



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
MAESTRÍA EN CIENCIAS: MANEJO SUSTENTABLE
DE BIORRECURSOS Y MEDIO AMBIENTE

“TRABAJO DE TITULACIÓN ESPECIAL”

PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE MAGISTER EN
MANEJO SUSTENTABLE DE BIORRECURSOS Y MEDIO
AMBIENTE

**“MODELAMIENTO DE NICHOS ECOLÓGICOS DEL GUACAMAYO
VERDE MAYOR (*Ara ambiguus guayaquilensis* Chapman,
1925): IMPLICACIONES PARA SU CONSERVACIÓN”**

AUTOR: BLGO. CARLOS FABIÁN VITERI HERRERA

TUTOR: BLGO. JAIME ANTONIO SALAS ZAMBRANO, MSc.

GUAYAQUIL – ECUADOR

OCTUBRE 2016



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
MAESTRÍA EN CIENCIAS: MANEJO SUSTENTABLE
DE BIORRECURSOS Y MEDIO AMBIENTE

“TRABAJO DE TITULACIÓN ESPECIAL”

PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE MAGISTER EN
MANEJO SUSTENTABLE DE BIORRECURSOS Y MEDIO
AMBIENTE

**“MODELAMIENTO DE NICHOS ECOLÓGICOS DEL GUACAMAYO
VERDE MAYOR (*Ara ambiguus guayaquilensis* Chapman,
1925): IMPLICACIONES PARA SU CONSERVACIÓN”**

AUTOR: BLGO. CARLOS FABIÁN VITERI HERRERA

TUTOR: BLGO. JAIME ANTONIO SALAS ZAMBRANO, MSc.

GUAYAQUIL – ECUADOR

OCTUBRE 2016

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE HONOR

Blga. Dialhy Coello Salazar Mgs.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Blgo. Antonio Torres Noboa MSc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Blga. Genoveva Torres Muñoz MSc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dra. Carmita Bonifaz de Elao MSc.

DECANA

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del estudiante Carlos Fabián Viteri Herrera, del Programa de Maestría/Especialidad **Manejo Sustentable de Biorrecursos y Medio Ambiente**, nombrado por el Decano de la Facultad de **Ciencias Naturales** CERTIFICO: que el estudio de caso del examen complejo titulado **“Modelamiento de nicho ecológico del guacamayo verde mayor (*Ara ambiguus guayaquilensis* Chapman, 1925): Implicaciones para su conservación”**, en opción al grado académico de Magíster (Especialista) en **Magíster en Manejo Sustentable de Biorrecursos y Medio Ambiente**, cumple con los requisitos académicos, científicos y formales que establece el Reglamento aprobado para tal efecto.

Atentamente

Blgo. Jaime Antonio Salas Zambrano Msc.

TUTOR

Guayaquil, 23 de septiembre de 2016

DEDICATORIA

A mí hermosa y amada familia eterna,
mi esposa Julia Castro G., a mis
queridos padres Carlos Viteri Torres y
Rosa Herrera Aulestia, y a mi hermana
Karen Viteri Herrera

AGRADECIMIENTO

A mi colega y amigo Blgo. Raúl Carvajal, por su guía y consejos en mi desarrollo profesional. Mis agradecimientos a mi tutor Blgo. Jaime Antonio Salas Zambrano MSc., por la asesoría, revisión y atinadas observaciones técnicas para concluir el presente trabajo. A mi tutor externo Blgo. Danilo Yáñez MSc., por sus consejos técnicos sobre el uso de aplicaciones informáticas a estudios de biodiversidad. A mis compañeros y amigos de la Dirección de Medio Ambiente del Gobierno Provincial del Guayas, Biólogos Geovanny Zambrano, Walter Guillén, Mario Camba y Marjorie Zambrano, por su apoyo e interés genuinos.

A los excelentes profesionales y especialistas que brindaron sus valiosos aporte y tiempo: Eric Horstman, Rafaela Orrantia, Jaime Camacho, Nancy Hilgert, Olivier Chassot, Jacqueline Sócola, Carola Bohórquez, Orlando Carrión, Pilar Ycaza, entre muchos más. A los expertos en Informática de la Biodiversidad que gentilmente me orientaron con los aspectos teóricos y prácticos de mi tema: Town Peterson, Luis Escobar, Mauricio Ortega-Andrade, Santiago Burneo, Jorge León, Jesús Muñoz y Pablo Menéndez.

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este trabajo de titulación especial, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL”

FIRMA

CARLOS FABIÁN VITERI HERRERA

ABREVIATURAS

MAE: Ministerio de Ambiente del Ecuador

GAD: Gobierno Autónomo Descentralizado

PDOT: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial

CIIFEN: Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño

PANE: Patrimonio de Áreas Naturales del Estado

SNAP: Sistema Nacional de Áreas Protegidas

SPAC: Sistema Provincial de Áreas de Conservación

SCAP: Sistema Cantonal de Áreas Protegidas

BP: Bosque protector

HA: Hectáreas

MNE: Modelamiento de nicho ecológico

MDE: Modelamiento de distribución de especies

BAM: Variables bióticas, abióticas, movimiento

AUC: Area under the curve – Área bajo la curva

ROC: Relative Operating Character – Característica Operativa Relativa

SIG: Sistemas de Información Geográfica

CITES: Convención Internacional de Tráfico de Especies Silvestres

Tabla de contenido

RESUMEN	1
SUMMARY	2
Introducción	3
Objetivo general:.....	5
Objetivos específicos:.....	5
Capítulo 1	6
MARCO TEÓRICO.....	6
1.1 Informática para la biodiversidad	6
1.2 Nicho Ecológico	7
1.3 Modelamiento de nicho ecológico.....	11
1.4 Máxima entropía (MAXENT)	14
1.5 Objetos de conservación	14
1.6 Guacamayo verde mayor (<i>Ara ambiguus guayaquilensis</i>).....	15
1.7 Cordillera Chongón Colonche.....	17
Capítulo 2	21
MARCO METODOLÓGICO.....	21
2.1 Metodología:	21
2.2 Métodos	21
2.2.1 Modelamiento de distribución potencial.....	21
2.2.1.1 Recolección y sistematización de registros georreferenciados de bases de datos abiertas sobre biodiversidad	21
2.2.1.2 Preparación y selección de los datos ambientales.....	22
2.2.1.3 Selección del algoritmo de modelamiento	24
2.2.1.4 Construcción del modelo	25
2.2.1.5 Evaluación de los modelos	26
2.2.1.6 Post-procesamiento y Análisis SIG	26
2.2.2 Análisis de omisiones de conservación	27
2.2.3 Determinación de nuevos sitios potenciales de presencia, áreas prioritarias para la conservación y reintroducción de la especie	27
2.2.3.1 Sitios potenciales de presencia de la especie	27
2.2.3.2 Áreas prioritarias para la conservación de la especie	28
2.2.3.3 Áreas prioritarias para reintroducción de la especie	28
2.3 Premisas o Hipótesis	30
2.4 Universo y muestra	31
2.5 Operacionalización de las variables	31
2.6 Gestión de datos	31

2.7	Criterios éticos de la investigación	32
Capítulo 3		33
RESULTADOS		33
3.1	Diagnostico o estudio de campo:	33
3.1.1	Registros georreferenciados y variables seleccionadas	33
3.1.2	Modelamiento de nicho	34
3.1.3	Evaluación del modelo	36
3.1.4	Post-procesamiento	37
3.2	Análisis de omisiones de conservación	41
3.3	Determinación de nuevos sitios potenciales de presencia, áreas prioritarias para la conservación y reintroducción de la especie	43
3.3.1	Nuevos sitios potenciales de presencia de la especie.....	43
3.3.2	Áreas prioritarias para la conservación de la especie	45
3.3.3	Áreas prioritarias para reintroducción de la especie	47
Capítulo 4		51
DISCUSIÓN.....		51
Capítulo 5		54
PROPUESTA		54
Conclusiones		63
Recomendaciones		64
Bibliografía		65
Anexos		75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Matriz de ponderación de áreas prioritarias para la conservación.....	28
Tabla 2.- Matriz de ponderación de áreas prioritarias para reintroducción.....	29
Tabla 3.- Matriz de operacionalización de variables.....	31
Tabla 4.- Variables bioclimáticas seleccionadas.....	34
Tabla 5.- Contribución relativa de las variables ambientales al modelo final.....	36
Tabla 6. Comparación de superficies de rango de distribución, hábitat, envoltura convexa y nichos ecológicos.....	40
Tabla 7. Superficie de distribución potencial de la especie al interior y fuera de áreas de conservación.....	42
Tabla 8. Poblados cercanos referenciales aledaños a nuevos sitios potenciales para muestreo del papagayo de Guayaquil.....	44
Tabla 9. Superficie de áreas prioritarias para la conservación del guacamayo verde mayor.....	46
Tabla 10. Superficie de áreas prioritarias para la restauración del guacamayo verde mayor.....	49
Tabla 11. Superficie de ecosistemas de los bosques protectores ubicados en el área de distribución potencial del guacamayo verde mayor.....	54
Tabla 12. Propuestas de conservación, restauración y reintroducción en bosques protectores ubicados en las áreas prioritarias para conservación y reintroducción de la especie.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de distribución del California Thrasher (<i>Toxostoma redivivum</i>) en California.....	9
Figura 2. Diagrama BAM.....	11
Figura. 3. Distribución de <i>Ara ambigua ambigua</i> (2), <i>Ara ambiguus guayaquilensis</i> (4) y <i>Ara militaris</i> (1, 3y5).....	15
Figura. 4. Ubicación geográfica de la cordillera Chongón Colonche.....	18
Figura. 5. Rango de distribución UICN y Hábitat del Guacamayo Verde Mayor según Socola (2011).....	20
Figura. 6. Región de accesibilidad de la especie en base a sectores biogeográficos.....	24
Figura. 7.- Mapa de huella humana.....	30
Figura. 8.- Sistematización y almacenamiento de datos espaciales.....	32
Figura. 9.- Resultados del test Jackknife de contribución de las variables en el modelo preliminar.....	33
Figura. 10.- Mapa de Modelo de nicho ecológico en formato logístico.....	35
Figura. 11.- Resultados del test Jackknife de contribución de las variables en el modelo final.....	36
Figura. 12.- Curva ROC y AUC del modelo final generado por Maxent.....	37
Figura. 13.- Mapa de nicho ecológico fundamental.....	38
Figura. 14.- Mapa de nicho ecológico realizado.....	39
Figura. 15.- Mapa de idoneidad de hábitat en base a natural breaks.....	41
Figura. 16.- Mapa de distribución potencial remanente en áreas de conservación..	43
Figura. 17.- Mapa de nuevos sitios potenciales para muestreo del papagayo de Guayaquil.....	45
Figura. 18.- Mapa de áreas prioritarias para la conservación del guacamayo verde mayor.....	47
Figura. 19.- Mapa de áreas prioritarias para la reintroducción del guacamayo verde mayor.....	50
Figura. 20.- Mapa de ecosistemas de los bosques protectores ubicados en el área de distribución potencial del guacamayo verde mayor.....	56

**“MODELAMIENTO DE NICHOS ECOLÓGICOS DEL
GUACAMAYO VERDE MAYOR (*Ara ambiguus guayaquilensis* Chapman, 1925):
IMPLICACIONES PARA SU CONSERVACIÓN”**

RESUMEN

Las poblaciones de esta subespecie están declinando rápidamente, debido a la fragmentación y deforestación de los bosques, para expansión de la frontera urbana y agrícola, así como al tráfico ilegal. El objetivo de esta investigación fue desarrollar modelos predictivos de distribución potencial del guacamayo verde mayor (*Ara ambiguus guayaquilensis*) en la cordillera Chongón Colonche, que permitan desarrollar lineamientos preliminares para su conservación. Se recopiló 44 registros georreferenciados de la especie, desde bases de datos de libre acceso como GBIF y Ebird, desde estudios de análisis de vacíos, muestreo de poblaciones del papagayo de Guayaquil en Chongón Colonche y de información de la Dirección de Medio Ambiente del Gobierno Provincial del Guayas. La distribución potencial y actual de la especie se modeló mediante el método de Máxima Entropía, con el software Maxent 3.3.3. Seleccionamos 7 variables bioclimáticas de las 19 variables de Worldclim, en base a las variables que aportaron la mayor contribución al modelo mediante el test de Jackknife y correlación de Pearson. Para la evaluación de los modelos se aplicó el análisis del área bajo la curva (Curva ROC). Se determinó en 240.800 ha la superficie del nicho realizado. Realizamos un análisis de omisiones de conservación de la especie comparando la distribución modelada de la especie y límites geográficos de sitios bajo algún régimen de conservación, y se definió que solo el 25,39% de la distribución potencial se encuentra conservada. Además se generó una propuesta preliminar de nuevos sitios para muestreo de poblaciones, sitios prioritarios para la declaratoria de áreas de conservación y para reintroducción de la especie.

Palabras clave: Modelos de nicho ecológico, especies amenazadas, áreas de conservación, reintroducción

**"MODELING OF ECOLOGICAL NICHE OF
GREAT GREEN MACAW (*Ara ambiguus guayaquilensis* Chapman, 1925):
IMPLICATIONS FOR CONSERVATION"**

SUMMARY

The populations of this subspecies are declining rapidly due to fragmentation and deforestation of forests for expansion of urban and agricultural frontier and illegal trafficking. The objective of this research was to develop predictive models of potential distribution of the great green macaw (*Ara ambiguus guayaquilensis*) in the range Chongón Colonche, in order to develop preliminary guidelines for conservation. 44 georeferenced records of the species were collected from databases freely available as GBIF and eBird, from gap analysis, sampling populations of parrotfish Guayaquil in Chongón Colonche and information from the Department of Environment of the Provincial Government Guayas. The potential and current distribution of the species was modeled by the method of Maximum Entropy, with Maxent 3.3.3 software. 7 bioclimatic variables Worldclim 19 variables were selected, based on the variables that contributed the largest contribution to the model by Jackknife test and Pearson correlation. For the evaluation of the models we apply the analysis of the area under the curve (ROC curve). 240800 was determined in the surface has realized niche. I conduct an analysis of omissions conservation of the species by comparing the modeled distribution of the species and geographical boundaries of sites under some form of conservation, and it was determined that only 25.39% of the potential distribution is preserved. In addition I generated a preliminary proposal for new sites for sampling populations, priority sites for the declaration of conservation areas and species reintroduction

Key words: Ecological niche models, endangered species, conservation areas, reintroduction

Introducción

La cordillera Chongón Colonche brinda una serie de bienes y servicios ecosistémicos excepcionales, mantiene una importante biodiversidad, con altos niveles de endemismo, a la vez que brinda una serie de servicios a las comunidades que se asientan en ella. Sin embargo varias amenazas se ciernen sobre los recursos naturales de esta cordillera, entre una de ellas la deforestación, registrándose que entre el año 1990 – 2000, en la zona se perdieron 33.102 ha, a una tasa promedio anual de 3.310 ha (Fundación Natura, 2010).

FIDES (2012), menciona que existe un proceso acelerado de deforestación, sobre todo en la vertiente oriental de la cordillera, debido a expansión de la frontera agropecuaria y por tala para elaboración de carbón. The Nature Conservancy (2011), identifica las principales amenazas del bosque seco en el área, entre las cuales se encuentran los incendios forestales, la expansión urbana, agricultura y ganadería, cacería, extracción de madera, canteras y especies introducidas.

Sobre el guacamayo verde mayor, Socola (2011), indica que el Guacamayo verde mayor es una especie endémica de la cordillera Chongón Colonche que actualmente se ha visto reducido en el tamaño de su población natural debido a la destrucción y fragmentación de su hábitat, resultado de la tala, quema de bosques y cacería de la especie.

Aproximadamente desde el año 1991 varias ONG's han venido realizando varias acciones en cuanto a la conservación de esta subespecie, destacándose el liderazgo de la fundación Pro-Bosque en la Cordillera Chongón Colonche, siendo una de sus prioridades el monitoreo de su población mediante mapeo de transectos, para tratar de conocer su distribución geográfica (Jahn et al., 2008), sin embargo no se ha aprovechado la potencialidad de los modelos de distribución de especies, también llamados modelos de nicho ecológico, para estimar la

distribución potencial de esta subespecie amenazada, lo que permitiría priorizar los sitios para implementar acciones y estrategias de conservación.

El guacamayo verde mayor ha sido reconocido, mediante resolución del Muy Ilustre Concejo cantonal del Municipio de Guayaquil del 21 de julio de 2005, como "ave símbolo natural" del cantón Guayaquil, "habiendo sido el ave y la especie bandera para los programas de conservación del bosque seco tropical en el cantón", lo que permitiría facilitar la movilización de la opinión pública a favor de la conservación de esta especie.

Por otra parte la Estrategia Nacional de Conservación In Situ del Papagayo de Guayaquil en los resultados esperados de la estrategia 2.2 propone realizar un "estudio biofísico mediante la utilización de sensores remotos para identificar aquellas áreas donde potencialmente podría habitar el papagayo de Guayaquil y que son críticas para su supervivencia" (Ministerio del Ambiente, 2005).

También como parte del estudio "Análisis de vacíos de conservación en la provincia del Guayas e identificación de estrategias de conservación de áreas con municipios y juntas parroquiales", ejecutado por The Nature Conservancy con financiamiento del Gobierno Provincial del Guayas, se seleccionó al guacamayo verde mayor como uno de los objetos de conservación que sirvieron como criterio para definir los sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad en la provincia del Guayas, recomendándose en dicho estudio que debería realizarse estudios de "modelamiento de las especies objetos de conservación" (Camacho et al., 2011).

Objetivo general:

Desarrollar modelos predictivos de distribución potencial del guacamayo verde mayor (*Ara ambiguus guayaquilensis*) en la cordillera Chongón Colonche, que permitan desarrollar lineamientos preliminares para la conservación de la especie.

Objetivos específicos:

1. Identificar áreas potenciales, con condiciones bioclimáticas apropiadas, para el mantenimiento de poblaciones del Guacamayo verde mayor.
2. Realizar un análisis de omisiones de conservación de la especie comparando la distribución modelada potencial de la especie y límites geográficos de sitios bajo algún régimen de conservación.
3. Generar propuestas preliminares para nuevos sitios potenciales de presencia, conservación y/o reintroducción del guacamayo verde mayor en sitios óptimos para el mantenimiento de poblaciones de la especie.

Capítulo 1

MARCO TEÓRICO

1.1 Informática para la biodiversidad

La Informática para la Biodiversidad es definida por Soberón y Peterson (2004) como la *"aplicación de las tecnologías de información a la gestión, exploración algorítmica, análisis e interpretación de grandes cantidades de datos primarios relativos a la vida, particularmente al nivel de especie"*, esto implica que esta relativamente nueva área interdisciplinaria involucra a científicos informáticos, taxónomos, ecólogos, biólogos moleculares, geógrafos, entre otros.

Canhos et al. (2004) señalan que las raíces de este campo iniciaron a mediados de 1970, con Australia como líder en esta área, digitalizando y haciendo disponible los datos de herbario. En 1989 se estableció la Red de Recursos de Información Ambiental (ERIN por sus siglas en inglés), con el fin de proveer información ambiental georreferenciada para toma decisiones. En 1998, el Museo de Historia Natural de la Universidad de Kansas y el Centro de Investigación de la Biodiversidad lanzaron el proyecto Analistas de especies (TSA por sus siglas en inglés), cuyo objetivo era desarrollar estándares y herramientas de software para facilitar el acceso a las bases de datos mundiales de observaciones y colecciones de historia natural.

En el año 2009, se desarrolló la Catedra UNESCO de Informática para la Biodiversidad en Costa Rica, como un programa de colaboración sur-sur con el objeto de desarrollar las capacidades técnicas de este campo en países latinoamericanos (Garita y Mata, 2009). El Instituto Nacional de Biodiversidad de Costa Rica ha desarrollado herramientas tecnológicas en el marco de este nuevo campo (<http://www.inbio.ac.cr/ciencia-tecnologia/informatica-para-la-biodiversidad.html>), además en instituciones académicas como la Universidad Nacional

Autónoma de México y la Universidad Nacional de Colombia se han desarrollado la Unidad de Informática para la Biodiversidad y el Programa de Informática de la Biodiversidad, respectivamente (<http://unibio.unam.mx/>; <http://ciencias.bogota.unal.edu.co/icn/informatica-de-la-biodiversidad/>). Por otro lado, la Universidad de Kansas ha desarrollado la revista especializada “Biodiversity Informatics”, publicación en línea enfocada en la creación, integración, análisis y comprensión de la información desde el punto de vista de la biodiversidad (Liras et al., 2008).

Entre las aplicaciones de este relativamente nuevo campo, están el modelamiento de nicho ecológico, monitoreo y pronósticos de cambios ecológicos (Menon, 2014), hipótesis biogeográficas, conservadurismo de nicho, efectos del cambio climático y cuestiones centrales de la biología de la conservación (Liras et al., 2008).

Sin embargo es importante resaltar que esta área tiene varios desafíos como por ejemplo la calidad de los datos, errores en la georreferenciación de los registros de la presencia de las especies, así como la falta de inclusión de este campo en los programas universitarios (Benito, 2009).

1.2 Nicho Ecológico

De acuerdo con Soberón (2007), el uso del término nicho ecológico con respecto al Modelamiento de Distribución de Especies (MDE) y/o Modelamiento de Nicho Ecológico (MNE) ha sido difuso, lo que ha significado una debilidad teórica en el uso de dichos modelos. Por ejemplo: Rapoport (1976), señala que las *“áreas de distribución geográfica son las sombras producidas por los taxa sobre la pantalla geográfica. Para estudiarlas se necesita medir fantasmas”*; Real y Levin (1991) indican que la mayor parte de los ecólogos *“estarán de*

acuerdo con que el nicho es un concepto central de la ecología, aunque no sepamos exactamente qué significa”, y además “que ningún concepto de la ecología ha sido más definido de varias maneras o más universalmente confundido”.

Varios autores han indicado algo similar, Root (1967) señaló que el concepto de nicho sigue siendo *“uno de los más confusos, y, sin embargo, importantes temas de la ecología”*, Williamson (1972) indicó que *“es una buena práctica evitar el término nicho siempre que sea posible”*, y Hubbell (2001) consideró que la comunidad ecológica tendrá que *“repensar completamente el clásico paradigma de ensamble de nicho”*.

