

Tesis de Maestría

La precipitación en el humedal Laguna de la Cocha, Colombia, y su relación en la sustentabilidad de la región

Narváez Apráez, Ana Lucía

2014-12-19

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:

Narváez Apráez, Ana Lucía. (2014-12-19). La precipitación en el humedal Laguna de la Cocha, Colombia, y su relación en la sustentabilidad de la región. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

Cita tipo Chicago:

Narváez Apráez, Ana Lucía. "La precipitación en el humedal Laguna de la Cocha, Colombia, y su relación en la sustentabilidad de la región". Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 2014-12-19.

EXACTAS UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



UBA

Universidad de Buenos Aires



UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

**LA PRECIPITACIÓN EN EL HUMEDAL "LAGUNA DE LA COCHA",
COLOMBIA, Y SU RELACIÓN EN LA SUSTENTABILIDAD DE LA REGIÓN.**

Tesis presentada para optar al título de Magíster de la Universidad de Buenos Aires en
Ciencias Ambientales

Ana Lucía Narváez Apráez

Director de tesis: Mcs. María Inés Campos

Coodirectora: Mcs. Raquel Dabas

Buenos Aires, 2014

AGRADECIMIENTOS

Cada triunfo que he logrado en mi vida, ha estado acompañado de la mano de Dios a quien agradezco por tantas bendiciones; de la presencia de mi Padre que desde el cielo es mi más grande ángel y de la compañía de mi madre, mis hermanos, mi cuñada y mi hermosa sobrina, quienes han creído siempre en mí y me han brindado su amor y su apoyo incondicional.

Quiero agradecer de manera especial a mis directoras de tesis, Magísteres María Inés Campos y Raquel Dabas, quienes a pesar de la distancia siempre fueron mi guía para llevar a cabo mi trabajo de grado y por quienes guardo gran admiración y aprecio.

A mis compañeros de la maestría a quienes entre risas y estudio recuerdo gratamente y llevo en el corazón.

A mi gran amiga Paola Andrea Arango por su paciencia, su valiosa compañía y su inigualable amistad.

Finalmente agradezco a todas aquellas personas que estuvieron conmigo en el transcurso de todo este camino y a las que permanecen en ella brindándome tanta felicidad y con quienes he podido comprender que los sueños solo se pueden alcanzar con la lucha continua, la Fe en Dios y la confianza en uno mismo.

INDICE

INTRODUCCIÓN: Objetivos.	4
CAPITULO I: Generalidades del Área de Estudio	16
CAPITULO II: Datos y metodología	50
CAPITULO III: Climatología de la precipitación: análisis y resultados	59
CAPITULO IV: Nivel de la laguna y su relación con las precipitaciones	81
CAPITULO V: Escenarios Futuros	89
CAPITULO VI: Discusión, Conclusiones y Recomendaciones	100
BIBLIOGRAFÍA	109

El Humedal RAMSAR Laguna de La Cocha, es parte a nivel nacional del complejo de humedales del Macizo Colombiano. A nivel local, conforma un complejo de Humedales asociados, consistentes en ecosistemas naturales continentales altoandinos de aguas dulces corrientes y estancadas, permanentes y temporales, conformado por turberas de páramo zonal y azonal, áreas lacustres, ciénagas y pantanos de planicies. Estos ecosistemas identificados se reúnen dentro de tres tipos de humedales: Humedales de Páramo Zonal, Humedal Laguna de La Cocha y Humedales de Páramo Azonal. Este complejo de humedales del sur oeste de Colombia, es considerado como uno de los más importantes acuíferos colombianos y es el único cuyo ciclo hidrológico no ha sido severamente afectado (CORPONARIÑO, 2011).



Figura 2. Imagen del Humedal RAMSAR Laguna de La Cocha

Hacia el interior de la Laguna de la Cocha, se encuentra el Santuario de fauna y flora Isla La Corota (SFIC), considerado como el área protegida más pequeña dentro del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia (SPNN).

La Isla La Corota, fue designada como centro de investigación biológica según el Acuerdo No. 32 del 2 de mayo de 1977, incluyéndola entre las 56 áreas protegidas por el SPNN y dentro de las 5 áreas destinadas como áreas de protección en el Departamento de Nariño (SPNN).

El área de estudio en donde se encuentra el Humedal, se ubica en un lugar de variación altitudinal, lo que hace que se manifieste diversidad térmica. Según los datos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM – COLOMBIA) (2000), se reporta una temperatura promedio anual entre los 8 y 12°C, presentándose en la Laguna de La Cocha el mayor promedio de temperatura anual que corresponde a los 11.6°C y que aumenta desde la ladera a su contorno y hacia el interior en donde alcanza el máximo de 12.9°C. De acuerdo a los registros de precipitación reportados por las diferentes estaciones cercanas a la Laguna de La Cocha, se establece que la precipitación media anual para todo el humedal alcanza los 1632.62 mm (CORPONARIÑO - MINAMBIENTE - CORPOAMAZONÍA, 2002).

PROBLEMÁTICA AMBIENTAL IDENTIFICADA EN EL HUMEDAL LAGUNA DE LA COCHA

Las actividades humanas, los recursos naturales presentes en ésta área y la diversidad ecosistémica, que son parte del Humedal RAMSAR Laguna de La Cocha, se encuentran en constante interacción, afectando la dinámica natural de la zona.

Entre los disturbios que se presentan en el Humedal resaltamos:

- ✓ Alteración de la regeneración y sucesión de algunas especies de la vegetación debido a la comercialización de las mismas.
- ✓ Erosión localizada por el inadecuado manejo en las labores culturales en cuanto a la producción agrícola.
- ✓ Erosión hídrica y eólica por desprotección del suelo y mecánica por sobrepastoreo.
- ✓ Implementación de monocultivos que han extendido la proliferación de plagas y el deterioro de los suelos
- ✓ Control inadecuado de inundaciones y desecación del humedal, con el fin de adecuar áreas para producción.

- ✓ Alta actividad piscícola en jaulas y estanques, sobre todo de la trucha arcoíris (*Onchorhynchus mykiss*) considerada como el mayor objeto de explotación comercial en la laguna.
- ✓ Contaminación orgánica y química que ocasiona la presencia de altos índices de contaminación bacteriológica de la laguna y de los suelos.
- ✓ Introducción de especies no nativas de la Ecorregión. Tal es el caso de la trucha arco iris, que ocasionó un gran impacto ecológico respecto a las especies nativas de la laguna. Por otro lado, se introdujo el alga macrófita *Azolla anabaena*, empleada por la comunidad de influencia del humedal para el tratamiento de aguas servidas, la que se ha propagado y proliferado fácilmente. Finalmente el establecimiento de bosques de eucalipto, aliso y pino, que en la actualidad son parte de los sistemas productivos.
- ✓ Establecimiento poblacional en el área de influencia del Humedal debido a su riqueza natural y a su potencial turístico (eventos y festividades) generando procesos de antropismo hacia el recurso bosque.
- ✓ Modificaciones o cambios del humedal causados por el hombre, principalmente la disminución de la cobertura vegetal arbórea, fragmentación de la cobertura vegetal, pérdida de áreas de amortiguamiento del perilago y la sedimentación de la laguna (López *et al.*, 2005, CORPONARIÑO, 2011).

Se debe agregar a la lista anterior, los disturbios producidos por fenómenos naturales:

- ✓ Inundación de la zona.
- ✓ Erosión y/o deslizamiento en las pendientes de las laderas.
- ✓ Sedimentación en la Laguna.
- ✓ Actividad sísmica de origen tectónico en toda la región por estar en una zona de amenaza sísmica alta.

VALORES OBJETOS DE CONSERVACION DEL HUMEDAL

Debido a las características ecológicas del Humedal RAMSAR que hacen de este lugar un complejo importante a nivel ecosistémico, se han definido valores objetos de conservación relacionados con la biodiversidad y la protección de los recursos

naturales, los que están en relación con la cultura y la economía de la región. Por lo tanto para permitir un desarrollo sostenible en la región, es necesario proteger y restaurar algunos recursos (CORPONARIÑO, 2006).

De acuerdo a su extensión, la Laguna de La Cocha conforma una extensa red hídrica de diferentes ecosistemas indispensables en la retención de aguas que se integran para dar nacimiento al río Amazonas desde la parte suroccidental de Colombia. Su tamaño hace de esta laguna una significativa fuente de evaporación y humedad, siendo un importante regulador del clima para la región y el mantenimiento de la calidad ambiental.

Respecto al Santuario de Flora Isla de La Corota (SFIC) se han definido tres valores objeto de conservación de acuerdo a la dinámica natural y social del Santuario. El primero de estos está directamente relacionado con la protección del bosque andino insular lacustre por su valor ecológico y su potencial en la prestación de bienes y servicios para la región. El segundo se enfoca hacia la conservación y protección de los cinturones de Totora (*Juncus effusus*) que bordean la isla y zonas aledañas. Los mismos corresponden a un ecosistema acuático y hábitat de aves residentes y migratorias, anfibios e ictiofauna existentes en el área de protección y la zona amortiguadora, que cumple con la función de disminuir o mitigar el proceso de erosión ocasionado por el impacto del oleaje de las aguas de la laguna. El tercero y último valor objeto de conservación se relaciona con la protección de las poblaciones de flora y fauna asociadas al bosque andino insular lacustre y a la totora en el contexto del Humedal RAMSAR de la Laguna de La Cocha, poblaciones indicadores de la dinámica, flujo y regeneración natural de la biodiversidad existente en la Laguna de La Cocha (Pantoja, 2010).

ANTECEDENTES

En general, los estudios realizados en La Laguna de La Cocha y el Santuario de Flora y Fauna Isla La Corota (SFIC), se han llevado a cabo por entidades internacionales, nacionales y regionales dedicadas a la conservación y protección de los recursos naturales. Entre dichas entidades se encuentra: el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), el Instituto Alexander Von Humboldt (IAvH), la Unidad Administrativa Especial

Sistema de Parques Nacionales Naturales (UAESPNN), la Corporación Regional Autónoma de Nariño (CORPONARIÑO), la Red Colombiana de Reservas Naturales de la Sociedad Civil, la Asociación para el Desarrollo Campesino (ADC), la Universidad de Nariño, la Universidad Mariana y la Universidad Nacional de Colombia entre otros entes. Asimismo han realizado estudios particulares dedicados a la investigación.

Debido a que la economía de la región se basa principalmente en la explotación de la trucha arco iris (*Onchorhynchus mykiss*) considerada como el mayor objeto comercial, se encuentran numerosos estudios en su mayoría basados en mejorar la producción de la trucha.

En el año 2000 Muñoz *et al.*, realizaron un estudio taxonómico de la población planctónica existente en la Laguna de La Cocha, los resultados de densidad, diversidad biológica y productividad clasificaron la laguna como oligotrófico, indicando que la actividad productiva ejercida sobre la laguna aún no ha causado efectos sobre el cuerpo de agua.

Para el mismo año Rodríguez *et al.*, elaboraron cuatro planes de manejo ambiental para los cultivos de trucha arco iris (*Onchorhynchus mykiss*) con el fin de obtener la autorización ambiental para productores de trucha en la Laguna de La Cocha. De acuerdo a los resultados, basados en los análisis físico – químico y bacteriológico del agua utilizada en el cultivo de la trucha, se logró determinar que los parámetros están dentro de los rangos normales para este tipo de lagunas y que por lo tanto el impacto de los productores es mínimo en el medio natural, otorgándose las licencias ambientales.

En el año 2001 García *et al.*, determinaron el grado de eutrofización de la Laguna de La Cocha evaluando parámetros físico-químicos. Los resultados indican que las concentraciones obtenidas están dentro de los rangos normales para lagunas oligotróficas de alta montaña lo que indica que la Laguna de La Cocha es un cuerpo de agua con características oligotróficas.

Para el año 2008 López *et al.*, después de evaluar el comportamiento de la laguna durante 12 años, comprendidos entre 1996 y 2008, concluyen que no se ha presentado un deterioro negativo en la caracterización fisicoquímica de la laguna y por ende en la

actividad primaria causado por las actividades acuícolas, considerando la capacidad de auto-purificación de este importante cuerpo de agua.

Los trabajos desarrollados anteriormente, como otros enfocados a la productividad y estado la Laguna de La Cocha, recomiendan promover la educación ambiental sobre el uso racional de los recursos naturales que provee la laguna, evaluar la capacidad de carga en producción piscícola sostenible en el mismo, hacer seguimiento de los parámetros físico-químicos para evaluar la calidad del agua de la laguna, requerir la autorización ambiental a los productores de trucha, establecer planes de manejo ambiental que permitan tomar medidas preventivas para disminuir el grado de eutrofización y fomentar estudios que conlleven a la conservación de este recurso hídrico considerado como un humedal internacional.

Otro tipo de investigaciones describen los componentes físico, biológico y social de la Ecorregión y en sí de la zona de estudio, los cuales se han desarrollado con la finalidad de elaborar los Planes de Manejo del Humedal RAMSAR como del Área Protegida (SFIC) y apoyar los valores objeto de conservación de estos lugares estratégicos. Actualmente los planes de manejo se encuentran en reajustes; sin embargo, algunos de los temas que abordan, están siendo ejecutados principalmente en el Humedal Laguna de La Cocha.

Debido a que el Área Protegida y en si, el Humedal Laguna de La Cocha, considerado como un gran cuerpo acuático continental juega un papel importante en el hábitat de aves acuáticas, se han realizado estudios que permiten el reconocimiento de especies de avifauna local y migratoria la que se traslada desde el hemisferio norte y sur. Entre estos estudios se destacan los realizados por el Asociación GAICA (Grupo de Amigos para la Investigación y Conservación de las Aves) quienes a partir del 2001 han llevado a cabo el estudio y monitores de las aves de la región y que a través del tiempo han desarrollado investigaciones en flora y fauna como invertebrados, anfibios, reptiles y mamíferos, apoyados en procesos de educación ambiental y aplicación de estrategias y métodos adecuados para la investigación y conservación (GAICA). Todas las especies de flora y fauna existentes en el Santuario que hacen parte indispensable de los flujos ecológicos de la Isla, reciben un monitoreo constante y son evaluados permanentemente permitiendo ajustar el Plan de Investigaciones del Santuario por

parte de la Unidad Administrativa Especial Sistema de Parques Nacionales Naturales (UAESPNN) (Pantoja, 2010).

La Totorá (Familia Cyperaceae), fue identificada como uno de los recursos renovables más importantes que crece en forma natural en aguas someras lacustres de la Laguna, como alrededor de la Isla, áreas húmedas aledañas a los principales ríos, afluentes y lagos que da origen a un ecosistema de vida silvestre de flora y fauna y que a la vez disminuye el proceso de erosión ocasionado por las olas de la laguna. Por tal motivo, Pantoja en el 2010, llevo a cabo la identificación, descripción y análisis de la totora dentro del área protegida y la descripción fitosociológica y cuantitativa de la flora. Su conclusión fue que el litoral del área constituye el principal medio ecológico para el desarrollo de las macrofitas emergentes, sumergidas y flotantes importantes en la permanencia, el desarrollo y hábitat de especies de fauna como aves, peces, mamíferos, anfibios y especies de zooplancton, así como otras especies de flora.

Para el mismo año, Pantoja realiza un seguimiento de tres años consecutivos (mayo 2008 – mayo 2011) sobre las características hidrológicas de la Laguna de La Cocha en el cual se presenta información acerca de las eventuales tendencias que permiten predecir el estado de la laguna para formular a futuro estrategias de manejo, de acuerdo a la marcada variabilidad ambiental de la zona.

En el año 2013, Caicedo et *al.*, llevan a cabo la caracterización del área cubierta por totora en la zona norte de la Laguna de La Cocha y su relación con procesos de sedimentación. En este estudio se concluye que el área del totoral de la zona cubre 75.7 ha, de las cuales 4.45 corresponden a la superficie cubierta por totora en la isla La Corota y, que esta vegetación cumple una función retenedora de sedimentos acarreados por las corrientes y distribuidos sobre la Laguna por el oleaje. El análisis hidroclimatológico indica que los niveles de la Laguna se encuentran relacionados con la cantidad de lluvias existentes en el área y que los valores más altos se alcanzan uno o dos meses después de presentarse los valores máximos de precipitación. Finalmente describe que la totora es un importante hábitat para la fauna que ahí se encuentra, constituye una barrera para el oleaje y que frenan los procesos de sedimentación y eutrofización debido a que actúa como un agente de descontaminación natural de las aguas por sus propiedades fisiológicas. El trabajo recomienda estudiar el efecto del

cambio climático y el impacto de las actividades humanas en la ecología de la laguna, desarrollar estudios relacionados con el totoral como el índice de biomasa y su relación con los procesos de sedimentación, caracterización de este tipo de vegetación en diferentes épocas del año, posibilidades de uso y manejo del totoral y monitoreo constante de la cobertura del totoral.

Las anteriores investigaciones desarrolladas por Pantoja en el 2010 y por el Grupo TERRA en el 2013 son los únicos estudios realizados en la Laguna de La Cocha en los que se lleva a cabo un análisis hidroclimatológico de la región y en los que sugiere abordar con mayor amplitud el tema para comprender la dinámica que se presenta en el área de estudio, al ser este un factor determinante en el replanteamiento de los planes de manejo de la zona de estudio.

A nivel nacional cabe destacar estudios relacionados con el régimen de lluvias, ubicación de Colombia sobre el Trópico y fenómenos naturales que ocasionan anomalías sobre las precipitaciones que caen sobre el territorio. Mejía *et al.*, en el año 1999, estudian la distribución espacial y los ciclos anual y semianual de la precipitación en Colombia. A partir de información de estaciones meteorológicas, estudios previos, estudios climáticos de mayor escala y técnicas de interpolación, concluyen que la distribución espacial de la precipitación anual, está relacionada con la migración meridional de la Zona de Convergencia Intertropical.

Pabón *et al.*, en el año 2001, a partir de series históricas de precipitación y de temperatura registradas en el territorio colombiano entre 1961 – 1990, describen generalidades de la distribución espacial y temporal de estas variables atmosféricas y lo relacionan con la ubicación de Colombia en la región tropical y factores de latitud, topografía, orientación de las cordilleras, influencia de los Océanos y características propias de las regiones colombianas.

En el año 2002, Cuartas *et al.*, empleando los datos del reanálisis climático NCEP/NCAR, periodo 1958-1998, estiman las magnitudes de los flujos de humedad, la cantidad de agua precipitable a diferentes niveles de la columna atmosférica sobre Colombia y analizan la variabilidad durante las dos fases ENSO. Concluyen que el transporte de humedad fuera de Colombia es más intenso en los años El Niño conllevando a la disminución de las precipitaciones, lo que contribuye a explicar las

anomalías negativas de lluvia en Colombia durante la ocurrencia del fenómeno de El Niño.

En el mismo año, Poveda y su equipo de trabajo estudian el ciclo anual de las máximas intensidades de lluvia en estaciones ubicadas en los Andes tropicales de Colombia y su relación con fenómenos oceánicos y atmosféricos de gran escala. Se concluye que las épocas de mayor intensidad de lluvias ocurren durante dos periodos anuales y que durante La Niña se presentan en promedio, eventos de mayor intensidad que durante El Niño en la región de estudio.

Para el mismo año, Pabón lleva a cabo un estudio sobre la variabilidad, el cambio climático y su efecto en los biomas de páramo. Determina que en la escala interanual los fenómenos El Niño y La Niña inducen la señal más importante y causan situaciones extremas en la distribución de la temperatura y la precipitación.

Poveda *et al.*, (2002) evalúan el comportamiento a escala diaria y horaria de la precipitación en los Andes tropicales de Colombia durante la ocurrencia de ENSO (Niño y Niña), Oscilación de Madden-Julian (OMJ), ondas tropicales del este y los huracanes en los Océanos Atlántico y Pacífico. Concluyen que los fenómenos macro climáticos afectan la distribución del ciclo diurno y los totales de lluvia diarios.

Estudios internacionales como el de Waylen *et al.* (2002), determinan que los países ubicados al oeste de América del Sur presentan una importante variabilidad interanual respecto a sus precipitaciones y caudales asociados a los eventos ENSO, los cuales actúan sobre los principales mecanismos de la generación de las lluvias regionales.

Dos años más tarde en el 2004, Poveda hace una revisión de la variabilidad de la hidro-climatológica de Colombia principalmente afectada por la presencia de tendencias en las variables del clima del país que evidencian el cambio climático. Concluyen que los fenómenos más importantes que influyen en el clima del país a escala interanual son los ENSO: El Niño y La Niña y otros que ejercen un efecto no despreciable como la Oscilación del Atlántico Norte y la Oscilación Decadal del Pacífico, los cuales influyen sobre las principales variables del ciclo hidrológico: precipitación, caudales medios y extremos de ríos, humedad del suelo y actividad vegetal. El ciclo anual se centra en la migración de la ZCIT asociada con la actividad de los vientos superficiales y sistemas conectivos.

Para el año 2004, Haddad *et al.*, analizan el efecto de El Niño/Oscilación del Sur (ENSO), a partir de datos TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) de 60 meses recopilados entre 1998 y 2002. Concluyen que las anomalías ocasionadas por los fenómenos sobre las precipitaciones, son más fuertes sobre el océano que sobre la tierra y confirman que el primer componente de estas anomalías está fuertemente correlacionado con los índices del ENSO.

Un año después, Poveda *et al.* (2005), describen el ciclo diurno de la precipitación en los Andes Tropicales de Colombia y su variabilidad interanual durante las dos fases de El Niño/Oscilación del Sur. Además analizan el ciclo a escalas de tiempo intra-anales asociado con la Oscilación de Madden-Julian (OMJ) y concluyen que los patrones generales que rigen las precipitaciones máximas están muy relacionados con estos fenómenos.

Como se describió previamente la región objeto de estudio, es un importante ecosistema natural, razón por la cual fue decretado como Humedal internacional RAMSAR Sin embargo, los antecedentes de este lugar, indican que el área ha sido muy estudiada en sus componentes biológicos faltando entre otros estudios, un amplio análisis y caracterización de las precipitaciones de la región. Tampoco se ha analizado la relación entre la lluvia y el nivel de la Laguna. Estas características, muy demandadas por las autoridades del Parque Nacional y la Corporación Regional de Nariño entidades que fomentan la protección y manejo adecuado de los recursos naturales, son indispensables para el manejo y sostenimiento de la región. Por lo tanto, el siguiente estudio pretende aportar datos que puedan ser aprovechados para estudios de otros factores ambientales de la Ecorregión, y que sean útiles dentro de los Planes de Manejo del Humedal como del Área Protegida (SFIC).

OBJETIVOS:

En función a los disturbios y problemas ambientales mencionados, los objetivos de este estudio son:

- 1- Estudiar la precipitación en el humedal Ramsar “Laguna de la Cocha” a partir de datos observados. Asimismo analizar el comportamiento climatológico de la precipitación: variabilidad, extremos y tendencias.
- 2- Estudiar casos de eventos extremos de precipitación donde se considere el impacto ocasionado por las lluvias.
- 3- Analizar la relación entre la Precipitación en la región y el ENSO.
- 4- Relacionar la precipitación con relación con el nivel de la Laguna.
- 5- Evaluar las proyecciones futuras de la precipitación para escenarios de cambio climático seleccionados

CAPITULO 1:

GENERALIDADES DEL ÁREA EN ESTUDIO

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN DE ESTUDIO

La Ecorregión Corredor Andino Amazónico Bordoncillo Patascoy – La Cocha (ver figura 1.1), presenta un superficie de 111.407.76 hectáreas, limitando por el oeste con la divisoria de aguas entre la Cuenca Alta del Guamués y las Cuencas Pasto y Río Bobo. En la Ecorregión convergen características geomorfológicas, climáticas y ecológicas de las zonas biogeográficas Amazónica y Norandina en donde se interconectan varios ecosistemas entre ellos el páramo, alta montaña, colinas, planicies, humedales y lago, permitiendo la conformación de un corredor biológico estratégico en los departamentos del Putumayo y Nariño, y la zona norte de los Andes reconocida como una región de gran riqueza hídrica y biológica (Hernández *et al.*, 1990).

La amplia oferta hídrica de esta área, hace parte de la Cuenca Alta del río Guamués, caracterizada por la presencia de la Laguna de La Cocha y diferentes corrientes que le tributan entre estos ríos y quebradas. La Laguna da origen al río Guamués, uno de los principales tributarios del río Putumayo, en la vertiente amazónica y al cual a su vez depositan sus aguas otros ríos importantes (SIGAM, 2004).

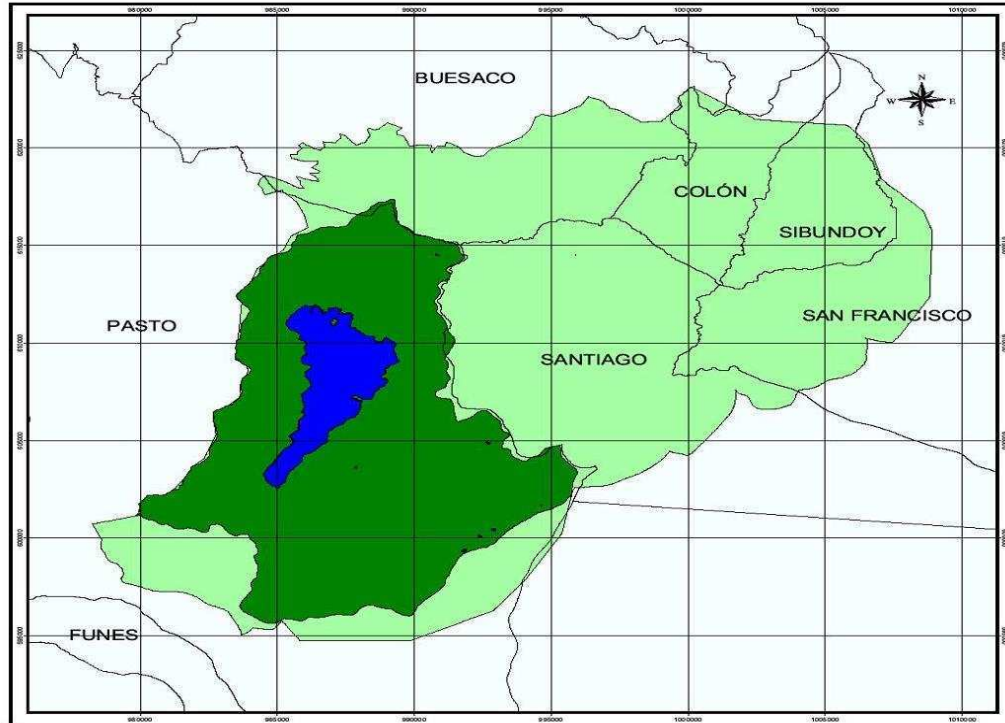


Figura 1.1 Ecorregión Corredor Andino Amazonico Bordoncillo – Patascoy - La Cocha

Fuente: (CORPONARIÑO, 2011)

1.2 CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS DE LA REGION

Colombia se caracteriza por presentar un clima variado a lo largo de su territorio como en su expresión temporal. Esta diversidad climática está determinada en gran medida por la ubicación geográfica y por las características fisiográficas del territorio colombiano. Las variaciones espaciales y temporales determinan las diferentes actividades humanas a nivel nacional, las cuales se ven afectadas por la variabilidad climática interanual como la causada por los fenómenos de El Niño y La Niña/ Oscilación del Sur, (calentamiento (El Niño) o enfriamiento (La Niña) anormal de las aguas del Océano Pacifico, por un periodo mayor a tres meses consecutivos) (CAN, 2009), la Oscilación Cuasi Bienal (oscilación en la temperatura y en la dirección de los

vientos en la estratosfera sobre el Ecuador) (ZULUAGA, 2000) y las Ondas del Este (perturbaciones en la corriente de los vientos alisios que pueden ser las precursoras de ciclones tropicales en las cuencas del océano Atlántico norte y del Pacífico nororiental) (NOAA).

Los factores climáticos, en este caso las precipitaciones que ocurren sobre el territorio colombiano, están fuertemente afectadas por factores como el relieve, la circulación atmosférica, la influencia de áreas boscosas o selváticas, la relación entre la tierra y el mar, la influencia de los procesos del Océano Pacífico y el Océano Atlántico, entre otros (CAF, 2000). Además de ello, la posición geográfica de Colombia en la Zona Ecuatorial, hace que los vientos alisios del noreste y sureste influyan sobre el territorio colombiano. Las corrientes de aire cálido y húmedo provenientes de latitudes subtropicales de los dos hemisferios confluyen en la franja denominada Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT, ver figura 1.2) siendo la migración meridional de la ZCIT, uno de los principales mecanismos que explican la variabilidad anual y semianual de la precipitación en Colombia. (IDEAM, 1982).

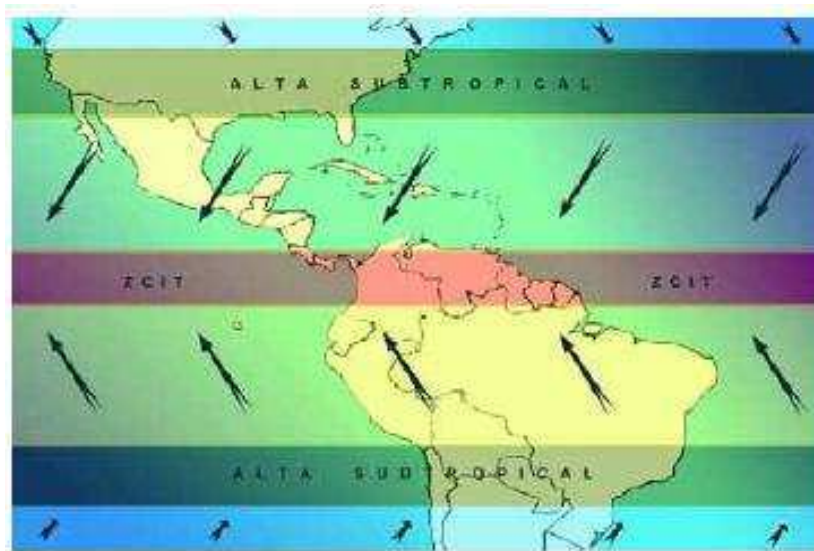


Figura 1.2 Representación esquemática de los vientos alisios y los principales cinturones de presión: la baja presión denominada Zona de Confluencia Intertropical y las altas subtropicales. (Fuente: CAF, 2000)

Allí se genera alta nubosidad, altas temperaturas, convergencia de los vientos y por lo tanto alta humedad (Poveda *et al.*, 2003). Esta banda presenta un movimiento

latitudinal migratorio sobre el Ecuador que influye en la distribución espacial de la lluvia en Colombia, siendo la migración meridional de la ZCIT, uno de los principales mecanismos que explican la variabilidad anual y semianual de la precipitación en Colombia. (IDEAM, 1982). Como resultado del doble paso de la ZCIT sobre el centro de Colombia, se presentan dos temporadas de menor precipitación (diciembre –febrero y junio-agosto) y dos temporadas lluviosas (abril-mayo y octubre-noviembre) (Poveda *et al.*, 2004).

