Capítulo I - Introducción

Fredi Portilla Farfán

SciELO Books / SciELO Livros / SciELO Libros

PORTILLA FARFÁN, F. Introducción. In: *Agroclimatología del Ecuador* [online]. Quito: Editorial Abya-Yala, 2018, pp. 17-40. ISBN: 978-9978-10-492-7. <https://doi.org/10.7476/9789978104927.0001>.

All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International license](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença [Creative Commons Atribuição 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia [Creative Commons Reconocimiento 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

CAPÍTULO I

Introducción

La climatología indudablemente es una ciencia aplicable a todas las áreas del conocimiento y en este caso de enorme trascendencia para el área de la Ingeniería Agronómica, Ambiental y afines. El presente trabajo constituye una aproximación a la climatología del Ecuador continental e insular en base de datos oficiales que propende servir a futuro para estudios de aplicación en el área de ciencias de la vida.

Los estudios relativos al clima del Ecuador regularmente han estado enfocados al sector turístico, área importante de desarrollo; sin embargo es menester estructurar una climatología que tenga aplicación en el área agropecuaria y ambiental, fuente de autoconsumo y de generación de divisas.

No se encuentra, sin embargo, una climatología estadística sistemática del Ecuador que permita situarse con una cierta amplitud en el contexto de un estudio climático del conjunto del país.

A partir de datos oficiales proporcionados por el INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador), el presente trabajo tuvo como objetivo formular una climatología estadística básica que nos permita afrontar trabajos más específicos posteriormente.

Características generales del Ecuador

El Ecuador, país sudamericano, toma su nombre de la línea imaginaria ecuatorial que divide el planeta en hemisferio norte y hemisferio sur. Un evento importante en la historia de la geografía mundial fue la expedición geodésica de 1736 dirigida por el geógrafo francés Carlos María de La Condamine, cuando la Real Audiencia de Quito (hoy Ecuador) formaba parte del Imperio Español. La Condamine y sus colegas midieron los arcos de la curvatura de la tierra en la línea ecuatorial cerca de Quito y de Pedernales en la costa del Pacífico; estas medidas proporcionaron la primera evidencia exacta del tamaño de la tierra y condujeron al establecimiento del sistema métrico internacional. Cuando el país logró su independencia en 1830, el nombre República del Ecuador fue adoptado, evidentemente debido a la fama que la expedición geodésica francesa dio a la región (Neill, 1995).

A continuación la recopilación de las características para situarse en el contexto natural. La climatología del Ecuador está sujeta a diferentes factores:

Topografía y geología

El Ecuador continental está situado al Noroeste de América del Sur, entre los 01° 28' de Latitud Norte y 05° 01' de Latitud Sur y desde los 75° 11' en la planicie Amazónica hasta los 81° 01' de longitud Oeste. Limita al norte con Colombia, al sur y al este con Perú y al oeste con el océano Pacífico. El territorio del Ecuador continental está dividido en tres regiones naturales claramente diferenciadas entre sí, ya sea por su topografía, clima, vegetación y población. Las tres regiones son: Costa o Litoral, Sierra o Región Andina, y el Oriente o Amazonía. A 1 120 km de la costa ecuatoriana en dirección Oeste se encuentra el Archipiélago de Colón o Islas Galápagos que como su nombre lo indica está integrado por varias islas. Se considera la cuarta región natural del Ecuador (CIDEIBER, 1999).

a) Costa o Litoral

Territorio conformado por llanuras fértiles, colinas, cuencas sedimentarias y elevaciones de poca altitud. La componen siete provincias: Esmeraldas, Manabí, Guayas, Los Ríos, Santa Elena, El Oro y Santo Domingo. El suelo de la región Litoral es generalmente bajo, con pequeñas elevaciones que no sobrepasan los 800 m de altura sobre el nivel del mar. El principal sistema montañoso de la región lo constituye la cordillera Costera o de Chongón o Colonche que divide a la región en dos subregiones denominadas Costa Externa y Costa Interna. Es una planicie aluvial baja y cuenta con varios sistemas fluviales importantes que constituyen excelentes vías como transporte naturales.

b) Sierra

La cordillera de los Andes atraviesa el Ecuador de norte a sur formando dos cadenas montañosas, la occidental y la oriental. Entre las dos cordilleras se encuentra una meseta que llega hasta los tres mil metros de altura, conformada por quince diferentes hoyas donde se extienden valles o mesetas interandinas con una altura media de 2 500 metros sobre el nivel del mar y con una anchura que no excede de 60 o 70 kilómetros. De entre todas las cumbres destacan múltiples picos coronados por nieves perpetuas, muchos de ellos volcanes, entre los 2 500 y los 6 000 metros de altura. El Chimborazo, con sus 6 310 metros y situado en el centro del país, es la montaña más alta de los Andes ecuatorianos; además, destacan también el Cotopaxi (5 897 metros), el Cayambe (5 790 metros), el Antisana (5 705 metros), el Altar (5 320 metros), los Illinizas (5 266 metros), el Sangay (5 230 metros), el Tungurahua (5 016 metros). La Sierra está conformada por diez provincias: Carchi, Imbabura, Pichincha, Bolívar, Cotopaxi, Chimborazo, Cañar, Tungurahua, Azuay y Loja.

