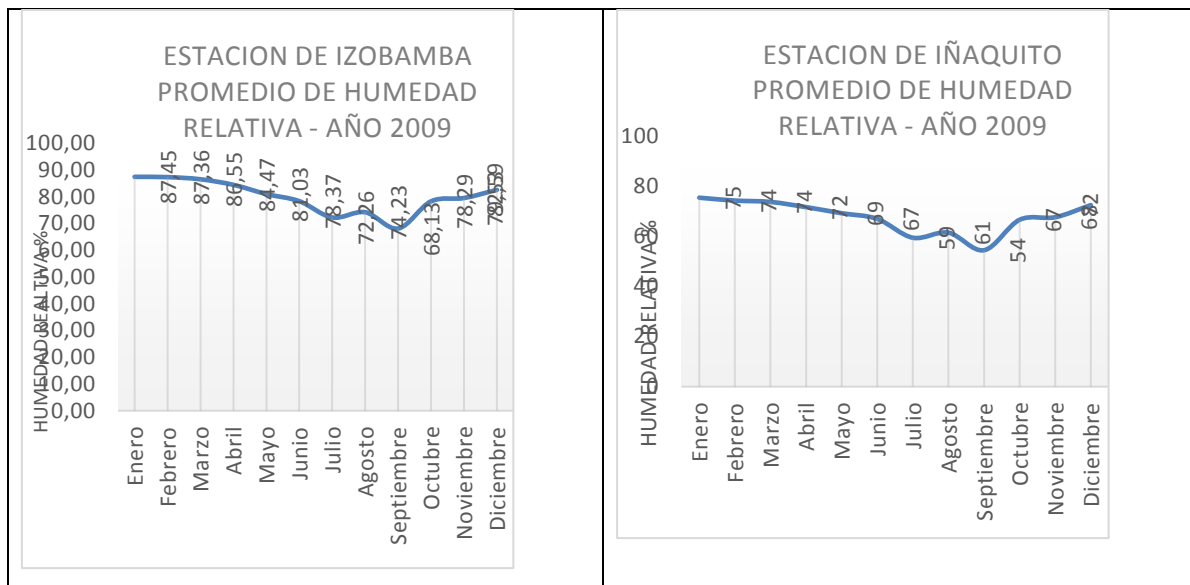
El año 2006 se aprecia una humedad relativa más alta en comparación con el año anterior, y con un comportamiento similar en ambas estaciones. La humedad relativa más alta se da en Izobamba, con un índice superior al 85% el mes de noviembre. El mes con índice de humedad relativa más baja es julio en ambos casos, marcando menos de 60% en la estación de Iñaquito.



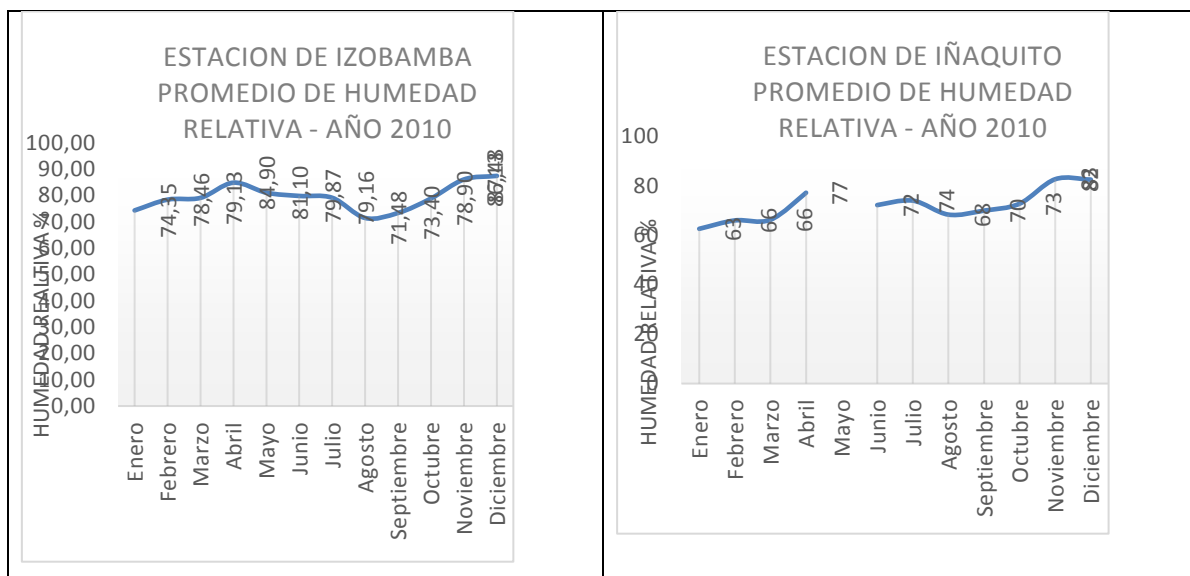
El año 2007 se repiten la humedad relativa con el mismo comportamiento en ambas estaciones, pero este año el índice más bajo se aprecia una humedad relativa más alta en comparación con el año anterior, y con un comportamiento similar en ambas estaciones. La humedad relativa más alta se da en Izobamba, con un índice superior al 85% el mes de noviembre. El mes con índice de humedad relativa más baja es julio en ambos casos, marcando menos de 60% en la estación de Iñaquito.



