

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Postgrados

**Modelos de Zonificación utilizando Información Geoespacial a través de SIG,
para establecer Categorías de Manejo en función de los conflictos de la
reserva hídrica y ecológica de San Cristóbal Galápagos**

Ángel Benigno Villa Caigua

Richard Resl, Ph.D. (c)

Director del Trabajo de Titulación

Trabajo de titulación de posgrado presentado como requisito
para la obtención del título de Magíster en Ciencias de Información Geográfica

Quito, mayo de 2016

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

COLEGIO DE POSGRADOS

HOJA DE APROBACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

**Modelos de Zonificación utilizando Información Geoespacial a través de SIG,
para establecer Categorías de Manejo en función de los conflictos de la
reserva Hídrica y Ecológica de San Cristóbal Galápagos.**

Ángel Benigno Villa Caigua

Firmas

Richard Resl, Ph.D.(c)

Director del trabajo de Titulación

Karl Atzmanstorfer, Ph.D.(c)

Miembro del Comité del Trabajo de Titulación

Richard Resl, Ph.D.(c)

Director del Programa de Maestría
en Sistemas de Información Geográfica

Stella de la Torre, Ph.D.

Decano del Colegio de Ciencias
Biológicas y Ambientales

Hugo Burgos, Ph.D.

Decano del Colegio de Posgrados

Quito, mayo de 2016

© Derechos de autor

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo establecido en esas políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art.144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante:

Ángel Benigno Villa Caigua

Código de estudiante:

00100844

C. I.:

1101969481

Quito, mayo de 2016

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico primeramente a Dios por darme vida, la salud y la oportunidad para alcanzar una nueva meta.

A mis padres Reinaldo Villa y Mercedes Caigua por ser un ejemplo de perseverancia, constancia y lucha incansable, por haber sembrado en mi la semilla que ha generado la luz del conocimiento para alcanzar un nuevo logro.

A mi esposa Mercy Chalán por haberme brindado el apoyo y la fortaleza para alcanzar esta meta.

A mis hijos Jhonny Fernando, María Alexandra y Ángel David por ser mi compañía y la razón de todo mi esfuerzo y superación.

A mi tutor y profesores del programa UNIGIS por las enseñanzas académicas y el apoyo brindado en todo el proceso de la maestría.

AGRADECIMIENTO

Mi gratitud de reconocimiento al Ph.D. (c) Richard Resl, Director de Tesis y Director del Programa de la Maestría por la orientación brindada en este trabajo, y al Consejo de Gobierno de Régimen Especial de Galápagos (CGREG) por la facilitación de información técnica, y en particular al Ing. Fabián Zapata Erazo ex-Secretario Técnico de dicha institución por el apoyo institucional brindado, a la Ing. Geógrafa Verenitse Valencia, y a los amigos académicos Ing. Juan Pablo Muñoz y Daniela Alarcón de la Universidad San Francisco de Quito - Estación Galápagos por su apoyo y contribución en este trabajo.

Resumen

En el Archipiélago de Galápagos, se han realizado importantes esfuerzos de zonificación y planificación regional para el manejo de las actividades económicas y de conservación de las islas. Sin embargo, en el área terrestre (zona de uso agropecuario), existen áreas de importante valor ambiental que no fueron consideradas. En estas áreas, existen recursos naturales, donde los usos permitidos no son compatibles con la fragilidad de sus ecosistemas, conformados por microclimas, recursos hidrológicos (encañadas y vertientes, humedales, lagunas) y especies de flora y fauna nativas y endémicas. Esto demuestra una clara necesidad de establecer una micro-zonificación aplicando y probando modelos de zonificación geo-espaciales ajustados a este requerimiento cuyos resultados de investigación permitan, establecer y diferenciar áreas homogéneas, categorías y protocolos de manejo para garantizar la conservación de recursos de interés público.

Por lo expuesto, el objetivo del estudio se orientó a probar la aplicación de procesos interactivos de zonificación, utilizando variables biofísicas y socio-económicas geo-espaciales y las herramientas (álgebra de mapas) de ArcGIS 10, para determinar y diferenciar áreas homogéneas en la zona de estudio de acuerdo con el modelo de zonificación aplicado "**Unidades Ecológicas del Pasaje**", que al integrar el análisis con la información socio-económica geo-espacial, se encontró áreas en conflictos por especies invasoras y usos inapropiados del suelo, esto permitió establecer criterios de zonificación (ambientales) para determinar sus categorías de manejo ambiental para el área de estudio.

Con el modelo de zonificación obtenido y los criterios de zonificación aplicados, se determinó cinco categorías para el manejo ambiental del área de estudio, en base al uso y aplicación de las herramientas de SIG, lo que permitió demostrar la aplicabilidad del modelo al manejo del área en estudio. Por ejemplo una de las categorías establecidas (CAT1) corresponde a la zona nidos de Petrel (*pterodroma phaeopygia*) (ave endémica), están distribuidos en toda la parte superior del área de estudio, se encuentran geo-referenciados y distribuidos en propiedades privadas, interceptando zonas altas de seis cuencas hidrográficas, esto determinará un manejo planificado y acordado con todos los propietarios que se encuentran dentro de esta zona de estudio. En igual forma las demás categorías están definidas de acuerdo con los valores ambientales que las caracteriza como los recursos hidrológicos, especies de flora y fauna y los aspectos socioeconómicos.

Palabras claves: modelo, zonificación, unidades ecológicas, paisaje, biofísicas, socioeconómicas, conflictos, especies invasoras.

Abstract

Despite significant efforts on zoning and regional planning for the management of land and the marine area of the Galapagos archipelago, at the terrestrial level, certain smaller areas of significant environmental value were not considered. In these areas, the permitted uses are not compatible with the fragility of smaller ecosystems, made up of microclimates, water resources (springs, wetlands, and lagoons) and species of native and endemic flora and fauna. There is a clear need for a micro-zoning plan and to test models adjusted to this requirement, and whose results will enable stakeholders to establish and distinguish homogeneous areas, categories and management protocols to ensure the conservation of resources in the public interest.

For these reasons, the objective of the study to test the application of interactive zoning processes, using geo-spatial, biophysical and socio-economic variables and ArcGIS 10tools (map algebra), to identify and distinguish homogeneous areas in the study area according to the Zoning Model "Ecological Landscape Units" obtained. By integrating the analysis with the socio-economic geo-spatial information, conflict areas (invasive species and inappropriate land use) we identified and used to establish environmental zoning criteria and management categories. The results were made possible by generating zoning models and validation of geo-referenced information in the field visits.

Five categories for environmental management were established, based on the zoning model and the land use conflicts information, and taking into account the zoning criteria. Use of GIS tools demonstrated the applicability of the management model of the study area. For example within the first category (CAT1), which is the nesting area of the endemic Galapagos Petrel (*Pterodroma phaeopygia*), the geo-referenced nest locations are distributed across the top of the study area intercepting the six watersheds. This fine scale information enables the development of a differentiated management plan in comparison with the other categories.

Keywords: modeling, zoning, ecological units, landscape, biophysical, socioeconomic, conflicts, invasive species.

Tabla de Contenido

	<u>Pag</u>
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
1. INTRODUCCION	15
1.1. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	16
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
1.3. OBJETIVOS	19
1.3.1. General.	19
1.3.2. Específicos.....	19
1.4. HIPÓTESIS	22
1.5. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	22
1.5.1. La Zonificación fundamento clave para la planificación territorial.....	24
1.5.2. Métodos de zonificación en la planificación del uso de la tierra.	25
1.5.2.1. Comparación de tipos de zonificación.	26
1.5.2.2. Zonificación agrológica.....	28
1.5.2.3. Zonificación agroecológica (ZAE).....	29
1.5.2.4. Zonificación de unidades del paisaje (ecológica o ambiental).....	29
1.5.2.5. Zonificación ecológica y económica.	31
1.5.3. Sistemas DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICAS.....	35
2. MATERIALES Y METODOS	37
2.1. MATERIALES.....	37
2.1.1. Área de Estudio.....	37
2.1.2. Cartografía digital.	38
2.1.3. Base de datos.....	38
2.1.4. Imágenes de satélite Landsat TM y ETM+	39
2.1.5. Información temática secundaria del “Sistema Info-Galápagos”, CGREG. ...	40
2.1.6. Equipos	40
2.1.7. Tecnologías de la información (Tics)	40
2.2. MÉTODOS.....	40

2.2.1. Esquema general del proceso metodológico.	40
2.2.2. Caracterización biofísica y socioeconómica (análisis territorial).....	42
2.2.2.1. <i>Descripción de variables (biofísicas y socio-económicas) y actividades iniciales.</i>	42
2.2.2.2. <i>Generación de cartografía temática, e interpretación de la misma.</i>	43
2.2.2.3. <i>Interpretación y caracterización biofísica y socioeconómica del área de estudio.</i>	43
2.2.3. Modelo de zonificación de unidades ecológicas del paisaje.	44
2.2.3.1. <i>Descripción metodológica del modelo de zonificación de Unidades Ecológicas del Paisaje.</i>	45
2.2.3.2. <i>Aplicación de las funciones SIG en la obtención de los modelos de zonificación.</i>	47
2.2.3.3. <i>Interpretación y ajustes del modelo de zonificación del subsistema natural.</i>	51
2.2.4. Zonificación ambiental.	53
2.2.4.1. <i>Identificación, selección y definición de los criterios.</i>	53
2.2.4.2. <i>Selección y definición de categorías de manejo.</i>	55
3. RESULTADOS, ANALISIS Y DISCUSIONES	56
3.1. PRINCIPALES ASPECTOS DEL ANÁLISIS TERRITORIAL	56
3.1.2. Marco jurídico.....	56
3.1.3. Ubicación y descripción del área de estudio.	56
3.2. CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA Y SOCIOECONÓMICA	59
3.2.1. Caracterización Biofísica.	59
3.2.1.1. <i>El Clima.</i>	59
3.2.1.1.1. <i>Precipitación del área de estudio.</i>	59
3.2.1.1.2. <i>Temperatura.</i>	61
3.2.1.2. <i>Recursos hidrológicos.</i>	63
3.2.1.3. <i>Pendientes.</i>	72
3.2.1.4. <i>Geología.</i>	73
3.2.1.5. <i>Suelos.</i>	74
3.2.1.6. <i>Zonas de vida.</i>	75

3.2.1.7. <i>Ecosistema de la zona de estudio.</i>	77
3.2.1.8. <i>Energía.</i>	82
3.2.2. <i>Caracterización socioeconómica del área de estudio.</i>	83
3.2.2.1. <i>Historia y descripción de los procesos sociales.</i>	83
3.2.2.2. <i>Indicadores de Población.</i>	86
3.2.2.2.1. <i>Población del Cantón, distribución geográfica, por sexo y edad, tasa crecimiento.</i>	86
3.2.2.2.2. <i>Población Etaria por Sexo y Edad</i>	91
3.2.2.2.3. <i>Perfil Educativo de la población.</i>	93
3.2.2.2.4. <i>Perfil Económico: Población económicamente activa.</i>	94
3.2.2.3. <i>Tenencia y Uso Actual del Suelo.</i>	95
3.2.2.3.1. <i>Tenencia de la tierra según catastro.</i>	95
3.2.2.3.2. <i>Usos del suelo.</i>	95
3.2.2.4. <i>Turismo.</i>	100
3.3. ZONIFICACIÓN DE LAS UNIDADES ECOLÓGICAS DEL PAISAJE.	102
3.3.1. <i>Modelos cartográficos (Morfo pedológica).</i>	103
3.3.2. <i>Modelo de Zonificación de Unidades del Paisaje.</i>	106
3.3.3. <i>Ajustes y remarcación del área de estudio.</i>	108
3.4. APTITUD Y CONFLICTOS DE USO DEL SUELO	110
3.4.1. <i>Aptitud de uso del suelo.</i>	110
3.4.2. <i>Conflictos de uso del suelo.</i>	112
3.5. ZONIFICACIÓN AMBIENTAL Y CATEGORÍAS DE MANEJO	115
3.5.1. <i>Criterios de zonificación.</i>	115
3.5.2. <i>Categoría de Manejo.</i>	122
4. DISCUSION DE RESULTADOS	127
5. CONCLUSIONES	130
6. RECOMENDACIONES	133
7. GLOSARIO	135
8. BIBLIOGRAFIA	139
9. ANEXO	145

	Pag.
Índice de cuadros	
Cuadro 1. Valoración de Criterios de zonificación	35
Cuadro 2. División Político Administrativa de la Provincia de Galápagos.....	58
Cuadro 3. Porcentaje de superficie de cuencas dentro del área de Estudio.....	65
Cuadro 4. Disponibilidad Hídrica Superficial en Cuencas de importancia hídrica en el área de estudio.....	68
Cuadro 5. Población en Galápagos por Cantón y por Área, año	87
Cuadro 6. Población en Galápagos por Cantón y por Sexo, año 2010.....	88
Cuadro 7. Tasas de Crecimiento Anual de Galápagos	90
Cuadro 8. Tasas de Crecimiento Anual de Galápagos Urbano	90
Cuadro 9. Tasas de Crecimiento Anual de Galápagos Rural	91
Cuadro 10. Tasas de crecimiento anual de San Cristóbal Rural	92
Cuadro 11. Uso Actual del Suelo	96
Cuadro 12. Tamaño de las Unidades Productivas-UPAS.....	100
Cuadro 13. Criterios de interpretación de las unidades morfo pedológicas	105
Cuadro 14. Categorías del Modelo de Zonificación de Unidades Ecológicas del Paisaje.....	106
Cuadro 15. Aptitud y Uso del Suelo	111
Cuadro 16. Conflictos por especies invasoras y usos del suelo	114

Índice de Figuras	Pag.
Figura 1. Esquema del modelo de zonificación y definición de variables biofísicas y socioeconómicas.....	21
Figura 2: Esquema general de niveles de Planificación y Gestión Territorial.....	24
Figura 3. Etapas de un proceso de zonificación de Áreas Marinas Protegidas y su identificación y delimitación en las posibles categorías de manejo.....	33
Figura 4. Perfil de la Unidad Ambiental de Usos Múltiples de San Cristóbal	37
Figura 5. Diagrama del proceso metodológico de zonificación	41
Figura 6: Precipitación media mensual	60
Figura 7. Temperatura media mensual	61
Figura 8. Diagrama de Holdrige para identificación de zonas de vida	76
Figura 9. Población en Galápagos por Cantón y por área (urb.-rural), año 2010,	87
Figura 10. Población en Galápagos por Cantón y por Sexo, año 2010	88
Figura 11. Tasas de Crecimiento Anual del Ecuador por provincias. 2010.	89
Figura 12. Distribución temporal de población y Tasas de crecimiento Galápagos	89
Figura 13. Población y Tasas de crecimiento anual de Galápagos Urbano.....	90
Figura 14. Población y Tasas de crecimiento anual de Galápagos Rural.....	91
Figura 15. Pirámide Poblacional del Cantón San Cristóbal.....	91
Figura 16. Población y Tasa de Crecimiento Anual de San Cristóbal – Rural	92
Figura 17. Pirámide Poblacional de El Progreso	92

Índice de Tablas	Pag
Tabla 1. Comparación de tipos de zonificación.....	26
Tabla 2. Valoración de las funciones de los ecosistemas y clasificación del grado de importancia.....	34
Tabla 3. Lista de aves y su condición en San Cristóbal.....	78
Tabla 4. Plantas Nativas y endémicas de San Cristóbal con grado de amenaza Inminente.....	80
Tabla 5. Escala porcentual para la definición del criterio "Representatividad de los ecosistemas".....	116
Tabla 6. Parámetros y escala de valores para determinar el criterio de "Grado de intervención de los ecosistemas"	116
Tabla 7. Escala de valores para la definición del criterio "Función de los ecosistemas".....	117
Tabla 8. Escala de valores para la definición del criterio "Estado actual de La fauna asociada".....	118
Tabla 9. Escala de valores para la definición del criterio "Riesgos naturales".	118
Tabla 10. Escala de valores para la definición del criterio "Alteración del equilibrio hídrico".....	118
Tabla 11. Parámetros evaluados para determinar el criterio de intensidad de uso.....	119
Tabla 12. Aptitud de uso definida para la zona de estudio	120
Tabla 13. Escala para la definición del criterio "Conflictos de uso".....	120
Tabla 14. Definición de las categorías de manejo para la zona de estudio..	121
Tabla 15. Descripción de las Categorías de Zonificación del área de estudio.....	126

Inicie de Mapas	Pag
1. Mapa 1. Localización del área de Estudio.....	58
2. Mapa 2. División Política de la provincia de Galápagos.....	59
3. Mapa 3. Precipitación Media Anual (mm) del Area de Estudio.....	62
4. Mapa 4. Isotermas del área de estudio(°C)	63
5. Mapa 5. Recursos Hidrológicos del area de estudio	68
6. Mapa 6. Infraestructura Hídrica y Vial	70
7. Mapa 7 Categorías de Pendientes	73
8. Mapa. 8 Geología del area de estudio	75
9. Mapa 9 Calses de Suelos por Orden.....	76
10. Mapa 10. Zonas de Vida	78
11. Mapa 11. Zonificación Ecológica	82
12. Mapa 12. Usos del Suelo	97
13. Mapa 13. Catastro del area de estudio	100
14. Mapa 14. Sitios de Visita Turística	102
15. Mapa 15. Zonificación Morfopedológica	106
16. Mapa 16. Unidades del Paisaje (Subsistema Natural)	108
17. Mapa 17. Zonificación y Demarcación del Area de Estudio	111
18. Mapa 18. Aptitud de Uso del Suelo	112
19. Mapa 19. Conflictos por Especies Invasoras en el Area de Estudio	114
20. Mapa 20. Conflictos por uso del suelo	115
21. Mapa 21. Categorías de manejo para Mitigación	126

1. INTRODUCCION

En el archipiélago de Galápagos, si bien es cierto se han realizado importantes esfuerzos de zonificación y planificación para el manejo del área terrestre y marina del archipiélago, dicha zonificación no se ha realizado de acuerdo con sus características ambientales, ecológicas y su potencialidad productiva, lo que ha significado que los diferentes tipos de uso del suelo no respondan de acuerdo con su capacidad de acogida del territorio y consecuentemente la presencia de diferentes tipos de conflictos. Particularmente en la zona de asentamientos humanos ocupa el 3% del territorio terrestre, donde la zona rural o agropecuaria, requiere ser zonificada a escalas de mayor detalle, puesto que no se ha zonificado ni establecido categorías o protocolos de manejo para áreas especiales que son sensibles a usos inapropiados, especialmente en áreas con grandes potencialidades en recursos hidrológicos y ecológicos que al mismo tiempo son sensibles a uso inapropiados del suelo como es el caso de la isla San Cristóbal.

El **Área de Estudio** es considerada como la unidad territorial de importancia ecológica e hidrológica para la isla San Cristóbal, que está integrada por espacios de montaña de mayor elevación (600 msnm), pequeños valles o llanos de pampa y sitios hacia abajo en sentido Sur con fuerte pendiente hasta una altitud aproximada de 400 msnm, que en su conjunto interceptan a seis cuencas hidrográficas identificadas como las mayor importancia hidrológica en dicha isla.

Dadas estas consideraciones, es muy evidente la necesidad de proponer y probar un método de **zonificación ecológica**, que basado en las variables biofísicas y ambientales del sitio, permita determinar unidades homogéneas o categorías ambientales menores, que contribuyan a facilitar el manejo para la conservación y uso planificado del suelo y a su

mitigación de acuerdo con las áreas de conflicto del área de estudio, en los cuales se identifiquen las áreas de interés para *la conservación, la restauración y los usos orientados al desarrollo sostenible* (Clark, 1998).

Por lo tanto, se consideró como objetivo principal de estudio, determinar las diferentes unidades ecológicas del paisaje aplicando y probando un Modelo de Zonificación de “*Unidades Ecológicas del Paisaje*” a través del uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica, para la obtención áreas homogéneas, que al integrar el análisis con elementos socioeconómicos se definió los conflictos por especies invasoras o usos del suelo y los criterios de zonificación para determinar las categorías de manejo de dicha zona de estudio.

1.1. Justificación e importancia

Las características biofísicas del área de estudio, dadas por la variada topografía (plana a accidentada), zonas de vida, tipos de suelos, temperatura, abundantes precipitaciones, presencia de especies de flora y fauna nativas y endémicas, cuencas hidrográficas proveedoras de agua para el sostenimiento de la vida humana y la dinámica económica en la isla, hacen de la zona de estudio un **activo ambiental de alto valor** que requiere tener un conocimiento especial de los aspectos, físicos, bióticos y socioeconómicos para un manejo especial a fin de que los valores ambientales puedan ser sostenibles en el largo plazo. Sin embargo no se ha realizado ninguna acción referente a la conservación de esta Unidad Ambiental de San Cristóbal, en buena hora que la alteración ambiental por usos del suelo en la zona de estudio es poco significativa, sin embargo la presencia de ciertas especies invasoras como la Pomarrosa(*eugenia jumbos*) principalmente está causando fuertes

impactos a las especies de flora y fauna nativas o endémicas y a la conservación de los recursos hidrológicos en seis cuencas hidrográficas del área de estudio.

Por este motivo, es de mucha importancia su caracterización biofísica y socioeconómica e intervención para un mejor manejo, el no hacerlo en forma oportuna, y al no existir la cooperación interinstitucional y de los propietarios de las Unidades productivas, a futuro se verán los efectos negativos e irreversibles en la sostenibilidad de humedales, lagunas, vertientes y encañadas y en las especies nativas o endémicas propias de esta zona.

Por las consideraciones indicadas, la importancia de este estudio, está no solamente en el aporte como modelo de zonificación de las Unidades Ecológicas del Paisaje, sino también en la contribución como instrumento de apoyo a la planificación territorial al haberse establecido con la Categorización de Áreas para el Manejo Ambiental en función del uso actual del suelo y conflictos encontrados.

1.2. Planteamiento del problema

En el territorio terrestre de Galápagos el 97% es área protegida y el 3% área de asentamientos humanos; sin embargo, dentro de esta zonificación de escala regional, en el área de asentamientos humanos existen zonas con recursos naturales de gran valor ambiental y sensibles a usos inapropiados del suelo o a la presencia de ciertas especies invasoras. La situación actual, determina un avance en la propagación de dichas especies invasivas, que a la vez ha sido una de las limitaciones que ha frenado los cambios acelerados de la cobertura vegetal, a esto se suma la topografía accidentada, suelos de baja fertilidad sin vocación para actividades intensivas de uso agrícola o pecuario.

Los bosques nativos y endémicos del área de estudio son considerados en peligro de extinción como el cacaotillo (*miconia robinsoniana*), mientras que las **especies invasoras** de

mora (*rubus sp.*), pomarroja (*eugenia jambos*) y guayaba (*pisidium guajaba*) cubren el mayor parte del área de estudio, y son consideradas como uno de los principales conflictos para la conservación de las islas.

La **fauna** nativa o endémica, también se encuentra en riesgo de extinción, es monitoreada por el PNG como los petreles (*pterodroma phaeopygia*) y los patillos (*Anas bahamensis galapagoensis*) y las gallinuelas (*gallinula chloropus*) que a menudo son vistos en lagunas, represas y humedales dentro del área de estudio y sus áreas de influencia.

Los **recursos hidrológicos en seis cuencas hidrográficas** (humedales, lagos, lagunas y vertientes de agua dulce con gran potencialidad para la vida humana y la actividad productiva de San Cristóbal constituyen el principal activo de alto valor ambiental.

Los conflictos causados por la presencia de especies invasoras, usos inapropiados del suelo, debido a que no existe ninguna acción de conservación de los ecosistemas menores existentes, que requieren de un análisis integrado de las variables geo-espaciales (biofísicas y socio-económicas). Esto avizora efectos irreversibles, a mediano plazo, debido a que no se ha zonificado ni establecido criterios de zonificación para un manejo diferenciado, ni se ha establecido ninguna acción de manejo en los diferentes hábitats o ecosistemas del área de estudio.

Consecuentemente el Problema central, se puede sintetizar como la “falta” de conocimiento de las variables biofísicas geoespaciales y de sus valores ambientales que estas representan, así como la necesidad de contar con un modelo de zonificación que identifique las áreas homogéneas, los criterios de zonificación; y, *Los conflictos se podrían seguir agravándose conforme avance el proceso de desarrollo rural sin previamente haberse definido el **modelo de zonificación apropiado** y haberse establecido una categorización de manejo, instrumento*

clave para la planificación de las actividades productivas por los propietarios y la regulación de actividades para la prevención de usos incompatibles que pudieran darse dentro de la zona en estudio.

1.3. Objetivos

1.3.1. General.

Establecer un modelo de zonificación cartográfica “Unidades ecológicas del Pasaje” en función de las variables biofísicas geoespaciales, que permita determinar unidades homogéneas, que al integrar el análisis con la caracterización geoespacial socioeconómica del área de estudio, permita definir las categorías de maño en la zona de estudio.

1.3.2. Específicos.

- 1) Realizar una caracterización biofísica y socioeconómica, en base a la información primaria y secundaria e identificar fuentes y variables de información geo-espacial para facilitar el proceso de zonificación a desarrollarse.
- 2) Establecer un modelo de zonificación del Subsistema Natural o Unidades Ecológicas del Paisaje, en base a las variables biofísicas geo-espaciales del área de estudio, aplicando las herramientas SIG para la obtención las áreas homogéneas del área de estudio.
- 3) Determinar las categorías de manejo ambiental en base al análisis integrado de las variables geoespaciales (biofísicas y socioeconómicas), así como en base a los conflictos encontrados (por efectos de especies invasoras y usos del suelo) y a los criterios de zonificación establecidos, aplicando las herramientas de los SIG.