c) Amazonía

El relieve de la Amazonía o región oriental está conformado por colinas que se originan en la parte oriental de los Andes y descienden

hasta las llanuras del Amazonas, a cuya cuenca pertenecen importantes ríos como el Putumayo, el Napo y el Pastaza. Hay dos subregiones geográficas: Alta Amazonía y llanura Amazónica. En la primera se encuentran las cordilleras de Napo Galeras, Cutucú y Cóndor. Los relieves más sobresalientes de la región se encuentran en la parte norte, cerca del volcán Sumaco, y los más bajos hacia el lado este. En la Amazonía se encuentran seis de las provincias del país: Napo, Sucumbíos, Orellana, Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe. En esta región existen importantes yacimientos petrolíferos que en la actualidad constituyen la base de la economía ecuatoriana.

Figura 1.1
Mapa del Ecuador

Fuente: Microsoft Corporation 2004

d) Galápagos o Región Insular

La región insular, archipiélago de Colón o islas Galápagos, se encuentra en el océano Pacífico a 1 120 kilómetros de la costa nacional y está constituido por 13 islas mayores, 6 menores y 42 islotes de origen volcánico que suman una extensión superficial de 8 010 kilómetros cuadrados. La mayor elevación de estas islas es el volcán Wolf, con 1 707 metros sobre el nivel del mar. La fundación de carácter científico que rige el archipiélago y que lleva el nombre de Charles Darwin (en homenaje al sabio inglés que arribó a las Galápagos en 1835, donde perfeccionó su teoría sobre la evolución de las especies que impulsó el desarrollo de las ciencias y amplió el horizonte del conocimiento humano) tiene como misión esencial la de realizar investigaciones con el objetivo de lograr la conservación de los ecosistemas que sobreviven en el archipiélago. Estas islas constituyen el último reducto de diversas especies únicas de fauna y flora, lo que constituye un patrimonio natural imprescindible para la ciencia.

Hidrología

El Ecuador dispone de una rica red hidrográfica, salvo en las zonas occidentales y meridionales áridas de la Costa. La mayoría de ríos se originan en los Andes y las corrientes se dirigen unas hacia la llanura amazónica y otras hacia el océano Pacífico. Estas últimas, debido a la proximidad de las montañas respecto a la línea costera, tienen por lo general un curso breve pero caudaloso y son navegables en algunos tramos (Ecuaworld, 2009).

a) Cuencas hidrográficas de la vertiente del Pacífico:

Chota: este río nace en el monte Olivo, entre las provincias de Imbabura y Carchi y desemboca en el océano Pacífico colombiano con el nombre de Mira.

Esmeraldas: este río baña la provincia del mismo nombre, formado por la unión de los ríos Canande, Guayllabamba (recorre parte de la provincia de Pichincha) y Quinindé.

Guayas: este río desemboca en el golfo de Guayaquil y recibe las aguas de los ríos Daule y Babahoyo. El río Daule, con sus afluentes, baña las provincias de Manabí, Los Ríos y Guayas. El río Babahoyo, formado especialmente por el río Yaguachi —y este por la unión de los ríos chimboracenses Chimbo y Chanchán—, recorre las provincias de Chimborazo, Los Ríos y Guayas. La cuenca del Guayas es la más importante de todas, posee una superficie de 40 000 km².

Cañar: este río se origina en la laguna de Culebrillas con el nombre de San Antonio y desemboca en el golfo de Guayaquil. Recorre las provincias de Cañar y Guayas.

Jubones: este río está formado por las aguas de los ríos León, Girón, Rircay y San Francisco, que nacen en las estribaciones del nudo de Portete-Tinajillas. Recorre las provincias de Azuay y El Oro, y desemboca en el Pacífico.

Macará: este río nace con el nombre de Espíndola, en el nudo de Sabanilla. En su recorrido por Loja toma el nombre de Calvas y, finalmente, de Macará. Se une al río Catamayo y llega al océano Pacífico peruano con el nombre de río Chira.

b) Cuencas hidrográficas de la vertiente del Amazonas:

Esta vertiente hidrográfica está formada por la afluencia de numerosos ríos que nacen en la cordillera Oriental de los Andes y en la cordillera Amazónica. Principalmente se caracterizan por ser ríos caudalosos y navegables en casi todo su curso. Se destacan en dicha vertiente los ríos:

Putumayo: este río en su mayor parte pertenece al territorio colombiano, pero recibe las aguas del río ecuatoriano San Miguel. Desemboca en el Amazonas.

Napo: este río se forma por la unión de algunos ríos procedentes principalmente de las provincias de Tungurahua y Cotopaxi, en

su recorrido recibe las aguas de los ríos Coca, Aguarico y Curaray; al unirse con el río Marañón forma el gran río Amazonas.

Tigre: este río surge de la confluencia de los ríos Conambo y Pituyacu, en la provincia de Pastaza. Desemboca en el río Marañón.

Pastaza: este río nace en la provincia de Tungurahua con el nombre de río Cutuchi y Patate, recibe las aguas del Palora y Guasago. Desagua en el río Marañón.

