



Revista de CIENCIAS AMBIENTALES

Tropical Journal of Environmental Sciences



**Impactos ambientales y variabilidad climática en el humedal de San Vito,
Coto Brus, Costa Rica**

**Environmental Impacts and Climatic Variability in San Vito Wetland, Coto
Brus, Costa Rica**

Adolfo Quesada-Román^a y Alexis Mora-Vega^b

^a Académico e investigador de la Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional de Costa Rica, adolfo.quesada.roman@una.cr; adolfo.quesada@gmail.com

^b Técnico del Instituto de Desarrollo Rural, Costa Rica, alexmora@inder.go.cr; amorainder@gmail.com

Director y Editor:

Dr. Sergio A. Molina-Murillo

Consejo Editorial:

Dra. Mónica Araya, Costa Rica Limpia, Costa Rica

Dr. Gerardo Ávalos-Rodríguez. SFS y UCR, USA y Costa Rica

Dr. Manuel Guariguata. CIFOR-Perú

Dr. Luko Hilje, CATIE, Costa Rica

Dr. Arturo Sánchez Azofoifa. Universidad de Alberta-Canadá

Asistente:

Rebeca Bolaños-Cerdas

Editorial:

Editorial de la Universidad Nacional de Costa Rica (EUNA)





Impactos ambientales y variabilidad climática en el humedal de San Vito, Coto Brus, Costa Rica

Environmental Impacts and Climatic Variability in San Vito Wetland, Coto Brus, Costa Rica

Adolfo Quesada-Román^a y Alexis Mora-Vega^b

[Recibido: 11 de octubre 2016; Aceptado: 15 de noviembre 2016; Corregido: 01 de diciembre 2016; Publicado: 21 de abril 2017]

Resumen

El humedal de San Vito se ubica en el poblado de San Joaquín, en el distrito San Vito del cantón de Coto Brus, Puntarenas. El objetivo de este trabajo es analizar las causas de las variaciones en la extensión que este sufrió durante 68 años. Entre los posibles impactos ambientales se contemplan, principalmente, las modificaciones antrópicas realizadas durante la década de 1950 con la construcción del aeropuerto y el drenado de buena parte del humedal. Estos cambios fueron impulsados por la colonización agrícola de Coto Brus, la expansión de la frontera agrícola asociada al café, la ganadería y el crecimiento poblacional. Además, se observa una relación directa con la variabilidad climática expresada en años con la influencia de los fenómenos del Niño y la Niña, cuando su extensión varió significativamente. Se concluye que los cambios en el humedal San Vito han ocurrido por falta de políticas ambientales efectivas en el pasado, la falta de ordenamiento territorial y variaciones en los patrones de precipitación. Este estudio resulta ser un insumo técnico para la gestión y la conservación futura de humedales de montaña.

Palabras clave: Climatología, calentamiento de la tierra, deterioro ambiental, efectos de las actividades humanas.

Abstract

The San Vito wetland is located in the town of San Joaquín, in the San Vito district of Coto Brus, Puntarenas, Costa Rica. The objective of this work is to analyze the causes of the variations in the wetland extent over 68 years. Among the possible environmental impacts are mainly contemplated the anthropic modifications made during the 1950s, with the construction of the airport and the drainage of a good part of the wetland. These changes were caused by the agricultural colonization of Coto Brus, the expansion of the agricultural frontier associated with coffee, livestock and population growth. In addition, there is a direct relationship to the climatic variability expressed in years of influence of El Niño and La Niña phenomena when the wetland extent varied significantly. It is concluded that changes in the San Vito wetland are due to the lack of effective environmental policies in the past, absence of land management, and variations in precipitation patterns. This study proves to be a technical input for the management and future conservation of mountain wetlands.

Keywords: Climatology, earth warming, environmental deterioration, effects of human activities

^a Académico e investigador de la Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional de Costa Rica, adolfo.quesada.roman@una.cr; adolfo.quesada@gmail.com

^b Técnico del Instituto de Desarrollo Rural, Costa Rica, alexmora@inder.go.cr; amorainder@gmail.com



1. Introducción

En la actualidad, las condiciones de los bosques tropicales están en peligro por causas humanas como la sobreexplotación, la destrucción de hábitat (fragmentación), las especies introducidas y las extinciones masivas. Además de estos procesos directos, las predicciones plausibles de aumento en 2 °C o más y las condiciones climáticas fuera de cualquier rango alguna vez experimentado por cualquier ecosistema tropical en la Tierra durante millones de años (Hijmans, Camerom, Parra, Jones & Jarvis, 2005) podrían generar un catastrófico deterioro de los bosques y extinciones en masa, antes de finales de este siglo (2100), los cuales indican y exigen la necesidad de reducir los posibles impactos del cambio climático mediante la planificación de una conservación preventiva (Corlett, 2011).

El cambio climático es un fenómeno que está afectando al planeta de varios modos: aumento de la temperatura media global, derretimiento de los polos y de los glaciares, riesgos naturales más extremos y frecuentes que impactan fuertemente como sequías y huracanes (Uriarte, 2003). Si la temperatura del planeta sigue aumentando hasta 4 °C, las consecuencias van a ser terribles para la agricultura, los recursos hídricos, los ecosistemas y, finalmente, para la salud y el bienestar humano. Los impactos del cambio climático tienen mucha relación con el agua: inundaciones, sequías, tormentas extremas, entre otros; estos riesgos naturales conllevan costes económicos y humanos (United Nations Environment Programme [UNEP], 2012).

De los ecosistemas más afectados por la variabilidad climática y los eventos extremos son los humedales, ya que sufren alteraciones significativas en sus áreas y cantidad de agua; esto trae consecuencias negativas para la flora y fauna que habita en estos ecosistemas, así como para las poblaciones humanas adyacentes (Franco-Vidal, Delgado & Andrade, 2013). Los humedales son unidades ecológicas, sumamente frágiles, que llevan a cabo muchos procesos naturales, importantes para el ser humano y para el sistema ecológico: es un sitio de alimentación, refugio y reproducción para una gran variedad de especies silvestres, por lo que reviste especial relevancia su protección y conservación (Capote-López, Mitrani & Suárez, 2011).

Diferentes pérdidas sensibles, a veces irreversibles, ocurren en los humedales por la acción del clima y los fenómenos meteorológicos extremos. Los cambios en la temperatura, en los patrones de precipitación, aumento del nivel del mar, son entre otras variaciones del clima que pueden producir sensibles impactos en los humedales (Moya, Hernández & Elizalde, 2005). Los incrementos, por pequeños que sean en la variabilidad de las precipitaciones, afectan de manera importante a las plantas y animales de los humedales en sus diferentes etapas de su ciclo de vida (Grupo de Examen Científico y Técnico (GECT) y la Secretaría a las Partes Contratantes (RAMSAR), 2016).