Peterson, et al. (2012) señalan que el concepto de nicho es uno de los varios conceptos relacionados y a menudo confusos para explicar los requerimientos ambientales que se deben cumplir para que una población sobreviva y además que diferentes escuelas ponen énfasis en varios aspectos, dando lugar a una variedad de definiciones y métodos.

Esta situación no es algo sin importancia, ya que según indica Looijen (2000) *“la teoría [del nicho] parece tener gran potencial para convertirse en la primera teoría general y unificadora de la Ecología”*.

La primera definición formal del concepto de nicho ecológico pertenece a Grinnell (1917), quien al estudiar la distribución del California thrasher (*Toxostoma redivivum*), define al nicho como *“la mínima unidad de distribución espacial a la cual la especie está ligada por su estructura y limitaciones instintivas”*, basándose este concepto en la importancia de las variables clima y topografía, expresadas en el espacio geográfico (Figura 1).

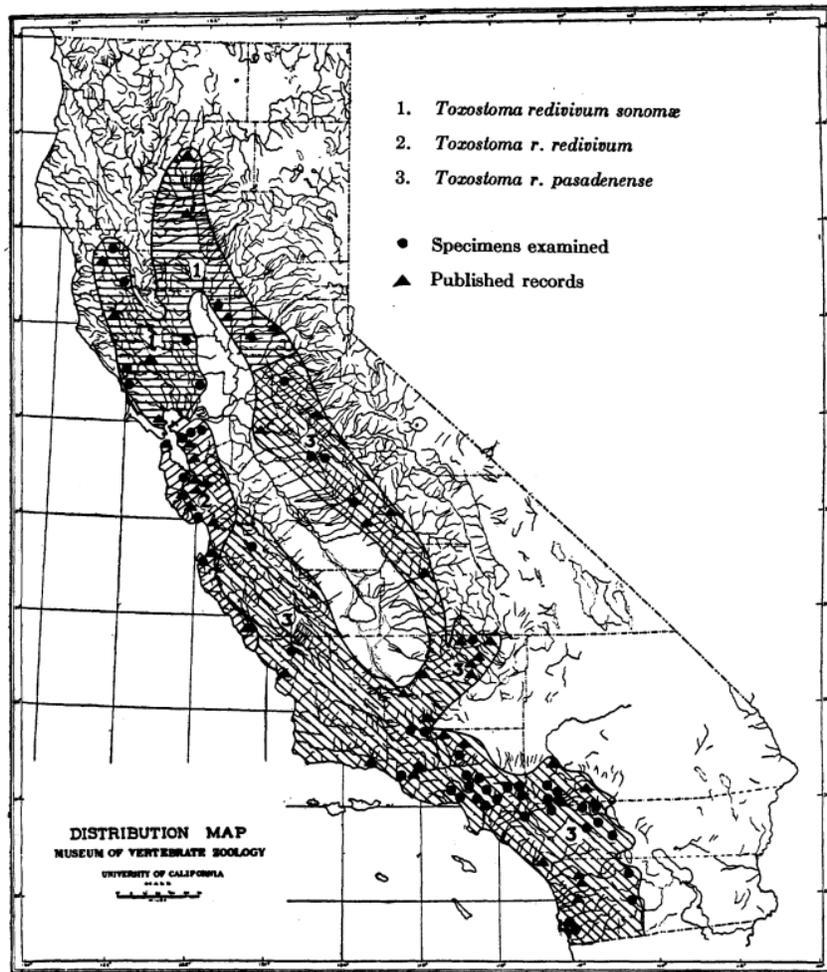


Figura 1. Mapa de distribución del California Thrasher (*Toxostoma redivivum*) en California, (Grinnell, 1917)

Elton (1927) revisa el concepto de nicho, enfatizando en la importancia de las variables bióticas, específicamente en los roles funcionales de las especies en sus comunidades y que las dimensiones del nicho están formados por gradientes bióticos relacionados con la biología de la especie. De acuerdo con Soberón y Nakamura (2009), los nichos eltonianos están basados en las variables relacionadas con las interacciones ecológicas y el consumo de recursos, es decir el énfasis es en los efectos de la especie en su medio.

Hutchinson (1957), en base a los aportes de Grinnell y Elton propuso su concepto de nicho multidimensional, afirmando específicamente que *"el nicho ecológico es un hipervolumen en un espacio ecológico multidimensional, determinado por los requerimientos de la especie para reproducirse y sobrevivir"*, es decir que el nicho ecológico de la especie es definido tanto por variables bióticas o abióticas.

Hutchinson (1978), citado por Benito (2009, p. 11), señala que el nicho ecológico puede ser categorizado en dos niveles: nicho fundamental y nicho realizado. El nicho fundamental se refiere al conjunto de condiciones scenopoéticas o condiciones ambientales que permiten que una especie sobreviva, mientras que el nicho realizado es el subconjunto restante del nicho fundamental, después de sus interacciones interespecíficas (Soberon et al., 2014).

Soberon y Peterson (2005), desarrollaron el diagrama BAM (Figura 2), una representación abstracta como marco de referencia que integra los conocimientos previos respecto a los factores que influyen en la distribución de una especie, este diagrama describe la influencia simultánea de la combinación de tres factores o dominios: i) las variables scenopoéticas o ambientales (temperatura, precipitación, altitud, pendiente, entre otras), ii) las variables bióticas (competencia, interacción depredador presa, entre otras); y, iii) el área accesible (movimiento, colonización, barreras biogeográficas, entre otras).

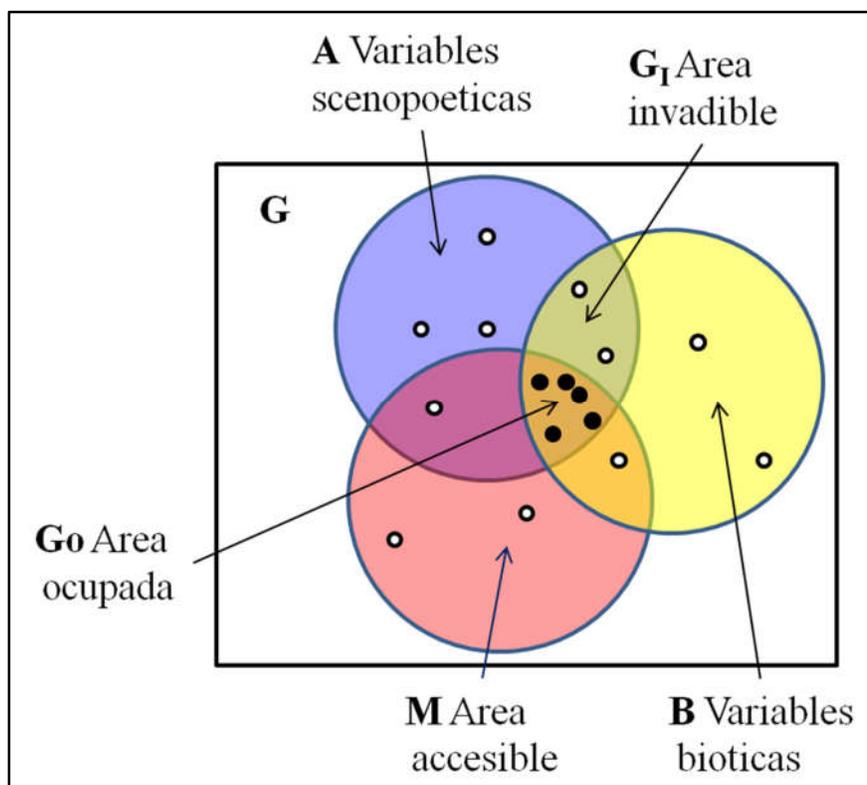


Figura 2. Diagrama BAM (Soberon y Peterson, 2005).

1.3 Modelamiento de nicho ecológico

Peterson y Soberón (2012) realizaron una búsqueda en páginas especializadas sobre los principales artículos científicos que usaban los términos Modelamiento de Distribución de Especies (MDE) y Modelamiento de Nicho Ecológico (MNE), y encontraron que 127 usaron el término MDE, 51 usaron MNE y 50 no fueron específicos o fueron ambiguos al respecto.

En el ámbito científico se ha denominado a estos modelos de diferentes modos, tales como modelos de nicho, modelos predictivos del hábitat, modelos de idoneidad, modelos de hábitat potencial, modelo de nicho ecológico, modelos de distribución de especies, siendo este último término el más frecuentemente utilizado últimamente (Mateo et al., 2011).

De acuerdo con Benito (2009), un modelo de distribución de especies (MDE) es *"una construcción numérica que define en el espacio ecológico las relaciones que existen entre la presencia de una especie y los valores de variables ambientales con influencia en su distribución. El resultado se expresa en el espacio geográfico como un mapa digital que representa la idoneidad del hábitat o la probabilidad de presencia de la especie"*.

Según Mateo et al. (2011) los MDE son *"representaciones cartográficas de la idoneidad de un espacio para la presencia de una especie en función de las variables empleadas para generar dicha representación"*, entendiéndose la idoneidad como la *"relación matemática o estadística entre la distribución real conocida y un conjunto de variables independientes que se usan como indicadores"*.

Soberon y Nakamura (2009), indican que dicho conjunto de métodos, llámense modelos de distribución de especies, modelamiento de hábitat, o modelamiento de nicho ecológico, tienen como propósito común identificar sitios idóneos para la supervivencia de poblaciones de especies mediante la identificación de sus requerimientos ambientales.

En base a las bases ecológicas teóricas del nicho ecológico, disponibilidad de bases de datos de presencia de especies y variables ambientales, y el auge de los Sistemas de Información Geográfica, se han desarrollado varios algoritmos predictivos de modelamiento. Esta oferta herramientas para modelamiento que otorga varias opciones a disposición de los usuarios, sin embargo plantea también como desafío, determinar en base a sus necesidades y aplicaciones, cual herramienta es más adecuada para su estudio (Benito, 2009)

Para Mateo et al. (2011), los diferentes métodos pueden agruparse en tres grupos:

- i. Técnicas discriminantes, que requieren de datos de presencia y ausencia, tales como árboles de clasificación (CART), Random Forest, correspondencia canónica (CCA), redes neuronales, modelos lineales generalizados, regresión logística, SVM, GRASP, GAM, máxima entropía, entre los que destacan Maxent, sin embargo cabe indicar que esta herramienta, genera datos de entorno o background, por lo que en la práctica no requiere el ingreso de datos de ausencia.
- ii. Técnicas descriptivas, que requieren únicamente datos de presencia, entre las que se encuentran las envueltas geográficas, envueltas ambientales como Bioclim, Domain, distancias de Mahalanobis, distancias euclidianas, entre otras.
- iii. Técnicas mixtas, las mismas que emplean varias reglas, descriptivas o discriminantes, y generan pseudo ausencias, tales como Desktop-GARP y OM-GARP.

Las aplicaciones de estos modelos son múltiples y variadas, entre ellas podemos encontrar exploración de la biodiversidad, distribución y riqueza de especies, endemismos, distribución potencial de comunidades, de hábitats amenazados, de especies en el pasado, riesgo asociado a especies invasoras, protección y conservación de especies amenazadas, posibles efectos del cambio climático, patrones de diversidad, diseño de áreas protegidas, biogeografía, sitios con existencia nuevas especies, presencias de especies raras, delimitación de lugares para futuros trabajos de campo, reintroducción de especies, localización de corredores para especies amenazadas, delimitación de "hotspots" de biodiversidad, aparición de enfermedades, entre otras (Benito, 2009; Mateo et al., 2011).

1.4 Máxima entropía (MAXENT)

MaxEnt es un algoritmo de aprendizaje de maquina (machine learning), que efectúa estimaciones de probabilidad de distribución de máxima entropía, es decir más cercana a una distribución uniforme (Phillips et al., 2006). Para modelar la distribución geográfica de las especies, el algoritmo requiere únicamente datos de presencia, ya que genera sus propios datos de ausencia, denominados “background”, y variables ambientales, como temperatura, precipitación, pendiente, entre otras.

Entre las ventajas de esta herramienta se encuentran que solo necesita datos de presencia, genera resultados óptimos con pocos puntos de presencia, amigable en su uso y en varios estudios comparativos de métodos de modelamiento, ha sido considerado como uno de los más robustos (Elith et al., 2006).

Qiao et al., (2015) examinaron 245 artículos científicos citados en la página “Web of science”, durante el periodo 2010 al 2014, de los cuales 145 usaron un solo algoritmo de modelamiento y el 77 % de estos (112) utilizaron MaxEnt.

1.5 Objetos de conservación

Según Granizo (2006), los objetos de conservación *son "aquellas entidades, características o valores que queremos conservar en un área: especies, ecosistemas u otros aspectos importantes de la biodiversidad"*, además en ciertos casos no solo será necesaria reconocer a los objetos naturales sino también a los objetos culturales. De acuerdo con Groves et al. (2000), estos objetos de conservación son los elementos de la biodiversidad o sus substitutos en los cuales se enfocarán los esfuerzos de planificación para la conservación.

Estos objetos de conservación abarcan principalmente comunidades y sistemas ecológicos terrestres, acuáticos de agua dulce, hábitats marinos, especies amenazadas (Lista roja de la UICN, libros rojos nacionales, etc.), especies endémicas, en disminución, focales clave, paisaje (es decir asociadas a la conservación en un contexto ecológico amplio), sensibles ante las amenazas antropogénicas más importantes de una región, aquellas que requieran de áreas relativamente grandes, entre otras (Groves et al., 2000 y Camacho et al., 2011).

1.6 Guacamayo verde mayor (*Ara ambiguus guayaquilensis*)

Según Chapman (1926), ornitólogo que hizo la primera colecta de un espécimen del guacamayo verde mayor o papagayo de Guayaquil, esta era un ave habitual en los cerros de Chongón, cerca de Guayaquil, pero que por lo general se veía o se oía de pasada (Figura 3).

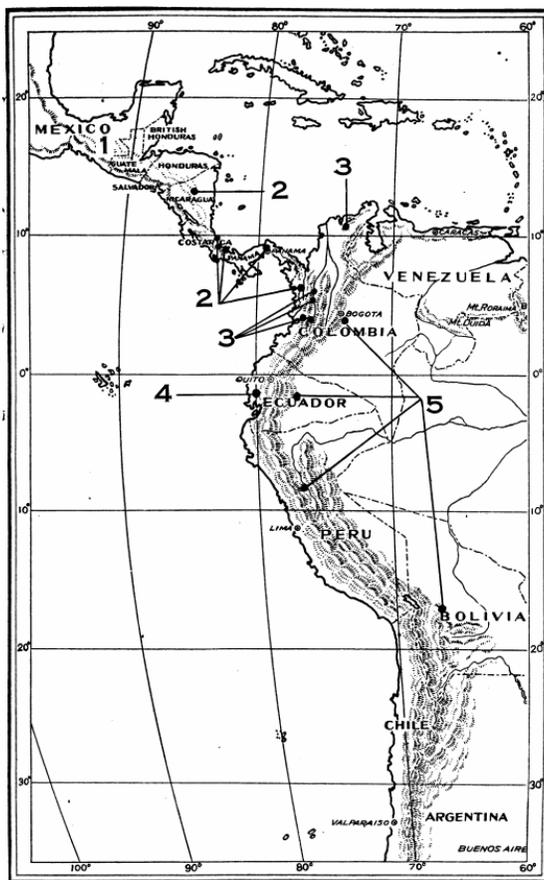


Figura 3. Distribución de *Ara ambigua ambigua* (2), *Ara ambiguus guayaquilensis* (4) y *Ara militaris* (1, 3 y 5). Chapman (1926)

El guacamayo verde mayor, pertenece a la familia Psittacidae, presenta una longitud promedio de 85 a 90 cm (BirdLife, 2013), de color verde, cara rosada, líneas faciales rojizas bien definidas en hembras adultas, banda roja frontal sobre su gran pico negro, las plumas de vuelo azules por la parte superior y oliváceas las de la parte inferior (Socola, 2011)

La raza nominal, el guayacamayo verde o lapa verde (*Ara ambiguus*) se distribuye desde Honduras hasta el noroccidente de Colombia, en bosques húmedos, principalmente bajo los 600 msnm, aunque se ha registrado también hasta 1000 msnm. La subespecie *guayaquilensis* habita en el occidente de Ecuador, con dos poblaciones completamente aisladas y separadas entre sí en el país, una en bosques húmedos del norte de Esmeraldas y otra en la Cordillera Chongón Colonche. Se estima que la población de esta subespecie está declinando rápidamente, debido principalmente a la fragmentación y deforestación de los bosques en que habitan para expansión de la frontera urbana y agrícola, así como al tráfico ilegal para ser usados como mascotas (Fundación Pro-Bosque, 2005).

La lista roja de Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza reconoce que el guayacamayo verde (*Ara ambiguus*), incluyendo a la subespecie *guayaquilensis* es una especie amenazada con categoría En Peligro (EN), (IUCN, 2016), mientras que el Libro Rojo de las Aves del Ecuador lo lista como En Peligro Crítico (CR), (Granizo et al., 2002) y de acuerdo con la Estrategia Nacional de Conservación In Situ del Papagayo de Guayaquil es una de las tres especies de aves más propensas a desaparecer en los próximos 5 a 10 años (Ministerio del Ambiente, 2004).

Monge (2010), indica que según un análisis de dinámica poblacional desarrollado con el software Vortex, para las siete sub-poblaciones conocidas desde Honduras hasta los bosques secos de Ecuador, una de las poblaciones más amenazadas es la de Chongón Colonche, con 23 individuos y una probabilidad de extinción de 78,4 % en 62,7 años, manteniéndose muy inestables, incluso si se eliminaran las amenazas de saqueo de pichones/cacería de adultos y pérdida de hábitat, haciéndose necesario implementar acciones adicionales para asegurar su viabilidad a largo plazo.

1.7 Cordillera Chongón Colonche

La cordillera Chongón Colonche se encuentra localizada al occidente del Ecuador, en las provincias de Guayas, Manabí y Santa Elena, esta cordillera inicia en el km. 22 de la vía a la costa, al norte de la ciudad de Guayaquil, hasta la parte sur del Parque Nacional Machalilla, recorriendo 95 km con dirección sureste –noroeste (Bonifaz & Cornejo, 2004). Según Bonifaz et al (2004), la cordillera Chongón Colonche integra el núcleo geológico de la región litoral con un cinturón de cerros que se extienden desde el norte de Guayaquil hasta las Delicias en la provincia de Manabí, tomando la dirección Noroeste hasta el Ayampe (Figura 4).

La cordillera Chongón Colonche presenta una variabilidad climática representativa debido a factores altitudinales, exposición de las vertientes y la influencia de las corrientes marinas (FIDES, 2012), con volúmenes de precipitación que varían para los diferentes sectores, pues en la época de ausencia de precipitación vertical los sectores norte y centro cuentan con la garúa como una contribución de humedad extra, mientras que la temperatura presenta un gradiente térmico alto, aproximadamente de 25° C en las partes bajas y de 23° C en las partes más elevadas (Bonifaz et al, 2004). Bonifaz & Cornejo (2004) indican que la corriente fría de Humboldt provoca un efecto de nubosidad en los meses de mayo a septiembre, que determina la formación de exuberantes bosques húmedos en las partes altas por encima de los 400 msnm.

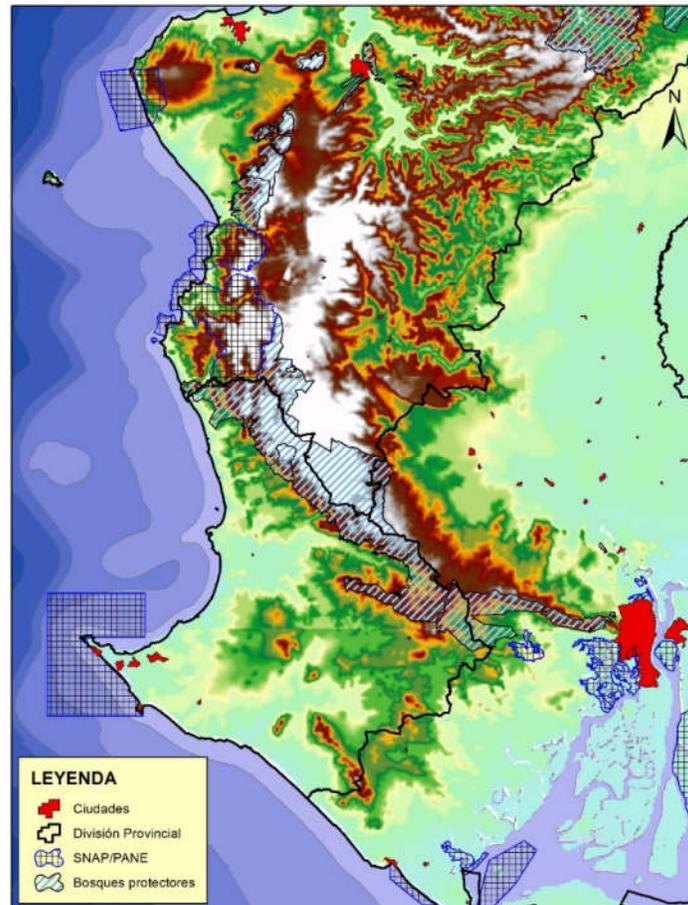


Figura. 4.- Ubicación geográfica de la cordillera Chongón Colonche

De acuerdo con el Mapa de Ecosistemas del Ecuador Continental (MAE, 2013), en la cordillera Chongón Colonche se encuentran los siguientes ecosistemas:

- Bosque bajo y Arbustal deciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo
- Bosque deciduo de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial
- Bosque deciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo
- Bosque semideciduo de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial
- Bosque semideciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo
- Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama-Zapotillo

- Bosque siempreverde estacional montano bajo de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial
- Bosque siempreverde estacional piemontano de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial

Según Bonifaz *et al* (2004), en el Bosque Protector Chongón Colonche, la flora mejor conocida es la del sector centro-norte, con 219 especies, 137 géneros y 58 familias pertenecientes a los estratos arbóreo y epífita. Neill y Núñez (1996), citado por Horstman y Carabajo (2005, p. 24) estiman que en el Bosque Protector Cerro Blanco, existen aproximadamente 700 especies nativas de plantas vasculares, de las cuales más de 100 especies son endémicas de la región tumbesina.