Santiago: este río resulta de la unión de los ríos Namangoza y Zamora. El primero recibe las aguas de los ríos Paute y Upano. El segundo se forma en la provincia de Loja y recibe a los ríos Nangaritza y Yacuambi. Deposita sus aguas en el río Marañón.

c) Cuencas lacustres:

A lo largo de la Sierra ecuatoriana y en parte de la Región Amazónica, se localizan áreas lacustres que tienen características y atractivos especiales: son la fuente de formación de muchos ríos y han servido para la construcción de proyectos, especialmente deportivos o turísticos, como es el caso del autódromo construido a orillas de Yaguarcocha o el incremento de la pesca en las diferentes lagunas del territorio nacional. Estas cuencas lacustres están compuestas por algunos lagos y por muchas lagunas de diversa forma y tamaño. La provincia de Imbabura cuenta con un notable número de lagos; por ejemplo, el lago San Pablo, conocido por los aborígenes como Chicapán, el Culcocha y el Yaguarcocha, célebre por haber sido el escenario del combate librado entre caranquis e Incas. En la Amazonía se encuentran también algunos lagos de importancia, como el Limoncocha, Taracoa, Zancudococha, Jatuncocha, Cuyabeno y Lago Agrio.

En las demás provincias serranas se destacan complejos naturales de lagunas y lagunillas. Únicamente se consideran a las más importantes en:

Pichincha: Muertepungu, Dormida y Secas.

Cotopaxi: Yambo y Quilotoa.

Chimborazo: Coito y Osogoche o Cubillín.

Cañar: Culebrillas y Aucacocha.

Azuay: Osohuayco, Luspa, Angas, Toreadora y más de 150 lagunas situadas en la cordillera del Cajas y Chanchán.

Figura 1.2
Mapa de montañas y ríos en Ecuador

Fuente: Fundación Simbiosis, 2007

Vegetación y cultivos

Neill (1995), en su investigación sobre la vegetación del Ecuador, dice que ésta fue iniciada casi hace 200 años. Se podría afirmar que Alexander von Humboldt (1807) fundó las disciplinas científicas de la ecología vegetal y la fitogeografía luego de sus viajes al Ecuador y a otras regiones de América tropical con Aimé Bonpland durante 1799-1804. Sus descripciones de los cambios en la vegetación observados al ascender una montaña tropical y sus comparaciones con otros cambios similares de vegetación observados al viajar de la línea ecuatorial a los polos, fueron conceptos fundamentales en la historia de la biogeografía.

En los múltiples ámbitos climáticos, la vegetación varía notablemente y se observan asociaciones que van desde las sabanas xerófilas hasta la selva pluvial. A este panorama general, que corresponde a las variaciones ya observadas desde algunos parajes semidesérticos de la Costa hasta el ambiente ecuatorial húmedo del oriente, se deben añadir los contrastes derivados de las diversas alturas del terreno, sobre todo en la Sierra, hasta llegar a los pajonales de los páramos y a la ausencia de vegetación en las cimas (Ecuaworld, 2009).

La flora ecuatoriana es distinta en cada región ecuatoriana, aunque muchos productos vegetales de la Costa crecen también en la región oriental. Así por ejemplo es el caso del cacao, el arroz, el tabaco, el algodón, la tagua, la paja toquilla, la caña de azúcar, la mandioca, el caucho y gran variedad de frutas, el naranjo, el ananá, y el coco. La Costa constituye la región más fértil del país, sus llanuras están dedicadas a la agricultura tropical y de exportación como el banano, el café, el cacao, el mango y fibras. En esta zona se ubican también los criaderos de camarón para la exportación.

Los productos vegetales de la Sierra varían desde las formas de las tierras bajas hasta las de las zonas templadas y frías, así en las altas montañas son lugares de pastizales como la *Stipa eriostachia*, bajo los 3 500 metros sobre el nivel del mar se cultivan trigo, cebada, maíz, patatas, fréjol, arvejas, cucúrbitas; y bajo los 2 500 msnm se culti-

van frutales de hoja caduca, y bajo los 1 000 msnm cítricos, caña de azúcar, café y otros (CIDEIBER, 1999). Actualmente se cultivan de forma intensiva flores para la exportación, constituyéndose en una fuente de trabajo permanente y de ingreso de divisas para el Estado.

Al Oriente le caracterizan los principales productos que son el café, la palma africana, los cítricos, el plátano, la yuca y variadas frutas tropicales. La amazonia es una región principalmente ganadera debido a la abundancia y calidad de sus pastos tropicales.

La región insular o Galápagos, dadas sus características cuyas islas pequeñas y las partes bajas de las de mayor tamaño son zonas secas y desérticas, no así las islas mayores en sus partes altas, que presentan áreas húmedas y muy densa vegetación tropical. No es una zona productiva en sí, aunque tiene algunos pequeños cultivos tropicales para el autoconsumo de sus pobladores, sino por el contrario es una zona natural dedicada a la investigación científica y al turismo.

Figura 1.3
Mapa vegetación del Ecuador

Fuente: Central Intelligence Agency (CIA), zonu ecuador, 1973.

Figura 1.4
Mapa de la vegetación del Ecuador (2)

Fuente: Central Intelligence Agency (CIA), zonu.com, 1973

Fauna

Siguiendo el informe de CIDEIBER (1999) podemos decir que la fauna ecuatoriana varía de región a región. En la Costa se encuentran monos, pumas, jaguares, osos hormigueros, tapires, zorros, el cocodrilo en los ríos, las serpientes en la selva y multitud de aves.