Sin embargo; existen otros factores que determinan los periodos de distribución de las precipitaciones en el ciclo anual en el territorio colombiano, entre ellas la interacción con las circulaciones de los Océanos Pacífico y Atlántico fuentes importantes de la humedad que penetra hacia el interior.

La conformación fisiográfica es otro factor importante. Incluye la presencia de la cordillera de los Andes cruzando el país de suroeste a noreste, con valles interandinos y vertientes de cordillera con marcadas diferencias climáticas, la circulación propia de la cuenca del Amazonas, en donde Colombia tiene una gran extensión (incluyendo la región más lluviosa de toda la cuenca), la variabilidad de los procesos de la hidrología superficial, tales como los contrastes en humedad de suelo y evapotranspiración, fuertemente influenciados por la vegetación, el tipo de suelos, el aspecto (ángulo cenital solar local), y la circulación de vientos locales (Mejía *et al.*, 1999, Poveda, 2004). Respecto a ello el régimen de precipitaciones en las diferentes regiones de Colombia, presenta dos patrones de lluvias, uno monomodal caracterizado por un largo período de lluvias que es seguido por un período seco o de bajas precipitaciones característico de la región Caribe (zona norte), los Llanos Orientales (Orinoquía), centro y norte de la región Amazónica y sur del país en donde se ubica el área de estudio (parte sur región Andina). El otro régimen es bimodal, caracterizado por dos períodos lluviosos intercalados por uno menos lluvioso que se presenta en la zona central que cubre la región Andina (Ver figura. 1.3) (Pabón, 2001).

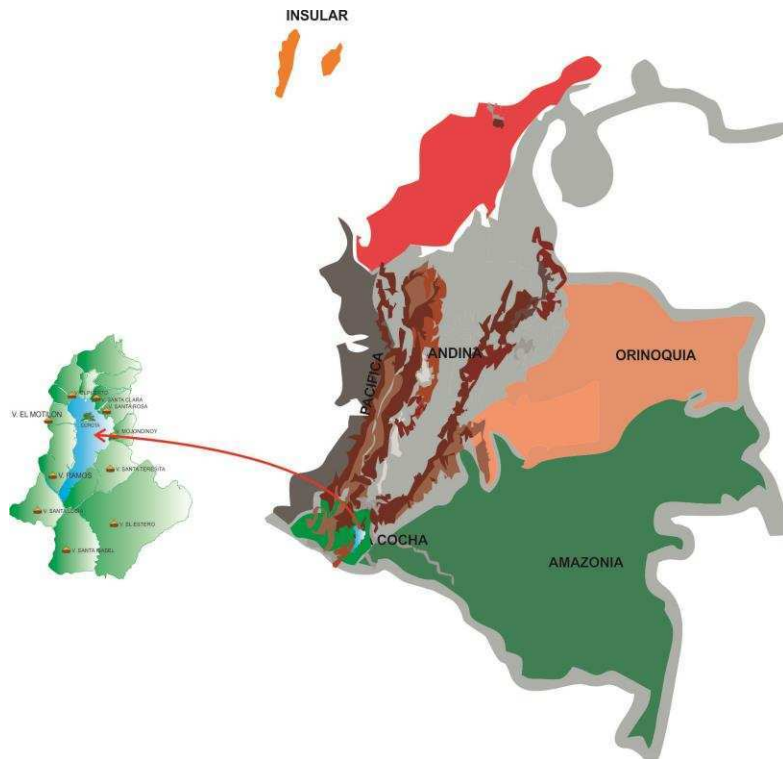


Figura 1.3 Ubicación de las regiones geográficas de Colombia y del área de estudio: Laguna de La Cocha

Estos vientos están influenciados principalmente por las condiciones locales, por el rozamiento proporcionado por las grandes irregularidades que presenta la cordillera de los Andes al ramificarse a lo largo del país con diferentes elevaciones y la influencia de los dos mares: Atlántico y Pacífico (IDEAM, 1982).

Además Colombia recibe la influencia directa de la circulación de la cuenca Amazónica. La presencia de la barrera orográfica que constituyen los tres ramales de la cordillera de los Andes, induce la formación de climas locales y regionales de alta complejidad y dificultada de predicción a distintas escalas de tiempo. Entre los Andes y la cuenca Amazónica existe una retroalimentación positiva, ya que los vientos alisios del sureste transportan gran cantidad de humedad hacia los Andes, la cual contribuye a las precipitaciones sobre el pie de monte Andino, las que a su vez nutren los caudales de los ríos de la Amazonía Colombiana. De esta manera, las regiones Andina y Amazónica, se ve favorecidas por la doble retroalimentación la cual contribuye a la riqueza hidro-ecológica y diversidad grandemente amenazada que en ellas se encuentra (Poveda, 2004).

1.2.1 Precipitación

El régimen de distribución de las lluvias a lo largo del año en la Ecorregión Bordoncillo-Patascoy, tiene un comportamiento “unimodal biestacional”, con una época de intensas lluvias de Abril a Agosto y una época de pocas lluvias en los meses de Octubre a Marzo. La distribución espacial de las lluvias medias anuales en la Ecorregión muestra variaciones mayores a 1000 mm anuales, presentando los valores más bajos en la región del Rosal del Monte (1200 mm anuales) considerada la parte más baja del área de estudio y superando los 2600 mm anuales, en la parte más alta de la Ecorregión conocida como el cerro Patascoy.

La cuenca alta del Río Guamués a la que pertenece el humedal Laguna de La Cocha, presenta lluvias que oscilan entre 1.300 y 2.000 mm con los valores más bajos hacia el noroeste de la Laguna de La Cocha (El Encano) aumentando hacia el sureste (Santa Isabel y Loriania) con 2200 a 2500 mm. En el Valle de Sibundoy, lugar donde desarrollan las actividades los pobladores cercanos a la laguna, se presenta una precipitación promedio de 1715 mm (CORPONARIÑO - MINAMBIENTE - CORPOAMAZONÍA, 2002).

En la figura 1.4 de isoyectas que se presenta a continuación se muestra la precipitación promedio de la zona de estudio, para el área de Patascoy, El Valle de Sibundoy y La Laguna de La Cocha.

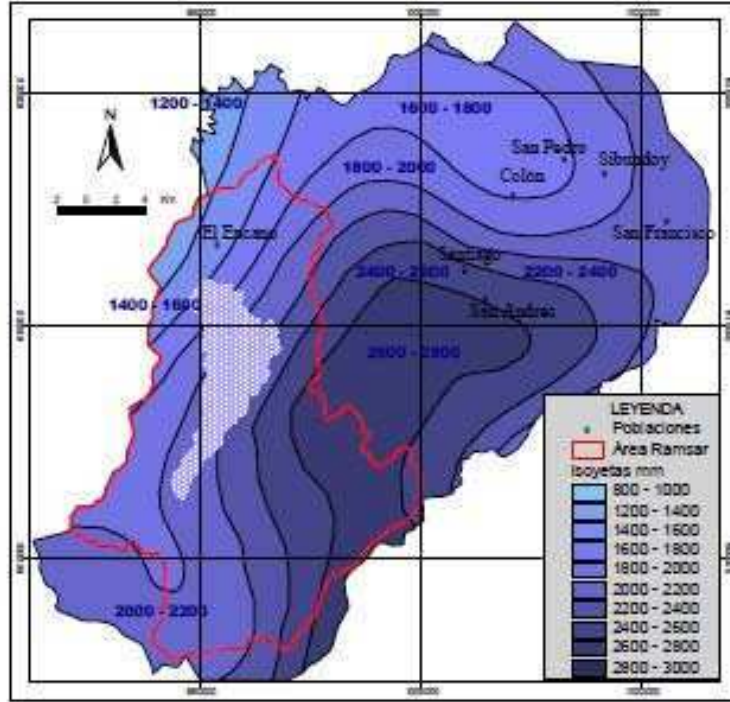


Figura 1. 4 Isoyetas en la Ecorregión Corredor Andino Amazónico Bordoncillo - Patascoy – La Cocha
Fuente: (CORPONARIÑO, 2011)

Teniendo presentes los valores reportados por las diferentes estaciones cercanas al humedal RAMSAR Laguna de La Cocha, se establece que la precipitación media anual para todo el humedal alcanza los 1632.62 mm, encontrando una precipitación anual mayor en las cuencas del Estero y en las corrientes directas del río Guamués, y mínimas en la cuenca de la Laguna de La Cocha, más precisamente en la confluencia de esta cuenca con la cuenca del río Pasto (CORPONARIÑO - MINAMBIENTE - CORPOAMAZONÍA, 2002)

Precipitación en el área de estudio

En el departamento de Nariño, donde se encuentra la Laguna de La Cocha ubicado al suroccidente Colombiano, se pueden diferenciar tres regiones fisiográficas:

- Llanura del pacífico caracterizada por las altas temperaturas y exuberante vegetación. Esta región se subdivide en la zona de mangle y la llanura del bosque húmedo que se extiende hasta las ramificaciones de la Cordillera Occidental.

- La región Andina, la de mayor extensión del departamento y la más poblada en donde se encuentra el centro político del departamento (San Juan de Pasto) y en donde la cordillera de los Andes forma el nudo de los Pastos, del cual se desprenden dos ramales: la Cordillera Occidental y la Cordillera Centro – Oriental.
- La vertiente Amazónica, ubicada al oriente del Departamento de Nariño formada por el pie de monte Amazónico, económicamente unida al Departamento del Putumayo, en donde se encuentran la geografía alto Andina y Amazónica. En esta zona se presentan terrenos abruptos poco aprovechables cubiertos por bosques húmedos y se interconectan varios ecosistemas como son el de páramo, alta montaña, colinas, planicies y humedales y en donde se ubica en la Laguna de La Cocha (CORPONARIÑO, 2011).

Aunque el clima de esta Ecorregión se ve afectado en gran parte por las corrientes de aire que actúan sobre ella como la que proviene del suroeste que deposita cierto grado de humedad sobre la cordillera centro oriental, permitiendo la moderación del régimen de lluvias entre los meses de Julio y Agosto, la Amazonía colombiana que tiene gran influencia sobre esta área, produce particularmente a mediados de año abundantes precipitaciones debido a las bandas nubosas que se forman por las masas frías que originariamente provienen del sur las cuales se mueven hasta los 5º de latitud y pueden atravesar el Ecuador incursionando en las zonas tropicales (IDEAM, 1982). Esta corriente atmosférica muy húmeda choca con las altas montañas precipitándose y causando cambios de temperatura, especialmente en las laderas circundantes a la Laguna de La Cocha y en los valles cercanos de la zona, siendo esta corriente la principal causante de las lluvias en esta área, que provoca un ciclo unimodal de precipitación con valores máximos entre los meses de Junio y Julio, (CORPONARIÑO, 2011). (IAvH – WWF – ADC, 2004), (Poveda *et al.*, 2003).

Para los meses de Diciembre a Marzo, esta área geográfica experimenta cada año, la influencia de los fuertes vientos provenientes del suroeste (SW) debido a que la ZCIT

que se encuentra en su posición más meridional. La influencia secante de estos vientos hacen que en esta época del año en esta zona se presente **disminución** de lluvias, más aun donde los vientos se comportan con más fuerza y se van debilitando hacia el suroeste debido a la pérdida de estabilidad al encontrar la barrera montañosa andina (FONADE, 1999).

En la región también se presentan vientos locales conocidos como Brisas de Montaña, que modifican la temperatura y son percibidos con mayor intensidad en las horas de la tarde. La explicación a este acontecimiento se debe al calentamiento al que se exponen las laderas de las montañas debido al intenso sol del clima frío durante el día que producen un flujo del aire del valle con dirección a la montaña, por la relación existente entre temperatura y presión atmosférica (CORPONARIÑO - MINAMBIENTE - CORPOAMAZONÍA, 2002).

1.2.2 Temperatura

La variación altitudinal en la que se ubica esta zona, hace que se presente diversidad térmica. Según los datos del IDEAM (2000) en la estación climatológica El Encano, se reporta una temperatura media anual en la Cuenca Alta del Río Guamués entre los 8 y 12°C, siendo en la Laguna de La Cocha en donde se reporta el mayor promedio de temperatura anual que corresponde a los 11.6°C y que aumenta desde la ladera a su contorno y hacia el interior en donde alcanza el máximo de 12.9°C en los meses de Febrero y Marzo cuando es verano y los mínimos de 9.6°C en el mes de Agosto de acuerdo al periodo de intensas lluvias.

La Cuenca del Río Guamués desde el sector de Santa Lucía hasta Casa de Piedra presenta temperaturas medias de 8°C, registrando sobre los 3.500 m.s.n.m. temperaturas que oscilan entre los 4 y 6°C y en elevaciones inferiores a los 2.800 msnm 10 - 12°C incluyendo la zona del Estero y Valle de Sibundoy. En el Putumayo presenta temperaturas que oscilan entre los 14 y 17°C con un promedio mensual multianual de 16°C, un máximo de 16.5°C en los meses de Noviembre a Enero y mínimas de 10.4°C, entre Julio y Agosto.

Para el Complejo Humedal RAMSAR Laguna de La Cocha, la temperatura ambiente media anual es de 11.6 °C, con un máximo medio mensual de 12.3°C en el mes de

Noviembre; mínimo medio mensual de 10.5 °C en el mes de Agosto, presentando una variación anual inferior a los 2°C, siendo esta básicamente relacionada con la baja variación de la radiación solar que se presenta en el área de estudio de acuerdo a las diferentes épocas del año (CORPONARIÑO, 2011 - CORPONARIÑO - MINAMBIENTE - CORPOAMAZONÍA, 2002) (Ver figura. 1.5)

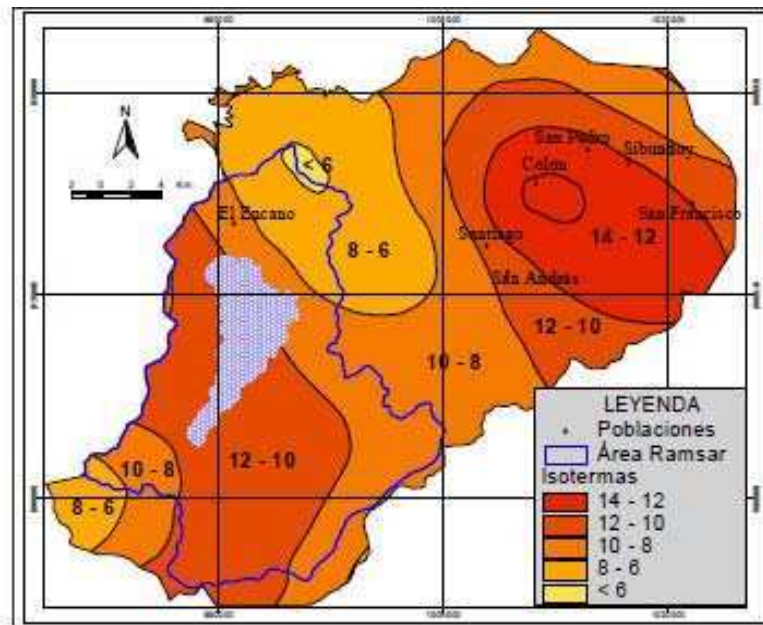


Figura 1.5 Isotermas en la Ecorregión Corredor Andino Amazónico Bordoncillo - Patascoy – La Cocha Fuente: (CORPONARIÑO, 2011)

1.2.3 Humedad Relativa

Debido a que la zona de influencia se encuentra ubicada en la región Amazónica, se percibe la influencia de los vientos Alisios que corren hacia el Noreste, llevando la nubosidad hacia los Relieves Andinos Cordilleranos (SIGAM, 2004). De acuerdo al análisis de la información arrojada por la estación climatológica El Encano, la humedad relativa media multianual de la zona es del 87%.

En la cuenca del Río Guamués; la distribución anual muestra un período de mayor humedad durante 4 meses del año, encontrándose las máximas entre los meses de Junio y Julio con un valor del 91% y las mínimas entre los meses de Octubre y Marzo con un valor del 78% (IAvH – WWF – ADC, 2004).

Para el Valle de Sibundoy, se presenta un promedio mensual multianual de 81%, el mayor valor 89.9% en los meses de Abril, Mayo y Junio y el menor valor se presenta en el mes de Enero con 75.7%. (CORPONARIÑO, 2011 - CORPONARIÑO - MINAMBIENTE - CORPOAMAZONÍA, 2002).

1.2.4 Radiación

Debido a las características orográficas y de altitud, la convergencia de los vientos sobre la región hacen que se presente una alta nubosidad en la zona. Para el sector de La Laguna de La Cocha el brillo solar varía entre 1.000 y 1.200 horas/año, aumentando de Sur a Norte. Según la estación El Encano, el valor anual es de 898.1 horas/año con un media mensual de 74.84 horas; el período de mayor expresión se presenta entre los meses de Noviembre a Enero, con un valor máximo en Diciembre de 106.9 horas, y entre los meses de Abril a Julio se encuentran las mínimas alcanzando un valor de 55.3 horas, coincidiendo con la época de verano y la época de pocas lluvias, respectivamente; de acuerdo a estos valores, la distribución general del brillo solar, evidencia la condición de alta nubosidad y humedad relativa en el aire durante casi todo el año.

En la zona que corresponde al Valle de Sibundoy, este parámetro varía entre 500 y 700 horas/año, con un valor anual de 669.9 horas/año y un promedio mensual de 55.83 horas/mes; el período de mayor expresión se presenta en el mes de Enero con 81.52 horas/año, coincidiendo con la época de verano o de pocas lluvias y el menor registro en el mes de Abril con 35.01 horas/mes, en la época en la que se presenta mayor cantidad de lluvias (IDEAM, 2000).

1.2.5 Viento

Durante el periodo de Diciembre a Marzo, esta área geográfica experimenta cada año, la influencia de los fuertes vientos provenientes del suroeste (SW) debido a que la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT) se encuentra en su posición más meridional, dando origen a una masa de aire conocida como Masa Ecuatorial Norte o Alisios del Noroeste (FONADE, 1999).

El clima de esta Ecorregión se ve afectado en gran parte por las corrientes de aire que actúan sobre ella. Los vientos del Suroeste soplan hacia el Ecuador desde el trópico y van cargados con cierto grado de humedad hasta depositarse sobre la cordillera centro oriental, permitiendo la moderación del régimen de lluvias entre los meses de Julio y Agosto (CORPONARIÑO, 2011).

Por otra parte, una masa continental o corriente atmosférica amazónica muy húmeda choca con las altas montañas precipitándose y causando cambios de temperatura, especialmente en las laderas circundantes a la Laguna de La Cocha y a los valles cercanos a la zona. Este fenómeno ocasiona importantes cambios climáticos porque aumenta la precipitación y disminuye el brillo solar (IAvH – WWF – ADC, 2004).

La estación climatológica El Encano reporta para el área del Complejo RAMSAR una velocidad media anual de 2 m/s, registrando valores máximos medios mensuales entre los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre, con un valor máximo medio mensual de 2.6 m/s en los meses de Junio y Julio, y con mínimos entre los meses de Octubre a Marzo, siendo el valor mínimo medio mensual de 1.7 m/s para el mes de Febrero.

De acuerdo al comportamiento de las medias, máximas y mínimas mensuales de esta variable, discriminando sus valores en forma mensual indica que los vientos predominantes son los Alisios del Sureste, los cuales cobran mayor fuerza entre los meses de Junio y Julio llevando humedad desde la región amazónica y favoreciendo la formación de nubes orográficas en la vertiente oriental.

La zona del Valle de Sibundoy en el Putumayo, debido a la Amazonía, caracterizada por ser una zona aspiradora de Vientos Alisios y de vapores acuosos, hizo que dicha región fuera una gran ciénega y que hoy en día debido a la Intervención de desecación del hombre se considere un gran valle propenso a inundaciones, que abarca más del 55% de la superficie total (CORPONARIÑO, 2011).

1.3 HIDROLOGÍA

El área de estudio se encuentra localizada tanto geográfica como climatológicamente en una región rica en biodiversidad y recurso hídrico formada por la estrella fluvial del páramo de Bordoncillo y el Cerro Patascoy, sus abundantes fuentes de agua o microcuencas corren hacia dos grandes vertientes: la del Pacífico y la Amazónica, que

a su vez, se hallan sectorizadas en tres cuencas: Río Guamués, Río Putumayo y Río Juanambú. (Ver tabla 1.1)

VERTIENTE	CUENCA	AREA (has)	AREA %
Amazónica	Río Guamués	47.715.2	42.88
	Alto Río Putumayo	48.842.7	43.80
Pacífico	Alto Río Juanambú	14.849.8	13.32
	Total	110.407.7	100

Tabla 1.1 Vertientes y Cuencas de la Ecorregión Bordoncillo Patascoy
Fuente: (CORPONARIÑO - MINAMBIENTE - CORPOAMAZONÍA, 2002).

En cuanto al complejo de humedales y su área de influencia, la delimitación se lleva a cabo con base en la Cuenca Alta del Río Guamués, siendo tres diferentes humedales existentes en la zona quienes conforman el complejo, estos son: humedales del páramo azonal que incluye lagunillas, turberas y pantanos, humedales del páramo zonal entre los que se encuentran lagunillas y turberas, y el humedal Laguna de La Cocha, el más importante en la Ecorregión considerado el más grande cuerpo de agua dulce del departamento de Nariño y uno de los principales atractivos turísticos de la región, el cual incluye el gran espejo de agua, sus orillas, ríos, quebradas, nacimientos y la zona de pantanos estacionales de las planicies de inundación ubicados alrededor de la laguna caracterizados por ser una lugar de anidación y hábitat de importantes aves acuáticas. En conjunto, las tres zonas forman el complejo de humedales del Humedal RAMSAR Laguna de La Cocha (CORPONARIÑO, 2011). En la figura que se presenta a continuación se delimitan las áreas de humedales para esta Ecorregión (Ver Fig. 1.6)

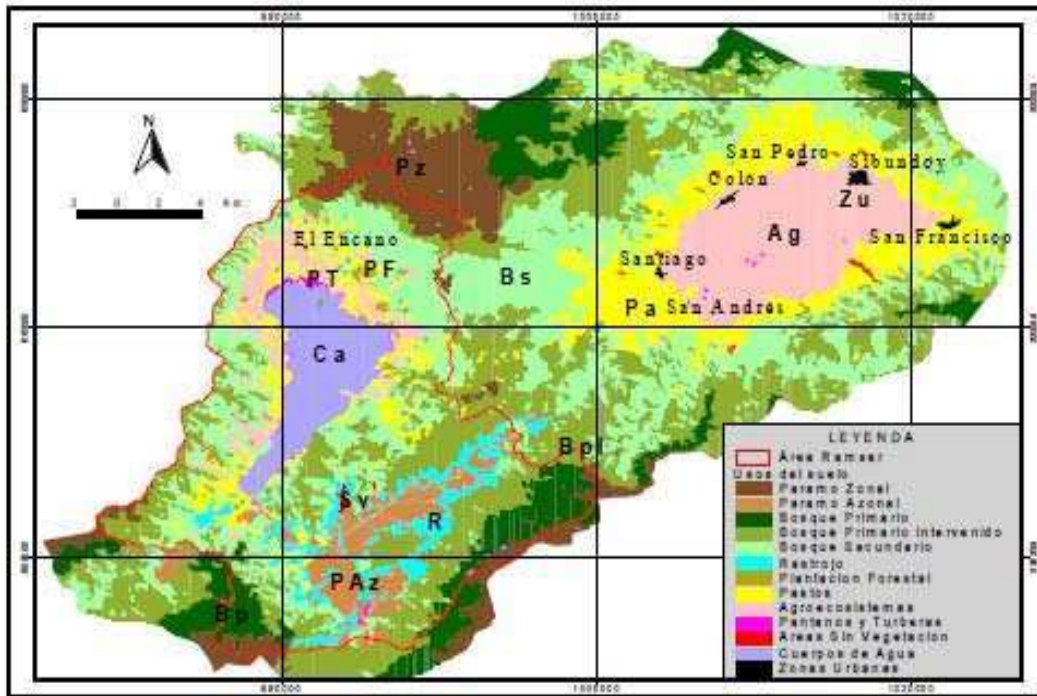


Figura 1.6. Principales humedales en la Ecorregión Bordoncillo-Patascó-La Cocha.
 Fuente: (CORPONARIÑO - MINAMBIENTE - CORPOAMAZONÍA, 2002)

Cuenca del Río Guamués: La Cuenca del Río Guamués de gran importancia hidrológica, se encuentra ubicada al Sur Oriente del Departamento de Nariño y se constituye como una parte representativa del total de la Ecorregión. De acuerdo al balance hídrico, esta cuenca se caracteriza por presentar excesos todo el año con valores máximos entre mayo – julio (115.2, 138.7 mm) y mínimos durante noviembre – febrero (61.5, 84.7 mm). Aunque en estos valores no indican saldos negativos que representarían un déficit, en la época de verano las actividades agrícolas afectan la disminución de los caudales por las actividades humanas sobre los páramos o bosques donde nacen o corren las microcuencas (IAvH – WWF – ADC, 2004). En la siguiente tabla (1.2), se especifica la sectorización hídrica de la Cuenca del Río Guamués.

CUENCA	SUBCUENCA	MICROCUENCA	AREA (ha.)
Río Guamués	Lago Guamués	Q. Santa Lucía	2109.9
		Q. Afiladores	1699.8
		Q. Ramos	561.3
		Q. Romerillo	1529.2
		Q. Motilón	679.5
		Q. El Carrizo	1507.3
		Q. El Encano	4201.0
		Q. Quilinsayaco	1407.0
		Q. Orejuela – Sta Marta	1861.6
		Q. El Laurel	979.1
		Q. San José	689.6
		Q. El Naranjal	1147.1
		Laguna de La Cocha	4162.1
	Río El Estero	R. Estero Alto	2259.3
		R. Estero Medio	3155.6
		R. Estero Bajo	2212.2
		R. Negro	1719.3
	Río Guamués Alto	R. Guamués Alto	2650.3
		R. La Lorianana	1939.2
		R. Guamués Medio	6413.0
Río Alisales	R. Alisales Alto	4809.1	
Total			47715.2

Tabla 1.2 Sectorización hídrica de la Zona RAMSAR
Fuente: (CORPONARIÑO - MINAMBIENTE - CORPOAMAZONÍA, 2002)

La dinámica hídrica de esta cuenca, está asociada al sistema lagunar; las microcuencas de la parte alta, entre estas Río El Encano, Quillinsayaco, El Laurel, Afiladores, Santa Marta, Ramos y Romerillo, vierten sus aguas en la Laguna de La Cocha para luego desembocar de manera gradual hacia el Río Guamués. Los grandes ríos como son las Joyas, Esterillo y El Estero, además de la Laguna de La Cocha, fluyen sus aguas en el gran sistema, los cuales a la llegada forman una gran playa, donde se forman meandros, siendo el agua almacenada durante un corto período en el que se forman pequeñas lagunas, para posteriormente seguir con su curso aguas abajo. Finalmente el Río Guamués se convierte en uno de los principales afluentes del río Putumayo.

La gran riqueza hídrica con la que cuenta la cuenca del Río Guamués, se atribuye a que está conformada por 4 subcuencas: Lago Guamués, Río El Estero, Río Alto Guamués y el Río Alísales Alto, las que permiten una oferta de 503.6 m³/seg, de los

cuales 1.61 m³ fueron otorgados por la Corporación Autónoma Regional CORPONARIÑO en el año 2000, de acuerdo a la concesión de aguas para el uso doméstico, piscícola, riego y agrícola (CORPONARIÑO, 1998).

La Subcuenca Lago Guamués, presenta un área de 22557.2 hectáreas y cubre el 19.85% del total del área de la cuenca. Presenta doce flujos hídricos de los cuales, cinco se configuran en microcuencas, las quebradas de: Santa Lucía, Ramos, Motilón, El Laurel, el Río El Laurel; el área restante se considera como áreas de escurrimiento directo a la laguna, entre las cuales se encuentran Quillinsayaco, San José, Afiladores, Romerillo, Carrizo, Río Negro y El Naranjal. Fuentes que alimentan al espejo de agua de la Laguna de La Cocha (CORPONARIÑO - MINAMBIENTE - CORPOAMAZONÍA, 2002).

El relieve en esta cuenca y en su área de influencia, es considerado como moderado constituyendo un relieve plano con pendiente de 1-3%, en un valle formado por el río Estero, el río Guamués y la Laguna de La Cocha con altitudes de 2.800 a 2.900 m.s.n.m. La temperatura que aquí se presenta, se caracteriza porque incrementa gradualmente desde la ladera hacia laguna, presentando un promedio total anual de 11.6°C, el mayor se alcanza en los meses de febrero y marzo con 12.9 °C y el más bajo en el mes de agosto con 9.6 °C de acuerdo a la Estación Climatológica El Encano (SIGAM, 2004).

1.4 GEOLOGÍA

La Ecorregión Bordoncillo-Patascoy se encuentra constituida por rocas intrusivas y metamórficas del Precámbrico, que han sufrido deformaciones y plegamientos a gran escala, originando una fuerte topografía. Estas rocas se encuentran en contacto con rocas volcánicas y sedimentarias del Mesozoico, sobre las cuales se encuentran rocas del Terciario y Cuaternario, este último periodo caracterizado por la presencia de glaciaciones las cuales permitieron el moldeamiento de las formas externas y el relleno de los valles con depósitos denudados de las altas montañas.

Durante el periodo Terciario, debido a una época de fracturas, hundimientos de la corteza terrestre e intensa actividad volcánica, se formó en la Laguna de La Cocha,

considerado hoy en día como uno de los lagos interandinos más reconocidos en América (Camacho, 2000).

1.4.1 Estratigrafía

Dentro del área de estudio se identifican los siguientes periodos:

Precámbrico: Identificado al Oeste y hacia Suroeste de la Laguna de La Cocha como rocas metamórficas, cuarcitas y esquistos micáceos. Fuertemente fracturado en el Valle de Sibundoy.

Paleozoico: Se observa en el margen occidental de la Laguna de La Cocha en las quebradas Romerillo y Ramos y también en la serranía que lo bordea hacia el margen oriental.

Mesozoico: Aflorante al Oriente del Río Afiladores y en la parte occidental del Río sucio, hacia el Sur y suroeste de la Laguna de La Cocha. **Cenozoico:** Del período terciario se presentan depósitos volcánicos, lavas y lavas y cenizas, avalanchas ardientes y de escombros. De estos, afloramientos de lavas (piedra pómez) se encuentran a los alrededores de la Laguna de La Cocha y capas de ceniza volcánica como también capas de vidrio volcánico en diferentes lugares del Valle de Sibundoy.

Avalanchas ardientes y de escombros, se ubican hacia el oriente de la Laguna de La Cocha. Hacia la parte nororiental de la laguna se encuentran lavas y cenizas y a sus alrededores depósitos lacustres y fluvio-lacustres. Algunos flujos de lodo y terrazas forman depósitos importantes en los alrededores de los conos o cráteres volcánicos en La Cocha y sobre el Río Guamués y sus principales afluentes.

Bordeando la parte plana del Valle de Sibundoy se localizan depósitos coluviales y aluviales (CORPONARIÑO, 2011).