Los argumentos utilizados fueron:

- La caracterización Biofísica y Socioeconómica del área de estudio, considerada como elemento importante en las relaciones entre las variables ambientales y socioeconómicas del área de estudio.
- El modelamiento de Unidades Ecológicas del Paisaje como producto de la aplicación de modelos de zonificación utilizando variables de información geo-espacial a través de SIG, permitió obtener áreas homogéneas y la caracterización biofísica y socioeconómica para un manejo adecuado del área de estudio.
- La zona de estudio es considerada ambientalmente sensible a usos inapropiados del suelo, por estar intersectada en la parte superior por seis cuencas hidrográficas. En el archipiélago, es la única zona con abundantes flujos de agua superficial en forma permanente, compuesta por lagunas, humedales, encañadas, donde a la vez es parte de hábitats de especies de flora y fauna nativas.

Las variables geoespaciales son de tipo físico, biótico y socioeconómico y están asociadas con el clima, la hidrología, la geomorfología, la geología, la cobertura vegetal, tipos de suelo, usos del suelo, recursos hídricos, información de especies en riesgo de extinción (Petrel o pata pegada), Vegetación invasora (especies de mora, guayaba y pomarroja), vegetación nativa o endémica (miconia principalmente), etc.

Con el análisis integrado entre las variables socioeconómicas geoespaciales, la zonificación ecológica de unidades del Paisaje, los usos del suelo, los conflictos por especies invasoras de acuerdo con la metodología aplicada se determinó el Modelo de zonificación y la categorización de acuerdo con los criterios de manejo del área de estudio como se indica en el diagrama de flujo (Figura 1).

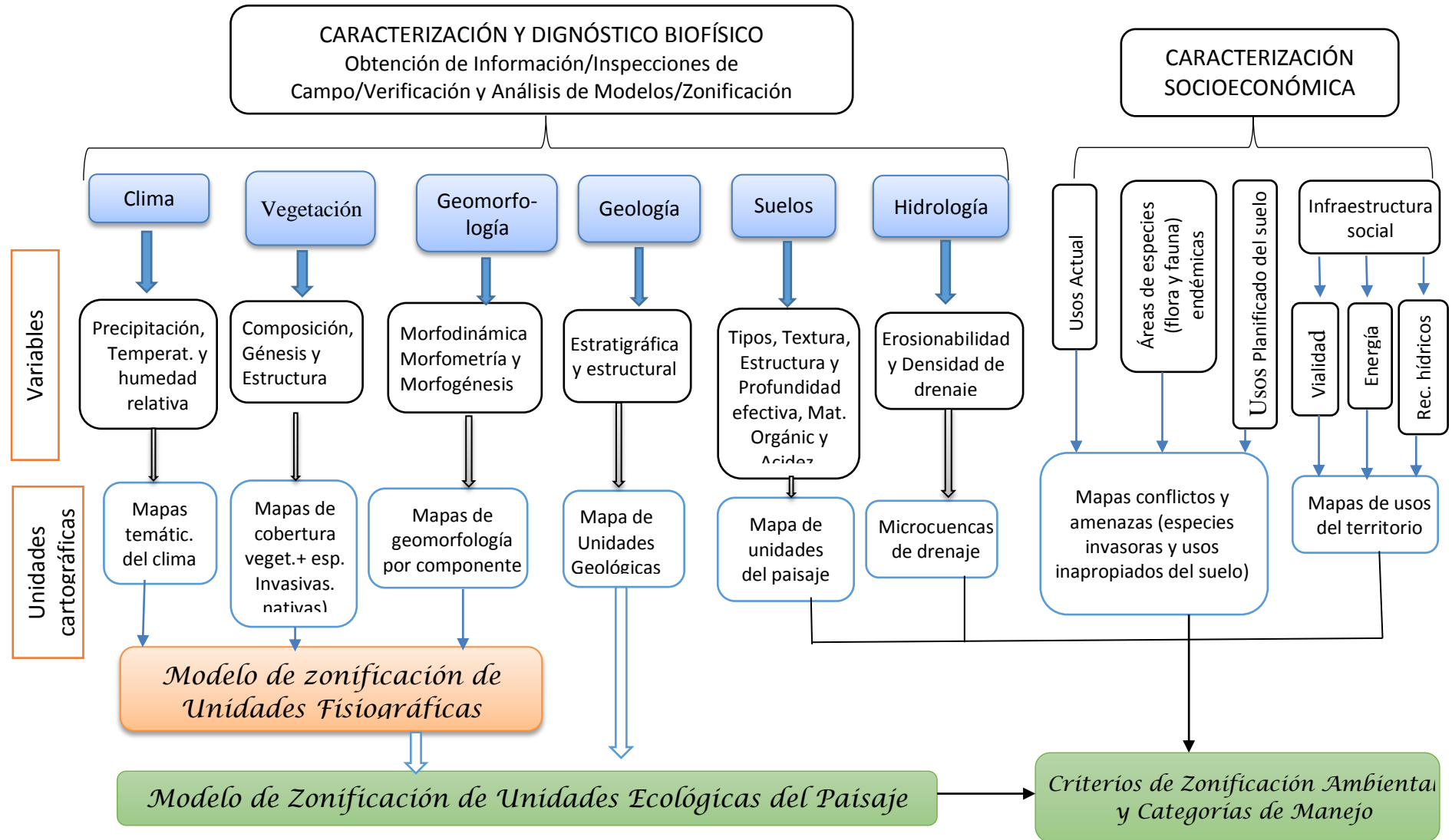


Figura 1. Esquema del modelo de zonificación y definición de variables biofísicas y socioeconómicas.

1.4. Hipótesis

El modelo de zonificación de **Unidades Ecológicas del Paisaje** aplicado al área de estudio, permite determinar y diferenciar las áreas homogéneas, y establecer su categorización para un manejo planificado del territorio en base a su aptitud y tipos de conflictos, que fue posible con la generación de los modelos cartográficos y la validación de información con las visitas de campo y el uso de la orto fotografía a través de la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica SIG.

1.5. Marco teórico y conceptual

La zonificación como instrumento de planificación facilita la identificación de áreas geográficas con una combinación de características físicas, biológicas, humanas e institucionales, tanto de los componentes terrestres como marinos, que pueden ser interpretadas en términos de objetivos para la gestión territorial. La aplicación de este instrumento debe estar respaldada por información que permita analizar los diferentes procesos ambientales que describen la heterogeneidad y particularidad de una zona (Ortiz et al., 2009).

La zonificación ecológica o ambiental, no solamente contribuye a optimizar el uso espacial del territorio, sino principalmente a identificar el valor de sus recursos que los integran, con el fin de orientar a los actores sociales en la toman decisión para sus actuaciones en el territorio en busca de un desarrollo equilibrado y ordenado para garantizar que las generaciones futuras sean beneficiarias de los valores ambientales, socioeconómicos, históricos y culturales. Este método de zonificación, busca identificar y delimitar Unidades o Zonas relativamente homogéneas, a partir de la integración de información **biofísica** (*delimitadora*) y **socioeconómica** (*caracterizadora*) como base para la evaluación de su

vocación, su capacidad de uso, uso potencial, conflictos y riesgos del territorio gracias a la ayuda de los SIG (La CAN, 2011).

Áreas de especial significado ambiental, son aquellas áreas que por sus características ambientales (principalmente componentes fauna, flora y ecológico), son particulares y deben ser conservadas o requieren un manejo especial en cuanto a su grado de intervención. Dentro de esta categoría se encuentran las subcategorías las cuales pueden ser de un alto significado ambiental (Hoyos & et-al., 2013).

La zona en estudio, a pesar de estar dividida en áreas privadas para uso agropecuario, está integrada y articulada por recursos biofísicos como las especies nativas y/o endémicas de flora y fauna y recursos hidrológicos, presenta tres tipos de sectores sociales que tienen intereses diferentes en esta zona considerada de alto valor ambiental: 1) la comunidad local, 2) los organismos de servicio público, incluidos los diferentes niveles de gobierno (local, regional y nacional), y 3) el sector privado vinculados con actividades productivas (agricultura, ganadería turismo), y actividades de investigación y conservación, que hacen indispensable su participación (Forst, 2009).

Por otro lado, la gestión de los datos e información se convierte en un elemento importante en el proceso de zonificación, ya que un buen manejo de la información permitirá generar una base de conocimiento confiable para la toma de decisiones. En varios trabajos se ha demostrado la utilidad de herramientas de administración de datos geográficos para apoyar procesos de toma de decisiones en planificación territorial (Kitsiou & et-al., 2002), que se consigue con la ayuda de los SIG para el almacenamiento, análisis e integración de datos de campo, información proveniente de sensores remotos (imágenes o fotografías aéreas), cartografía, estadísticas y percepción de las comunidades.

1.5.1. La Zonificación fundamento clave para la planificación territorial.

La zonificación del área de estudio constituye una base importante para la planificación territorial, donde el Ordenamiento del Territorio se interpreta como la proyección en el espacio de las políticas económica, social, cultural y ambiental de una sociedad, y el sistema territorial, pues las actividades –usos del suelo- que se localizan en el territorio, en los asentamientos poblacionales y en las influencias de las infraestructuras civiles configuran lo que se denomina el *Modelo Territorial* (Gómez, 2009).

De acuerdo con la (SENPLADES, 2008), en nuestro país se articula en tres niveles de planificación como se indica en la jerarquía de la planificación territorial (Figura 2): 1) el Plan Nacional de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. 2) La planificación Regional, y 3) La planificación a nivel parroquial o de una



Fuente: Notas del Modulo SIG, Ordenamiento Territorial y Modelos de vida locales 2011. Programa Maestría SG

Figura 2. Esquema general de niveles de planificación y gestión territorial

determinada Unidad Territorial menor como es el caso del área de estudio, donde estamos observando desde lo global aplicando modelos de **zonificación** de actuación local, que servirá de instrumentos para los propósitos de la gestión territorial de una unidad ambiental el Cantón San Cristóbal.

El Ordenamiento del Territorio persigue cuatro Propósitos principales:

- ✓ Desarrollo socioeconómico equilibrado
- ✓ Utilización racional de los recursos naturales y gestión responsables de los mismos.
- ✓ Adecuada coordinación administrativa del marco institucional.

- ✓ Mejoramiento de la calidad de vida (**buen vivir**) de la población.

La **Planificación territorial** desde el ámbito local (en el territorio) permite establecer el modelo de zonificación y la categorización de manejo dentro del marco de la planificación Cantonal, analiza los actores y sus competencias relacionadas con la implementación; y está dentro de las **competencias exclusivas** de los Gobiernos Autónomo Descentralizados (GAD's)¹, con el fin de regular el uso y la ocupación del suelo urbano y rural al ejercer su competencia sobre la gestión del uso del suelo.

La **Zonificación** permite caracterizar y evaluar espacialmente al territorio en unidades homogéneas, cuyas características particulares influenciadas por el clima, cobertura vegetal y fauna, suelo, usos del suelo como actividades económicas y sociales en el sistema territorial, permiten planificar y evaluar la capacidad de uso del territorio y establecer los conflictos para su mitigación. *La Evaluación Integral del Territorio*², corresponde a la evaluación de la aptitud del sistema territorial, existen varios métodos que se aplican de acuerdo con los objetivos y circunstancias particulares de cada caso. Sin embargo en todos los casos interesa determinar la aptitud o capacidad de uso de la tierra para promover su ordenamiento o reordenamiento de uso del suelo.

1.5.2. Métodos de zonificación en la planificación del uso de la tierra.

La Planificación del Uso de la Tierra tiene distintos métodos o caminos no excluyentes, donde cada uno tiene ventajas y limitaciones, que es necesario valorar según los objetivos planteados y la escala de trabajo (Gómez, 2009-2010).

¹ De conformidad con el Art. 55 del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización COOTAD.

² Tomado de la información académica del *Módulo Electivo "SIG y Ordenamiento Territorial, Modelos de Vida Locales"* de la Maestría.

1.5.2.1. Comparación de tipos de zonificación.

De acuerdo con la descripción y análisis comparativo de cada uno de los tipos y métodos de Zonificación (Tabla 1), se puede indicar que con la ampliación de los conceptos ambientales y la aplicación del uso tecnológico de los sistemas de información geográfica, los métodos más recientes, han tomado mucho peso en los valores ambientales en un territorio y son métodos más aplicados a procesos de planificación territorial urbana y rural (BIOCAN, 2013). Por lo tanto es importante hacer un análisis comparativo entre varios métodos de zonificación existentes a la hora de establecer una zonificación (Cabrera, 2012):

Tabla 1. Comparación de tipos de zonificación

TIPOS DE ZONIFICACIÓN	CONCEPTO CENTRAL	CRITERIOS / METODOLOGÍA DE CLASIFICACIÓN	CATEGORÍAS
CLASES DE CAPACIDAD AGROLÓGICA (IDEAM, 2006)	Diseñado inicialmente para la planificación de los trabajos del Servicio de Conservación de Suelos en Estados Unidos en la década de 1940-50. Estima la capacidad del terreno para su empleo bajo usos agrícolas, sin descender a unos sistemas o prácticas de cultivo específicos.	Las Clases Agrológicas agrupan unidades de suelo atendiendo a sus características de productividad actuales, sin que se degrade el recurso suelo a medio o largo plazo (Flingebeil & Montgomery, 1961). Dependiendo de las limitaciones al uso agrícola que imponen las propiedades del suelo y el clima, se reconocen ocho clases en las que la selección de sistemas agrícolas y cultivos está más o menos restringida. Para denominar las clases se utilizan números romanos del I al VIII. Las unidades cartográficas que se agrupan bajo una misma clase son lo suficientemente uniformes para producir tipos similares de cultivos, precisar de un nivel de manejo semejante, requerir prácticas de conservación parecidas y tener un potencial de cultivo similar.	<p>Clase I. Suelos con pocas limitaciones. Apta para un laboreo continuado.</p> <p>Clase II. Suelos con algunas limitaciones que restringen la elección de plantas o requieren prácticas moderadas de conservación. Apta para un laboreo continuado.</p> <p>Clase III. Suelos con limitaciones importantes que restringen la elección de las plantas o requieren prácticas especiales de conservación o ambas cosas.</p> <p>Clase IV. Suelos con limitaciones muy importantes que restringen la elección de las plantas, requieren un manejo muy cuidadoso. Es una clase transicional, que solo permite un laboreo ocasional.</p> <p>Clase V. Suelos con poco o sin riesgo de erosión pero con otras limitaciones imposibles de eliminar en la práctica que limita el uso a pastos o explotación forestal.</p> <p>Clase VI. Suelos con limitaciones muy importantes que hacen de ellos impropios para el cultivo. Uso: Forestal, pastos.</p> <p>Clase VII. Suelos con limitaciones muy importantes, impropios para el cultivo. Uso: Forestal, pastos.</p> <p>Clase VIII. Suelos no</p>

			aprovechables ni agrícolamente, ni para pastos ni forestalmente. Rocas desnudas, arenales, zonas pantanosas, etc.
ZONIFICACIÓN AGRO-ECOLÓGICA (ZAE)	Las <i>zonas agro-ecológicas</i> definen zonas en base a combinaciones de suelo, fisiografía y	1. Inventario de usos de la tierra: a) tipos de usos (TUT); b) Características y requerimientos de	Clase A1 (altamente apta): Tierras que no tienen limitaciones señaladas para la aplicación sostenida de un uso determinado, o solo con limitaciones de menor cuantía que no reducirán significativamente la producción
ZONIFICACIÓN DE UNIDADES DE PAISAJE Sedesol (2000)	El paisaje ecológico ha sido definido como “una porción de la superficie terrestre con patrones de homogeneidad, conformada por un conjunto complejo de sistemas producto de las actividades de las rocas, el agua, las plantas, los animales y el hombre que por su fisonomía es reconocible y diferenciable de otras vecinas” (Modificado de Zonneveld, citado por Etter, 1991).	Su elaboración es a través de análisis e interpretación de cartografía temática e imágenes de satélite (espaciomapas). Metodológicamente tiene un enfoque sistémico, integral con apoyo en SIG. Sigue el siguiente procedimiento. 1. Zonificación ecológica: a partir de la agrupación de vegetación y sus afinidades climáticas y edáficas. 2. Zonificación morfopedológica: a partir de formaciones fisiográficas y pedológicas. 3. Construcción de unidades de paisaje (UP): Se construyen a partir de sobreposición digital o analógica de los mapas de Zonas ecológicas y morfopedológicas. Una vez obtenidas las unidades del paisaje se incorpora a la base de datos, la información de vegetación y uso del suelo. 3. Integración de usos del suelo a UP.	Zonas ecológicas: integran a) zonas determinadas por el clima cálido: cálido húmeda, cálido subhúmeda, templado húmeda, templado subhúmeda, semiárida; árida; desértica; fría, b) zonas de formaciones vegetales: selvas altas y medianas, perennifolias y subperennifolias; selvas medianas y bajas, subcaducifolias y caducifolias; bosques mesófilos de montaña; bosques de pino y encino; selvas espinosas, mezquital, matorrales semiáridos, chaparrales y pastizales; matorrales áridos; matorrales desérticos; praderas de alta montaña y c) zonas no determinadas por el clima: humedales, tierras eriales. Zonas morfopedológicas: sobre la base de las unidades fisiográficas se integran las unidades de suelo. Unidades de paisaje.
FAO (1997)	características climáticas. Los parámetros se centran en los requerimientos climáticos y edáficos y en los sistemas de manejo.	adaptabilidad de los cultivos. 2. Inventario de Recursos de la tierra: a) Suelos y fisiografía, clima, uso actual y cubierta vegetal, límites administrativos; b) determinación y caracterización de celdas y zonas agroecológicas. 3. Evaluación de aptitud de uso: confrontación entre requerimientos de TUT y cualidades de las unidades.	o los beneficios ni harán elevar los insumos por encima del nivel aceptable. Clase A2 (moderadamente apta): Tierras con limitaciones que en conjunto son moderadamente graves para la aplicación sostenida de un uso determinado. Clase A3 (marginalmente apta): Tierras con limitaciones que en conjunto son graves para la aplicación sostenida de un uso determinado. Clase N: No apta.

<p>ZONIFICACIÓN AMBIENTAL TERRITORIAL</p> <p>MAVDT (2011)</p>	<p>Aplicada a ordenación de cuencas. Sectorización en unidades homogéneas para el manejo ambiental, como resultado de la síntesis espacial de la dinámica bajo un análisis multitemporal, basada en factores físicos, bióticos, sociales y económicos y en el análisis de potencialidades, limitaciones de uso, conflictos y de los riesgos naturales.</p>	<p>1. Análisis de oferta ambiental: Clima, relieve, litología, edafología, hidrología: A. Estructura ecológica principal: a) determinantes ambientales: sistema de áreas protegidas y áreas de especial importancia ecosistémica. b) Áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad. c) corredores biológicos B. Aptitud de la tierra: uso potencial 2. Demanda ambiental (uso actual, presiones): a) recurso hídrico, b) cobertura de la tierra y uso actual, c) riesgo por fenómenos naturales y cambio climático. 3. Conflictos de uso: cruce</p>	<p>Uso potencial: Involucra las condiciones climáticas (temperatura y humedad), las expresiones geomorfológicas (paisajes, tipo de relieve, clases por pendiente del terreno, junto con las litológicas, los cuales son factores que permiten identificar las clases de suelos.</p> <p>Zonas con aptitud ambiental: Zonas donde se deben desarrollar acciones que se orienten a la conservación, preservación y/o restauración.</p> <p>Zonas con aptitud para actividades antrópicas: Zonas de producción y desarrollo socioeconómico en donde se pueden sustentar actividades</p>
		<p>entre oferta y demanda ambiental. 4. Examen de conflictos en el contexto socioeconómico y cultural. 5. Zonificación ambiental a) Validación por estado actual de RN: Disponibilidad de recursos, coberturas vegetales, biodiversidad. b) Validación por amenazas naturales c) Validación por componente socioeconómico d) Ajuste por conflictos de uso de recursos naturales.</p>	<p>económicas, producción agrícola, minería, ganadera, forestal y de desarrollo urbano, entre otros, de manera sostenible</p>

Fuente: Información obtenida del Módulos “SIG_y_Desarrollo Territorial” de la maestría (Investigador Pablo Cabrera Barona, 2011).

Por lo tanto para la caracterización biofísica o diagnóstico del territorio, se pueden aplicar varios métodos de zonificación dependiendo de las condiciones de cada territorio y entre los más utilizados son los siguientes:

1.5.2.2. Zonificación agrológica.

Uno de los primeros métodos de zonificación en clases Agrológicas del sistema USDA, evalúa 10 Clases o Categorías de capacidad natural del terreno para usos agrícolas, pecuarios y forestales a partir de características limitantes de la topografía, suelo, clima suelo y erosión, entre otros.

1.5.2.3. Zonificación agroecológica (ZAE).

La aptitud del territorio según este método es una apreciación general del uso del suelo, que indica para qué actividad socioeconómica o uso del suelo (tipo de utilización de la tierra) es más o menos apta una determinada unidad o zona territorial. La FAO (1996) afirma que: La aptitud general del territorio se determina comparando las cualidades de las unidades de Tierras, con los requerimientos de uso en las actividades socioeconómicas o Tipos de Utilización de la Tierra (TUT). Si las cualidades de la UT se aproximan a los requerimientos de las TUT, el grado de aptitud para ese TUT es mayor; si se alejan, la aptitud es baja o no es apta la UT para ese TUT. (27-46p).

La Aptitud de uso expresa el grado de idoneidad con que una Unidad de Paisaje se ajusta a los requerimientos de un determinado Tipo de Uso del Territorio (TUT), está establecida en cuatro categorías de aptitud y probablemente los usos en conflicto (FAO, 1997):

Apto.- Las cualidades de la UT garantizan económica, social y ambientalmente el óptimo desarrollo del TUT.

Moderadamente Apto.- Las cualidades de la UT permiten un desarrollo económico, social y ambiental aceptable del TUT, pudiéndose mejorar, modificando o adecuando las cualidades de la UT, para obtener un óptimo desarrollo del TUT.

Regularmente Apto: Las cualidades de la UT sólo permiten un desarrollo marginal del TUT, siendo económica, social y ambientalmente poco viable.

No Apto.- Las cualidades naturales de la UT no permiten el desarrollo del TUT determinado o debido a la presencia de algún conflicto de uso del suelo.

Conflictos.- Es necesario el análisis de las actividades que se están realizando actualmente en relación con la aptitud de uso del suelo, esto probablemente generará conflictos de uso, por ejemplo las zonas de protección están siendo usadas en otros fines que no corresponden.

1.5.2.4. Zonificación de unidades del paisaje (ecológica o ambiental).

Son Unidades territoriales homogéneas, se determinan mediante la utilización de técnicas de observación del terreno, la utilización de las variables biofísicas principalmente, y la

aplicación de SIG mediante el uso de información geo-espacial ajustada con observaciones de campo e información geo-referenciada.

La metodología se basa en técnicas de sobre-posición de mapas a la par de análisis estadísticos para describir cuantitativamente la relación entre los componentes del paisaje, formas del relieve, suelos y vegetación:

- La interpretación de los mapas topográficos y modelos digitales del relieve del terreno.
- La interpretación de mapas litológicos para el sustrato rocoso.
- La interpretación de fotografías aéreas y/o imágenes de satélite tanto para las formas del relieve y la cobertura del terreno.
- La verificación selectiva en campo, y
- El manejo y análisis automatizado de los datos en un ambiente de SIG.

Es un método para la planificación de Uso de la Tierra que busca identificar y delimitar unidades o zonas relativamente homogéneas, a partir de la integración de información **biofísica** (*delimitadora*) como el clima y la vegetación y **socioeconómica** (*caracterizadora*), como base para la evaluación de vocación, capacidad de uso o capacidad de acogida.

La Comunidad Andina de Naciones–CAN (2011), en el Simposio sobre Metodologías de Integración de Información, Zonificación y Planeamiento Territorial, estableció que con el uso de las herramientas de GIS se llega a determinar **el Modelo de Zonificación de Unidades del Paisaje**, de acuerdo con el esquema que a continuación se explica; partiendo de del *modelo zonificación ecológica* basado en el clima y la vegetación; el *modelo de zonificación Morfo pedológico* con base en información del suelo y fisiografía; para luego la obtención del *Modelo de Unidades del Paisaje* en base a la zonificación Ecológica y Morfo-pedológica.

De tal manera que en el esquema siguiente se visualiza mejor el orden de interacción de las variables ambientales e socioeconómicas en un proceso de zonificación de Unidades del Paisaje, donde las variables ecológicas están establecidas por el clima y la vegetación primaria. La morfo-pedología, está definida por La *fisiografía* que describe las formas del terreno, su geomorfología, *la geología*, donde la pedología considera la formación de los suelos, su composición, distribución y método de formación, importantes en la definición de posibilidades y limitaciones agrícolas, *el clima* (pasado y actual), *hidrología* y *aspectos bióticos* (incluida la actividad humana).



Por lo tanto, en resumen las Unidades del Paisaje, están definidas por la interacción de las variables ecológicas y morfo-pedológicas, obtenidas con SIG definido modelo de zonificación.

Fuente: Simposio sobre metodologías de integración de Información, Zonificación y Planeamiento Territorial de la Comunidad Andina de Naciones (CAN, 2011).