De acuerdo con Bonifaz *et al* (2004), varias de las especies de fauna registradas en el Bosque Protector Chongón Colonche cumplen con uno o más criterios para ser incluidos en alguna de las categorías de la Lista Roja de la UICN, habiéndose reportado 22 especies de mastofauna y 30 de ornitofauna, ambas constan en la lista roja de la UICN, a nivel global, nacional y/o local, y en los apéndices CITES. Según Parker y Carr (1992) en Cerro Blanco se han reportado 143 especies de aves y 51 especies de mamíferos.

En cuanto a áreas de conservación en la Cordillera Chongón Colonche se encuentran los bosques protectores Cordillera Chongón Colonche, Loma Alta y ampliación, Subcuenca del Río Chongón¹, Cerro Blanco y la Prosperina, encontrándose además varios predios incluidos en el proyecto Socio Bosque, por ejemplo los de las comunas Loma Alta, Febres Cordero, Las Balsas, Bellavista, Sube y Baja, entre otros.

¹ En la declaratoria del Área Nacional de Recreación Parque el Lago en 2002 aparentemente se deroga este bosque protector, pero en la página web del Ministerio del Ambiente sigue constando como tal hasta la actualidad

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), en la sección de mapas de distribución de aves del mundo de la página web de la lista roja de especies, incluye un mapa de rango de distribución de la especie, estimado a partir de las observaciones y del conocimiento de especialistas (Birdlife International and NatureServe, 2014), el mismo que en el caso de la subespecie, considera su rango desde el Parque Nacional Machalilla, hasta el límite noroccidental de la Reserva de Producción de Fauna Manglares El Salado, incluyendo casi toda la cordillera Chongón Colonche. Para Socola (2011), el hábitat de la subespecie se extiende aproximadamente desde los poblados Salanguillo y Las Balsas, en el límite de las provincias de Manabí y Santa Elena, hasta las tierras comunales de Chongón (Figura 5).

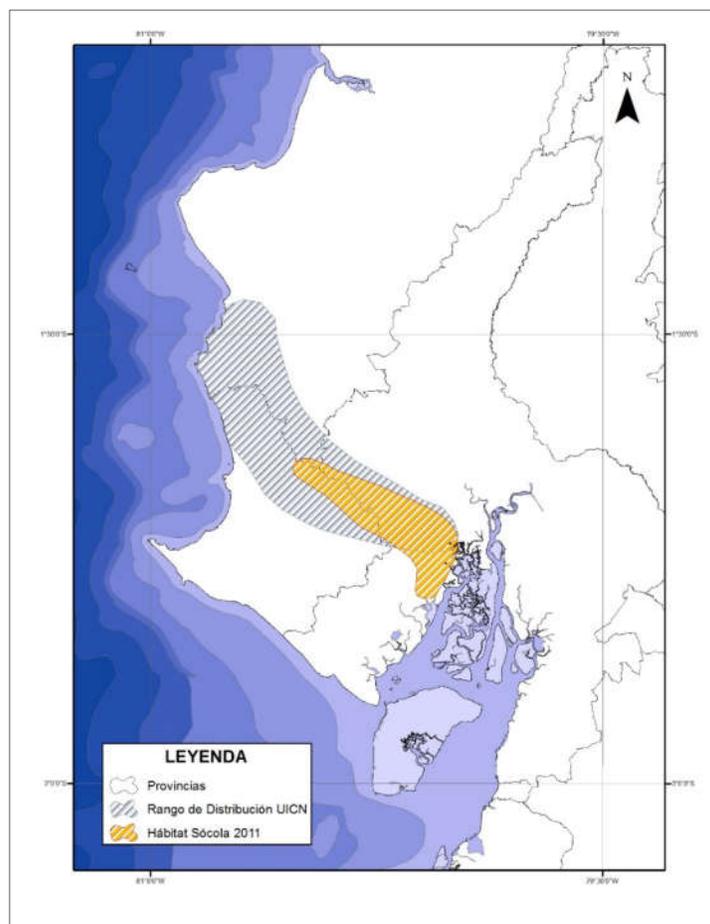


Figura. 5.- Rango de distribución UICN y Hábitat del Guacamayo Verde Mayor según Socola (2011)

Capítulo 2

MARCO METODOLÓGICO

2.1 Metodología:

La metodología se fundamenta en los métodos y técnicas utilizadas bajo el paradigma de Informática para la Biodiversidad y Sistemas de Información Geográfica

2.2 Métodos

2.2.1 Modelamiento de distribución potencial

2.2.1.1 Recolección y sistematización de registros georreferenciados de bases de datos abiertas sobre biodiversidad

Se recopiló y validó registros georreferenciados de ocurrencia de la especie a partir de fuentes secundarias, datos obtenidos de las páginas web de la Infraestructura Mundial de Información en Biodiversidad (GBIF.org, 2014)) y eBird (eBird, 2012) desarrollada por el Laboratorio de Ornitología de Cornell y la Sociedad Nacional Audubon de Estados Unidos, datos registrados en otros estudios (Campos et al., 2007; Jahn et al., 2008), además información de campo de la Dirección de Medio Ambiente del Gobierno Provincial del Guayas (Carvajal et al., 2012).

En la investigación y recopilación de las ocurrencias de la especie se incluyó en la búsqueda el nombre antiguo de (*Ara ambigua guayaquilensis*) y el nombre que incluye solo el género y la especie (*Ara ambigua*), pero considerando solo las ocurrencias distribuidas en el área estimada para registrar la subespecie. Los registros duplicados de ocurrencia, así como datos dudosos o inconsistentes con la distribución estimada o conocida de la especie no se incluyeron para el modelamiento.

Según Soberón et al. (2014), para generar modelos que incorporen el proceso de evaluación mediante datos independientes de los que se usaron para construir el modelo, se debe contar con un mínimo aproximado de 40 registros de presencias, mientras que 20 puntos de ocurrencia son suficientes si se prescindir de la mencionada técnica de evaluación, además los autores recomiendan evitar desarrollar modelos con menos de 10 puntos de presencia.

2.2.1.2 Preparación y selección de los datos ambientales

Se utilizó la información bioclimática del proyecto Worldclim (Hijmans et al., 2005), del periodo 1950-2000, que incluye 19 variables o capas climáticas desarrolladas a partir de datos climáticos de precipitación y temperatura, con una resolución espacial de 1 km x 1km (Anexo 1).

Según Soberón et al., (2012), en general se debe evitar el uso de más de diez variables, o más variables que puntos de ocurrencias. Para definir cuáles serían las variables climáticas a utilizarse en el modelo definitivo, se realizó un modelo preliminar de tipo exploratorio, con el algoritmo de máxima entropía Maxent (Phillips et al., 2006), en su versión 3.3.3 k, con las condiciones por defecto en la configuración de dicho programa, y el área de análisis abarca todo el país.

De acuerdo con Borja, (2009), las 19 variables climáticas de Worldclim representan tendencias anuales, como la temperatura y precipitación anual promedio, de estacionalidad, como rangos anuales de temperatura y precipitación, además factores ambientales extremos, como temperatura máxima del mes más cálido, precipitación del mes más húmedo, entre otros.

Estas variables se utilizaron con el objeto de determinar las variables más relevantes que aportarían la mayor contribución al modelo, considerando además la relevancia de las diferentes variables climáticas en la ecología de la especie y lo que se determinó en el test de Jackknife calculado por Maxent (Ortega et al., 2013).

Con el propósito de establecer las variables ambientales finales para su uso en el modelo y disminuir la redundancia en el modelo, debido a la colinealidad entre las variables bioclimáticas, se realizó un análisis de correlación de Pearson (Anexo 2), mediante la herramienta “Band Collection Statistics” de la función Análisis Espacial de Arcmap.

Una vez determinadas las variables ambientales a ser usadas en el modelo, se restringió el área de análisis final, a los sectores biogeográficos denominados Cordillera Costera Ecuatorial y Jama – Zapotillo (Figura 4), definidos en el Mapa de Ecosistemas del Ecuador (Ministerio del Ambiente, 2013), esto con el objeto de delimitar la región de accesibilidad donde se ha registrado la especie y donde teóricamente la especie ha “muestreada” o ha tenido tiempo de visitar o “explorar” en su historia evolutiva (Soberón et al., 2012).

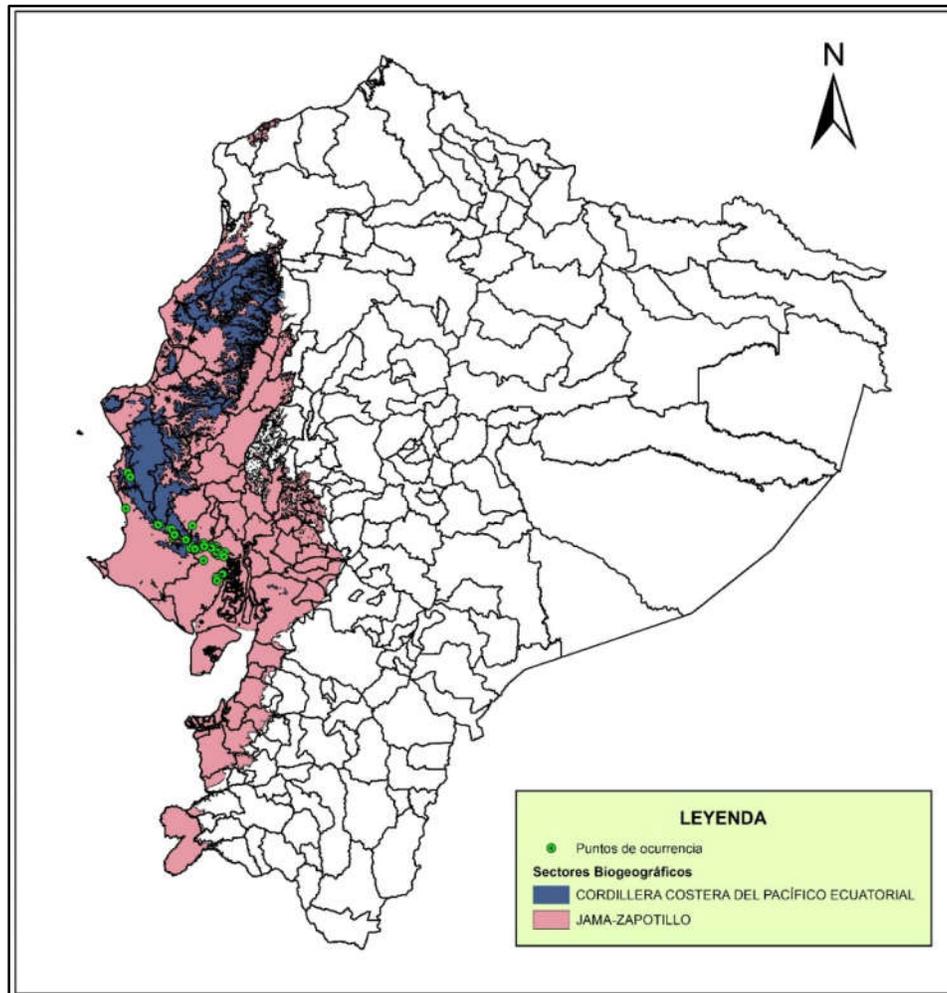


Figura. 6. Región de accesibilidad de la especie en base a sectores biogeográficos

2.2.1.3 Selección del algoritmo de modelamiento

Se consideró varios criterios para definir el algoritmo de modelamiento, como el tipo de datos (solo presencias, o presencias y ausencias), que haya logrado buen desempeño en estudios comparativos con otros algoritmos (Elith et al., 2006), que brinde buenos resultados con pocos puntos de ocurrencia, que la interfaz del programa sea "amigable" o fácil de utilizar y que los resultados sean fáciles de interpretar.

De acuerdo con estos criterios se seleccionó el software Maxent, que es un algoritmo que utiliza el principio de la máxima entropía, que es definida por Phillips et al. (2006), como las características más cercanas y uniformes a los lugares de la especie según las condiciones ambientales.

2.2.1.4 Construcción del modelo

De acuerdo con el porcentaje de contribución de las variables ambientales, determinado mediante el análisis Jackknife, se definieron las variables a integrarse en el modelo definitivo. Se definieron los siguientes parámetros en la interfaz de Maxent, se mantuvo el valor por defecto del multiplicador de regularización en 1, el número máximo de puntos de fondo (background) fue de 10.000, el umbral de convergencia en 0,00001 y el número máximo de iteraciones en 500.

A fin de validar el modelo, en los ajustes del software se definió en el porcentaje de prueba al azar (random test percentage) un valor de 30, a fin de que seleccioné aleatoriamente de los puntos de ocurrencia el 30 % como puntos de prueba o evaluación y el 70 % del resto de sitios de ocurrencia como puntos de calibración. El número de réplicas fue 10 y la corrida replicada (Replicated run type) fue de tipo Bootstrap (Vásquez y Segura, 2014; De Oliveira et al., 2014; Burneo et al., 2009).

2.2.1.5 Evaluación de los modelos

Se utilizó el análisis estadístico denominado Área debajo de la curva (AUC, por sus siglas en inglés), estimado a partir de la curva de Característica Operativa Relativa (curva ROC, por sus siglas en inglés). Este estadístico de acuerdo con Phillips et al. (2006) se puede interpretar como la mayor probabilidad de que un punto de presencia seleccionado al azar se encuentre ubicado en una celda del archivo raster con un alto valor de probabilidad para la presencia de la especie que un punto generado aleatoriamente. Por lo general valores de AUC entre 0,5 – 0,7 son considerados de baja precisión, entre 0,7 – 0,9 como predicciones razonables y muy buenas predicciones con valores mayores a 0,9 (Sweets, 1988)

2.2.1.6 Post-procesamiento y Análisis SIG

Con los resultados del modelo, que arrojan un gradiente continuo de idoneidad, posteriormente se generó un mapa de ausencia y presencia, mediante procesos de reclasificación en el software Arcgis 10.2, en base al umbral de corte (threshold) que proporciona los resultados de Maxent, con lo cual se pudo determinar el nicho fundamental. La selección de este umbral de corte en ocasiones implica cierto nivel de arbitrariedad y se puede tornar una tarea difícil (Torres y Jayat, 2010), sin embargo en base del conocimiento de la especie y las aplicaciones del modelo, puede variar el nivel de restricción del umbral de corte y por consiguiente obtener diferencias en la superficie considerada como área de presencia objetivo (Benito, 2009).

Mediante procesos de análisis SIG, se removió además las áreas donde se conoce que actualmente no se distribuye la especie, por ejemplo las zonas de manglar o áreas en Perú, con lo que se obtuvo el nicho realizado o la distribución actual.

A partir del modelo continuo de idoneidad, exceptuando los valores por debajo del umbral de corte, mediante el método de quiebres o rupturas naturales de Jenks, se definieron 4 categorías, que permiten distinguir niveles de idoneidad de hábitat (Angelier et al., 2016; De Oliveira et al., 2014; Fajardo et al., 2014)

2.2.2 Análisis de omisiones de conservación

Se analizó la relación espacial de la distribución potencial de la especie y áreas bajo algún régimen de conservación como áreas protegidas del Patrimonio de Áreas Naturales del Estado, bosques protectores, además beneficiarios comunitarios e individuales del Proyecto Socio Bosque. Esto con el objeto de determinar la superficie donde la especie puede estar presente y cuanta de esta superficie se encuentra bajo algún tipo de conservación. Los límites geográficos de las áreas se obtuvieron de los archivos tipo shapefile descargados de la página web <http://mapainteractivo.ambiente.gob.ec/>, del Sistema Nacional de Monitoreo de Patrimonio Natural del Ministerio del Ambiente.

2.2.3 Determinación de nuevos sitios potenciales de presencia, áreas prioritarias para la conservación y reintroducción de la especie

2.2.3.1 Sitios potenciales de presencia de la especie

En base al nivel más restrictivo obtenido mediante el método de quiebres naturales de Jenks, la distancia hacia los puntos georreferenciados de monitoreo del proyecto “Análisis científico de las evaluaciones rápidas para el muestreo de poblaciones de Papagayo de Guayaquil, *Ara ambiguus guayaquilensis*, en la Cordillera Chongón-Colonche” (Jahn et al., 2008) y de presencia confirmada de la especie, y distancia a poblados de referencia se realizó una

aproximación a propuesta de sitios de muestreo en los que no se ha explorado o registrado previamente individuos o poblaciones de la especie.

2.2.3.2 Áreas prioritarias para la conservación de la especie

Bajo un enfoque de vacíos de conservación (GAP Analysis), es decir definir espacios prioritarios para la conservación en sitios que previamente no han sido declarados bajo alguna figura de conservación, se definió rangos de prioridad mediante una matriz de ponderación (Tabla 1), considerándose para el análisis las dos categorías más restrictivas obtenidas mediante el método de quiebres naturales de Jenks (Muy alta y Alta idoneidad) y la información de áreas prioritarias para la conservación obtenida en otros estudios (Camacho et al., 2011; Cuesta et al., 2013).

Tabla 1.- Matriz de ponderación de áreas prioritarias para la conservación

GAP ECUADOR	Idoneidad	
	MUY ALTA	ALTA
NO	Media	Baja
SI	Muy alta	Alta
GAP GUAYAS		
NO	Media	Baja
MEDIA	Alta	Media
ALTA	Muy alta	Alta

2.2.3.3 Áreas prioritarias para reintroducción de la especie

Se consideró las categorías de Muy Alta y Alta idoneidad, obtenidas mediante quiebres naturales, y las áreas de conservación declaradas en la actualidad, que en este caso corresponden a tres bosques protectores (Cerro Blanco, Subcuenca del Río Chongón y Cordillera Chongón Colonche), para establecer rangos de prioridad mediante una matriz de

ponderación (Tabla 2.). Cabe indicar que en el análisis de rangos de prioridad, no se ponderó con una prioridad Muy alta o Alta a las áreas de intersección del modelo con el Bosque Protector Subcuenca del Río Chongón, ya que este bosque protector en la práctica no tiene un manejo efectivo, sufre de varias amenazas antrópicas a su integridad ecológica y la tenencia de la tierra es de propietarios o poseionarios privados.

Se incluyó un criterio de amenaza antropogénica mediante el uso del insumo de huella humana global (Global Human Footprint) creado por Sanderson et al. (2002), que es un mapa de índice de influencia humana (Figura 5), con valores de 0 a 100, derivado a partir de variables como densidad poblacional, cambio de uso de la tierra, vías de comunicación e infraestructura eléctrica (Velásquez-Tibata y López-Arévalo, 2006). Se utilizó el método de quiebres naturales de Jenks para establecer dos zonas de “huella humana”: Alta (43 – 100) y baja (0 – 43), además se excluyó el área de idoneidad que intersecaba con el índice alto de “huella humana”.

Tabla 2.- Matriz de ponderación de áreas prioritarias para reintroducción

ÁREAS DE CONSERVACIÓN	Idoneidad	
	MUY ALTA	ALTA
NO	Media	Baja
SI	Muy alta	Alta

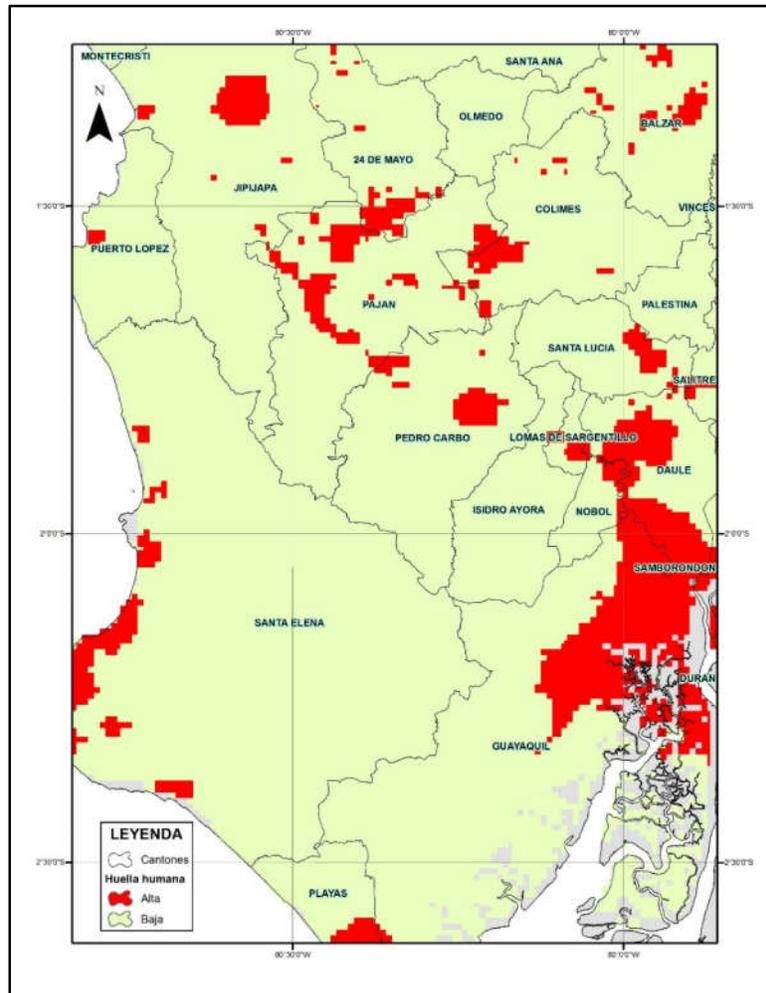


Figura. 7. Mapa de huella humana

2.3 Premisas o Hipótesis

El Modelamiento de Nicho Ecológico del guacamayo verde mayor permite definir nuevos sitios potenciales de presencia, áreas prioritarias para conservación y reintroducción de la especie.

2.4 Universo y muestra

Universo: Población de individuos de la especie *Ara ambiguus guayaquilensis* residente en la cordillera Chongón Colonche.