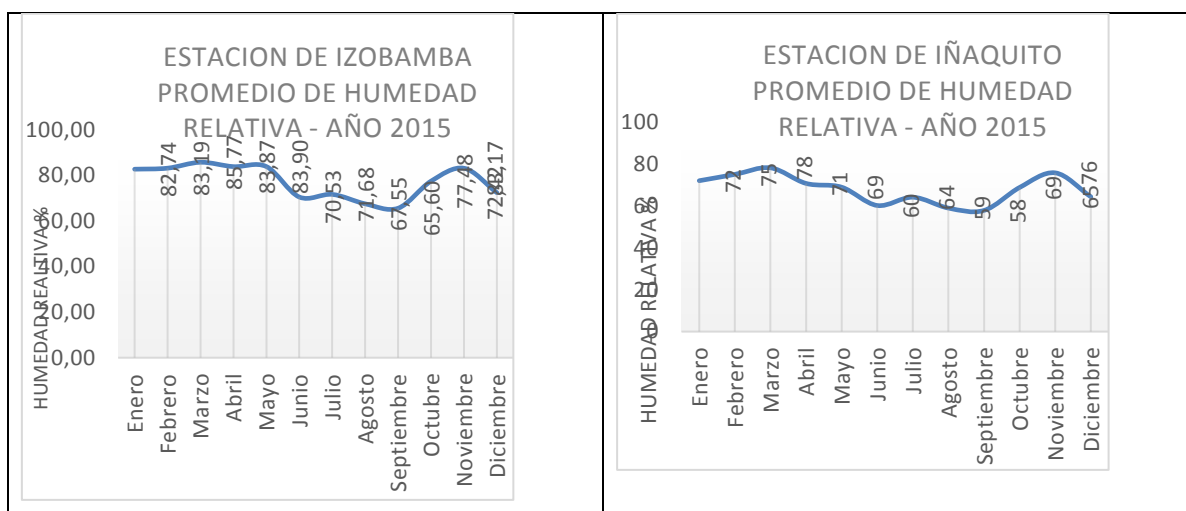
El año 2008 se produce un descenso brusco en la humedad relativa en la estación de Izobamba durante mayo, hasta 81%, y se agudiza en junio, con el 78%, manteniéndose estable hasta septiembre, cuando vuelve a subir por encima del 84%. En la estación de Iñaquito, en cambio, se muestra estabilidad en los cambios.



El año 2009 se repiten la humedad relativa con comportamiento similar en ambas estaciones. La humedad relativa más alta se da en Izobamba, con un índice superior al 85% el mes de noviembre. El mes con índice de humedad relativa más baja es julio en ambos casos, marcando menos de 60% en la estación de Ñaquito.



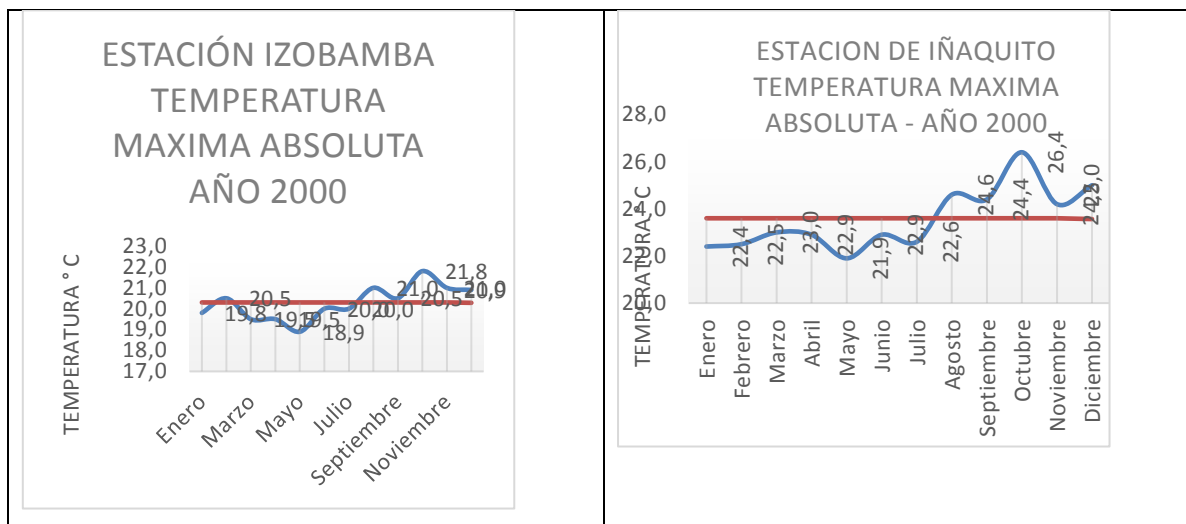
El año 2010 no se registran los índices de humedad relativa durante mayo y junio en la estación de Iñaquito, mientras en Izobamba se tiene el registro más bajo en julio, con el 70%.