1.4.2 Geomorfología Y Fisiografía

El área de estudio hace parte de la gran unidad geomorfológica Andino- Amazónica donde se reconocen tres tipos de grandes paisajes de relieve:

Relieve montañoso: caracterizado por irregularidades en sus alturas, desnivelaciones y pendientes muy fuertes, comprende cumbres, vertiente y valles.

Altiplanicie: corresponde a un área plana y ampliamente moldeada por depósitos aluviales y coluviales. Dentro de este tipo de paisaje se encuentra la parte plana, alrededores del Valle de Sibundoy, conos de deyección, abanicos aluviales, llanuras de inundación, terrazas y planicie aluvial, depósitos que bordean La Laguna de La Cocha y algunos ríos como el Guamués, además el conjunto de humedales que conforman el complejo humedal RAMSAR, zonas continentales de escurrimiento de la subcuenca de la Laguna de La Cocha, de la subcuenca del río El Estero, y la isla La Corota ubicada dentro de la laguna de La Cocha. Estas formas incluyen (CORPONARIÑO, 2011).

Relieve formado por procesos denudativos: comprende procesos meteorización y fallas, que ayudados por fuerzas de desplazamiento y por el cauce de los ríos y quebradas, viento y gravedad, han dado origen a nuevas superficies de relieve conformados por depósitos de materiales sólidos; estas formas se observan en los alrededores del Valle de Sibundoy y del Encano (CORPONARIÑO - MINAMBIENTE - CORPOAMAZONÍA, 2002).

1.5 SUELOS

Dentro de la Ecorregión, las unidades de suelo más representativas, corresponden al tipo Andisoles, suelos negros de formaciones volcánicas con buena acumulación de humus y alta productividad natural. A continuación se describen los tipos de suelos:

Suelos de ladera: ubicados en las regiones altas, cumbres y parte media de la región montañosa. A estos corresponde la siguiente clasificación:

- ✓ Asociación Oso (OA): ocupa la parte más alta de la Ecorregión como es el Páramo de Bordoncillo. Se presenta en alturas comprendidas entre los 3.300 y 3.400 m.s.n.m. en un clima muy frío, con alta pluviosidad, nubosidad constante y humedad alta.

- ✓ Asociación Tebaida (TS): ubicada principalmente en la parte media de la Ecorregión en alturas comprendidas entre 2.300 y 2.900 m.s.n.m. en un clima frío muy húmedo. Suelos profundos y bien drenados, con alto contenido de materia orgánica.
- ✓ Asociación Quillinsayaco (QB): comprende las cumbres de la Ecorregión, en alturas por encima de 3000 msnm, clima muy frío y pluvial, y acumulación de materia orgánica. Su uso es restringido por las bajas temperaturas, alta nubosidad, lloviznas frecuentes durante todo el año y poca profundidad efectiva.
- ✓ Consociación Tebaida (TE): se localiza en la parte alta y media de las laderas de la Ecorregión, alturas desde los 2000 – 3000 msnm, relieve ondulado, suelos profundos, bien drenados y de textura franco – fina y franco gruesa.
- ✓ Consociación Santiago (SP): ubicados alrededor del Municipio de Sibundoy en alturas superiores a los 3000 msnm, clima muy frío muy húmedo, presenta suelos derivados de cenizas volcánicas.
- ✓ Asociación Santiago (ST): ubicados en el Municipio de Sibundoy, en alturas generalmente por encima de los 3000 msnm, en clima frío muy húmedo con relieve fuertemente ondulado a escarpado, pendientes, cortas y largas de grado, modeladas en algunos sectores por depósitos de cenizas volcánicas.
- ✓ Asociación Chorlavi (CR): suelos presentes en alturas menores a 3000 m.s.n.m., originados a partir de materiales ígneos de uso restringido debido a las fuertes pendientes alta precipitación y poca profundidad efectiva.

Suelos de Llanura Lacustre:

- ✓ Asociación Balsayaco (BS): ocupan gran superficie de la llanura lacustre hacia el sur del Valle de Sibundoy, en donde se presenta clima frío muy húmedo, generalmente compuestos con pantanos y lugares con un nivel freático fluctuante la mayor parte del año, con relieve plano cóncavo y

drenaje natural pantanoso. Originado por acumulaciones de material orgánico sin descomponer o medio descompuesto, en un medio lacustre.

- ✓ Consociación San Jorge (SJa): suelos ubicados en la parte circundante de llanura lacustre, del Valle de Sibundoy en superficies amplias, de relieve plano, cóncavo y pendientes menores del 1%. Desarrollados a partir de sedimentos fluvio lacustres, con pobres drenajes.

Suelos de Valles Fluvio lacustres:

- ✓ Asociación Corota (CR): localizada en los alrededores de la Laguna de La Cocha, su relieve es plano con pendiente de 1-3% y en algunos sectores 3-7%, este valle está formado por el Estero, el Río Guamués y la Laguna de La Cocha con altitudes de 2.800 a 2.900 msnm, donde el clima es muy frío y húmedo (CORPONARIÑO - MINAMBIENTE - CORPOAMAZONÍA, 2002 – CORPONARIÑO, 2011).

Estos suelos típicos del área del Humedal Ramsar Laguna de la Cocha, tienen origen volcánico y presentan un alto contenido de materia orgánica sin descomponer, depositados por la actividad del lago y luego expuestos por retirada o secamiento repentino del mismo. La textura varía de liviana a pesada con características no deleznable, pH ácido, drenaje lento y pobres en nutrientes (IGAC, 2004).

1.5.1 Aptitud y Manejo de Suelos.

Para la Ecorregión del Corredor Andino Amazónico Bordoncillo – Patascoy – La Cocha, en el año de 1986 el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), encargado de la información geográfica de Colombia, clasificó los suelos de ésta zona en 6 clases agrológicas o aptitudes del suelo: Clases III, IV, V, VI, VII y VIII. En la tabla 1.3. se describe la clase y el área que cada una de estas cubre en la región.

CLASE AGROLÓGICA	SUPERFICIE (has)	PORCENTAJE (%)
III	6.273.48	5.63
IV	1.661.72	1.49
V	8.612.84	3.72
VI	8.241.54	7.30
VII	46.038.71	41.33
VIII	36.428.38	32.69

Tabla 1.3 Clases agrológicas en la Ecorregión Bordoncillo Patascoy-La Cocha.
Fuente: (CORPONARIÑO - MINAMBIENTE - CORPOAMAZONÍA, 2002)

Clase III: suelos con relieve plano y ligeramente ondulado con pendientes que van del 0 al 12%, superficiales de texturas franco arenosas y franco arcillosas. Comprende 6273.48 has, que corresponde al 5.63% del total de la Ecorregión. Actualmente utilizados en cultivos transitorios como papa, maíz, frijol, mora, cebolla y cultivos misceláneos y pastos. Es común observar problemas de erosión por sobrepastoreo.

Clase IV: suelos con relieve ondulado con pendientes que van del 12 – 25%, presentan una profundidad efectiva de moderadamente profundos a profundos, bien drenados, de fertilidad baja. Presenta una superficie de 1661.72 has que corresponden al 1.49% del total de la Ecorregión, ubicados principalmente sobre las altiplanicies. Actualmente empleados en ganadería semi-intensiva, utilización de pastos naturales y en menor proporción pastos mejorados.

Clase V: cubren una área de 8612.84 has, representando el 3.72% del total del corredor Andino – Amazónico. Presentan relieves planos menores al 7%, ubicados hacia la ribera del Río Guamués, Laguna de La Cocha, Estero y Valle de Sibundoy, las cuales constantemente están siendo drenadas, para la actividad agropecuaria, ocasionando graves problemas ecológicos y ambientales.

Clase VI: suelos con relieve quebrado con pendientes que van del 25 al 50%, presentan una profundidad efectiva de moderadamente profunda. Abarca una superficie de 8241.54 has, que corresponde al 7.30%. Su uso actual principal es la ganadería semi-intensiva y la extracción de leña.

Clase VII: suelos con pendientes fuertes que van del 25-50 %. Presentan alta porosidad, buena permeabilidad y baja fertilidad. Es la clase más representativa

para la Ecorregión, presenta una superficie de 46.038.71 has, que corresponde al 41.33% del total, ubicada principalmente sobre las cumbres. Actualmente se encuentran bosques primarios intervenidos, y bosque secundario.

Clase VIII: suelos con pendientes muy fuertes por encima del 50%, con escurrimientos difusos y moderadamente susceptibles a la erosión. Se ubican principalmente en cumbres, abarcando una superficie de 36.428,38 has que equivalen al 32.69% del área total. Es a cobertura principal de páramos zonales y bosques naturales primarios (CORPONARIÑO - MINAMBIENTE - CORPOAMAZONÍA, 2002 – CORPONARIÑO, 2011).

1.6 CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS DE LA ECORREGIÓN

1.6.1 Flora

Debido a las características orográficas del lugar, edáficas y climatológicas, la vegetación en los principales ecosistemas y los humedales asociados a la Ecorregión, teniendo en cuenta las zonas de vida de Holdridge (Holdridge, 1987), se encuentra distribuida entre el Páramo Pluvial Sub Andino (P –SA), Bosque Muy Húmedo Montano (Bmh-M) y Bosque pluvial Montano (Bp-M) (Holdridge, 1987) (Ver tabla 1.4).

ZONA DE VIDA	PISO ALTITUDINAL	SIMBOLO	PRECIPITACION	ALTURA (m.s.n.m)	T°C
Páramo Pluvial	Subandino	p – SA	1000 – 2000	>3.200	<6°
Bosque muy húmedo	Montano	Bmh – M	1000 – 2000	2800 – 3000	6° - 12°
Bosque Pluvial	Montano	Bp – M	> 2000	2800 – 3000	6° - 12°

Tabla 1.4 Zonas de vida en la Ecorregión Bordoncillo Patascoy-La Cocha Fuente: (Holdridge, 1987)

Dentro del Páramo Pluvial Sub Andino el Humedal RAMSAR Laguna de La Cocha alberga 4791 has en páramo, de las cuales 2888 pertenecen a páramo azonal y 1903 a páramo zonal. El Bosque muy Húmedo Montano cubre una área montañosa de

21276.9 has, ubicadas al margen occidental de Laguna de La Cocha y una pequeña franja que rodea Patascoy y el Bosque Pluvial Montano cubre la parte suroriental de la laguna, el Estero y Loriana (CORPONARIÑO, 2011). En la figura 1.7 se puede observar la ubicación de las zonas de vida en el área que rodea la Laguna de La Cocha.

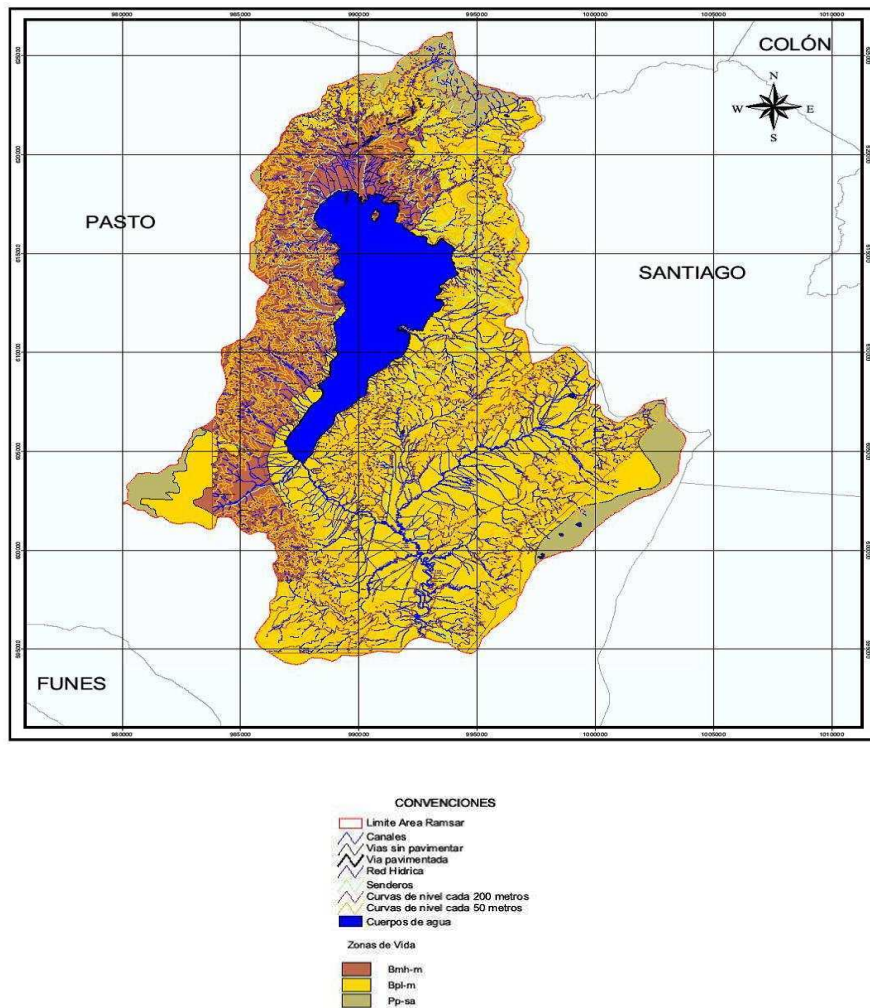


Figura 1.7 Zonas de vida en el Complejo de Humedales RAMSAR Laguna de la Cocha.
Fuente: (CORPONARIÑO, 2011)

Debido a la ubicación de la zona de influencia, se presentan diversidad de ecosistemas entre estos los altoandinos y andinos en estado primario y secundarios en regeneración natural, páramos y sistemas productivos asociados. La variedad de vegetación permite

que en este lugar se encuentre gran cantidad de hábitats y que sea considerada como una de las zonas más importante en la regulación hídrica de caudales de agua, razón por la cual, es una región reguladora – retenedora.

Páramo: ubicado entre los 3.000 y 3.600 msnm, en donde se encuentran diferentes ambientes conformados por pequeños parches de bosques chaparros, lagunas, pantanos, pajonales y frailejonales. El páramo de Bordoncillo es uno de los más extensos encontrados en la Ecorregión, con una alta representación de vegetación frailejona (*Espelletia pycnophylla*) de altura entre 0.6 m y 1.4 m, en un alto porcentaje asociado con arbustos, pajonal y helechos. En estado maduro con alturas entre los 1.80 y 5m, rodeando las asociaciones sobresalen individuos de las especies *Epidendrum frutex*, *Baccharis aff floribunda*, *Disterigma acuminatum*, *Disterigma alaternoides* y *Macleania rupestris*, los pastizales de *Pennisetum* y *Carex sp.*, igualmente se destaca la presencia de *Rubus bogotensis*, *Phytolacca rivinioides*, *Plantago ecuadoriensis*.

Cubriendo el suelo húmedo de turbera se encuentran musgos, hepáticas y licopodios entre estos *Sphagnum sp.*, *Licopodium sp.*, *Neurolepis aristata*, *Coniza sp.*, *Huperzia brevifolia*, *Cladonia sp.*, *Jamesoniella sp.*, *Anastrophyllum sp.*, *Herbertus sp.*, *Prionodon sp.*, *Dicranum sp.*, *Politrychum sp.*, entre otros, y colchones densos y rígidos de *Disterigma acuminatum*, *Geranium confertum*, *Myrteola nummularia*, *Werneria sp.* y *Diplostephium hartwegii* (Muñoz, 1996).

Bosques de niebla: se ubica entre los 2900 y los 3100 m.s.n.m. A esta altura, se encuentran árboles y arbustos de hojas gruesas y coriáceas, cubiertos en casi su totalidad por musgos y epífitas, también se encuentran rastreras que no sobrepasan los 20 cm del suelo. En este ecosistema en los límites con el páramo, la vegetación se entrecruza, iniciando con la vegetación arbórea de menor tamaño como el Granicillo (*Hedyosmun granizo*), Amarillo (*Miconia theaezans*, *M. ochracea*), Encinos, (*Weinmannia engleriana*, *W. rollottii*), Chaquilulo, (*Cavendishia bracteata*), Cerote (*Hesperomeles*). Se evidencia la predominancia de bosques primarios intervenidos, con árboles que alcanzan los

25 metros cuyos troncos están cubiertos por musgos y epífitas, donde sobresalen los vicundos (*Thillandsia*, *Guzmania*). Sobre el suelo hay un colchón suave y muy húmedo de hojarascas. La vegetación predominante está integrada por el Mate (*Clusia multiflora*), Encinos, (*Weinmannia rollotti*, *W. Engleriana*, *W. microphylla*), Cancho, (*Brunellia tomentosa*), Amarillo (*Miconia theazans*, *M. bordoncilloana*, *M. parvifolia*, *M. tinifolia*), Olloco (*Hedyosmun translucidum*), Granicillo (*Hedyosmun granizo*), Tinto (*Ilex sp.*) (CORPONARIÑO - MINAMBIENTE - CORPOAMAZONÍA, 2002)

Bosques primarios, Bosques primarios intervenidos, Bosques secundarios: las especies identificadas dentro de estas zonas de vida, se resumen en la siguiente tabla (1.5.)

ZONA DE VIDA	ESPECIES IDENTIFICADAS
Bosque Primario	<i>Clusia multiflora</i> , <i>Brunellia tomentosa</i> , <i>Hedyosmun translucidum</i> , <i>Hedyosmun granizo</i> , <i>Miconia asclepiadea</i> , <i>Miconia centrodesma</i> , <i>Miconia bordoncilloana</i> , <i>Miconia parvifolia</i> , <i>Miconia tinifolia</i> , <i>Myrsine coriariaceae</i> , <i>Ocotea sp.</i> , <i>Weinmannia engleriana</i> , <i>Weinmannia rolotti</i> , <i>Vviburnum pichinchensis</i> , <i>Oreopanax cariophyllacea</i>
Bosque Primario Intervenido	<i>Clusia multiflora</i> , <i>Brunellia tomentosa</i> , <i>Hedyosmun translucidum</i> , <i>Hedyosmun granizo</i> , <i>Miconia asclepiadea</i> , <i>Miconia centrodesma</i> , <i>Miconia bordoncilloana</i> , <i>Miconia parvifolia</i> , <i>Miconia tinifolia</i> , <i>Ilex sp.</i> , <i>Myrsine coriariaceae</i> , <i>Ocotea sp.</i> , <i>Weinmannia engleriana</i> , <i>Weinmannia rolotti</i> , <i>Vviburnum pichinchensis</i> , <i>Oreopanax cariophyllacea</i>
Bosque Secundario	<i>Clusia</i> , <i>Miconia</i> , <i>Psychotria</i> , <i>Peperomia</i> , <i>Weinmannia</i> , <i>Psammisia</i> , <i>Tibouchina</i> , <i>Begonia</i> , <i>Passiflora</i> , <i>Clethra</i> , <i>Cavendisha</i> , <i>Hediosmun</i> , <i>Cecropia</i> , <i>Ceroxylum</i> , <i>Ilex</i> , <i>Monnina</i> , <i>Myrsianthes</i> , <i>Schefflera</i> , <i>Berberis</i> , <i>Oreopanax</i> , <i>Ludwigia</i> , <i>Saurauia</i> , <i>Piper</i> , <i>Gaiodendrum</i> , <i>Pilea</i>

Tabla 1.5 Especies identificadas en Bosque primario, Bosque primario intervenido y Bosque secundario en la Ecorregión Bordoncillo – Patascoy – La Cocha.
Fuente: (CORPONARIÑO - MINAMBIENTE - CORPOAMAZONÍA, 2002)

De acuerdo a los inventarios forestales realizados en el área del complejo del Humedal Ramsar Laguna de la Cocha, se estiman 21.956.24 has cubiertas con bosques

naturales en estado primario, primario-intervenido y secundario, las cuales representan el 54.8% del área del Complejo de Humedales de la Ecorregión, en la que también se encuentran plantaciones forestales establecidas que cubren 147.4 has. La zona boscosa del Humedal presenta en general una compleja composición florística que influye los diferentes tipos de bosques asociados, en donde a pesar de la alta intervención antrópica, todavía se localizan zonas de bosque primario en las partes altas de algunas veredas que rodean la Laguna. Aproximadamente se estiman en bosque primario intervenido 9620.46 has y en bosque secundario 9893.79 has (CORPONARIÑO, 2011).

Flora asociada al Humedal RAMSAR Laguna de La Cocha

La vegetación acuática para la Ecorregión esta referenciada específicamente para la Laguna de La Cocha. Tanto a nivel de la Laguna de La Cocha como de los ríos y zonas inundables, se presenta alta diversidad de algas con predominio de la división Chlorophytas representadas por 19 familias y 41 géneros; la alta diversidad encontrada en el fitoplancton, es un indicador de la estabilidad del humedal lacustre. En referencia al grupo de algas cianofíceas, se han registrado como especies representativas *Nostoc sp.* y *Oscillatoria sp.*, ubicadas en las zonas pantanosas del humedal y en las orillas de la laguna (CORPONARIÑO, 2011).

En la laguna la mayor proporción de flora acuática está representada por plantas resistentes a las corrientes. Entre las familias más representativas se encuentran Callitrichaceae, Cyperaceae, Potamogetonaceae, Ranunculaceae y Typhaceae, siendo la que presenta una mayor cobertura y distribución dentro del cuerpo de agua y a lo largo de la orilla del mismo la especie *Scirpus californicus* conocida como Totora perteneciente a la familia Cyperaceae, seguida por la especie *Juncus bogotensis* (Totorilla) asociada con la especie *Nertera granatensis* y especies de los géneros *Lepidium*, *Ludwigia*, *Hydrocotyle*, *Sagitaria* y *Lachemilla* (Herrera *et al.*, 1996).

En las corrientes de agua asociadas a la laguna se encuentran especies de las familias Halogeraceae, Najadaceae, Potamogetonaceae, y a las orillas del Río Guamués como en el tramo que lleva hasta su nacimiento es común la especie *Ceratophyllum sp.* En las planicies inundables que rodean el espejo de agua se encuentran especies como

Nitella clavata, *Brassenia skreberiy* *Potamogeton berterouanusson* especialmente abundantes junto albarbasco (*Polygonum punctatum*), lengua de vaca (*Rumex obtusifolius*) y cortadera (*Carex rostrata*). En el sustrato de la laguna debido a su alto contenido orgánico, se encuentran asociadas plantas macrófitas que se fijan y se arraigan fuertemente al fondo y que se caracterizan por la flexibilidad de sus tallos; dentro de este grupo se encuentran 5 familias, Typhaceae, Callitrichaceae, Ranunculaceae, Potamogetonaceae, Cyperaceae, las cuales reúnen 5 géneros y 9 especies (CORPONARIÑO - MINAMBIENTE - CORPOAMAZONÍA, 2002).

A los alrededores de la laguna se reportan 85 familias, representadas por 158 géneros y 194 especies, entre las más representativas se encuentra la familia Compositae con 18 géneros y 18 especies, Ericaceae con 8 géneros y 11 especies y Orchidaceae con 7 géneros y 9 especies (Gómez, 1996).

1.6.2 Fauna

Debido a la influencia de diversos factores como el aislamiento geográfico, la diferencia altitudinal, la confluencia climática, el relieve, la riqueza de recursos hídricos entre otros, que hacen de la región de estudio una zona de diversos hábitats y ecosistemas, se evidencia la existencia de una alta diversidad faunística en todos los grupos aun cuando se encuentren pocos individuos de algunas especies. Aunque la información es escasa ya se evidencian algunas especies en peligro de extinción por destrucción de su hábitat y la cacería indiscriminada que se presenta en esta región. Los grupos faunísticos identificados se describen a continuación:

Anfibios: la información de los registros de anuros se reporta para la Cuenca de la Laguna de La Cocha, en donde se encuentran los géneros *Eleutherodactylus* y *Gastrotheca*, con 5 especies para Bordoncillo, 7 para los páramos azonales de La Cocha y 18 para los alrededores de la laguna (Narváez, 2000).

Aves: la zona se caracteriza por su alta biodiversidad avifaunística a razón de su ubicación dentro de la zona andino – amazónica, la presencia de diferentes

ecosistemas como humedales, páramos y bosque de niebla, bosques en estado secundario y de maduración, que permiten la presencia de microhábitats y la alta diversidad florística de la región conllevan a que el lugar sea considerado como área estratégica de conservación.

Dentro del reporte de aves para la Ecorregión se encuentran 26 familias: 64 géneros y 138 especies indicando como las más abundantes las familias Tharaupidae, Trochilidae y Tyraniidae y como representativas para la región las familias Coerebidae, Fringillidae y Furnariidae (Calderón, 1998).

Para la Cuenca del Río Guamués las familias más abundantes son Trochilidae, Tyrannidae y Emberizidae y como familias representativas están Coerebidae, Furnariidae y Fringillidae. De toda la región de estudio, dentro de la cuenca se encuentra la mayor abundancia de aves debido a la alta diversidad de flora, insectos y frutos, permitiendo que sea ésta una zona de refugio para diferentes especies entre estas aquellas que se encuentran amenazadas a causa de la disminución de hábitat como la Gaviota Andina (*Larus serranus*), el pato azul (*Anas Cyanoptera borreroi*), la pava de monte (*Penelope montagnii*), el tucán (*Andigena hypoglauca*), el pato pico de oro (*Anas georgica spinicauda*), la lora (*Leptossittaca branickii*), el zambullidor (*Oxiura jamaicensis ferruginea*).

Hasta el momento se han registrado 17 especies de aves acuáticas en la laguna, entre las cuales se encuentra el ave migratoria *Dendroica fusca*, como ave dominante se reporta *Fulica ardesiaca* y *Gallinula Clorhopus* como ave residente temporal y al igual que la subespecie. La avifauna altoandina se enriquece por las aves presentes en los páramos azonales llegándose a observar en los páramos de La Cocha casi el 50% de las aves de alta montaña colombiana (Calderón, 1998).

Mamíferos: la Ecorregión incluye diversidad de especies raras o amenazadas a nivel nacional y global como lo es el oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*), especie propia de los Andes tropicales y que aún es frecuente en los páramos y selvas de montaña del Alto Guamués y Alto Putumayo, al igual que el tapir de montaña o danta (*Tapirus pinchaque*), el lobo andino (*Lycalopex culpeaus*), especie propia de la cordillera de los Andes, en Colombia solo existe,

actualmente en los páramos de Nariño (subcorregión de La Cocha) el mono churuco de montaña (*Lagothrix lagothricha lugens*), el venado conejo o pudu (*Pudu mephistopheles*) considerado como una especie endémica y la más pequeña del mundo, el venado de cola blanca (*Odocoileus virginianus*), y roedores como la paca de montaña (*Agouti taczanowskii*) y (*Dinomys branickii*) entre otros (Constantino, 1999).

Reptiles: hasta el momento en la Ecorregión se reportan únicamente dos especies: *Proctoporus simoterus* y *Proctoporus striatu* (CORPONARIÑO, 2006).

Fauna asociada al Humedal RAMSAR Laguna de La Cocha

La fauna a nivel de Complejo de Humedales el Humedal Ramsar Laguna de la Cocha ocupa hábitats entre los 2.600 y los 3.400 msnm, en donde se presentan especiales características ecológicas debido a la presencia de extensas zonas de páramo, páramos azonales y de elementos de flora y fauna endémicos que únicamente se encuentra en esta zona de transición del norte de los Andes, inmensamente rica en bosque húmedo de alta montaña y en recursos hídricos (Hernández *et al.*, 1992).

La diversidad faunística del Humedal Laguna de La Cocha está dada por la riqueza de especies de macrofauna que se encuentran en el área, siendo las aves el principal grupo reportado para la zona debido a la riqueza de especies identificadas. En la tabla 1.6. que se presenta a continuación se reúnen la diversidad de fauna encontrada en ésta área.

TAXÓN	MAMÍFEROS (no voladores)	AVES	ANFIBIOS	REPTILES
Familia	18	19	4	1
Género	23	38	4	1
Especie	28	140	19	2

Tabla 1.6 Diversidad de la fauna en el Complejo de humedales RAMSAR Laguna de la Cocha
Fuente: (CORPONARIÑO, 2011)

En cuanto a la comunidad de fauna acuática, las condiciones fisicoquímicas del la Laguna de La Cocha crean condiciones particulares que se ven reflejadas en las

especies que hacen parte de las diferentes comunidades presentes aquí. Las comunidades registradas se describen brevemente a continuación:

Zooplankton: en diferentes puntos de la Laguna de La Cocha se reportaron 5 géneros de los órdenes Copépoda, Cladóceros y Rotífero, siendo el género *Dioptomus* del orden Copépoda el más abundante.

Macrobentos: la fauna que hace parte de esta comunidad, se ve afectada en esta zona por el tiempo de inundación y el de sequía baja presentándose un estimativo de baja diversidad en el bentos del todo el humedal. Entre los macroinvertebrados bentónicos reportados para el interior del lago se encuentran 3 Clases, 6 ordenes, 14 familias y 17 géneros, los cuales aunque puntualmente en algunos setores, indican la presencia de materia orgánica en descomposición (CORPONARIÑO - MINAMBIENTE - CORPOAMAZONÍA, 2002).

Peces: el reporte de este grupo en toda la Ecorregión, se referencia específicamente para la Laguna de La Cocha, el cual a pesar de encontrarse en una zona de alta biodiversidad es muy reducido en especies de peses. Entre las poblaciones nativas encontradas en la laguna se reporta el pez capitán (*Eremophilus mutisii*) y la guapucha (*Grundulus bogotensis*); estas dos especies prácticamente se encuentran desaparecidas por la introducción de “trucha arco iris” (*Onchorhyncus mykiss*), especie que pertenece al grupo salmónido y que ocasionó un gran impacto ecológico por convertirse en depredador de las especies nativas que vivían allí y que actualmente es la base principal para la economía de la región (IAvH – WWF – ADC, 2004).

Importancia de la Totora (*Scirpus californicus*): especie vegetal más representativa en el Humedal RAMSAR Laguna de La Cocha.

Es de gran importancia ambiental resaltar que el Humedal brinda albergue a diversidad de especies algunas de ellas endémicas de la región y que la variación de los procesos hidrológicos del nivel que se registra en la laguna como consecuencia de los efectos climáticos (generalmente inundaciones) afectan su hábitat, principalmente el área del

total que circunda la laguna que se ve afectada por procesos de descomposición o porque se sumerge más de lo normal.

La zona de total que hace parte de la vegetación acuática predominante en la laguna, forma un cinturón alrededor de la laguna como de la isla La Corota y cumple un papel fundamental tanto ecológico, físico y económico en la región.

Este macrófito que se distribuye hasta los 4000 metros, presenta un alto grado de tolerancia tanto a las variaciones climáticas y topográficas como a eventos inducidos por la actividad humana y pastoreo de ganado, crece en zonas fangosas y limosas ricas en materia orgánica como las que se encuentran en el litoral de la Laguna de La Cocha asociado con otras especies vegetales, en donde se reconoce la presencia de diversidad de anfibios, anuros y numerosas aves acuáticas que encuentran en esta área del Humedal un lugar de nidificación, refugio y alimento (CORPONARIÑO, 2011).