Las "**Unidades Ambientales**" que está dentro de este tipo de zonificación, son zonas homogéneas de ecosistemas naturales que identifican problemas y posibilidades para el desarrollo sustentable, donde también se consideran los espacios urbanos consolidados que se cumplen las condiciones establecidas por la legislación urbanística para alcanzar la clasificación de suelo urbano (Orea, 2008). Es el resultado de un proceso de zonificación utilizado para requerimientos de planificación territorial, pero que para su identificación o delimitación puede basarse en los métodos de zonificación que más se ajuste a los requerimientos del caso, como por ejemplo el método de la zonificación agro-ecológica (ZAE) cuando se trate de definir áreas homogéneas para determinados usos productivos.

1.5.2.5. Zonificación ecológica y económica.

La Zonificación Ecológica para una área protegida principalmente, permite delimitar espacial y temporalmente las unidades del paisaje o ecosistemas, y además apoya la definición de valores objeto de conservación; y, la Zonificación Ecológica Económica (ZEE) es un instrumento integrado de apoyo a la planificación ambiental para el ordenamiento territorial, en base al análisis temático del territorio establecido en tres componentes (físico, biótico y socioeconómico), en la cual se pone a consideración la asignación de usos del suelo,

mediante la delimitación de espacios territoriales, definidos y caracterizados en correspondencia con su aptitud de uso, valor ecológico y condiciones socio económicas específicas, a fin de identificar áreas o zonas homogéneas diferentes de acuerdo a los parámetros definidos para el manejo ambiental correspondiente.

Beltrán N. y Pozo D. (2010)³ determinaron: “nueve zonas con base en los componentes antes citados: zona de preservación, zona de conservación, zona de regeneración y restauración, zonas de agricultura extensiva e intensiva, zona de uso ganadero, zona de uso especial, zona e uso urbano, zonas de uso forestal y zonas de protección de aguas superficiales” (p. 29-30).

Mientras que López, R., et-al (2012)⁴ determinan:

“diez categorías de usos alternativos para el manejo ambiental: 1) Protección de ecosistemas estratégicos; 2) Recuperación de ecosistemas estratégicos; 3) Recuperación con fines de aprovechamiento sostenible; 4) Aprovechamiento sostenible para pesca artesanal; 5) Aprovechamiento sostenible para turismo, recreación y ecoturismo, 6) Aprovechamiento sostenible para uso múltiple restringido; 7) Producción sostenible para actividad portuaria; 8) Producción sostenible para ganadería intensiva; 9) Producción sostenible para minería; 10) Zonas urbanas y suburbanas” (p. 69).

Por otra parte, el INVEMAR (2003)⁵ en la elaboración del Plan de Manejo del Parque nacional natural Corales del Rosario de San Bernardo (Colombia) estableció el proceso metodológico para la zonificación, caracterización y evaluación ecológica del paisaje (Figura 3), definiendo los criterios de zonificación (biofísicos y socioeconómicos), aplicando a las unidades del paisaje y realizando el análisis integrado hasta determinar las categorías de manejo, de acuerdo con los criterios de zonificación y los objetivos específicos del Área Marina Protegida en referencia (p.146-151):

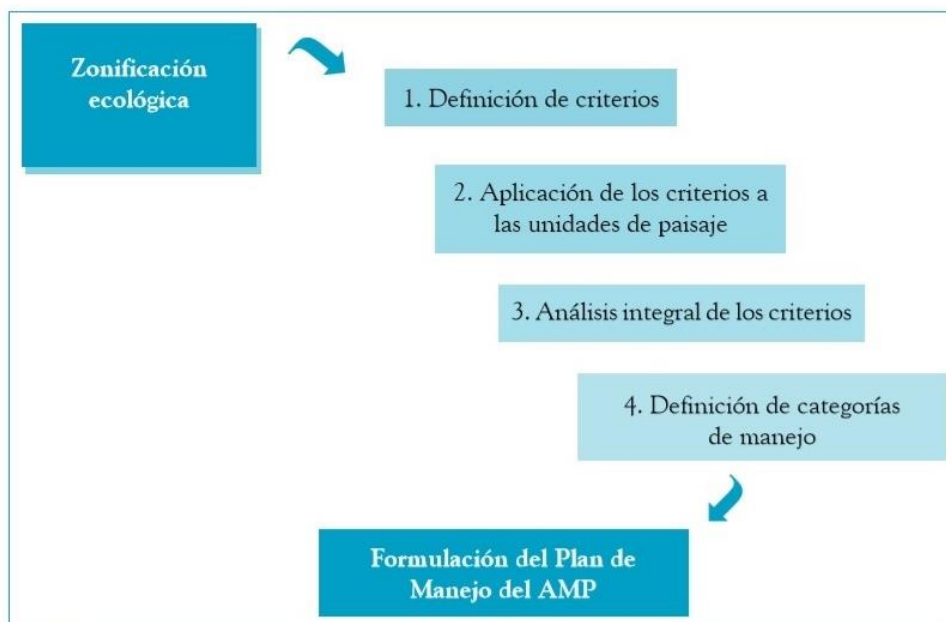
³ Estudio de Tesis “Zonificación ecológica económica y propuestas de gestión integral de los recursos naturales del cantón Ibarra”. Universidad Técnica del Norte.

⁴ Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras - Vol. 41 (1) - 2012

⁵ Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR. Proceso metodológico para la zonificación, caracterización y evaluación ecológica del paisaje en el Parque Nacional Natural Corales del Rosario de San Bernardo. Colombia

1) Definición de Criterios Biofísicos de zonificación

- *Variedad de ecosistemas*: este criterio estima que la variedad es baja cuando se presentan dos ecosistemas en una misma área, media si se presentan entre tres y cuatro, y alta si hay entre cinco y seis ecosistemas.
- *Funciones del ecosistema*: referido a los servicios y valor ambiental que puede ofrecer un ecosistema, de acuerdo con los procesos ecológicos esenciales que lo sustentan. Se valoran por componentes: físico, ecológico, social y económico. De acuerdo con su presencia se califica (1), con su ausencia (0), y en los casos en que un ecosistema tiene una función muy importante para su sostenibilidad y ofrece beneficios sobresalientes para las especies o el hombre, recibe una doble valoración (2), (ver Tabla 2).
- *Estado de conservación del ecosistema*: dentro de cada Unidad Ecológica de Paisaje (UEP), se establecieron tres valores de acuerdo con su estado de conservación: **bueno** sí el porcentaje promedio de cobertura es mayor al 60%, **regular** cuando está entre 30 y 60%, y **malo** sí el porcentaje es menor del 30%.



Fuente: INVEMAR. (2003). Proceso de zonificación Metodológica para la zonificación, caracterización y evaluación ecológica del paisaje en el Parque nacional y natural Corales del Rosario y San Bernardo. Colombia.

Figura 3. Etapas de un proceso de zonificación de Áreas Marinas Protegidas, su identificación y delimitación en las posibles categorías de manejo.

- Hábitat esenciales: referido a los ecosistemas utilizados por la biota, al menos en una etapa crítica de su ontogenia y por las especies o poblaciones de interés especial. Se evalúa de manera cualitativa con las categorías de **presencia/ausencia**.
- Nivel de amenaza de los ecosistemas: referido al grado de impacto ocasionado por las presiones y amenazas potenciales en los hábitats que constituyen los ecosistemas. Se aplica **alto** nivel de amenaza cuando el impacto es alto y hay **amenazas potenciales**; **medio** cuando el impacto es medio y hay amenazas potenciales; y **bajo** cuando el impacto es bajo y no se presentan amenazas potenciales.

Tabla 2. Valoración de las funciones de los ecosistemas y clasificación del grado de importancia.

Ecosistemas	Funciones		Físicos					Ecológico			Económicos			Sociales		Total	Grado de importancia	
	Control de inundaciones	Filtros biológicos (remoción de materia orgánica)	Control fuerza del oleaje	Estabilización de sedimentos	Regulación de gases	Exportación de nutrientes	Reciclaje de nutrientes	Producción alimento (soporte de redes alimenticias)	Hábitat de especies	Hábitat para cría de especies (salacuna)	Hábitat para desove de especies	Valor recreativo	Valor estético (paisajístico)	Sustento de actividades económicas	Valor cultural existente o potencial			Valor investigativo y educativo
Bosque seco	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	2	1	1	1	13	Medio
Manglar	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	15	Alto
Lagunas	0	1	0	0	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	15	Alto
Ciénagas	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	10	Medio
Playas	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	2	1	2	1	0	1	13	Medio
Litoral rocoso	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	2	0	1	0	1	8	Bajo
Fondos sedimentarios	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	2	0	1	6	Bajo
Praderas de pastos	0	0	0	2	1	1	1	1	1	2	1	0	0	0	0	1	11	Medio
Arrecifes coralinos	0	0	2	0	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1	17	Alto

Fuente: INVEMAR. (2003). Proceso de zonificación metodológica para la zonificación, caracterización y evaluación ecológica del paisaje en el Parque nacional y natural Corales del Rosario y San Bernardo, Colombia

0: Ausencia
1: Presencia
2: Doble valor de presencia
NA: No aplica

2) Criterios socioeconómicos

- *Densidad*: evalúa el grado de presión antrópica local sobre los recursos de cada UEP. Es alta por encima de la densidad de población media en el corregimiento; media cuando la densidad poblacional es media; y baja por debajo de la densidad media del corregimiento. Este criterio no aplica si la UEP corresponde a cuerpos de agua.

➤ Organización comunitaria

➤ Beneficio económico

3) Definición de las categorías de manejo

Una vez aplicados los criterios sobre las unidades de paisaje, se realiza un análisis integral y definición de las categorías de manejo de acuerdo con la valoración hecha sobre ellas, donde se establece una matriz por un lado se analiza los modelos de zonificación (cinco zonas) y por el otro lado los Criterios biofísicos y socioeconómicos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valoración de criterios de zonificación.

CRITERIOS ZONAS	Variabilidad de hábitats	Funciones del ecosistema	Estado de conservación del ecosistema	Hábitats esenciales	Nivel de amenaza del ecosistema	Densidad	Organización comunitaria	Beneficio económico
Zona de protección	Alta Media	Alta Media	Bueno Bueno a Regular	Sí/No	Medio Bajo	Baja NA	NA	Alto
Zona de recuperación	Alta Media	Alta Media	Regular a Bueno Regular a Malo	Sí/No	Alto (con posibilidad de control de amenazas)	Media Baja NA	Media Baja NA	Medio
Zona de uso especial	Media Baja	Alta Media Baja	Regular	No	Medio	Media Baja NA	Alta Media Baja NA	Medio
Zona de uso sostenible	Media Baja	Media Baja	Regular Malo	No	Alto Medio	Alta Baja NA	Baja NA	Bajo

Fuente (Invemar, 2003)

1.5.3. Sistemas de información geográficas.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), están diseñados para realizar la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelación y presentación de datos geo-referenciados espacialmente para el apoyo a la toma de decisiones y el control en una organización, así como principalmente para la resolución de problemas complejos de Planificación y Gestión territorial en el marco de la búsqueda de un desarrollo sostenible (NCGIA, 1991).

Se entiende por **gestión del territorio** a la comprensión de las actividades sociales que se realizan sobre un determinado espacio físico y la forma de cómo gobernarlo, para lograr ese

conocimiento del territorio se aplican técnicas como el diagnóstico, mediante la información geográfica recopilada o proporcionada de fuentes primarias o secundarias de diferentes ámbitos que están involucrados en el sistema territorial, pudiendo ser estas: la parte social o cultural, ambiental, recursos naturales, económica o productiva, administrativa, a fin de poder identificar las *potencialidades, limitaciones y conflictos* que se dan en el territorio, el modelamiento territorial que ayuda a visualizar los escenarios en el futuro e incluso a establecer criterios que permitan proyectar el territorio ⁶. La Gestión territorial apoyada por los SIG, permiten tener aplicaciones en diversos campos:

- ✓ Catastros
- ✓ Población y Demografía
- ✓ Infraestructura y servicios básicos
- ✓ Medio ambiente y recursos naturales (Renovable y no renovables)
- ✓ Vialidad, movilidad y transporte.
- ✓ Riesgos y desastres
- ✓ Seguridad social
- ✓ Mercados y comercialización
- ✓ Otros.

Frente a este contexto evolutivo y de rápido desarrollo tecnológico, se considera a los SIG no solo como una herramienta con veloz crecimiento, sino que se desarrolló como un instrumento que ha hecho grandes aportes al conocimiento (nueva ciencia) en la orientación y utilización espacio territorial humano-social-ambiental, que facilita herramientas para la aplicación en distintos campos como: *la Planificación para el desarrollo, las investigaciones científicas, la cartografía, la arqueología, la sociología, la geografía e histórica, el marketing, la logística, y a actividades de negocios empresariales en general.*

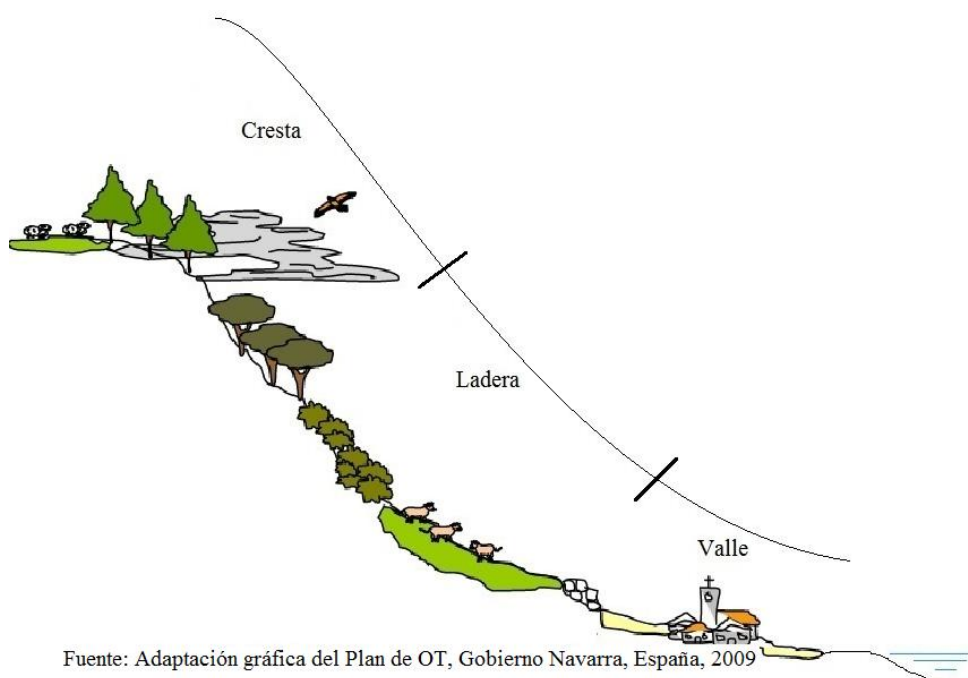
⁶ Tomado de las notas del curso “Marco Conceptual de la Ordenación Territorial”. Domingo O. Gómez, 2009

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. Materiales

2.1.1. Área de Estudio.

Se encuentra ubicada en la Isla San Cristóbal de la Provincia de Galápagos, a una distancia entre 10 y 15 Km desde Puerto Baquerizo Moreno siguiendo por la vía principal, está comprendida desde la parte superior sobre las crestas de tres montañas San Joaquín El Tropezón y el Junco con una altitud entre 600 y 650 msnm, que a la vez son la cabecera de seis importantes cuencas hidrográficas de San Cristóbal, compuesta por pequeños valles o llanos de pampa y sitios de fuerte pendiente, bajando por ladera sur sus pendientes siguen siendo inclinadas y escarpadas hasta una altitud de 400 msnm, y conforme sigue bajando hasta el valle, las pendientes cambian a moderadamente inclinadas. En igual manera el tipo de formaciones vegetales y los usos del suelo son cambiantes. Esto configura fisiográficamente una gran Unidad Ambiental con una extensión de 3074.81 has, cuya princi-



Fuente: Adaptación gráfica del Plan de OT, Gobierno Navarra, España, 2009

Figura 4. Perfil de la Unidad Ambiental de Usos Múltiples, San Cristóbal

pal característica es de recarga hídrica, con presencia de humedales y especies de flora y fauna nativas y endémicas, usos del suelo y conflictos por especies invasoras o uso inapropiados del suelo. El perfil del paisaje es acorde al perfil del terreno (Cresta, ladera, valle), lo que da lugar a la conformación de tres tipos de pisos altitudinales conforme se indica en la Figura 4 Perfil de pisos altitudinales y de usos del suelo.

2.1.2. Cartografía digital.

Obtención de Información Cartografía base digital en formato shapefile, escala 1:50.000 georeferenciada en el sistema de coordenadas UTM, Datum WGS 84 Zona 16 Sur, facilitada por el Consejo de Gobierno (CGREG), el Parque Nacional Galápagos, el Programa SIG Tierras, el IGM y el INOCAR:

- ✓ Altimetría
- ✓ Batimetría
- ✓ Geología
- ✓ Geomorfología
- ✓ Suelos
- ✓ Usos del suelo
- ✓ Hidrografía
- ✓ Cuencas hidrográficas
- ✓ Infraestructura hídrica y vial
- ✓ Sitios de visita turística
- ✓ Zonas Agropecuaria
- ✓ Zonas de vida
- ✓ Área protegida
- ✓ Morfo pedología, etc.

2.1.3. Base de datos.

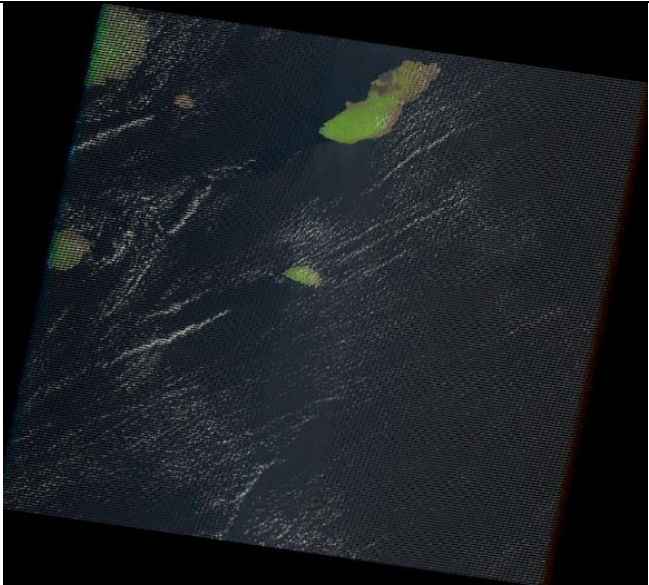
- ✓ Bases de Datos, Orto-fotografía aérea a escala 1:30.000, Programa SIG-Tierras

- ✓ Base de Datos de información cartográfica temática del CGREG
- ✓ Información geo-referenciada de Base de Datos de anidaciones de petrel (*Pterodroma phaeopygia*), levantada como parte de la información secundaria del PNG.

2.1.4. Imágenes de satélite Landsat TM y ETM+

Se procedió a descargar imágenes satelitales gratuitas Landsat TM y ETM+, desde el servidor Global Land Cover Facility de la Universidad de Maryland, que es un centro para la ciencia la cubierta vegetal con un enfoque en la investigación utilizando datos de tele-observación por satélite y productos para acceder a cambios en la cubierta terrestre tanto locales como sistemas globales.

Se descargaron varias imágenes, pero muy pocas se obtuvieron libres de nubosidad, puesto que para el caso de Galápagos una gran parte del año pasa cubierto de nubes en la parte elevada de las islas, sin embargo la del 27 de marzo del 2009 está en mejores condiciones, pero su baja resolución, no permitió poder llegar a un buen resultado sobre los índices de vegetación de las especies invasoras, las misa que se encuentran asocias con las especies nativas y endémicas propias del sitio en estudio.

<p>Path: 17 Row: 61</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entity ID: LE70170612013133ASA00 • Acquisition Date: 13-MAY-13 • Entity ID: LE70170612012115ASN00 • Acquisition Date: 24-APR-12 • Entity ID: LE70170612009058EDC00 • Acquisition Date: 27-FEB-09 • Entity ID: LE70170612009058EDC00 • Acquisition Date: 27-FEB-09 • Entity ID: LE70170612008056EDC00 • Acquisition Date: 25-FEB-08 • Entity ID: LE70170612007117EDC01 • Acquisition Date: 27-APR-07 • Entity ID: LE70170612004029EDC01 • Acquisition Date: 29-JAN-04 • Entity ID: LE70170612004109ASN03 • Acquisition Date: 18-APR-04 • Entity ID: LE70170612007053EDC00 • Acquisition Date: 22-FEB-07 	
---	--

2.1.5. Información temática secundaria del “Sistema Info-Galápagos”, CGREG.

- ✓ Recursos hídricos e infraestructura hidráulica geo-referenciada, cuencas hidrográficas.
- ✓ Información socioeconómica y de población del área de influencia.
- ✓ Información normativa o legal obtenida de varias fuentes.

2.1.6. Equipos

- ✓ GPS map 76CSx Garmin

2.1.7. Tecnologías de la información (Tics)

Los programas especializados utilizados en la elaboración de mapas del presente estudio fueron los siguientes:

- ✓ ArcGIS 10.0
- ✓ ERDAS Imagine 2013.0

2.2. Métodos

2.2.1. Esquema general del proceso metodológico.

El esquema metodológico que se observa en la figura 5, permite comprender mejor el proceso seguido, el cual consta de dos etapas de trabajo de acuerdo con las siguientes etapas desarrolladas:

Etapas I: El levantamiento de información territorial (primaria y secundaria), referida al análisis y caracterización biofísica y Socioeconómica de las variables antes citadas, y complementada con entrevistas personalizadas de actores claves institucionales y sociales, para mediante la utilización de las herramientas de SIG lograr demostrar la obtención áreas homogéneas aplicando el álgebra de mapas para la generación del modelo de zonificación de unidades ecológicas del paisaje.

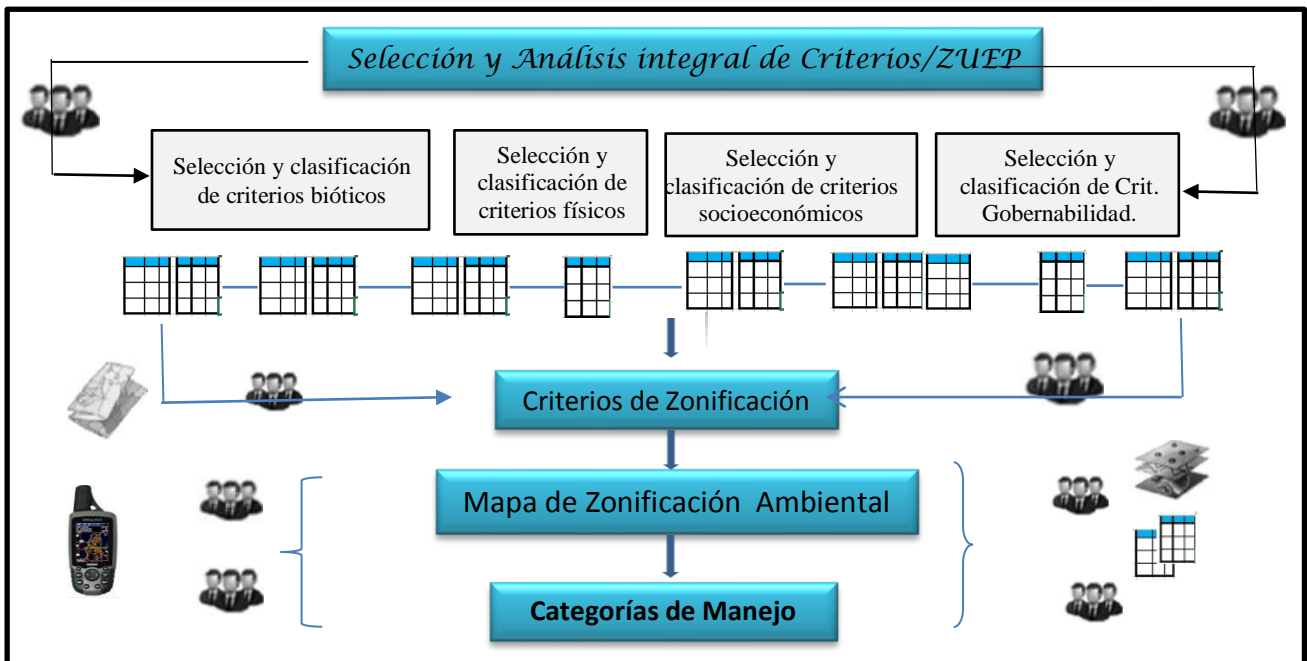
Etapas II: Con base en los resultados de la Etapa I, se logró establecer Criterios de zonificación de acuerdo a las técnicas y experiencias de la zonificación ecológica-económica o ambiental,

ESQUEMA PROCESO METODOLÓGICO

ETAPA I: Análisis de Información Territorial y generación de Modelos de Zonificación



ETAPA II: Zonificación Ambiental (Criterios) y Categorías de Manejo



-  Almacenamiento de capas de información en el SIG
-  Cartografía temática en formato analógico (salidas gráficas)
-  Talleres técnicos y con actores locales.
-  Establecimiento de Atributos En Bases de Datos Geográficas
-  Reportes y cuantificación de áreas, porcentajes
-  GPS para levantamiento de información geo-referenciada.

Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Diagrama del proceso metodológico de zonificación.

desarrollada para otros lugares, aplicando matrices se análisis y valoración entre las funciones de los ecosistemas (unidades homogéneas) y las variables de los componentes físicos, Ecológicos, Económicos y Sociales.