De especial interés es la importancia que tienen los humedales de montaña, como lo es el Humedal San Vito, ya que provee una serie de servicios ecosistémicos y de beneficios a las poblaciones locales, y muy importante su función ecológica, dado que son hábitat de especies endémicas o en peligro de extinción, por lo que su alta concentración de biodiversidad tiene un valor de conservación mundial. No obstante, a pesar de su importancia crítica, los servicios y beneficios económicos de los humedales aún son desconocidos, por lo que este limitado conocimiento de estos ecosistemas limita la toma de decisiones en conservación y desarrollo



de estas morfologías (Gandarillas, Jiang & Irvine, 2016). Por otro lado, los humedales tienen umbrales ecológicos pequeños que pueden variar por los impactos antrópicos como el drenado, por causas que varían desde la presión urbanística, la colonización agrícola o el cambio en el uso del suelo. Estas variaciones en las extensiones de los humedales tropicales y subtropicales pueden provocar cambios significativos en las tasas de evapotranspiración, aumento en las temperaturas de sus aguas y la extinción de diversas especies tanto de flora como de fauna (Wu, Shukla & Shresta, 2016).

De acuerdo con la *Guía de identificación y manejo para humedales en propiedades privadas en Costa Rica* (Secretaría Técnica Nacional Ambiental [SETENA], 2016), debido a que muchos humedales se encuentran donde la tierra y el agua se unen, son hábitat utilizados por animales tanto de ambientes secos como en ambientes húmedos, tales como especies de invertebrados, peces, reptiles y anfibios que dependen de los ciclos de agua de los humedales para sobrevivir. Por tanto, es donde queda en evidencia que los cambios marcados en precipitaciones y temperatura son sensibles para las especies que dependen de los humedales.

Sin contar los humedales marinos, alrededor de ambas costas de Costa Rica, el área total de humedales es aproximadamente de 350 000 ha, distribuidas entre los tipos de bosque anegado, bosque de palmas, pantano herbáceo, manglares y lagos o lagunas; los ecosistemas húmedos cubren casi el 7% del territorio nacional, a expensas de los resultados esperados con el *Proyecto Humedales* (2016), el cual está en desarrollo. De acuerdo con SETENA (2016), los tipos de humedales que existen son los marinos, estuarinos, ribereños, lacustrinos y palustrinos.

Según Horn y Haberyan (2016), a partir de las 139 hojas topográficas escala 1:50 000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN), existen 652 cuerpos de agua asociados con depresiones topográficas donde podrían generarse humedales; no obstante, de acuerdo con el *Proyecto Humedales* (2016), este número podría ser de varios miles de humedales, dada la resolución de trabajo de este proyecto a escalas 1:25 000 o superiores. El cantón de Coto Brus cuenta con siete humedales: Laguna San Joaquín (Humedal San Vito), Laguna El Campo (Campo de Aterrizaje), Laguna Zoncho (Laguna Julia), Laguna Los Gamboa, Humedal Paraguas, Laguna Valle Azul y Laguna Cañas Gordas (Córdoba, Romero & Windevoxhel, 1998). De todos los humedales antes citados, el que cuenta con una mayor superficie es la Laguna San Joaquín (Humedal San Vito), además se considera la más afectada por su cercanía con los centros poblados de San Joaquín, El Campo, La Isla, Barrio Orotina y Lourdes.

El objetivo en esta investigación es determinar las causas que han modificado el área del Humedal San Vito a lo largo de casi siete décadas. Se exploran como posibles la variabilidad climática (especialmente los fenómenos del Niño y la Niña), los impactos ambientales como la construcción del aeropuerto de San Vito en la década de 1950, y la colonización agrícola favorecida por las políticas estatales durante un periodo de crecimiento de la población costarricense. La hipótesis de este trabajo se basa en determinar, si son solamente estos factores los que han modelado estas morfologías ecológicas o si existen otras variables que impulsan su modificación, cuáles son, y si hay un mayor peso por cambios basados en forzadores antrópicos, naturales o su conjunto.



2. Metodología

2.1 Área de estudio

Coto Brus está localizado al sureste de Costa Rica, entre las coordenadas geográficas 82° 45' 00" y 83° 10' 00" de Longitud Oeste y 8° 54' 58" y 8° 45' 00" de Latitud Norte. Se sitúa en una depresión intermontana formada en su mayoría de flujos y avalanchas de detritos producto de una fuerte influencia tectónica y volcánica del pasado de la Cordillera de Talamanca al norte. Además, limita con la Fila Brunqueña al sur, la cual es producto de la formación de un antearco sedimentario de edad miocénica. En el marco político administrativo, limita al sureste con la frontera con Panamá, el cantón de Corredores, así como con la Fila Costeña y al oeste los cantones de Buenos Aires, Golfito y Osa.

Según el [Instituto Meteorológico Nacional \(IMN\) \(2008\)](#), en Costa Rica se pueden diferenciar tres grandes regiones climáticas y dentro de ellas, seis zonas diferentes de menor escala, Coto Brus se ubica dentro de la Región Tropical del Pacífico, Región Pacífico Sur. En esta región, los variados accidentes geográficos generan un régimen de lluvias diferente al de las otras regiones de la vertiente Pacífica, se percibe en un clima de período seco muy corto (enero – marzo), y el lluvioso largo e intenso, el período lluvioso se da entre abril y diciembre, aunque con una leve disminución en julio ([Solano y Villalobos, 2001](#)).

El cantón de Coto Brus está dividido en seis distritos: San Vito, Sabalito, Agua Buena, Limoncito, Gutiérrez Braun y Pittier. El humedal de San Vito se ubica en el poblado de San Joaquín, distrito San Vito en las coordenadas geográficas 8°49'36.15" de Latitud Norte y 82°57'3.01" de Longitud Oeste. Mediante decreto N° 22879-MIRENEM, se declara el Humedal de San Vito, constituido por la Laguna de San Joaquín en toda su extensión, localizada en la Hoja Cartográfica Cañas Gordas N° 3642 III, escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Nacional, con un área de 93 764,73 metros cuadrados (**Figura 1**).

2.2 Procedimiento metodológico

Se realiza un análisis de los datos climáticos, especialmente precipitación, que se han registrado desde la década de 1960 en las regiones circundantes al Humedal de San Vito, además se hace una reconstrucción histórica mediante fotografías aéreas, desde 1948, de la zona de estudio y se presenta un análisis de la relación que existe entre el fenómeno ENOS (El Niño-Oscilación del Sur), así como las variaciones de tamaño del humedal. Por último, se tratan de identificar los factores antrópicos que tuvieron un efecto directo o indirecto en la dinámica lacustre desde la incursión de inmigrantes, como parte del crecimiento de la frontera agrícola en Costa Rica durante la década de 1940.

Los datos climatológicos de precipitación en la zona de estudio fueron suministrados por el IMN, se utilizaron los datos de las estaciones meteorológicas: San Vito, Río Negro, Limoncito, Fila Tigre y Las Alturas, estas son estaciones manuales que cuentan con información únicamente de precipitación de la década de los sesentas hasta la década de los noventas; sin embargo, no contaban con toda la línea de tiempo. La única estación automática y que cuenta con información de precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima es la estación meteorológica Las Brisas desde 1997.