Los cambios en el nivel la laguna y las corrientes que producen extensas regiones marginales de sedimentación, perjudican las áreas litorales de la laguna las cuales a su vez se ven favorecidas con la presencia del total que con sus raíces atrapa sedimentos y ayuda en la formación de los suelos constituyendo a la vez un cinturón a lo largo de la orilla de la laguna que hace de barrera de protección contra la acción destructiva de las olas evitando la erosión (CORPONARIÑO - MINAMBIENTE - CORPOAMAZONÍA, 2002).

Cabe mencionar entre otros beneficios ambientales que la totora es considerada como purificador biológico de aguas contaminadas y que frena los procesos de eutrofización debido a sus propiedades fisiológicas. En cuanto a su uso económico como social la totora ha sido empleada artesanalmente en la fabricación de esteras, balsas entre otras artesanías, como material para la construcción de sombras, techos y trenzados para armar y como alimento para animales menores ya que la parte sumergida es altamente digestible y nutritiva en comparación con la parte aérea de la planta (Caicedo *et al.*, 2013). En la regiones aledañas a la Laguna de La Cocha el uso de la totora generalmente está destinado como forraje para ganado y otras especies menores.

Aunque el área de totorales en la laguna no presenta un incremento significativo alrededor del espejo de agua, se han encontrado evidencias de su disminución debido a las actividades antrópicas entre estas el corte y la quema de totora principalmente

para ampliación de la frontera ganadera y agrícola (para lo que se construyen canales de drenaje que permitan la adecuación del terreno), construcción de embarcaderos particulares y jaulas para el cultivo de la trucha arco iris (*Onchorhynchus mykiss*) base principal para la economía de la región. Las áreas en donde los totorales se encuentran severamente intervenidos y fragmentados están ubicadas en su mayoría hacia el borde noroccidental de la laguna, en donde las fuertes pendientes condicionan el desarrollo de fenómenos de remoción en masa los que provocan flujos de lodo y piedra que terminan afectando los totorales presentes en la zona (CORPONARIÑO - MINAMBIENTE - CORPOAMAZONÍA, 2002).

Debido a la importancia que representa el área total del Humedal RAMSAR, el suelo está dado para la conservación y recuperación con el fin de garantizar el hábitat de vida silvestre, especialmente de aves migratorias y permanentes, y para mantener y soportar la recarga y descarga de acuíferos (RAMSAR).

1.7 SANTUARIO DE FLORA – ISLA DE LA COROTA (SFIC) – LAGUNA DE LA COCHA



Figura 1.8 Santuario de Flora Isla de La Corota en la Laguna de La Cocha. Fuente: L. Narvaez

El SFIC es una isla de forma ovalada que se encuentra ubicada hacia el norte de la laguna, coordenadas geográficas N01° 07' 56,1" y W77°09' 11,24" alcanza una extensión de 16 hectáreas, de las cuales 12 ha corresponden a tierra firme o bosque y 4 ha son una franja de totora y junco alrededor de la isla; la elevación del espejo de agua es 2.760 msnm y la elevación máxima de la isla 2.843 msnm. La temperatura promedio es de 11°C y el clima considerado para la isla es frío, la precipitación media anual es de 2.000 mm con una distribución monomodal observándose el mayor valor medio en junio con 147,5 mm y el valor mínimo en el mes de enero con 74,7 mm para un total anual promedio de 1.341,5 mm. El ecosistema correspondiente a esta pequeña área ha sido designado como bosque muy húmedo de piso frío (Pantoja, 2010).

El acceso hacia la isla desde la Ciudad de Pasto, capital del Departamento de Nariño, se realiza por la vía al Putumayo hasta la población de El Encano a 22 km, desde donde se desplaza hasta la Vereda El Puerto a orillas de la Laguna La Cocha, para tomar una lancha hacia el Santuario. Desde El Puerto la distancia es aproximadamente 1,3 km.

Debido a las características ecológicas de la región, el Santuario de Flora Isla La Corota presenta una clara funcionalidad biológica y ecosistémica de la biodiversidad existente en la Isla. Esta funcionalidad es proporcionada por las zonas centro y sur de la región donde los ecosistemas y la biodiversidad se hallan menos intervenidos por las acciones antrópicas. Regionalmente el Santuario de Flora Isla La Corota, en el contexto ecosistémico del Humedal Laguna de La Cocha, se convierte en un gran escenario paisajístico, que por condiciones únicas de accesibilidad brinda servicios ecoturísticos como senderismo, observación de fauna y flora silvestre, observación de aves, actividades náuticas, fotografía y video, investigación científica y educación ambiental en coordinación con las reservas privadas de la sociedad civil (López *et al.*, 2005).

Dentro de los inventarios de flora realizados en La Corota, se describen 65 familias, siendo las más abundantes Orchidaceae y Compositae las cuales reúnen un total de 210 especies, de las cuales sobresalen el Cancho (*Brunellia tomentosa*), el Motilón

dulce (*Hyeronima macrocarpa*), encinos (*Weinmania sp.*), el Velo Blanco (*Aegiphilla bogotensis*) con abundante vegetación epífita y helechos arbóreos, de gran tamaño; asociadas a la Totora se encuentran macrofitas fijas de hojas flotantes como las *Najas sp.* Con relación a la fauna se registran 5 especies de mamíferos, 4 especies de anuros, 46 especies de aves terrestres y 20 especies de aves acuáticas (CORPONARIÑO, 2011).

1.8. GEOPOLÍTICA Y POBLACIÓN

El humedal en estudio, pertenece al área del Corregimiento de El Encano, ubicado dentro del Departamento de Nariño, Municipio de Pasto, cuya población es de 6.943 personas en su mayoría campesinas y que cohabitan con el Pueblo Indígena Quillasinga del Resguardo Refugio del Sol – El Encano. Los habitantes del corregimiento se encuentran distribuidos en 19 veredas que rodean la laguna, distante a 23 Km. de la Ciudad de Pasto y que han constituido a nivel privado aproximadamente 57 Reservas de la Sociedad Civil con el fin de fomentar actividades productivas sostenibles, la valoración del individuo, de la familia y la conservación de los ecosistemas (CORPONARIÑO, 2011).

Cuenta también con vías fluviales y lacustres para el transporte de pasajeros, turistas y productos agrícolas, en el tramo navegable del río Guamués y algunos de sus afluentes, inclusive al interior de la Laguna de La Cocha.

La región se encuentra circundada en su mayoría por vías secundarias que comunican las áreas de influencia del orden departamental, municipal, veredal y caminos de herradura o penetración a nivel rural que comunican las áreas de influencia, las cuales, se encuentran en su mayoría sin pavimentar y en deficiente o regular estado. A nivel urbano, se cuenta con vías pavimentadas; en general las vías principales como secundarias son utilizadas para el transporte de maderas, carbón, ganadería, agricultura y pesca, actividades de las que dependen los habitantes alrededor de la Laguna de La Cocha como en el Valle de Sibundoy.

CAPITULO 2:

DATOS Y METODOLOGÍA

Para llevar a cabo el desarrollo del trabajo se realizó la búsqueda de datos de los parámetros a analizar: precipitación y niveles de agua de la Laguna de La Cocha en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

La selección de los datos se realizó teniendo presente que el IDEAM es una entidad del Gobierno de Colombia dependiente del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, encargada del manejo de la información científica, hidrológica, meteorológica y aspectos relacionados con el medio ambiente del territorio colombiano. El IDEAM, que ejerce desde el año 1995 tiene a cargo la administración, el funcionamiento y ubicación de las bases meteorológicas e hidrológicas dentro del país, con el fin de recopilar información, pronósticos, alertas y asesoría sobre el comportamiento del clima a la población; además de ello, vela por los recursos biofísicos del país en temas relacionados con su contaminación y degradación, indispensables para las decisiones tomadas por las autoridades ambientales. En base al manejo de información especializada sobre los diferentes ecosistemas encontrados en el país y de diferentes parámetros técnicos, la entidad propicia el uso adecuado del suelo dentro del contexto de planificación y ordenamiento territorial (IDEAM).

- **DATOS DE PRECIPITACION**

1- Estación Climatológica El Encano. Pertenece a una de las estaciones climatológicas principales del IDEAM dentro del área de estudio. La estación El Encano es la más cercana a la Laguna de La Cocha, de la cual se solicitaron los datos de precipitación de un periodo correspondiente a 24 años, entre 1987 y 2011. La estación se encuentra ubicada en el corregimiento El Encano del Municipio de Pasto – Departamento de Nariño, a una altura de 2830 msnm y a 400 metros de la Laguna. Geográficamente se ubica a una latitud de 1.159944 y una longitud -77.161472. (Colombia)

El reporte de la precipitación en esta estación se realiza diariamente a las 7:00 horas en la mañana.

Características de los instrumentos de medición: para medir la precipitación en la zona se emplea un pluviómetro convencional de área: 200-100cm² (Ver figura 2.1) También se cuenta con un pluviógrafo del que se toman los datos y se analiza la precipitación eventualmente cuando el pluviómetro no presenta datos confiables. El pluviógrafo presenta un área de 200 cm², Tipo Hellman, Marca Lombrecht (Ver figura 2.2). Las características se verificaron por observación directa en la zona, con las personas responsables de tomar las medidas quienes aportaron información sobre las precipitaciones que se registran en el área.



Figura 2.1 Fotografía pluviómetro empleado en el área de estudio Fte L Narvaez



Figura 2.2 Fotografía pluviógrafo empleado en el área de estudio. Fte L. Narvaez

La estación meteorológica que registra los datos de precipitación para el lugar de estudio es de tipo manual y automático y es monitoreada constantemente. Las estaciones manuales generan datos verídicos por parte del observador teniendo presente que puede existir un margen de error por la persona encargada; sin embargo, al ser esta estación de ambos tipos, en el caso de presentarse alguna dificultad con los datos tomados manualmente, los datos faltantes pueden obtenerse del análisis generado a partir del instrumento automático en este caso el pluviógrafo el cual recibe constante revisión y calibración, lo que garantiza la protección de los sensores del equipo emitiendo datos más precisos y confiables.

2- TRMM: Tropical Rainfall Measuring Mission. Medición de Lluvias Tropicales.

El TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) es un satélite de NOAA que mide las precipitaciones en la franja de 35° de latitud Norte y 35° de latitud Sur, esta especialmente localizado para obtener muy buena información alrededor de los trópicos. La medición de la distribución vertical de las precipitaciones es realizada por el satélite a partir de radares y microondas. Se analizó la información obtenida a partir de las imágenes satelitales TRMM y se las comparó con los datos observacionales.

- **DATOS DEL NIVEL DE LA LAGUNA**

1- Estación Limnimétrica Sindamanoy: Corresponde a la estación limnimétrica más cercana al área de estudio. Se encuentra ubicada en la Laguna de La Cocha una altura de 2795 msnm. La ubicación geográfica corresponde a una latitud de 1.13522 y una longitud de -77.14719. La solicitud de los datos de este parámetro se realizó para el periodo de estudio correspondiente a 24 años al igual que los valores de precipitación entre 1987 y 2011.

El reporte del nivel de agua de La Laguna es realizado de manera manual por el inspector encargado dos veces en el día en el horario de las 6 am y 6 pm.

Características de los instrumentos de medición: para reportar los valores de nivel de agua de la laguna se emplean limnímetros de tramo de un metro de altura marcados cada centímetro, empalmados cada 2 metros a lo largo de la Laguna. Las características de los limnímetros se observaron durante el recorrido en un tramo de la laguna (Ver figura 2.3 y 2.4)



Figura 2.3 Limnómetro ubicado en la Laguna de La Cocha. Fte L Narvaez



Figura 2.4 Limnómetro ubicado en la Laguna de La Cocha .Fte L Narvaez

- **APLICACIÓN DE MODELOS CLIMATICOS PARA LA PROYECCION DE ESCENARIOS FUTUROS DE PRECIPITACIÓN**

Para analizar las proyecciones de las precipitaciones se utilizaron Modelos Climáticos Globales (GCMs) como herramienta de simulación de las precipitaciones futuras. Estos modelos que permiten hacer proyecciones basados en el efecto que las emisiones de los gases de efecto invernadero tienen sobre el clima, describen elementos físicos y procesos importantes en la atmósfera, el océano y el suelo que ocurren dentro del sistema climático, basados en leyes físicas representadas por

ecuaciones matemáticas que se resuelven utilizando una rejilla tridimensional sobre el globo terráqueo. Históricamente los GCMs han sido la fuente primaria de información para construir escenarios de cambio climático y siempre suministran la base inicial para comprender el cambio climático en todas sus escalas desde lo regional hasta lo local. Para el siguiente estudio se utilizaron los modelos UKMO-HadCM3 y ECHAM5/MPI-OM. Estos modelos climáticos globales se eligieron teniendo presente que son ampliamente usados por su confiabilidad y por ser citados en trabajos científicos previos.

Características de los modelos utilizados.

El HadCM3 (UKMO-HadCM3) es un GCM acoplado océano-atmósfera desarrollado en el año 2000 en el Centro Hadley perteneciente al Reino Unido (Hadley Centre for Climate Prediction and Research Met Office United Kingdom). Las variables atmosféricas que pronostica son, temperatura, velocidad zonal (U), velocidad (V), presión en superficie, agua líquida contenida y agua líquida. La resolución atmosférica es de 2,5° de latitud por 3,75° de longitud, que equivalen a unos 417 x 278 km en el ecuador y unos 295 x 278 km a 45° de latitud aproximadamente.

El modelo ECHAM5/MPI-OM, es también un Modelo Climático Global acoplado océano-atmósfera. Es la quinta versión del ECHAM desarrollado en Alemania por el Instituto Max Planck (Max Planck Institute for Meteorology). Las variables atmosféricas que pronostica son vorticidad, divergencia, temperatura, presión, vapor de agua, agua líquida en nubes y hielo en nubes. La resolución atmosférica que emplea es de 1,875° de longitud por 1,875° de latitud (IPCC).

Escenarios

El crecimiento socioeconómico trae asociados efectos a las variaciones regionales del clima conllevando a un incremento en la vulnerabilidad al cambio climático de los ecosistemas además de los sectores socioeconómicos; sin embargo, el conocimiento de las proyecciones del comportamiento de los ecosistemas y de los diferentes

sectores para el futuro es una incertidumbre. Para tener una idea de cómo se verían afectados los ecosistemas y los diferentes sistemas socioeconómicos, se pretende prever el clima futuro basándose en diferentes escenarios de cambio climático considerados no como un pronóstico ni una predicción sino como una representación del clima afectada por el desarrollo de la actividad humana, constituyendo una herramienta de utilidad para la creación de modelos del clima que posibiliten la toma de decisiones frente a la adaptación y mitigación a posibles cambios. Estos escenarios proyectados hacia los cambios futuros climáticos generados por los gases de efecto invernadero han sido desarrollados por el IPCC (reporte especial de Escenarios de Emisiones, 2000) y reflejan un número de diferentes caminos en los que el mundo podría desarrollarse y las diferentes consecuencias que el crecimiento económico, el uso de la energía y las tecnologías representarían para la humanidad (Jones *et al.*, 2004).

Los escenarios (SRES) como han sido denominados comprenden 4 familias:

- SRE A1: esta línea evolutiva como la familia de los escenarios A1, describe un mundo futuro con alto crecimiento económico, una población que alcanza su valor máximo hacia mediados de siglo y disminuye posteriormente, y una rápida introducción a tecnologías nuevas y más eficientes. Sus características distintivas más importantes son la convergencia entre regiones, la creación de capacidad y el aumento de interacciones culturales y sociales, acompañadas de una notable reducción de las diferencias regionales en cuanto a ingresos por habitante. La familia de escenarios A1 se diferencian en su orientación tecnológica: utilización intensiva de combustibles de origen fósil (A1FI), utilización de fuentes de energía no de origen fósil (A1T), o utilización equilibrada de todo tipo de fuentes (A1B) entendiéndose por equilibrada la situación en que no dependerá excesivamente de un tipo de fuente de energía, en el supuesto de que todas las fuentes de suministro de energía y todas las tecnologías de uso final experimenten mejoras similares.
- SRE A2: La línea evolutiva y familia de escenarios A2 describe un mundo muy heterogéneo. Crecimiento demográfico lento con lo que se obtiene una población en continuo crecimiento. Sus características más distintivas son la

autosuficiencia y la conservación de las identidades locales. El desarrollo económico está orientado básicamente a las regiones, y el crecimiento económico por habitante así como el cambio tecnológico están más fragmentados y son más lentos que otras líneas evolutivas.

- SRE B1: La línea evolutiva y familia de escenarios B1 describe un mundo convergente con una misma población mundial que en A1, pero con rápidos cambios en las estructuras económicas orientados a una economía de servicios e información, acompañados de una utilización menos intensiva de los materiales y la introducción de tecnologías limpias con un aprovechamiento eficaz de los recursos. En ella se da preponderancia a las soluciones de orden mundial encaminadas a la sostenibilidad económica, social y ambiental, así como a una mayor igualdad, pero en ausencia de iniciativas adicionales en relación con el clima.
- SRE B2: La línea evolutiva y familia de escenarios B2 describe un mundo en el que predominan las soluciones locales a la sostenibilidad económica, social y ambiental. Es un mundo cuya población aumenta progresivamente a un ritmo menor que en A2, con un nivel de desarrollo económico intermedios, y con un cambio tecnológico menos rápido y más diverso que en la líneas evolutivas A1 y B1. Aunque este escenario está también orientado a la protección del medio ambiente y a la igualdad social, se enfoca en niveles locales y regionales.

Para el siguiente trabajo se tomaron como referencia los SRES A2 y B1, teniendo presente que el SRE A2 presenta alta posibilidad de aumento tanto de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) como del calentamiento mundial en superficie, mientras que el SRE B1 muestra una disminución de los GEI y un aumento más leve de la temperatura superficial (todo ello para el periodo 2000 -2100 de acuerdo al IPCC. Ver figura 2.5).

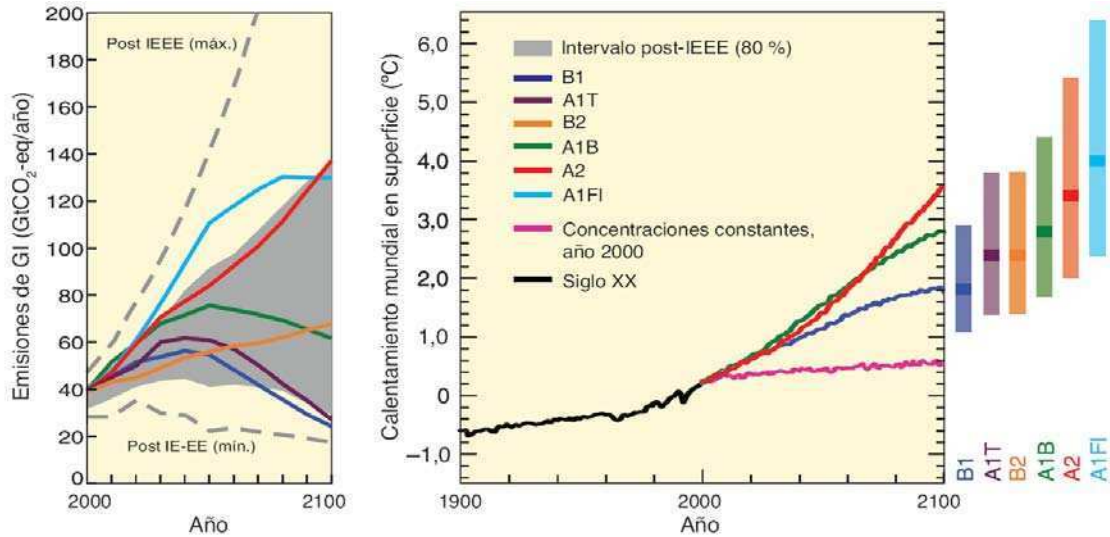


Figura 2.5 Escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero entre el 2000 y el 2100 y proyecciones de las temperaturas en la superficie. Fuente IPCC, 2007.

Después de elegidos los modelos y los escenarios se analizaron los cambios proyectados del régimen de precipitaciones para el periodo 2010 – 2039 utilizando como referencia las precipitaciones del periodo 1961 -1990. El análisis se hizo con los modelos UKMO-HadCM3 y ECHAM5/MPI-OM, para los SRES A2 y B1. La información empleada se obtuvo desde el IPCC-DDC.

CAPÍTULO III

3.1 CLIMATOLOGÍA DE LA PRECIPITACIÓN: ANALISIS Y RESULTADOS

Precipitación en el área de estudio

En el departamento de Nariño ubicado al suroccidente Colombiano, lugar en donde se encuentra la Laguna de La Cocha, se pueden diferenciar tres regiones fisiográficas: Llanura del Pacífico, la región Andina y la vertiente Amazónica, ubicándose en esta última la Laguna de La Cocha (CORPONARIÑO, 2011). De acuerdo con los estudios de (Poveda *et al.*, 2003), los vientos que provienen de la Amazonía Colombiana aportan una gran parte de las lluvias en esta área, provocando un ciclo unimodal de precipitación con valores máximos entre los meses de Junio y Julio. (IAvH – WWF – ADC, 2004),

3.1.1 ANÁLISIS DE LOS DATOS DE PRECIPITACIÓN

Distribución de la precipitación mensual en el periodo de estudio

La distribución de precipitación en la Estación del Encano, ubicada en las orillas de la Laguna de La Cocha, durante el período 1987 a 2011 se presenta en el siguiente gráfico (figura 3.1). Se puede observar que llueve las durante todos los meses del año aunque algunos meses del período estudiado presentan muy baja precipitación. Existe una alta variabilidad en los valores mensuales máximos de precipitación, destacándose varios meses de lluvias extremas.

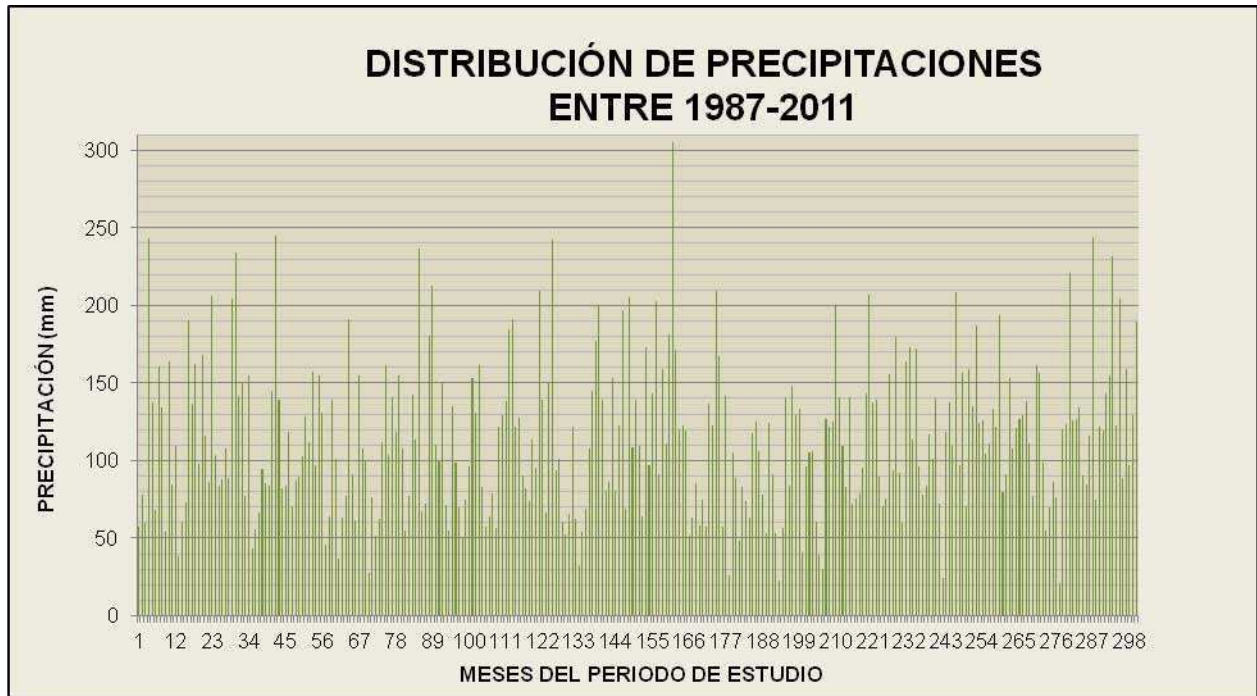


Figura 3.1 Distribución de las precipitaciones en la estación Encano durante el período 1987 a 2011

Promedios mensuales de Precipitación

Se obtuvieron los promedios mensuales del período estudiado (figura 3.2). Se observa la existencia de dos temporadas anuales de precipitación, una de mayor y otra de menor intensidad de lluvias. Durante el periodo correspondido entre los meses de Abril y Julio se registran mayores precipitaciones, mientras que durante los meses comprendidos entre Agosto y Marzo las precipitaciones son menores. Esto nos indica que el área de estudio presenta un comportamiento unimodal estacional tal como se describe en el Plan de Manejo Integral del Humedal RAMSAR Laguna de La Cocha, presentado por IDEAM.

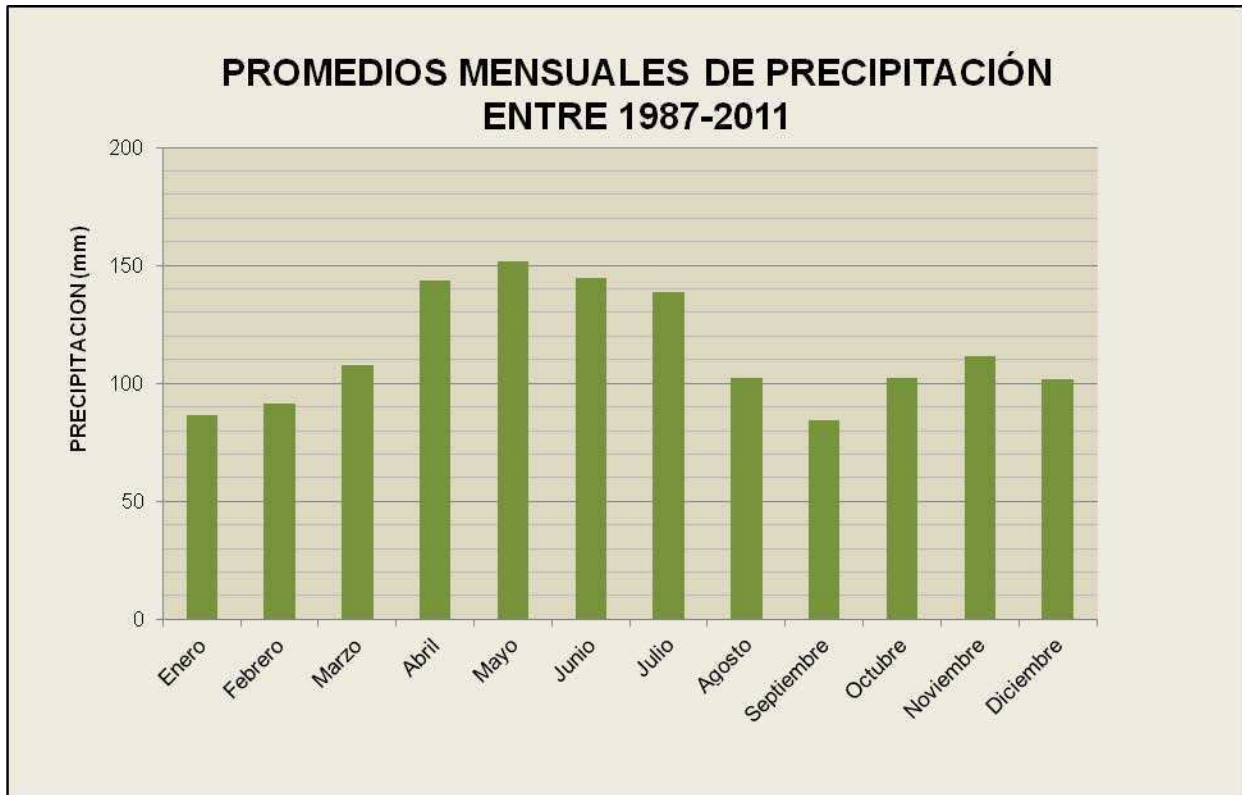


Figura 3.2 Promedios mensuales de precipitación en la estación meteorológica El Encano .

Valores máximos mensuales de precipitación.

A partir de la serie mensual de precipitaciones para el período de estudio, se obtuvieron los máximos mensuales graficados en la figura 3.3, en la que se puede observar en que año de cada mes las precipitaciones fueron mayores.

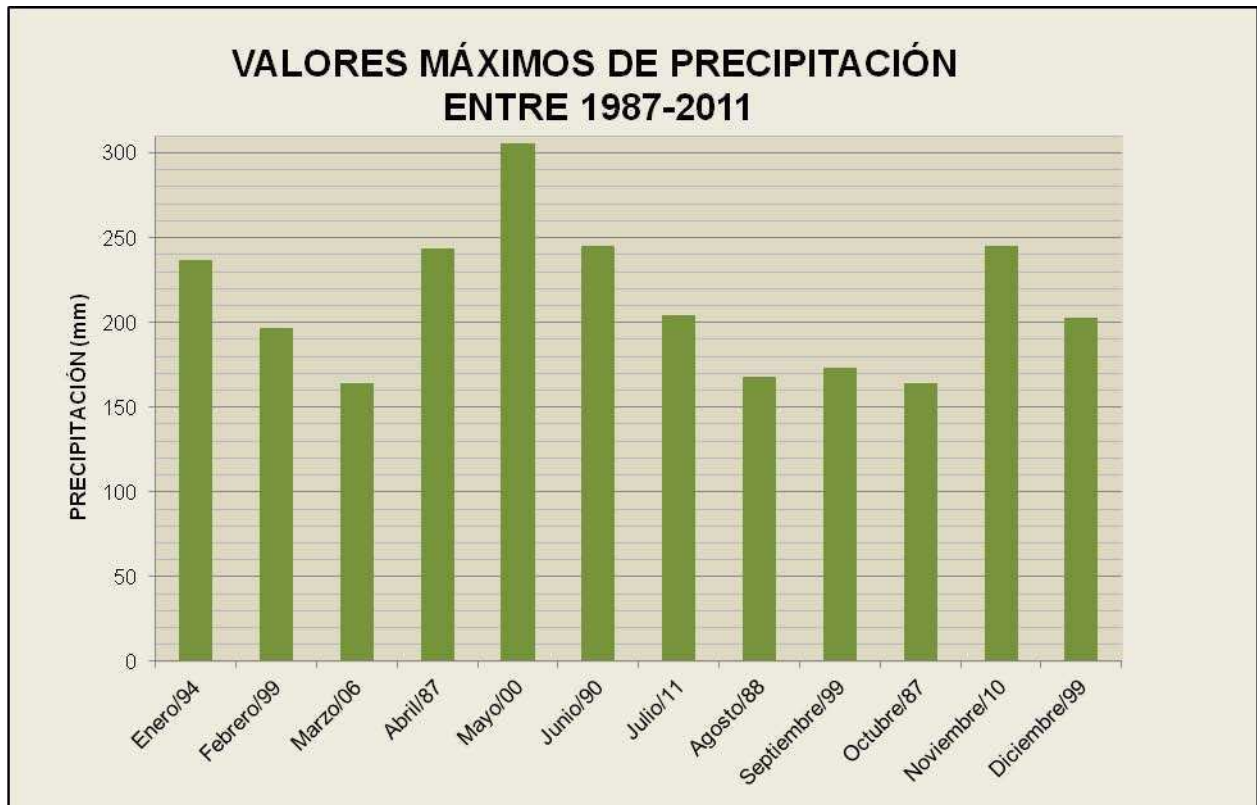


Figura 3.3. Valores máximos mensuales de precipitación (1987-2011)

Valores mínimos mensuales de precipitación

En la figura 3.4 se pueden observar los mínimos de la precipitación mensual, indicando para cada mes, el año en que se registró.