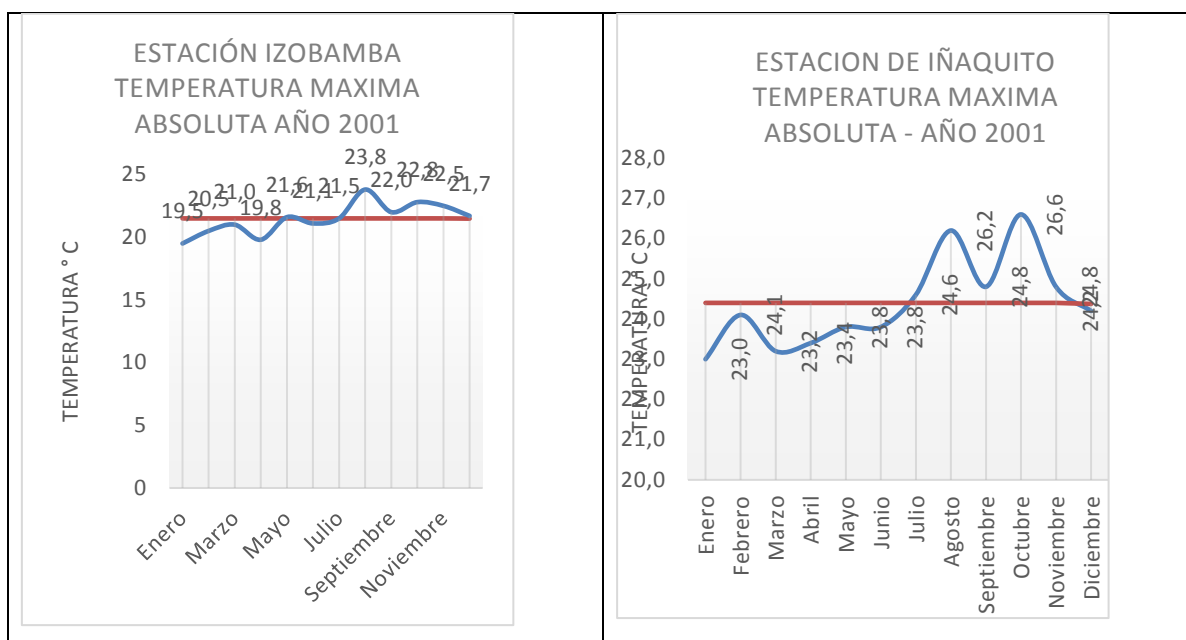
Al igual que los tres años previos, el 2015 se observa un descenso de la humedad relativa, coincidiendo con los incendios suscitados durante los meses de agosto y septiembre, principalmente. También se puede apreciar que los meses más secos fueron junio, agosto, septiembre y diciembre. En consecuencia, de esto existe más radiación solar y altas temperaturas lo que ocasiona ola de calor.

Temperatura

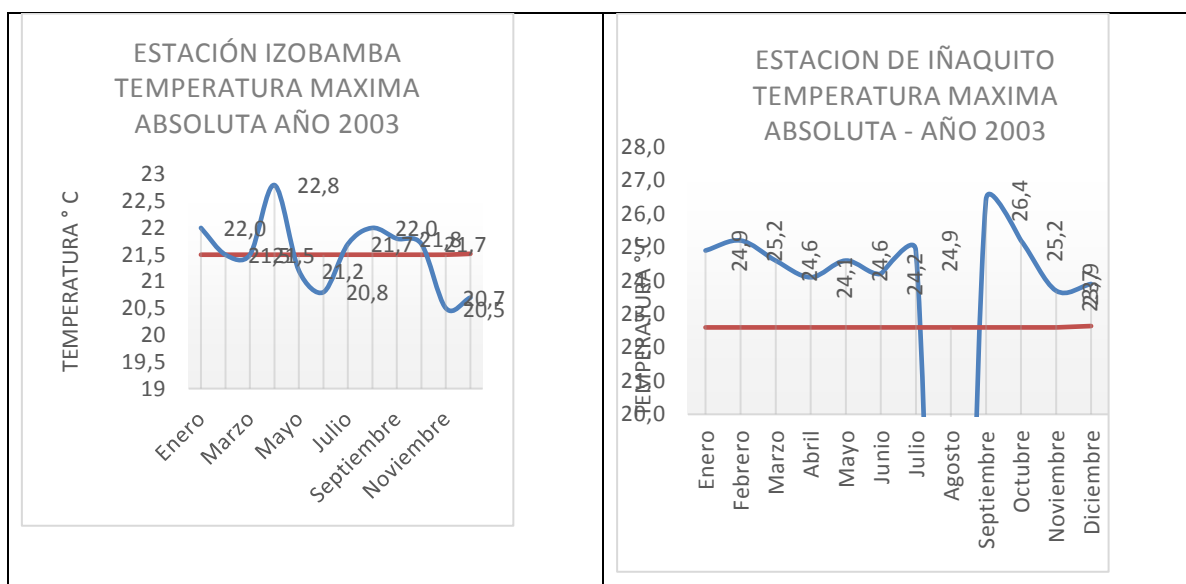
Las mediciones de la temperatura máxima en las estaciones de estudios presentan diferencias significativas debido principalmente a la posición geográfica de ambas. A continuación, se presentan los resultados por año y meses.