En la Sierra, coexisten gran variedad de aves, lobos, raposas, conejos y el ganado doméstico de las zonas templadas. En el piso frío interandino hay aves de vuelo sostenido y extenso como el cóndor, el *curiquenque*, la perdiz, el veranero; en la zona templada interandina viven los gallinazos, las tórtolas, los colibríes, los gavilanes, las lechuzas y los guirachuros.

La fauna de la región Oriental es mucho más variada y comprende numerosos cuadrúmanos, felinos, plantígrados, reptiles, ofidios, aves e insectos. Entre los ofidios cabe mencionar a la estrella palo, la boa, la anaconda o *pangul* y las culebras equis, la coral, la *rabihueso*, la *motolo*, la *critomachacuy*, la *pumapalo*, la *sichapalo*, la *palanda* y la *jahuaraizín*. En los ríos y las lagunas viven el bagre, la lisa, la dama, el barbudo, la *bocachica*, los *bufeos* y los manatíes o vacas marinas. Entre los mamíferos, monos de largas colas, vampiros, venados y puercoes-pines; entre los carnívoros, una variedad del oso negro, el tigre marino y una especie de gato negro de gran tamaño, el *amichi*.

En las islas Galápagos, son numerosas las tortugas (con especies gigantes) y las tortuguillas, las iguanas y los lagartos. Una variedad de aves como el piquero de patas azules, el cormorán, y otras cuyas características sirvieron para la redacción de la obra de Charles Darwin, evolución de las especies, luego de su estancia en las islas.

Aproximación a la climatología del Ecuador

Para aproximarse a la climatología de un lugar, región o país, es necesario considerar los factores que modifican el clima y los elementos del clima.

Factores del clima

Las características climatológicas del Ecuador (INAMHI, 2009), responden a una diversidad de factores que modifican su condición natural, tales como: latitud geográfica, altitud del suelo, dirección de las cadenas montañosas, distancia al océano, los vientos y las corrientes marinas.

a) Latitud. El Ecuador por su situación astronómica (entre los $01^{\circ} 28'$ de Latitud Norte y $05^{\circ} 01'$ de Latitud Sur y desde los $75^{\circ} 11'$ en la planicie Amazónica hasta los $81^{\circ} 01'$ de longitud Oeste), en el centro de la Zona Tórrida debería tener un clima completamente cálido de manera general, sin embargo la realidad es diferente debido a la influencia de otros factores que modifican el clima.

b) Altitud. Es el factor que más contribuye a modificar el clima. Si se considera que partiendo del nivel del mar la temperatura desciende un grado por cada 200 metros de altura, el clima tiene una fluctuación de aproximadamente 31 grados, ya que el nivel de sus tierras va desde 0 metros al nivel del mar hasta 6 310 metros que es su máxima altura en las cumbres del Chimborazo. De esta manera, el país goza del privilegio de poseer todos los tipos de clima, desde el cálido del Litoral hasta el glacial de las alturas andinas.

La altura y la dirección norte sur de las cordilleras Occidental y Oriental del sistema montañoso de los Andes impide la penetración de los vientos cálidos y húmedos del Occidente y del Oriente al interior de las hoyas o valles andinos, que quedan caracterizadas específicamente por este factor.

c) Distancia al océano. La Región Litoral o Costa por estar cerca del Océano Pacífico recibe una acción térmica modificadora del clima, no así la sierra y la región andina que se encuentran detrás de cordillera occidental de los Andes. La región insular está completamente influenciada por los fenómenos meteorológicos originados en el océano Pacífico.

d) Vientos. Los vientos que soplan desde los Andes disminuyen la temperatura de las zonas bajas de la Costa y Oriente. Además, al chocar con los vientos calientes y húmedos de estas regiones producen las precipitaciones. Las tres regiones continentales que distinguen el territorio ecuatoriano, Costa, Sierra y Oriente se diferencian entre sí y son el lugar de origen de grandes masas de aire que toman de ellas sus características, produciéndose con su desplazamiento ciertas

modificaciones causadas por las variaciones que sufre al pasar por regiones con diferentes cualidades (INAMHI, 2009). Las masas de aire generadas son:

- Masas Tropicales Marítimas. Estas masas se originan en las extensiones oceánicas y se distinguen por su alta temperatura y gran contenido de humedad.
- Masas Tropicales Continentales. Estas masas se caracterizan por bajas temperaturas y un contenido menor de humedad, su lugar de origen son las planicies del Litoral y del Oriente, distinguiéndose estas últimas por un mayor contenido de humedad.
- Masas Templadas. Estas masas se caracterizan por bajas temperaturas y un contenido muy irregular de humedad, se sitúan en los valles interandinos.
- Masas de Aire Frías. Estas masas se asientan en las mesetas andinas y en las cimas altas de las montañas (más de 3 000 m de altura); las temperaturas son menores o iguales a 0°C y la humedad depende de la influencia de las masas de aire que recibe.