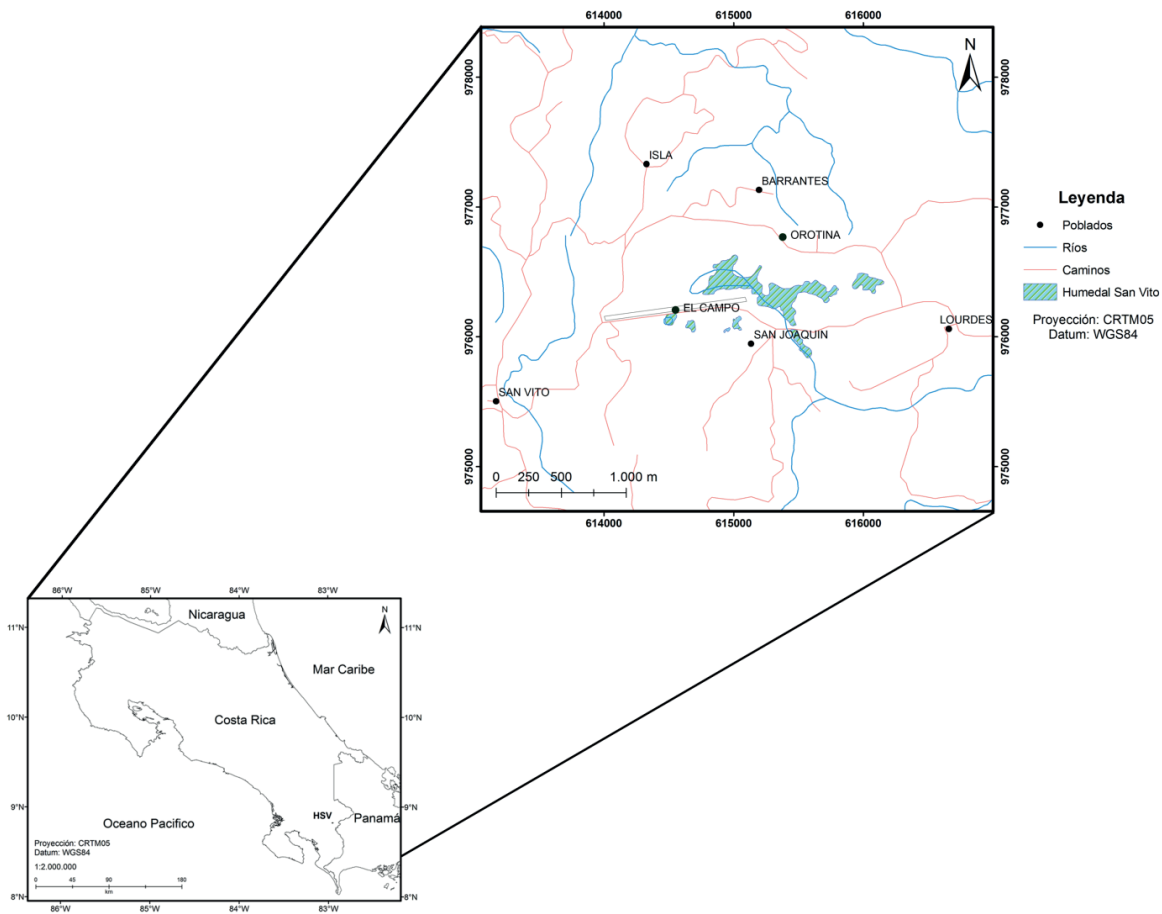


Figura 1. Ubicación del Humedal de San Vito (HSV) en el contexto nacional y local.

Por otra parte, se solicitaron los datos de las estaciones meteorológicas Las Cruces y Loma Linda de la Organización para Estudios Tropicales (OET), ambas estaciones son automáticas y cuentan con información de precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima. En el caso de la estación Las Cruces, se brindó información desde su entrada en funcionamiento el día 01 de agosto de 2008 hasta el 31 de diciembre de 2015 y de la estación Loma Linda se contó con información del 01 de enero de 1991 al 02 de febrero del año 2008.

Para las estaciones manuales (San Vito, Río Negro, Limoncito, Fila Tigre y Las Alturas), como los datos entregados por el IMN contienen únicamente información de precipitación hasta el año 1990, estos se trabajaron calculando la precipitación total mensual y anual, con el fin de realizar una comparación entre los totales obtenidos, con el periodo de 1961-1990 que representa el clima actual modelado y que es utilizado como referencia (línea base o de control) para comparar y medir la magnitud del escenario climático futuro, de acuerdo con lo establecido por el Instituto Meteorológico Nacional. El objetivo es hacer una comparación de los resultados obtenidos con la línea base para saber si, efectivamente, para el periodo de 1961–1990 los datos son semejantes.



Para las estaciones meteorológicas automáticas (Loma Linda, Las Cruces y Las Brisas), se trabajó con el periodo de 1991-2015, con el mismo procedimiento de calcular la precipitación total mensual y anual. Una vez obtenidos los resultados, se hizo una comparación entre los totales obtenidos, con el período de 1961-1990 (línea base o de control), con el propósito de saber si los resultados obtenidos difieren mucho de la línea base.

La información básica del humedal fue solicitada personalmente ante la Oficina del Sistema Nacional de Áreas de Conservación en San Vito de Coto Brus, esta, a su vez, facilitó las fotografías aéreas georreferenciadas de los años 1948, 1992 y 1997. Por medio del Instituto Geográfico Nacional se realizaron gestiones para contar con las fotografías aéreas de los años 1960, 1980, 1999, 2005 y 2016. Una vez conseguidas todas las imágenes disponibles para el área de estudio, mediante el uso de sistemas de información geográfica se georreferenciaron las imágenes a la proyección CRTM 05 (Costa Rica Transversal Mercator) y se digitalizaron los polígonos del área que ocupó el humedal durante esos años.

Se realizó también una búsqueda bibliográfica principalmente enfocada a los humedales, al comportamiento del clima y al tema del cambio climático, con el fin de determinar cómo afectan los cambios en las variables climáticas regionales y locales a estos ecosistemas. Además, se realizó un análisis de los factores que han generado cambios sensibles en este humedal, en contraste con los datos atmosféricos como lo fueron los cambios en el uso del suelo, los precios internacionales del café, el crecimiento de la población y la presión urbanística sobre el humedal.

3. Resultados

3.1 Análisis de la precipitación del área de estudio

El IMN (2008) indica que San Vito se encuentra en la Región Climática Pacífico Sur, en donde la línea base 1961-1990 establece que la precipitación anual para las estaciones meteorológicas de San Vito, Río Negro, Limoncito, Fila Tigre, Las Alturas y Las Brisas va desde los 3 000 mm hasta los 4 000 mm (**Figura 2**).

La precipitación promedio de los datos obtenidos entre el año 1961 y 1988, en la estación meteorológica San Vito, es de 3 549,44 mm. Los resultados de la estación meteorológica San Vito, muestran que los años con menor cantidad de precipitación fueron 1972 y 1977, afectados por el fenómeno del Niño. El año con mayor cantidad de precipitación fue 1975 con 4571,6 mm, este comportamiento se debe a que fue un año afectado por el fenómeno de la Niña, inclusive de los 27 años que se tiene registro de precipitación, los años 1961, 1962, 1975, 1979, 1981, 1984 y 1988 sobrepasaron los 4 000 mm. La estación meteorológica San Vito indica que los totales de precipitación por año se mantienen en el rango que establece la línea base para el distrito de San Vito.