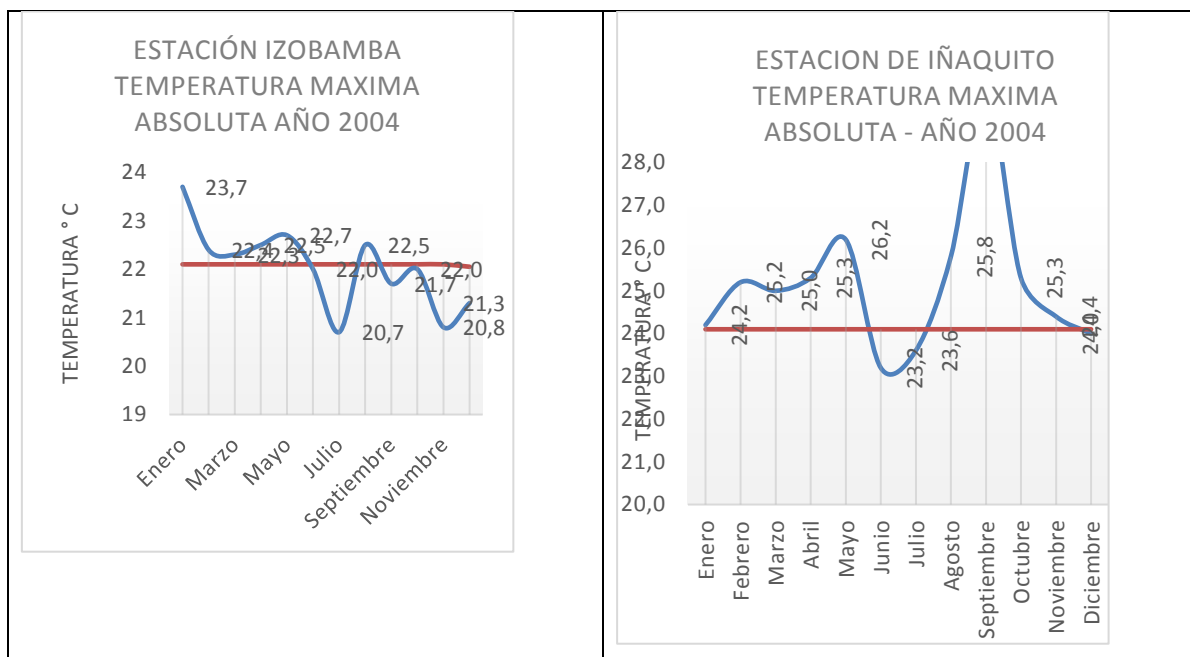
En el año 2000, la estación de Izobamba a partir del mes de junio la temperatura comenzó a aumentar por encima del promedio, manteniendo un aumento progresivo hasta noviembre, reportando una ola de calor durante el año. En la estación de Iñaquito se presentaron altas temperaturas especialmente desde agosto a diciembre, superando su promedio climatológico. En el mes de octubre se ocasiona una temperatura máxima absoluta de 26,4 grados C. lo cual significa una influencia de calor en la zona de estudio. Comparando ambas estaciones, se observa mayor incremento de la temperatura en la estación de Iñaquito con respecto a Izobamba.



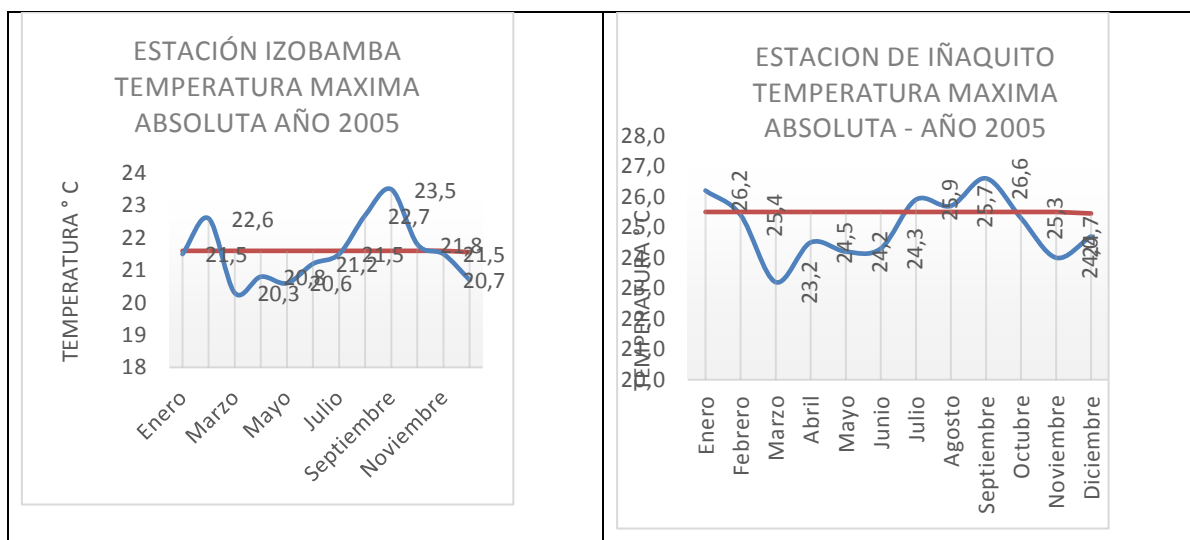
En el 2001 se observa en la estación de Iñaquito un mayor incremento de la temperatura con respecto a Izobamba, a partir del mes de julio Iñaquito inicia con 24,6°C, en los meses de agosto y octubre la temperatura se mantiene en 26,2 °C para nuevamente descender a 24,8 °C en el mes de noviembre, originando para estos meses las mayores olas de calor en ese año. En la estación de Izobamba el pico más alto de temperatura se reportó en el mes de agosto manteniéndose hasta noviembre con rango entre 23°C y 22,8°C.