Muestra: Registros georreferenciados de la especie, compilada a partir de bases de datos de biodiversidad

2.5 Operacionalización de las variables

Tabla 3. Matriz de operacionalización de variables

Variables	Tipo de variable	Indicadores	Técnicas
Modelo de nicho ecológico óptimo del guacamayo verde mayor	Independiente	Valores de AUC por encima de 0.9	Área bajo la curva (AUC)
Áreas prioritarias para la conservación y reintroducción de la especie	Dependiente	Clasificación de áreas prioritarias en cuatro categorías de Muy alta, Alta, Media y Baja	Matriz de ponderación de prioridades Algoritmo de rupturas naturales de Jenks
Nuevos sitios potenciales de presencia de la especie	Dependiente	Sitios de Muy alta idoneidad (0,675 – 0.916), que no han sido previamente muestreados	Algoritmo de rupturas naturales de Jenks

2.6 Gestión de datos

Los datos utilizados se encuentran sistematizados y almacenados siguiendo la lógica de gestión de datos geoespaciales que se determina en los Sistemas de Información Geográfica, categorizada en archivos tipo shapefile, raster y .mxd (Figura 6)

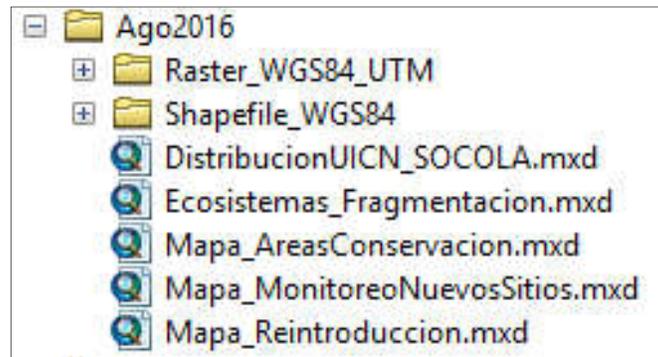


Figura. 8. Sistematización y almacenamiento de datos espaciales

2.7 Criterios éticos de la investigación

Durante el presente estudio no se realizó colectas científicas de individuos en campo, por lo que ningún animal fue capturado ni sacrificado. Se trabajó con registros georreferenciados de bases de datos de biodiversidad y se consideró además las recomendaciones de la Estrategia Nacional de Conservación In Situ del Papagayo de Guayaquil.

Capítulo 3

RESULTADOS

3.1 Diagnostico o estudio de campo:

3.1.1 Registros georreferenciados y variables seleccionadas

En total se recopiló 44 puntos georreferenciados de ocurrencias, desde 1991 hasta el año 2013 (Anexo 3). En el anexo 1 se muestran las 19 variables bioclimáticas de Worldclim, 11 correspondientes a temperatura y 8 a precipitación.

Una vez realizado el test de Jacknife de contribución de las variables en el modelo preliminar (Figura 9) y la correlación de Pearson, el número de variables bioclimáticas se redujo a 7 (Tabla 4).

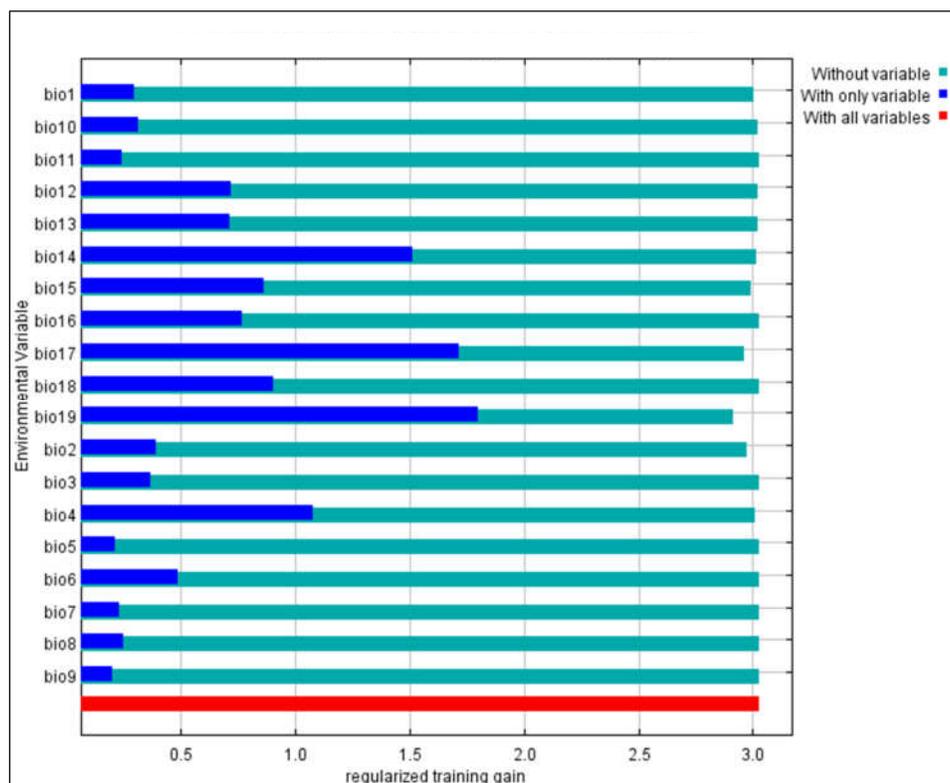


Figura. 9.- Resultados del test Jacknife de contribución de las variables en el modelo preliminar

Tabla 4. Variables bioclimáticas seleccionadas

Código	Variable	Tipo de dato	Unidades	Fuente
BIO2	Rango medio de temperatura diurna	Continuo	°C	Worldclim
BIO5	Temperatura máxima del mes más cálido	Continuo	°C	Worldclim
BIO10	Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido	Continuo	°C	Worldclim
BIO15	Estacionalidad de la precipitación	Continuo	%	Worldclim
BIO17	Precipitación del cuatrimestre más seco	Continuo	mm	Worldclim
BIO18	Precipitación del cuatrimestre más cálido	Continuo	mm	Worldclim
BIO19	Precipitación del cuatrimestre más frío	Continuo	mm	Worldclim

3.1.2 Modelamiento de nicho

El modelo desarrollado a partir de los datos de presencia y las variables bioclimáticas seleccionadas se representó en un mapa, mediante la opción de simbología tipo estirar/extender (stretched), que permite diferenciar los valores más altos y más bajos de aptitud bioclimática, con un rango que va del rojo al azul, respectivamente (Andrade, 2014) (Figura 10)

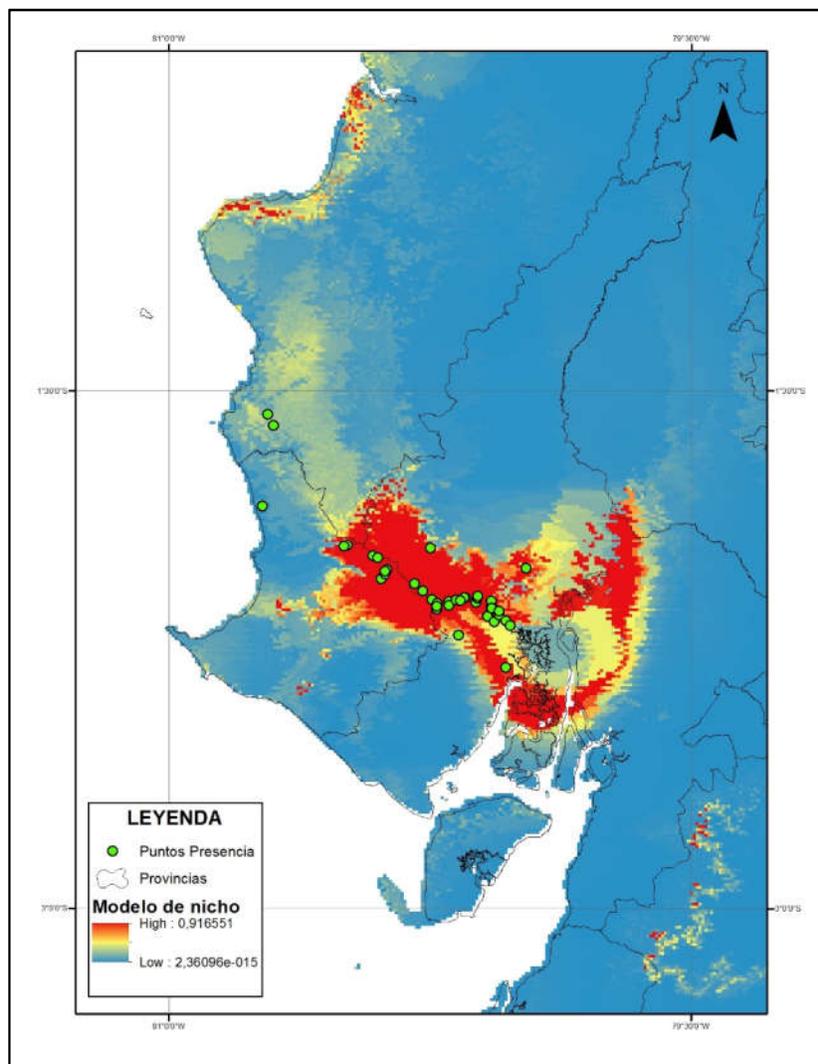
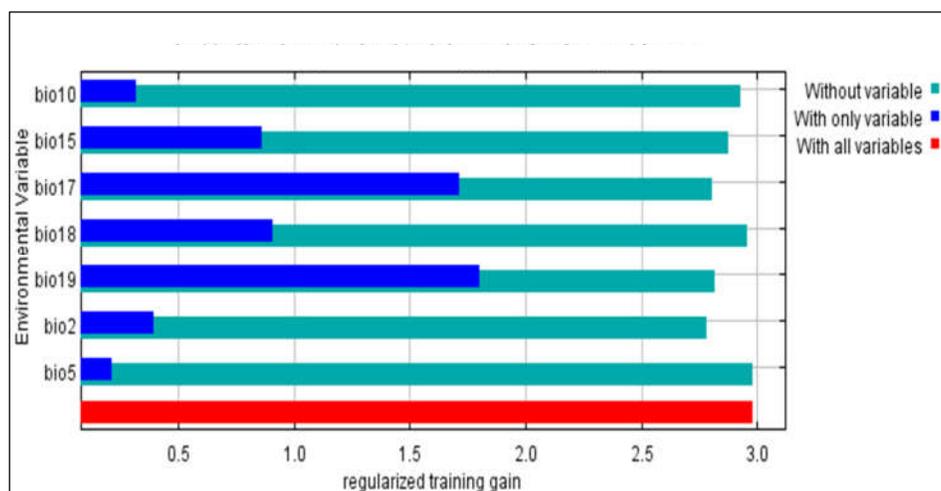


Figura. 10.- Mapa de Modelo de nicho ecológico en formato logístico

El análisis Jackknife de las 7 variables seleccionadas para el modelo final, revela que las variables bioclimáticas *Precipitación del cuatrimestre más frío* y *Precipitación del cuatrimestre más seco* son las que más aportan para construir el modelo, tanto cuando son consideradas en conjunto con las demás variables y al considerar su aporte por si solas. El análisis Jackknife, además de las gráficas de variables significativas, genera datos de contribución general al modelo (Porcentaje de contribución) y de la dependencia del modelo ante la variable (Importancia de permutación) (Tabla 5 y Figura 11).

Tabla 5. Contribución relativa de las variables ambientales al modelo final

Variable	Código	Porcentaje de contribución	Importancia de permutación
Precipitación del cuatrimestre más frío	BIO 19	36,5	4,8
Precipitación del cuatrimestre más seco	BIO 17	26,1	75,4
Precipitación del cuatrimestre más cálido	BIO 18	11,8	1
Rango medio de temperatura diurna	BIO 2	8,6	8,2
Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido	BIO 10	8,4	2,8
Temperatura máxima del mes más cálido	BIO 5	7,3	0
Estacionalidad de la precipitación	BIO 15	1,4	7,7

**Figura. 11.-** Resultados del test Jackknife de contribución de las variables en el modelo final

3.1.3 Evaluación del modelo

La Curva de Característica Operativa Relativa (curva ROC, por sus siglas en inglés), producto de graficar valores de sensibilidad versus especificidad de acuerdo con cuantas presencias o ausencias observadas coinciden con las predicciones del modelo, y los valores del Área Bajo la Curva (AUC), que es una representación de una medida simple de la precisión del modelo (Burneo y Tirira, 2014), son generados por el mismo Maxent. El valor de AUC del

modelo para el papagayo de Guayaquil es de 0,980 que lo define como un muy buen clasificador, ya que es muy cercano al valor máximo posible de 1 (Figura 12).

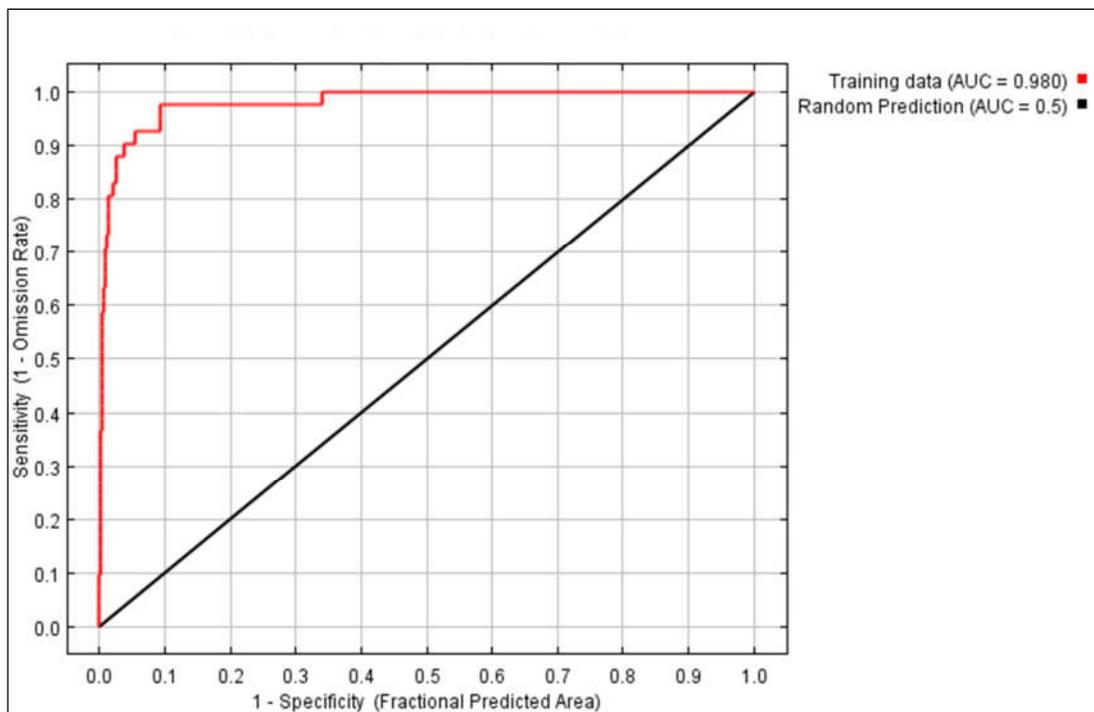


Figura. 12.- Curva ROC y AUC del modelo final generado por Maxent

3.1.4 Post-procesamiento

Los resultados del modelo de nicho desarrollado en Maxent incluyen algunos valores comunes de umbral de corte, en base al conocimiento previo de la distribución de la especie, se determinó que el umbral denominado percentil diez de la presencia de entrenamiento, con un valor de 0,146 es el que mejor se ajusta al modelo y reduce las sobreestimaciones representativas de la distribución de la especie. Con este umbral logístico de corte se determinó el nicho fundamental, relacionado con las condiciones o aptitudes ambientales que permiten que la especie se desarrolle (Figura 13).

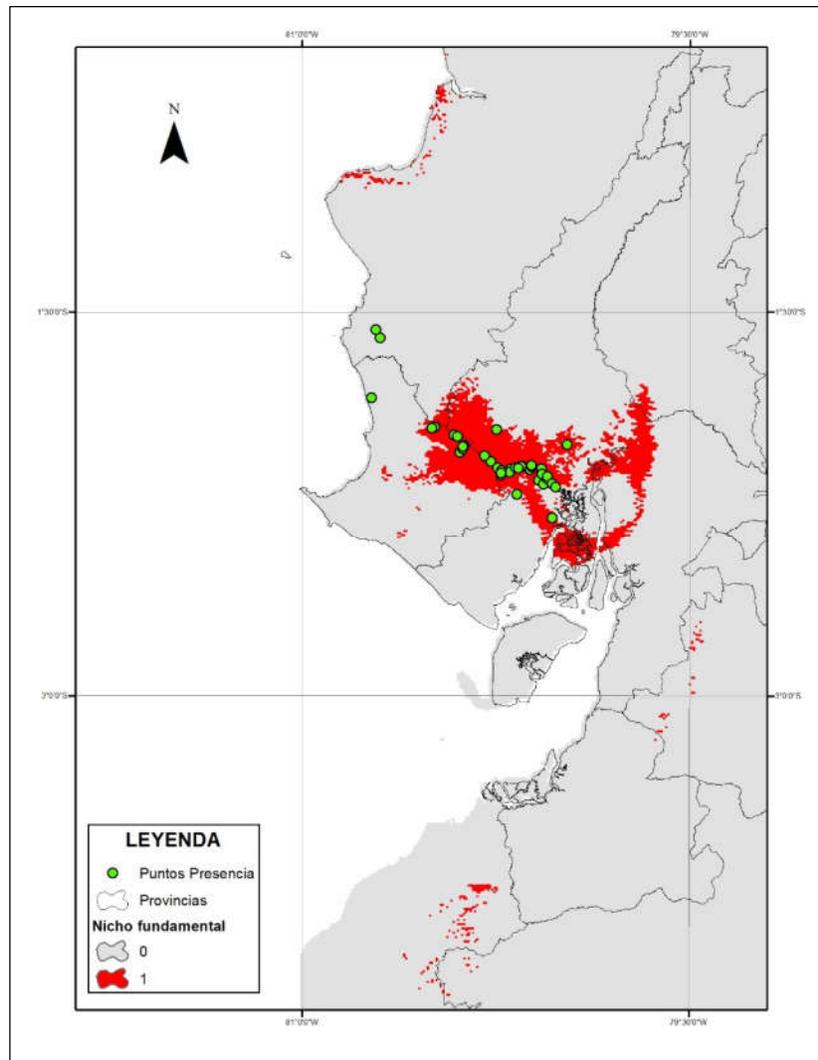


Figura. 13.- Mapa de nicho ecológico fundamental

Bajo este umbral de corte, se observa que hay sitios que aparentemente poseen las mismas aptitudes bioclimáticas en las que se desarrolla la especie, pero que no se ha registrado que efectivamente haya sido ocupado por la misma, por ejemplo al norte del Perú y en las estribaciones de la cordillera occidental, en el límite entre las provincias de Guayas y Naranjal. Un aspecto interesante fue que el modelo predijo condiciones óptimas para la especie en áreas de manglar del Estuario Interior del Golfo de Guayaquil.

Mediante geoprocesos espaciales se removieron estas áreas en las que no hay registros georreferenciados de la especie y que de acuerdo con literatura científica sobre la especie no abarcan la distribución conocida (Chapman, 1926; Ridgely y Greenfield, 2001; Granizo et al, 2002, Fundación Pro-bosque, 2005, Horstman y Carabajo, 2005; Jahn et al., 2008, Sócola, 2011), este ejercicio nos brinda una aproximación al nicho realizado (Figura 14)

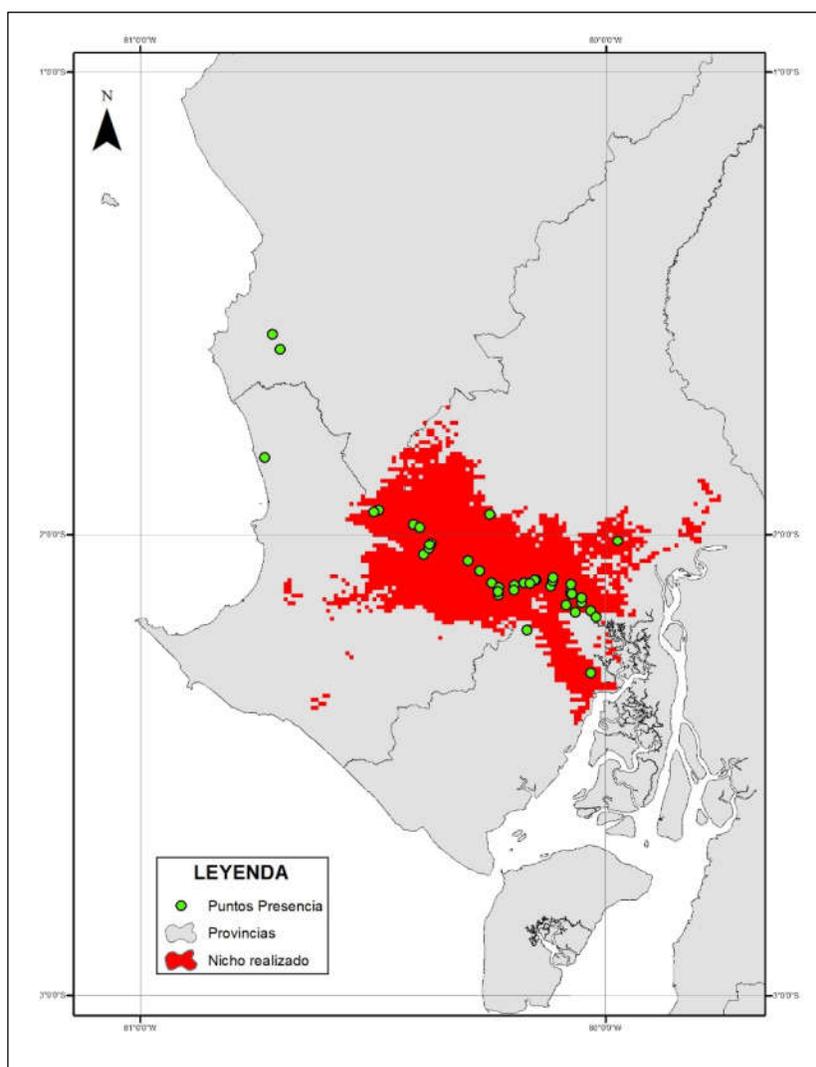


Figura. 14.- Mapa de nicho ecológico realizado

Se calculó la superficie en hectáreas del rango de distribución de la UICN, el hábitat de la subespecie propuesto por Sócola (2011), un polígono de envoltura convexa (Convex hull

polygon), resultado de la unión de todos los registros georreferenciados de la especie y creado mediante el geoproceso Minimum Boundary Geometry y la superficie del nicho fundamental y el nicho realizado (Tabla 6.).