Sobre esta base se estableció la valoración de los criterios de zonificación establecidos en función de condiciones encontradas y analizadas en el territorio como: conflictos de uso, amenazas, funcionalidad, beneficios económicos, estado de conservación, etc.; y, se obtuvo el mapa de mapa de zonificación ambiental y finalmente la matriz de categorías de manejo de las diferentes unidades zonificadas.

2.2.2. Caracterización biofísica y socioeconómica (análisis territorial).

2.2.2.1. Descripción de variables (biofísicas y socio-económicas) y actividades iniciales.

Las **variables biofísicas y socioeconómicas** identificadas para el modelo de zonificación en estudio con forme se muestra en el Esquema de la Figura 1 antes indicado, son: El clima, la vegetación, la geo-morfología y geología como variables directas que intervienen en el modelo de Zonificación de Unidades Ecológicas del Paisaje; y, el suelo, la hidrología y las variables socio-económicas (usos actual y proyectado), conflictos y amenazas como elementos integradores y complementarios para lograr definir la zonificación ambiental y sus categorías de manejo.

Identificación, recopilación, Análisis y validación de la información cartográfica digital, para determinar si contenían información adicional y actualizada y si correspondía al mismo sistema de referencia espacial UTM, Datum WGS 84 Zona 16 Sur, mucha de ella resultó duplicada obtenida de dos o más fuentes. Se identificó la necesidad de levantar información

primaria geo-referenciada mediante GPS y socioeconómica faltante del área de estudio mediante entrevistas personalizadas y encuestas de campo (Anexo).

Elaboración del mapa base con la información principal, el mismo que sirvió de base para toda la elaboración de la cartografía del área de estudio. Con las visitas de campo y la información geo-referenciada mediante GPS y la ayuda de orto fotografías, se obtuvieron los mapas definitivos.

2.2.2.2. Generación de cartografía temática, e interpretación de la misma.

Sobre el Mapa Base, se generó toda la cartografía temática cuya información secundaria de base fue a escala 1:30.000 y 1:50.000; y, la escala con la que trabajó y se obtuvo la nueva cartografía fue a 1:40.000 que fue alimentada con información de campo georreferenciada con GPS, especialmente formaciones vegetales como la pomarrosa (*eugenia jumbos*) caracterizada por ser una especie invasora de gran contraste en el paisaje, y otros objetos geográficos importantes (obras de infraestructura hídrica) que son parte del uso del suelo. Con los recorridos de campo se realizaron comprobaciones de campo de ciertas entidades geográficas del área de estudio como por ejemplo las divisorias de cuencas hidrográficas y las ubicaciones de obras infraestructura mediante la toma de puntos GPS, y en otros casos con la ayuda de orto-fotografía a escala 1:30.000. Además también se generó información cartográfica con los indicadores socioeconómicos obtenidos del área de estudio.

2.2.2.3. Interpretación y caracterización biofísica y socioeconómica del área de estudio.

Para la caracterización y diagnóstico del **medio biofísico**, se elaboró un inventario y descripción de las características particulares del sistema natural del área de estudio, sus componentes, funciones, recursos, potencialidades, restricciones o limitaciones y el proceso

evolutivo principalmente relacionado con las especies invasoras que lo ha llevado a la situación actual. De igual manera se realizó el análisis y evaluación con relación al manejo y uso del suelo y los efectos que se han dado sobre el medio natural, las incidencias sobre las actividades económicas de sus propietarios, identificando la problemática y el grado de complejidad de la misma (Alonso, D., et al., 2003). Esto permitió la identificación de áreas y sitios de conflictos o problemas críticos del área de estudio, sobre los cuales se deberán llevar a efecto, acciones concretas de mitigación y manejo y lineamientos de planificación y manejo que orienten la conservación de humedales y sitios especies de flora y fauna silvestre y al proceso de desarrollo sostenible de la zona de estudio.

De acuerdo con la información biofísica levantada y analizada con la ayuda de la cartografía temática elaborada, se completó con información socioeconómica primaria a través de una ficha encuesta (ver anexo) aplicada a los diferentes propietarios de la zona de estudio a fin de obtener indicadores socioeconómicos relacionados con tenencia y uso del suelo y su relación con la presencia de recursos naturales de alto valor ecológico o ambiental dentro de sus propiedades productivas. En forma paralela se realizaron visitas personalizadas a varios actores institucionales vinculados con instituciones que de una u otra forma tienen competencia como (CGREG, PNG, SENAGUA, CGREG, MAGAP), con el fin de mejorar la interpretación de la información, en el proceso de la *caracterización del medio biofísico y socioeconómico* del área de estudio.

2.2.3. Modelo de zonificación de unidades ecológicas del paisaje.

Utilizando diferentes variables biofísicas con información en formato digital y las herramientas de SIG, se realizó el procesamiento de información con el uso de Arc-GIS para la obtención de los modelos de zonificación de las unidades homogéneas, proceso que fue

complementado con varias inspecciones de campo (levantamiento de información in-situ) para los ajustes en la definición de los límites de la zonificación como lo explica (Etter, 1990). Las **variables biofísicas** que intervienen fueron: geomorfología, geología, suelos, pendientes, climas, ecología, hidrología e indirectamente aspectos bióticos (incluida la actividad humana), cobertura y uso del suelo.

De acuerdo con los objetivos del estudio y a los requerimientos de este trabajo de investigación así como por la disponibilidad de información existente, se identificó el **Modelo de zonificación de Unidades Ecológicas del Paisaje** llamado también del *Subsistema Natural* definido como el más apropiado para el área de estudio, y complementariamente con la integración de las variables socioeconómicas permitieron establecer una zonificación ambiental y sus categorías de manejo del área de estudio.

2.2.3.1. Descripción metodológica del modelo de zonificación de Unidades Ecológicas del Paisaje.

Se determinan mediante la utilización de técnicas de observación del terreno, la utilización de las variables biofísicas y aplicación de SIG mediante el uso de cartografía digital y la verificación selectiva en campo. La metodología en su primera fase se basa en técnicas de sobre-posición de mapas a la par de análisis estadísticos para discriminar áreas homogéneas y describir cuantitativamente la relación entre los componentes biofísicos del paisaje como: formas del relieve, suelos y vegetación:

- La interpretación de los mapas topográficos y modelos digitales del relieve del terreno.
- La interpretación de mapas litológicos para el sustrato rocoso.
- La interpretación de fotografías aéreas y/o imágenes de satélite tanto para las formas del relieve y la cobertura del terreno.
- La verificación selectiva en campo, y

- El manejo y análisis automatizado de los datos en un ambiente de SIG.

Luego busca identificar y delimitar zonas relativamente homogéneas, a partir del análisis integrado de información **biofísica** (delimitadora) y **socioeconómica** (caracterizadora) como base para la evaluación de la aptitud de uso (capacidad de acogida del territorio), la cuantificación áreas en conflicto por usos inapropiados del suelo o simplemente por la presencia de especies invasoras (como es el caso del área de estudio). Los contrastes bien diferenciados, por topografía, geo-formas, tipo de vegetación especialmente invasoras (pomarrosa) constituyen elementos importantes de contraste bien diferenciados a la hora de la definición y delimitación de zonas para la categorización y el manejo ambiental de estas áreas. Mientras que la vegetación que está en asociación entre mora, guayaba y especies nativas, resultó imposible encontrar diferencias a pesar de la aplicación de los índices de vegetación por imágenes de satélite.

Este método ha sido utilizado en los procesos de la planificación territorial aplicando Sistemas de Información Geográfica – SIG en varios lugares de América Latina (La CAN⁷, 2011), cuya aplicación se describe en dos etapas generales:

- Obtención de la información **Morfo-pedológica**, en base a las *formaciones fisiográficas, pendientes y pedológicas(suelos)*:
 - ✓ **La fisiografía** que describe los aspectos relativos a las formas del terreno, considerando para ello la geomorfología, geología, climas, hidrología e indirectamente aspectos bióticos (incluida la actividad humana) a escala 1:40.000.

⁷ Experiencia presentada en el Taller Regional de Capacitación sobre Zonificación y Planeamiento Territorial para integrar la biodiversidad en el OT realizado por la Comunidad Andina de Naciones (CAN), Agosto 2011

- ✓ La **categoría de pendientes**, en función de la variable “*pendiente del suelo*”, que establece limitaciones para su capacidad de acogida a escala 1:40.000.
- ✓ La **información Pedología (suelo)**, en función al proceso de formación de los suelos, Fisiografía, pendiente y su distribución; importantes en la definición de las posibilidades y limitantes agrícolas a escala 1:40.000.

Zonificación Morfo-pedológica = Fisiografía + Pendientes + Suelos

- El Modelo de **Zonificación de Unidades del Paisaje (ZUEP) o del Subsistema Natural**, se obtuvo, sobre la base del mapa de zonificación *Morfo-pedológico*, la información *Ecológica, Vegetación y Usos del Suelo* se obtuvo la Zonificación de Unidades del Paisaje o del *Modelo de Zonificación del Subsistema Natural* a escala 1:40.000:

Modelo de Zonificación de Unidades del Pasaje o del Subsistema Natural = Zonificación Morfo pedológico + ecológico + Vegetación + Usos del suelo

2.2.3.2. Aplicación de las funciones SIG en la obtención de los modelos de zonificación.

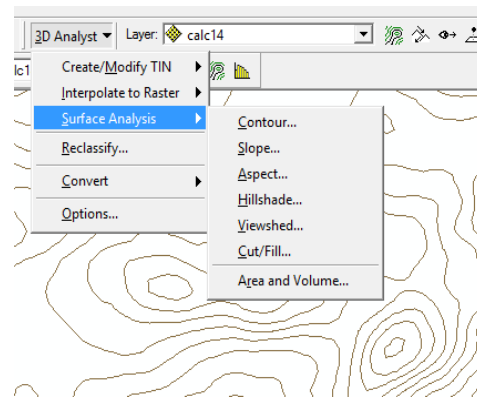
El Análisis espacial representa un conjunto de procedimientos operativos con información geográficos en formato digital, en los que en función, de una o más de sus características espaciales, permite obtener nuevos datos espaciales, lo que representa una de las características más importantes de los Sistemas de Información Geográfica, cuya caja de herramientas **ArcToolbox** entre las que contiene “**Spatial Analyst**” permite la posibilidad de producir nueva información, aplicando diferentes tipos de operadores espaciales, cuyo procedimiento se describe:

- 1) **Modelo Morfo-pedológico = Modelos fisiográfico + Pendientes + Suelos (pedología)**

El Mapa Morfo-pedológico = Fisiografía + Pendientes + Suelos

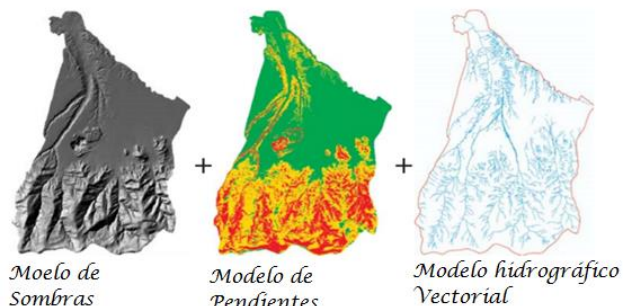
a) *Modelo(mapa) Fisiográfico*

Como primer paso se utiliza la información topográfica vectorial en formato **.shp** de tipo-poli línea (escala: 40.000), de esta manera se genera mediante el módulo **3D Analyst**, el modelo digital de terreno MDE, *modelo de sombras* y *modelo de pendientes*.



Fuente: ESRI-ArcMAP, 2014

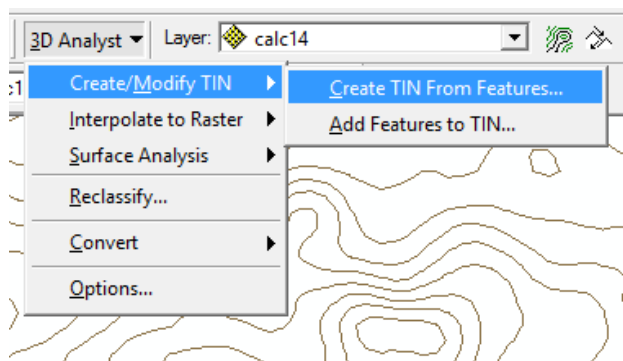
Mediante la superposición y análisis visual del *Modelo de sombras* y del *Modelo de pendientes*, así como la información *Hidrográfica vectorial* en formato **.shp** de tipo poli-línea, cuyos resultados se obtiene el mapa de *Unidades fisiográficas*.



Fuente: ESRI-ArcMAP, 2014

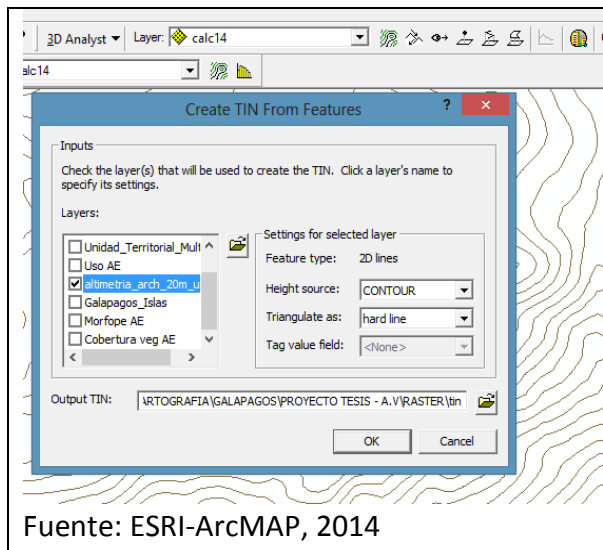
b) *Mapa de pendientes*: Sobre la base el modelo de sombras TIN 3D (Calc14), se obtuvo el tipo de pendiente (**tinpendiente**) en porcentaje. El modelo de pendientes es resultado de la creación de un TIN con la función de 3D Analyst. Las redes irregulares de triángulos TIN

por muchos años siguen siendo un medio digital para representar la morfología de la superficie. Los TIN son datos geográficos digitales basados en vectores y se construyen mediante la triangulación de un conjunto de vértices (puntos).

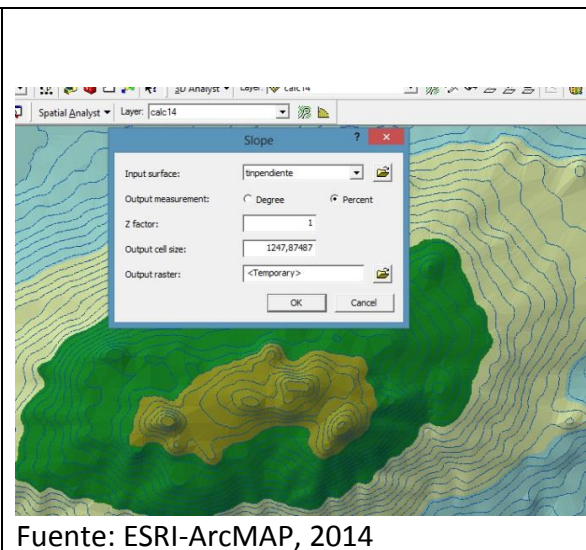


Fuente: ESRI-ArcMAP, 2014

Resultado se obtuvo el modelo de elevación en 3D o Modelo de sombras (Calc14).



Fuente: ESRI-ArcMAP, 2014



Fuente: ESRI-ArcMAP, 2014

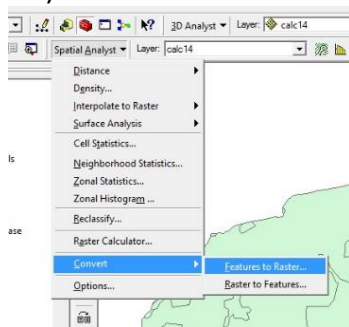
c) Mapa de suelos (pedología)

Con la información secundaria de tipo vectorial **.shp** obtenida con escala 1:50.000, se trabajó a 1:40.000, información que considera formación de los suelos, su composición, distribución y proceso de formación como elementos importantes en la definición de las potencialidades y sus limitaciones agropecuarias⁸.

d) Mapa morfo-pedología: Es el resultado de la superposición del **mapa fisiográfico (a) + el mapa de pendientes (b)+ mapa de formación de suelos (c):**

Las funciones aplicadas corresponden a un algebra de mapas para dicho procedimiento en primera instancia fue necesario convertir la información vectorial disponible a modelo:

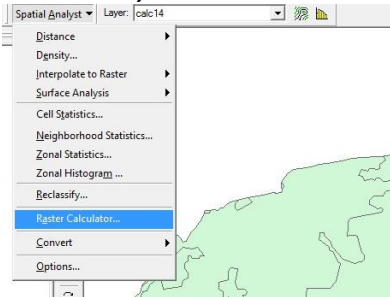
Spatial Analyst – Convert (Features to Raster):



Fuente ESRI-ArcMAP, 2014

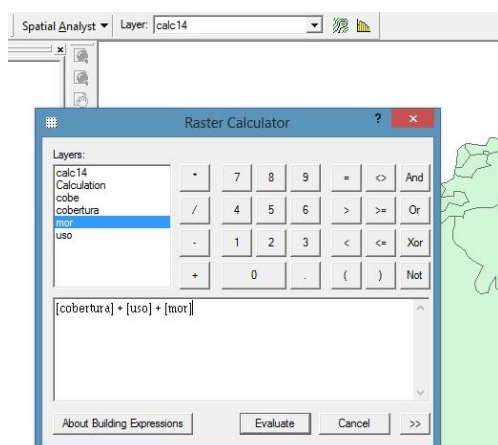
Luego, el cálculo del ráster con las siguientes funciones:

Spatial Analyst – Raster Calculator



Fuente: ESRI-ArcMAP, 2014

⁸ Fuente: Programa Sig-Tierras - Consejo de Gobierno de Régimen Especial de Galápagos. 2010-2011.



Fuente: ESRI-ArcMAP, 2014

De esta manera el resultado de la suma de los componentes fisiográfico + pendientes + suelos nos da como resultado el modelo cartográfico tipo ráster de **Morfo-pedología** que se indica en el Capítulo de Resultados (Mapa 15):

2) Mapa de Unidades el Paisaje o del Subsistema Natural

Mapa de Unidades del Pasaje (Modelo de Zonificación del Subsistema Natural) = Zonificación Morfo pedológico + ecológico + Vegetación + Usos del suelo.

- a) Mapa morfo-pedológico: Obtenido en el procedimiento antes mencionado
- b) Mapa de cobertura vegetal: Información secundaria de tipo vectorial en formato **.shp** de escala 1:40.000⁹.
- c) *Mapa de uso de suelo*: Información secundaria de tipo vectorial en formato **.shp** de escala 1:40.000¹⁰

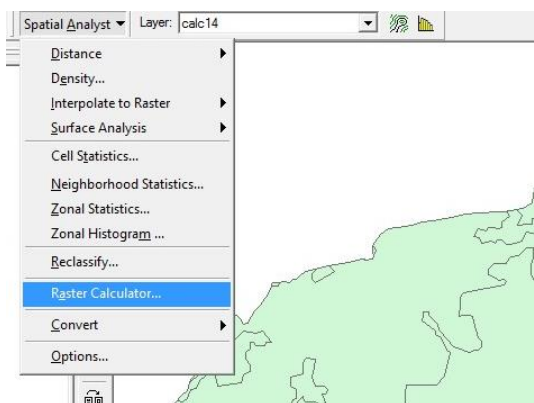
Como resultado de la superposición de los mapas: a) + b) + c), se obtuvo el modelo (mapa) de Unidades de Paisaje. Aclarándose que el mapa ecológico no se considera puesto que dentro del modelo fisiográfico se incluyen las variables del clima y de formaciones vegetales que son las que definen las unidades ecológicas.

Las funciones aplicadas a través del álgebra de mapas, para dicho procedimiento en primera instancia fue necesario obtener el modelo ráster (*Convert Features to Raster*) de la información vectorial disponible (el mismo que ya fue obtenido anteriormente: **calc14**), para luego proceder con la superposición a través del álgebra de mapas con las siguientes funciones de *Spatial Analyst – Raster Calculator*:

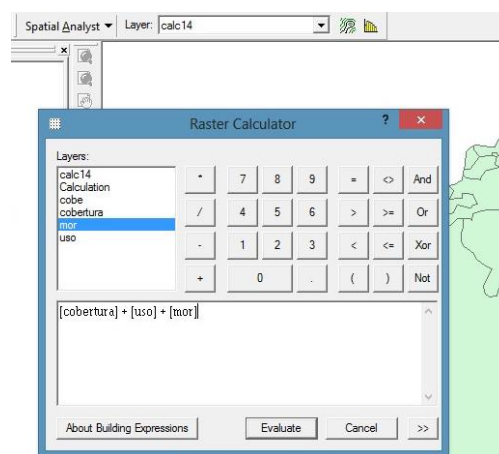
⁹ Fuente: Programa Sig-Tierras - Consejo de Gobierno de Régimen Especial de Galápagos. 2010-2011.

¹⁰ Fuente: Programa de Sig-Tierras - Consejo de Gobierno de Régimen Especial de Galápagos. 2010-2011.

El resultado final de la suma de los componentes morfo-pedológico + cobertura vegetal + uso de suelo nos da como resultado **el Modelo cartográfico tipo ráster de Unidades del paisaje o del Subsistema natural** que se indica en el capítulo de resultados (Mapa 16), en el que se analizó los aspectos **físicos, natural y antrópico**.



Fuente: ESRI-ArcMAP, 2014



Fuente: ESRI-ArcMAP, 2014

2.2.3.3. Interpretación y ajustes del modelo de zonificación del subsistema natural.

La **interpretación visual**, fue necesaria para ajustar la zonificación y especialmente cuando no contempla el uso de clasificaciones digitales, para obtener los mapas de fisiografía, forestal y uso de la tierra, puesto que al realizar una interpretación visual, se hace uso de patrones de forma, textura, tamaño y topológicos entre objetos para discriminar las unidades que se interpretan y que no intervienen en las clasificaciones convencionales y evitar confusión entre clases (Sánchez, 2005¹¹).

Euler (2003)¹², citado por Patricia Sánchez, concluye en su estudio que la clasificación visual es el método más eficaz de cartografiado forestal. Sin embargo señala que sus limitaciones

¹¹ Procesamiento digital de imágenes de satélite y elaboración de mapas de fisiografía, forestal y de uso de la tierra para la Zona Reservada de Ampiyacu-Apayacu-Río Algodón. 2005. Lima.

¹² Interpretación de datos del dosel forestal y de sensores remotos para la interpretación de mapas de tipos de bosque en Acre, Brasil. 2003. Brazil.

conlleven cierta medida de subjetividad, que puede variar según la experiencia del intérprete y su conocimiento del sitio cartografiado.

Bajo las consideraciones citadas, la observación e interpretación visual fue de gran valor en los ajustes que fueron necesarios para una adecuada aplicación a la hora de definir la zonificación, con la ayuda de la orto-fotografía a escala 1:30.000, se procedió a realizar la interpretación visual y el ajuste a los límites de la demarcación obtenida en base al conocimiento de la zona, criterios de fisiografía, cobertura vegetal y los tipos de usos de la tierra en el área de trabajo, divisorias de cuencas hidrográficas, sitios de hábitats del Petrel (*Pterodroma phaeopygia*), especies de vegetación endémica (*Miconia robinsoniana*), cuerpos de agua, etc. El análisis se basó en los elementos: color de vegetación, tono, textura visual, patrones geométricos, que estuvieron asociadas a patrones de geo forma, cobertura, usos y procesos ecológicos dominantes en el territorio.

Con la ayuda de las **TICs** (tecnologías de información), como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) además de las funciones de ArcGis, se utilizó funciones de Erdas (Software para procesamiento e interpretación de imágenes de satélite) se realizó un ensayo, para analizar los índices de vegetación de las especies invasoras (mora y guayaba principalmente), pero por razones de resolución de la imagen satelital no permitió diferenciar los patrones de contraste y esgrimir diferencias de niveles de reflectancia electromagnética de dichas especies que se encuentran en estrecha asociación, mientras que con la pomarroza los contrastes son muy evidentes y solamente con el trabajo de campo y la fotografía aérea fue suficiente.

Con la ayuda de GPS, se realizó el proceso de geo-referenciación levantando la información de campo de entidades geográficas consideradas de interés en la actualización del uso del

suelo cuya información fue almacenada en bases de datos para alimentar el SIG del área de estudio. Esto además permitió definir entidades como cuencas hidrográficas, presencia de sitios de infraestructura hidráulica, etc.; mientras que, la información de sitios de anidación de petrel fue obtenida de fuentes del PNG como parte de la información secundaria de este estudio.

2.2.4. Zonificación ambiental.

La zonificación ambiental con fines de manejo, toma como base la zonificación ecológica y económica analizando la definición de Unidades Ecológicas del Pasaje-UEP y las áreas de conflicto encontradas del análisis socioeconómico mediante la identificación y selección de criterios de zonificación aplicables al caso, consideradas estas como áreas homogéneas en los aspectos físicos y bióticos (López et al., 2012). Para el caso del estudio fue necesario establecer ***criterios de zonificación*** ajustados a las condiciones particulares del caso, los criterios se obtienen del análisis de las variables biofísicas y socioeconómicas que están interrelacionadas, los mismos que se establecieron en una matriz para facilitar la gestión del territorio en el proceso de implementación. Los criterios para la zonificación ambiental se obtiene a través del análisis variables que son el instrumento clave para establecer las categorías de manejo y guiar la regulación del uso del suelo, la recuperación o la protección de sus ecosistemas y mitigar los conflictos en el marco del desarrollo sostenible.