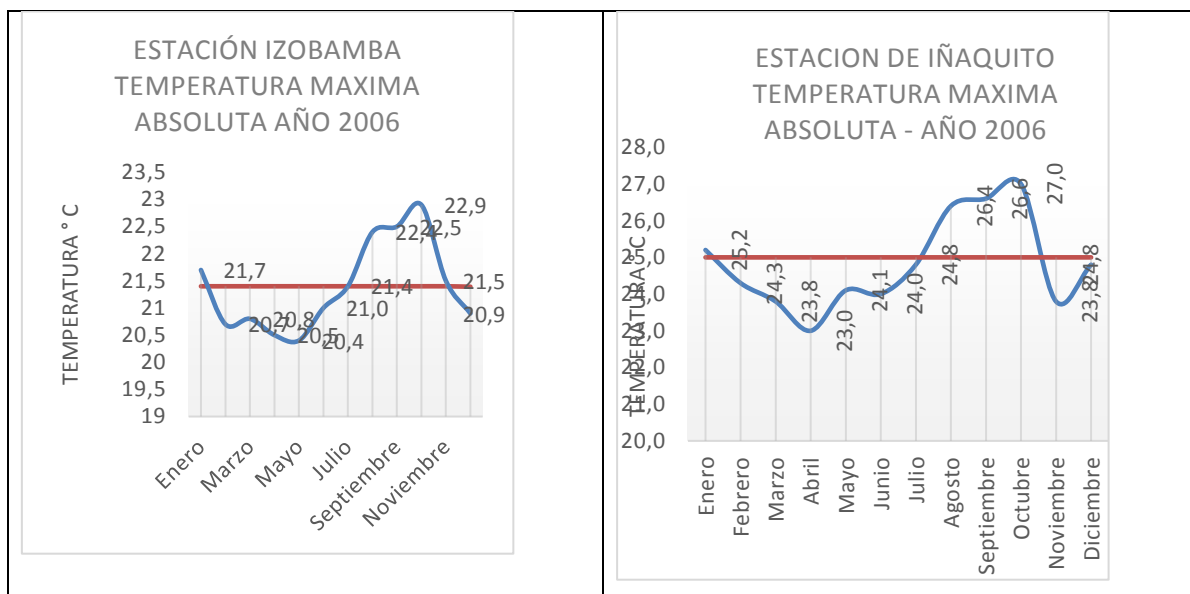
El año 2003 en la estación de Iñaquito se observaron picos altos de temperatura en el mes de septiembre con 26,4°C la cual fue descendiendo en los próximos meses.



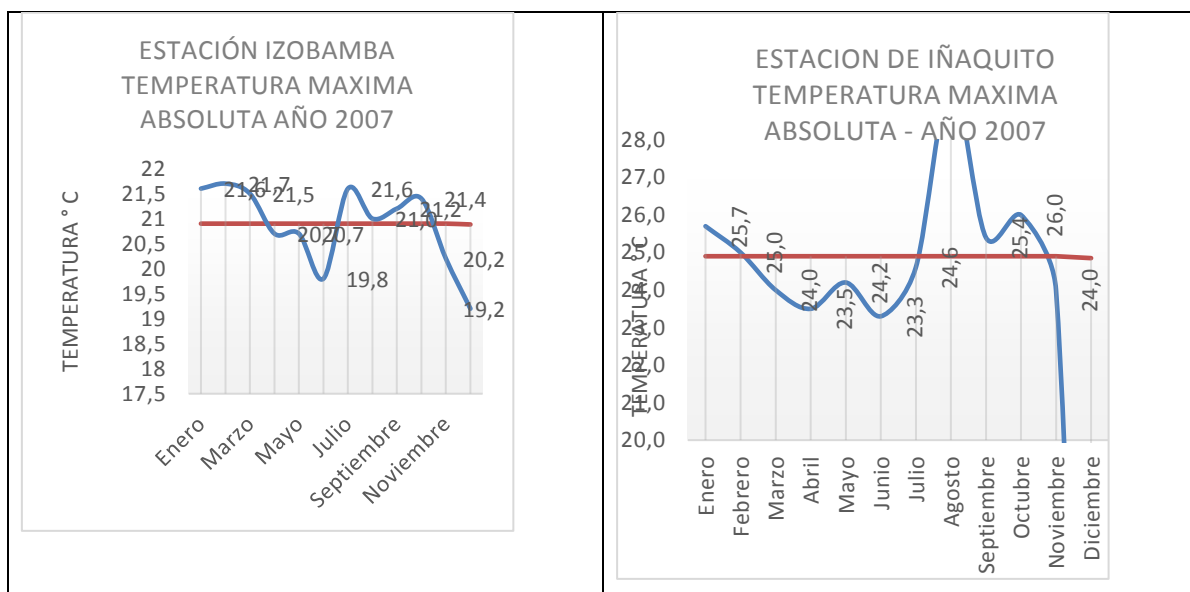
En la estación de Iñaquito durante el 2004 se observó un incremento de la temperatura desde el inicio del año, comenzando con 24,2 en el mes de enero y elevándose progresivamente en los meses posteriores hasta mayo con una temperatura de 26,2°C luego el comportamiento disminuye en los meses de junio y julio para luego elevarse nuevamente en los meses entre agosto y octubre con una temperatura de 25,8°C. Durante ese año se observaron olas de calor