Tabla 6. Superficies de rango de distribución, hábitat, envoltura convexa y nichos ecológicos

Tipo	Superficie (ha)
Rango de distribución de la UICN	333.363,56
Hábitat propuesto (Sócola, 2011)	110.086,90
Envoltura convexa	265.948,92
Nicho fundamental	368.500,00
Nicho realizado	240.800,00

A partir del modelo continuo de idoneidad, en base al método de quiebres naturales de Jenks y al umbral de corte se definieron 4 categorías de idoneidad de hábitat: Muy alta (0,675731713 – 0,916550994), alta (0,474449926 - 0,675731713), media (0,298328363 - 0,474449926), y baja (0,146 - 0,298328363), (Figura 15).

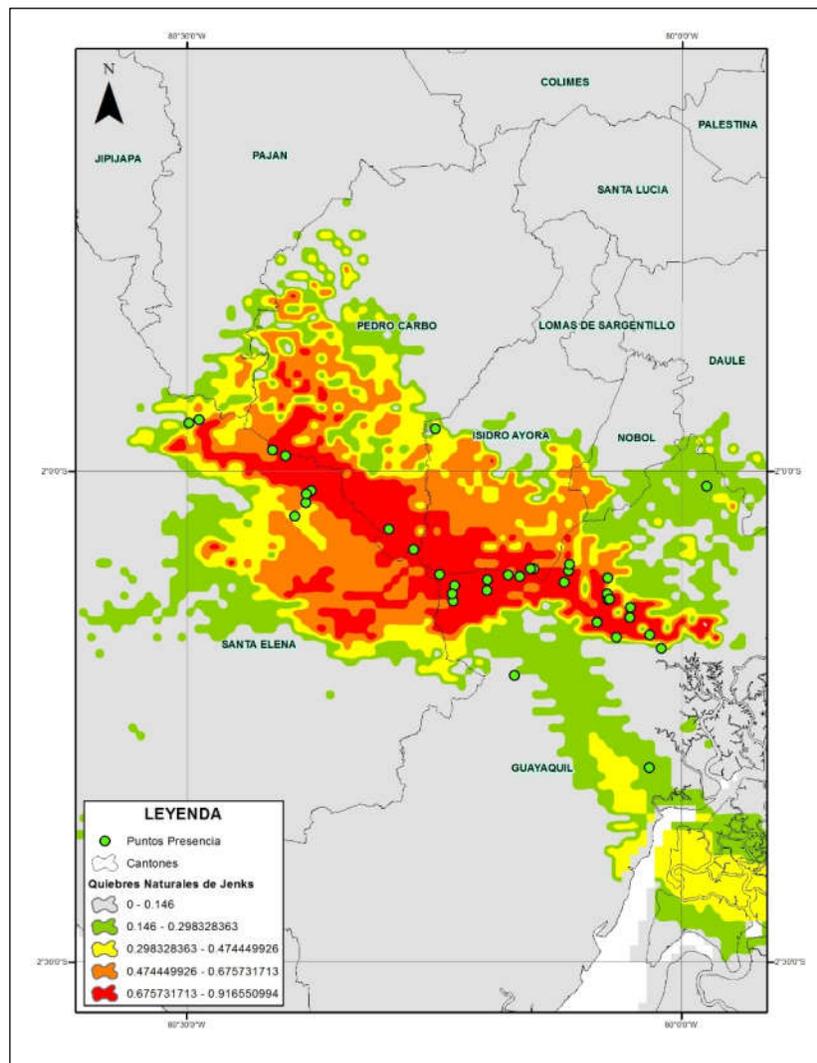


Figura. 15.- Mapa de idoneidad de hábitat en base a natural breaks

3.2 Análisis de omisiones de conservación

El análisis de relación espacial de la distribución potencial de la especie y áreas de conservación, consideró a las áreas que conforman el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Reserva de Producción de Fauna Manglares El Salado y Área Nacional de Recreación Parque Lago), Bosques Protectores (Cordillera Chongón Colonche, Subcuenca del Río Chongón,

Cerro Blanco, La Prosperina, Papagayo de Guayaquil y Bosqueira), y áreas provinciales de conservación del Sistema Provincial de Áreas de Conservación del Guayas (Área Provincial de Recreación San Pedro de Chongón).

Se determinó que las áreas de conservación, que en su mayoría son bosques protectores, protegen apenas el 25,39 % de la superficie total de la distribución potencial de la especie (Tabla 7 y Figura 16)

Tabla 7. Superficie de distribución potencial de la especie al interior y exterior de las áreas de conservación

Modelo	Superficie (ha)	%
Nicho realizado	240.800,00	100,00
Modelo remanente al interior de áreas de conservación	61.142,50	25,39
Modelo remanente fuera de áreas de conservación	179.657,50	74,61

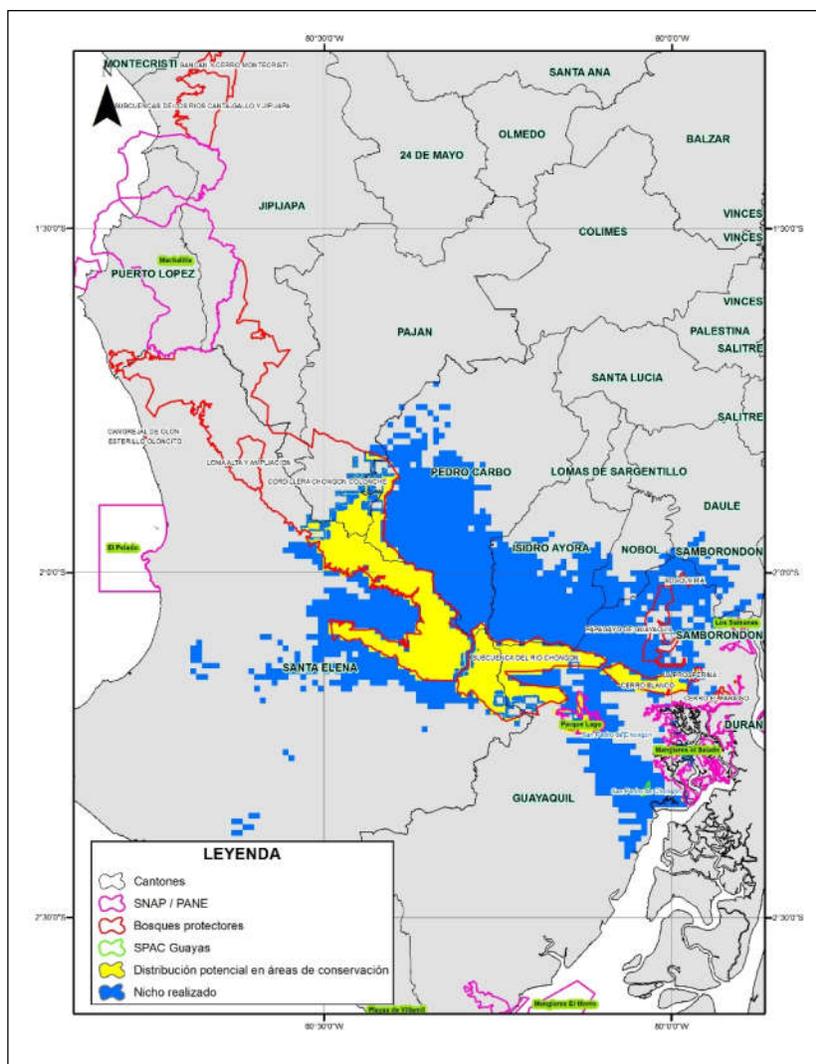


Figura 16.- Mapa de distribución potencial remanente en áreas de conservación

3.3 Determinación de nuevos sitios potenciales de presencia, áreas prioritarias para la conservación y reintroducción de la especie

3.3.1 Nuevos sitios potenciales de presencia de la especie

En base a los valores de idoneidad generados mediante quiebres naturales, la categoría definida como de Muy alta idoneidad (0,675731713 – 0,916550994) tiene una extensión de 44.800 ha, y comparando esta superficie de distribución potencial de la especie con su cercanía hacia los puntos georreferenciados de monitoreo del proyecto “Análisis científico de las

evaluaciones rápidas para el muestreo de poblaciones de Papagayo de Guayaquil, *Ara ambiguus guayaquilensis*, en la Cordillera Chongón-Colonche” (Jahn et al., 2008) y de presencia comprobada de la especie, áreas de conservación y los poblados cercanos, se identificó nuevos sitios potenciales en los que se podría muestrear a la especie (Tabla 8 y Figura 17).

Tabla 8. Poblados cercanos referenciales aledaños a nuevos sitios potenciales para muestreo del papagayo de Guayaquil

Estatus de conservación	Cantón	Poblado cercano
Bosque Protector Subcuenca del Río Chongón	Guayaquil	Cañitas
		Aguas Negras
		Dos desvíos
Bosque Protector Cordillera Chongón Colonche	Santa Elena	Voluntad de Dios
		Bellavista
		Santa Ana
		Las Cañas
		Entre La Vuelta de la Matanza y Balsas
Sin estatus de conservación	Pedro Carbo	Manantial de Caña
		Buena Vista
		La Polvosa
	Isidro Ayora	La Saiba
		El Zamoreño
		Entre Las Mazas y La Pólvora

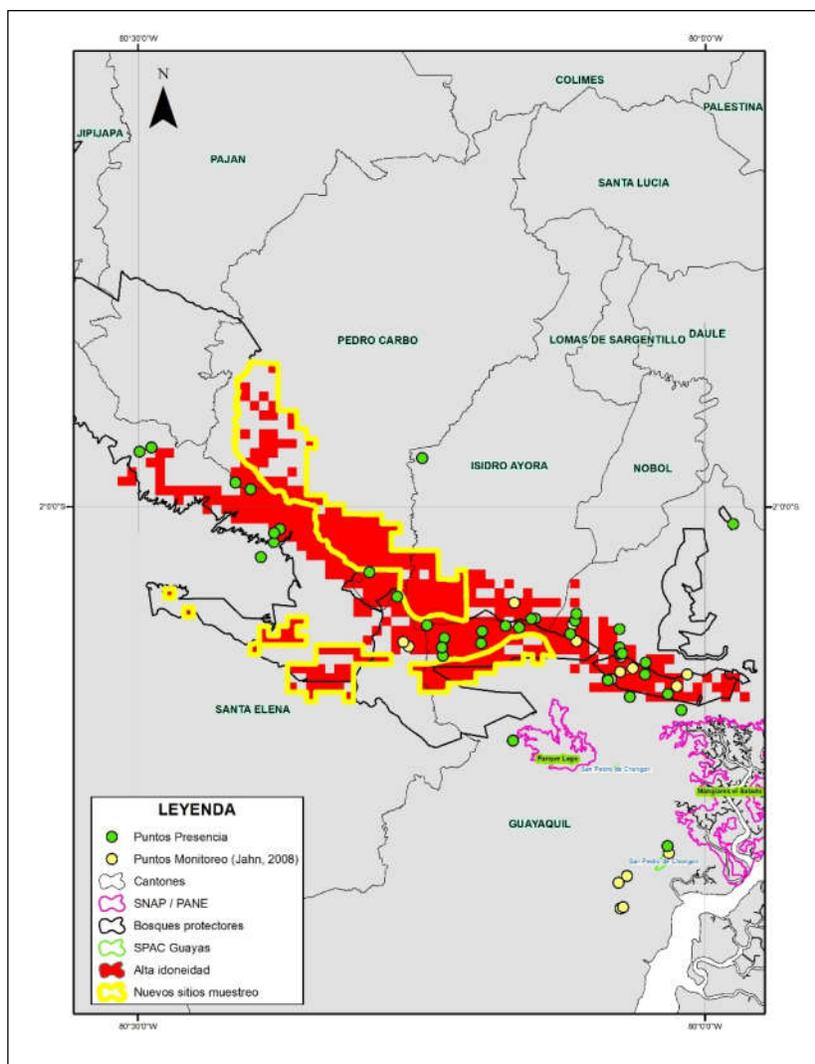


Figura. 17.- Mapa de nuevos sitios potenciales para muestreo del papagayo de Guayaquil

3.3.2 Áreas prioritarias para la conservación de la especie

Se determinaron 47.392,44 ha de áreas prioritarias para la conservación de la especie, bajo cuatro rangos de prioridad: Muy alta, alta, media y baja. A nivel cantonal, Pedro Carbo, con 18.452,89 ha, representa el 38,94 % de la superficie total de áreas prioritarias para la conservación de la especie, seguido del cantón Isidro Ayora con 16.918,15 ha, que representa el 35,70 %, a continuación el cantón Santa Elena, con 5653,10 ha, que corresponde al 11,93 %,

mientras Guayaquil, con 5022,75 ha, representa el 10,60 % del área total de áreas prioritarias. A nivel provincial, Guayas representa el 87,95 % de la superficie total de áreas prioritarias para la conservación del guacamayo verde mayor (Tabla 9 y Figura 17)

Tabla 9. Superficie de áreas prioritarias para la conservación del guacamayo verde mayor

Provincias	Cantones	Prioridad	Superficie (ha)	%
Manabí	Paján	Alta	58,40	
		Subtotal	58,40	0,12
Santa Elena	Santa Elena	Alta	4366,44	
		Muy alta	1245,03	
		Media	37,13	
		Baja	4,50	
	Subtotal	5653,10	11,93	
Pedro Carbo	Pedro Carbo	Media	9786,61	
		Muy alta	5328,23	
		Baja	2335,75	
		Alta	1002,30	
		Subtotal	18452,89	38,94
Isidro Ayora	Isidro Ayora	Media	11051,48	
		Muy alta	5355,68	
		Alta	361,97	
		Baja	149,62	
	Subtotal	16918,75	35,70	
Nobol	Nobol	Media	1286,56	
		Subtotal	1286,56	2,71
Guayaquil	Guayaquil	Muy alta	2517,62	
		Alta	1995,56	
		Media	339,55	
		Baja	170,01	
	Subtotal	5022,75	10,60	
TOTAL			47392,44	100,00

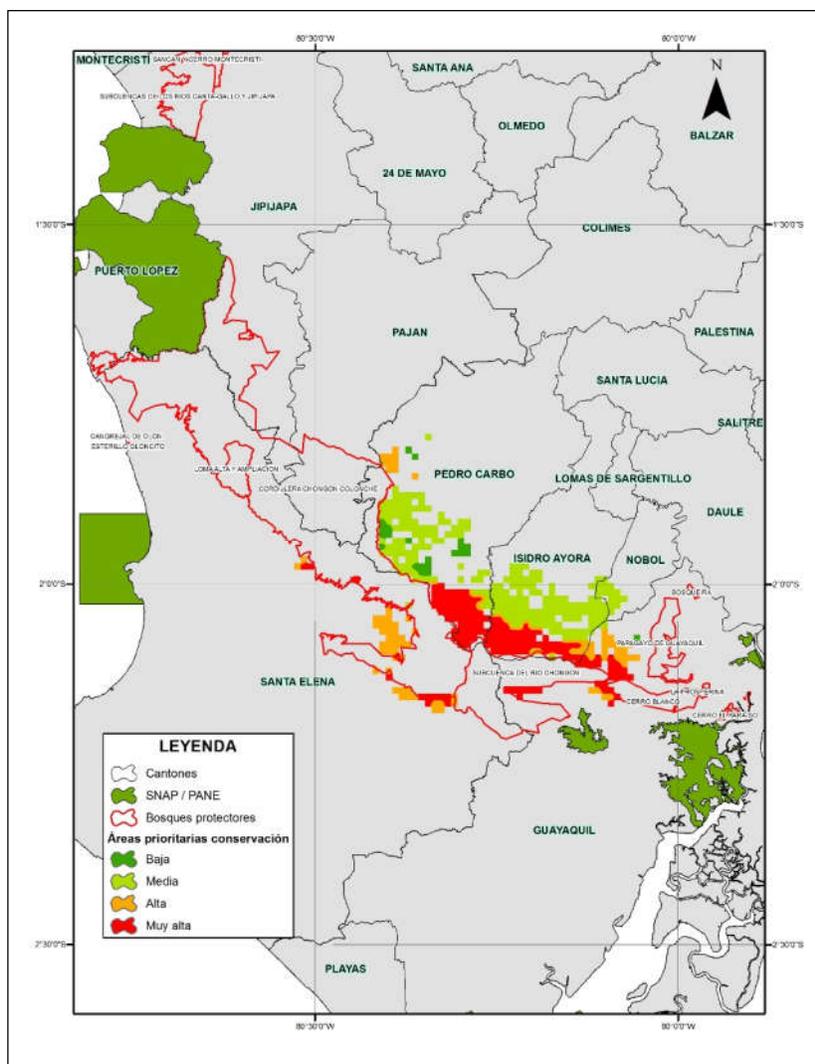


Figura. 18.- Mapa de áreas prioritarias para la conservación del guacamayo verde mayor

3.3.3 Áreas prioritarias para reintroducción de la especie

Se determinaron 81.168,97 ha de áreas prioritarias para la reintroducción del guacamayo verde mayor, bajo cuatro rangos de prioridad: Muy alta, alta, media y baja.

El bosque protector con mayor superficie de sitios prioritarios para reintroducción del guacamayo verde mayor fue el Bosque Protector Cordillera Chongón Colonche, con 22118,78 ha, que representa el 27,25 % de la superficie total de áreas prioritarias para reintroducción,

seguido del Bosque Protector Subcuenca del Río Chongón, con 11044,13 ha, que corresponde al 13,61 %, sin embargo los valores de prioridad de este bosque protector tienen categorías media y baja, el Bosque Protector Cerro Blanco presenta una superficie de 613,62 ha, que representa un 0,76 % de la superficie total de áreas prioritarias para reintroducción, cabe resaltar que aunque la superficie es menor que los otros dos bosques protectores, los valores de prioridad son Alta y Muy Alta.

Fuera de los bosques protectores, a nivel cantonal, el cantón Pedro Carbo, con 18.452,89 ha, que representa el 22,73 % de la superficie total de áreas prioritarias para la restauración de la especie es el cantón con mayor superficie, seguido del cantón Isidro Ayora con 16.918,15 ha, que representa el 20,84 %, a continuación el cantón Santa Elena, con 5653,10 ha, que corresponde al 6,96 %, mientras Guayaquil, con 5022,75 ha, representa el 6,19 % del área total de áreas prioritarias para la reintroducción del guacamayo verde mayor (Tabla 10 y Figura 18).

Tabla 10. Superficie de áreas prioritarias para la restauración del guacamayo verde mayor

Estatus de conservación	Cantones	Prioridad	Superficie (ha)	%
Bosque Protector Cordillera Chongón Colonche	Santa Elena	Muy alta	8960,50	
	Pedro Carbo			
	Paján	Alta	13158,28	
	Subtotal		22118,78	27,25
Bosque Protector Subcuenca del Río Chongón	Guayaquil			
	Santa Elena	Media	8286,44	
	Pedro Carbo			
	Isidro Ayora	Baja	2757,69	
	Subtotal		11044,13	13,61
Bosque Protector Cerro Blanco	Guayaquil	Muy alta	569,44	
		Alta	44,18	
	Subtotal		613,62	0,76
	Paján	Baja	58,40	
	Subtotal		58,40	0,07
	Pedro Carbo	Baja	10179,45	
		Media	8273,43	
	Subtotal		18452,89	22,73
Sin estatus de conservación	Isidro Ayora	Baja	11477,48	
		Media	5441,27	
	Subtotal		16918,75	20,84
	Nobol	Baja	1286,56	
	Subtotal		1286,56	1,59
	Guayaquil	Baja	2334,30	
		Media	2688,45	
	Subtotal		5022,75	6,19
	Santa Elena	Baja	4370,95	
		Media	1282,16	
	Subtotal		5653,10	6,96
TOTAL			81168,97	100,00

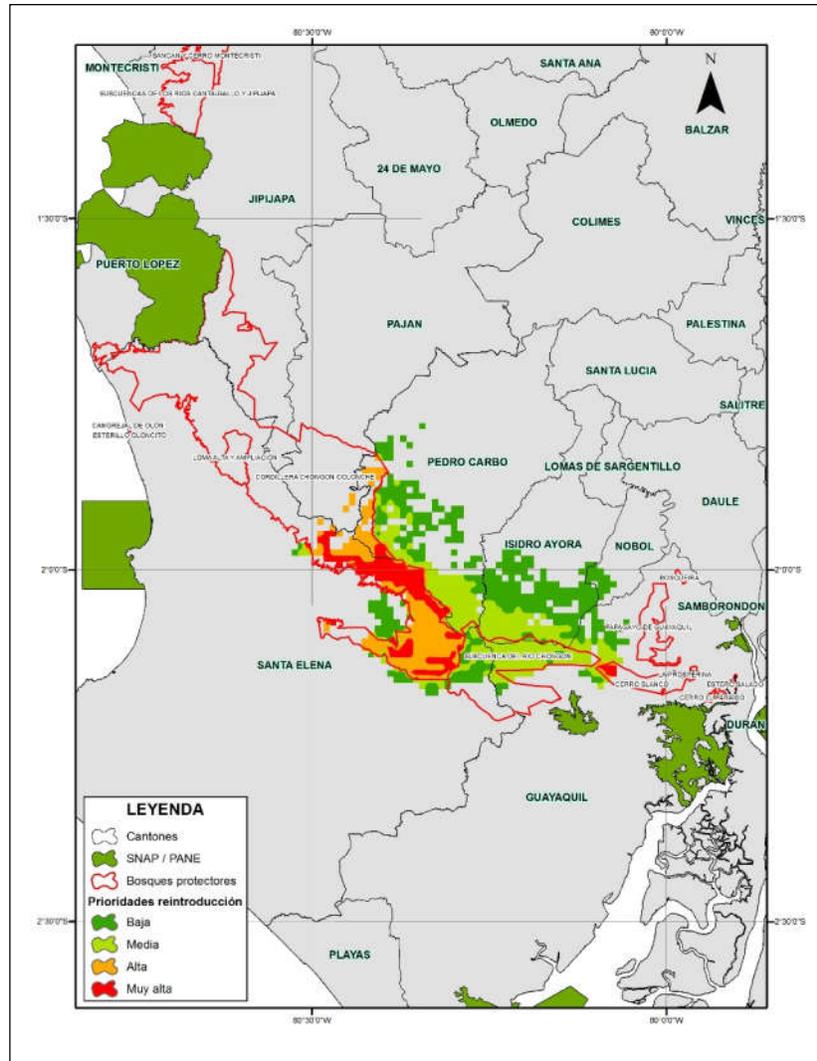


Figura. 19.- Mapa de áreas prioritarias para la reintroducción del guacamayo verde mayor

Capítulo 4

DISCUSIÓN

Se identificó áreas con condiciones bioclimáticas óptimas para el desarrollo del guacamayo verde mayor, en base a las variables ambientales seleccionadas mediante el test de Jackknife y la correlación de Pearson, en las que la *Precipitación del cuatrimestre más frío* y *Precipitación del cuatrimestre más seco* son las variables que más aportaron para construir el modelo. La evaluación del modelo con la curva ROC y el valor del Área bajo la curva (AUC), presentó un valor alto de 0,980, lo que demostraría un buen desempeño del modelo. De acuerdo con López-Lanús (1999), el periodo reproductivo del Guacamayo verde mayor es desde Julio a Noviembre, que coinciden con los meses más secos y fríos en la cordillera Chongón Colonche, identificados por los especialistas en el taller de modelamiento de nicho ecológico del Guacamayo verde mayor, realizado por el Gobierno Provincial del Guayas en febrero de 2014 (Anexo 4).