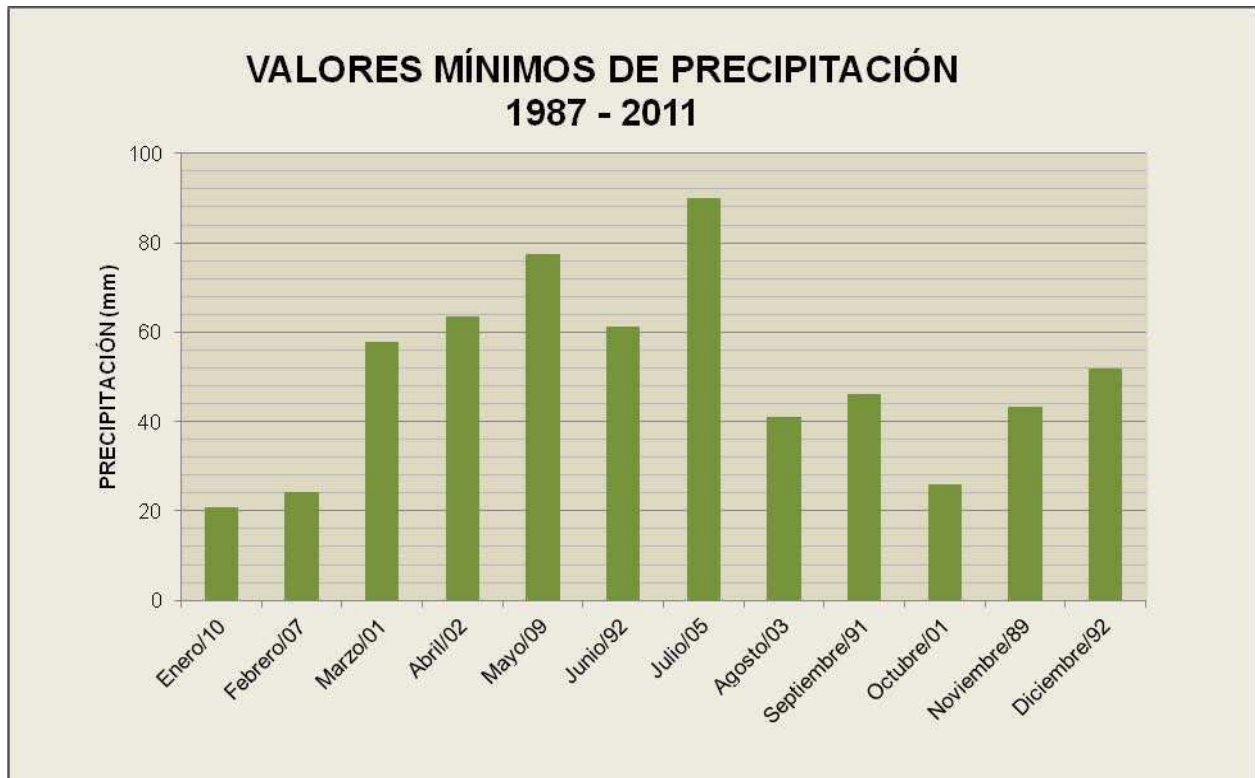


Figura 3.4 Valores mínimos de precipitación mensual (1987-2011)

Valores anuales de precipitación

A partir de los datos de la estación El Encano para el periodo 1987-2011 se obtuvo la precipitación acumulada anual, mostrada en la tabla 3.1. Los valores oscilan entre 1017 mm y los 1760 mm, y la precipitación media anual de 1366 mm. De acuerdo al Plan de Manejo del Humedal (2011), teniendo presentes los valores reportados por las diferentes estaciones cercanas al humedal RAMSAR Laguna de La Cocha, se establece que en el humedal Lacustre la precipitación media anual es de 1492.57mm, valor cercano al reportado en este trabajo a partir los datos procesados.

AÑO	PRECIPITACIÓN ANUAL (ancumulada)
1987	1351.4
1988	1440.5
1989	1431.4
1990	1301.5
1991	1322.8
1992	1039
1993	1349.9
1994	1490.2
1995	1075.5
1996	1469.8
1997	1366.1
1998	1325.7
1999	1630.5
2000	1581.7
2001	1244.9
2002	1017.9
2003	1122.9
2004	1266.2
2005	1465.1
2006	1390.4
2007	1475.7
2008	1469.1
2009	1286.7
2010	1482.5
2011	1760.9

Tabla 3.1 Valores anuales de precipitación calculados a partir de los datos de la Estación Climatológica Encano

3.1.2 PRECIPITACIÓN Y SU RELACIÓN CON ENSO, “EL NIÑO Y LA NIÑA - OSCILACIÓN del SUR”

Para un análisis de precipitación dentro del periodo de estudio se tuvo en cuenta el índice ONI (Oceanic Niño Index) utilizado por el Centro de Predicción del Clima NOAA, el cual define operacionalmente el fenómeno **El Niño** cuando el promedio de tres meses de las anomalías de las temperaturas superficiales del Océano Pacífico (ATSM) en la región Niño 3.4 (5°N, -5°S, 120°E, 170°W) es mayor o igual a +0.5°C (episodios cálidos marcados en color rojo. Ver tabla 3.1). En forma inversa define al fenómeno de

La Niña cuando el promedio de tres meses de ATSM es menor o igual a -0.5°C , (episodios fríos marcados en color azul), en el resto de los casos se determina como un evento **Neutro** (episodios marcados en color negro) (NOAA).

En la siguiente tabla (3.2) se observan los valores de las temperaturas superficiales del Océano Pacífico desde el año 1987 hasta el año 2011 y se marcan con azul (episodio frío, La Niña) o rojo (episodio cálido, El Niño) de acuerdo a los valores negativos o positivos respectivamente, también se aprecia con color negro los eventos neutros.

Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1987	1.2	1.3	1.2	1.1	1.0	1.2	1.4	1.6	1.6	1.5	1.3	1.1
1988	0.8	0.5	0.1	-0.2	-0.8	-1.2	-1.3	-1.2	-1.3	-1.6	-1.9	-1.9
1989	-1.7	-1.5	-1.1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1
1990	0.1	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4
1991	0.3	0.2	0.2	0.3	0.5	0.7	0.8	0.7	0.7	0.8	1.2	1.4
1992	1.6	1.5	1.4	1.2	1.0	0.7	0.3	0.0	-0.2	-0.3	-0.2	0.0
1993	0.2	0.3	0.5	0.6	0.6	0.5	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
1994	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	1.0	1.2
1995	1.0	0.8	0.6	0.3	0.2	0.0	-0.2	-0.4	-0.7	-0.8	-0.9	-0.9
1996	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.5
1997	-0.5	-0.4	-0.1	0.2	0.7	1.2	1.5	1.8	2.1	2.3	2.4	2.3
1998	2.2	1.8	1.4	0.9	0.4	-0.2	-0.7	-1.0	-1.2	-1.3	-1.4	-1.5
1999	-1.5	-1.3	-1.0	-0.9	-0.9	-1.0	-1.0	-1.1	-1.1	-1.3	-1.5	-1.7
2000	-1.7	-1.5	-1.2	-0.9	-0.8	-0.7	-0.6	-0.5	-0.6	-0.6	-0.8	-0.8
2001	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2	-0.1	0.0	0.0	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3
2002	-0.2	0.0	0.1	0.3	0.5	0.7	0.8	0.8	0.9	1.2	1.3	1.3
2003	1.1	0.8	0.4	0.0	-0.2	-0.1	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3
2004	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	0.8	0.7	0.7	0.7
2005	0.6	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	-0.2	-0.5	-0.8
2006	-0.9	-0.7	-0.5	-0.3	0.0	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	1.0	1.0
2007	0.7	0.3	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.6	-0.8	-1.1	-1.2	-1.4
2008	-1.5	-1.5	-1.2	-0.9	-0.7	-0.5	-0.3	-0.2	-0.1	-0.2	-0.5	-0.7
2009	-0.8	-0.7	-0.5	-0.2	0.2	0.4	0.5	0.6	0.8	1.1	1.4	1.6
2010	1.6	1.3	1.0	0.6	0.1	-0.4	-0.9	-1.2	-1.4	-1.5	-1.5	-1.5
2011	-1.4	-1.2	-0.9	-0.6	-0.3	-0.2	-0.2	-0.4	-0.6	-0.8	-1.0	-1.0

Tabla 3.2. Episodios cálidos y fríos de acuerdo a las temperaturas del Océano Pacífico. Fuente: NOAA

Respecto a este fenómeno, el IDEAM (2010), afirma que en el territorio Colombiano los episodios El Niño se manifiestan en un déficit de precipitaciones en la región Caribe y Andina (en donde se encuentra la zona de estudio) y mayores lluvias hacia la parte sur del Pacífico colombiano y el piedemonte de la cordillera Oriental. Contrario a ello los

episodios La Niña se evidencian más claramente ya que provocan un incremento en las precipitaciones que se pueden manifestar en grandes pérdidas por el incremento de inundaciones y movimientos en masa.

Entre los eventos más destacados en Colombia ocasionados por fenómenos hidrometeorológicos como El Niño, se encuentra el episodio del 1997-1998 el cual provocó gran magnitud en los efectos socioeconómicos relacionados con la vulnerabilidad de la población. Más del 50% de las pérdidas fueron por mayores costos en la provisión de los servicios básicos de electricidad y agua, además de ello se presentaron incendios forestales de amplia extensión. Sin embargo, se registraron muchos más desastres, cuando en el año 1999 La Niña provocó uno de los episodios más grandes en Colombia ocasionando grandes inundaciones y deslizamientos (CAN, 2009).

En general en el territorio Colombiano, se evidencia más claramente los impactos de La Niña, debido al ostensible incremento de desastres que causa (CAN, 2009).

Valores máximos mensuales de precipitación y su relación con ENSO.

Del análisis de la figura 3.3, se resaltan las siguientes conclusiones:

- Abril 1987: máximo de precipitación para el mes respectivo en el periodo de estudio y para el año 1987. No se vio afectado por el fenómeno de El Niño que prevaleció durante todo el año.
- Octubre de 1987: presenta el máximo de precipitación a pesar de ser un año El Niño.
- Agosto de 1988, coincide el máximo de precipitación con un evento La Niña.
- Junio de 1990: presenta el máximo de precipitación a pesar de ser un año de condiciones neutras.
- Enero de 1994: presentó el máximo de precipitación (236.8mm) de todos los meses de Enero (mes de bajas precipitaciones). Esta anomalía en las precipitaciones (incremento de lluvias en la época de menor precipitación) no estuvo asociada a ningún fenómeno ENSO; la temperatura del océano manifestó condiciones neutras en enero 1994 .

- En Febrero de 1999 (mes de bajas precipitaciones), se observa un pico de precipitaciones, concordando con un año La Niña.
- Septiembre de 1999, coincide el máximo de precipitación con ser un año La Niña.
- Diciembre de 1999, coincide el máximo de precipitación , concordando con un año La Niña.
- Mayo de 2000 se presentó el mayor valor de precipitación (305.1 mm) dentro del periodo de estudio 1987 – 2011. Durante este año se registró uno de los episodios del fenómeno de La Niña más marcados para Colombia ocasionando daños en 24 de los 32 departamentos que hacen parte del país.
- Marzo de 2006 coincide con un evento La Niña.
- Noviembre del 2010 se reportó el mayor valor de precipitación para este año y para todos los meses de Noviembre (244.5mm) siendo esto una anomalías en el régimen de precipitaciones (incremento de lluvias en temporada de bajas precipitaciones). Esto puede verse asociado al fenómeno de La Niña que comenzó en el segundo periodo del 2010 y que se encontraba en su etapa máxima de maduración, continuando hasta el 2011.
- En Julio de 2011 se registró el máximo valor de precipitación para todo el año y para el mes respectivo de todo el periodo de estudio. Según los reportes del IDEAM, este año se reporta como uno de los eventos La Niña más fuertes, siendo las regiones Caribe, Pacífica y Andina (región en la que se ubica la región de estudio) las zonas en donde más se incrementaron las lluvias.

Se observa que si bien la mayoría de los meses de máxima precipitación coinciden con años La Niña (7), existen máximos mensuales que no están asociados a La Niña. Lo que sugiere que existen otros factores que afectan los máximos de precipitación.

Valores mínimos mensuales de precipitación y su relación con ENSO

Analizando la figura 3.4., se observa:

- Noviembre de 1989: menor valor de precipitación en este año y para los meses de Noviembre del periodo de estudio. Para este momento el Océano Pacífico se encontraba en condiciones neutras.
- Junio de 1992: menor valor de precipitación registrado para todos los meses de Junio durante el periodo de estudio. La anomalía en el régimen de lluvias (bajas precipitaciones para la temporada de intensas lluvias) puede verse asociado con el fenómeno de El Niño que se registró desde 1991 y que continuó hasta el primer semestre de este año.
- Diciembre de 1992; presenta un mínimo coincidente con un estado Neutro.
- Marzo del 2001: se observa un mínimo a pesar que este mes estuvo afectado por el fenómeno de La Niña.
- Octubre de 2001: presenta un mínimo coincidente con un estado Neutro
- Abril 2002: se registran los valores mínimos de precipitación para todos los meses de Abril durante el periodo de estudio (63.4 mm). Este mes corresponde a la temporada en la que se reportan las máximas precipitaciones. Entre Abril y Mayo del 2002 se da inicio a un episodio El Niño.
- Agosto de 2003: menor valor de precipitación registrado para el mes respectivo durante el periodo de estudio. En este periodo no se manifestó ningún fenómeno ENSO, la temperatura del Océano Pacífico presentó condiciones neutras.
- Julio de 2005: presentó un mínimo coincidente con un estado neutro. Se debe destacar que estos valores representan una anomalía en la estación lluviosa.
- Febrero de 2007: menor precipitación para el mes respectivo en el periodo comprendido entre 1987-2011. Puede relacionarse con el fenómeno El Niño que inicio a finales del 2006 y se postergó hasta Enero del 2007.
- Mayo de 2009: se registran los valores mínimos de precipitación para este mes durante el periodo de estudio (77.4 mm). Este mes corresponde a la temporada en la que se reportan las máximas precipitaciones. Si bien para Mayo del 2009 la temperatura del Océano manifiesta condiciones neutras, este mes está entre un periodo La Niña y uno de El Niño.

- Enero de 2010: se presentó el menor valor de precipitación para el periodo de estudio. Aunque Enero corresponde al periodo de bajas lluvias en la zona, su mínimo valor de lluvias puede estar asociado al fenómeno de El Niño que inicio en el segundo semestre del 2009 y termino en el mes de Abril de 2010. Este evento se describe como uno de la más reciente de sequía para el periodo estudiado registrado con un déficit alto de precipitaciones mayor al 70% según el reporte del IDEAM.

Como se puede observar, no todos los mínimos mensuales coinciden con algún evento de El Niño.

Observaciones sobre la precipitación anual

A partir de la anterior tabla 3.1 se puede concluir:

- Durante el año 2011 se reportó el mayor valor de precipitación anual dentro del periodo de estudio (1760.9mm). Este año estuvo fuertemente golpeado por el fenómeno La Niña en dos periodos. El primero durante los cuatro primeros meses del año con un episodio que inicio a mediados del 2010. Después de un periodo de condiciones neutras a mediados de 2011 se manifiestan características de un nuevo episodio La Niña, siendo este evento más débil y moderado que a comienzos del mismo año (OMM, 2012).
- En el año 2002 se reportó el menor valor de precipitación anual (1017.9mm). Este año se presentó un episodio Niño el que se prolongó hasta comienzos del 2003, provocando un alto impacto socioeconómico en el país (IDEAM, 2012).

Otras anomalías de precipitación mensual y anual

Realizando el análisis de los datos de la estación meteorológica El Encano, se encontraron algunas anomalías de precipitación mensual y anual durante el periodo de estudio, las cuales en su mayoría se encontraron relacionadas con los fenómenos ENSO. Estas anomalías se agregan a continuación en orden cronológico:

- Noviembre de 1988: se presentó el mayor valor de precipitación (205.8mm) de todo el año, encontrándose un cambio en el régimen de lluvias. Para diciembre del mismo año se presentó uno de los mayores incrementos en el nivel de la laguna (323cm), analizado dentro del periodo de estudio. En los últimos meses de este año un episodio La Niña alcanzó su fase de maduración.
- El año 1992 presentó uno de los valores anuales más bajos de precipitación (1039 mm), lo que pudo estar asociado al fenómeno de El Niño. De acuerdo al IDEAM para este año, el déficit de lluvias alcanzo entre el 40 y 80% de los valores normales de precipitación en la zona.
- Noviembre de 1998: se observa un pico alto en las precipitaciones que no corresponden al régimen normal de lluvias para esta temporada. Para esta época del año se identificó un episodio La Niña que inició en el segundo semestre de este año y que se extendió hasta 3 años más tarde.
- En el año de 1999 se presentó el segundo valor anual más alto de precipitaciones (1630.5 mm). Estas precipitaciones se pueden ver asociadas al fenómeno de La Niña. Según el IDEAM en este año se presentó uno de los episodios más fuertes de la Niña que inicio en el segundo semestre de 1998 y se extendió hasta Marzo del 2001.

3.1.3 AÑOS ENSO Y SU INFLUENCIA EN LAS PRECIPITACIONES DE LA ZONA

Anteriormente se realizó el análisis de las precipitaciones en relación a los fenómenos La Niña y El Niño. Sin embargo, es importante destacar que los fenómenos ENSO en esta zona durante el periodo de estudio no siempre provocaron alteraciones en este parámetro físico.

A continuación se detallan los años El Niño y La Niña y se describen eventos relacionados con las precipitaciones en la zona (tabla 3.3)

EVENTO ENSO	AÑO	ANOMALÍA EN LAS PRECIPITACIONES
FENOMENO EL NIÑO	1987	ninguno
	1991	ninguno
	1992	segundo año de menor valor de precipitación
	1994	ninguno
	1995	tercer año de menor valor de precipitación
	1997 -1998	ninguno a pesar de ser el evento El Niño más fuerte del siglo XX
	2002	año de menor valor anual de precipitación
	2003	cuarto año de baja precipitación
	2004	ninguno
	2006	ninguno
	2009	ninguno
	2010	Aunque Enero se encuentra en la temporada de bajas precipitaciones presento el menor valor de precipitación de todo el periodo de estudio.
	1988	Mayor valor anual de precipitación reportado en

FENOMENO LA NIÑA		Noviembre, mes de escasas lluvias.
	1989	ninguno
	1995	A pesar de presentarse un evento La Niña en los últimos cuatro meses del año, se presentó un evento El Niño a inicios de año. Año de bajas precipitaciones.
	1996	Incremento de lluvias en época de bajas precipitaciones.
	1998	ninguno
	1999	segundo año de mayor valor anual de precipitaciones
	2000	tercer año de mayor valor anual de precipitaciones
	2001	ninguno
	2005	Incremento de lluvias en Diciembre, mes de bajas precipitaciones
	2006	ninguno
	2007	Incremento de lluvias entre Octubre – Diciembre periodo de escasas lluvias.
	2008	Incremento de precipitaciones en época de escasas lluvias. El mayor valor anual se

		reportó en Octubre.
	2009	Incremento de lluvias entre Enero – Marzo meses de bajas precipitaciones
	2010	Incremento de lluvias en Octubre y Noviembre meses de bajas precipitaciones. El mayor valor anual se presentó en Noviembre.
	2011	Año de mayor valor de precipitación anual, incremento de lluvias en el periodo de bajas precipitaciones (Noviembre – Marzo).

Tabla 3.3 Años ENSO y las anomalías en las precipitaciones de la región de estudio Laguna de La Cocha

Para el año 1995 se reportó un evento El Niño que inició desde Diciembre de 1994 hasta Abril de 1995, seguido a ello se presentó un periodo neutro y finalmente a partir de Agosto de 1995 hasta Febrero del 1996 se manifestó el fenómeno La Niña. A pesar de esto se produjo el tercer año de menor valor de precipitación.

Conclusión

Analizando los máximos y mínimos mensuales, los valores anuales y las anomalías de la precipitación, en la estación Encano, vemos que si bien durante los años La Niña se producen mayores lluvias, y en los años El Niño menores, estos efectos no se manifiestan siempre. Por lo tanto es necesario considerar la existencia de otros factores que están influyendo en el aumento o disminución de la precipitación en esta zona.

De igual manera si se evalúa la tabla 3.3 donde se muestran los años ENSO, se observa que los eventos no siempre presentan efectos sobre la precipitación; por lo tanto, no se puede generalizar la influencia del ENSO en la precipitación.

Luego del análisis realizado, se confirma la generalización realizada por IDEAM pero teniendo en cuenta los puntos anteriores se debería profundizar el estudio considerando el fenómeno de las ondas de Madden-Julien- **MJO**.

Ciclo de precipitación de MJO

A continuación incluimos un breve resumen sobre las ondas de Madden Julián como introducción a futuros estudios de precipitación en la región.

El sistema atmósfera- océano tropical varía en muchas escalas de tiempo incluyendo:

- El ciclo diario forzado por el ciclo diario del Sol debido a la rotación de la Tierra sobre su eje,
- Los sistemas sinópticos de tiempo (huracanes y otros) que duran unos cuantos días,
- La variabilidad intraestacional o variabilidad de mes a mes, la **Oscilación de Madden Julien- MJO**,
- El ciclo estacional / anual, forzado por el ciclo anual del Sol debido a la traslación de la Tierra alrededor del Sol.
- Variabilidad interanual o variabilidad de año a año-tal como **el Niño**.

El pronóstico acertado de esta variabilidad beneficiará a las poblaciones de las regiones tropicales y también al resto de la Tierra debido a las teleconexiones remotas entre el tiempo en los trópicos y otras partes del globo. En la escala intraestacional de variabilidad, la Oscilación de Madden Julien, es actualmente considerada como la oscilación de 30-60 días.

El MJO se caracteriza por una propagación hacia el este de la lluvia sobre " la zona cálida -warm pool region- desde el océano Índico al Pacífico occidental. Se puede calcular un ciclo compuesto medio del MJO, promediando sobre muchos eventos individuales. Los mapas diarios de la **Figura 3.4 (2)** son algunos ejemplos del ciclo MJO con un período nominal de 48 días y muestran las anomalías de precipitación dado que el mapa climatológico de precipitación media ha sido restado. Cuando la anomalía es positiva + (sombreado azul) hay más lluvias de lo normal. Cuando la anomalía es negativa - , sombreado rojo, hay menos lluvia de lo normal.

El ciclo MJO presentado aquí está definido por Wheeler and Hendon (2004) y es aceptado como la definición standard. Está dividida en 8 fases, cada fase es 1/8 del ciclo completo. Un evento MJO individual puede durar entre 30 y 60 días. Considerando un período típico de 48 días , cada fase dura 6 días

El ciclo MJO comienza en fase 1, desarrollándose sobre el Océano Índico un aumento en la precipitación (azul), luego este aumento se mueve lentamente hacia el este, en las fases 2 y 3 . En la fase 4, alcanza las islas de Indonesia, en las fases 6, 7 y 8 se propaga hacia el este sobre el Pacífico oeste, y finaliza en el Pacífico central. Entonces comienza el siguiente ciclo MJO en fase 1 nuevamente sobre la parte oeste del Índico. Detrás de la región de mayor precipitación hay una región donde la precipitación disminuye o es reprimida (anomalía negativa -) sombreada en rojo. Por lo tanto, en ciertos momentos del ciclo del MJO, hay un dipolo de anomalías de precipitación.

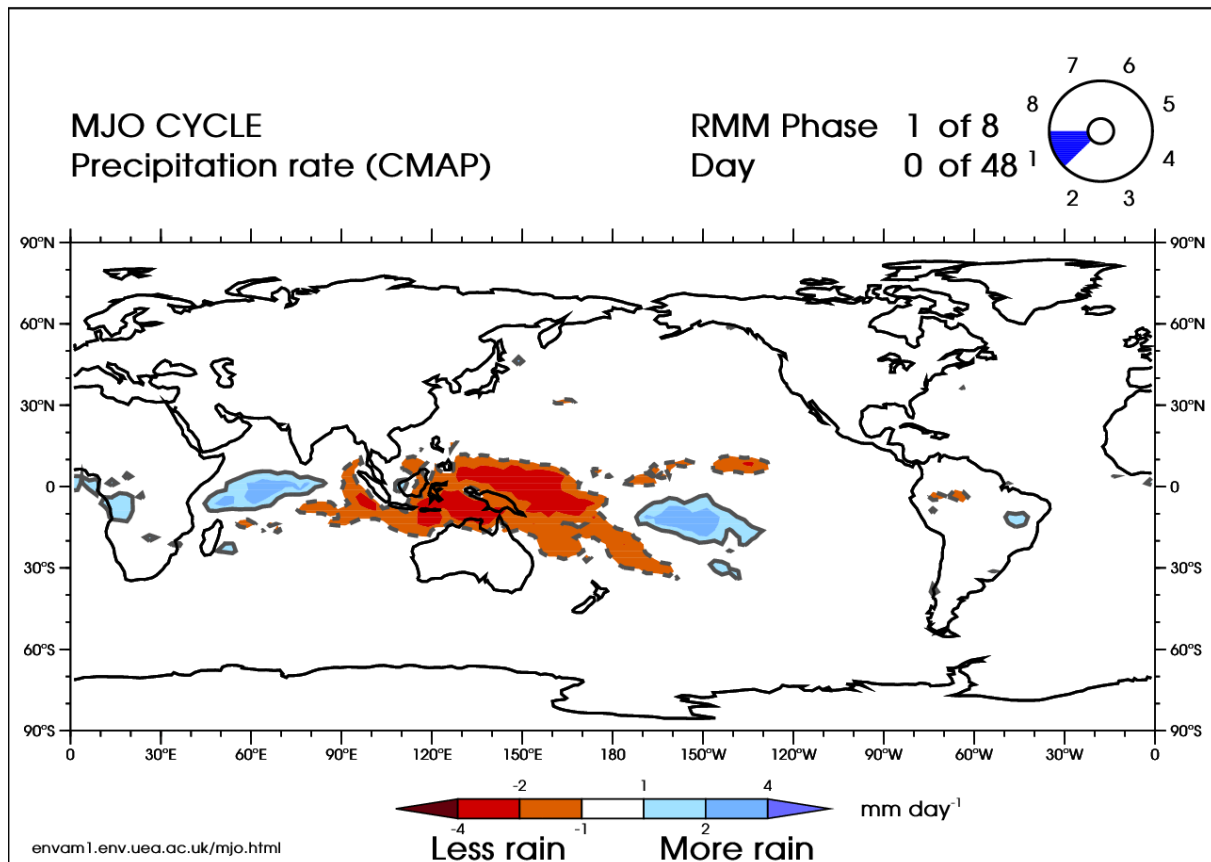


Figura 3.4 (2) Ciclo MJO de anomalía de precipitación (CMAP data set).

Las anomalías de precipitación mostradas en el mapa son calculadas usando el conjunto de datos globales de precipitación de CMAP basados en mediciones satelitales de temperatura de tope de nubes y calibrado con estaciones de superficie (pluviómetros). La resolución horizontal es relativamente baja (2.5° o aproximadamente 250 km), el período de mediciones comienza en 1979 .

Tendencias de las precipitaciones

De acuerdo al gráfico de la tendencia de precipitación acumulada anual para los datos analizados, (ver figura 3.5) se puede observar que este parámetro va en aumento.

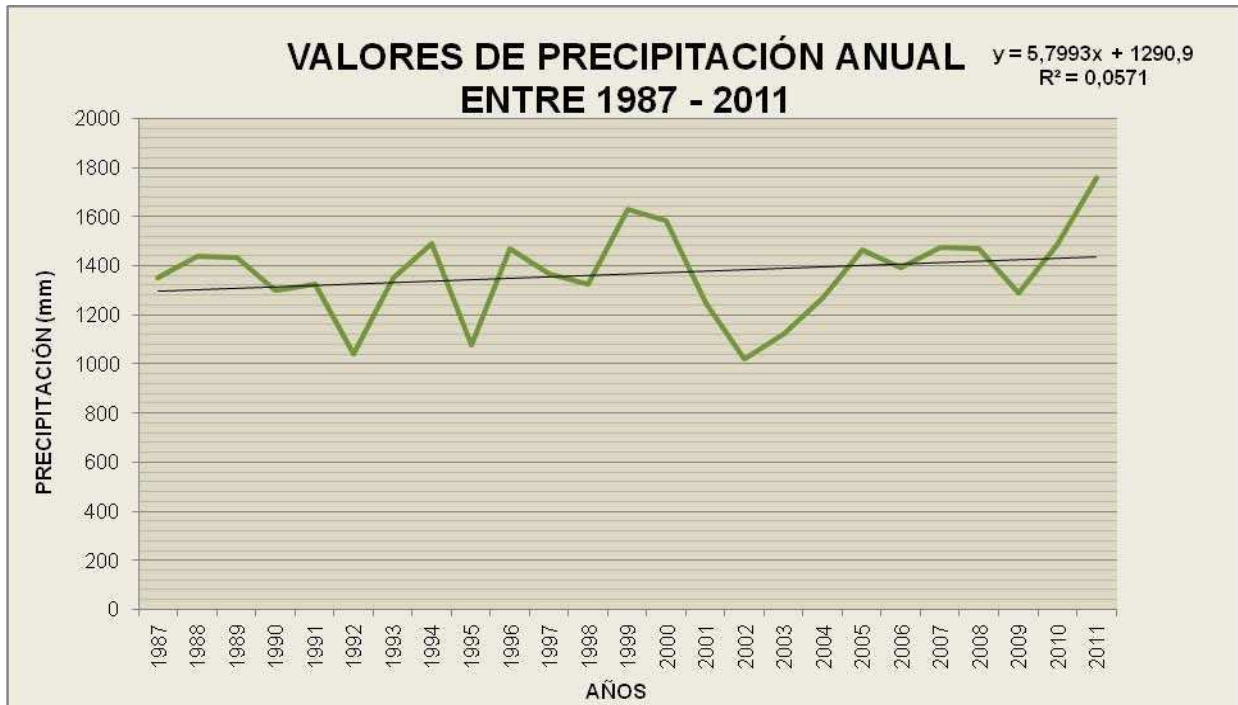


Figura 3.5 Valores de precipitación anual: línea verde, tendencia: línea negra

El análisis de las tendencias de precipitación mensual se muestran en la tabla 3.4 que se presenta a continuación:

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Variación de la precipitación	S.M	S.M	↗	S.M	↘	↗	S.M	↘	↗	↗	↗	↗

Tabla 3.4 Tendencias mensuales de las precipitaciones

S.M: sin modificaciones

↗ : tendencia al incremento en las precipitaciones

↘ : tendencia a la disminución en las precipitaciones

Entre los meses de mayores precipitaciones (entre Abril – Agosto) se puede observar que Mayo y Agosto presentaron una tendencia negativa, siendo ésta más representativa en el mes de Agosto (ver figura 3.6).