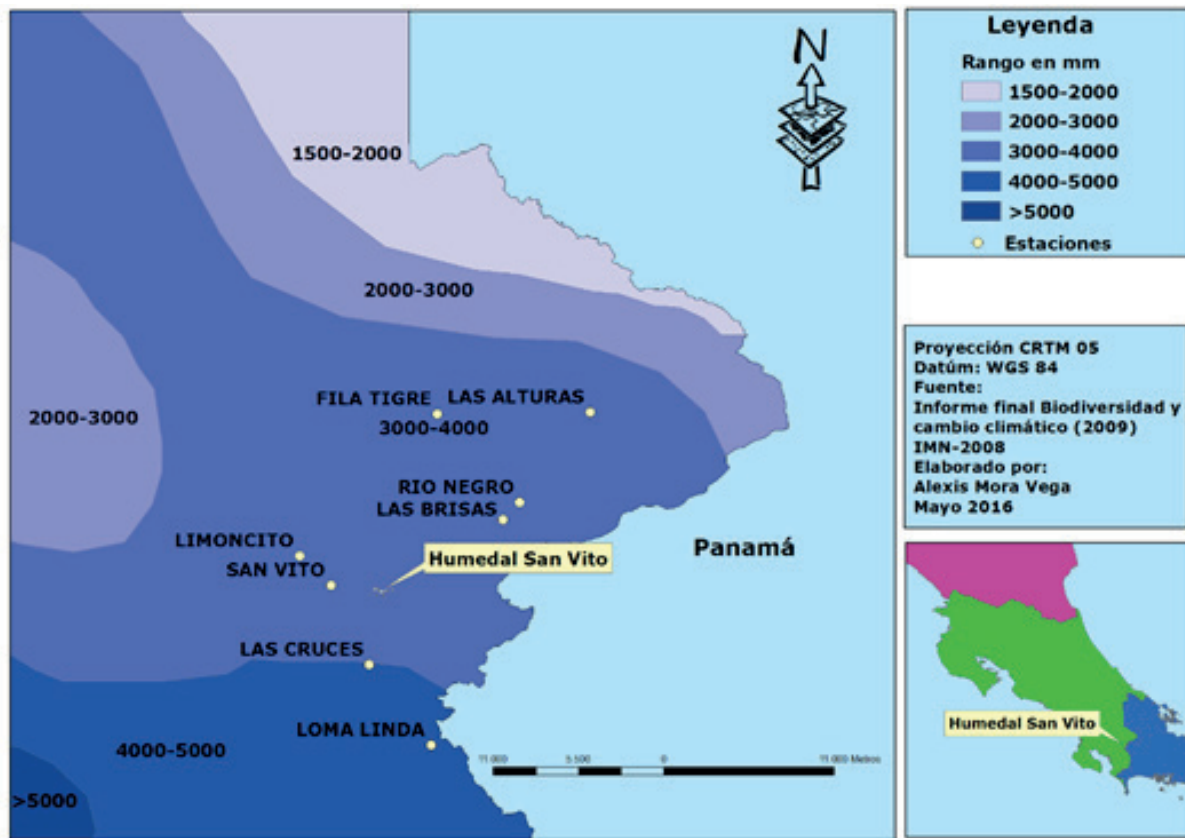


Figura 2. Isoyetas de la precipitación (mm) anual promedio. Período línea base 1961-1990.

La estación meteorológica Río Negro tiene un promedio de 3 126,6 mm de precipitación, este promedio se calculó de los datos obtenidos entre el año 1969 hasta el año 1990. Al igual que la estación San Vito, las precipitaciones mostraron un ascenso entre el año 1972 a 1975, por motivo de la influencia del fenómeno de la Niña. Aquellos años donde la precipitación fue menor tienen afectación directa del fenómeno del Niño. Los registros de la estación meteorológica Río Negro indican que, durante los años 1972, 1976, 1977, 1982 y 1987, las precipitaciones anuales fueron menores a los 3 000 mm, asociado con el fenómeno del Niño.

La estación meteorológica Limoncito obtuvo un promedio anual de precipitaciones de 3961,1 mm, esto entre el año de 1973 y 1990. Las mayores precipitaciones fueron en los años 1973, 1975, 1981, 1984 y 1988, todos ellos a excepción del año 1981, estuvieron afectados por el fenómeno de la Niña. Los años con menor cantidad de precipitación fueron 1976, 1980, 1982, 1983, 1986 y 1989, los cuales fueron afectados directamente por el fenómeno del Niño. La estación no tuvo lluvias por debajo de los 3 000 mm anuales, esto quiere decir que las dos se mantienen dentro de los rangos de la línea base y que, para el período estudiado, las precipitaciones fueron constantes, incluso algunos años están por encima de los 4 000 mm anuales, los cuales son 1973, 1974, 1975, 1978, 1979, 1981, 1984, 1985, 1988 y 1990.



El promedio de precipitación entre los años 1976 a 1990, de la estación Fila Tigre es de 3 491 mm. El año con menor registro de precipitación fue 1997, con apenas 3 007,0 mm, año bajo la influencia del fenómeno del Niño intenso, mientras que la mayor cantidad de precipitación la registra el año 1988, con un total de 4 574,0 mm, año que fue afectado por el fenómeno de la Niña, lo cual explica el aumento en la cantidad de precipitación. La estación presentó precipitaciones por encima de la línea base en los años: 1978, 1979, 1981, 1988 y 1990.

El promedio de precipitación obtenido entre el año 1983 a 1990, de la estación meteorológica Las Alturas fue de 2 933,2 mm, para esta estación existe una relación directa entre el año con menor precipitación y mayor precipitación con el fenómeno del Niño y la Niña respectivamente, de los 8 años estudiados, 7 estuvieron afectados por el fenómeno ENOS. La estación meteorológica Las Alturas presentó varios años donde la precipitación está por debajo de la línea base: 1983 y 1987 los cuales fueron influenciados por el fenómeno del Niño. Los años 1985 y 1989 son atípicos en vista de que están asociados con el fenómeno de la Niña y también se puede citar 1990 como un año seco, en el cual no hubo afectación de ningún fenómeno.

La precipitación promedio para los años estudiados en la estación Loma Linda, es de 3 311,23 mm. El año con el registro menor de precipitación fue 1992 con 2 255,0 mm y el año con el registro de mayor precipitación fue 1999 con 4 896,0 mm, una vez más existe relación entre los mínimos y el fenómeno del Niño, así como los máximos con el fenómeno de la Niña. La estación Loma Linda, se ubica dentro del rango de 4 000 mm a 5 000 mm anuales según la línea base, sin embargo, únicamente en los años 1999, 2003 y 2007 las precipitaciones registradas estuvieron por encima de los 4 000 mm anuales.

En la estación meteorológica Las Cruces registra como el año con mayor precipitación el 2010, con un total de 4 942,0 mm y el año con menor precipitación el 2015 con tan solo 2 896,1 mm, este máximo y mínimo tiene relación directa con el fenómeno ENOS. La estación Las Cruces se ubica en el límite que establece que las precipitaciones van entre los rangos de 4 000-5 000 mm y los 3 000-4 000 mm. Por otra parte, el año 2013 se puede considerar atípico, ya que es un año en el que no intervino el fenómeno ENOS y la precipitación estuvo casi en los 3 000 mm anuales. El año 2015 fue un año afectado fuertemente por el fenómeno del Niño, esto explica por qué la precipitación estuvo por debajo de los 3 000 mm anuales. Destaca que para los años 2010 y 2011 la precipitación estuvo por encima de los 4 000 mm anuales, inclusive el 2010 casi llega a los 5 000 mm, esta cantidad de precipitación se dio por ser años afectados por el fenómeno de la Niña.