2.2.4.1. Identificación, selección y definición de los criterios.

Los criterios una vez definidos, representan las condiciones que se deben cumplir una Unidad Ecológica del Paisaje, tiene su ubicación para la asignación de su categoría de manejo, considerando los atributos y funciones de los ecosistemas, el marco político-institucional, los aspectos socioeconómicos y los valores culturales del área (MMA,. et al,

2002). La calificación de dichos criterios se hace de forma cualitativa, cuantitativa o descriptiva de acuerdo con indicadores específicos de cada unidad. López et al., (2012) afirma que:

“La definición de criterios es el primer paso en la categorización de la zonificación ambiental y consiste en: 1) Selección de criterios aplicables al área de estudio; 2) Determinación de los parámetros bajo los cuales se va a evaluar cada uno de los criterios seleccionados; 3) Determinación de la escala de valores para calificar los parámetros de cada criterio (López et al., 2003)”. (p.69-70).

Los criterios y parámetros de zonificación establecidos, fueron evaluados y ponderados, asignándole un peso de ponderación a cada uno, de acuerdo con la importancia de éste dentro de la zonificación. Los mismos que fueron definidos y se establecieron a partir del análisis de los elementos bióticos, físicos y socioeconómicos que pueden constituirse en determinantes para la zonificación. López et al., (2012) nos dice: “Los criterios elegidos cumplen con las siguientes condiciones:

- ✓ Abordar los principales conflictos o problemas del área de estudio.
- ✓ Reflejar de manera sistemática y cualitativa la magnitud de los problemas en el territorio.
- ✓ Ser reales a partir de la información existente.
- ✓ Permiten una perspectiva amplia de la situación ambiental en cuanto a la oferta de recursos para los servicios ambientales y aprovechamientos sostenibles.
- ✓ Ofrecen información útil y tangible para los tomadores de decisiones y usuarios interesados en el desarrollo sostenible”. (p.69-70)

2.2.4.2. Selección y definición de categorías de manejo.

Las categorías consideradas para la zonificación ambiental del área de estudio se definieron considerando la zonificación generada y criterios de actores oportunamente consultados mediante entrevistas personalizadas.

Las categorías de manejo aplicadas para la zonificación ambiental del área de estudio son:

Categoría I: Áreas de Protección y Uso restringido

Categoría II: Zonas de bosque para protección indispensable de recursos hidrológicos.

Categoría III: Regulación de áreas para la protección de recursos hídricos (cuerpos de agua)

Categoría IV. Zona de restauración ecológica o de recuperación de zonas de conflicto.

Categoría V. Áreas afectas por especies Vegetales Invasoras (Mora, Guayaba) asociadas con especies arbustivas y herbáceas nativas

Categoría VI. Áreas para Aprovechamiento Sustentable

Categoría VII. Zona Protegida y administrada por el PNG llamada “El Junco”

3. RESULTADOS, ANALISIS Y DISCUSIONES

3.1. Principales aspectos del análisis territorial

3.1.1. Marco jurídico.

En la provincia de Galápagos tanto el área terrestre como la reserva marina están zonificadas y sus actividades están reguladas por la Ley de régimen especial de Galápagos, como por otras normas de cobertura nacional. La Planificación ambiental, en el área de asentamientos humanos están bajo la competencia del Consejo de gobierno de régimen especial de Galápagos, y en las áreas protegidas están bajo la competencia del Ministerio del Ambiente, los GADS y los organismos de conservación intervienen de acuerdo con los objetivos y la importancia que generen dichas zonas (eje. la zona de estudio).

Con el **nuevo marco Constitucional** del 2008 (Art. 241) se establece que “La planificación garantizará el ordenamiento territorial y será obligatoria para todos los gobiernos autónomos descentralizados”, siendo para ello importante considerar las áreas sensibles ambientalmente no solo por su riqueza ecológica o hidrológica, sino también por la constitución reconoce los derechos de la naturaleza, entendida como "el espacio donde se reproduce y realiza la vida". Bajo esta concepción toda acción de conservación de la naturaleza tiene "derecho a que se respete integralmente su existencia, el mantenimiento, su regeneración de sus ciclos vitales, la estructura, funciones y procesos evolutivos" (La Constitución, Art. 71 y 72).

3.1.2. Ubicación y descripción del área de estudio.

El área de estudio (zona de reserva hídrica), se encuentra ubicada en la Isla San Cristóbal en las áreas de influencia de las montañas altas de los cerros “El Niño”, “San Joaquín”, “El

Tropezón”, “San Juan”, “El Junco” y sus estribaciones de los flancos sur, interceptando seis cuencas hidrográficas proveedoras de agua dulce (**Mapa 1**). El Departamento de Planificación del INGALA, 2008, hoy CGREG, realizó una primera aproximación en su demarcación. Con este estudio se logró definir de mejor manera sus límites de acuerdo con el análisis integrado de las variables biofísicas y socioeconómicas, cuya superficie cubre 3074.81 has (Mapa 17) y actualmente cumple diferentes **Usos y Funciones Múltiples**. Está definida como una Unidad Territorial de alto valor ambiental por ser hábitat de especies de flora y fauna, nativas y endémicas en peligro de extinción, así como la presencia importantes recursos hidrológicos únicos en Galápagos. Sus coordenadas geográficas de ubicación son:

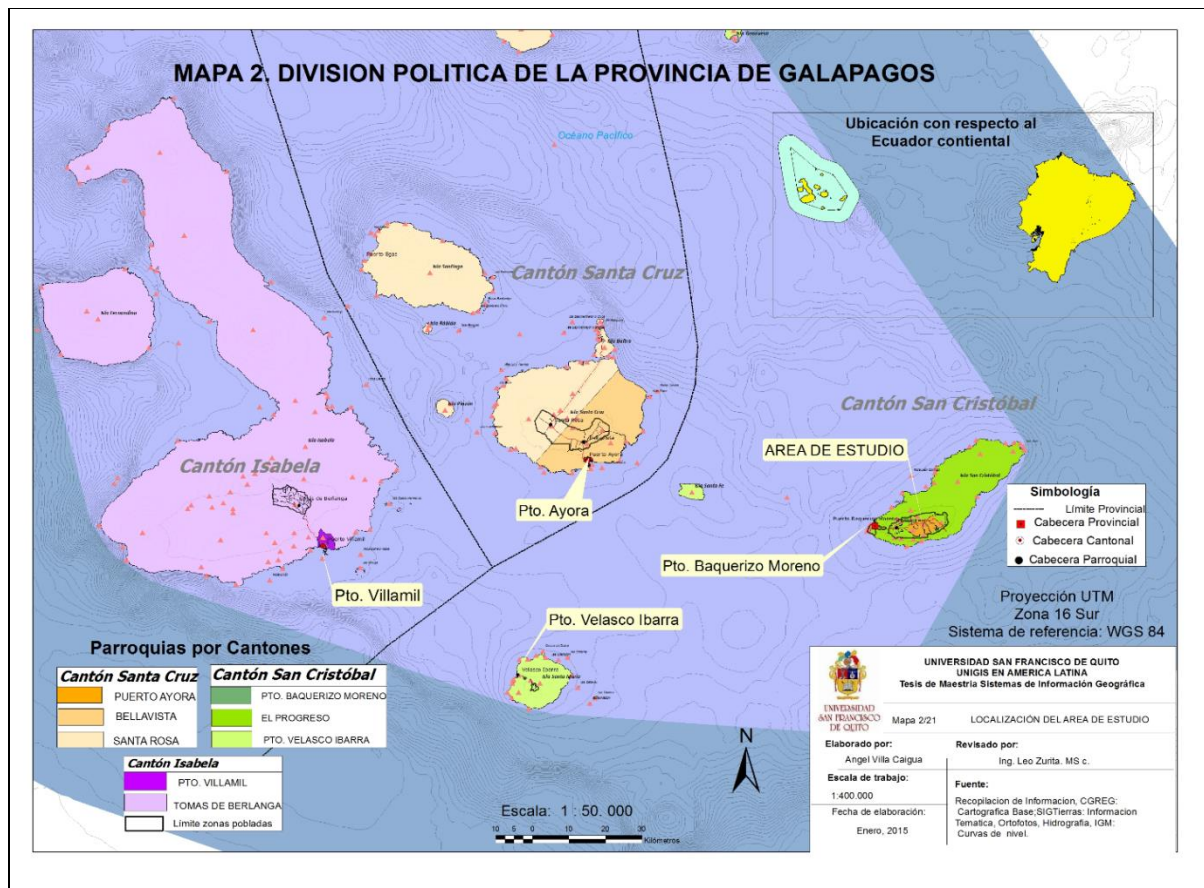


- Distancias en X: 9896170.629 m hasta 9901584.252
- Distancias en Y: -443101.43 m hasta -452388,31 m
- Tiene una altitud que varía entre 240 hasta los 640 msnm

De acuerdo con la División político-Administrativa de la Provincia de Galápagos la zona en estudio se encuentra en la Parroquia El Progreso del Cantón San Cristóbal (Mapa 2), donde los tres cantones de la Provincia de Galápagos, están integrados por un territorio terrestre y marítimo, con sus respectivas parroquias tanto a nivel urbano como rural. El Cantón San Cristóbal está conformado por las islas San Cristóbal (558 km²), Floreana (172 km²), Española (60 km²), Santa Fe (24 km²), Genovesa (14 km²), y la roca León Dormido, pero los asentamientos humanos solamente están en isla San Cristóbal y Floreana, mientras que las demás islas son área protegida dentro de este Cantón. Puerto Baquerizo Moreno es parroquia urbana de la cabecera Cantonal del Cantón San Cristóbal y a la vez la Capital de provincia como se indica en el cuadro 2 y Mapa 2.

Cuadro 2. División Político Administrativa de la Provincia de Galápagos

Provincia	Cantón	PARROQUIA		Islas
		Urbana	Rural	
Galápagos	San Cristóbal	Puerto Baquerizo Moreno	El Progreso	San Cristóbal, Floreana, Española, Genovesa, Santa Fe e islotes cercanos
			Puerto Velasco Ibarra	
	Santa Cruz	Puerto Ayora	Bellavista	Santa Cruz, Baltra, Marchena, Pinta, Pinzón, Rábida, Santiago, Seymour e islotes cercanos
			Santa Rosa	
	Isabela	Puerto Villamil	Tomás de Berlanga	Isabela, Fernandina, Charles Darwin, Teodoro Wolf e islotes cercanos



3.2. Caracterización biofísica y socioeconómica

3.2.1. Caracterización Biofísica.

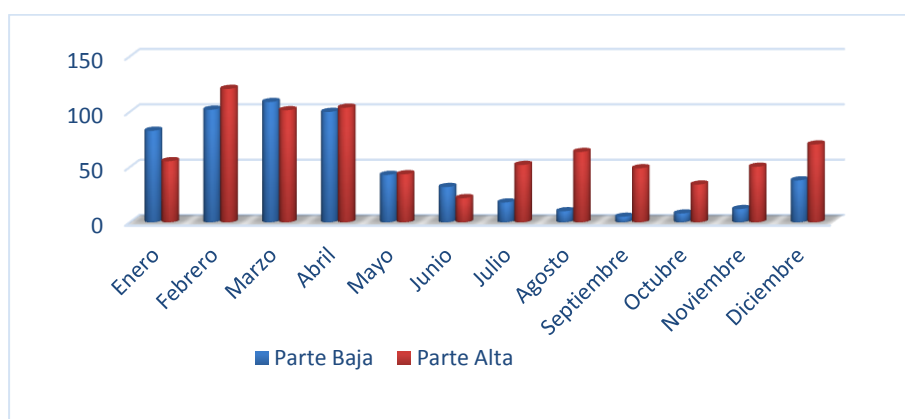
3.2.1.1. El Clima.

3.2.1.1.1. Precipitación del área de estudio.

Por su ubicación en el Océano Pacífico a mil kilómetros al oeste del continente americano, Galápagos está influenciado por los vientos alisios provenientes del sureste, los cuales al impulsar las masas de aire húmedo a través de la orografía de las islas, provocan su condensación en forma de neblina fina (garúa) desde el área de barlovento de la isla San Cristóbal, existe mayor precipitación que en la zona a sotavento. Esta distribución espacial y altitudinal de la lluvia en San Cristóbal determina que en la parte alta (Cerro Grande a 360 msnm) se tiene una precipitación mensual de **63 mm** y en la parte baja de la isla (estación INAMHI a 2 msnm) se registra una precipitación media mensual de **46 mm**, siendo los meses

de febrero, marzo y abril los de mayor precipitación, consecuentemente las lluvias en las zonas de mayor altitud son mayores que aquellas de las zonas bajas.

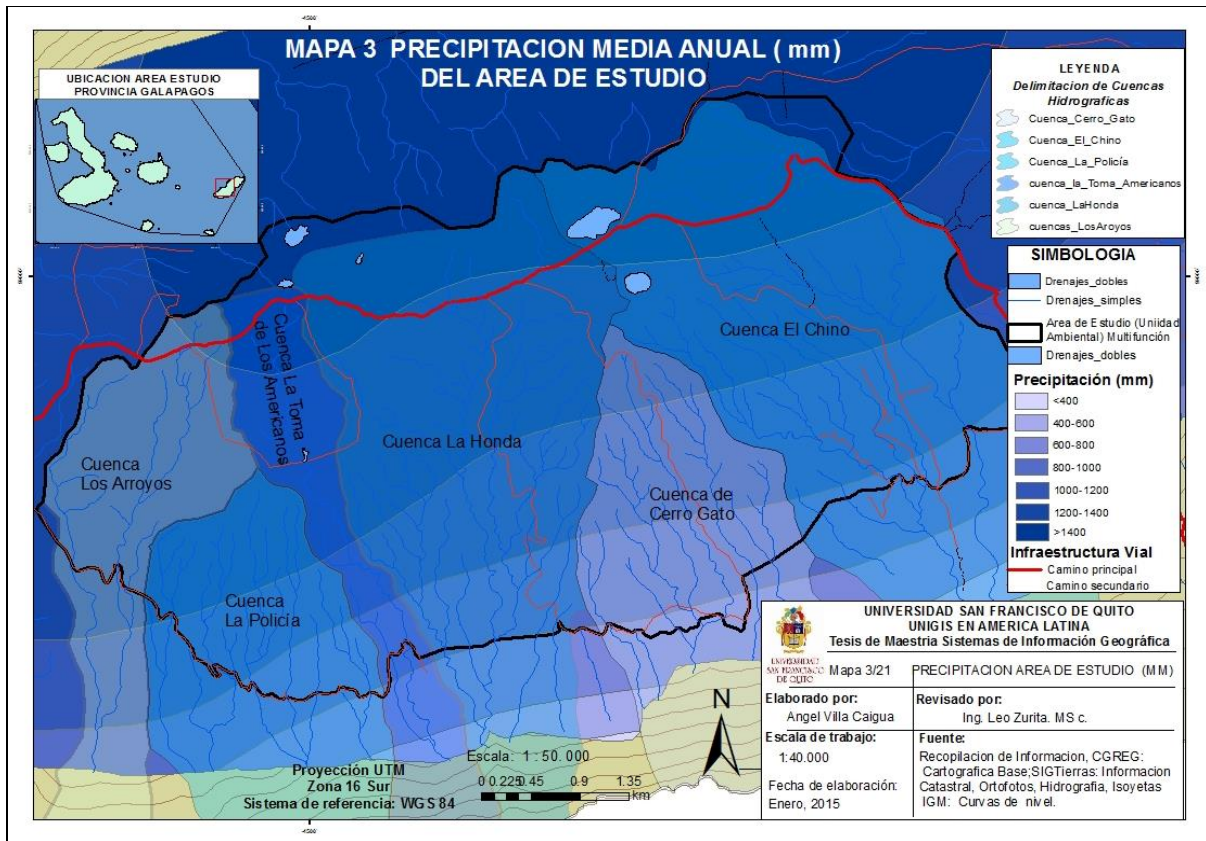
Otro de los elementos decisivos en la influencia del clima, son la presencia de corrientes marinas de **El Niño**, y **Humboldt** que se presentan en dos épocas del año, modificando la temperatura del océano y con ello la humedad del aire, las precipitaciones y el clima de las islas; con la presencia de eventos cíclicos como el fenómeno de El Niño.



Fuente: Estaciones Cristóbal y Cerro grande INAMHI (período 2001-2006)

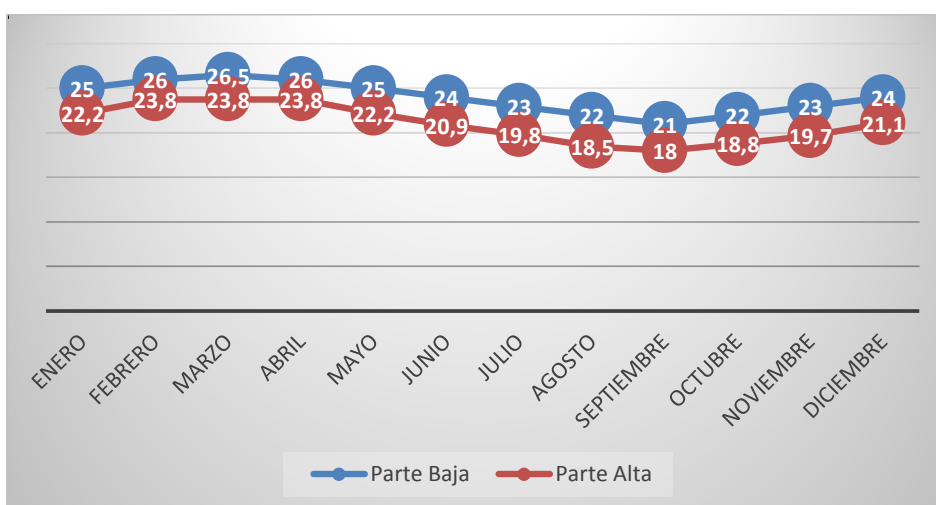
Figura 6: Precipitación media mensual

Por lo tanto se observa que precipitación media y anual registrada en las estaciones ubicadas en la parte baja (costera) de la Isla, son relativamente bajas, mientras que en la parte alta (zona de estudio) presentan valores altos, es decir la pluviosidad aumenta con la altitud, como podemos observar en la información que se indica en el Mapa 3 los valores de la precipitación anual (isoyetas) en la parte alta se registran valores hasta superiores a 1400 mm, mientras que la parte baja valores hasta menores de 400 mm. (Mapa 3).



3.2.1.1.2. Temperatura.

En San Cristóbal se caracteriza por tener temperaturas que en épocas normales varían entre 18 y 25 °C de acuerdo con los datos que se registran en la estación meteorológica de primer orden del INAHI, ubicada en la parte costera de dicha isla.

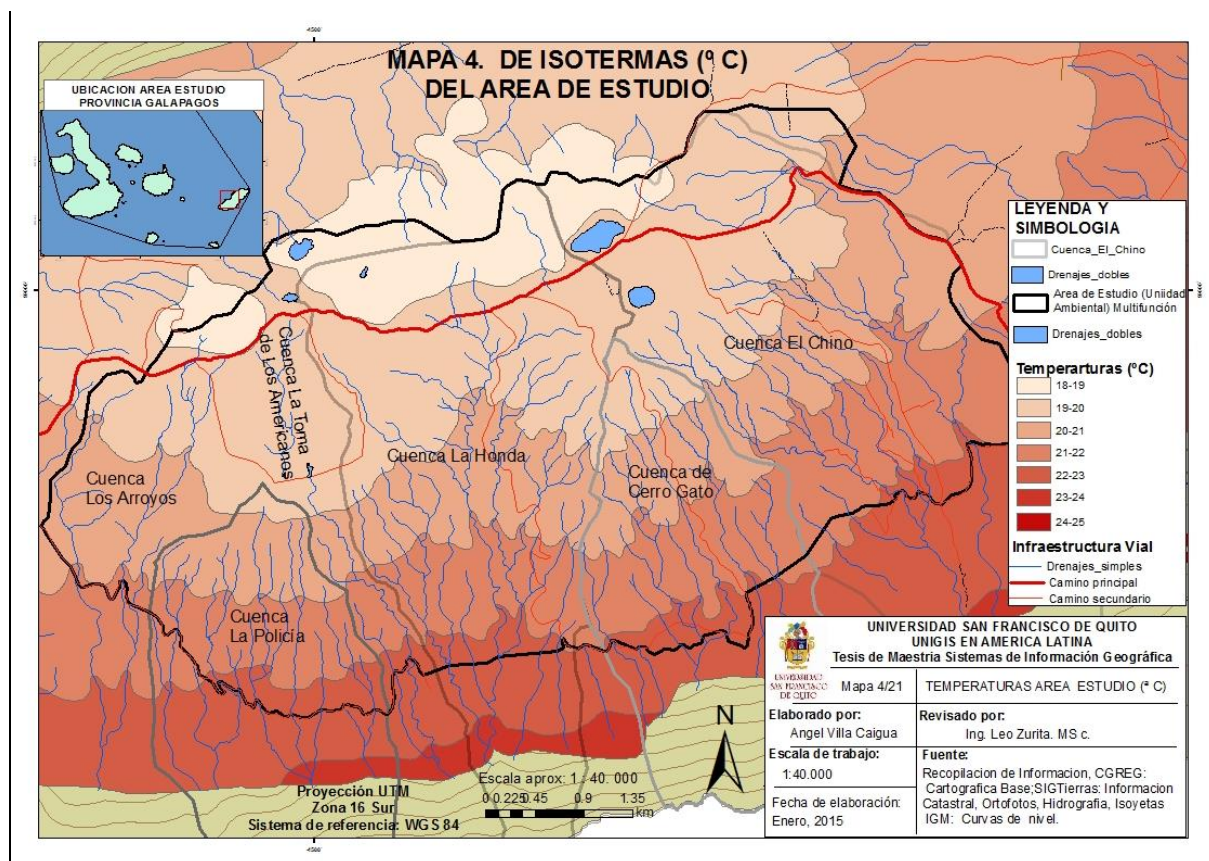


Fuente: Estaciones Cristóbal y Cerro grande INAMHI (período 2001-2006)

Figura 7. Temperatura media mensual

La temperatura promedio anual es de 24°C y disminuye 0.4°C por cada 40 metros de altitud.

Todos los elementos relacionados con el territorio el clima y sus microclimas los hábitats están controlados o regulados por tres pisos altitudinales propios cuya respuesta evidente está indicada en el paisaje:



La zona costera posee clima árido con vegetación de tipo monte espinoso tropical, mientras que la parte alta o zona de estudio la vegetación corresponde a un bosque nublado húmedo.

A partir de los 150 m a 200 m la vegetación varía a tipo bosque húmedo subtropical ¹³.

La diferencia de temperatura en base a la altitud como se indica en el Mapa 4, ocurriendo que en la isla San Cristóbal en la parte alta (Cerro Grande 360msnm) se cuenta con una media anual de 21°C y en la parte baja (estación INAMHI a 2msnm) se cuenta con una media

¹³ Registros del INAMHI, Estación San Cristóbal

anual de 24°C con tres grados de diferencia, siendo marzo el mes de mayor temperatura en el año.

3.2.1.2. Recursos hidrológicos.

Dadas las características geológicas y geomorfológicas del Archipiélago, Galápagos se caracteriza por tener un recurso hidrológico muy limitado encañadas con bajos caudales y poco accesibles, son pocos los sitios con potencialidades subterráneas, el flujo de agua superficial y subterránea está en función de las condiciones climáticas de influencia global o regional y las condiciones hidro-geológicas de las islas. De alguna forma Galápagos está favorecido por los importantes regímenes de precipitación presentes en todo el archipiélago.

La zona en estudio es el único sitio con importantes flujos de caudal de agua superficial, que una parte son aprovechados para varios tipos de consumo mediante infraestructura (captaciones, tuberías, estaciones de bombeo reservorios de almacenamiento) la misma que se encuentra en mal estado de funcionamiento, por lo que es importante analizar desde la oferta y desde su demanda:

1) Desde el lado de la Oferta hidrológica:

Por su importancia para la vida humana en esta isla y para los hábitats de la zona de estudio, y su potencialidad está representada por los servicios y funciones que actualmente cumple y ofrece a futuro. Sus características particulares de esta zona, y a la vez se identifican los problemas que deben ser abordados por los actores vinculados al tema en la gestión de este recurso:

- a. La principal característica del área de estudio desde la visión de conservar este recurso esta caracterizadas por su abundante cobertura vegetal (superior al 90%) compuesta por especies endémicas y nativas asociadas con especies invasoras como la mora, pomarrosa y guayaba. Esto hace que los recursos hídricos de manera general están bien conservados. Sin embargo si analizamos el comportamiento particular de cada especie invasora, hemos determinado que bajo la cobertura pomarrosa, el suelo se encuentra endurecido, erosionado y sin ninguna cobertura vegetal; mientras que la guayaba en asociación con un musgo hospedero color café, tienen un efecto positivo particular sobre la intersección de la precipitación y el almacenamiento de agua bajo el suelo y consecuentemente una mejor regulación del ciclo hidrológico en las cuencas hidrográficas. A pesar de esto, existe el alto riesgo, que a corto o mediano plazo la cobertura vegetal sean alterada en forma incompatible con la aptitud de uso del suelo, lo que implica de manera prioritaria tomar acciones de prevención para garantizar la conservación de este recurso a largo plazo.
- b. El área de estudio (Mapa 5) está intersectado por a seis cuencas hidrográficas con 3074.81 has., las cuencas son: Los arroyos, La Policía, La Toma de los Americanos, La Honda, Cerro Gato y El Chino, toda el área tiene importancia hídrica, pero entre los 300-400 msnm están los sitios más importantes de afloramiento de agua, dentro de propiedades privadas. Sin embargo, ninguna acción de manejo planificado y ordenado se ha realizado con los propietarios de las tierras de estos sitios que son altamente sensible a usos inapropiados del suelo. Por consiguiente es prioritario que las entidades competentes promuevan la gestión de un Programa Ambiental compensatorio con los

productores del sitio (*pago de servicios ambientales*) para la conservación de la zona de estudio y sus áreas de influencia.