Los vientos predominantes en el Ecuador son los alisios del Nordeste en el Hemisferio Norte y los del Sudeste en el Hemisferio Sur, alterándose esta prevalencia por el comportamiento de las masas de aire y los desplazamientos del cinturón ecuatorial. Por lo expuesto, en el Ecuador se forman masas de aire estáticas y móviles con características propias (INAMHI, 2009). El papel de estas masas de aire puede resumirse de la siguiente forma:

1) La región costanera central (Península de Santa Elena y Sur de Manabí) está bajo la influencia de la corriente fría de Humboldt la mayor parte del tiempo. En Salinas la temperatura de la superficie marítima disminuye entre los meses de Junio y Septiembre que corresponden al invierno austral. Masas de aire marítimo relativamente frío invaden la faja costera dando lugar a neblinas y lloviznas con valores de precipitaciones muy débiles, determinando un clima seco. Sin embargo, la corriente fría de Humboldt tiene una influencia importante

en las partes altas de los relieves (cordillera costera de Chongón) donde son responsables de zonas notablemente más húmedas. Característica especial tiene la provincia norteña de Esmeraldas, llamada la provincia verde debido a su lozana vegetación. Esta provincia concentra los valores más altos de humedad relativa a lo largo del año. La cuenca del Guayas (provincias del Guayas y Los Ríos), es la zona que mayor precipitación recibe en invierno y es un área de alto riesgo de inundación.

2) La región de la Sierra, se encuentra bajo la influencia alterna de Masas de Aire Tropical Marítimo (MATM) y Masas de Aire Tropical Continental (MATC). Desde inicios de Septiembre, la ZCIT (que se encuentra a esa época del año sobre el Hemisferio Norte y en proceso de alcanzar el Ecuador), después de rechazar los alisios del Sudeste, moviliza hacia el continente las MATM. Estos al sumarse los alisios del nordeste dan inicio a la estación lluviosa. A fines de Diciembre, la ZCIT que aún se encuentra en el Hemisferio Norte, detiene el movimiento anterior, y sin que haya mayor ingreso de aire marítimo húmedo, provoca una ligera recesión de la pluviometría que corresponde al llamado veranillo del Niño de fines de Diciembre-Enero. Mientras tanto, debido a las fuertes temperaturas, las MATC de la llanura amazónica siguen reforzándose y al verse empujadas hacia la cordillera, ingresan en parte al callejón interandino y dan lugar a un segundo pico lluvioso a partir de Marzo. En las hoyas interandinas, sigue válido el régimen anteriormente expuesto de una estación lluviosa con dos picos separados por una corta estación seca. Sin embargo, por estar mejor abrigadas, por recibir aire marítimo o continental casi totalmente descargado de humedad y porque ahí reinan Masas de Aire Templado Continental, el total de las precipitaciones es menor y el clima más estable y seco.

3) La región amazónica se encuentra principalmente bajo la influencia de las MATC, las mismas que se originan en la Amazonía Central y que gran parte del año actúan como perturbaciones tropicales; sin embargo y aunque sea en forma limitada, también se observa una ligera recesión de las precipitaciones a fines de Diciembre y en Enero.

Como ejemplo del comportamiento del viento, citamos las conclusiones realizadas por el INAMHI (2006) en la región fronteriza colombo ecuatoriana:

- La velocidad del viento con la altura se incrementa, especialmente entre la superficie del suelo y el nivel de 850 hPa (aproximadamente 1 500 m).
- El comportamiento del viento a nivel de superficie en las estaciones localizadas en la zona fronteriza Ecuador-Colombia, está directamente ligado a la altura del terreno, relieve, vegetación y época del año.
- En la estación meteorológica Nuevo Rocafuerte, en diciembre y enero la dirección predominante del viento es noreste.
- Desde febrero hasta el mes de octubre, la máxima frecuencia del viento se registra en la dirección noroeste, seguida de la dirección noreste.
- En Nueva Loja, de enero a marzo la mayor frecuencia del viento corresponde a la dirección oeste; entre abril y agosto se observan vientos del sur; mientras que de septiembre a diciembre prevalecen los vientos del este.
- En Tulcán durante todo el año prevalecen vientos de dirección del este dirigiéndose hacia el oeste.
- El comportamiento del viento en la zona Norte de la Región Interandina y Oriental del Ecuador, en el nivel de 850 hPa, evaluado a través de la información del modelo numérico GFS, tiene componente noreste dirigiéndose al suroeste.

e) Corrientes marinas. Las llanuras del sur y centro de la región Litoral reciben la influencia de la Corriente Fría de Humboldt, la misma que disminuye la temperatura hasta la altura del Cabo Pasado, así como no permite el paso de los vientos cálidos y húmedos del Pacífico, haciendo que en estas zonas las precipitaciones sean escasas, convirtiendo en muy secos a los suelos de la Península de Santa Elena. La corriente cálida de El Niño, en cambio, influye en el clima de la región Litoral desde el norte hasta el Cabo Pasado, haciéndola más abrigada y

aumentando de forma importante el régimen de lluvias en este sector. Este fenómeno es conocido como El Niño, ya que las precipitaciones anuales empiezan a mediados o fines de diciembre, alrededor de la Navidad. La temperatura cambia de una isla a otra en las Galápagos y primariamente esto se debe a la influencia de los cambios de temperatura en el océano Pacífico (Schwerdtfeger, 1976).