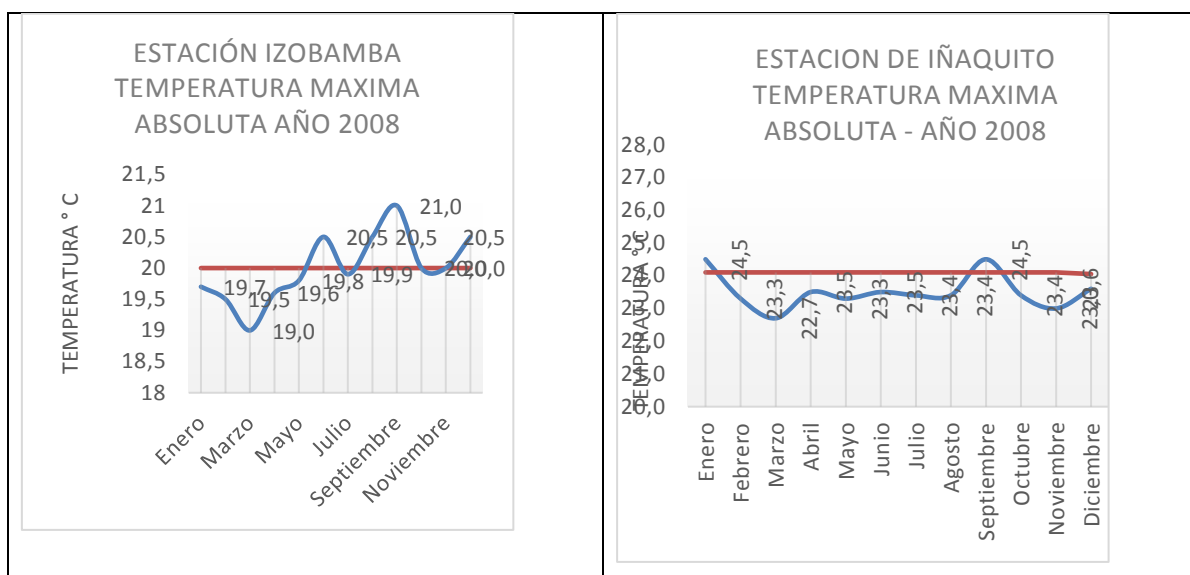
El año 2005 en la estación de Iñaquito una elevación de la temperatura que inicia en los meses de julio manteniéndose sostenidamente hasta el mes de septiembre.



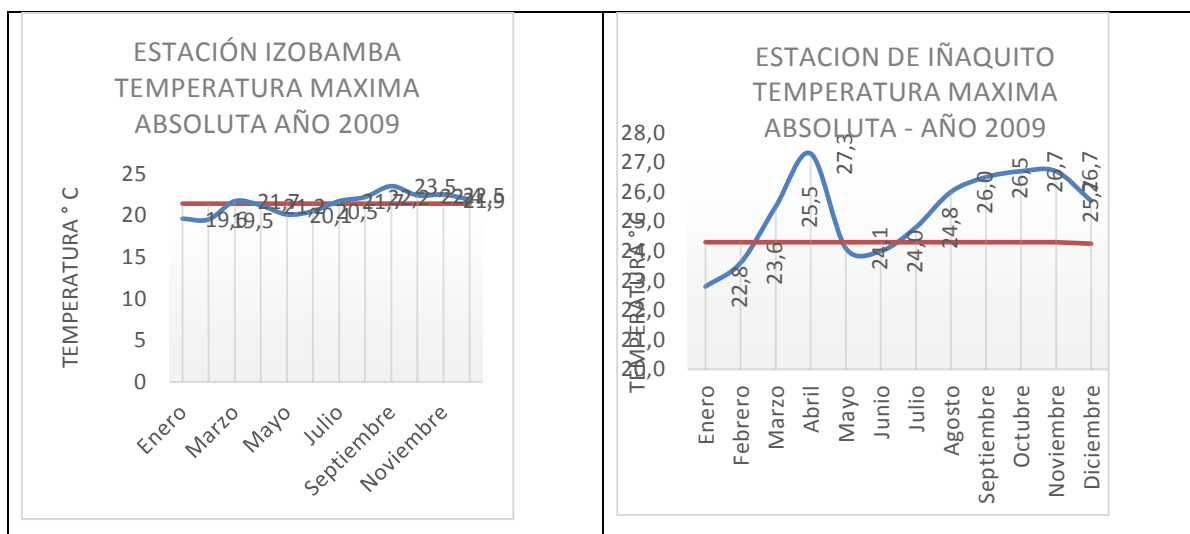
El año 2006 en la estación de Iñaquito la temperatura se mantuvo estable hasta los meses de junio, en el mes de julio hasta octubre se observó un incremento desde 24,8°C hasta 27°C en el mes de octubre, generando olas de calor en estos meses descritos.