- c. Al observar las cuencas hidrográficas (Mapa 5) y el **cuadro 3**, la cuenca El Chino, es la más grande (15,16 Km²) y es la de mayor incidencia de superficie (30%, 9.24 Km²) dentro del área de estudio, incluye un importante proyecto de uso de agua para actividades productivas mediante estaciones de bombeo, que está paralizado por falta de mantenimiento. La cuenca de Cerro gato, la más importante por su caudal (10.5 l/s), con una incidencia del 29% (8.78 Km²) dentro del área de estudio, gran parte de su caudal abastece al sistema de agua potable del Cantón San Cristóbal.

Cuadro 3. Porcentaje de superficie de cuencas dentro del área de Estudio

Nombre de la cuenca	Extensión Total (Km ²)	Superficie - área estudio	% Área estudio (*)	Caudales (l/s) **
El Chino	15.16	9.24	30%	8 l/s ***
Cerro Gato	6.52	3.81	12%	10.5 l/s
La Honda	10.48	8.78	29%	3 l/s
La toma de Los Americanos	3.5	2.19	7%	8.5 l/s
Los Arroyos	6.93	3.12	10%	--
La Policía	6.4	2.80	9%	7.5
Humedales fuera de las cunecas	--	0.8	3%	--
Total		30.74	100%	

(*) El porcentaje es con respecto al área de estudio: 100% (30,74 Km²)

** Valores de caudal tomados de información secundaria para los proyectos de agua potable (La Toma de los americanos y Cerro Gato, tomados del estudio realizado por el GAD Municipal San Cristóbal

(***) El caudal de la cuenca El Chino, corresponde a un aforo realizado durante este estudio

La cuenca de la Toma de los americanos, llama la atención, con menos superficie de captación tiene un alto caudal (8.5 l/s), su área de influencia en la zona de estudio es del 7%

(2.19 Km²), su caudal es aprovechado para consumo humano, a través de una represa construida por los norteamericanos en el tiempo de la segunda guerra mundial. En fin hay una serie de obras hidráulicas menores con problemas de mantenimiento, reposición y problemas de organización comunitaria y administración del recurso.

d. Los usuarios del recurso no tienen una cultura apropiada para el consumo del agua especialmente en San Cristóbal (sitio donde hay relativamente abundante recurso), y el Gobierno municipal no ha aplicado ninguna tarifa diferenciada en función de los tipos de uso del agua. En

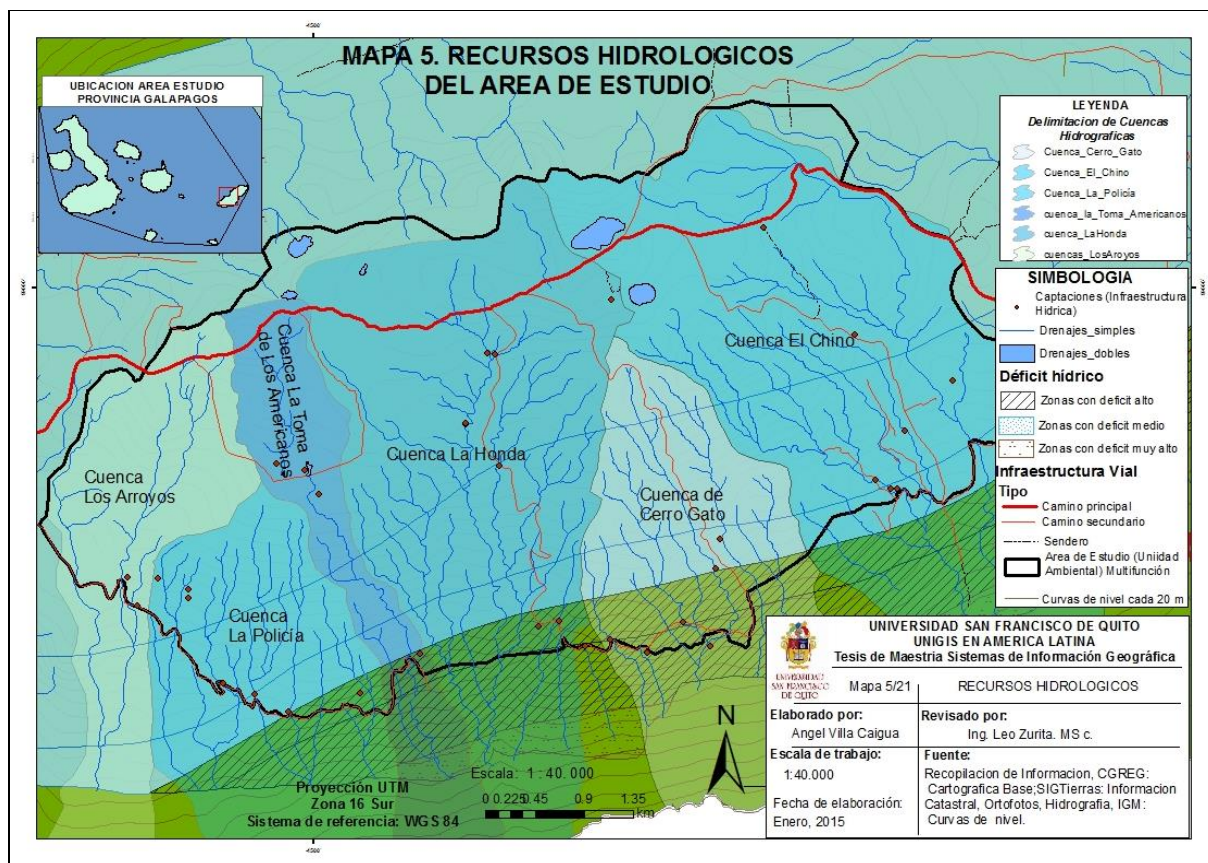


igual forma no ha logrado hacer eficiente la administración y el servicio de este recurso. Con los cambios de competencia, ahora le corresponde al Consejo de Gobierno de Régimen Especial de Galápagos resolver las demandas de agua para el sector productivo así como la conservación del recurso.

e. Del análisis realizado, sobre la distribución del régimen de humedad en el área de estudio (Mapa 5), se encontró que en la parte alta, se tiene una precipitación de 1400 mm; mientras que, en la parte sur y límite del área de estudio existe un **déficit alto** de humedad (menor a 400 mm).

De acuerdo con entrevistas personalizadas del personal operativo de la municipalidad, el proyecto de agua potable que en el 2014 entró en operación con medidores de agua, proviene de tres captaciones ubicadas en diferentes cuencas hidrográficas antes citadas: Cerro Gato con una distancia de 18 km de conducción, capta un caudal de 10.5 l/s., de la

encañada “El Plátano” que pertenece a una de las vertientes de la cuenca la Honda con 7 km de conducción hasta la Parroquia El Progreso se capta un caudal de 3 l/s, y la Toma de los Americanos con 6 km, se captan 8.5 l/s, lo que significa una captación diaria de 1900,8 m³



para una población cercana a los 10 mil habitantes. Indicándose además que existen fuentes de agua aún no inventariadas ni utilizadas, estimándose que la potencialidad del recurso en flujo de agua superficial es alrededor del 60% para el uso futuro del Cantón y que ahora necesita ser protegido y conservado.

De acuerdo con el estudio de Línea base ambiental municipal, en el 2007 se registran datos de caudales tomados del Informe Hidrológico de fuentes superficiales (2010), realizado por empresa contratista “EPTSA Grupo E.P ENTEMANSER” (cuadro 4), que son datos importantes ante la falta de un registro histórico de caudales, pero hay que aclarar la superficie no

corresponde al área total de la cuenca, sino probablemente a la superficie de escurrimiento a partir donde se realizaron los aforos de caudal aguas arriba de la cuenca, lo que es necesario considerar a la hora de analizar la información.

Cuadro 4. Disponibilidad Hídrica Superficial en Cuencas de importancia hídrica en el área de estudio

Cuneca	Superficie de drenaje	Caudal (*)	Volumen Anual
Cerro Gato	2,88	17	536112
La Toma	3,06	15	473040
El Plátano **	7,63	4,5	141912
La policía	4,28	7,5	236520
La Honda	1,84	10	315360
TOTAL			1702944

(*) Fuente: Informe Hidrológico de fuentes superficiales para el Agua Potable de San Cristóbal. (2010). Empresa EPTISA Grupo E.P. ENTEMANSER contratada para el Proyecto de Agua Potable municipal.

(**) El Plátano no es una Cuenca, sino es el nombre de una encañada que forma parte del drenaje de la cuenca La Honda.

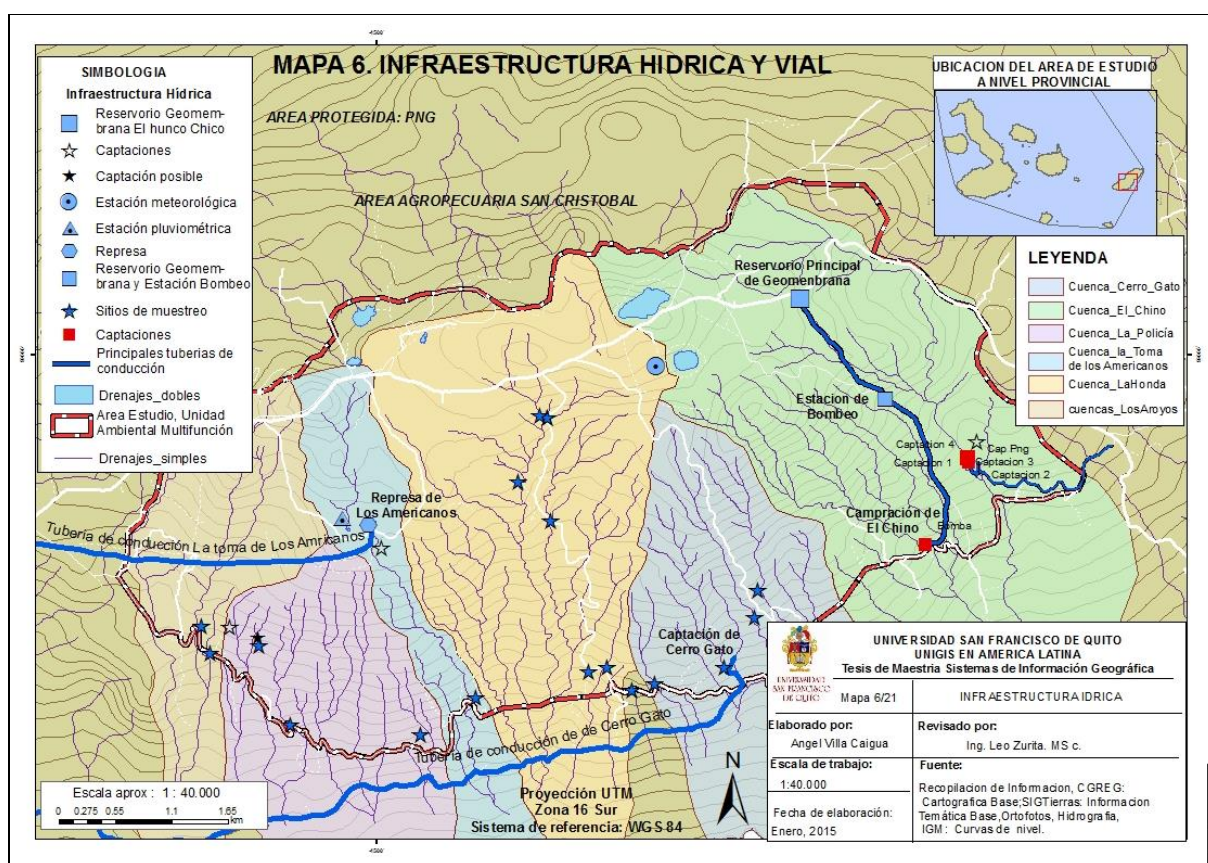
La disponibilidad atmosférica, es otra fuente potencialmente importante en el área de estudio dada la intensidad de neblina cardada de agua durante seis meses del año, dado la distribución del el régimen de humedad en la parte alta en épocas de garúa y temporada fría o de lluvias intensas en épocas de calor, cuyo objetivo es captar la neblina cargada de agua o lluvia intensa a través de techados, esto es común encontrar en techados de viviendas o establos de la zona rural. Con la distribución de los datos de precipitación se realizó el Mapa 3 de Isoyetas. La presencia de una red de estaciones de meteorológicas que se instalaron en este año por la Universidad San Francisco de Quito y Carolina del Norte, permitirá realizar con mejor precisión cálculos de precipitación.

Desde el lado de la demanda hidrológica:

Obviamente la demanda principal están fuera de área de estudio establecida por la población de centros poblados urbanos y rurales, existen diferentes tipos de consumos

como: servicios de agua potable, industria turística, procesamiento de agua para fines comerciales, pequeñas industrias productivas, y los diversos requerimientos del sector rural, así como para la funcionalidad de los propios habitas dentro de la zona de estudio.

La Infraestructura Hídrica.- En la zona de estudio está distribuida por diferentes sitios, (Mapa 6), son diversos los de tipos de obras de infraestructuras, desde pequeñas captaciones, bocatomas, estaciones de bombeo, conducciones importantes, hasta una represa llamada La Toma de los Americanos.



Se observó estaciones, pluviométricas, sitios de medición de caudales, es decir el uso del territorio por concepto de monitoreo del recurso hidrológico en las seis cuencas hidrográficas que componen el área de estudio. También se conoció que existen iniciativas de nuevos proyectos de agua, pero en ninguno de los casos se habla de la protección de las

fuentes proveedoras de agua o de conservación de esta importante zona de reserva hídrica y de humedales de San Cristóbal.

Algunas imágenes describen mejor el estado en que se encuentra cierta infraestructura hídrica dentro del área de estudio:

Sistemas de conducción y almacenamiento han sufrido deterioro y se encuentran en mal estado, lo que provoca grandes pérdidas de agua como se muestra en las imágenes adjuntas.



Las Obras de infraestructura reciente, en algunos casos están funcionando, pero en otros casos están abandonadas por falta de mantenimiento o porque fueron construidas en sitios inapropiados donde no se garantiza el caudal de almacenamiento.



La represa la Toma de los Americanos, con una sedimentación por erosión relativamente mínima debido al alto porcentaje de cobertura vegetal en la cuenca, requiere un mantenimiento para su limpieza de vegetación y recuperación de la capacidad de almacenamiento.



Las **debilidades** principales identificadas para una buena gestión del recurso hidrológico son:

- 1) No existen estaciones pluviométricas e hidrológicas que lleven un registro diario y permanente en toda la zona de influencia al área de estudio (sitio de mayor humedad) donde los regímenes de precipitación son diferentes de los que registra la estación del INAMHI ubicada en la parte costera de San Cristóbal, esto no hace posible poder determinar con mejor precisión el comportamiento del ciclo hidrológico y las épocas de estiaje y de mayor producción de agua.
- 2) La Municipalidad no cuenta con un departamento técnico fortalecido en Planificación y Gestión Ambiental y un mecanismo regulatorio para evitar usos incompatibles del suelo en la zona de estudio o zona proveedora de agua para San Cristóbal.
- 3) A pesar de la política pública para la gestión de los recursos hídricos, no existe una suficiente capacidad técnica y de coordinación por parte de los organismos competentes: SENAGUA, CGREG y GAG Municipal y Parroquial, para la implementación del proceso de gestión del recurso hídrico relacionado con: Planificación (oferta y demanda) estudios, proyectos, soluciones de conflictos, administración en redes de uso comunitario y la conservación del recurso hídrico.

Las **oportunidades y potencialidades** para la gestión de los recursos hídricos encontradas son:

- 1) La municipalidad, tiene interés en mejorar las falencias del proyecto de agua potable.
- 2) Existe interés en la cooperación internacional en contribuir la gestión de los recursos hidrológicos de Galápagos.
- 3) El agua está considerado como un recurso estratégico para el desarrollo local, cantonal y nacional.

- 4) Con pocos recursos económicos se puede aprovechar mejor el recurso hídrico, especialmente en el sector rural, donde no hay atención para resolver la demanda para mejorar el servicio en las comunidades rurales, cuya economía depende de la producción agropecuaria.

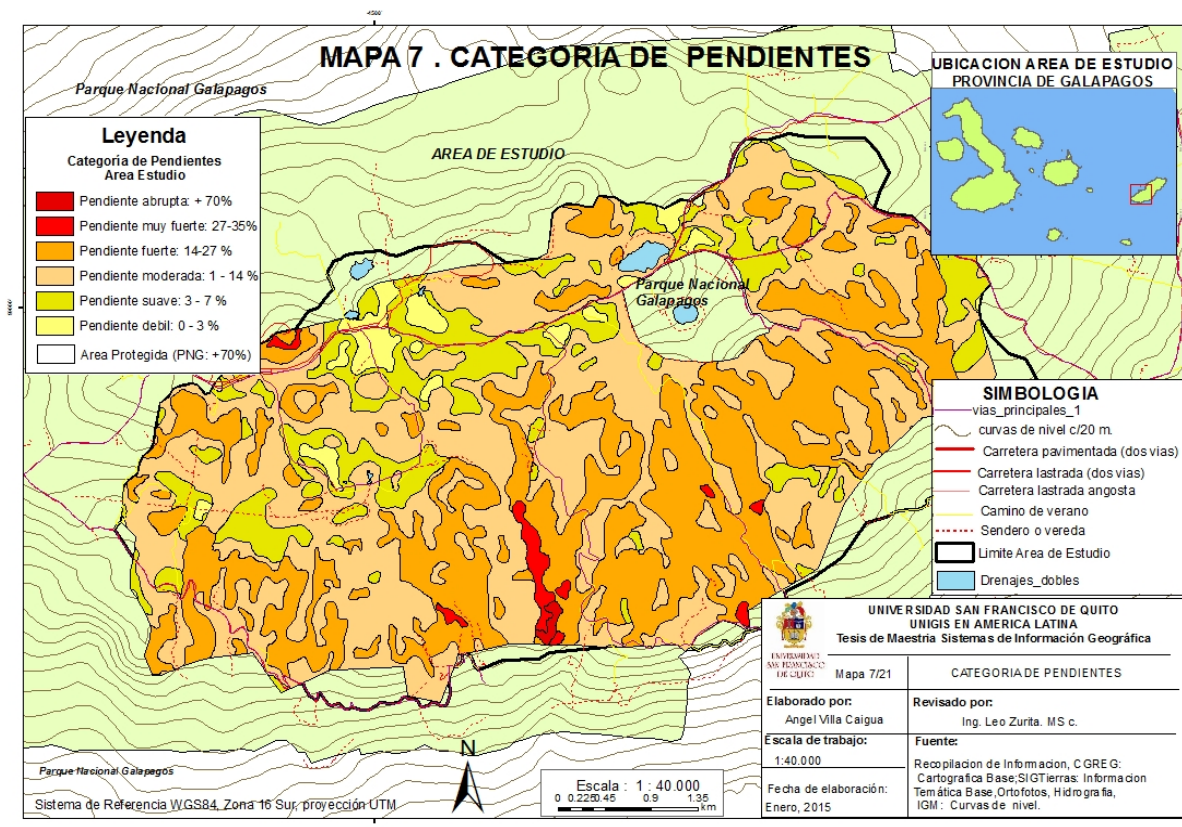
3.2.1.3. Pendientes.

Como se puede observar en el Mapa 7, las pendientes del área de estudio están clasificadas en seis categorías, la mayor parte del área tiene pendientes planas a **suavemente onduladas** como se ve en la imagen del paisaje siguiente, cuyos rangos van desde el 0 a más del 70%.

En la parte superior del área de estudio, existen zonas con pendientes planas comúnmente llamadas llanos de pampa con, mientras se sigue aguas abajo por montañas de las diferentes cuencas, la topografía se compone de pendientes suaves a muy accidentadas, especialmente, siendo la cuenca la Honda la que presenta mayores sitios de pendientes muy fuertes en la zona de estudio.

En estos sitios se encuentran los humedales y cuerpos de agua (lagunas, flujos de agua superficial) que pasan con agua en la mayor parte del año. Existen también sitios escarpados con pendientes muy fuertes como taludes de encañadas que van más allá del 100%, que por razones de escala no se pueden visualizar en el mapa 7.

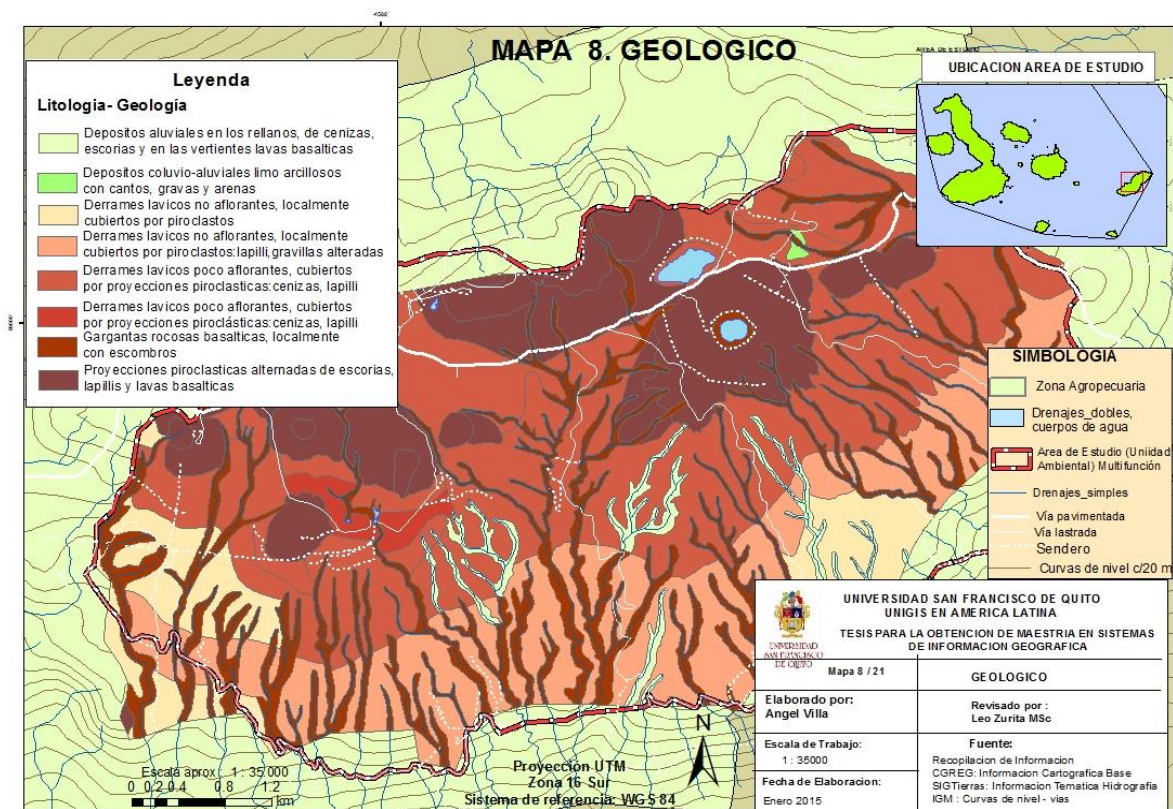




3.2.1.4. Geología.

La geología del área de estudio está compuesta por 11 categorías, siendo la menos predominante la que está compuesta por *Abruptos fuertes circundantes* con vertientes rectilíneas del manto somital; y las categorías geológicas que predominan en la zona de estudio son:

- Pequeños conos volcánicos bien conservados
- Grandes vertientes inclinadas sobre superficies de coladas disecadas
- Gran vertiente muy disecada. Franjas planas separadas por profundas gargantas



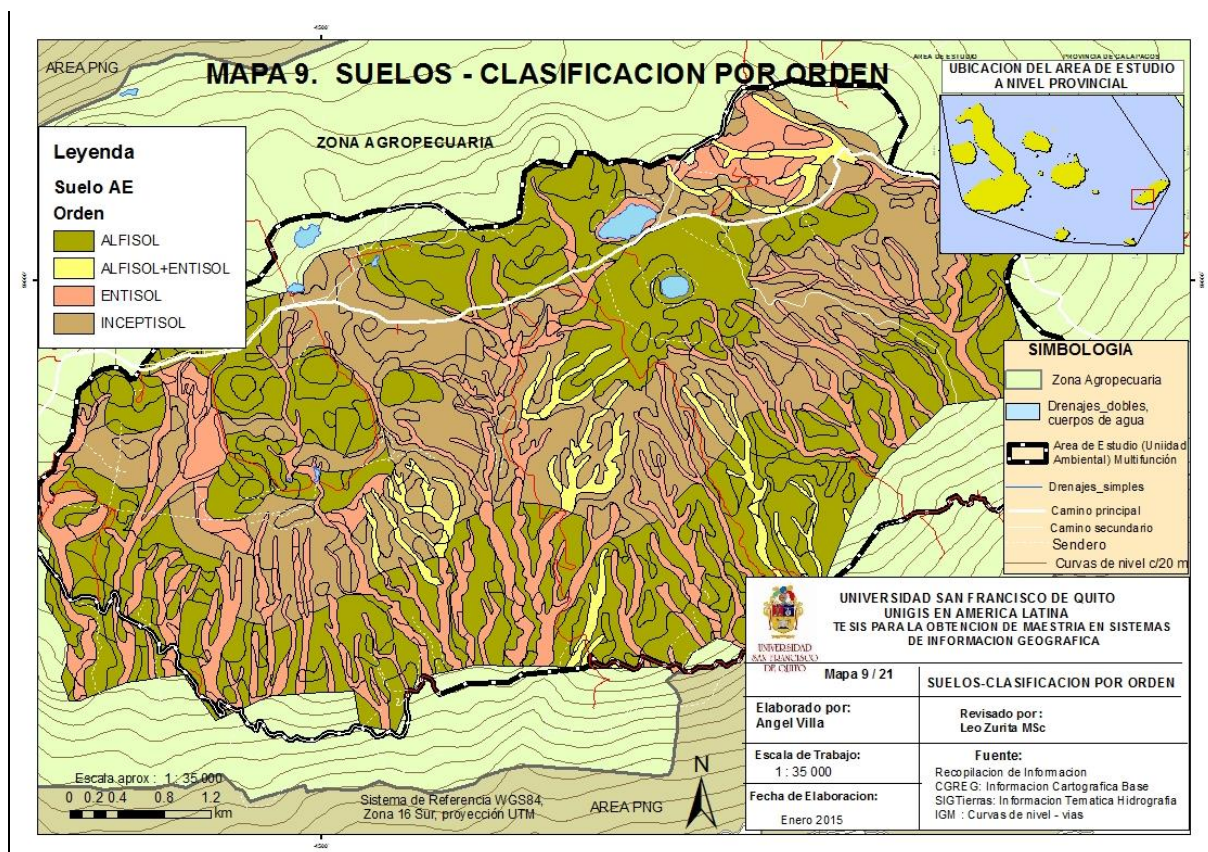
3.2.1.5. Suelos.