Debido a que la corriente caliente ecuatorial incursiona anualmente hacia el sur, gran parte de la costa del Ecuador, así como las Islas Galápagos, tienen un patrón unimodal, con una estación lluviosa que se extiende de diciembre a abril o mayo y una estación seca larga que se extiende de mayo a diciembre. La longitud y la intensidad de la estación seca varían en la región de la costa. Salinas, por ejemplo, en la punta occidental de la península de Santa Elena, es la más afectada por la corriente de Humboldt que pasa muy cerca a la costa y recibe solo cerca de 125 mm de lluvia al año, principalmente en febrero y marzo. Guayaquil, que se encuentra ubicado en la desembocadura del Río Guayas y más alejado de la influencia de la corriente de Humboldt, recibe casi 1 000 mm de lluvia, con una estación seca de siete meses. Pichilingue, en el interior del valle Guayas y hacia el norte, recibe más de 2 400 mm, pero experimenta una estación seca significativa de cuatro meses de agosto a noviembre. San Lorenzo, ubicado en el noroeste del país, tiene un clima influenciado por la corriente cálida ecuatorial y tiene solo una estación seca corta alrededor de noviembre. Las áreas del interior en la planicie costera, cerca de la frontera norte con Colombia, probablemente reciben más de 5 000 mm de lluvia al año, pero no hay suficientes registros meteorológicos que lo comprueben (Neill y Jorgensen, 2009).

Un estudio particular realizado por Villacís, Galárraga y Francou (2000) sobre la influencia de El Niño en la precipitación en los Andes centrales del Ecuador, en base a datos del periodo 1965-1998 y pertenecientes a 16 estaciones, tiene como resultado que en el área de estudio predomina el régimen de precipitaciones ecuatorial, que es determinado principalmente por el paso de la Zona de Convergencia

Inter Tropical. En este régimen la estación lluviosa comienza en septiembre y termina en mayo, observándose dos picos de precipitación, uno principal entre marzo y abril y un segundo de menor intensidad entre octubre y noviembre. Durante los meses de diciembre y enero disminuye la precipitación. La principal estación seca se presenta de junio a agosto. Concluye el estudio manifestando que los resultados obtenidos hasta el momento, deben ser validados, mediante el análisis de otras variables climáticas.

Elementos del clima

Entre las variables o elementos principales del clima están: la temperatura, la precipitación, la humedad relativa, y la heliofanía.

Temperatura. En la Región Interandina la temperatura está vinculada estrechamente con la altura. Entre los 1 500 y 3 000 metros los valores medios varían entre los 10 °C y 16 °C con máximas que pueden superar los 25 °C y mínimas que se aproximan al cero, en verano (especialmente en el mes de agosto). En la región Oriental, zona Litoral e Islas Galápagos, la media anual se establece entre los 24 °C y 26 °C, con extremos que raramente sobrepasan los 36°C o bajan a menos de los 14 °C. Por ejemplo Guayaquil es una ciudad caliente y húmeda con temperaturas que sobrepasan los 30 °C de diciembre a mayo, coincidiendo con el invierno (Schwerdtfeger, 1976).

Hablando de la temperatura, el estudio realizado por Cáceres, Mejía y Ontaneda (1995), sobre evidencias del cambio climático en el Ecuador, reporta los siguientes resultados y recomendaciones:

- El problema de la atribución de los cambios encontrados a un determinado efecto, es por el momento difícil de definir tanto a nivel global y con mucha más razón a nivel regional y local.
- La temperatura media presenta un valor de cambio de 0.5 °C - 1.6 °C en la Zona Urbana de Altura (ciudades de la Sierra) y de 1.5 °C en la Zona Rural de Altura es de 1.5 °C. Estos indicadores son superiores a los detectados a nivel global. Este aspecto debe

ser analizado con mayor profundidad, considerando adicionalmente otros aspectos que pueden generar ruido en las series.

- La zona urbana marina (ciudades portuarias) indica un cambio permanente en el tiempo de la temperatura y oscila entre 0,5 °C y 1,0 °C, valores que se acercan mucho más a las estimaciones a nivel mundial.
- La zona rural marina es la única que no presenta una señal fuerte de un cambio positivo de la temperatura. Se considera que se deberá investigar lo que sucede en otras localidades no consideradas y que tienen similares características.
- Las temperaturas mínimas y máximas absolutas tienden a ser cada vez más altas, lo que evidencia un posible cambio. La tendencia positiva en los valores de la temperatura mínima absoluta es más evidente en la región interandina que en la región costanera.
- Los incrementos más significativos, tanto de temperatura mínima absoluta como de temperatura máxima absoluta se producen en la estación de Ambato.
- Los cambios en la temperatura máxima absoluta por lo general son de mayor intensidad en la región interandina que en la región Litoral.
- Los mayores incrementos en la región Litoral, tanto en temperatura máxima absoluta como mínima absoluta, se registran en la estación de Guayaquil.
- Los resultados se inscriben íntegramente dentro del ámbito del cambio climático.
- Las incertidumbres encontradas en la investigación no impiden reconocer la existencia de un cambio, sea cual fuere su causa.
- Es necesario continuar con estudios e investigaciones relativas a la detección del cambio climático.