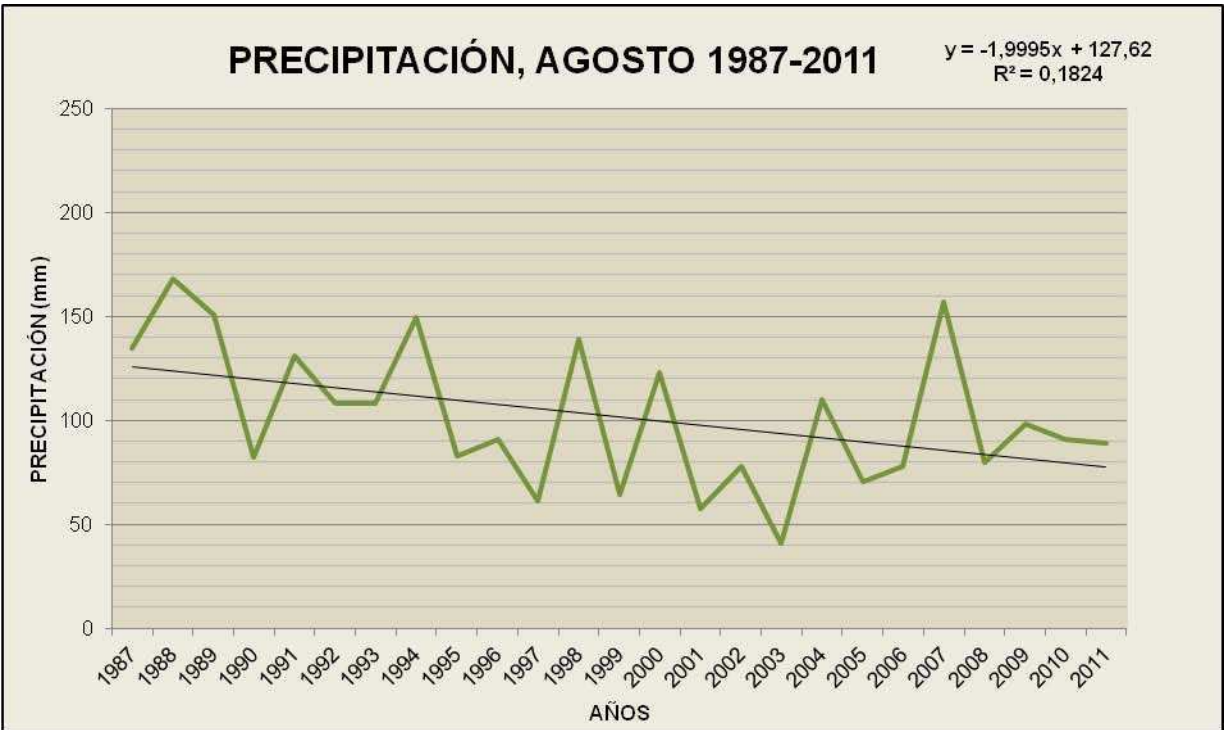


Figura 3.6 Valores de precipitación mes de Agosto

En cuanto a la temporada en que se espera menor precipitación (Octubre – Marzo), se observa una tendencia al incremento de las precipitaciones para los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre, siendo la tendencia del mes de Diciembre la más representativa (ver figura 3.7).



Figura 3.7. Valores de precipitación mes de Diciembre

Tal como se observó en la tabla 3.4, cuatro de los seis meses que corresponden a la temporada de bajas precipitaciones (desde Septiembre hasta Diciembre) presentaron tendencias en aumento, mientras que dos meses de altas lluvias (Mayo y Agosto) tuvieron tendencias negativas, esto lleva a pensar que se produjo una disminución en la variabilidad estacional.

3.1.4 IMPACTOS DE LAS PRECIPITACIONES EN LA REGIÓN

Cabe destacar que en la región de estudio se han presentado impactos ambientales, de gran magnitud por causa de precipitaciones elevadas. Como se ha analizado y se mencionó anteriormente, estos eventos no siempre están asociados al fenómeno ENSO; por lo tanto deben estudiarse otras causas.

De acuerdo al reporte entregado por la Dirección Administrativa para la Gestión del Riesgo de Desastres (entidad encargada a nivel nacional de hacer seguimiento a los planes de gestión de riesgos e informar sobre el estado y posibles riesgos de cada municipio), se lograron evidenciar inundaciones en la zona independientes del incremento de los niveles de la Laguna de La Cocha, entre estas cabe destacar:

- A finales del 2006 se presentó un incremento en las precipitaciones. El 27 enero de 2007 se reportó una inundación en El Puerto, resultando 40 familias afectadas. *El nivel de la laguna no alcanzo mayores niveles para este mes.* En el año 2007 se presentó un evento La Niña; sin embargo este se manifestó entre Agosto y Septiembre del mismo año.
- La precipitación registrada en el mes de Noviembre de 2010 se consideró como el valor anual más alto, temporada en la que se reportó un deslizamiento en la vía que conduce a la vereda Santa Clara ubicada al norte de la Laguna de La Cocha, debido al incremento de las altas precipitaciones. *No se presentó un incremento significativo en los niveles de la laguna en los meses próximos.* Un evento La Niña se presentó entre Julio y Diciembre de 2010.
- En el año 2011 se reportó el mayor valor anual de precipitaciones en la zona durante todo el tiempo de estudio. Para este año se presentaron 4 inundaciones reportadas para el 14 y 23 de Julio y 22 y 23 de Diciembre afectando aproximadamente 238 terrenos entre casas de familia y predios en diferentes veredas del corregimiento El Encano. En el año 2011 se presentaron dos eventos La Niña separados por un periodo neutro ente Mayo y Agosto. *Para este año se presentó un incremento en el nivel de la Laguna de La Cocha y el desbordamiento de ríos.*

Si bien no siempre los años ENSO producen cambios en las precipitaciones, se observa que los eventos más impactantes sobre el ambiente se produjeron en su gran mayoría con años La Niña.

CAPÍTULO IV

4.1 NIVEL DE LA LAGUNA Y SU RELACIÓN CON LAS PRECIPITACIONES

De acuerdo al Plan de Manejo del Humedal RAMSAR Laguna de La Cocha llevado a cabo en el 2011, el nivel de agua de la laguna presenta un régimen monomodal acorde al patrón de lluvias que se presenta en la zona: intensas entre Abril - Agosto y menores entre Octubre – Marzo; usualmente es durante los meses correspondientes entre Marzo y Agosto que ocurran inundaciones periódicas anuales hacia las zonas bajas circundantes a la laguna de características superficiales ligeramente planas o plano cóncavas (CORPONARIÑO, 2011).

A partir del análisis de los datos recopilados desde la estación limnimétrica Sindamanoy para el periodo de estudio entre 1987 -2011 se elaboró el gráfico de distribución de los niveles que ha presentado la Laguna de La Cocha, el cual recopila todos los meses que comprende el trabajo de investigación (ver figura 4.1)

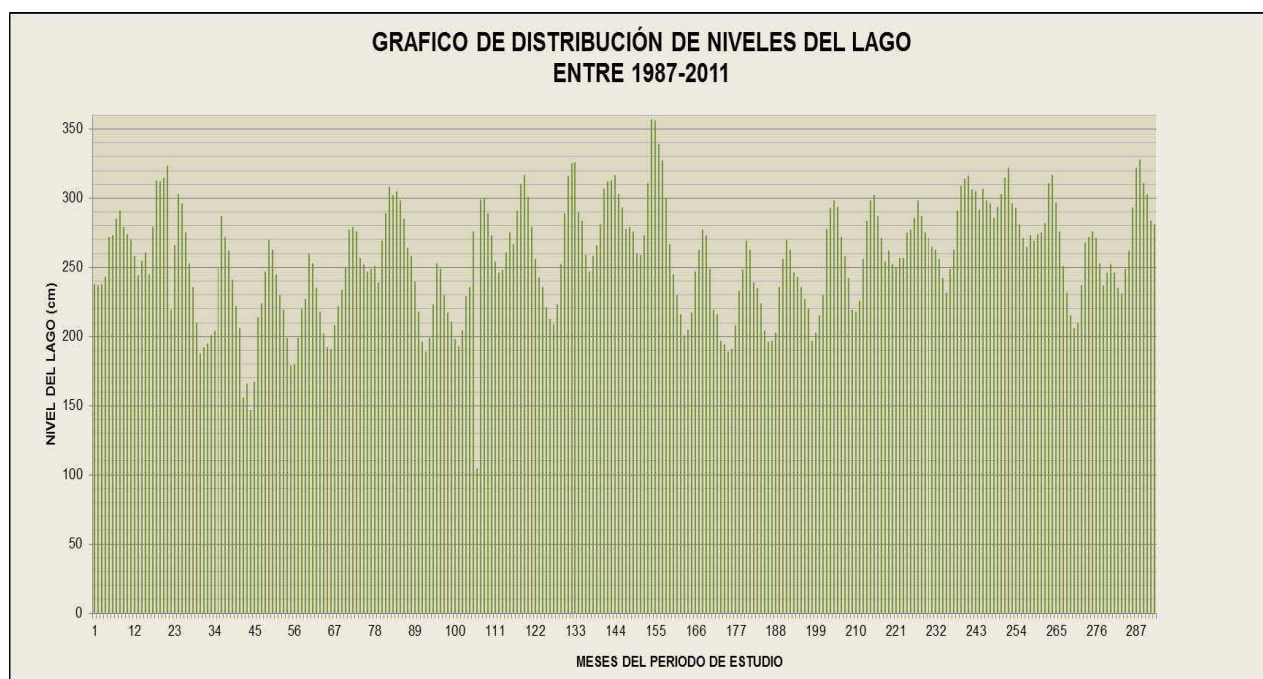


Figura 4.1 Distribucion de niveles del la laguna

Los diferentes niveles que alcanza la laguna a traves del año dan una idea del comportamiento de las precipitaciones en la zona.

Los valores mensuales del nivel de la laguna, oscilan entre los 105 cm reportado como el valor mínimo y los 357 cm como el valor máximo, (en ambos casos para el mes de Junio) valores que se registran para los años 1996 y 2000 respectivamente. Para el año 1996 no se registró un evento Niño que pudiera afectar las precipitaciones en la zona y por lo tanto el bajo nivel reportado para la laguna; sin embargo, no se pueden descartar efectos climatológicos locales que podrían dar justificación al bajo nivel o los valores bajos de precipitaciones durante el año 1995 que afectaron en el aporte de agua a la laguna. En cuanto al valor máximo reportado en el año 2000, es probable que este nivel se haya alcanzado por los efectos del fenómeno de La Niña. Desde el mes de Mayo hasta Septiembre de este año, se presentaron los mayores valores del nivel de la laguna; a razón de ello, el nivel promedio anual del nivel en este año fue el mayor reportado para la temporada de estudio (298cm) respecto al promedio anual (257 cm) (ver figura 4.2). Según reportes, este episodio La Niña fue uno de los eventos que provoco mayor consecuencia en el territorio Colombiano (CAN, 2009).

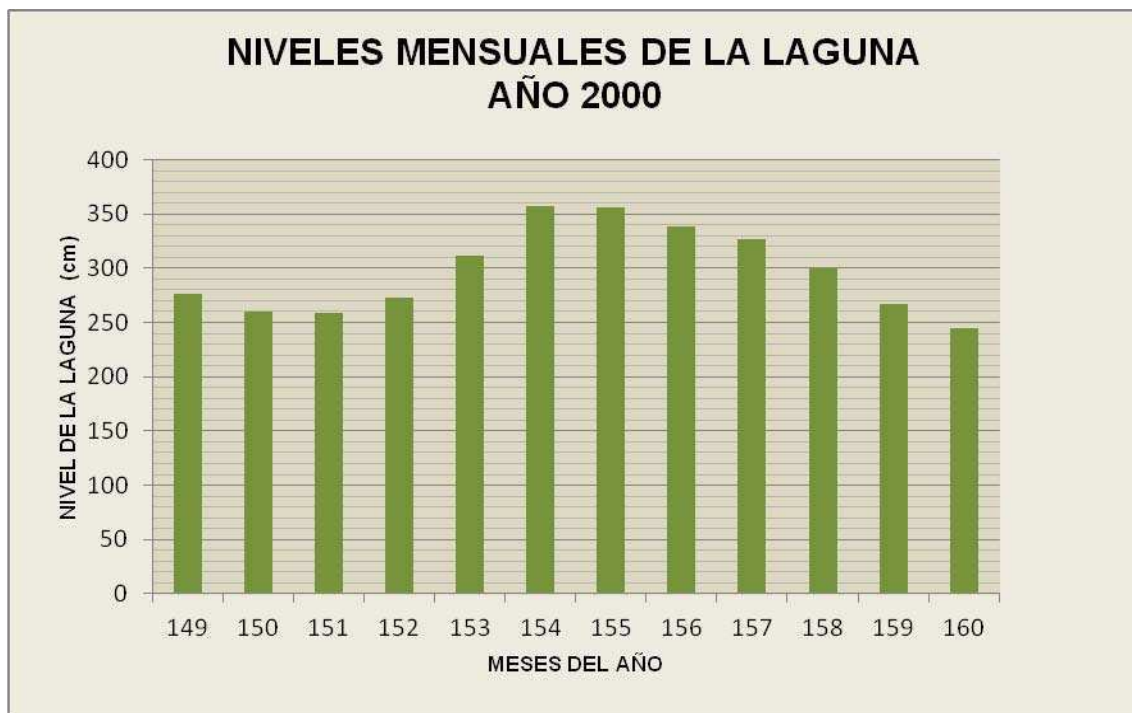


Figura 4.2 Niveles de la Laguna de La Cocha meses 149 a 160 correspondientes al año 2000

Valores promedio del nivel de la Laguna de La Cocha

A continuación se presenta el gráfico de promedios mensuales (figura 4.3), en el que se observa que el nivel de la laguna alcanza su mayor altura desde el mes de Junio hasta Septiembre, lo que coincide con que las lluvias al ser máximas en los meses de Abril a Agosto conlleven a que el incremento del nivel de la laguna sea mas significativo solo hasta uno o dos meses mas tarde de haberse iniciado el periodo lluvioso.

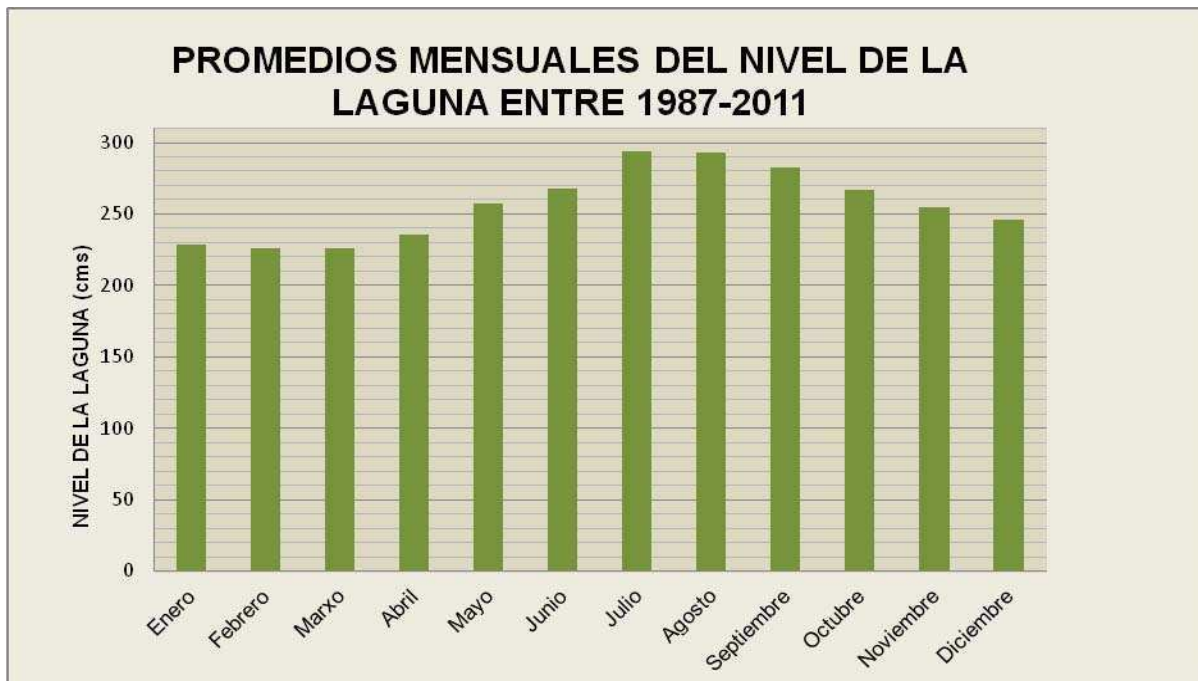


Figura 4.3 Promedios mensuales del nivel del laguna tomados de la estación limnimétrica Sindamanoy ubicada a lo largo de las orillas de la Laguna de La Cocha

Respecto a la variación promedio mensual a lo largo de un año que se genera en el nivel de la Laguna se puede concluir que su valor se aproxima a los 70 cm. Si se analizan los valores máximos y mínimos mensuales que alcanza el nivel, se puede calcular que el mes de Agosto es el que menos variación presenta respecto a este valor, ya que su promedio esta cercano a los 90 cm.

Valores mínimos del nivel de la laguna y su relación con las precipitaciones

A partir de la serie mensual de los niveles de la laguna para el período de estudio, se obtuvieron los niveles mínimos mensuales de agua, los cuales se pueden observar en el siguiente gráfico (figura 4.4)



Figura 4.4 Valores mínimos mensuales del nivel de la laguna

A partir del gráfico se puede concluir:

- Enero, Febrero, Marzo, Abril y Julio de 1991 presentan menores valores del nivel de la laguna para los meses respectivos en el periodo de estudio. En este año se registró un déficit de lluvias según el IDEAM, a mediados del mes de Mayo se dio inicio a un episodio Niño el cual se manifestó hasta mediados de 1992.
- Mayo, Agosto, Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre de 1995 bajos niveles de la laguna para los meses respectivos durante el periodo de estudio. En este año se registró el tercer valor más bajo de precipitación (1075.5mm) y el tercer valor más bajo del nivel de la laguna (219 cm). Durante los meses comprendidos entre Enero y Marzo de 1995 se manifestó un evento El Niño que

afecto el promedio mensual de lluvias para estos meses. Seguido de un periodo neutro se manifestó durante los últimos meses de este año un episodio La Niña sin reportar incremento de precipitaciones en la zona.

- Junio 1996 se presentó el nivel más bajo de la laguna (105 cm) durante todo el periodo de estudio (ver figura 4.5). Este nivel no se asocia al déficit de precipitaciones en la zona causada por fenómenos ENSO.

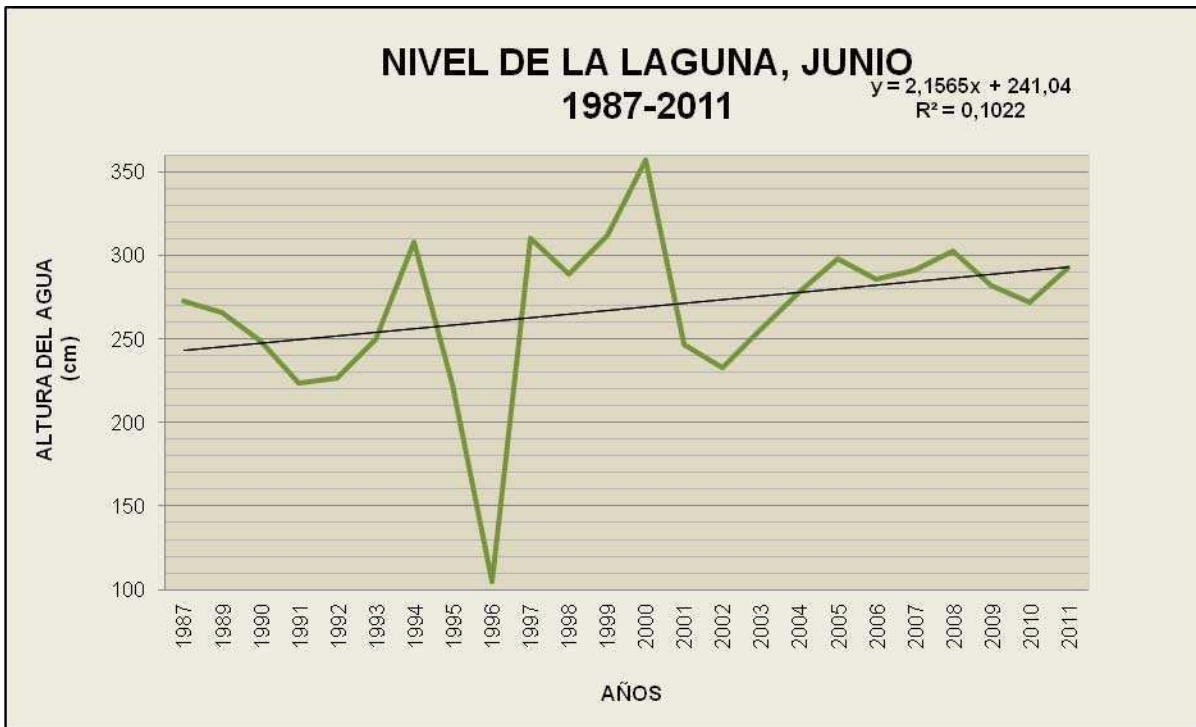


Figura 4.5 Niveles de la laguna para el mes de Junio reportados desde la estación limnimétrica Sindamanoy

Valores máximos del nivel de la laguna y su relación con las precipitaciones

En la figura 4.6 se detallan los observar los máximos niveles mensuales de agua, analizados durante el periodo de estudio 1987 – 2011.

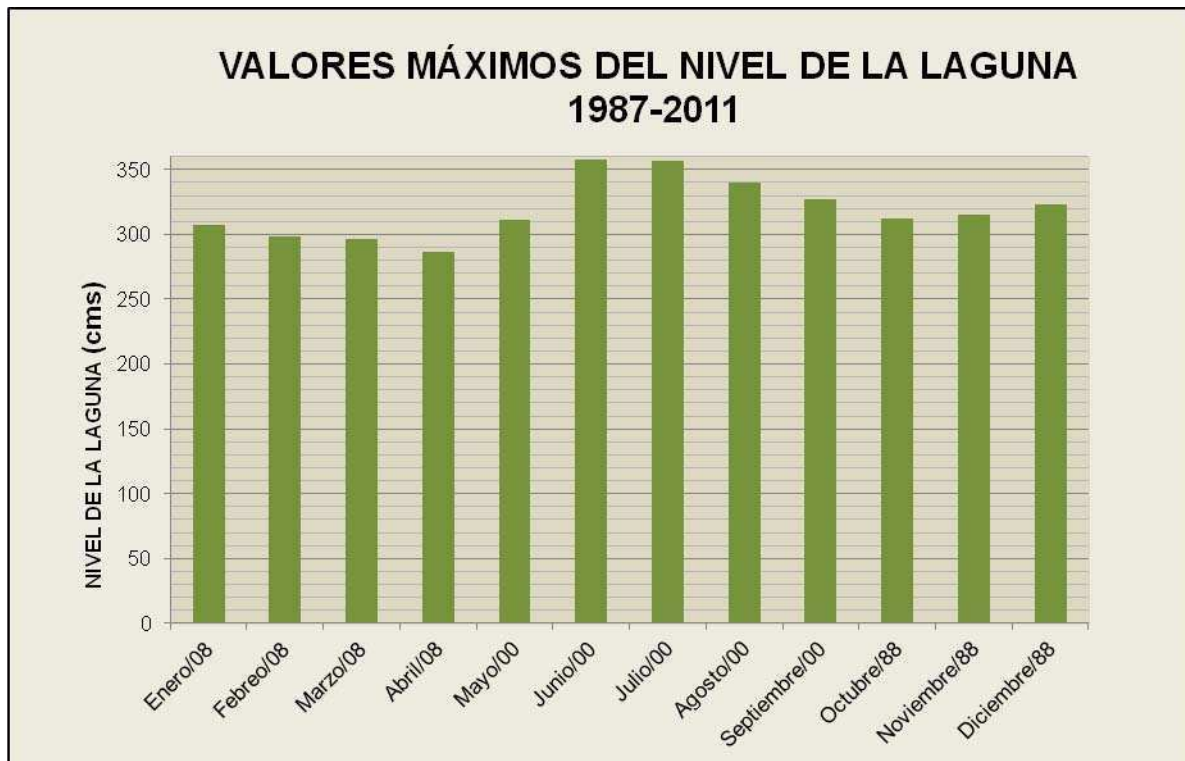


Figura 4.6 Valores máximos mensuales del nivel de la laguna

Se puede resaltar las siguientes conclusiones:

- Octubre, Noviembre, Diciembre de 1988 valores máximos del nivel de la laguna para los meses respectivos. Desde el mes de Mayo de este año se manifestó el fenómeno de La Niña reportándose un exceso ligero de las precipitaciones (120 – 160%) de acuerdo a los informes del IDEAM. Para Noviembre el episodio alcanzó su mayor estado de maduración; en este mes se registró el mayor valor en las precipitaciones de todo el año presentándose un cambio en el régimen de las precipitaciones.
- Mayo, Junio, Julio, Agosto y Septiembre de 2000 máximos valores del nivel de la laguna para los meses respectivos en el periodo de estudio. Desde el segundo semestre de 1998 se evidencio el fenómeno de La Niña y los valores promedios de precipitaciones para los años 1999 y 2000 estuvieron dentro de los más altos entre 1987-2011, ocupando el año 2000 el tercer valor anual más alto de lluvias (1581.7 mm). Para el mes de Mayo de 2000 se registró el mayor valor de precipitaciones (305.1mm) y en Junio se presentó el mayor valor del nivel de la

laguna (357mm); a razón de ello, en el mes de Julio se registró la mayor inundación en la Laguna de La Cocha en El Puerto El Encano dentro el periodo de estudio, la cual provoco que el nivel de la laguna bajara aproximadamente 4 meses más tarde.

- Enero, Febrero, Marzo, Abril de 2008 máximos valores del nivel de la laguna para los meses respectivos en el periodo comprendido entre 1987-2011. El año 2008 se vio fuertemente afectado por el fenómeno de La Niña y el nivel promedio de la laguna para este año fue el segundo más alto dentro del periodo de estudio después del obtenido para el 2000. Para 2008, se reportaron 2 inundaciones en diferentes veredas que rodean la Laguna en los meses de Julio y Agosto, siendo este último el mes en el que se registró el mayor nivel de agua para 2008 y durante el que se presentó más afectación en la zona. Aproximadamente 36 familias resultaron damnificadas.

Observaciones

Generalmente las inundaciones se registran hacia las partes bajas de la laguna donde el nivel freático es alto y los suelos son pobremente drenados, las cuales se encuentran ubicadas hacia el norte, este y oeste.

Estas zonas de inundación frecuentemente son terrenos cenagosos, cubiertos esencialmente de totoras y donde el material parental lo constituyen depósitos orgánicos lacustres.

Tendencias del nivel de la Laguna de La Cocha

A partir de los promedios anuales del nivel de la laguna se observa a continuación, (ver figura 4.7) que la tendencia del nivel de agua va en aumento.

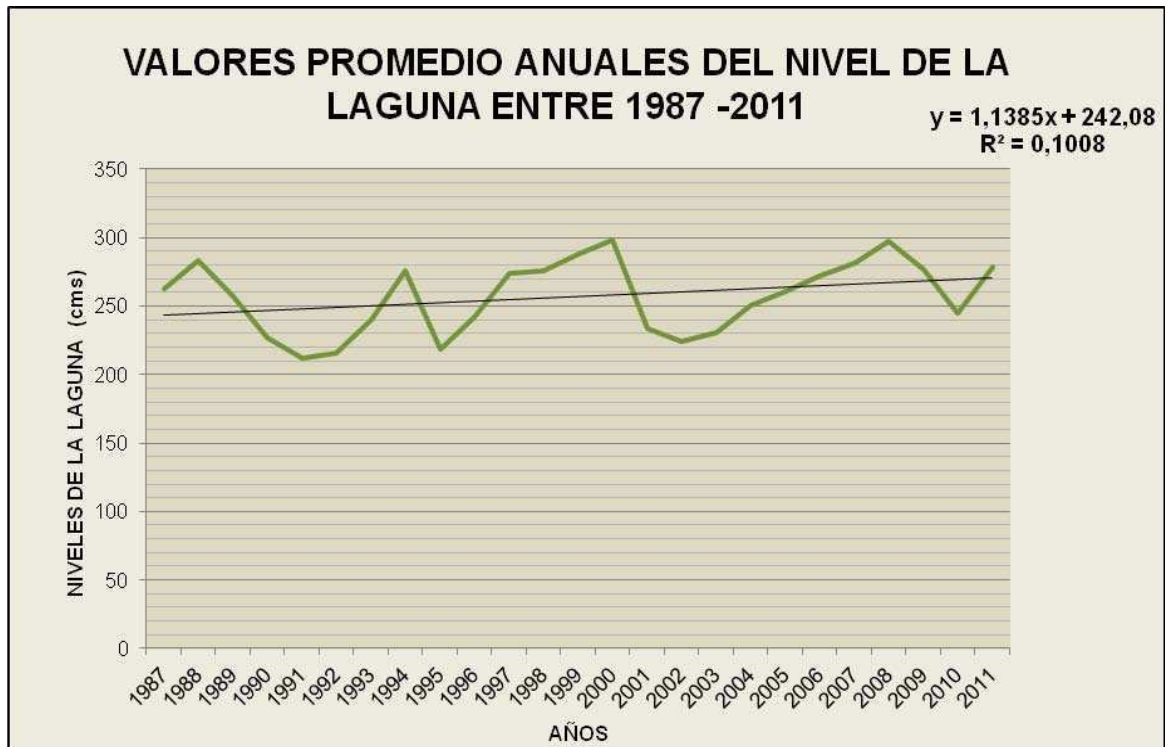


Figura 4.7 Valores promedio anuales del nivel de la Laguna de La Cocha: línea verde, tendencia: línea negra

La tendencia del incremento de las precipitaciones como del aumento del nivel de la laguna, permite concluir que estas dos variables de estudio se encuentran directamente relacionadas. Sin embargo, dentro de las tendencias de precipitación mensual, se observó que el mes de Agosto presento una tendencia negativa, mientras que de manera general el análisis de las tendencias mensuales del nivel de la laguna se dirigen hacia el incremento, lo que demuestra que el aporte de agua a la laguna está relacionado con la capacidad de retención del suelo a través de la cobertura general que rodea la laguna y de la contribución de los afluentes que descargan en ella.