La estación meteorológica Las Brisas presenta, en su mayoría, precipitaciones superiores a los 2 000 mm anuales pero menores a los 3 000 mm. El promedio de precipitación para los años estudiados en la estación Las Brisas es de 2 742,2 mm, el registro de mayor precipitación es del año 2010, con un total de 3 956,1 mm, este año fue afectado por el fenómeno del Niño durante los primeros cuatro meses del año; sin embargo, el mismo año fue influenciado por el fenómeno de la Niña durante los meses en que se registra un aumento en las precipitaciones, esto explica por qué el aumento en la precipitación.



3.2 Impactos ambientales y variaciones del humedal en 68 años

Del análisis generado a partir de las fotografías aéreas se logró identificar que para 1948, el área que ocupaba el Humedal de San Vito era de 16,34 ha; además, como se muestra en la fotografía aérea, en este tiempo el humedal se encontraba totalmente rodeado por bosque, lo cual contribuía a su protección; sin embargo, este panorama duraría muy poco, ya que es precisamente a finales de la década de 1940 y a principios de la de 1950, cuando arriban los grupos colonos, primeramente panameños y costarricenses, seguidos por italianos.

El mapa está basado en una de las primeras imágenes aéreas con que se cuenta del distrito de San Vito, el área que ocupaba en humedal en el año 1948 era de 16,34 ha, la imagen aérea muestra una densa vegetación y las partes sin vegetación corresponden al área que ocupaba el humedal; sin embargo, no se descarta que la extensión del humedal haya sido aún mayor, podría ser que se extendiera por debajo de la vegetación. La fotografía también muestra que el uso de la tierra estaba únicamente en bosque, no se observan construcciones de casas, caminos ni algunas “abras” incipientes de pastos y cultivos (**Figura 3**).

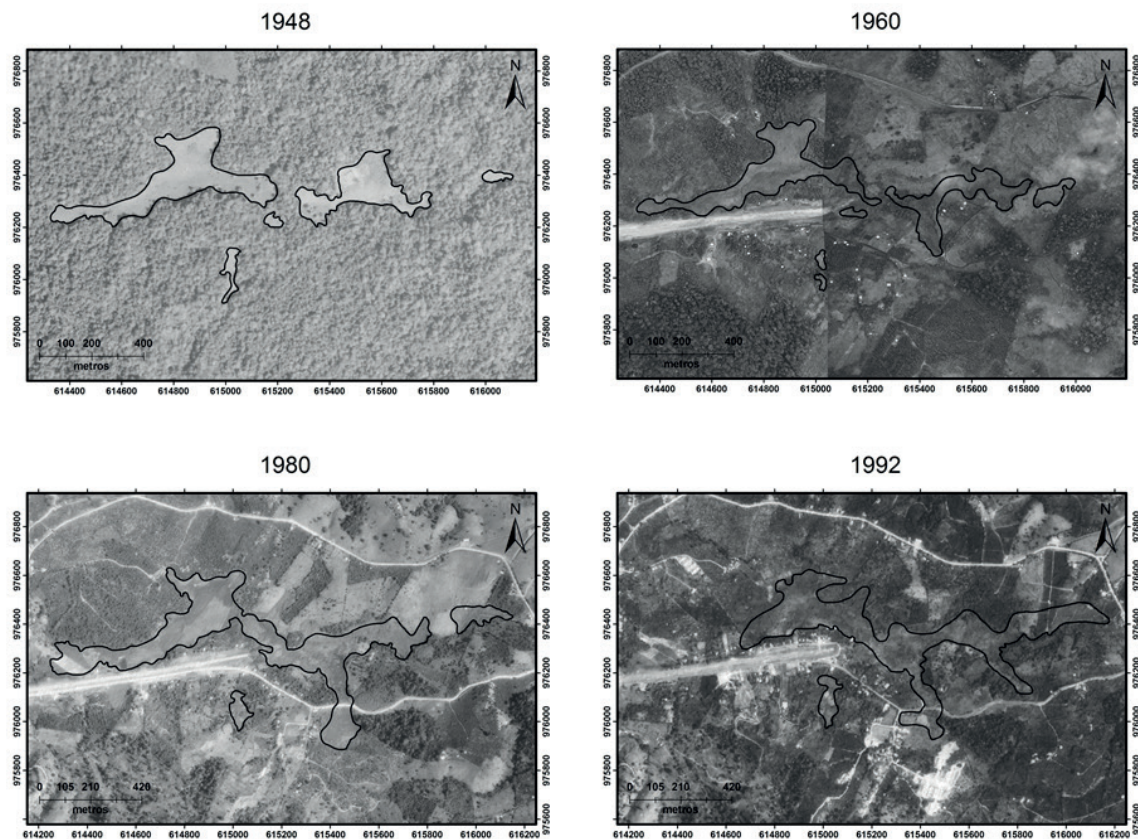
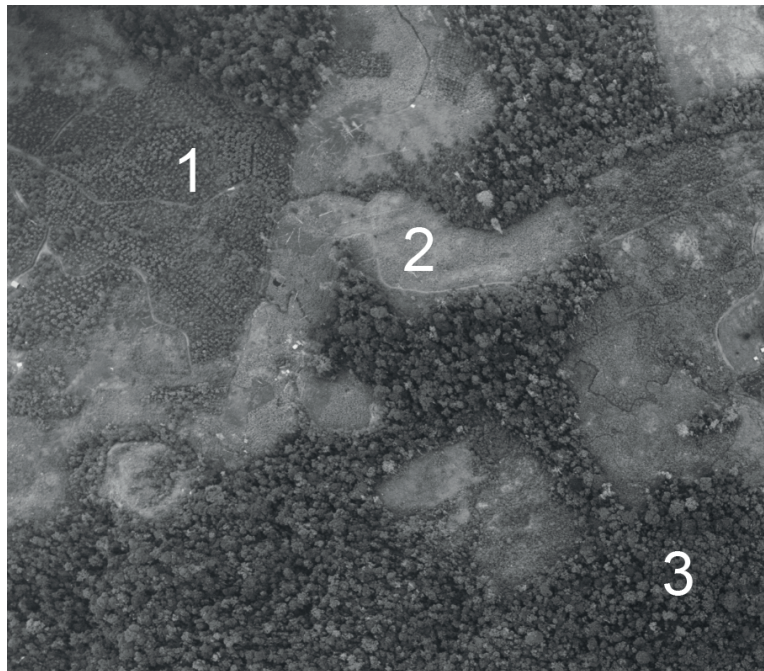


Figura 3. Cambios en el humedal San Vito entre 1948 y 1992. Fuente: IGN, fotografías aéreas 1948, 1960, 1980 y 1992.



Según el análisis cartográfico realizado a partir de la fotografía aérea del año 1960, el área del humedal disminuyó en 1,26 ha o 12 600 m², respecto al año 1948. También se logran observar cambios muy fuertes en el uso de la tierra, pasando de una densa vegetación boscosa a áreas destinadas a la agricultura, donde se estima que su uso era la ganadería, cultivo de café y agricultura de subsistencia como frijoles y maíz, a pesar de esos cambios se observa que se mantienen algunas áreas en bosque. Por otra parte, se observan cambios debido a la colonización de San Vito, como la apertura de caminos y destaca la construcción del aeródromo o campo de aterrizaje, y la construcción de viviendas cercanas al humedal.