Precipitación. La Región Amazónica, al igual que el noreste de la provincia de Esmeraldas (región Litoral), son las zonas más lluviosas con totales anuales que fluctúan entre los 3 000 y 4 000 mm. En la Región Costa, los valores más bajos se registran en el sector comprendido entre Manta y la Península de Santa Elena cuyos re-

gistros alcanzan los 250 mm, mientras que precipitaciones anuales superiores a los 3 000 mm pueden observarse hacia el interior de la región hasta una altura aproximada de los 1 500 m.

En la Región Interandina, se observan dos estaciones lluviosas, de Febrero a Mayo (muy intensa y copiosa) y de Octubre a Noviembre (más liviana y menos abundante); con una primera estación seca muy marcada entre Junio y Septiembre, y con una segunda menos acentuada en Diciembre-Enero. Los totales pluviométricos fluctúan entre los 700 y 1 500 mm, generalmente. En las hoyas interandinas los valores anuales se ubican en el orden de los 500 mm. Por otra parte, en las regiones situadas sobre los 3 500 m de altura, se observan frecuentes neblinas y las lluvias son generalmente de larga duración y débil intensidad. Los patrones anuales de precipitación en la región andina del Ecuador están profundamente influenciados por las oscilaciones de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), la baja presión en medio de enormes corrientes de masas de aire continental al norte y al sur de la línea ecuatorial, que está asociada con la nubosidad y fuertes lluvias. La ZCIT cambia de posición de 10°N de latitud en el solsticio de junio, a 5°S de latitud en el solsticio de diciembre. Por lo tanto, la ZCIT pasa sobre el Ecuador dos veces al año durante sus oscilaciones hacia el norte y sur. Los cambios en la ZCIT producen una distribución bimodal de las lluvias en las localidades andinas del Ecuador, con dos períodos lluviosos y dos períodos secos durante el año (Neill y Jorgensen, 2009).

Un estudio de riesgo climático en la cuenca del Guayas (provincia de Los Ríos y Guayas) realizado por Martínez, Nieto, Briones, Romero y Hernández (2005), establecieron niveles de amenaza de precipitación en base de la media de precipitación para la estación seca y la estación húmeda. Se consideró como estación húmeda a enero, febrero, marzo y abril, mayo y diciembre como meses de transición, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre como estación seca. Se calculó la media y la desviación estándar de precipitación para ambas estaciones. Con estos niveles se establecieron para la estación húmeda categorías de amenaza de inundación por precipitación o sequía por déficit de precipitación:

- Amenaza extrema por exceso (precipitación > 750 mm)
- Amenaza alta por exceso ($500 \text{ mm} < \text{precipitación} \leq 750 \text{ mm}$)
- Sin amenaza por precipitación ($250 \text{ mm} < \text{precipitación} \leq 500 \text{ mm}$)
- Amenaza alta por déficit ($100 \text{ mm} < \text{precipitación} \leq 250 \text{ mm}$)
- Amenaza extrema por déficit (precipitación < 100 mm)

Humedad relativa (HR). Los porcentajes cercanos al 100% de humedad están ubicados en la amazonia durante todo el año y en la costa en periodo invernal. En la región andina tiende a situarse en un 80% en periodo invernal y bajar a hasta 10% en el verano.

Heliofanía. En toda la llanura litoral hasta una altura de 500 m en la ladera de la cordillera Occidental, el promedio anual de horas de brillo solar fluctúa entre las 600 y 1 700 horas, siendo las más favorables de este número las zonas más secas. En la región interandina, la insolación fluctúa entre las 1 200 y 2 000 horas anuales con ciertas excepciones de lugares muy lluviosos. Pese a la poca información de datos existentes en la región amazónica se ha determinado que la insolación se ubica entre las 1 000 y 1 400 horas anuales. En el Archipiélago de Colón, el promedio anual de insolación se ubica alrededor de las 2 000 horas anuales.

La duración del día cambia muy poco durante el año, cada día tiene 12 horas de luz solar, con una variación de no más de 30 minutos en cualquier punto del país. En la línea ecuatorial, la cantidad total de radiación solar alcanza el máximo en los equinoccios; esto es sólo un 13% más alto que la cantidad mínima de radiación interceptada en los solsticios. Una consecuencia de esta relativa constancia anual de radiación solar, es la variación estacional baja en la temperatura promedio del aire en las latitudes ecuatoriales (Neill y Jorgensen, 2009).

Climas

El principal obstáculo que se encuentra al estudiar el clima en el Ecuador es la escasez de registros a largo plazo y, particularmente, la falta completa de registros de áreas remotas, escasamente pobladas

donde los extremos climáticos como altos niveles de lluvias se cree que ocurren pero no han sido medidos. Sólo algunos lugares del país tienen registros meteorológicos de 50 años o más, principalmente la mayoría de las ciudades grandes como Quito, Guayaquil y Cuenca (Neill y Jorgensen, 2009). La convergencia de los factores con los elementos del clima, generan diversos climas en el Ecuador:

CLIMA DE LA COSTA

Esta región posee un clima tropical o ecuatorial, cuya temperatura media anual varía entre 22 y 26 °C. Se caracteriza por las constantes precipitaciones en forma desigual en los distintos lugares y durante todo el año; los principales meses de lluvia se sitúan entre diciembre y mediados de mayo, período considerado como de invierno. Esta desigualdad en la precipitación pluvial obedece al efecto de las corrientes marinas de Humboldt y El Niño. Principalmente se consideran dos grandes zonas climáticas de la Costa ecuatoriana: cálida-fresca-seca y cálida-ardiente-húmeda (Neill y Jorgensen, 2009).