El modelo de distribución potencial realizado, se ajustó a los límites conocidos de distribución de la especie. Se determinó que los bosques protectores y áreas protegidas ubicados en el área de distribución de la especie solo protegen el 25,39 % del total de la distribución potencial de la especie, similar a lo expresado por Benítez et al. (2002), quienes indican que la población del guacamayo verde mayor dentro de áreas legalmente protegidas es pequeña.

Se identificó nuevos sitios potenciales de muestreo del guacamayo verde mayor en sitios de los cantones Pedro Carbo e Isidro Ayora, como Manantial de Caña, Buena Vista, La Polvosa, La Saiba, El Zamoreño y entre Las Mazas y La Pólvora. Esto coincide con uno de los últimos sitios identificados de un nido de papagayo de Guayaquil, en el recinto Las Piedras, cantón

Pedro Carbo, en el año 2012, sitio donde no se había muestreado antes en busca de la especie (Carvajal et al., 2012).

Las áreas prioritarias para la conservación identificadas en el estudio, en base a las áreas de idoneidad muy alta / alta, y los estudios más recientes de análisis de vacíos a nivel nacional y provincial (Cuesta et al., 2013; Camacho et al., 2011), concuerdan en su reconocimiento de sitios prioritarios, identificados por otros estudios similares (Campos et al., 2007 y Lessman et al., 2014).

Los sitios prioritarios para reintroducción de la especie integraron criterios de amenaza antropogénica, de muy alta idoneidad bioclimática y de inclusión o exclusión en áreas de conservación, identificando que sitios muy amenazados y altamente fragmentados, como el Bosque Protector Subcuenca del Río Chongón, presentan valores de prioridad bajos para la reintroducción del guacamayo verde mayor, siendo coherente con la importancia asignada a los aspectos de conectividad para reintroducción identificada por los especialistas del grupo de restauración en el taller de modelamiento de nicho ecológico del Guacamayo verde mayor, realizado por el Gobierno Provincial del Guayas en febrero de 2014 (Anexo 4).

El estudio ha considerado el área de accesibilidad conocida de la especie, así como las variables ambientales o scenopoéticas, sin embargo al igual que en otros estudios similares, integrar las variables bióticas en el modelo es un desafío, por lo que futuras investigaciones podrían integrar por ejemplo, información específica y diferenciada de actividades de comportamiento como áreas de anidación, forrajeo y dormideros, en los que se modele cada actividad y se realice posteriormente, de ser necesario un modelo de ensamblado (D'Élia et al., 2015).

Otro aspecto que podría optimizar el conocimiento de la especie en base a las herramientas de modelamiento de nicho es determinar el solapamiento potencial entre el área de distribución del guacamayo verde mayor con el área de distribución del pigío (*Cavanillesia platanifolia*) (Angeli et al., 2014), considerando la relación ecológica estrecha con este árbol como sitio de anidación y posible alimentación.

El uso de insumos de sensores remotos, como el Índice de Vegetación Diferencial Normalizada (NDVI), también podría optimizar futuros modelos de nicho (Escobar et al., 2015), así como otras variables como pendiente y elevación. Otra línea de investigación con potencial es la aplicación de los modelos de nicho ecológico ante escenarios de cambio climático (Angeli et al., 2014; Ortega et al., 2015; Ortega et al., 2013).

Otros aspectos específicos que se pueden incluir para modelar sitios prioritarios para reintroducción de la especie, son la densidad de nidos, calidad de hábitat, densidad de fuentes principales de alimentación en temporada de anidamiento y post-anidamiento, así como agricultura intensiva, carreteras principales y centros poblados medianos y grandes (O. Chassot, comunicación personal, 15 de junio de 2016).

Capítulo 5

PROPUESTA

En base a los resultados, se definen propuestas para conservación y reintroducción del guacamayo verde mayor.

La calidad del hábitat del papagayo de Guayaquil, se refleja en la cobertura de ecosistemas de los bosques protectores que intersecan con el área de distribución potencial de la especie (Tabla 11 y Figura 19), el bosque protector Subcuenca del Río Chongón presenta el mayor porcentaje de intervención, con una superficie de 7626,63 ha, que corresponde al 44,76 % de la superficie total de dicho bosque protector, mientras que el Bosque Protector Cerro Blanco presenta los valores más bajos de intervención, con 6,18 % de su superficie total, correspondiente a 210,13 ha.

Tabla 11. Superficie de ecosistemas de los bosques protectores ubicados en el área de distribución potencial del guacamayo verde mayor

ECOSISTEMA	SUPERFICIE (HA)	%
BP. CHONGÓN COLONCHE		
Bosque siempreverde estacional montano bajo de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial	25290,93	30,125
Intervención	17986,79	21,425
Bosque siempreverde estacional piemontano de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial	14772,69	17,596
Bosque semidecíduo de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial	10024,83	11,941
Bosque bajo y Arbustal decíduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo	7375,8	8,786
Bosque semidecíduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo	5294,89	6,307
Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama-Zapotillo	3121,74	3,718
Agua	58,71	0,070
Bosque decíduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo	27,26	0,032
TOTAL	83953,64	100,000
BP. SUBCUENCA DEL RÍO CHONGÓN		
Intervención	7626,63	44,76
Bosque bajo y Arbustal decíduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo	4111,35	24,13

Bosque semidecidual de tierras bajas del Jama-Zapotillo	4093,43	24,03
Bosque semidecidual de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial	839,32	4,93
Bosque decidual de tierras bajas del Jama-Zapotillo	272,11	1,60
Bosque siempreverde estacional piemontano de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial	90,23	0,53
Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama-Zapotillo	2,28	0,01
Bosque siempreverde estacional montano bajo de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial	2,15	0,01
TOTAL	17037,50	100,00
BP. CERRO BLANCO		
Bosque siempreverde estacional piemontano de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial	2294,46	67,53
Bosque semidecidual de tierras bajas del Jama-Zapotillo	363,31	10,69
Bosque semidecidual de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial	343,62	10,11
Intervención	210,13	6,18
Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama-Zapotillo	179,91	5,29
Bosque siempreverde estacional montano bajo de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial	6,35	0,19
TOTAL	3397,78	100,00
BP. LA PROSPERINA		
Bosque semidecidual de tierras bajas del Jama-Zapotillo	159,4703	65,80
Bosque semidecidual de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial	49,7136	20,51
Intervención	31,6621	13,06
Bosque siempreverde estacional piemontano de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial	1,508	0,62
Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama-Zapotillo	0,0025	0,00
TOTAL	242,3565	100,00
BP. CERRO EL PARAISO		
Bosque semidecidual de tierras bajas del Jama-Zapotillo	263,89	88,56
Intervención	34,10	11,44
TOTAL	297,99	100,00
BP. PAPAGAYO DE GUAYAQUIL		
Intervención	2125,24	59,00
Bosque semidecidual de tierras bajas del Jama-Zapotillo	1476,88	41,00
TOTAL	3602,12	100,00
BP. BOSQUEIRA		
Bosque semidecidual de tierras bajas del Jama-Zapotillo	115,26	88,27
Intervención	15,32	11,73
TOTAL	130,58	100,00

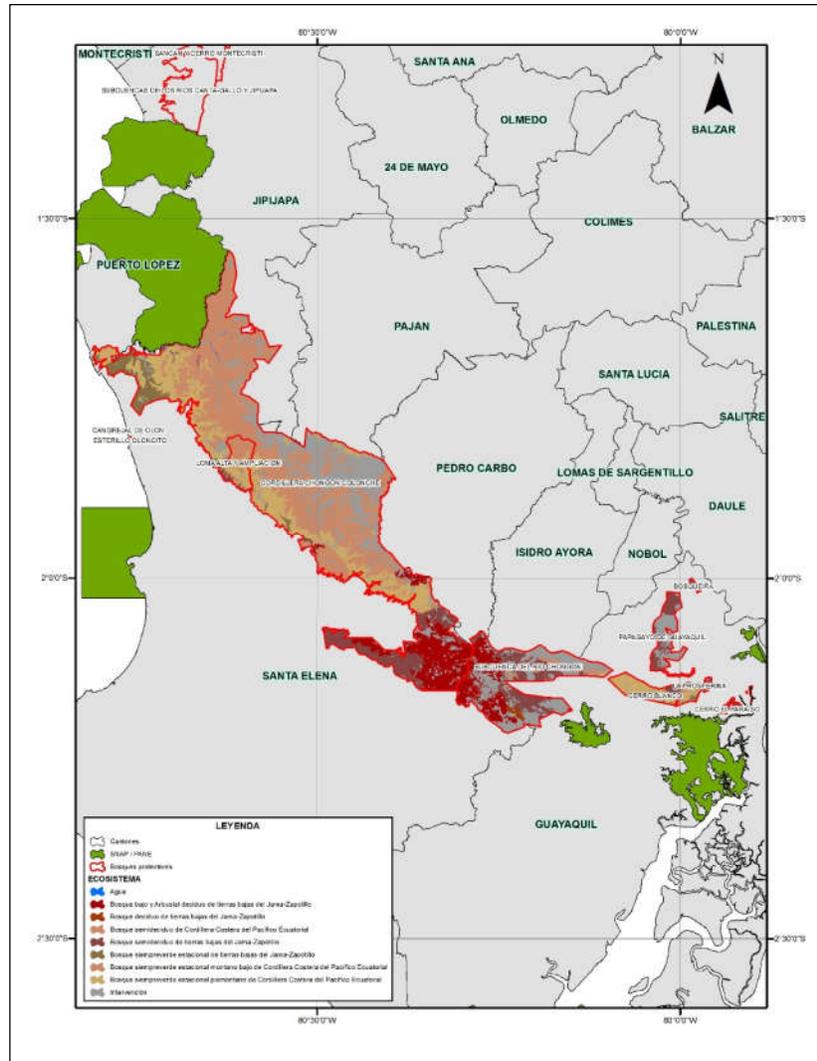


Figura. 20.- Mapa de ecosistemas de los bosques protectores ubicados en el área de distribución potencial del guacamayo verde mayor

Es importante considerar la situación actual ecosistémica y social de las áreas de distribución potencial del guacamayo verde mayor, y aspectos legales ligados a la conservación, a fin de definir propuestas para asegurar la conservación de la especie.

Para el Ministerio del Ambiente (2006), en el documento “Políticas y Plan Estratégico del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador 2007-2016”, se reconoce que el sistema de bosques protectores del sur y centro de la Cordillera Central de la Costa (Chongón Colonche y

otros) es uno de los principales núcleos de conservación potencial relacionados con bosques protectores y que no están cubiertos por el PANE. Además propone que los bosques protectores que no son parte del SNAP actual, se redefinirán como un Área de Recursos Manejados / Área Ecológica de Conservación.

La Constitución del Ecuador, acogiendo las propuestas del mencionado documento estratégico del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador, reconoce que el SNAP está conformado por cuatro subsistemas: i) Subsistema del Patrimonio de Áreas Naturales del Estado, ii) Subsistema de Gobiernos Autónomos descentralizados, iii) Subsistema de Áreas Protegidas Comunitarias, y, iv) Subsistema de Áreas Protegidas Privadas (Asamblea Constituyente del Ecuador, 2008).

El Consejo Provincial del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial del Guayas mediante la “Ordenanza que establece la vigencia y regula la aplicación de procedimientos técnicos – legales para la declaratoria, manejo y administración de las áreas provinciales de conservación”, en su artículo 1, aprobó la Planificación Estratégica del Sistema de Áreas de Conservación del Gobierno Provincial del Guayas 2012 – 2016 (Albán et al., 2012), a través de la cual se creó el Sistema Provincial de Áreas de Conservación.

El Gobierno Autónomo Descentralizado de Guayaquil, en su Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, publicado en la gaceta 28 del 10 de enero de 2012, señala el futuro establecimiento de un Sistema Cantonal de Áreas Protegidas (SCAP).

La Comisión Especializada Permanente de la Biodiversidad y Recursos Naturales de la Asamblea Nacional se encuentra debatiendo y socializando el proyecto de Código Orgánico

del Ambiente, que indica en la primera disposición transitoria que se evaluará en el plazo de 365 días el estado de conservación, cobertura y uso de suelo, amenazas, entre otros, de las áreas declaradas como bosques protectores, con la opción de incorporar a las áreas de importancia ecológica de manera prioritaria al SNAP, Áreas Especiales para la Conservación de la Biodiversidad o al Régimen Forestal de la República, mientras que las que no cumplan con el fin de conservación y restauración de ecosistemas serán excluidos definitivamente de las declaratorias previamente realizadas (Asamblea Nacional, 2013).

En el capítulo X del mismo proyecto de Código Orgánico del Ambiente, se considera el establecimiento de Áreas Especiales para la Conservación de la Biodiversidad, complementarias al SNAP. Entre los tipos de áreas especiales para la conservación de la biodiversidad: i) Áreas para la conservación y usos sostenible de los gobiernos autónomos descentralizados, comunidades y propietarios privados, que no hayan sido declaradas como áreas protegidas, ii) Áreas o sitios reconocidos por Tratados y Convenios Internacionales, iii) Zonas de amortiguamiento, iv) Corredores de conectividad; y v) Servidumbres Ecológicas.

En este contexto técnico-legal, y considerando los informes técnicos del taller provincial (febrero 2014) y taller municipal (Noviembre 2015) con especialistas, se realizan las propuestas en tres aspectos: i) Conservación, ii) Restauración; y, iii) Reintroducción (Tabla 12)

Tabla 12. Propuestas de conservación, restauración y reintroducción en bosques protectores ubicados en las áreas prioritarias para conservación y reintroducción de la especie

ESTATUS DE CONSERVACIÓN	CANTONES	LINEAMIENTOS			LINEAS TRANSVERSALES	FIGURA / RESPONSABLES
		Conservación	Restauración	Reintroducción		
		Mantenimiento de la misma categoría (de modificarse la disposición transitoria del COA) y ampliación hacia zonas de alta idoneidad para la especie	Restauración priorizando especies que fomenten la alimentación y anidación de la especie	Priorizar zonas de Muy Alta y Alta Prioridad Considerar aspectos sociales y generar compromisos comunitarios		MAE GADs Provinciales, Municipales y Parroquiales Propietarios privados y comunitarios
Bosque Protector Cordillera Chongón Colonche	Santa Elena Pedro Carbo Paján	Incorporación a propuesta de ampliación del Parque Nacional Machalilla	Restauración priorizando especies que fomenten la alimentación y anidación de la especie	Priorizar zonas de Muy Alta y Alta Prioridad Considerar aspectos sociales y generar compromisos comunitarios		PANE / SNAP (MAE) GADs Provinciales, Municipales y Parroquiales Propietarios privados y comunitarios
		Declaratoria de nueva área protegida y ampliación hacia zonas de alta idoneidad para la especie	Restauración priorizando especies que fomenten la alimentación y anidación de la especie	Priorizar zonas de Muy Alta y Alta Prioridad Considerar aspectos sociales y generar compromisos comunitarios	Incorporación de apoyo a las acciones de conservación en los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de los GADs Provinciales, Municipales y Parroquiales	PANE / SNAP (MAE) GADs Provinciales, Municipales y Parroquiales Propietarios privados y comunitarios

Bosque Protector Cerro Blanco	Guayaquil	Mantenimiento de la misma categoría (de modificarse la disposición transitoria del COA) y ampliación hacia zonas de alta idoneidad para la especie	Restauración priorizando especies que fomenten la alimentación y anidación de la especie	Priorizar zonas de Muy Alta y Alta Prioridad Considerar aspectos sociales y generar compromisos comunitarios	Incorporación de criterios de cambio climático en programas y/o acciones de manejo del área	MAE Fundación Pro-Bosque GADs Provinciales y Municipales
		Declaratoria de nueva área protegida y ampliación hacia zonas de alta idoneidad para la especie	Restauración priorizando especies que fomenten la alimentación y anidación de la especie	Priorizar zonas de Muy Alta y Alta Prioridad Considerar aspectos sociales y generar compromisos comunitarios	Investigación científica aplicada para toma de decisiones de manejo basadas en evidencia	PANE / SNAP (MAE) Fundación Pro-Bosque GADs Provinciales y Municipales
		Declaratoria de Área de Conservación y Uso Sostenible de la Biodiversidad	Restauración priorizando especies que fomenten la alimentación y anidación de la especie	Priorizar zonas de Muy Alta y Alta Prioridad Considerar aspectos sociales y generar compromisos comunitarios		MAE Fundación Pro-Bosque GADs Provinciales y Municipales
Bosque Protector Subcuenca del Río Chongón	Guayaquil Santa Elena Pedro Carbo Isidro Ayora	Posible derogatoria de la categoría por la alta degradación del hábitat y amenazas	Establecimiento de corredores ecológicos, proyectos agro-silvo-pastoriles, priorizando especies que fomenten la alimentación y anidación de la especie	Monitoreo de procesos de restauración forestal e incremento de la cobertura natural para definir conveniencia de iniciar procesos de reintroducción		MAE GADs Provinciales, Municipales y Parroquiales
		Declaratoria de áreas de conservación provinciales o municipales con énfasis en	Establecimiento de corredores ecológicos, proyectos agro-	Monitoreo de procesos de restauración forestal e incremento de la cobertura natural para		GADs Provinciales, Municipales y Parroquiales MAE

zonas de alta idoneidad para la especie	silvo-pastoriles, priorizando especies que fomenten la alimentación y nidación de la especie	definir conveniencia de iniciar procesos de reintroducción	
Declaratoria como zonas de amortiguamiento (De declararse como área protegida los bosques protectores colindantes)	Establecimiento de corredores ecológicos, proyectos agro-silvo-pastoriles, priorizando especies que fomenten la alimentación y nidación de la especie	Monitoreo de procesos de restauración forestal e incremento de la cobertura natural para definir conveniencia de iniciar procesos de reintroducción	MAE GADs Provinciales, Municipales y Parroquiales Propietarios privados
Declaratoria como corredores de conectividad	Establecimiento de corredores ecológicos, proyectos agro-silvo-pastoriles, priorizando especies que fomenten la alimentación y nidación de la especie	Monitoreo de procesos de restauración forestal e incremento de la cobertura natural para definir conveniencia de iniciar procesos de reintroducción	MAE GADs Provinciales, Municipales y Parroquiales Propietarios privados
Declaratoria como servidumbres ecológicas	Establecimiento de corredores ecológicos, proyectos agro-silvo-pastoriles, priorizando especies que fomenten la alimentación y nidación de la especie	Monitoreo de procesos de restauración forestal e incremento de la cobertura natural para definir conveniencia de iniciar procesos de reintroducción	Propietarios privados MAE GADs Provinciales, Municipales y Parroquiales

Conclusiones

Se identificaron áreas con condiciones óptimas para el desarrollo del guacamayo verde mayor, las variables *Precipitación del cuatrimestre más frío* y *Precipitación del cuatrimestre más seco* son las que más aportaron al modelo. La superficie del nicho realizado fue 240.800,00 ha.

Las áreas de conservación (bosques protectores y áreas protegidas) ubicadas en el área de distribución de la especie apenas protegen 61.142,50 ha, que representa el 25,39 % de la distribución potencial total de la especie.

Se identificó y propuso nuevos sitios potenciales de muestreo y monitoreo en los cantones Pedro Carbo e Isidro Ayora. Además se determinó 47.392,44 ha de áreas prioritarias para la conservación de la especie, bajo cuatro rangos de prioridad: Muy alta, alta, media y baja. Los cantones Pedro Carbo e Isidro Ayora en conjunto representan el 74,64 % de la superficie total de áreas prioritarias para la conservación.

Los sitios prioritarios para reintroducción de la especie abarcan una superficie de 81.168,97 ha, bajo cuatro rangos de prioridad: Muy alta, alta, media y baja. Los bosques protectores Cordillera Chongón Colonche y Cerro Blanco, presentan los niveles de prioridad más altos, en conjunto abarcan 22.732,40 ha, mientras el bosque protector Subcuenca del Río Chongón, con valores medios y bajos de prioridad, presenta 11.044,13 ha. Fuera de los bosques protectores, el cantón Pedro Carbo e Isidro Ayora suman 35.371,64 ha, que corresponden al 43,57 % de la superficie total de áreas prioritarias para la reintroducción.

Recomendaciones

Considerar la distribución potencial, áreas prioritarias para la conservación, reintroducción y muestreo de nuevas poblaciones, como herramientas para proponer ajustes de criterios y subcriterios de la categoría en la lista roja de aves del país, declaratoria de nuevas áreas de conservación, monitoreo de la especie y potenciales sitios de reintroducción.

Promover el marcaje tradicional y telemetría satelital para seguimiento de los movimientos de individuos y poblaciones, esta información permitirá afinar a mayor detalle el modelo de nicho ecológico del guacamayo verde mayor.

Realizar capacitaciones de modelamiento de nicho ecológico aplicado a la conservación de la biodiversidad y cambio climático, y telemetría satelital.

En próximos trabajos de modelamiento del nicho ecológico del guacamayo verde mayor, se debería incorporar otras variables como NDVI, altitud, pendiente, diferenciar modelos por sitios de anidación, sitios de forrajeo y dormideros. Un aspecto fundamental sería proyectar el modelo actual hacia el futuro, en base a proyecciones de cambio climático, a fin de considerar posibles movimientos o afectaciones de las poblaciones.