Para este periodo fueron las épocas de mayor deforestación en el cantón donde, según el estudio de Zahawi, Durán & Kormann (2015) entre los años 1947 y 2014, para un sector de influencia directa de la Estación Biológica Las Cruces de 13 km a la redonda, se perdieron 22,54 ha de bosque en tan solo 67 años, lo que equivale a una pérdida del total del área boscosa en un 70,3% (o lo que es equivalente a una tasa anual de 1,05%). Los usos de la tierra típicos de Coto Brus, una vez abierta la frontera agrícola, fueron el tridente de café, pastos y bosques (Figura 4). Estos usos alternaron dependiendo del distrito donde se localizaron y el empuje o atracción económica hacia una actividad temporal. Esto dependía de la oferta y demanda de productos como la carne y el café, los cuales no tienen precios constantes y sus variaciones indicaban los pulsos de mayor crecimiento/decrecimiento de sus áreas, según estas variables macroeconómicas nacionales e internacionales.



Nota: Los usos que destacaban eran: 1. Café, 2. Pastos, 3. Bosques. Este patrón se mantiene hasta la actualidad con la variante del café por otros cultivos.

Figura 4. Paisaje típico para la década de 1960 (Fuente: IGN, 1960).



Los problemas ambientales más recurrentes fueron las altas tasas de erosión en todo el cantón, dada la alta tasa de deforestación y apertura de campos para el cultivo; además, producto del mismo beneficiado del café y el mal tratamiento de las aguas oleaginosas, se provocaron importantes afectaciones en las condiciones naturales de ríos y quebradas del cantón, especialmente en la flora y fauna de los cuerpos de agua, los cuales no han vuelto a ser los mismos. Esta dinámica no fue ajena al Humedal San Vito, dada su localización entre los dos poblados más habitados del cantón: San Vito y Sabalito.

El mapa del humedal de San Vito en el año de 1980 fue elaborado con base en la fotografía aérea del mismo año, muestra cómo el área del humedal aumentó su área en 9,58 ha respecto a 1960, esto debido al aumento en la precipitaciones en la década de los años 1970, tal y como se mostró en los cuadros anteriores. La imagen aérea revela cambios importantes en el uso de la tierra, sobre todo en que se eliminó casi por completo la cobertura boscosa, para darle paso a actividades agrícolas. Se observa un aumento en la actividad cafetalera, este incremento se debió a un alza en el precio internacional del café a finales de la década de 1970, por otra parte se observan áreas dedicadas a la ganadería, además hubo un desarrollo notable en la apertura y construcción de caminos, así como un ligero crecimiento en el uso habitacional.

Para 1992 se observa una pérdida de poco más de una hectárea en el área del humedal, respecto del área que ocupaba en 1980, hubo un crecimiento notable en la población sobre todo en la comunidad de San Joaquín y en los alrededores del aeropuerto (aeródromo); por el aumento en el uso habitacional, pierde área el humedal en la parte oeste. El crecimiento poblacional y su influencia en el humedal se refleja en los resultados del censo aplicado en el año 1984, el cual indica que la población de San Vito creció en 5519 habitantes, pues pasó de un total de 7 345 personas en el año 1943 a 12 864 habitantes en 1984.

En el año 1997, se dio un ligero crecimiento de 3 600 m² en el área del humedal, en relación con 1992. En la imagen aérea se observa un pequeño crecimiento en los poblados alrededor del humedal. De 1997 a 1999 el humedal pierde aproximadamente 8 000 m², donde el uso de la tierra no refleja fuertes cambios, se observan áreas destinadas a la cafcultura, pasturas y uso habitacional (**Figura 5**). En el año 2005, el humedal tenía una extensión de 18,62 Ha, aproximadamente 4,40 Ha menos que en el año 1999, esta disminución del área está ligada al descenso de las lluvias observado en las estaciones Loma Linda y Las Brisas que mostraron totales de precipitación muy por debajo del parámetro establecido en la línea base.

Para el 2016 el área del humedal se mantiene estable en relación con la extensión que ocupaba en el año 2005, se aprecian algunas zonas boscosas que, sin lugar a duda, han contribuido a que el humedal se mantenga equilibrado; por otra parte, se observa una disminución en las áreas que estaban destinadas a la producción de café, esto debido a la caída en los precios internacionales entre el año 1999 hasta el 2009. De acuerdo con [Quesada-Román \(2013\)](#), para el 2005 las áreas de bosques eran las que dominaban en el distrito de San Vito, las cuales constituían el 36,5% del área total, seguido de pastos (33,3%), cultivos permanentes (26,9%) y otros con aproximadamente un 4%. Esta unidad político-administrativa da un panorama general de la situación del resto del cantón, donde las características de uso de la tierra son similares. Además, este autor indica que hay un 50% del distrito con uso correcto de la tierra, el subuso representa un 30% e indica



valores de uso de la tierra por debajo de capacidad de su uso sin presentar actualmente un peligro de degradación de las tierras, pero sí es importante aprovechar el potencial de estos mismos. El sobreeso comprende un 20% del territorio, en el cual los procesos de degradación de las tierras van en contra de la fertilidad del suelo y a priori con la pérdida de la productividad agropecuaria.

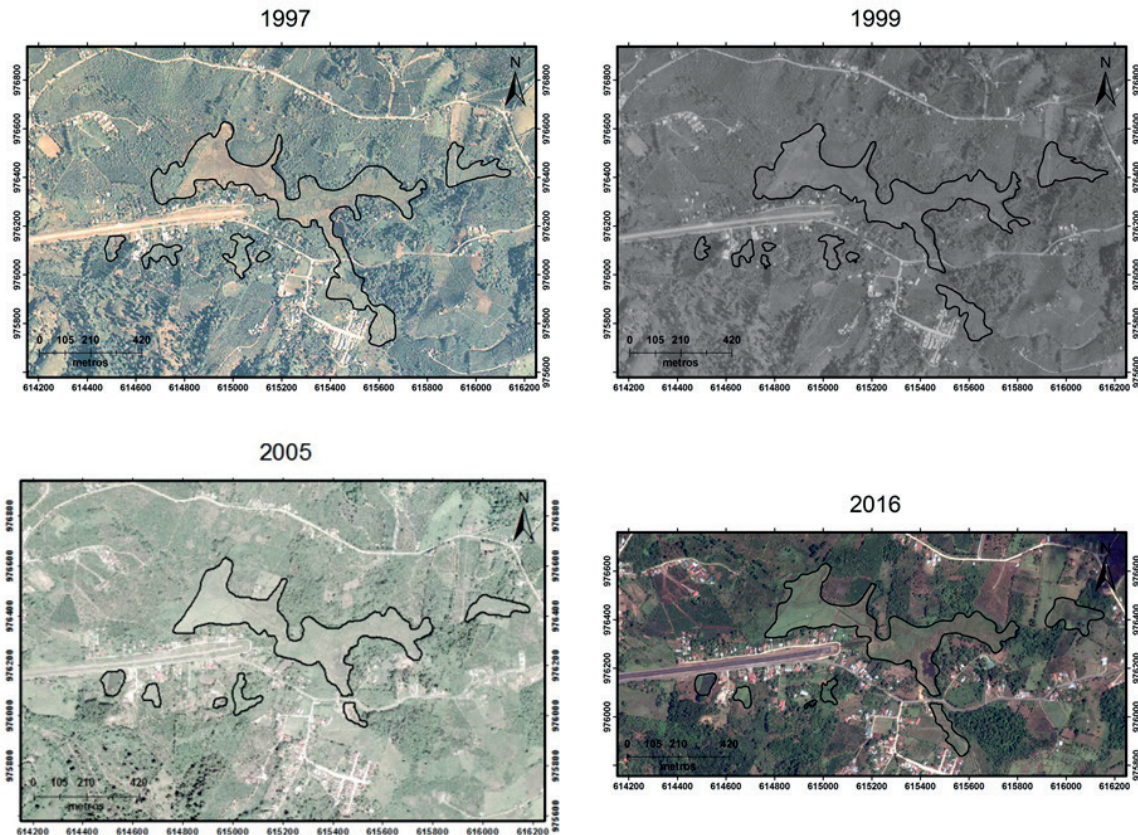


Figura 5. Cambios en el humedal San Vito entre 1997 y 2016. Fuente: IGN, fotografías aéreas 1997, 1999; CARTA 2005 y Google Earth 2016.