La primera se extiende desde el puerto de Manta hasta la Isla Puná y desde el perfil costanero hasta la cordillera Costanera. Sus tierras son secas y áridas. Su temperatura ambiental oscila entre 23 °C y 26 °C, con continuas corrientes de aire procedentes del mar.

La segunda comprende los territorios de la costa interna hasta los declives de la cordillera Occidental; por estar alejada del mar, su clima es extremadamente caluroso con una temperatura de 26 °C y con constantes lluvias por el incremento de la altitud.

CLIMA DE LA SIERRA

El clima de la Sierra es muy variado, debido a la presencia de la cordillera de los Andes y a los vientos que soplan por los valles y llanuras. En esta región se localizan los siguientes climas, conocidos como pisos o escalones climáticos: tropical andino, subtropical andino, templado, frío y glacial (Neill y Jorgensen, 2009).

En el *tropical andino* la temperatura varía entre las 20 y 25 °C. Las lluvias son escasas y la atmósfera seca. Comprende todas las tierras bajas de la Sierra hasta una altura de 1 500 m. A este piso climático pertenecen los valles del Catamayo, Macará, Puyango, Chota, Guayllabamba y Yunguilla.

El *subtropical andino* va desde los 1 500 hasta los 2 500 m, con una temperatura de 20 °C. A este piso corresponden los valles de Ibarra, Los Chillos, Paute y Loja. Lluvias abundantes en invierno y poco frecuentes en verano caracterizan a este piso.

El *templado*, con una temperatura de 17 °C, se sitúa en los lugares que van desde los 2 500 hasta los 3 500 m. Se caracteriza este eslabón climático por tener lluvias abundantes, granizadas frecuentes, ambiente nublado y por ser el más poblado. Aquí se asientan algunas ciudades, como Tulcán, Latacunga, Riobamba y otras.

El piso frío comprende todos aquellos lugares que van desde los 3 500 hasta las 5650 m. Su temperatura varía entre 1 °C y 10 °C. Se dan torrenciales aguaceros, neblinas espesas y lloviznas casi constantes. Este clima se destaca especialmente en los nudos y páramos, como en El Ángel, Mojanda-Cajas, Chasqui, Llanganatis y Buerán.

El *glacial* forma el último piso climático de la Sierra ecuatoriana. Se sitúa por encima de los 5 650 hasta los 6 310 m, en la cumbre del Chimborazo. Se caracteriza por registrar temperaturas inferiores a los 0 °C y poseer nieve perpetua, truenos, neblinas y aguaceros constantes.

Excepto algunos valles especialmente abrigados, la meseta andina a causa del relieve, goza de temperaturas primaverales durante todos los meses del año (Quito 13,50°C de temperatura media anual; Ibarra, más al norte, 15 °C; Riobamba en la zona central 13,5 °C; Cuenca, en el sur, 14,2 °C), pero las lluvias varían mucho de una hoy a otra. Así, en la regada por el río Guayllabamba, que corresponde al sector de Quito, las precipitaciones medias son de 1 041 mm al año; en la del Chota (Ibarra) bajan drásticamente a 480 mm; en la de

Chimbo (Riobamba) descienden a 420 mm y en la de Paute (Cuenca) la cifra se eleva en cambio a 738 mm. En ciertos valles, las lluvias suelen escasear (Chota 347 mm, Puéllaro 354 mm) y más arriba, sobre los páramos estériles, las temperaturas son decididamente frías y pueden situarse incluso a valores bajo cero. En Rato de Antisana, a poca distancia de la línea equinoccial pero a 4 095 m de altura, el mes más cálido registra una temperatura media de 6 °C y el más frío de 3,3 °C; las precipitaciones, de 1 000 a 2 000 mm, caen en forma de nieve o granizo. En las cimas de la cordillera, por encima de los 4 700 m, se encuentran formaciones glaciares (Neill, y Jorgensen, 2009).

CLIMA DE LA REGIÓN AMAZÓNICA

Es igual al de la costa interna, es decir, cálido-ardiente-húmedo. La temperatura varía entre 22 °C y 26 °C; es la región más húmeda del país. Es un área sujeta a abundante precipitación (más de 3 000 mm anuales). Los flancos de los Andes forman una zona densamente nublada, debido a que allí se condensan grandes masas de vapor proveniente del Atlántico y de la selva amazónica.

CLIMA DE LA REGIÓN INSULAR

Las Galápagos, al igual que la Sierra, (Neill y Jorgensen, 2009), posee pisos climáticos, conocidos como:

Desértico, caracterizado por una sequía extrema y una temperatura de 21 °C. Corresponde a las franjas que se extienden al nivel del mar.

Tropical, parecido al anterior, se extiende de 0 m a 250 m de altitud.

Templado, va de los 250 m a los 450 m y tiene una temperatura de 17°C.

Frío, con temperaturas interiores a los 14 °C, se extiende sobre los 450 m.