De acuerdo con los estudios realizados por PRONAREG, La Horston y el INGALA (1987), los suelos del área de estudio corresponden a los procesos de formaciones geológicas y consecuentemente están caracterizados en cuatro grandes órdenes como se puede apreciar en el Mapa 9 y en la siguiente descripción:

Por las características de los regímenes de humedad, los suelos permanecen húmedos en una gran parte del año, es decir son suelos de régimen de humedad **údic**. A ello se debe su coloración **pardo rojizos a pardo amarillentos**, su textura predominante es **franco arcilloso limoso**, profundos, localmente con gravas a más de 60 cm de profundidad. El ph es ácido, en 5.0 a 6.0 unidades. En la parte media existen suelos de color **pardo-rojizo**, textura **arcillosa**, profundos y con posibilidad de agrietamiento en la época menos húmeda. Su fertilidad baja con un ph de 6.2 (ligeramente ácido). En la parte media y baja del área de

estudio, también hay suelos muy poco profundos con abundantes afloramientos rocosos y están caracterizados en cuatro tipos:

- ✓ Alfisoles
- ✓ Alfisoles + Entisoles
- ✓ Entisol
- ✓ Inceptisoles



3.2.1.6. Zonas de vida.

Al analizar el comportamiento bioclimático de zonas de vida según Holdridge, está basado en variables bioclimáticas como la **bio-temperatura** (18-25°C), correspondiente a una **región latitudinal** de temperatura cálida y subtropical; y la **precipitación media anual** (de 400 a >= 1400 mm en zonas altas y < 400 mm en zonas bajas y costeras); **pisos o franjas altitudinales** que para la zona de estudio corresponde a *Pre-montano* y *Montano bajo*; y las **provincias de**

humedad. Determinándose que en el área de estudio y su influencia, existen tres tipos de Zonas de Vida como se puede ver en el Diagrama de Holdridge (Figura 8 y Mapa 10):

- *Bosque húmedo Pre-montano: (BhPm)* corresponde a un bosque húmedo o lluvioso (wet Forest) en parte alta del área de estudio.
- *Bosque seco Pre-Montano: (BsPm)* que corresponde a un bosque seco tropical (Dry Forest) en la parte media y baja del área de estudio.
- *Monte espinoso Pre-Montano: (BePm)* que corresponde a un bosque seco semiárido (Dry Forest) en la parte baja y zona de influencia del área de estudio.

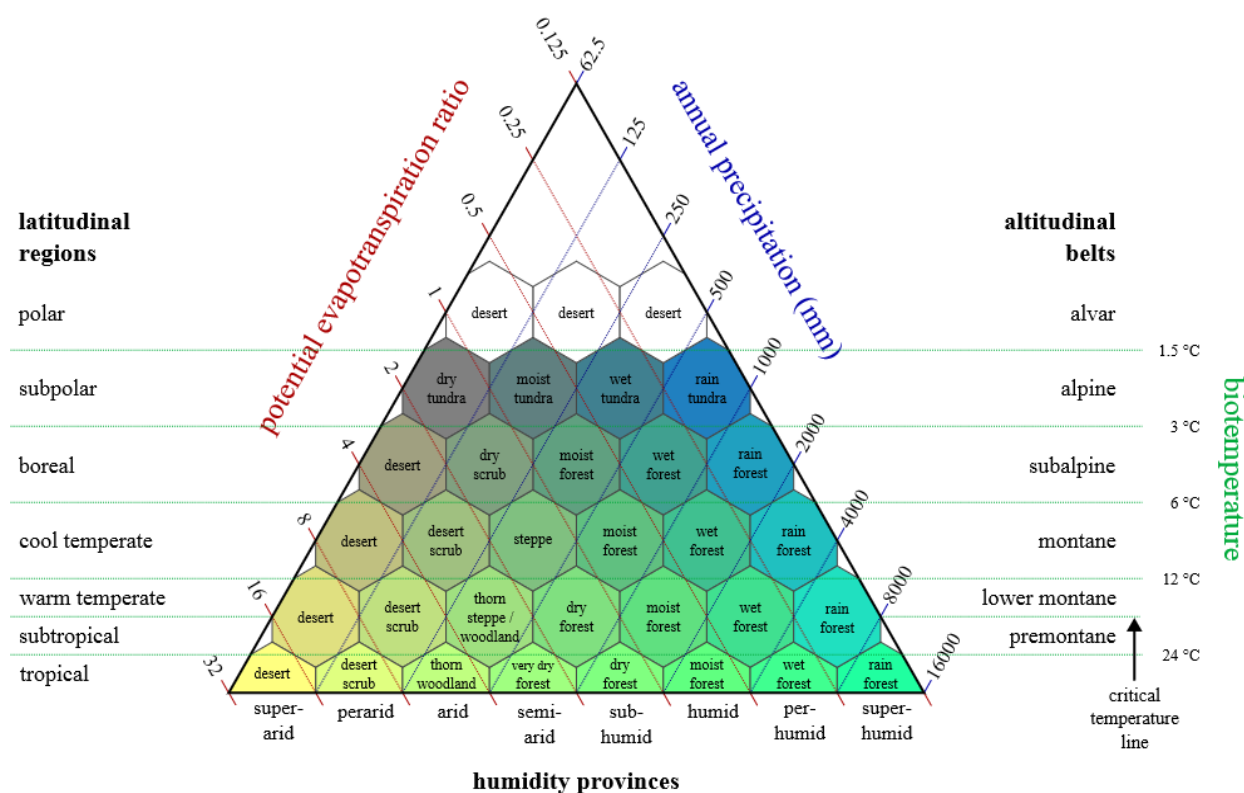
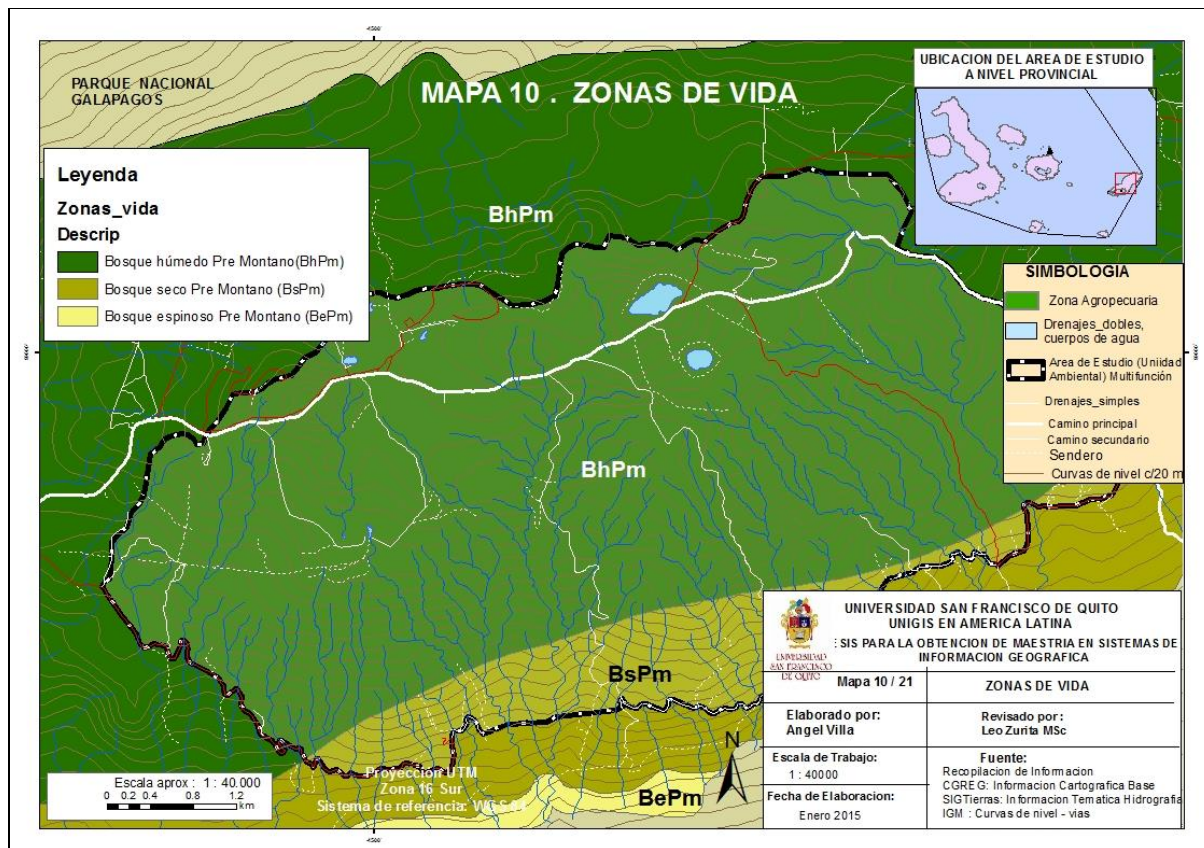


Figura 8. Diagrama de Holdridge para identificación de zonas de vida



3.2.1.7. Ecosistema de la zona de estudio.

La existencia de especies de flora y fauna nativas y endémicas, sus relaciones dentro de los hábitats entre las variables físicas, bióticas e hidrológicas hacen del área de estudio un importante ecosistema para la vida silvestre y humana, está ubicado dentro de la zona de uso agropecuario de san Cristóbal, muy poco se conoce de la existencia de su diversidad de flora y fauna nativa y endémicas. Por lo que solamente se hace referencia a las especies que el PNG ha puesto mayor interés para su conservación:

El petrel de Galápagos -*Pterodroma phaeopygia*- es un ave marina nocturna que se encuentra en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), como especie amenazada en peligro crítico (Tabla 3), motivo por el que el Ministerio del Ambiente (MAE) a través de del PNG), realizó un censo de nidos de petreles, durante tres

meses en el 2013 y mantiene un programa de monitoreo en forma permanente en el área de estudio.

El Mapa 11 muestra la distribución espacial de los nidos de petrel, donde se conoce que el 70% de los nidos antiguos están activos, de acuerdo con el resultado de trabajo del equipo de monitoreo del PNG quienes registraron áreas de cinco metros cuadrados en los sitios conocidos y en otros sitios posibles como se observa en la imagen, revisan si existen nidos activos, la presencia de adultos, polluelos, huevos o rastros de plumas, restos de comida o excremento, y registran la posición geográfica del nido con GPS para futuras verificaciones.

La inspección de ocho sectores identificados por la constante anidación de petreles se ha registrado 294 nidos, de esos 47 son nuevos y 25 se encuentran abandonados. Con estos indicadores permitirá al PNG, y a las autoridades competentes aplicar



medidas de manejo que ayuden a mantener e incrementar la población de petreles de Galápagos.

En la tabla 3, se puede observar los tipos de aves y su estado de situación, donde el Petrel está en peligro de extinción que actualmente está siendo monitoreada y cuidada por el PNG.

Tabla 3. Lisita de aves y su condición en San Cristóbal

Nombre científico	Nombre común local	Situación
Anas bahamensis galapagensis	Patillo	subespecie endémica
Bubulcus ibis	Garza Bueyera	anida en Galápagos sitios en humedales
Camarhynchus parvulus	Pinzón Arbóreo Pequeño	Endémico
Certhidea olivacea	Pinzón Cantor	Endémico
Crotophaga ani	Garrapatero	introducido

Dendroica petechia aureola	Canario María	subespecie casi endémica
Gallinula chloropus	Gallinula	anida en Galápagos
Geospiza fuliginosa	Pinzón Terrestre Pequeño	Endémico
Himantopus mexicanus	Tero Real	anida en Galápagos
Laterallus spilonotus	Pachay	Endémica
subespecie		
Neocrex erythrops	Gallareta	anida en Galápagos
Nesomimus melanotis	Cucuve de San Cristóbal	Endémico
Numenius phaeopus	Zarapito	Migrante
Platyspiza crassirostris	Pinzón Vegetariano	Endémico
Pterodroma phaeopygia	Petrel de Galápagos	Endémico en peligro de extinción
Tyto alba punctatissima	Lechuza	subespecie endémica

Fuente: Cruz, D., Wiedenfeld A. (2005). *Informe de resultados del estudio: Estatus del ciclo reproductivo, hábitat, y amenazas en las colonias del petrel de galápagos en isla San Cristóbal*

Junto a los humedales se observan otras especies de aves que requieren de estas condiciones para su hábitat, así como la existencia de camarones de agua dulce.



Otra de las especie conocida como cacaotillo (*miconia robinsoniana*) es una especie vegetal endémica según indica Cruz, D., et-al (2005) Tabla 4. donde se afirma estar en riesgo de extinción, sin embargo, durante el período del estudio se han observado importantes extensiones de recuperación de esta especie.



Tabla 4 Especies vegetales y su origen en las islas.

<i>Familia</i>	<i>Especie</i>	<i>Origen en las islas</i>
Apiaceae	<i>Centella asiatica</i> (L.) Urban in Mart.	nativa
Aspleniaceae	<i>Asplenium feei</i> Kunze ex Fee.	nativa
Asteraceae	<i>Ageratum conyzoides</i> L.	probablemente nativa
	<i>Jaegeria gracilis</i> Hook. f.	endémica
Blechnaceae	<i>Blechnum occidentale</i> L.	nativa
	<i>Blechnum polypodioides</i> Raddi	nativa
Clusiaceae	<i>Hypericum thesiifolium</i> Kunth	nativa
Cytheaceae	<i>Cyathea weatherbyana</i> (C.V. Morton) C.V.	endémica
Davalliaceae	<i>Nephrolepis pectinata</i> (L.)	nativa
Dennstaedtiaceae	<i>Hypolepis hostilis</i> (Kunze) C. Presl.	nativa
	<i>Pteridium arachnoideum</i> (Kaulf.) Maxon	nativa
Dryopteridaceae	<i>Ctenites sloanei</i> (Poepp. ex Spreng)	nativa
	<i>Elaphoglossum firmum</i> (Mett ex Kuhn) Urb.	nativa
	<i>Elaphoglossum yarumalense</i> Hieron.	nativa
	<i>Megalastrum pleiosoros</i> (Hook. f.) Morton	endémica
	<i>Tectaria aequatoriensis</i> (Hieron.) C.Ch.	nativa
Gleicheniaceae	<i>Dicranopteris flexuosa</i> (Schrad.) Underw.	nativa
Hymenophyllaceae	<i>Hymenophyllum plumieri</i> Hook. & Grev.	nativa
Lycopodiaceae	<i>Lycopodium clavatum</i> L.	nativa
Melastomataceae	<i>Miconia robinsoniana</i> Cogn.	endémica
Myrtaceae	<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	introducida
Piperaceae	<i>Peperomia galioides</i> Kunth	nativa
Poaceae	pasto 1	indeterminado
Polypodiaceae	<i>Phlebodium pseudoaureum</i> (Cav.) Lellinger	nativa
Pteridaceae	<i>Doryopteris palmata</i>	nativa
	<i>Pityrogramma calomelanus</i> var. <i>calomelanus</i> (L.) Link	nativa
Rosaceae	<i>Rubus niveus</i> Thunb.	introducida
Sphagnaceae	<i>Sphagnum</i> sp.	indeterminado
Thelypteridaceae	<i>Thelypteris gardneriana</i> (Baker) C.F. Reed.	nativa
	<i>Thelypteris oligocarpa</i> Humb. & Bonpl. ex Willd	nativa
otros briofitos		indeterminado
líquenes		indeterminado

Fuente: Cruz, D., Wiedenfeld A. (2005). *Informe de resultados del estudio: Estatus del ciclo reproductivo, hábitat, y amenazas en las colonias del petrel de galápagos en isla San Cristóbal*

La presencia de cuerpos de agua y humedales propios de este sitio lo caracteriza a esta zona como de importancia hidrológica y los servicios ambientales que esta zona está cumpliendo, constituye un ecosistema muy particular y único en el archipié-

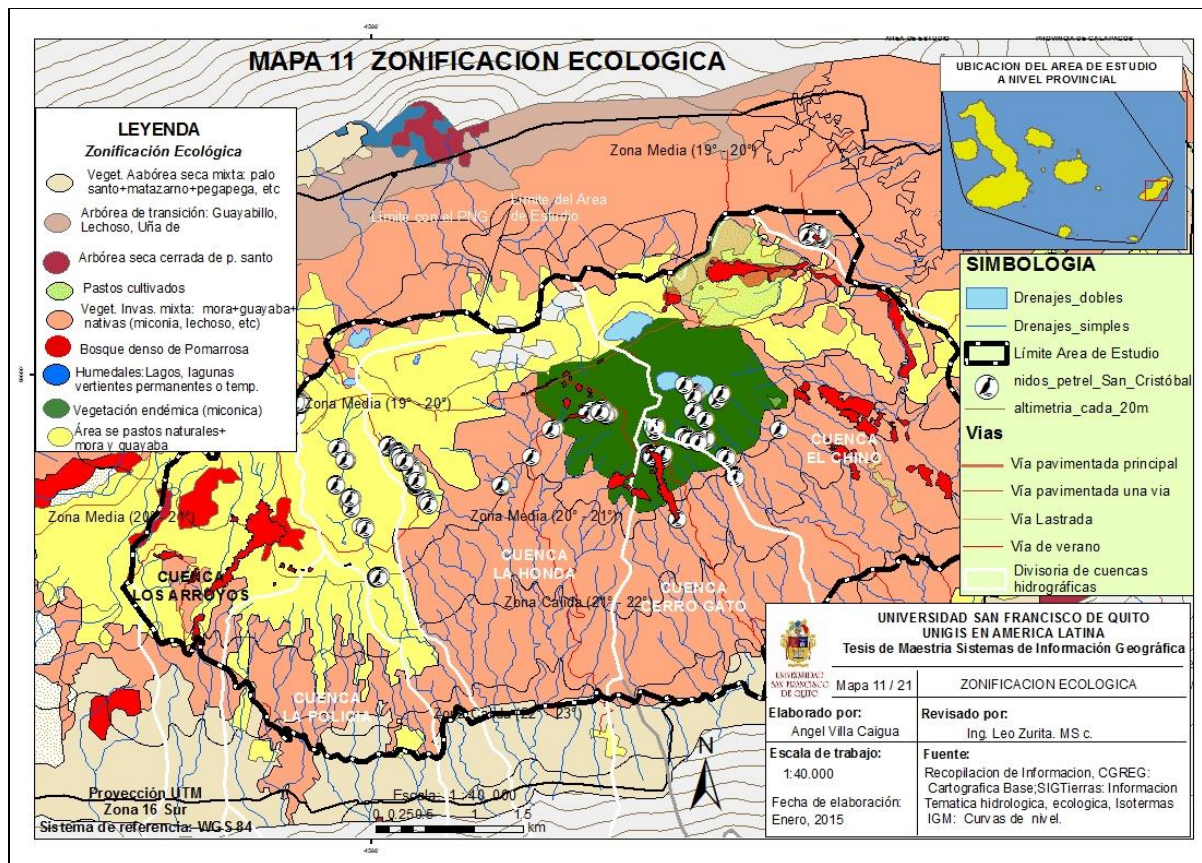


lago, por el valor hidrológico y ecológico que representa, está favorecido por las precipitaciones de invierno regional (enero-marzo), la garúa (entre julio y noviembre), lo que lo caracteriza ser una zona muy húmeda en el lado sur más alto de la isla, que sustenta diversos de usos: aprovechamiento de agua, proyecto energético eólico, vialidad, turismo, usos agropecuarios, investigación científica y viviendas (muy dispersas). Por esto, requiere encontrar áreas homogéneas menores para categorizar su manejo, donde los usos no sean incompatibles con el territorio.

Bajo las consideraciones expuestas, es importante analizar que está pasando con los efectos dados por especies invasoras como la mora (*rubus sp.*), la pomarrosa (*eugenia jumbos*) y la guayaba (*pisidium guajaba*) en una zona muy sensible ambientalmente sobre todo para las especies endémicas o nativas de esta zona. Para tener una idea más comprensible, se puede observar en el Mapa 11 la magnitud de propagación de especies invasoras que se encuentran asociadas con nativas y endémicas, cuya propagación en el área agropecuaria (8.352,9 has) fue del 71% un período de 21 años (1987-2006) de acuerdo con el estudio realizado en el 2010 por el CGREG¹⁴.

El guayabo asociado con un musgo hospedero color café, están contribuyendo positivamente a la reserva hídrica y a la capacidad almacenamiento de agua en las cuencas hidrográficas, a través de la intersección de la precipitación y la humedad atmosférica; mientras que, la pomarrosa está afectando a la capacidad de almacenamiento, puesto que bajo esta especie se encontró suelos erosionados endurecidos y sin vegetación (Mapa 11 Zonificación Ecológica).

¹⁴ Villa Ángel C. y Pool Segarra, El cambio histórico del uso del suelo y cobertura vegetal en el área rural de Santa Cruz y San Cristóbal, Tomado del Informe Galápagos 2009-2010.



3.2.1.8. Energía.

Se obtiene de dos formas: 1) mediante generación térmica para el área urbana con el uso de combustibles y para los requerimientos de las embarcaciones turísticas y la actividad pesquera, que ocupan cercal 60% del consumo total. 2) mediante la generación eólica desde el año 2007, cuyo parque eólico consiste de 3 turbinas MADE, de fabricación española, cada una con una potencia de 800 KW (la torre que soporta el aerogenerador tiene una longitud de 51.5 metros y el diámetro de la turbina 59 metros), las instalaciones se encuentran dentro del área de estudio en una montaña conocida localmente como Cerro Tropezón, contribuyen con un 40% de la demanda total especialmente en los meses de mayor intensidad de viento que son los meses de junio a octubre de acuerdo con las conversaciones personalizadas con técnicos de la empresa. La potencia instalada tiene la capacidad de 2.4 MW/año y el proyecto puede llegar a generar hasta 6.600 MWh/año y

reducir el 52% del consumo de diésel empleado en la generación de electricidad. Sin embargo, en promedio demanda es cubierta entre un 70% y 80% por la generación térmica de generadores ubicados en las afueras de la ciudad que usan el diésel como combustible.

Sin embargo las autoridades locales están pensando en la obtención de otras fuentes como solar y biomasa para poder suplir de energía especialmente para los meses que no existe buena intensidad de viento y aprovechar la importante intensidad de radiación solar que hay en Galápagos.



3.2.2. Caracterización socioeconómica del área de estudio.

3.2.2.1. Historia y descripción de los procesos sociales.

Para llegar a comprender los fundamentos sociales y económicos del área de estudio en el contexto del archipiélago de Galápagos, es necesario entender los procesos evolutivos históricos por los que ha vivido la población, su aspecto social y económico:

- ✓ En 1535 Tomás de Berlanga descubre las islas Galápagos
- ✓ E 1835, la Expedición Fitzroy del HMS Beagle (donde viajaba el joven naturalista Charles Darwin) realizó el mapa más completo de las islas y no tuvo cambios sino hasta 1942.
- ✓ El 12 de febrero de 1832, por orden del Gral. Juan José Flores, las islas son anexadas al Ecuador.
- ✓ En 1860 llamó la atención por la explotación de Orchilla, un líquen que crece en los bosques y tiene propiedades para tinturar

- ✓ En 1879 Manuel J. Cobos, dueño de la primera hacienda de San Cristóbal, explotaba caña de azúcar en la parte alta, donde el clima es más templado y se puede aprovechar agua de riego.
- ✓ Entre los años 1879 – 1884, son los primeros años de la gran hacienda se basaban en cultivo agrícola de supervivencia, producción de panela, mieles de caña, licores, comercio de cueros y carne seca, aceite de tortuga, pesca de bacalao y cal, etc.
- ✓ Entre 1884 a 1889 Galápagos deja de ser provincia para ser administrada por la Jefatura Territorial dependiente de la Presidencia de la República. El Jefe Territorial promovió la colonización en las islas. En esta época fue de mayor esfuerzo en la producción de caña de azúcar en San Cristóbal para la industrialización (fue el primer ingenio azucarero del Ecuador), desarrollo de sistemas de conducción de agua, construcción de caminos, construcción de un ferrocarril arrastrado por bueyes para transportar la carga desde y hasta el muelle.
- ✓ Entre 1889 – 1904, viene la etapa de industrialización, se incrementó las ganancias económicas del patrón Cobos quien importó maquinaria para el ingenio azucarero desde Escocia, hornos, tanques, bodegas, etc. Aquí es cuando se dio la máxima ampliación del cultivo de caña de azúcar (hasta 3000 hectáreas), culminación de la magnífica obra de agua entubada desde la parte alta y la instalación de rieles para carga y descarga de productos desde el muelle, y se llegó a tener sus propia moneda
- ✓ El 14 de mayo de 1936 se declara a las islas Reserva Nacional, por su importante valor ecológico.
- ✓ Entre 1946 y 1958, la isla Isabela (la más grande isla de Galápagos), fue campo de reclusión, donde iban a parar los delincuentes más peligrosos del país, donde los

penados levantaron una muralla (único vestigio que queda) para dar gusto a los gendarmes que querían verlos sufrir al mismo tiempo que se había implantado una frase “Es aquí donde los valientes lloran y los cobardes mueren”.