Realizar modelamiento de nicho ecológico del Pigío (*Cavanillesia platanifolia*) y un análisis de solapamiento de nicho con el del guacamayo verde mayor.

Generar alianzas estratégicas entre autoridades nacionales, provinciales y locales, universidades, fundaciones y ONGs de conservación, comunidades, especialistas, entre otros para implementar acciones de conservación e investigación de la especie.

Bibliografía

- Albán, M., Suarez, S & Camacho J. (2012). Planificación Estratégica del Sistema de Áreas de Conservación del Gobierno Provincial del Guayas 2012 – 2016. Informe Final de Consultoría. Dirección de Medio Ambiente del Gobierno Provincial del Guayas, Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental y The Nature Conservancy. Guayaquil. 112 pp.
- Angeli, N., Otegui, J., Wood, M., & Gomez-Ruiz, E. (2014). A process to support species conservation planning and climate change readiness in protected areas (No. e492v2). PeerJ PrePrints.
- Angelieri, C. C. S., Adams-Hosking, C., de Barros, K. M. P. M., de Souza, M. P., & McAlpine, C. A. (2016). Using Species Distribution Models to Predict Potential Landscape Restoration Effects on Puma Conservation. *PLoS one*, 11(1), e0145232.
- Andrade, S. (2014). Efecto de la fragmentación del bosque seco tropical sobre la distribución potencial de *Megascops roboratus*, en 1985 y 2011, mediante la aplicación de modelos ecológicos en la cuenca baja del río Guayas.
- Asamblea Constituyente del Ecuador. (2008). Constitución de la República del Ecuador. Montecristi, Ecuador.
- Asamblea Nacional. Comisión Especializada Permanente de la Biodiversidad y Recursos Naturales. (2013). Proyecto de Código Orgánico del Ambiente. Recuperado de <http://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/private/asambleanacional/files/asambleanacionalnameuid-28/Codigo-Organico-Ambiente.pdf>
- Benítez, V., Jahn, O., Mena V., y Berg, K. (2002). Guacamayo Verde Mayor (*Ara ambigua*). Pp. 83-84 En Granizo, T., Pacheco, C., Ribadeneira, M.B., Guerrero, M. y L. Suárez (eds.). Libro rojo de las aves del Ecuador. SIMBIOE, Conservation International, EcoCiencia, Ministerio del Ambiente, UICN. Quito, Ecuador.

- Benito, B. (2009). Ecoinformática aplicada a la conservación: simulación de efectos del cambio global en la distribución de la flora de Andalucía (tesis doctoral). Universidad de Granada.
- BirdLife International. 2013. *Ara ambiguus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T22685553A48044192. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-2.RLTS.T22685553A48044192.en>. Downloaded on 23 September 2016.
- BirdLife International and NatureServe. (2014). Bird Species Distribution Maps of the World. 2013. *Ara ambiguus*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2016-1
- Bonifaz, C. y Cornejo, X. (2004). Flora del Bosque de Garúa (árboles y epífitas) de la comuna Loma Alta, Cordillera Chongón Colonche, Provincia del Guayas, Ecuador. Universidad de Guayaquil. Guayaquil.
- Bonifaz, C., Elao, R., Santos, M., Avilés, J., & Cornejo, X. (2004). Plan de Manejo General del Bosque Protector de la Cordillera Chongón Colonche.
- Borja, M. (2009). Modelamiento de nicho ecológico de las ranas de cristal [Amphibia: Anura: Centrolenidae] del Ecuador a partir de registros de museología: predicción del área de ocupación y evaluación en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador. Tesis de Maestría. Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador.
- Burneo, S. F., & Tirira, D. G. (2014). Murciélagos del Ecuador: un análisis de sus patrones de riqueza, distribución y aspectos de conservación. *Therya*, 5(1), 197-228.
- Burneo, S. F., González-Maya, J. F., & Tirira, D. G. (2009). Distribution and habitat modelling for Colombian weasel *Mustela felipei* in the Northern Andes. *Small Carnivore Conservation*, 41, 41-45.
- Camacho, J., Mejía, X., León, J., Suárez, E., Pérez, J., Viteri, F., Carvajal, R. (2011). Análisis de Vacíos de Conservación para la Provincia del Guayas. The Nature Conservancy y

Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial del Guayas (GAD-Guayas).
Guayaquil.

- Campos, F., Peralvo, M., Cuesta-Camacho, F., y Luna, S. (eds). (2007). Análisis de vacíos y áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad en el Ecuador continental. Instituto Nazca de Investigaciones Marinas, EcoCiencia, Ministerio del Ambiente, The Nature Conservancy, Conservación Internacional, Proyecto GEF: Sistema Nacional de Áreas Protegidas-Ecuador (SNAP-GEF), BirdLife International y Aves & Conservación, Quito. 88pp.
- Canhos, V. P., de Souza, S., De Giovanni, R., & Canhos, D. A. L. (2004). Global Biodiversity Informatics: setting the scene for a “new world” of ecological forecasting. *Biodiversity Informatics*, 1.
- Carvajal, R., Camba M., Viteri, F., Zambrano, G., Salas, J., Guillén, W., Sócola, J., Zambrano, M., & Benavides, V. (2012). Levantamiento Preliminar de Línea de Base Biótica y Cartográfica de la Finca Las Piedras, Cantón Pedro Carbo, Parroquia Sabanilla y Cantón Isidro Ayora, Parroquia Isidro Ayora. Informe Técnico. Gobierno Provincial del Guayas, Dirección de Medio Ambiente, Jefatura de Control de Biodiversidad y Áreas Naturales Protegidas y Jefatura de Control de Cuencas Hidrográficas. 28 pp.
- Chapman, F. (1926). The distribution of bird-life in Ecuador: a contribution to a study of the origin of Andean bird-life. *Bulletin of the AMNH*; v. 55
- Cuesta, F., Peralvo, M., Baquero, F., Bustamante, M., Merino, A., Muriel, P., Freile, J.F., y Torres, O. (2013). Identificación de vacíos y prioridades de conservación en el Ecuador continental. In, p. 62. CONDESAN, PUCE, MAE, GIZ.
- D’Elia, J., Haig, S. M., Johnson, M., Marcot, B. G., & Young, R. (2015). Activity-specific ecological niche models for planning reintroductions of California condors (*Gymnogyps californianus*). *Biological Conservation*, 184, 90-99.

- De Oliveira Moreira, D., Leite, G. R., de Siqueira, M. F., Coutinho, B. R., Zanon, M. S., & Mendes, S. L. (2014). The distributional ecology of the maned sloth: environmental influences on its distribution and gaps in knowledge. *PloS one*, 9(10), e110929.
- eBird. (2013). eBird: An online database of bird distribution and abundance. eBird, Ithaca, New York. Available: <http://www.ebird.org>. (Accessed: Date [Septiembre 11, 2015]).
- Elith J., Graham, C., Anderson, R., Dudik, M., Ferrier, S., et al. (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129.
- Elton C., (1927). *Animal Ecology*. Segdwick and Jackson. London.
- Escobar, L. E., Peterson, A. T., Papeş, M., Favi, M., Yung, V., Restif, O., Qiao, H., & Medina-Vogel, G. (2015). Ecological approaches in veterinary epidemiology: mapping the risk of bat-borne rabies using vegetation indices and night-time light satellite imagery. *Veterinary research*, 46(1), 1.
- Fajardo, J., Lessmann, J., Bonaccorso, E., Devenish, C., & Muñoz, J. (2014). Combined use of systematic conservation planning, species distribution modelling, and connectivity analysis reveals severe conservation gaps in a megadiverse country (Peru). *PloS one*, 9(12), e114367.
- FIDES. (2012). Plan de acción del Biocorredor Territorio Chongón Colonche. Biocorredores para el Buen Vivir.
- Fundación Natura. (2010). Sistematización del sistema de protección y vigilancia comunitaria del proyecto reforestación y conservación de la Cordillera Chongón Colonche.
- Fundación Pro-Bosque. (2005). El Papagayo de Guayaquil en Cerro Blanco. Primera Edición. Guayaquil-Ecuador.

- Garita Rodríguez, C., & Mata Montero, E. (2009). Cátedra UNESCO de informática para la biodiversidad-desarrollo de capacidades en informática para biodiversidad en América Latina (2008-2009).
- GBIF.org. (2014). GBIF Occurrence Download
<http://api.gbif.org/v1/occurrence/download/request/0002566-140127092455230.zip>
- Granizo, T. (2006). Manual de Planificación para la Conservación de Áreas, PCA. Quito: TNC y USAID. 205 pp.
- Granizo, T., Pacheco, C., Ribadeneira, M., Guerrero, M. y Suárez, L. (eds). (2002). Libro rojo de las aves del Ecuador. SIMBIOE, Conservation International, EcoCiencia, Ministerio del Ambiente, UICN, Quito, Ecuador.
- Grinnell J. (1917). The niche-relationships of the California Thrasher. *Auk*, 34:427–433.10
- Groves, C. B., Valutis, L., Vosick, D., Neely, B., Wheaton, K., Touval, J., & Runnels, B. (2000). Diseño de una geografía de la esperanza: Manual para la planificación de la conservación ecorregional. Segunda edición. The Nature Conservancy, Arlington, VA. 215 pp.
- Hijmans, R. J., Cameron, 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(15), 1965-1978.
- Horstman, E., & Carabajo, S. (2005). Estrategia para el establecimiento de un corredor biológico para la conservación del Bosque Protector Cerro Blanco con énfasis en el Guacamayo Verde Mayor *Ara ambigua guayaquilensis* (Doctoral dissertation, Tesis previa a la obtención del título de máster en Manejo de Recursos Renovables III. Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil-Ecuador).
- Hubbell, S. P. (2001). The unified neutral theory of biodiversity and biogeography (MPB-32) (Vol. 32). Princeton University Press.

- Hutchinson G.E. (1957). Concluding remarks. Cold Spring Harbor Symp. *Q. Biol.*, 22:415–427.
- Hutchinson, G. E. (1978). An introduction to population ecology. Yale Univ. Press.
- Jahn, O., Espinoza, M., Carvajal, R. y Zambrano, N. (2008). Análisis científico de las evaluaciones rápidas para el muestreo de poblaciones de Papagayo de Guayaquil *Ara ambiguus guayaquilensis* en la Cordillera Chongón-Colonche – Informe técnico. Fundación Pro-Bosque y Fundación Natura. Guayaquil.
- Looijen, R. (2000). Holism and reductionism in biology and ecology, the mutual dependence of higher and lower level research programmes.
- Lessmann J., Muñoz, J., Bonaccorso, E. (2014) Maximizing species conservation in continental Ecuador: A case of systematic conservation planning for biodiverse regions. *Ecology and Evolution* 4: 2410–2422.
- Liras, E., Piñar, J. C., & García, F. J. B. (2008). Bioinformática para la conservación de la flora. *Conservación vegetal*, (12), 6-9.
- López-Lanús, B. (1999). The biology of the Great Green Macaw *Ara ambigua* in south-west Ecuador. *Papageienkunde*, 3, 147-169.
- Mateo R.G., Felicísimo A.M. & Muñoz, J. (2011). Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista chilena de historia natural* 84 (2), 217-240.
- Menon, S. (2014). Biodiversity Informatics–Big Data for Biodiversity Conservation and Ecological Forecasting.
- Ministerio del Ambiente, Ecociencia y Unión Mundial para la Naturaleza (UICN). (2001). La biodiversidad del Ecuador. Informe 2000, editado por Carmen Josse. Quito: Ministerio del Ambiente, EcoCiencia y UICN. 368 pp.

- Ministerio del Ambiente de Ecuador. (2005). Estrategia Nacional de Conservación In Situ del Papagayo de Guayaquil (*Ara ambigua guayaquilensis*). Registro oficial No. 513. Jueves 27 de Enero del 2005.
- Ministerio del Ambiente de Ecuador. (2006). Políticas y Plan Estratégico del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador 2007 - 2016. Proyecto GEF: Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Quito, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2013). Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito.
- Monge Arias, G. (2013). Evaluación del estado de conservación y viabilidad poblacional de la lapa verde (*Ara ambiguus*) en el Corredor Biológico Binacional El Castillo-San Juan-La Selva, Costa Rica-Nicaragua.
- Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil. (2005). Resolución del M. I. Concejo Cantonal por la que declara al Papagayo de Guayaquil (*Ara ambigua guayaquilensis*) como ave símbolo natural de la ciudad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.
- Ortega-Andrade, H. M., Rojas-Soto, O., & Paucar, C. (2013). Novel data on the ecology of *Cochranella mache* (Anura: Centrolenidae) and the importance of protected areas for this critically endangered glassfrog in the Neotropics. *PloS one*, 8(12), e81837.
- Ortega-Andrade, H. M., Prieto-Torres, D. A., Gómez-Lora, I., & Lizcano, D. J. (2015). Ecological and geographical analysis of the distribution of the mountain tapir (*Tapirus pinchaque*) in Ecuador: importance of protected areas in future scenarios of global warming. *PloS one*, 10(3), e0121137.
- Parker, T. A., & Carr, J. L. (Eds.). (1992). Status of forest remnants in the Cordillera de la Costa and adjacent areas of southwestern Ecuador. Conservation International.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, Vol. 190, No. 3-4, pp. 231-259.

- Phillips, S. J., & Dudik, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: New extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31:161–175.
- Peterson, A. T., & Soberón, J. (2012). Species distribution modeling and ecological niche modeling: getting the concepts right. *Natureza & Conservação*, 10(2), 102-107.
- Peterson, A. T., Soberón, J., Pearson, R. G., Anderson, R. P., Martínez-Meyer, E., Nakamura, M. & Araújo, M. B. (2012). Ecological Niches and Geographic Distributions. Monographs in *Population Biology* No. 49.
- Qiao, H., Soberón, J., & Peterson, A. T. (2015). No silver bullets in correlative ecological niche modelling: insights from testing among many potential algorithms for niche estimation. *Methods in Ecology and Evolution*, 6(10), 1126-1136.
- Rapoport, E. (1975). Areografía: estrategias geográficas de las especies. *Obras de Ciencia y Tecnología*.
- Real, L. A., & Levin, S. A. (1991). Theoretical advances: the role of theory in the rise of modern ecology. *Foundations of ecology: classic papers with commentaries*, 177-191.
- Ridgely, R.S. & Greenfield, P.J. (2001). The birds of Ecuador: status, distribution, and taxonomy. Cornell University Press, Ithaca, Estados Unidos.
- Root, J.B. (1967). The niche exploitation pattern of the blue-grey gnatcatcher. *Ecol. Monogr.* 37, 317-350: 317.
- Sanderson, E. W., Jaiteh, M., Levy, M. A., Redford, K. H., Wannebo, A. V., & Woolmer, G. (2002). The Human Footprint and the Last of the Wild: The human footprint is a global map of human influence on the land surface, which suggests that human beings are stewards of nature, whether we like it or not. *BioScience*, 52(10), 891-904.
- Sanderson, E. W., Jaiteh, M., Levy, M. A., Redford, K. H., Wannebo, A. V., & Woolmer, G. (2002). The Human Footprint and the Last of the Wild: The human footprint is a global

map of human influence on the land surface, which suggests that human beings are stewards of nature, whether we like it or not. *BioScience*, 52(10), 891-904.

Soberón, J., (2007). Grinnellian and Eltonian niches and geographic distributions of species. *Ecology Letters*, 10(11):1115–1123.

Soberón, J., & Nakamura, M. (2009). Niches and distributional areas: concepts, methods, and assumptions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106 (Supplement 2), 19644-19650.

Soberon, J., & Peterson, A. T. (2005). Interpretation of Models of Fundamental Ecological Niches and Species' Distributional Areas. *Biodiversity Informatics*

Soberon, J., & Peterson, A. T. (2012). Species Distribution Modeling and Ecological Niche Modeling: Getting the Concepts Right. *Naturaleza & Conservacao*, 10(2):102-107

Soberon, J., Peterson, A. T., Lira, A. y Barve, N. (2014). Nichos y Áreas de Distribución. Recuperado el 15 de febrero de 2014, desde <https://sites.google.com/site/nichesandareasofdistribution/home/proposito-y-guia-del-usuario>

Soberon, J., & Peterson, A. T. (2004). Biodiversity informatics: Managing and applying primary biodiversity data. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B, Biological Sciences* 359:689-698

Socola, J. (2011). Valoración económica de la conservación del Guacamayo Verde Mayor (*Ara ambiguus guayaquilensis*).

Swets, J. A. (1988). Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science*, 240(4857), 1285-1293.

The Nature Conservancy, Corporación Simbioe & Instituto Nazca de Investigaciones Marinas. (2004). Evaluación Ecorregional del Pacífico Ecuatorial: Ecorregión Marina Guayaquil. Quito, Ecuador.

- The Nature Conservancy. (2011). Informe Final: Desarrollo de una propuesta de conservación y mantenimiento de conectividad entre el Bosque Protector Cerro Blanco y el Bosque Protector Chongón Colonche, Provincias del Guayas y Santa Elena – Ecuador. Ecuador
- Torres, R., & Jayat, J. P. (2010). Modelos predictivos de distribución para cuatro especies de mamíferos (Cingulata, Artiodactyla y Rodentia) típicas del Chaco en Argentina. *Mastozoología neotropical*, 17(2): 335-352.
- Vázquez, A. H. P., & Segura, G. E. (2014). Caracterización del área de distribución geográfica potencial de las especies de aves psitácidas de la Península de Yucatán, México. *Rev. Biol. Trop.*, 62(4), 1509-1522.
- Velásquez–Tibata, J. I., & López–Arévalo, H. F. (2006). Análisis de omisiones y prioridades de conservación para loros amenazados de Colombia. *Conservación Colombiana*, 1, 58-66.
- Williamson, M. (1972). The analysis of biological populations.

Anexos

Anexo No. 1.- Variables climáticas incluidas en el modelo preliminar para determinar las variables a incluirse en el modelo definitivo

Código	Variable	Tipo de dato	Unidades	Fuente
BIO1	Temperatura media anual	Continuo	°C	Worldclim
BIO2	Rango medio de temperatura diaria	Continuo	°C	Worldclim
BIO3	Isotermalidad	Continuo	%	Worldclim
BIO4	Estacionalidad de la temperatura	Continuo	%	Worldclim
BIO5	Temperatura máxima del mes más cálido	Continuo	°C	Worldclim
BIO6	Temperatura mínima del mes más frío	Continuo	°C	Worldclim
BIO7	Rango anual de temperatura	Continuo	°C	Worldclim
BIO8	Temperatura promedio del cuatrimestre más húmedo	Continuo	°C	Worldclim
BIO9	Temperatura promedio del cuatrimestre más seco	Continuo	°C	Worldclim
BIO10	Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido	Continuo	°C	Worldclim
BIO11	Temperatura promedio del cuatrimestre más frío	Continuo	°C	Worldclim
BIO12	Precipitación anual	Continuo	mm	Worldclim
BIO13	Precipitación del mes más húmedo	Continuo	mm	Worldclim
BIO14	Precipitación del mes más seco	Continuo	mm	Worldclim
BIO15	Estacionalidad de la precipitación	Continuo	%	Worldclim
BIO16	Precipitación del cuatrimestre más húmedo	Continuo	mm	Worldclim
BIO17	Precipitación del cuatrimestre más seco	Continuo	mm	Worldclim
BIO18	Precipitación del cuatrimestre más cálido	Continuo	mm	Worldclim
BIO19	Precipitación del cuatrimestre más frío	Continuo	mm	Worldclim

Anexo No. 2.- Puntos georreferenciados de presencias

ESPECIE	LONGITUD	LATITUD	FUENTE	SITIO	FECHA
Ara_ambiguus	-80,075	-2,132	Lopez_Lanus	CerroBlanco	1997
Ara_ambiguus	-80,700	-1,600	EvalEcorregional	PNMachalilla	1992
Ara_ambiguus	-80,733	-1,833	EvalEcorregional	Manglaralto	2001
Ara_ambiguus	-80,150	-2,100	EvalEcorregional	CordilleraChongon	2001
Ara_ambiguus	-80,033	-2,167	EvalEcorregional	CerroBlanco	1992
Ara_ambiguus	-80,033	-2,302	Socola 2011	SanPedro_Chongon	2003
Ara_ambiguus	-80,272	-2,081	Horstman 2005	Hcda.Gonzalez	2005
Ara_ambiguus	-80,414	-1,979	ERARAmbiguus	IcerasLasBalsas	2007
Ara_ambiguus	-80,401	-1,985	ERARAmbiguus	IcerasLasBalsas	2007
Ara_ambiguus	-80,488	-1,948	ERARAmbiguus	IcerasLasBalsas	2007
Ara_ambiguus	-80,499	-1,951	ERARAmbiguus	IcerasLasBalsas	2007
Ara_ambiguus	-80,153	-2,100	ERARAmbiguus	Hcda.Indio	2007
Ara_ambiguus	-80,119	-2,114	Probosque	Hcda.ElMolino	1997
Ara_ambiguus	-80,115	-2,102	Probosque	Hcda.ElMolino	1997
Ara_ambiguus	-80,114	-2,096	Probosque	Hcda.ElMolino	1997
Ara_ambiguus	-80,086	-2,154	Probosque	CerroBlanco	1994
Ara_ambiguus	-80,086	-2,155	Probosque	CerroBlanco	1994
Ara_ambiguus	-80,076	-2,126	Probosque	CerroBlanco	1997
Ara_ambiguus	-80,076	-2,126	Probosque	CerroBlanco	1997
Ara_ambiguus	-80,075	-2,109	Probosque	Quebrada	1997
Ara_ambiguus	-80,074	-2,131	Probosque	CerroBlanco	1997
Ara_ambiguus	-80,073	-2,131	Probosque	CerroBlanco	1997
Ara_ambiguus	-80,066	-2,170	Probosque	CerroBlanco	1997
Ara_ambiguus	-80,053	-2,150	Probosque	CerroBlanco	1997
Ara_ambiguus	-80,052	-2,139	Probosque	CerroBlanco	1997
Ara_ambiguus	-80,392	-2,046	Probosque	LasBalsas	2008
Ara_ambiguus	-80,375	-2,020	Probosque	LasBalsas	2006
Ara_ambiguus	-80,380	-2,032	Probosque	LasBalsas	2008
Ara_ambiguus	-80,380	-2,023	Probosque	LasBalsas	2008
Ara_ambiguus	-80,197	-2,111	Probosque	AguasNegras	2008
Ara_ambiguus	-80,197	-2,122	Probosque	AguasNegras	2008
Ara_ambiguus	-80,296	-2,059	Probosque	RioBachillero	2008
Ara_ambiguus	-80,176	-2,107	Probosque	HcdaElMolino	2008
Ara_ambiguus	-80,164	-2,108	Probosque	HcdaElMolino	2008
Ara_ambiguus	-80,245	-2,106	Probosque	OswaldoMendoza	2008
Ara_ambiguus	-80,230	-2,117	Probosque	OswaldoMendoza	2009
Ara_ambiguus	-80,231	-2,133	Probosque	OswaldoMendoza	2008
Ara_ambiguus	-80,232	-2,126	Probosque	FelipeQuimi	2008
Ara_ambiguus	-80,250	-1,957	DGA_GPG_Guayas	LasPiedras	2013
Ara_ambiguus	-80,169	-2,209	DGA_GPG_Guayas	SPAC_Guayacan	2013
Ara_ambiguus	-80,033	-2,167	GBIF	CerroBlanco	1991
Ara_ambiguus	-80,717	-1,567	GBIF	CerroBlanco	1991
Ara_ambiguus	-80,021	-2,181	EBIRD	CerroBlanco	2011
Ara_ambiguus	-79,975	-2,015	MinisterioAmbiente	Bosqueira	2010