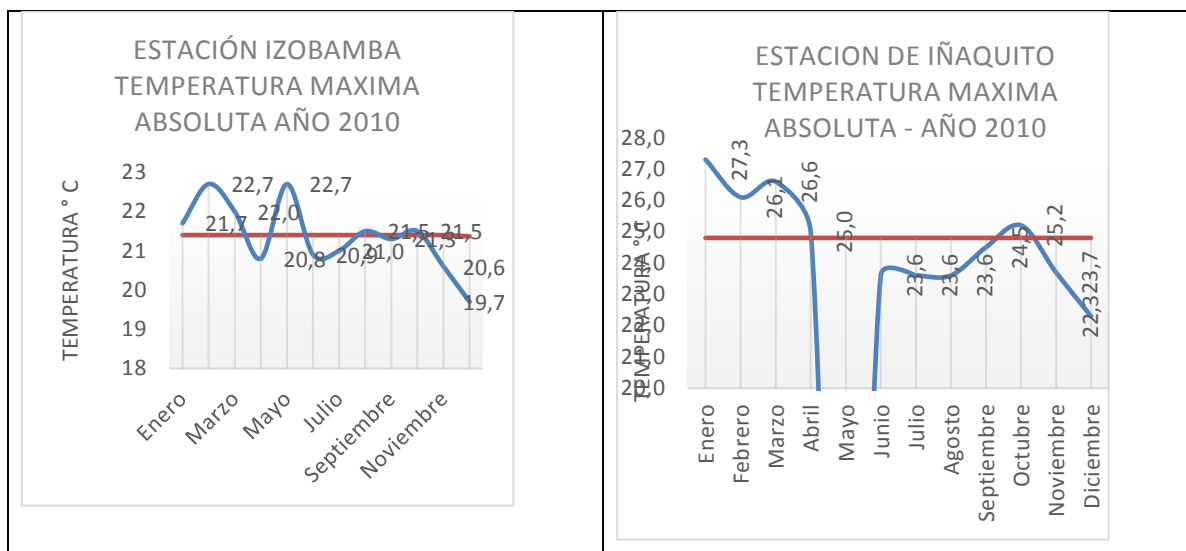
El año 2007 en la estación de Iñaquito se observan picos altos de temperatura en la estación seca del DMQ, observándose incrementos desde 24,5°C hasta 26°C entre los meses de julio y octubre.



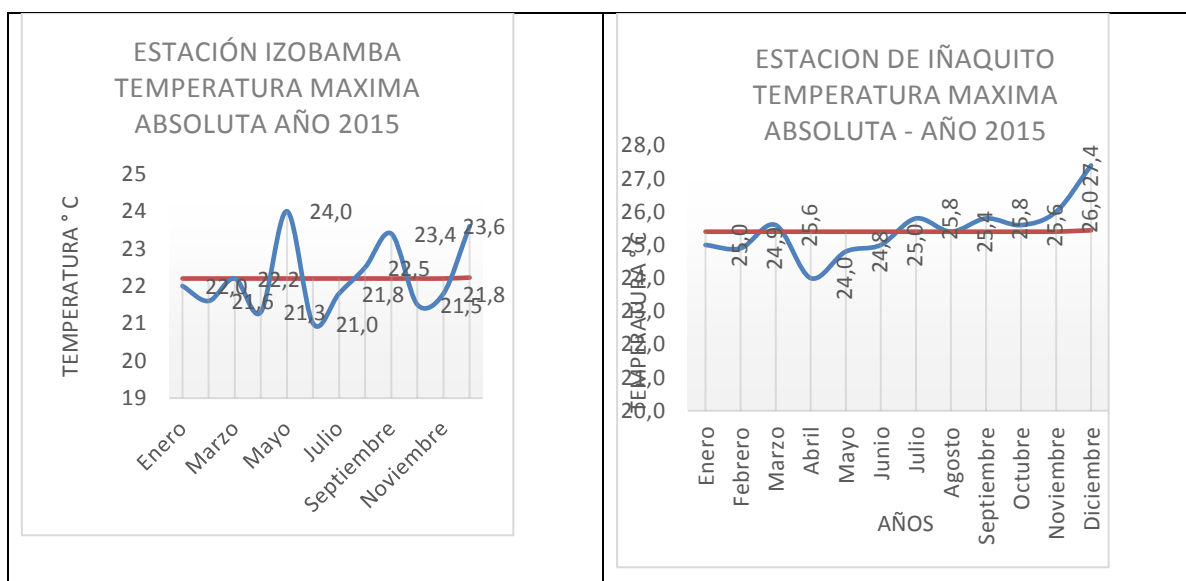
El año 2008 en la estación de Iñaquito la temperatura mantuvo comportamientos estables, sin embargo, se originaron olas de calor en los meses desde abril hasta septiembre. Durante esos meses la temperatura se mantuvo en un rango desde 23,5°C hasta 24,5°C.