CAPITULO V

5.1 ESCENARIOS FUTUROS

De acuerdo al Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC), el calentamiento de la Tierra está ocurriendo definitivamente y la mayor parte del aumento de la temperatura media mundial desde mediados del siglo XX se debe principalmente a las actividades humanas (en gran medida atribuidas a las emisiones de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero de origen humano y a los cambios en el uso de la tierra). Además de ello, es importante tener presente que la variabilidad climática natural también afecta la estabilidad de los ecosistemas y que este fenómeno natural también provoca consecuencias en el clima global.

El conocimiento de los efectos del cambio climático es de suma importancia, pero dado que el incremento socioeconómico y demográfico son una incertidumbre y la regularidad de los fenómenos climáticos son fuertemente no lineales, la predictibilidad del cambio en el clima se complica. Para dar una idea de los posibles escenarios de cambio climático, los modelos climáticos globales (GCMs), de alta resolución, permiten proyectar el clima del futuro simulando fenómenos meteorológicos y de esta manera tener una idea de cómo se vería afectado el ambiente y por lo tanto los diferentes sistemas socioeconómicos.

VULNERABILIDAD DE LOS HUMEDALES ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Como se ha mencionado en capítulos anteriores los humedales cumplen varias funciones que les otorgan un alto valor biológico, económico y social, razones que determinan que estas áreas sean consideradas para la conservación, restauración y protección (Dugan, 1992).

Existen numerosos generadores de la pérdida de los humedales entre ellos la disminución de hábitat debido a la transformación de estas zonas para la agricultura, el desarrollo social y económico, la introducción de especies invasoras que ponen en peligro la abundancia y supervivencia de las especies nativas, la contaminación a través de las aguas de escorrentía agrícolas y de aguas residuales de las viviendas

cercanas, la sobreexplotación de especies que reducen la capacidad del ecosistema para su adecuada funcionalidad, el incremento en la carga de nutrientes que permiten un excesivo crecimiento de algas y a la vez la disminución de otras especies, y sin duda uno de los problemas más grandes que afronta el mundo es el cambio climático (RAMSAR).

El IPCC concluye que los humedales figuran entre los ecosistemas más vulnerables al cambio climático y que sin duda ya se están viendo afectados por las modificaciones de las precipitaciones y el incremento de la frecuencia e intensidad de las sequías, tormentas e inundaciones, lo que conlleva a que disminuya la calidad del agua y aumenten los efectos perjudiciales de muchas formas de contaminación (RAMSAR).

Sin embargo, la adecuada conservación de los humedales, puede ayudar a reducir los efectos adversos del calentamiento global de la siguiente manera:

- Al actuar como esponjas de almacenamiento, liberan lentamente el agua de lluvia y contribuyen en el control de inundaciones y la recarga y descarga de acuíferos.
- Permiten ampliar la cantidad de agua disponible durante las épocas de sequía, garantizando la supervivencia de las personas y de la vida silvestre.
- Contribuyen en la obtención de agua potable ya que realizan procesos naturales de filtración hacia los acuíferos en donde el agua se renueva y se transforma en apta para el consumo humano.
- Ayudan en el control de la erosión estabilizando las orillas.
- Son importantes sumideros de Carbono, ya que la preservación de la vegetación acuática que rodea los humedales tales como las totoras, juncos, herbáceas entre otras, permite la captación de este importante gas de efecto invernadero desde el proceso de fotosíntesis.
- Permiten la retención de nutrientes ayudando a evitar la eutrofización.
- Ayudan en la suspensión de sedimentos y con ellos sustancias tóxicas (Fletcher, 2003).

Proyecciones de las precipitaciones a partir del uso de modelos climáticos globales (GCMs)

Para proyectar los posibles escenarios de las precipitaciones se emplearon dos modelos climáticos globales: UKMO-HadCM3 y ECHAM5/MPI-OM. Las coordenadas empleadas para generar los mapas de las proyecciones de las precipitaciones dentro de las cuales se encontraba el área de estudio (Laguna de La Cocha), se tomaron de la siguiente manera:

Norte: 15° Sur: -5° Oeste: -50° Este: -67.5°.

De cada modelo se obtuvieron los mapas mensuales proyectados para el periodo 2010 – 2039 y se realizaron comparaciones de tres meses, de los cuales dos corresponden de acuerdo al IDEAM a meses en los que la intensidad de las precipitaciones para la zona de estudio presentan dos regímenes, el mes de Febrero que se caracteriza por encontrarse dentro del periodo de bajas precipitaciones y el mes de Junio que se encuentra en el periodo de intensas lluvias. El tercer mes que se tuvo presente fue Diciembre, mes que de acuerdo a las tendencias analizadas dentro del periodo de estudio 1987 – 2011 presentó una tendencia positiva al incremento de las precipitaciones en la zona de interés.

En los mapas generados a través de los GCMs que se muestran a continuación, se indica mediante un círculo azul la Laguna de La Cocha área de estudio.

Proyecciones de las precipitaciones empleando el modelo UKMO-HadCM3
Escenarios climáticos A2 y B1

Mes de Febrero

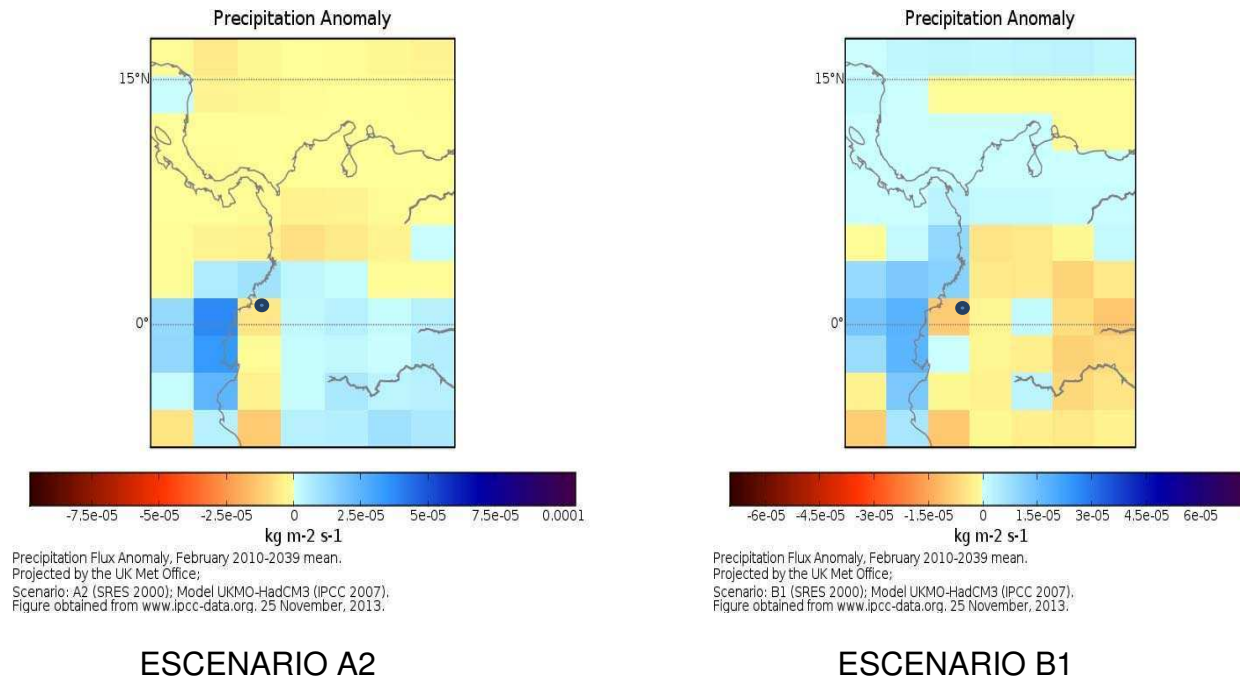
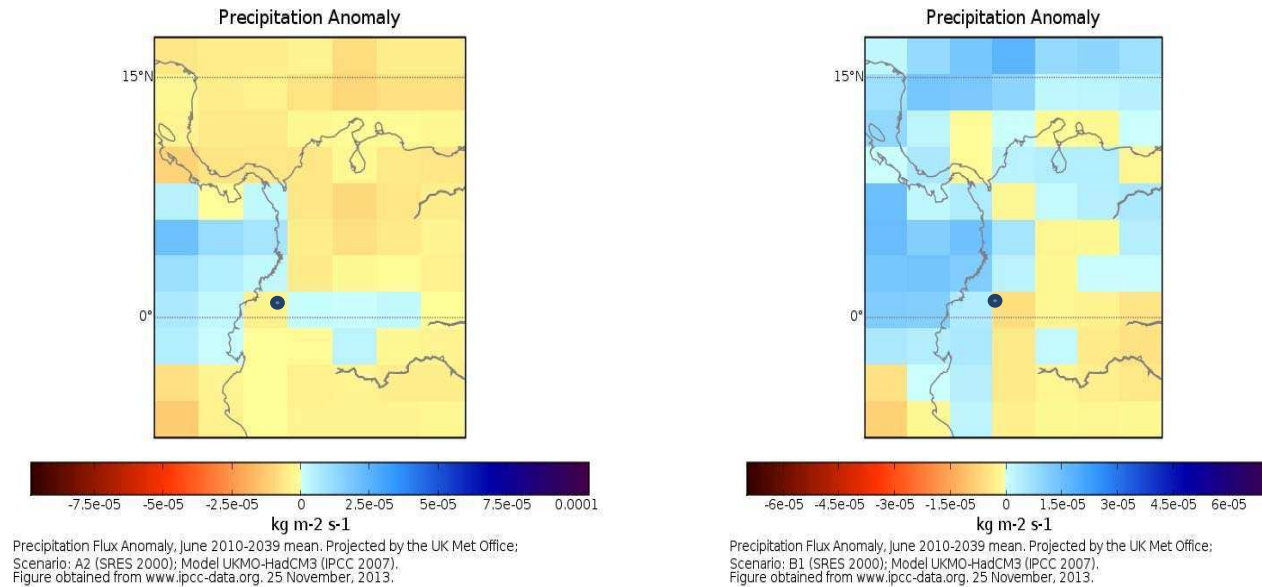


Figura 6.1 Anomalías de precipitación proyectada. Modelo UKMO-HadCM3 para el periodo 2010 - 2039. Para el mes de Febrero de acuerdo a los SRE A2 y B1.

- En los escenarios A2 y B1 al año 2039, el modelo UKMO-HadCM3 indica una disminución en las precipitaciones en el mes de Febrero en el área de estudio respecto al valor observado en el periodo 1961-1990.
- Se puede observar que el escenario B1 proyecta mayor disminución de la precipitación; debido a que el mes de Febrero es parte de un periodo de bajas lluvias, el humedal podría verse afectado.

Mes de Junio



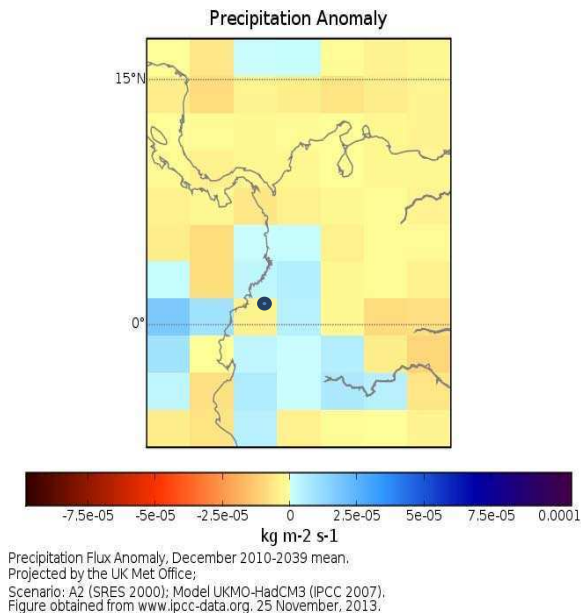
ESCENARIO A2

ESCENARIO B1

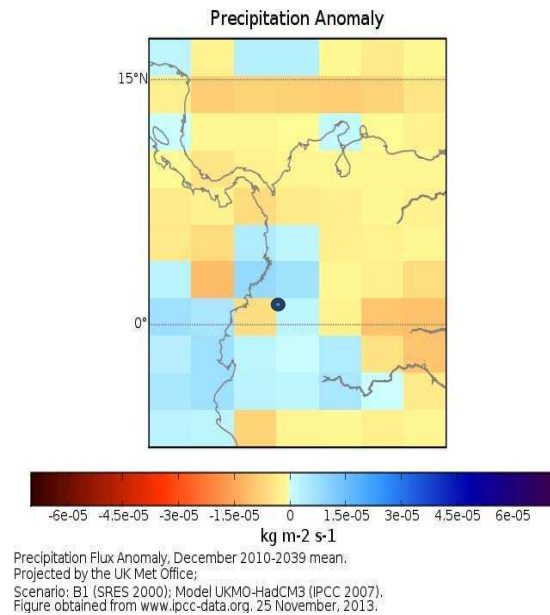
Figura 6.2 Anomalías de precipitación proyectada. Modelo UKMO-HadCM3 para el periodo 2010 - 2039. Para el mes de Junio de acuerdo a los SRE A2 y B1.

- En los escenarios A2 y B1 al año 2039, el modelo UKMO-HadCM3 indica una disminución en las precipitaciones en el mes de Junio en el área de estudio respecto al valor observado en el periodo 1961-1990.
- Para este mes también se observa una mayor disminución en el escenario B1. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que en ambos escenarios la región limita con zonas donde se proyecta un aumento de precipitación y que debido a que la Laguna se encuentra rodeada por varios ríos, el efecto de escorrentía podría permitir un aporte constante de agua a la Laguna.

Mes de Diciembre



ESCENARIO A2



ESCENARIO B1

Figura 6.3 Anomalías de precipitación proyectada. Modelo UKMO-HadCM3 para el periodo 2010 - 2039. Para el mes de Diciembre de acuerdo a los SRE A2 y B1.

- En los escenarios A2 y B1 al año 2039, el modelo UKMO-HadCM3 indica una disminución en las precipitaciones en el mes de Diciembre en el área de estudio respecto al valor observado en el periodo 1961-1990.
- Se puede observar que el escenario B1 proyecta mayor disminución de la precipitación. El humedal podría verse afectado debido a que el mes de Diciembre se encuentra dentro del periodo de bajas lluvias.
- En ambos escenarios se observa que la región limita con zonas donde se proyecta un aumento de precipitación.

Proyecciones de las precipitaciones empleando el modelo ECHAM5/MPI-OM

bajo los escenarios climáticos A2 y B1

Mes de Febrero

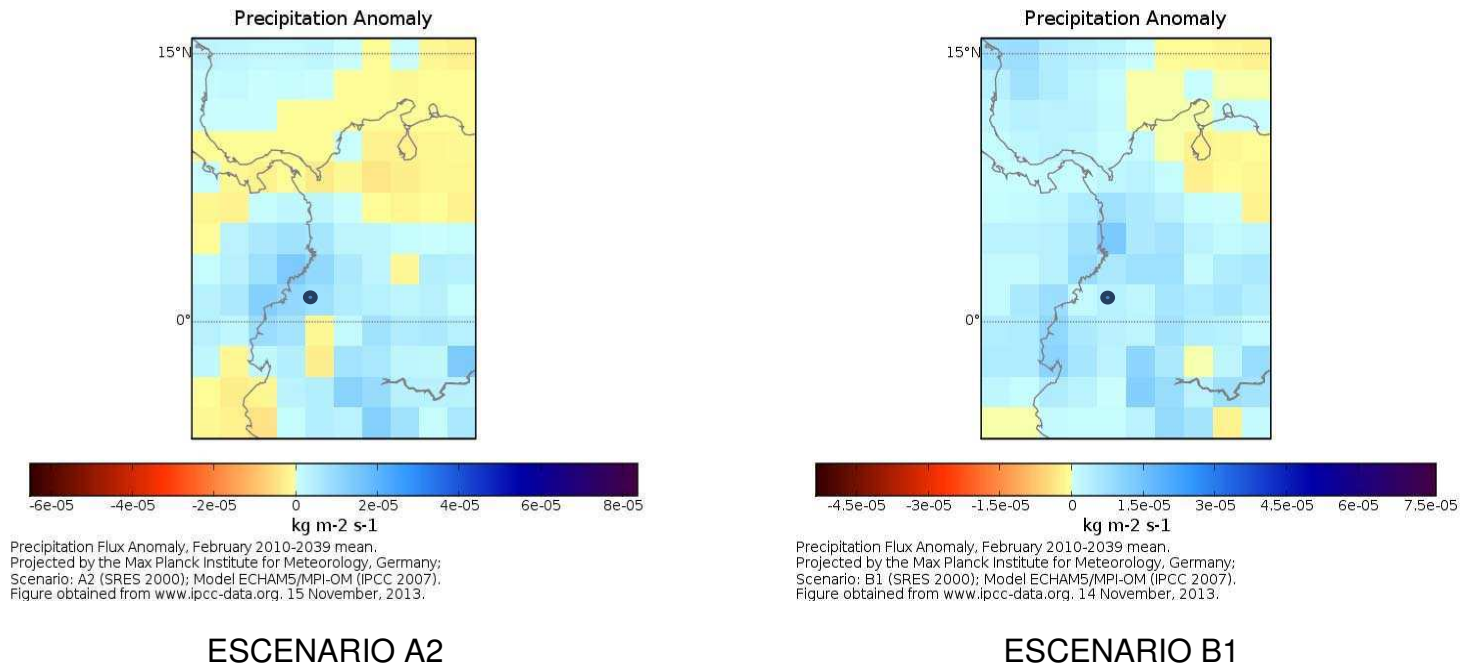
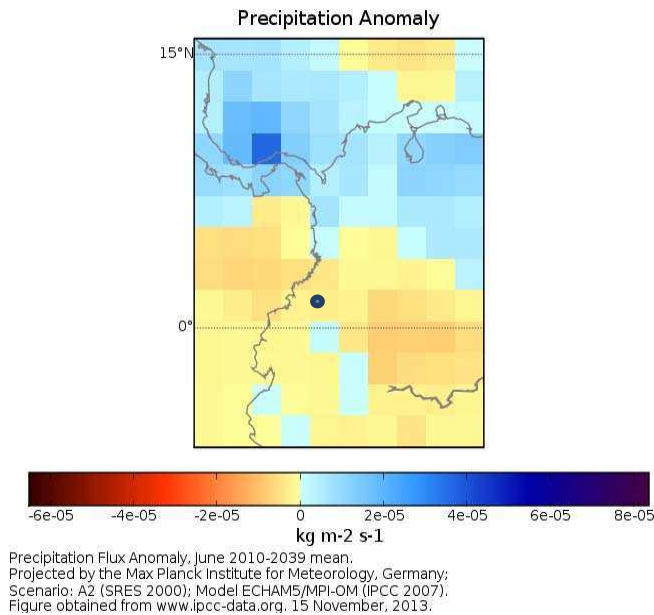


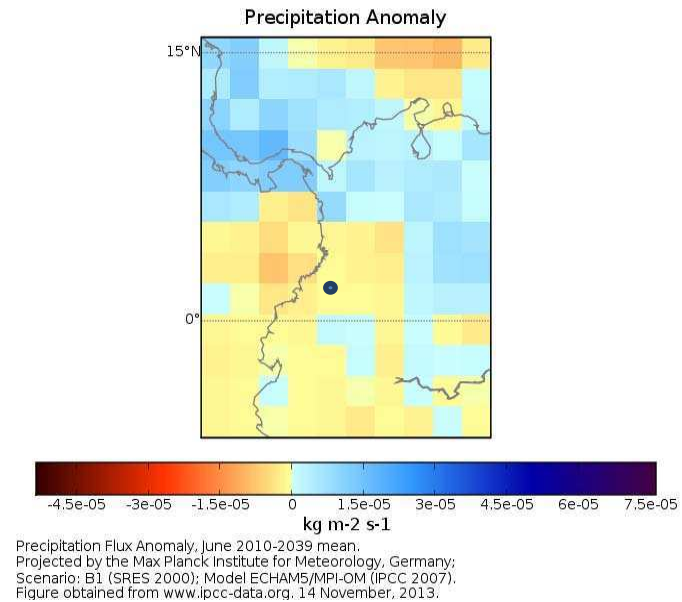
Figura 6.4 Anomalías de precipitación proyectada. Modelo ECHAM5/MPI-OM para el periodo 2010 - 2039. Para el mes de Febrero de acuerdo a los SRE A2 y B1.

- En los escenarios A2 y B1 al año 2039, el modelo ECHAM5/MPI-OM indica un incremento de las precipitaciones en el mes de Febrero en el área de estudio respecto al valor observado en el periodo 1961-1990.
- Se observa que el incremento de las precipitaciones no es alto; por lo tanto, es de esperar que en el mes de Febrero al ser de bajas precipitaciones no se esperen inundaciones en la laguna.

Mes de Junio



ESCENARIO A2

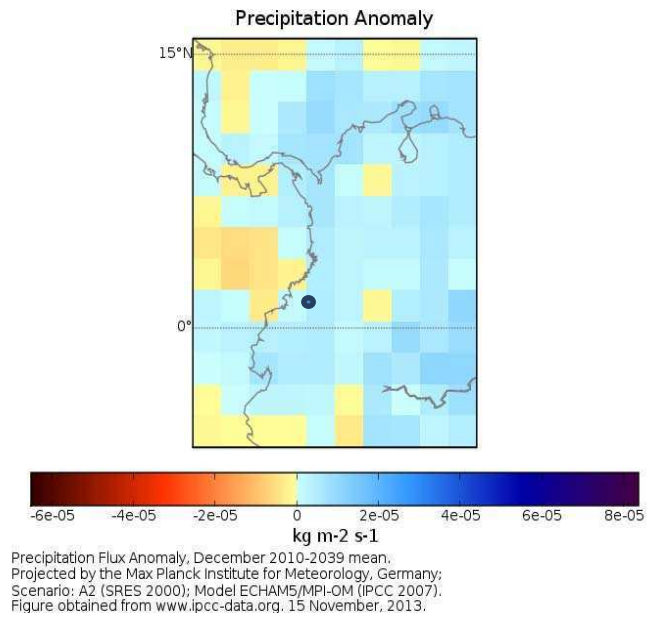


ESCENARIO B1

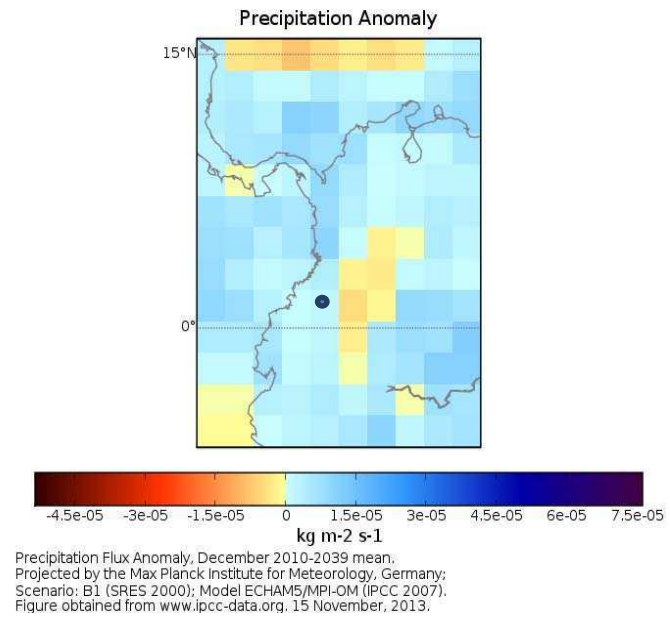
Figura 6.5 Anomalías de precipitación proyectada. Modelo ECHAM5/MPI-OM para el periodo 2010 - 2039. Para el mes de Junio de acuerdo a los SRE A2 y B1.

- En los escenarios A2 y B1 al año 2039, el modelo ECHAM5/MPI-OM indica una disminución en las precipitaciones en el mes de Junio en el área de estudio respecto al valor observado en el periodo 1961-1990.
- En ambos escenarios se proyecta la misma disminución. Se observa que esta disminución no será alta; sin embargo, no se puede descartar que esta disminución provoque efectos negativos en el humedal.

Mes de Diciembre



ESCENARIO A2



ESCENARIO B1

Figura 6.6 Anomalías de precipitación proyectada. Modelo ECHAM5/MPI-OM para el periodo 2010 - 2039. Para el mes de Diciembre de acuerdo a los SRE A2 y B1

- En los escenarios A2 y B1 al año 2039, el modelo ECHAM5/MPI-OM indica un incremento de las precipitaciones en el mes de Diciembre en el área de estudio respecto al valor observado en el periodo 1961-1990.
- Dado que este mes se encuentra dentro de un periodo de bajas precipitaciones relativas, el aumento de las mismas proyectadas, no debería producir gran impacto a nivel de inundaciones.

OBSERVACIONES:

- Para el mes de Febrero el modelo UKMO-HADCM3, indica una disminución de la precipitación para el periodo 2010-2039, mientras que el modelo ECHAM5/MPI-OM proyecta un incremento para el mismo mes.
- Para el mes de Junio se proyecta en ambos modelos y escenarios una disminución de la precipitación. Dado que Junio es un mes considerado de altas precipitaciones, el ecosistema del humedal podría verse afectado alterando su equilibrio natural.
- Para Diciembre nuevamente se genera una discordancia entre ambos modelos. el modelo UKMO-HADCM3 proyecta disminución mientras que el modelo ECHAM5/MPI-OM proyecta aumento. En este último caso, no se deberían prever aumentos de inundaciones dado que son meses de bajas lluvias.
- En cuanto al modelo ECHAM5/MPI-OM, para los dos escenarios se observa que durante los meses de Febrero y Diciembre considerados como meses de bajas precipitaciones, se proyecta un incremento de las mismas, mientras que para Junio mes de mayores precipitaciones se observa una baja disminución de las mismas, lo que indica un cambio leve de las estacionalidad de las precipitaciones como se aprecia en los mapas. Cabe la posibilidad que las funciones ecológicas de numerosas especies de fauna residentes en humedal o que llegan en diferentes temporadas en búsqueda de mejores condiciones se vean afectadas; tal es el caso de las aves migratorias, quienes visitan estacionalmente la Laguna de La Cocha entre los meses de Octubre y Noviembre buscando en este humedal un lugar más cálido, alimento y lugares de nidificación para pasar el invierno de los lugares de donde migran y el cual abandonan entre los meses de Marzo y Abril cuando inicia en este lugar la temporada de mayores lluvias. De acuerdo a ello cualquier modificación en el hábitat puede ocasionar un grave perjuicio no solo a las poblaciones de estas aves estacionales que llegan a este lugar sino también a la fauna residente que habita en el mismo como anfibios, zooplancton, mamíferos e invertebrados, los

cuales juegan un papel importante dentro del equilibrio y la cadena trófica del ecosistema.

- En cuanto a las especies de flora identificadas en el humedal, el cambio en el régimen de precipitaciones también podría provocar un cambio en sus ciclos normales de vida. En el caso de los totorales considerados como la especie más abundante del lugar y de gran importancia para la permanencia de las diferentes especies que habitan en ella, los cambios climáticos que se presentan en la zona determinan el crecimiento y desarrollo de la misma por lo tanto presentan un comportamiento estacional; debido a ello, si el área de totoral se ve afectada ocurrirían modificaciones en los diferentes patrones de equilibrio del ecosistema, alterando la funcionalidad de numerosas especies vegetales que encuentran en este lugar microclimas adecuados para cumplir su ciclo de vida y que también se ven afectados por las fluctuaciones del nivel del espejo de agua.
- Debido a la discordancia en las proyecciones dadas por los modelos, no se puede asegurar ninguna de las proyecciones. Sería conveniente desarrollar un modelo Regional.

CAPITULO VI

DISCUSION, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En Colombia gran parte de las emergencias y desastres hidrometeorológicos, presentan una relación directa con la distribución de los periodos de lluvia en cada región.

Es importante tener presente que el Humedal RAMSAR Laguna de La Cocha, es considerado de gran importancia de conservación por sus características ecológicas, culturales, económicas y por regular las inundaciones y sequias debido al mantenimiento de la capa freática y de nutrientes para la retención de llanuras aluviales.

Debido a que el comportamiento hidrológico de la Laguna en general presenta una alta susceptibilidad a crecidas, deslizamientos e inundaciones, lo que provoca que los planos de inundación y los humedales asociados sean frágiles, es de vital importancia que sus áreas aledañas se consideren como zonas de conservación y recuperación, a través de buenas prácticas agroforestales como silvopastoriles y del manejo y uso sostenible de todos sus bienes.

Hasta el momento se ha descrito que uno de sus principales objetos de conservación es la cobertura vegetal arbórea en las partes medias y altas de las microcuencas circundantes al lago, la cual presenta un buen estado tanto en superficie como en densidad y preservación. Esto permite la regulación del agua en el suelo producto de las precipitaciones, lo que conlleva a que el aumento en el nivel del agua en el lago ocurra algunos meses más tarde después de iniciar la época de lluvias.

Si por el contrario el área no presentara estas características el nivel del lago ascendería rápidamente y se manifestaran inundaciones de manera frecuente, afectando la estabilidad social, ambiental y económica de la región (Caicedo *et al.*, 2013).

También es de gran importancia ambiental resaltar que el Humedal brinda albergue a diversidad de especies, algunas de ellas endémicas de la región y que la variación de los procesos hidrológicos del nivel que se registra en la laguna afecta su hábitat.

Existe una zona de totoral (*Scirpus californicus*) que es parte de la vegetación acuática predominante en la laguna, forma un cinturón alrededor del lago como de la isla La Corota y cumple un papel fundamental tanto ecológico, físico y económico en la región.

En función a las necesidades y a la importancia de este Humedal RAMSAR, Laguna de La Cocha, en este estudio se analizó y evaluó el régimen de precipitaciones de la misma, y se obtuvieron las siguientes conclusiones.

Analizando los promedios mensuales de precipitación del periodo estudiado (1987 - 2011) se observó que entre los meses de Abril hasta Agosto se registran mayores precipitaciones, mientras que durante los meses comprendidos entre Septiembre hasta Febrero los valores de precipitaciones disminuyen empezando nuevamente el incremento de lluvias en el mes de Marzo. Esto nos indica que el área de estudio presenta un comportamiento unimodal estacional corroborando lo que describe el Plan de Manejo Integral del Humedal RAMSAR Laguna de La Cocha, presentado por IDEAM.

El análisis de las precipitaciones también permite concluir que se presentan variaciones en la distribución espacio-temporal de las lluvias, las cuales se encuentran relacionadas con el ciclo climático conocido como ENSO: El Niño-Oscilación del Sur, como se muestra en el Capítulo III. En este capítulo también se confirma lo esperado por el IDEAM en relación con los fenómenos ENSO.