Entre los problemas ambientales que generan las actividades agropecuarias que históricamente se han presentado en el cantón, como son el café y la ganadería, dadas altas cantidades de agroquímicos utilizados, podrían contaminar los mantos acuíferos y aguas superficiales afectando la biota de los ecosistemas existentes. Por otro lado, las tasas de erosión se mantienen altas, pues no se cultiva en curva de nivel y se propicia un uso intensivo del territorio para fines agropecuarios que generen réditos económicos en poco tiempo. Es importante también indicar que se observa, en recorridos constantes a diferentes zonas del cantón, cómo los procesos de reptación (pie de vaca) en áreas de pastos, cada vez son mayores, lo que tiene asociación directa con la pérdida de nutrientes del suelo y la degradación de las tierras.



Cuadro 1. Cambios en el área del Humedal San Vito según fotografías aéreas

Año	Área (ha)	Pérdida/Ganancia (%)
1948	16,34	0,00
1960	15,08	-7,71
1980	24,66	63,53
1992	23,47	-4,83
1997	23,83	1,53
1999	23,02	-3,40
2005	18,62	-19,1
2016	18,68	0,32

Las variaciones en el área sufridas por el humedal de San Vito, observadas en fotografías aéreas a través de casi 70 años, se deben, principalmente, a las modificaciones antrópicas realizadas durante la década de 1950, con la construcción del aeropuerto y el drenado de buena parte del humedal. Así también, diversos factores detonantes de origen antrópico como lo han sido la colonización agrícola de Coto Brus; la expansión de la frontera agrícola impulsada por el alza internacional en los precios de café, la ganadería y el crecimiento poblacional han sido procesos que han afectado la dinámica y extensión del humedal. Además, se observa un forzamiento expresado a través de la variabilidad climática que representa el fenómeno ENOS, tanto en los fenómenos del Niño y la Niña.



Figura 6. Humedal San Vito en calle Los Cubero, cerca de San Joaquín. Fuente: Roger González, Proyecto de Humedales (2016).



Costa Rica, desde hace varias décadas, tiene dentro de sus políticas de Estado la protección del ambiente. Dentro de las que protegen los humedales, se pueden citar la Ley de Aguas N.º 246 de 27 de agosto de 1942 y sus reformas, así como el Código de minería Ley N.º 6797 de 4 de octubre de 1982, sin embargo, este aumento en el área boscosa evidenciado entre el año 2005 y 2016 tiene relación con las políticas de Estado decretadas a partir de la década de 1990, tales como:

- Ley Orgánica del Ministerio del Ambiente y Energía N.º 7152 de 21 de junio de 1990.
- La Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como hábitat de las aves acuáticas (Convención RAMSAR) ratificada por ley de la República N.º 7224 de 9 de abril de 1991.
- Ley de Conservación de la Vida Silvestre N.º 7317 del 7 de diciembre de 1992.
- Ley Orgánica del Ambiente N.º 7554 del 13 de noviembre de 1995.
- Ley Forestal N.º 7575 de 5 de febrero de 1996.
- Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos N.º 7779 de 21 de mayo de 1998.
- Ley de Pesca y Acuicultura N.º 8436 de 10 de febrero de 2005.
- Decreto N.º 22879-MIRENEM para establecer el Humedal de San Vito.

Toda esta legislación ha permitido también que el Humedal de San Vito cuente con protección y ha generado, como resultado, que la acción de las comunidades vecinas al humedal sean más medidas. Además, la restricción legal en conjunto con el limitado apoyo del agro desde el aparato estatal ha desmotivado el avance de la frontera agrícola hacia espacios que requieren una inversión mayor para su transformación hacia tierras laborales como los humedales.

4. Conclusiones

La comparación entre los datos obtenidos de las estaciones meteorológicas San Vito, Río Negro, Limoncito, Fila Tigre y Las Alturas con la línea base (periodo de 1961-1990) evidencia que los valores de precipitación se mantienen entre los 3 000 y 4 000 mm anuales. Por otra parte, al hacer la comparación de la línea base y los totales de precipitación de las estaciones Loma Linda, Las Cruces y Las Brisas, queda en evidencia que la cantidad de lluvia fue mucho menor a la que debió de precipitar, por tanto, esta es una de las causas de la disminución del humedal entre la década de los años 1990 y el 2005.

Se pudo comprobar que la mayor afectación al clima en el distrito de San Vito y, por ende, al humedal es la influencia del fenómeno del Niño y la Niña. Por ejemplo, cuando la precipitación fue menor a los 3 000 mm, fueron los años que estuvieron afectados por el fenómeno del Niño, y los años con precipitaciones por encima de los 4 000 mm anuales fueron influenciados por el fenómeno de la Niña. La disminución de las lluvias causadas por el efecto del fenómeno del Niño amenaza el ecosistema del humedal; no obstante, en ciertos periodos de influencia del fenómeno de la Niña se producen altas precipitaciones, lo cual genera que el área que ocupaba el humedal se incrementara considerablemente, ya que pasó de 15,08 ha en 1960 a 24,66 ha en 1980, aumentando un total de 9,58 ha. Por otro lado, la extensión de este humedal ha sido disminuida pasando de 24,66 ha en el año 1980, a 18,68 ha en el año 2016.



Los cambios en el área sufridos por el humedal de San Vito, y que se muestran claramente en la cartografía y fotografías aéreas, se deben también a la acción del ser humano, en especial con la construcción del aeropuerto, en la década de 1950, fomentada por la colonización agrícola de Coto Brus y propiciada por población costarricense e italiana, la expansión de la frontera agrícola impulsada por el alza internacional en los precios de café (especialmente durante la década de 1970), la ganadería y el crecimiento poblacional.

Por tanto, se podría concluir que tanto las variables naturales (especialmente la variabilidad climática) como antrópicas (la construcción del aeropuerto y la carretera entre San Vito y Sabalito; el cambio en el uso del suelo, especialmente alimentado por una voraz deforestación en la década de los años de 1950 y 1960; el crecimiento de la frontera agrícola con actividades agropecuarias extensivas como los pastos, el café, y otros cultivos como las hortalizas) son básicamente las mayores causas de la modificación de los límites originales (1948) del Humedal San Vito, lo que ha provocado su constante modificación a lo largo de siete décadas.