El año 2009 en la estación de Iñaquito se originaron múltiples olas de calor, manteniéndose un pico alto en el mes de abril con 27,3°C, descendiendo en los próximos meses para luego aumentar en el mes agosto con 26°C incrementándose progresivamente hasta el mes de noviembre con una temperatura de 26,7°C.



El año 2010 en la estación de Iñaquito reportó aumentos de temperatura desde el mes de enero con 27,3°C la cual fue descendiendo progresivamente hasta diciembre, no observándose temperaturas mayores a ésta durante todo el año. Sin embargo, en el primer trimestre se originaron olas de calor al presentarse temperaturas mayores al promedio (21,8°C) reportado en la estación.



En el año 2015 se presentaron altas temperaturas especialmente desde julio y septiembre a diciembre, superando su promedio climatológico. En el mes de diciembre se registra una temperatura máxima record de 27,4 grados C. En los meses citados es donde se registra los incendios forestales en DMQ, donde hubo la contaminación de medio ambiente.

Matriz de entrevistas

Entrevistado Ítem	Ing. Homero Jacome	Tec. Edgar Vaca
Actualmente evidenciamos la existencia del fenómeno anómalo Olas de Calor dentro del perímetro urbano del DMQ.	En la actualidad, presenciemos la existencia de olas de calor dentro del DMQ y en otras regiones del país. Como efecto más claro, se tienen las altas temperaturas que se están dando.	Definitivamente sí. Por la presencia de estas interacciones que ha habido en los sistemas de alta presión tanto del caribe como del pacifico ha sido posible que tengamos la presencia de las olas de calor, que selváticamente no es más que una forma de la presencia del buen tiempo digamos.
Otros parámetros de estudio a considerar para las olas de calor, además de las variables temperatura máxima, humedad relativa y heliofanía.	Otra variable a considerar es el viento.	Toda la presencia de estos cambios de nuestro país es cíclica, o sea, si todos los años se tiene una época seca, eso no significa que todo el año no se tendrá ninguna lluvia. Por la ubicación de Ecuador, en una zona tropical, se debe recordar la existencia de una época seca y otra de lluvia. No se puede afirmar que vamos a estar con lluvia toda la estación. No sucede como en la zona norte del globo terrestre, donde se identifican las cuatro estaciones, y en la época de lluvia suele llover siempre hasta terminar el periodo. En Ecuador, la ausencia de lluvias en esta última época es una anomalía, dada la presencia en primer lugar por las gelaciones de las partes polares y por su lado estuviera intensificada por el sistema de alta presión de Caribe la cual estuvo actuando sobre nuestro territorio afectando especialmente la región oriental y la región interandina, lo que motivo cielo despejado, mayor cantidad de radiación solar, lo que permitió radiaciones ultravioletas con mayor intensidad.
¿Tiene conocimiento de	No conozco que alguna institución a nivel nacional	No. Únicamente estamos nosotros, el INAMHI,

Entrevistado Ítem	Ing. Homero Jacome	Tec. Edgar Vaca
alguna institución que esté realizando a nivel nacional o regional estudios sobre el campo de los fenómenos extremos o anómalos de la atmósfera.	haya realizado o esté realizado algún estudio sobre las olas de calor.	estudiando estos comportamientos, solo en el área estamos viendo estas anomalías, tomando en cuenta periodos secos anteriores.
¿Podría indicarme usted cuales son las principales afectaciones de las olas de calor en el ambiente y al ser humano.	Al tener altas temperaturas especialmente en la región interandina y en un lugar como es Quito, esto ocasiona intensidad de calor que influye a la población. La radiación solar afecta la vista, la piel del ser humano, entre otros efectos. Si existen varios días de intensidad de radiación solar, se tienen altas temperaturas. Esto influye directamente al medio ambiente, ya que produce incendios forestales, existiendo contaminación en el aire, etc.	Sequedad de la atmósfera por la gelación de la parte norte, carencia de alimentación, afecta a las plantas por la ausencia de agua.
¿Usted a un futuro cree que este fenómeno atmosférico tendría a disminuir o aumentar en su intensidad y frecuencia en nuestra ciudad.	Si no hacemos nada, tanto las autoridades como la ciudadanía para mitigar este fenómeno, en el futuro muy cercano va aumentar considerablemente las altas temperaturas.	Sí realmente se van a presentar olas de calor más fuerte, con impactos inesperados y radiaciones solares con mayor intensidad que van afectar por estar ubicados en el centro de la tierra.