Con respecto al fenómeno El Niño, en los últimos 30 años, si bien gran parte del territorio Colombiano se ha visto afectado por este fenómeno, en la zona de estudio no se produjeron efectos notables.

En cuanto al fenómeno La Niña, no cabe duda que los efectos provocados se evidencia más claramente en el área estudiada y en general en todo el país debido a la manifestación en el incremento de desastres que provoca, especialmente inundaciones y deslizamientos de gran medida. Dentro de los periodos La Niña se destacan los

ocurridos entre 1999-2001, 2008 y 2010-2011, siendo el primero el que produjo mayor riesgo a la seguridad de la población. Las variaciones excesivas en la precipitación presentadas desde 1999 conllevaron a un incremento en la disponibilidad hídrica del suelo provocando el aumento del nivel de la laguna, desbordamiento de afluentes próximos, y por tanto el colapso de viviendas, suspensión de las actividades turísticas y la pérdida de gran parte de las actividades agrícolas, base importante de la economía de la región.

Analizando los máximos mensuales obtenidos del estudio realizado (capítulo 3), se ve que los mismos no solamente están influenciados por los fenómenos ENSO. Por lo que se considera que existen otros factores que producen incrementos pluviométricos y que deben ser tenidos en cuenta para mejorar los pronósticos.

Con respecto a El Niño, se observó que aun siendo Abril un mes lluvioso, el fenómeno no llegó a afectar el máximo de precipitación de este mes para el año 1987.

Asimismo se observa que en Enero de 1994 mes de bajas lluvias se produce un máximo en la precipitación sin que haya sido un año La Niña.

En el caso de presentarse eventos La Niña durante los meses de altas precipitaciones se puede manifestar un incremento considerable de las lluvias.

Analizando los mínimos de precipitación, se observó que La Niña no siempre produjo aumentos como se manifestó en Marzo del 2001. Para el resto de los mínimos mensuales encontrados, muchos coincidieron con años El Niño (se destaca el mes de Enero de 2010).

Cuando se consideran los valores anuales de precipitación, se observa que coincidieron con el fenómeno ENSO. De tal manera, el año 2011 se reportó el máximo anual en el periodo de estudio, coincidiendo con un año La Niña. Asimismo, el año 2002 reportó el mínimo de precipitaciones de todo el periodo, coincidiendo con un año El Niño (tabla 3.1).

En cuanto a los máximos y mínimos de precipitación se observa que los valores no siempre coinciden con fenómenos ENSO.

También se observó que el fenómeno ENSO, algunas veces rompe el patrón regular de precipitación.

En cuanto al análisis de tendencias tal como se observó en la tabla 3.4, se puede concluir que cuatro de los meses de bajas precipitaciones presentaron tendencias al incremento mientras que los meses de Mayo y Agosto que corresponden a la temporada de altas precipitaciones presentaron tendencias negativas, lo que lleva a pensar que se produjo una disminución en la variabilidad estacional.

Discusión sobre el efecto del ENSO en la precipitación.

Analizando los máximos y mínimos mensuales, los valores anuales y las anomalías de la precipitación, vemos que si bien durante los años La Niña se producen mayores lluvias y en los años El Niño menores, no siempre se cumple esto. Por lo tanto denota la existencia de otros factores que están influyendo en el aumento o disminución de la precipitación en la zona de estudio. Entre los que se pueden tener en cuenta la existencia de tormentas locales intensas producto de la convección.

Asimismo evaluando la tabla (3.2) donde se muestran los años ENSO, se observa que no siempre tienen el mismo efecto sobre la precipitación. Por lo tanto para esta región en estudio, no se puede generalizar la influencia del ENSO en la precipitación.

En el capítulo VI de acuerdo al Plan de Manejo del Humedal RAMSAR Laguna de La Cocha, el nivel de agua de la laguna presenta un régimen monomodal acorde al patrón de lluvias que se presenta en la zona, las cuales se manifiestan de manera intensa entre Abril - Agosto y de baja intensidad entre los meses correspondientes al periodo de Octubre hasta Marzo. En relación a las precipitaciones, en el gráfico de promedios mensuales del nivel de la laguna (figura 4.3), se observa que el nivel de la laguna alcanza su mayor altura desde el mes de Junio hasta Septiembre, lo que coincide con que las lluvias al ser máximas en los meses de Abril a Agosto conlleven a que el incremento del nivel de la laguna sea mas significativo solo hasta uno o dos meses mas tarde de haberse iniciado el periodo lluvioso.

La distribución de los niveles de la laguna da una idea del comportamiento de las precipitaciones en la zona. Los valores oscilan entre los 105 cm reportado como el valor mínimo y los 357 cm como el valor máximo, en ambos casos para Junio mes de altas precipitaciones de los años 1996 y 2000 respectivamente. Mientras que en el año 1996 no se manifestó ningún fenómeno ENSO, para el año 2000 se manifestó un

episodio La Niña que ocasiono el incremento de precipitaciones en la zona y lo mas probable a lo que se debio el incremento del nivel.

Los valores mínimos del nivel de la laguna reportados dentro del periodo de estudio se manifiestan para los años 1991, 1995 y 1996 (este último con el valor mas bajo) años en los que el IDEAM reportó un deficit de lluvias y se presentaron algunos eventos El Niño; sin embargo no todos los mínimos se vieron influenciados por la presenta de este fenómeno.

Los valores máximos de precipitaciones se reportan para los años 1988, 2000 y 2008. Para estos años se manifestaron eventos relacionados con el fenómeno La Niña y se reportaron en los años 2000 y 2008 inundaciones en la zona de estudio entre los meses de Mayo y Agosto debido al incremento del nivel de la Laguna. Para el mes de Mayo de 2000 se registró el mayor valor de precipitaciones (305.1mm) y en Junio se presentó el mayor valor del nivel de la laguna (357mm). En el mes de Julio de 2000 se registró la mayor inundación en la Laguna de La Cocha.

A partir de los promedios anuales del nivel de la laguna (figura 4.7) se concluye que la tendencia del nivel de agua va en aumento. La tendencia del incremento de las precipitaciones como del aumento del nivel de la laguna, permite concluir que estas dos variables de estudio se encuentran directamente relacionadas.

Discusión sobre el nivel de la Laguna.

El comportamiento hidrológico de la Laguna de la Cocha está directamente vinculado a las condiciones climáticas de la zona, donde los periodos de menores y mayores precipitaciones permiten diferenciar dos épocas en su comportamiento. Si bien la contribución de agua a la laguna se hace por parte de los afluentes que descargan en ella, un gran porcentaje es aportando a través de la cobertura general que rodea la laguna, lo que demuestra la capacidad de retención del líquido en el suelo.

Para llevar a cabo el análisis sobre las proyecciones futuras de las precipitaciones en la zona (capítulo V), se recurrió al uso de modelos climáticos globales (GCMs) de alta resolución. Se emplearon los modelos UKMO-HadCM3 y ECHAM5/MPI-OM teniendo presente que son ampliamente usados por su confiabilidad y por ser citados en trabajos

científicos previos. Basados en los escenarios de cambio climático (SRES) desarrollados por el IPCC y generados a partir de la proyección de los gases de efecto invernadero se tomaron como referencia los SRES A2 y B1, que representan una alta probabilidad del incremento en la emisión de GEI y de la temperatura superficial y una disminución de los gases y leve incremento en la temperatura respectivamente.

En cuanto al modelo ECHAM5/MPI-OM, para los dos escenarios se observa que durante los meses de Febrero y Diciembre considerados como meses de bajas precipitaciones se proyecta un incremento de las mismas, mientras que para Junio mes de mayores precipitaciones se observa una baja disminución, lo que indica un cambio leve de la estacionalidad de las precipitaciones en los meses de análisis.

Respecto al modelo UKMO-HadCM3, para los dos escenarios se observa que durante los meses de Febrero y Diciembre considerados como meses de escasas lluvias se proyecta una disminución de las mismas al igual que para el mes de Junio, para este último mes se presentaría un cambio en el régimen de las precipitaciones.

Dado que los meses de Febrero y Diciembre no están cercanos al periodo de lluvia, se debe considerar que si se confirma la proyección del modelo UKMO-HadCM3, o sea una disminución en las precipitaciones, se podría ver afectada la fauna y flora del humedal, lo que aumentaría la vulnerabilidad de los mismos.

En caso contrario si se confirma la proyección del modelo ECHAM5/MPI-OM, es decir un aumento considerado de las precipitaciones es probable que las comunidades de flora y fauna no se vean afectadas. Además en este último caso, tampoco se deberían prever aumentos de inundaciones dado que son meses de bajas lluvias. Sin embargo; no se puede con los datos obtenidos confirmar una de las dos proyecciones.

En relación al mes de Junio que corresponde a la temporada de mayores precipitaciones, los modelos demuestran una disminución de las mismas, lo que representaría un posible cambio en el régimen de lluvias de este mes. La alteración en el régimen de lluvias podrían afectar las funciones ecológicas de numerosas especies residentes en el humedal y por lo tanto el equilibrio total del ecosistema.

Discusión sobre la vulnerabilidad en la región.

Debido a que el conocimiento de los efectos del cambio climático es de suma importancia, la aplicación de modelos climáticos basados en diferentes escenarios que simulan la representación del clima, nos dan una idea de cómo se verían afectados los ecosistemas y nos permiten plantear estrategias para mitigar los posibles efectos que se puedan presentar.

En el caso de los humedales considerados como ecosistemas vulnerables, los cambios de sus condiciones físicas influyen directamente sobre el equilibrio y las condiciones de vida de las especies que en el habitan y de aquellas que migran a estos lugares en búsqueda de mejores oportunidades como parte indispensable de su ciclo de vida.

6.2 RECOMENDACIONES

Humedales y Cambio Climático

- Debido a que el comportamiento hidrológico de la Laguna de La Cocha presenta una alta susceptibilidad a crecidas, deslizamientos e inundaciones lo que provoca que los planos de inundación y los humedales asociados sean frágiles, es de vital importancia que sus áreas aledañas se consideren como zonas de conservación y recuperación, a través de buenas prácticas agroforestales como silvopastoriles y del manejo y uso sostenible de todos sus bienes, de acuerdo a ello en la actualidad se desarrollan procesos educativos de protección y seguimiento sobre los elementos que hacen parte de este ecosistema a los que es necesario monitorear y darles continuidad a largo plazo.
- Como respuesta al cambio climático es necesario abordar estrategias que permitan minimizar de alguna manera los efectos, entre estas se encuentran la mitigación y la adaptación ambas relacionadas con los ecosistemas de humedales. En cuanto a la mitigación, es necesario aprovechar que los humedales ejercen funciones como sumideros de carbono lo que permite la reducción de los gases de efecto invernadero que se liberan a la atmósfera; si contrario a su conservación estos ecosistemas se destruyen se liberan grandes

cantidades de estos gases. La adaptación es más compleja debido a la incertidumbre asociada a las características del sistema climático; sin embargo, en los humedales esta estrategia puede consistir en diversas acciones como la rehabilitación y restauración de hábitats, la disminución de presiones que reduzcan la capacidad de los humedales a responder a los cambios, la prevención de la fragmentación, el desarrollo de estudios de vulnerabilidad e impactos y la protección de las poblaciones asentadas cerca a estos ecosistemas, todo ello que permita ser base para la gestión y manejo de los humedales considerados entre los entornos más productivos a nivel mundial.

- Al concluir que no se puede generalizar la influencia de los fenómenos ENSO sobre las precipitaciones en la región de estudio, se hace necesario el estudio de otros fenómenos como de factores ambientales que pueden influir sobre el comportamiento hidrológico de la Laguna. El conocimiento de la vulnerabilidad a los impactos actuales y a futuro en los humedales es indispensable para los sectores de turismo, comunidades rurales, agricultura y biodiversidad, ya que la planificación, gestión y manejo de estos lugares están condicionados por las opciones de adaptación posible en estos escenarios hidrológicos.
- Debido a que el área de totoral que hace parte de la vegetación acuática predominante en la laguna, cumple un papel fundamental tanto ecológico, físico como económico en la región y que a pesar de ellos se han encontrado evidencias de que la apertura de drenajes para la ampliación agrícola conlleva al corte del totoral, se recomienda hacer un seguimiento del estado de esta área de vegetación a través del tiempo.

Aplicación de modelos climáticos

- Debido a que los modelos climáticos globales (GCMs) no capturan detalles locales frecuentemente necesitados para calcular impactos a nivel local y regional, se recomienda la aplicación de modelos climáticos regionales (RCMs) que incluyen información topográfica, idóneos para desarrollar fenómenos meteorológicos de micro y mesoescala. Debido a su escala estos modelos representarían una menor variabilidad natural; sin embargo, en algunos estudios

se describe que estos modelos aun muestran desviaciones medias por zona que varían enormemente de una región a otra y de un modelo a otro.

- El uso de un tercer modelo climático global podría generar otro tipo de proyecciones futuras en el área de estudio o confirmar lo que se proyecta en la zona de acuerdo a los GCMs aquí empleados.

BIBLIOGRAFIA

Caicedo, O.Y., Narváez, G., Guerrero, G., Benavides, D., García, P. (Grupo TERRA – Universidad de Nariño). 2013. Caracterización del área cubierta por totora en la zona norte de la Laguna de la Cocha y su posible relación con procesos de sedimentación fluvio –lacustre. San Juan de Pasto – Colombia.

Calderón, J. J. 1998. Ecología de las Comunidades Aviarias de Páramos del Sur Occidente Colombiano. Universidad del Valle. Cali – Colombia.

Camacho, C y Teodulo, A. 2000. Lago Guamués o Laguna de La Cocha. Fundación Cultural "Xexus Edita". Santa Fe De Bogotá – Colombia.

Comunidad Andina (CAN). 2009. Atlas de las dinámicas del territorio Andino: Población y bienes expuestos a amenazas naturales. Por encima de la tierra: El Niño y La Niña. http://www.comunidadandina.org/public/Atlas_13_El_Nino_y_La_Nina.pdf.

Constantino, E. 1999. Listado de los Principales Géneros y Especies de Mamíferos no Voladores del Alto Putumayo. Fondo Mundial para la Naturaleza. W.W.F. Cali – Colombia, 1999.

Convención Ramsar. Humedales: Mitigación del Cambio Climático y adaptación a él. http://www.ramsar.org/pdf/info/services_10_s.pdf.

Convención Ramsar. El cuidado de los humedales: Una respuesta al cambio climático. http://www.ramsar.org/pdf/wwd/10/wwd2010_aa_leaflet_s.pdf.

Corporación Andina de Fomento (CAF). 2000. El Fenómeno el Niño 1997 -1998. Memorias, Retos y Soluciones. Vol III. <http://publicaciones.caf.com/media/1285/109.pdf>.

Corporación Regional Autónoma de Nariño 2006 – 2030 (CORPONARIÑO) 2008. Plan de Acción en Biodiversidad en el Departamento de Nariño. <http://corponarino.gov.co/expedientes/intervencion/biodiversidad/partel.pdf>.

Corporación Autónoma Regional de Nariño (CORPONARIÑO) 2006. Plan de Biodiversidad para el Departamento de Nariño. San Juan de Pasto – Colombia.

[Corporación Autónoma Regional de Nariño \(CORPONARIÑO\) y Grupo de Investigación en Biología de Páramos y Ecosistemas Andinos \(Universidad de Nariño\). 2007. Informe final: Proyecto estado del arte de la información biofísica y socioeconómica de los Páramos de Nariño. Tomo I. San Juan de Pasto – Colombia.](#)

Corporación Autónoma Regional de Nariño (CORPONARIÑO). 1994. Plan De Ordenamiento de la Cuenca Alta del Río Guamués. San Juan de Pasto – Colombia.

Corporación Autónoma Regional de Nariño (CORPONARIÑO). 1998. Conservación, Preservación de Descontaminación de las Aguas de la Cocha. San Juan de Pasto – Colombia.

Corporación Autónoma Regional de Nariño (CORPONARIÑO). 1986. Plan de Ordenación y manejo Cuenca Alta del Río Guamués. San Juan de Pasto – Colombia.

Corporación Regional Autónoma de Nariño (CORPONARIÑO). 2011. Plan de Manejo Ambiental Integral Humedal Ramsar Laguna de La Cocha. San Juan de Pasto – Colombia.

Cuartas, A y Poveda, J.G. 2002. Balance atmosférico de humedad y estimación de la precipitación reciclada en Colombia según el reanálisis NCEP/NCAR. *En: VI Congreso Colombiano de Meteorología "Perspectivas Climáticas y el Desarrollo Sostenible en el siglo XXI"*. Santa Fe de Bogotá – Colombia.
<http://www.bdigital.unal.edu.co/4413/1/DD3528.pdf>

Dirección Administrativa para la Gestión del Riesgo de Desastres. 2013. Informe de inundaciones registradas para el corregimiento El Encano. Alcaldía de Pasto – Colombia.

Dugan, P. J. 1992. Conservación de Humedales: Un análisis de temas de actualidad y acciones necesarias. Unión Mundial para la Naturaleza (UICN). Gland – Suiza.

[Fletcher, R. 2003. La Pérdida de los Humedales: Como se ven afectadas las comunidades de aves?. American Institute of Biological Sciences.](http://www.actionbioscience.org/esp/ambiente/fletcher.html)
[http://www.actionbioscience.org/esp/ambiente/fletcher.html.](http://www.actionbioscience.org/esp/ambiente/fletcher.html)

Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo (FONADE). 1999. Informe de Caracterización Ambiental del Área de Estudio”. Estudios para el Diagnóstico Ambiental de Alternativas del Proyecto Multipropósito Guamués. San Juan de Pasto – Colombia.

[García, C. R., Mora Ch. A., Rodríguez A.H. 2001. Evaluación de parámetros físico – químicos como indicadores del grado de eutrofización del Lago Guamués en el Municipio de Pasto, Departamento de Nariño, Colombia. Facultad de Ciencias Pecuarias. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto-Colombia.](#)

Gómez. 1996. Estudio realizado en las veredas, Ramos, Romerillo, Motilón y el Carrizo. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto – Colombia.

Haddad, Z.S., Meagher, J.P., Adler, R.F., Smith, E.A., Im, E y Durden S.L. 2004. Global variability of precipitation according to the Tropical Rainfall Measuring Mission. *En: Journal of Geophysical Research. Vol. 109, D17103 USA.*
<http://trmm.jpl.nasa.gov/global/JGR4607.pdf>.

Hernández, C.J y Sánchez, H. Castaño. 1990. Nuevos Parques Nacionales de Colombia. INDERENA. Santafé de Bogotá – Colombia.

Hernández, J., Hurtado, A., Ortiz, R., y Walschburger, T. 1992. Unidades biogeográficas de Colombia. *En: La diversidad biológica de iberoamérica, de Gonzalo Halffter. Acta Zoológica mexicana.*

Herrera, M y Zambrano, M. 1996. Distribución de las Macrófitas Acuáticas del Lago Guamués. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto – Colombia.

Herrera, R. M. 1987. Plan Piloto para el cultivo de trucha en jaulas flotantes en la Laguna de la Cocha. CORPONARIÑO. San Juan de Pasto – Colombia.

Holdridge, L. R. 1987. Ecología basada en zonas de vida. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José - Costa Rica.

Instituto Alexander Von Humboldt (IAVH), World Wildlife Fund (WWF- Colombia) y Asociación para el Desarrollo Campesino (ADC). 2004. Proyecto de Incentivos para la Laguna de La Cocha como sitio RAMSAR. San Juan de Pasto – Colombia.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 2004. Estudio de suelos y zonificación de tierras para el Departamento de Nariño. San Juan de Pasto – Colombia.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). 1982. El Medio Ambiente en Colombia: La atmosfera, el tiempo y el clima. Parte I. Colombia.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). 2000. Registros pluviométricos.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). 2010. Capítulo 4: Vulnerabilidad. Colombia.
https://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/021658/2Comunicacion/IDEAM_TOMOIIICap4.pdf.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). 2010. Alteraciones del régimen hidrológico y de la oferta hídrica por variabilidad y cambio climático. Estudio Nacional de Agua: Capítulo 7.

https://www.siac.gov.co/documentos/DOC_Portal/DOC_Agua/20120928_Alter_regi_hidro_ENA2010Cap7.pdf.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). 2012. Posibles Efectos Naturales y Socioeconómicos del Fenómeno “El Niño” en el periodo 2012-2013 en Colombia.

<http://www.huila.gov.co/documentos/agricultura/INFORMES%20AGROCLIMATICOS/EFFECTOS%20de%20El%20Ni%C3%B1o%20%202012-2013%20IDEAM.pdf>.

Jones, R., Noguer, M., Hassell, D., Hudson, D., Wilson, S., Jenkins, G., y Mitchell, J. 2004. Generating high resolution climate change scenarios using PRECIS. Hadley Center for Climate Prediction and Research, UK.

http://www.metoffice.gov.uk/media/pdf/6/5/PRECIS_Handbook.pdf.

López de V. N., Muñoz, L., Zambrano, J., Castro, J., y Miramag, O. 2005. Plan de Manejo 2006 – 2010 Santuario de Flora Isla Corota. San Juan de Pasto – Colombia.

[Ministerio de Medio Ambiente. 2000. Ficha informativa de los Humedales RAMSAR. Laguna de La Cocha. Colombia.](#)

López, M, J., Salas, J., Gómez, V., Gómez, A., López, H., Ortega, A., Sanguino, W., Beltrán, D., López, W., Paz, M., Gámez, A., Guerrero, C. (Grupo de Investigaciones Acuícolas - GIAC) - CORPONARINO. 2008. Diagnóstico del estado de trofización y estudio de la variabilidad de los parámetros limnológicos y su interrelación con la producción de trucha arco iris en jaulas flotantes en el Lago Guamuéz. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto – Colombia.

Mejía, F., Mesa, O., Poveda, G., Vélez, J., Hoyos, C., Mantilla, R., Barco, J., Cuartas, A., Montoya, M., Botero, B. Distribución espacial y ciclos anual y semianual de la precipitación en Colombia. 1999. Universidad Nacional de Colombia. Posgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos. *En: Revista DYNA, 127, 7-26.*

http://www.docentes.unal.edu.co/gpoveda/docs/Dyna_127_1999_DISTRIB_CICLO_PP_T_COL.pdf

Ministerio del Medio Ambiente (MINAMBIENTE), Corporación Autónoma Regional de Nariño (CORPONARIÑO) y Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonía (CORPOAMAZONÍA). 2002. Plan de Manejo del Corredor Andino Amazónico, Páramo de Bordoncillo – Cerro de Patascocoy. San Juan de Pasto – Colombia.

[Mondal, A., Kundu, S., Mukhopadhyay, A. 2012. Rainfall trend analysis by Mann-Kendall Test: A case study Ofnorth-Eastern part of Cuttack District, Orissa. *En: International Journal of Geology, Earth and Environmental Sciences ISSN: 2277-2081. Vol. 2 \(1\).*](#)

<http://www.cibtech.org/jgee.htm>.

Muñoz. 1996. Inventario Florístico del Páramo de Bordoncillo. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto – Colombia.

[Muñoz, P.S., Obando, A.M. 2000. Clasificación taxonómica densidad y diversidad del plancton existente en el Lago Guamués corregimiento El Encano Municipio de Pasto. Facultad de Ciencias Pecuarias. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto-Colombia.](#)

Narváez, M. T. 2000. Distribución Ecológica de los Anuros en áreas de Conservación de la Cuenca Alta del Río Guamués. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto – Colombia.

Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR). 2013. La ruralidad, la fragilidad urbana y el fenómeno La Niña en Colombia, 1970-2011.

<http://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2013/en/bgdocs/OSSO,%202012a.pdf>.

[Organización Meteorológica Mundial \(OMM\). 2012. El Niño/La Niña Hoy. 2012. http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcasp/documents/WMO_ENSO_Feb12_Esp.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcasp/documents/WMO_ENSO_Feb12_Esp.pdf).

[Pabón, J., y Eslava J., Gómez R. 2001. Generalidades de la distribución espacial y temporal de la temperatura del aire y de la precipitación en Colombia. En: Revista de Meteorología Colombiana, 4:47-59. Bogotá – Colombia. http://www.geociencias.unal.edu.co/unciencias/datafile/user_23/file/05%20Pabon%20Eslava.pdf](http://www.geociencias.unal.edu.co/unciencias/datafile/user_23/file/05%20Pabon%20Eslava.pdf).

[Pabón, J., y Hurtado G. 2002. La variabilidad y el cambio climático y su efecto en los biomas de páramo. En: Memorias del Congreso Mundial de Páramos Tomo I. http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/geografia/congresoparamo/la-variabilidad.pdf](http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/geografia/congresoparamo/la-variabilidad.pdf)

Pantoja V, Yina. 2010. Plan de Investigaciones Santuario de Flora Isla de La Corota. Unidad Administrativa Especial de Parques Nacionales Naturales Territorial Sur-Andina. San Juan de Pasto – Colombia.

Pantoja V, Yina. 2010. Totorá del Santuario de Flora Isla de La Corota. San Juan de Pasto – Colombia.

Pantoja V, Yina. 2010. Comportamiento hidrológico de la Laguna de la Laguna de La Cocha. San Juan de Pasto – Colombia.

Poveda, G., Mesa, O.J., Agudelo, P.A., Álvarez, J.F., Arias, P.A., Moreno, H.A., Salazar, L.F., Toro, V.G., y Vieira, S.C. 2002. Influencia del ENSO, Oscilación Madden-Julian, ondas del este, huracanes y fases de la luna en el ciclo diurno de la precipitación en los Andes Tropicales de Colombia. Colombia. En: Meteorología Colombiana, No. 5, 3-12.

<http://www.ciencias.unal.edu.co/geociencias/met/met5art1.html>.

Poveda, G., Mesa, O., P.A., Vladimir, T., Agudelo, P., Álvarez, J.F., Arias, P., Moreno, H., Salazar, L., Vieira, S. 2002. Diagnóstico del ciclo anual y efectos del ENSO sobre la intensidad máxima de lluvias de duración entre 1 y 24 horas en los Andes de Colombia. En: *Meteorología Colombiana*, No. 5, 67-74. <http://www.ciencias.unal.edu.co/geociencias/met/met5art8.html>.

Poveda, G., Mesa, O.J., Agudelo, P.A., Álvarez, J.F., Arias, P.A., Mejía, J.F., Moreno, H.A., Salazar, L.F., Toro, V.G. y Vieira, S.A. 2003. Diagnóstico cuantitativo del ciclo diario de la precipitación en Colombia mediante información satelital y en tierra. Posgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos. Universidad Nacional de Colombia – Medellín.

Poveda, Germán. 2004. La Hidroclimatología de Colombia: Una síntesis desde la escala inter-decadal hasta la escala diaria. En: *Revista Academia Colombiana de Ciencias*. Vol 28 (107). <http://www.clas.ufl.edu/users/prwaylen/geo3280articles/Synthesis%20of%20Colombian%20hydrology.pdf>.

Poveda, G., Mesa, O.J., Salazar, L.F., Arias, P.A., Moreno, H.A., Viera, C., Agudelo P.A., Toro, V.G y Alvarez, F. 2005. The Diurnal Cycle of Precipitation in the Tropical Andes of Colombia. En: *Mon. Wea. Rev.* Vol 133, 228–240. Medellín – Colombia. <http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/MWR-2853.1>.

[Rodríguez, M. L., Santacruz, A. 2000. Elaboración de planes de manejo ambiental a los cultivos de Trucha Arco Iris en jaulas flotantes y estanques en tierra ubicados en el corregimiento del Encano. Facultad de Ciencias Pecuarias. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto-Colombia.](#)

[Salathé, E. P., Mote, P. W., Wiley, M.W. 2007. Review of scenario selection and downscaling methods for the assessment of climate change impacts on hydrology in the United States Pacific Northwest. En: *International Journal of Climatology*. 27: 1611–1621. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.1540/pdf>.](#)

Sistema de Gestión Ambiental Municipal (SIGAM). 2004. Agenda Ambiental Municipio de Pasto 2004 – 2012. Perfil Ambiental y Plan de Acción. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Corporación Autónoma Regional de Nariño (CORPONARIÑO), Alcaldía Municipal de Pasto. San Juan de Pasto - Colombia.

Waylen, P., y Poveda, G. 2002. El Niño–Southern Oscillation and aspects of western South American hydro-climatology. En: *Hydrol. Process*. Vol 16: 1247–1260. Medellín – Colombia. <http://www.interscience.wiley.com>. DOI: 10.1002/hyp.1060.

Wetlands International. 2010. Nuestros Humedales y el Cambio Climático.
<http://www.wetlands.org/LinkClick.aspx?fileticket=TmECuh52lgU%3D&tabid=56>.

[World Wildlife Fund \(WWF\). 2010. Campesinos de Laguna de La Cocha\(Nariño\).](http://www.wetlands.org/LinkClick.aspx?fileticket=TmECuh52lgU%3D&tabid=56)
<http://www.wwf.org.co/?196271/Campesinos-de-laguna-de-La-Cocha-Nario-ganan-premio-internacional>.

[Zuluaga, A. M., Posada, M. J. E y Poveda, G. 2000.](http://www.wetlands.org/LinkClick.aspx?fileticket=TmECuh52lgU%3D&tabid=56) Relación entre las fases de la Oscilación Cuasibienal (QBO), la precipitación mensual y la radiación de onda larga emergente en Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Medellín- Colombia.
<http://www.bdigital.unal.edu.co/4416/1/AA3318.pdf>.

OTRAS FUENTES DE INFORMACION

Earth System Research Laboratory (ESRL)
<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/reanalysis/reanalysis>.

Grupo de Amigos para la Investigación y Conservación de las Aves.
([ASOCIACION GAICA](http://www.gaica.org.co))
<http://www.gaica.org.co>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)
<http://www.ideam.gov.co>.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)
<http://www.ipcc-data.org/ar4/model-NCAR-CCSM3.html>
<http://www.ipcc-data.org/ar4/model-MPIM-ECHAM5.html>
http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/es/spms3.html

Japanese Aerospace Exploration Agency (JAXA)
<http://www.jaxa.jp>.

National Centers For Environmental Prediction (NCEP)
<http://www.ncep.noaa.gov>.

National Oceanic And Atmospheric Administration (NOAA)
<http://www.noaa.gov>.

Parques Nacionales Naturales de Colombia (SPNN)
<http://www.parquesnacionales.gov.co>.

The Ramsar Convention of Wetlands (RAMSAR)
<http://www.ramsar.org>

Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)
<http://www.trmm.gsfc.nasa.gov>.

Tropical Waves COMET module “Tropical Waves Conceptual Models” web – English –
<http://www.meted.ucar.edu/meteoforum/tropwaves/>

Tropical Waves COMET module. Kelvin Waves, Equatorial Rossby Waves, Mixed Rossby Gravity Waves web –
English http://www.meted.ucar.edu/tropical/textbook_2nd_edition/navmenu.php?tab=5&page=1.2.2
http://www.meted.ucar.edu/tropical/textbook_2nd_edition/navmenu.php?tab=5&page=1.2.3
http://www.meted.ucar.edu/tropical/textbook_2nd_edition/navmenu.php?tab=5&page=1.2.4

Las fotos presentadas en esta tesis fueron sacadas por la autora.