Para poder dar seguimiento a las variaciones a mediano y largo plazo en el clima de la región, es necesario contar con más estaciones meteorológicas automáticas en la zona, ya que la información brindada por el IMN revela que cuenta con únicamente una estación automática y la otra que existe es de iniciativa privada en la Estación Biológica Las Cruces. Los cambios en el clima son una realidad que afecta los ecosistemas, así como las actividades productivas, y de donde nace una necesidad que se puede canalizar por medio de recursos de instituciones del sector agropecuario, sector ambiental o universidades.

Es necesario contar con el Plan Regulador de Coto Brus, el cual permitiría la protección del Humedal de San Vito, ya que se debe respetar la legislación ambiental vigente que regula las actividades que se desarrollan en los alrededores del humedal. A nivel de gobierno local se deben plantear estrategias como no otorgar permisos de construcción cercanos al humedal y, de esta manera, evitar el crecimiento de población en sus alrededores. Los esfuerzos del Gobierno en la década de los años 1990 en materia de legislación ambiental han generado frutos, ya que para el año 2016 se observa un aumento en la cobertura boscosa en los alrededores del humedal de San Vito. Al aumentar el ecosistema del humedal, este está mejor preparado para afrontar años con pocas precipitaciones, ya que el bosque sirve de amortiguamiento ante las sequías. A nivel de MINAE o SINAC, se recomienda iniciar un proceso de educación ambiental en las comunidades de San Joaquín, El Campo, La Isla, barrio Orotina y Lourdes, educación que permita incluso reforestar el área de protección con especies nativas de árboles. Además, se hace necesario modificar el decreto del humedal por parte del SINAC para que se ajuste a la realidad del área que ha ocupado históricamente el humedal de San Vito.

Una de las importancias más conocidas de los humedales es que albergan muchas especies tanto de flora como de fauna interesantes de observar y estudiar; entre estas destaca su importancia para el refugio de aves acuáticas. De acuerdo con el Club de Aves de San Vito, este ecosistema alberga alrededor de 206 especies de aves de las cuales 28 son especies asociadas a humedales, entre las que destaca la *Jacana jacana* (jacana sureña) que es un ave difícil de observar y que se encuentra reportada como endémica de San Vito. El turismo de aves tanto contemplativo como científico es una de las actividades que genera muchos ingresos para el país, y que podría tener un potencial económico para las poblaciones de las comunidades aledañas.



La conservación de los humedales de montaña en Costa Rica tiene la ventaja de que estos espacios geográficos podrían volverse sitios de interés turístico. Dentro de la línea investigativa de los geomorfositos, los cuales son formas de relieve a las que se les pueden atribuir valores de tipo científico, ecológico, cultural, estético o socioeconómico, el caso del Humedal de San Vito podría promoverse un turismo científico-ecológico que se informe sobre las especies de aves migratorias que visitan el humedal, las especies animales y vegetales endémicas, las que están en peligro de extinción, y sobresaltar las características que hacen de esta geoforma única e importante para la población de San Joaquín y el cantón de Coto Brus, lo que imprimiría un sentido de pertenencia y protección.

5. Agradecimientos

Se les agradece a los funcionarios del IMN y la OET por facilitar la información de sus estaciones meteorológicas para el análisis climático. A los funcionarios del IGN y SINAC de San Vito por proporcionar las fotografías aéreas para desarrollar el estudio de los cambios en las áreas del humedal entre 1948 y 2016. A Erich Mata por la georreferenciación y digitalización de la información del humedal. También un atento agradecimiento a Néstor Veas, del Programa Humedales del SINAC-GEF-PNUD-MINAE, por colaborar con información clave y la revisión de este manuscrito. Le agradecemos a la *Revista de Ciencias Ambientales* y especialmente al personal académico revisor por sus precisas observaciones.

6. Referencias

- Capote-López, R. P., Mitrani, I., Suárez, A. G. (2011). Conservación de la biodiversidad cubana y cambio climático en el archipiélago cubano. *Revista Anales de la Academia de Ciencias de Cuba* 1(1), 1-25.
- Córdoba Muñoz, R., Romero Araya, J. C. & Windevoxhel Lora, N. J. (1998). *Inventario de los humedales de Costa Rica*. San José, Costa Rica: UICN ORMA.
- Corlett, R. T. (2011). Climate change in the tropics: The end of the world as we know it? *Biological Conservation* 151(1), 22-25. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.11.027>
- Franco-Vidal, L., Delgado, J. & Andrade, G. I. (2013). Factores de la vulnerabilidad de los humedales altoandinos de Colombia al cambio climático global. *Cuadernos de Geografía - Revista Colombiana de Geografía* 22(2), 69-85.
- Gandarillas, V., Jiang, & Irvine, K. (2016). Assessing the services of high mountain wetlands in tropical Andes: A case study of Caripe wetlands at Bolivian Altiplano. *Ecosystem Services* 19, 51-64. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.04.006>
- Grupo de Examen Científico y Técnico (GECT) y la Secretaría a las Partes Contratantes (RAMSAR). (2016). *Los humedales y la reunión sobre el cambio climático de la COP15 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Recuperado de http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/strp/strp_briefing_climate_2009_s.pdf



- Hijmans, R. J., Camerom, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G. & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25, 1965–1978. doi: <https://doi.org/10.1002/joc.1276>
- Horn, S. y Haberyan, K. A. (2016). Lakes of Costa Rica. In M. Kappelle (Ed.), *Costa Rican Ecosystems*. United States: The University of Chicago Press.
- Instituto Geográfico Nacional. *Fotografías aéreas a distintas escalas de los años de 1948, 1960, 1980, 1992, 1997, 1999*. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2008). *Atlas climático interactivo*. San José, Costa Rica.
- Moya, B., Hernández, A. & Elizalde Borrell, H. (2005). Los humedales ante el cambio climático. *Investigaciones Geográficas* 37, 127-132. Doi: <https://doi.org/10.14198/ingeo2005.37.07>
- Proyecto Humedales. (2016). *Inventario Nacional de Humedales (en proceso)*. Información recopilada en campo por funcionarios de ACLAP y personal técnico del Proyecto. SINAC-GEF-PNUD-MINAE.
- Quesada-Román, A. (2013). Condición de uso de la tierra del distrito San Vito, Coto Brus, Puntarenas. *Revista Reflexiones* 92(1), 47-64.
- Secretaría Técnica Nacional Ambiental. (2016). *Guía de identificación y manejo para humedales en propiedades privadas en Costa Rica*. Recuperado de <https://www.setena.go.cr/documentos/baulas/ASPECTOS%20TECNICOS%20DE%20MANEJO/GUIA%20DE%20HUMEDALES/GUIA%20DE%20HUMEDALES.pdf>
- Solano, J. & Villalobos, R. (2001). Aspectos fisiográficos aplicados a un bosquejo de regionalización geográfico - climático de Costa Rica. *Tópicos de Meteorología y Oceanografía* 8, 26-39.
- United Nations Environment Programme. (2012). *The Emissions Gap Report 2012*. Autor.
- Uriarte, A. (2003). *Historia del clima de la Tierra*. 1ra Edición. Bilbao, España: Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco.
- Wu, C.H., Shukla, S. & Shresta, N. K. (2016). Evapotranspiration from drained wetlands with different hydrologic regimes: Drivers, modeling, and storage functions. *Journal of Hydrology* 538, 416–428. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.04.027>
- Zahawi, R.A., Duran, G. & Kormann, U. (2015). Sixty-Seven Years of Land-Use Change in Southern Costa Rica. *PLoS ONE* 10(11): e0143554. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0143554>