Anexo No. 3.- Matriz de correlación de Pearson

#	CORRELATION MATRIX																		
# Layer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	1.00000	-1.20275	-1.12501	-2.29868	-1.00663	-1.02181	-1.13775	-1.00231	-1.00225	-1.00172	-1.00213	-1.07909	-1.64316	-0.42687	-1.19132	-1.29407	-0.46276	-0.75268	-0.42158
2	-1.20275	1.00000	-1.06481	-2.92006	-1.14224	-1.35580	-1.02716	-1.21077	-1.20140	-1.20770	-1.20334	-1.32930	-2.03315	-0.54117	-1.28409	-1.63096	-0.57075	-1.13452	-0.28598
3	-1.12501	-1.06481	1.00000	-3.03085	-1.08887	-1.22378	-1.07250	-1.13823	-1.11874	-1.13476	-1.11996	-1.03018	-1.70152	-0.31672	-1.33457	-1.33097	-0.34034	-0.89785	-0.22907
4	-2.29868	-2.92006	-3.03085	1.00000	-2.25853	-2.43740	-2.35324	-2.17580	-2.41684	-2.19366	-2.41568	-4.32072	-5.94230	-1.86847	-1.78171	-4.89168	-2.01223	-2.54498	-2.13757
5	-1.00663	-1.14224	-1.08887	-2.25853	1.00000	-1.04862	-1.08642	-1.00761	-1.00890	-1.00683	-1.00921	-1.10581	-1.68646	-0.43387	-1.16683	-1.33399	-0.46844	-0.80466	-0.39316
6	-1.02181	-1.35580	-1.22378	-2.43740	-1.04862	1.00000	-1.26917	-1.02421	-1.02131	-1.02403	-1.02064	-1.04327	-1.60923	-0.39457	-1.28811	-1.25358	-0.43364	-0.68170	-0.45959
7	-1.13775	-1.02716	-1.07250	-2.35324	-1.08642	-1.26917	1.00000	-1.13679	-1.14400	-1.13530	-1.14564	-1.35923	-2.04787	-0.55462	-1.17785	-1.64576	-0.58835	-1.09197	-0.36484
8	-1.00231	-1.21077	-1.13823	-2.17580	-1.00761	-1.02421	-1.13679	1.00000	-1.00605	-1.00070	-1.00573	-1.11120	-1.67775	-0.44307	-1.17360	-1.32585	-0.48037	-0.75965	-0.45328
9	-1.00225	-1.20140	-1.11874	-2.41684	-1.00890	-1.02131	-1.14400	-1.00605	1.00000	-1.00512	-1.00067	-1.04733	-1.60759	-0.41146	-1.20963	-1.26215	-0.44595	-0.74213	-0.39255
10	-1.00172	-1.20770	-1.13476	-2.19366	-1.00683	-1.02403	-1.13530	-1.00070	-1.00512	1.00000	-1.00497	-1.11002	-1.67924	-0.44167	-1.17553	-1.32644	-0.47861	-0.76554	-0.44162
11	-1.00213	-1.20334	-1.11996	-2.41568	-1.00921	-1.02064	-1.14564	-1.00573	-1.00067	-1.00497	1.00000	-1.04235	-1.60045	-0.40818	-1.21103	-1.25637	-0.44290	-0.73400	-0.40040
12	-1.07909	-1.32930	-1.03018	-4.32072	-1.10581	-1.04327	-1.35923	-1.11120	-1.04733	-1.11002	-1.04235	1.00000	0.91865	0.68608	-1.84280	0.92214	0.67910	0.77577	0.21678
13	-1.64316	-2.03315	-1.70152	-5.94230	-1.68646	-1.60923	-2.04787	-1.67775	-1.60759	-1.67924	-1.60045	0.91865	1.00000	0.36209	-2.47305	0.99354	0.33477	0.95008	-0.07817
14	-0.42687	-0.54117	-0.31672	-1.86847	-0.43387	-0.39457	-0.55462	-0.44307	-0.41146	-0.44167	-0.40818	0.68608	0.36209	1.00000	-1.00102	0.37570	0.99321	0.32983	0.31884
15	-1.19132	-1.28409	-1.33457	-1.78171	-1.16683	-1.28811	-1.17785	-1.17360	-1.20963	-1.17553	-1.21103	-1.84280	-2.47305	-1.00102	1.00000	-2.02586	-1.05132	-1.23498	-0.73128
16	-1.29407	-1.63096	-1.33097	-4.89168	-1.33399	-1.25358	-1.64576	-1.32585	-1.26215	-1.32644	-1.25637	0.92214	0.99354	0.37570	-2.02586	1.00000	0.35596	0.89782	-0.00100
17	-0.46276	-0.57075	-0.34034	-2.01223	-0.46844	-0.43364	-0.58835	-0.48037	-0.44595	-0.47861	-0.44290	0.67910	0.33477	0.99321	-1.05132	0.35596	1.00000	0.31197	0.33783
18	-0.75268	-1.13452	-0.89785	-2.54498	-0.80466	-0.68170	-1.09197	-0.75965	-0.74213	-0.76554	-0.73400	0.77577	0.95008	0.32983	-1.23498	0.89782	0.31197	1.00000	-0.29504
19	-0.42158	-0.28598	-0.22907	-2.13757	-0.39316	-0.45959	-0.36484	-0.45328	-0.39255	-0.44162	-0.40040	0.21678	-0.07817	0.31884	-0.73128	-0.00100	0.33783	-0.29504	1.00000

Anexo No. 4.- Taller municipal de trabajo con especialistas



M.I. Municipalidad de Guayaquil
Dirección de Ambiente

TALLER PARA PRIORIZACIÓN DE ACCIONES DE CONSERVACIÓN DE ESPECIES EN ESTADO CRÍTICO EN EL CANTÓN GUAYAQUIL

1. DATOS GENERALES

Fecha: Viernes 20 de Noviembre

Lugar: Fundación Pro-Bosque (Bosque Protector Cerro Blanco)

Hora: 08:30-12:00

2. OBJETIVO

Identificar de manera preliminar las áreas críticas para la conservación de la biodiversidad del cantón Guayaquil.

3. AGENDA

ACTIVIDAD	TIEMPO ESTIMADO	RESPONSABLE
Bienvenida	5 minutos	Monserate Vélez
Presentación de participantes	5 minutos	Cada participante
Monitoreos y programas que ha realizado Fundación Pro-Bosque sobre el Papagayo de Guayaquil	10 minutos	Paúl Cun
Monitoreo del Jaguar en la costa ecuatoriana	10 minutos	Galo Zapata
Monitoreo del Jaguar en el Bosque Protector Cerro Blanco	10 minutos	Miguel Saavedra
Identificación y priorización de actividades de conservación de especies crítica	60 minutos	Actividad a realizarse en 2 grupos Moderador: Monserate Vélez
Presentación de resultados de grupos	20 minutos	Cada grupo



M.I. Municipalidad de Guayaquil

Dirección de Ambiente

4. PARTICIPANTES

NOMBRE	INSTITUCIÓN	NOMBRE	INSTITUCIÓN
Raúl Carvajal	Conservation International	Francisco Sornoza	Fundación Jocotoco
Jaime Camacho	The Nature Conservancy	Rafaela Orrantia	Empresa Pública de Parques Urbanos y Espacios Públicos
Eric Horstman	Fundación Pro-Bosque	Geovanny Zambrano	Empresa Pública de Parques Urbanos y Espacios Públicos
Paúl Cun	Fundación Pro-Bosque	Julio Baquerizo	Fundación Jambelí
Mireya Pozo	ESPOL	Mishel Herrera	Municipio de Guayaquil
Galo Zapata	Wildlife Conservation Society (WCS)	Javier Real	Municipio de Guayaquil
Miguel Saavedra	Consultor Independiente	Monserate Vélez	Municipio de Guayaquil
Jorge Ortega	Ministerio del Ambiente		

5. PRINCIPALES RESULTADOS

Identificación y priorización de Actividades: El grupo debía identificar, mediante una lluvia de ideas, las actividades que consideraba necesarias para la conservación del Papagayo de Guayaquil (*Ara ambiguus guayaquilensis*) y el Jaguar (*Panthera onca*) en el cantón Guayaquil; posteriormente las actividades identificadas debían ser priorizadas, de acuerdo a lo que los participantes del grupo consideraban.

Grupo 1: Análisis del Jaguar

Actividades de Investigación	Otros
a. Disponibilidad del hábitat del jaguar (Manabí, Santa Elena, Guayas, El Oro) <ol style="list-style-type: none"> i. Análisis de permeabilidad de hábitat ii. Conectividad de bosques b. Estimación de abundancia <ol style="list-style-type: none"> i. Estudio de presas potenciales c. Inventarios de cacería (subsistencia, cazadores deportivos) d. Genética poblacional (variabilidad genética entre individuos a través de excretas)	a. Alianzas estratégicas entre GAD's, Academia, ONG's, Organizaciones civiles (Fortalecimiento de la academia, restauración de hábitat, conservación, otros) b. Comunicación, educación y participación ambiental c. Cambio de categoría del Bosque Protector de la Cordillera Colonche a Área Protegida (viabilidad política, análisis de alternativas)



M.I. Municipalidad de Guayaquil
Dirección de Ambiente

Grupo 2: Análisis del Papagayo de Guayaquil (Guacamayo Verde Mayor)

- a. Reactivar el grupo de trabajo del Guacamayo Verde Mayor, creado para la implementación de la Estrategia de Conservación del Papagayo de Guayaquil y conformado por el Ministerio del Ambiente, el Municipio de Guayaquil, Fundación Pro-Bosque y la Fundación Ecológica Rescate Jambelí; se sugiere además integrar a personas de instituciones nuevas como a los municipios y comunidades del corredor de la cordillera costera y a la Fundación Jocotoco. Se podría invitar como socio estratégico a Robert Ridgely (RFT). **Prioridad 1.**
- b. Alianzas estratégicas con otros GAD, por ejemplo Municipio o Prefectura de Santa Elena. **Prioridad 2.**
- c. Armar estrategias para conseguir fondos para el manejo del Guacamayo Verde Mayor. **Prioridad 3.**
- d. Desarrollar un Programa de Educación Ambiental en el cantón con distintos grupos: escuelas, colegios, taxistas, empresa privada, etc.; además se sugiere armar un documental del Guacamayo Verde Mayor, que sea difundido a nivel nacional.
- e. Analizar el material genético del Guacamayo Verde Mayor de la población in situ.
- f. Establecer un programa de reintroducción de individuos a largo plazo con socios estratégicos.
- g. Monitoreo de la población silvestre y en cautiverio; publicar los registros en las redes sociales (cuidando de no publicar información sensible, como ubicación de nidos) y compartirlos con el grupo de trabajo del Guacamayo Verde Mayor.
- h. Poner rastreadores satelitales a individuos in situ y ex situ.
- i. Establecer una base de datos de los sitios de anidación.
- j. Hacer una actualización de las especies de flora de las cuales se alimenta el Guacamayo Verde Mayor y del estado de su hábitat.
- k. Conseguir apoyo económico para el manejo ex situ del Guacamayo Verde Mayor.
- l. Gestión de corredores para conectividad, que incluya 4 provincias (Guayas, Santa Elena, Manabí y Esmeraldas).
- m. Boletines trimestrales sobre la especie.

6. OBSERVACIONES ADICIONALES

- Considerar la posibilidad de seleccionar otras especies emblemáticas para el cantón: venado, mono, etc., de tal manera que sea más fácil llegar a los niños y jóvenes con el mensaje de conservación.
- Desarrollar reuniones con Directores Ambientales de los municipios cercanos, para tratar el tema de conservación y otros similares.
- En lugar de desarrollar un programa de monitoreo sobre el jaguar (del que se tiene el registro de apenas un individuo), hacerlo con el cocodrilo de la costa.
- Se podría trabajar en conjunto con universidades, por ejemplo la ESPOL, para el desarrollo de actividades concretas como diseño de material de sensibilización, entre otros.

Anexo No. 4.- Taller provincial de trabajo con especialistas



GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL GUAYAS

TALLER MODELAMIENTO DE NICHOS ECOLÓGICOS DEL GUACAMAYO VERDE MAYOR (*Ara ambiguus guayaquilensis*) Y SUS IMPLICACIONES PARA LA CONSERVACIÓN EN LA CORDILLERA CHONGÓN COLONCHE

Guayaquil-Ecuador

Miércoles 26 de febrero de 2014



Lugar: Instalaciones del Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno del Niño, CIIFEN

Participantes:

Eric Hortsman, FUNDACIÓN PRO-BOSQUE
Paul Cun, FUNDACIÓN PRO-BOSQUE
Rafaela Orrantía, FUNDACIÓN ECOLÓGICA JAMBELI
Jaime Camacho, THE NATURE CONSERVANCY
Miguel Saavedra, THE NATURE CONSERVANCY
David Almeida, MINISTERIO DEL AMBIENTE
Nancy Hilgert, CONSULTORA BENHIL

Mireya Pozo, ESPOL
Nelson Zambrano, CONSULTOR
Orlando Carrión, ORNITÓLOGO
Pilar Ycaza, CIIFEN
Fabián Viteri, GAD Provincial Guayas
Jaime Salas, GAD Provincial Guayas
Virgilio Benavides, GAD Provincial Guayas
Jacqueline Sócola, GAD Provincial Guayas
Carola Bohórquez, GAD Provincial Guayas
Marjorie Zambrano, GAD Provincial Guayas
Martha Sánchez, GAD Provincial Guayas



GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL GUAYAS

AGENDA

Hora	Actividad	Responsable
10:00-10:15	Registro de participantes y bienvenida	GAD Provincial Guayas
10:15-11:00	Presentación de resultados	GAD Provincial Guayas
11:00-11:15	Receso	
11:15-13:00	Discusión en grupos, plenaria, conclusiones y recomendaciones	GAD Provincial Guayas

PRESENTACIÓN

A cargo del Blgo. Fabián Viteri Herrera, presentando aspectos teóricos de los modelos de nicho ecológico y resultados preliminares de modelamiento del nicho ecológico del guacamayo verde mayor.

DISCUSIÓN EN GRUPOS

- GRUPO DE ASPECTOS BIOLÓGICOS Y ECOLÓGICOS DEL PAPAGAYO DE GUAYAQUIL

Nancy Hilgert, Jacqueline Sócola, Orlando Carrión, Carola Bohórquez, Paul Cun

Preguntas generadoras:

1.- ¿Cuál es el papel del Guacamayo Verde Mayor en la dispersión de semillas, competencia, simbiosis, etc.?

Ayuda a dispersión de semillas y ayuda a otras especies que se alimenten de restos de las semillas. Competencia con algunos mamíferos y psitácidos por recursos alimenticios y por sitios de anidación con evidencia con rapaces.

2.- ¿Cuáles considera que serían las posibles explicaciones ecológicas por las que se ha registrado que el periodo reproductivo del papagayo de Guayaquil se extiende de julio a noviembre?

Por oferta alimenticia (semillas y frutos), quizá por ausencia de lluvias en Cerro Blanco y Chongón, mientras que en sitios con más precipitaciones como las Balsas, igual se reproducen.

3.- ¿Conoce algún registro publicado o anecdótico de la especie en un sitio que presente características ecológicas o climáticas diferentes a las de la Cordillera Chongón Colonche?

En cantón San Lorenzo, provincia de Esmeraldas

4.- ¿Conoce algún registro publicado o anecdótico de la nidificación de la especie de en otros árboles que no sean Pigios *Cavanillesia platanifolia*?



GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL GUAYAS

En las Balsas, en un árbol con nombre común Cascarilla (no se conoce género ni especie)

5.- ¿Además de las especies de plantas conocidas que sirven como fuente de alimento al papagayo de Guayaquil, ha registrado o escuchado acerca de otras especies de plantas de las cuales se esté alimentando en estado silvestre? ¿Cuáles?

La Cascarilla (no se conoce género ni especie)

6.- ¿Cuáles considera que serían las principales condiciones, límites o barreras (p.e. altitud, barreras biogeográficas, recursos alimenticios, competencia, etc.) que impiden que la distribución del papagayo de Guayaquil se encuentre en otros sitios con iguales o similares características climáticas que las de la Cordillera Chongón Colonche?

Oferta de lugares de anidación (Pigío y cascarilla) y alimento, suelos con caliza que son óptimos para el desarrollo del Pigío, no existiría por encima de 1200 msnm. Probablemente puede compartir el nicho de *Ara militaris*. Cacería u otro tipo de disturbio sería un limitante.

- **GRUPO DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN**

Nelson Zambrano, David Almeida, Miguel Saavedra, Virgilio Benavides

Preguntas generadoras:

1.- ¿Cuáles considera que son las áreas de conservación (áreas protegidas, bosques protectores, sitios Socio Bosque, conservación voluntaria, etc.) establecidas en la cordillera Chongón Colonche, que tienen poblaciones de la especie y que han demostrado un manejo óptimo? ¿Cuáles son los programas de conservación que se están desarrollando en dichas áreas para la conservación de la especie?

Bosques protectores Cerro Blanco, Prosperina, Chongón Colonche y Parque Nacional Machalilla.

De estas áreas solo Cerro Blanco tiene manejo óptimo, mediante los programas de manejo de control y vigilancia, restauración, investigación y reintroducción (Con la Fundación Ecológica Jambeli)

2.- ¿Conoce sitios óptimos para conservar a la especie que no se encuentran protegidos bajo algún régimen de conservación y que merecerían ser declarados como áreas de conservación? Por favor indique su ubicación geográfica aproximada y otra información relevante y pertinente.

Comuna Las Balsa (Santa Elena), Chongoncito (Guayaquil), Las Piedras (Pedro Carbo, Comuna Engunga (Santa Elena) y Los Lojas (Daule).

3.- ¿Cuáles son las principales amenazas para la especie? ¿Existen nuevas amenazas que no se habían identificado previamente?

Pérdida de hábitat, deforestación, tráfico de especies, cambio climático y variabilidad climática (El Niño / La Niña)



GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL GUAYAS

- **GRUPO DE RESTAURACIÓN (Restauración forestal y reintroducción)**

Eric Hortsman, Rafaela Orrantia, Martha Sánchez, Marjorie Zambrano

Preguntas generadoras:

1.- ¿Cuáles considera que serían los criterios para determinar las condiciones óptimas de sitios prioritarios para restauración con especies forestales importantes para mantener la viabilidad de las poblaciones?

Conectividad de las áreas. Compromisos para manejo, mantenimiento y control. Priorizar las especies que sirvan de alimento y nidificación. Eliminación o reducción y control de las amenazas.

2.- ¿Cuáles considera que serían los criterios para determinar las condiciones óptimas de sitios prioritarios para reintroducción de la especie?

Conectividad. Suficientes recursos y disponibilidad de requerimientos de la especie. Eliminación o reducción y control de las amenazas. Educación ambiental

- **GRUPO DE CONDICIONES CLIMÁTICAS / CAMBIO CLIMÁTICO**

Jaime Camacho, Pilar Ycaza, Mireya Pozo, Jaime Salas

Preguntas generadoras:

1.- ¿Cuáles son los meses que corresponden al trimestre más seco en la cordillera Chongón Colonche?

Septiembre, octubre y noviembre.

2.- ¿Cuáles son los meses que corresponden al trimestre más frío en la cordillera Chongón Colonche?

Julio, agosto y septiembre

3.- ¿Cuáles son los meses que corresponden al trimestre más cálido en la cordillera Chongón Colonche?

Enero, febrero y marzo

4.- ¿Conoce maneras específicas en que la variabilidad climática respecto a la temperatura y precipitación influyen algún aspecto de la dinámica ecológica de la especie?

Fenómenos extremos (El Niño / La Niña) en periodos de reproducción y oferta alimenticia. Sin embargo es necesario sistematizar mejor la información sobre fenología de las especies de las que se alimenta.



GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL GUAYAS

5.- ¿Cuáles podrían ser los impactos negativos y/o positivos del cambio climático para el papagayo de Guayaquil en la Cordillera Chongón Colonche?

Impactos negativos para época reproductiva por retraso o desplazamiento de inicio de lluvias o de migración forzada de la especie

6.- ¿Sabe cuáles son los modelos de cambio climático (GCM) con sus respectivos escenarios y periodos, que sean más precisos y presenten menos incertidumbre, en la región litoral o de la cordillera Chongón Colonche?

Modelo japonés, con escenario de incremento de precipitaciones anuales, con picos de lluvias extremas dentro del periodo lluvioso. Debe ser ajustado.

OBSERVACIONES FINALES

Considerar la posibilidad de plantear la necesidad de ajustar los criterios y subcriterios de la categoría reconocida en la lista roja de aves del Ecuador, relacionados al tamaño del área de ocurrencia de la especie y el tamaño de la población

Incluir posibles áreas prioritarias para muestreo, en los que no se ha monitoreado antes.





GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL GUAYAS

Fotografías