- ✓ En 1950 el turismo empezó y la población de Puerto Baquerizo Moreno incrementó más que la de El Progreso gracias al comercio.
- ✓ En 1959 el Gobierno del Ecuador declaró a Galápagos Parque Nacional, lo cual dejaba un 97% del territorio de las islas para conservación.
- ✓ En 1970, el PNG registró 11 mil visitantes a las islas Galápagos
- ✓ En 1973 pasa nuevamente a ser Provincia con San Cristóbal como capital con 2900 habitantes (Latorre O. 2010). Actualmente está cerca a los 10 mil habitantes y existen problemas sociales y ambientales por resolverse.
- ✓ A la fecha (2014), el número de visitantes está cerca a los 200 mil turistas/año.

Como se puede comprender los procesos de colonización y su desarrollo de Galápagos han tenido una serie de connotaciones que se han registrado de acuerdo con la época, inicialmente la actividad agropecuaria constituyó la primera económica que fue solamente de sustento para los primeros migrantes y colonizadores del archipiélago, años más tarde la actividad agrícola con el cultivo de caña de azúcar en la época de Manuel J Cobos, fue la primera industria de producción de azúcar que se realizaba en el Ecuador concretamente en San Cristóbal Galápagos.

En la actualidad los factores socioeconómicos de Galápagos han cambiado significativamente los aspectos socioculturales de la población, las condiciones de desarrollo de infraestructura, medios de transporte, los medios de comunicación, los aspectos ecológicos y ambientales han alcanzado una mejor posesión en el mundo, lo que ha

motivado una mayor demanda de turistas interesados en visitar las Islas Galápagos, motivo por el que los indicadores actuales indican que el número de visitantes están bordeando los 200 mil turistas/año. Esto ha cambiado la situación de la actividad agropecuaria en el medio rural, donde la mayor parte de la población ha abandonado la actividad para dedicarse a otras actividades vinculadas con el turismo, consecuentemente se ha generado un problema ambiental y de alto impacto a los ecosistemas del archipiélago por la propagación de especies invasoras.

3.2.2.2. Indicadores de Población.

San Cristóbal es el segundo cantón de mayor concentración poblacional, representa el 29,8% del total de la provincia; en la última década como efecto de los controles migratorios, presenta una reducción de la tasa de crecimiento demográfica, aun así, la población ha mantenido un crecimiento debido a la inmigración del continente, que es impulsada por la búsqueda de mejores oportunidades de empleo que ofrece la expansión ocasionada por el turismo en toda la región insular. La inmigración a más de los efectos colaterales que produce, como el incremento en la demanda de servicios, ha generado que el cantón San Cristóbal se presente como una sociedad en construcción, cuya identidad no se ha desarrollado por la diversidad cultural de su población.

3.2.2.2.1. Población del Cantón, distribución geográfica, por sexo y edad, tasa crecimiento.

De acuerdo con los indicadores de población, en Galápagos el mayor porcentaje basado el último censo de población y vivienda (2010) está en el área urbana como se muestra en la

Figura 9, con 20.738 habitantes en el área urbana y 4386 habitantes, lo que representa el 82.5% y 17.5 % respectivamente.

Consecuentemente el Cantón San Cristóbal tiene la misma tendencia pero con valores más altos como se indica en el cuadro 5, es decir el 89.3% se concentra en el área urbana y el 10.7% en el área rural, esto es concomitante con lo que actualmente se observa en el territorio, unidades productivas semi-abandonadas, productores con población envejecida, frente a una gran potencialidad de recursos productivos (suelo y agua); y en el área de estudio la población tienen sus propiedades.

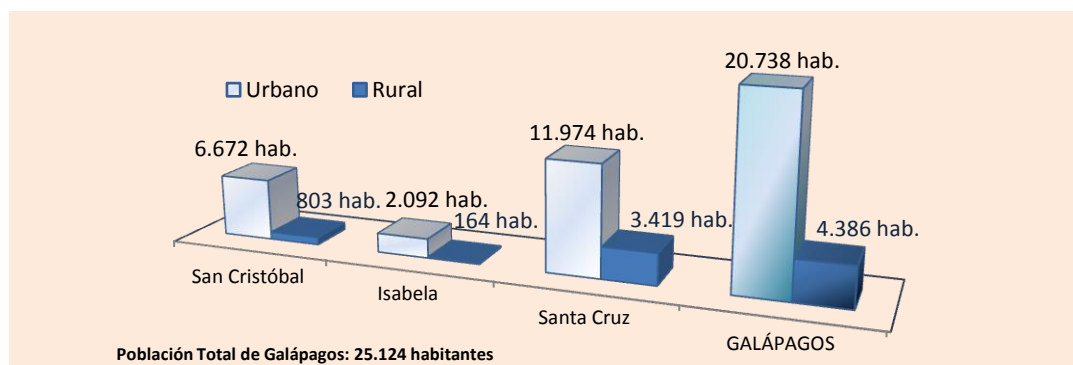


Figura 9. Población en Galápagos por Cantón y por Área (urbana-rural), año 2010.

Población en Galápagos por Cantón y por Área, año 2010, tomado de varias fuentes de indicadores socioeconómicos

Cuadro 5. Población en Galápagos por Cantón y por Área, año 2010

Cantón	Urbano	Rural	Total
San Cristóbal	6.672 (89,3%)	803 (10,7%)	7.475 (100%)
Isabela	2.092 (92,7%)	164 (7,3%)	2.256 (100%)
Santa Cruz	11.974 (77,8%)	3.419 (22,2%)	15.393 (100%)
GALÁPAGOS	20.738 (82,5%)	4.386 (17,5%)	25.124 (100%)

Fuente: Censo de Población 2010 – INEC. Cálculos y Elaboración:
Consejo de Gobierno de Galápagos.

Lo que significa que San Cristóbal seguido de Santa Cruz tiene el 10% de población en el área rural. La población según el sexo, en San Cristóbal la población de mujeres es relativamente menor como se puede ver en la figura 10, cuadro 6.

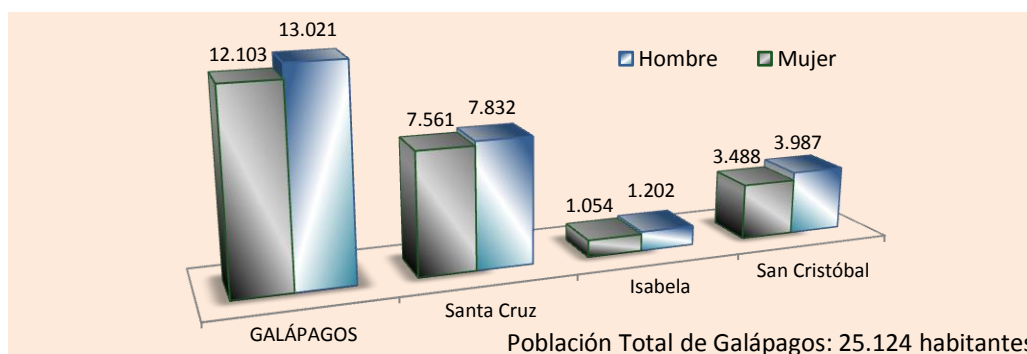


Figura 10. Población en Galápagos por Cantón y por Sexo, año 2010

El *índice de masculinidad* en Galápagos es 1,08; lo cual indica que por cada 100 mujeres hay 108 hombres. Mientras que el *índice de masculinidad* en Ecuador es 0,98; es decir que por cada 100 mujeres hay 98 hombres.

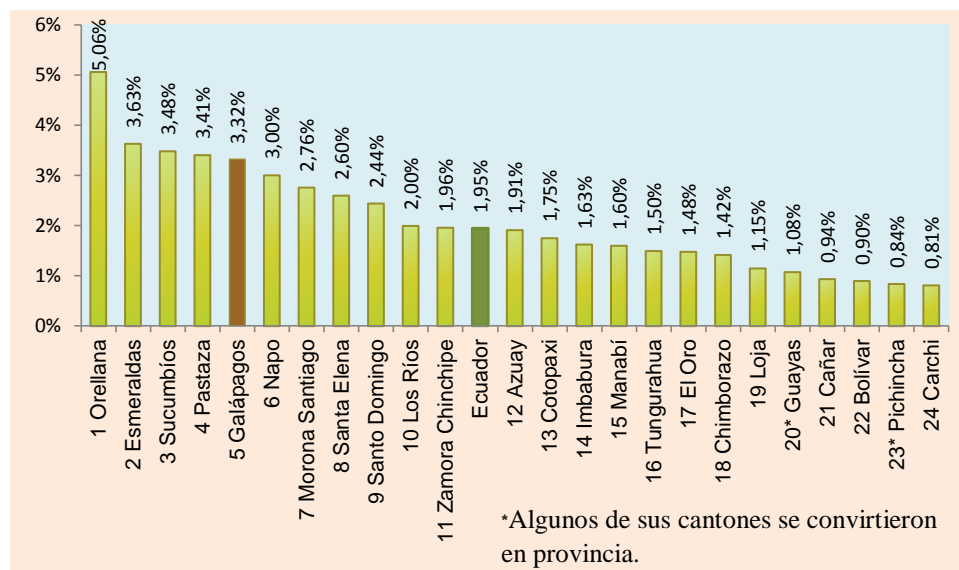
Cuadro 6. Población en Galápagos por Cantón y por Sexo, año 2010

Cantón	Hombre	Mujer	Total
San Cristóbal	3.987 (53,3%)	3.488 (46,7%)	7.475 (100%)
Isabela	1.202 (53,3%)	1.054 (46,7%)	2.256 (100%)
Santa Cruz	7.832 (50,9%)	7.561 (49,1%)	15.393 (100%)
GALÁPAGOS	13.021 (51,8%)	12.103 (48,2%)	25.124 (100%)

Fuente: Censo de Población 2010 – INEC.

Cálculos y Elaboración: Consejo de Gobierno de Galápagos

La Tasa de crecimiento poblacional de Galápagos frente al resto de provincia del Ecuador (Figura 11) para el 2010, todavía es elevada de acuerdo a los indicadores del INEC (2010), debido principalmente a razones migratorias, que son regulados por los sistemas de control establecidos desde 1998, época en la cual, la tasa de crecimiento fue hasta del 5.9% de acuerdo a los indicadores del INEC (Figura 12 y cuadro 7).



Fuente: Censos de Población y vivienda INEC, 2010

Figura 11. Tasas de Crecimiento Anual del Ecuador por provincias. 2010

En la Figura 12 la tasa de crecimiento poblacional en Galápagos, a partir del 2001 empieza a decrecer, y en el 2010 registra un 3.32% de acuerdo con el censo del INEC de esta fecha, es decir se evidencia el resultado de aplicación de las políticas ambientales; sin embargo, el componente socio-económico, está siendo afectado al reducirse las ofertas de mano de obra

para las actividades productivas

principalmente agro-pecuarias, que

son consideradas de vital importancia

para la seguridad alimentaria, la

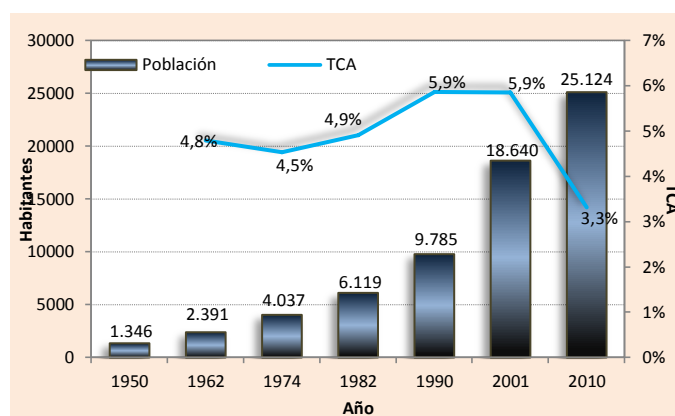
reducción de la dependencia de

productos alimenticios del Ecuador

continental y consecuentemente la

reducción del ingreso de organismos

exóticos a las islas.



Fuente: INEC (2010). *Resultados del Censo 2010. Fascículo Galápagos. Estructura de la población.*

Figura 12. Distribución temporal de población y Tasas de crecimiento Galápagos

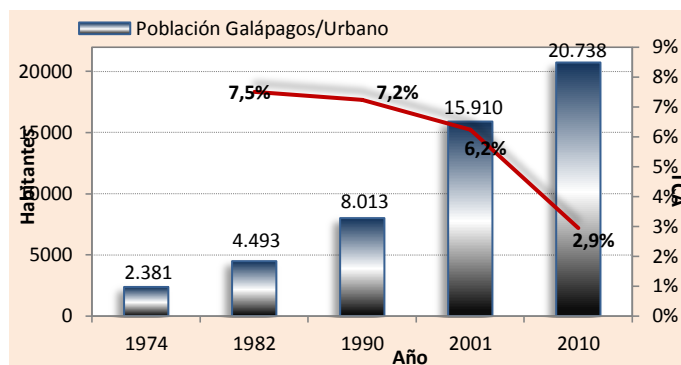
Cuadro 7. Tasas de Crecimiento Anual de Galápagos

De 1950 a 1962	De 1962 a 1974	De 1974 a 1982	De 1982 a 1990	De 1990 a 2001	De 2001 a 2010
4,79%	4,53%	4,91%	5,87%	5,86%	3,32%

Fuente: Difusión de Resultados Definitivos del Censo de Población de 2001 – INEC (2005);
Censo de Población 2010 – INEC.

Cálculos y Elaboración: Consejo de Gobierno de Galápagos

En el figura 13 y cuadro 8, se puede observar como estuvo el crecimiento poblacional urbano hasta el 2001, la tasa superaba el 6%, y al 2010 ha bajado al 2.9% y continua bajando.



Fuente: INEC (2010). *Resultados del Censo 2010. Fascículo Galápagos. Estructura de la población.*

Figura 13. Población y Tasas de crecimiento anual de Galápagos Urbano

Cuadro 8. Tasas de Crecimiento Anual de Galápagos Urbano

De 1974 a 1982	De 1982 a 1990	De 1990 a 2001	De 2001 a 2010
7,50%	7,23%	6,24%	2,94%

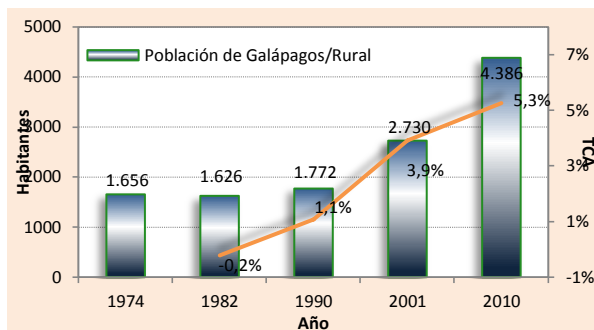
Fuente: Difusión de Resultados Definitivos del Censo de Población de 2001 – INEC (2005); Censo de Población 2010 – INEC

Cálculos y Elaboración: Consejo de Gobierno de Galápagos

En el medio rural la población en cierta manera tiene características diferentes en el crecimiento anual, particularmente en el caso de San Cristóbal, la densidad poblacional y su crecimiento fue muy bajo o casi nulo especialmente en las décadas anteriores a 1990 (Figura 14, 16) comparada con el área urbana que es al inversa, en años anteriores creció aceleradamente y luego empieza a detenerse por efectos del control migratorio; mientras que en el medio rural en años atrás la tendencia fue a abandonar el medio rural debido a que la actividad económica en este sector es bastante deprimida, y la

población joven salió por motivos de educación o en busca de mejores oportunidades de trabajo. Lo que si se nota ya en este momento, es que se empieza a despertar un

ligero interés por dinamizar la actividad agropecuaria por la población joven o que está dentro de la PEA, debido muy probablemente a la promoción de la aplicación de las políticas públicas productivas del estado ecuatoriano.



Fuente: INEC (2010). Resultados del Censo 2010. Fascículo Galápagos. Estructura de la población.

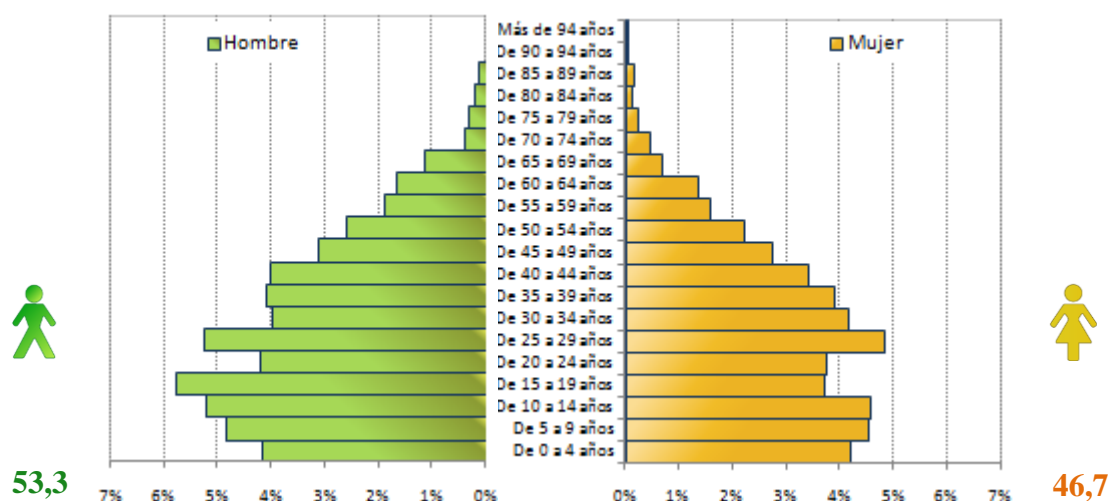
Figura 14. Población y Tasas de crecimiento anual de Galápagos Rural

Cuadro 9. Tasas de Crecimiento Anual de Galápagos Rural

De 1974 a 1982	De 1982 a 1990	De 1990 a 2001	De 2001 a 2010
-0,23%	1,07%	3,93%	5,27%

Fuente: Difusión de Resultados Definitivos del Censo de Población de 2001 – INEC (2005); Censo de Población 2010 – INEC
Cálculos y Elaboración: Consejo de Gobierno de Galápagos

3.2.2.2. Población Etaria por Sexo y Edad



53,3

46,7

Edad promedio: 29 años

Edad mediana: 27 años

Fuente: Censo de Población 2010 – INEC.
Cálculos y Elaboración: Consejo de Gobierno de Galápagos.

Edad promedio: 29 años

Edad mediana: 27 años

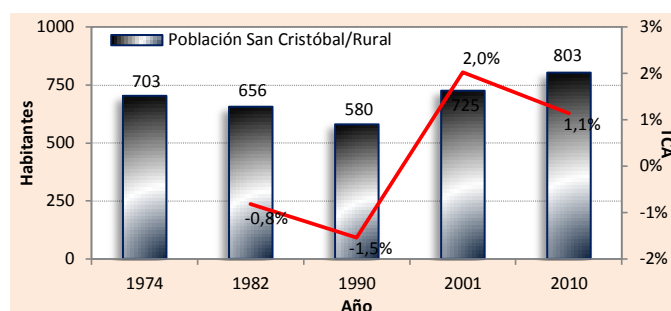
Edad modal: 10 años

Índices de Dependencia Demográfica IDD*: 46,2 %

IDD*: 47,3

Figura 15. Pirámide Poblacional del Cantón San Cristóbal

En resumen, la actividad socioeconómica del medio rural del Cantón San Cristóbal en el cual se encuentra el área de estudio, los hombres ocupan un mayor número (3987 h) que las mujeres (3488 m), debido que en el medio rural predominan los hombres por razones del tipo de actividad (agropecuaria) como se indica en la distribución por sexo y edad, donde el mayor número de población está en el grupo joven entre 15 y 29 años de edad.



Fuente de datos: Censos de Población de 1974 a 2010 – INEC (2011).

Figura 16. Población y Tasa de Crecimiento Anual de San Cristóbal - Rural

Cuadro 10. Tasas de crecimiento anual de San Cristóbal Rural

De 1974 a 1982	De 1982 a 1990	De 1990 a 2001	De 2001 a 2010
-0,82%	-1,54%	2,03%	1,14%

Fuente de datos: Censos de Población de 1974 a 2010 – INEC (2011);

Cálculos y Elaboración: Consejo de Gobierno de Galápagos

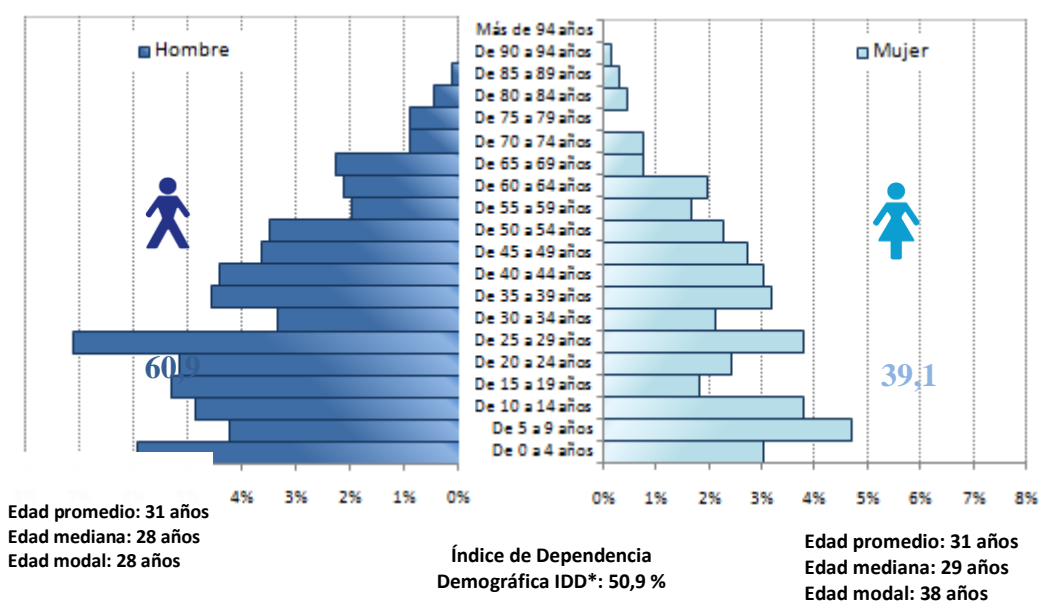


Figura 17. Pirámide Poblacional de El Progreso

De acuerdo con el cuadro 10 y Figura 17, la población de la Parroquia el Progreso, tiene la siguiente caracterización:

1. En los últimos 10 años (2001-2010), la población rural tiene un decrecimiento del 1.14%, lo que corrobora con lo expresado anteriormente, que la población del medio rural ha abandonado el sector rural en busca de otras oportunidades ofrecidas por la empresa privada o pública de San Cristóbal.
2. La curva piramidal (Etaria) por edades y sexo (Figura 17), demuestra claramente lo anormal que ocurre donde la población joven entre los 15 y 34 años de edad no están en el Sector Rural porque ha tenido que migrar hacia la capital (Puerto Baquerizo Moreno) o hacia otras islas principalmente Santa Cruz.
3. Se puede ver también que el Índice de dependencia demográfica es del 50,9%

3.2.2.2.3. Perfil Educativo de la población.

Un habitante característico de Galápagos ha alcanzado el nivel educativo de quinto curso de colegio, estudia o estudió en un centro educacional público y tiene tendencia a preferir estudios superiores en Ciencias de la Educación o carreras afines al Turismo generalmente en universidades privadas.

El Censo de Población (2010) señala que Galápagos con los mejores indicadores sociales como educación por ej., dentro del contexto nacional, es la provincia con menor tasa de analfabetismo, mayor escolaridad media, la segunda provincia después de Pichincha con mayor incidencia de personas con título universitario y mayor incidencia de profesores titulados por cada cien personas, sin embargo hay otros elementos relacionados con el posicionamiento geográfico y las limitaciones a la población residente por aspectos

ambientales, que los indicadores antes citados no consideran al hacerse las comparaciones con otros territorios del Ecuador continental.

3.2.2.2.4. *Perfil Económico: Población económicamente activa.*

La Población en Edad de Trabajar (15 a 64 años), es la Población Económicamente Activa (PEA). De acuerdo con el INEC ¹⁵, para fines estadísticos en nuestro país el período de referencia para la búsqueda del trabajo es la semana previa al día en que se le consulta. Desde el ámbito provincial, Galápagos tiene una PEA de 12.484 personas (60,2% hombres y 39,8% mujeres); y desde el ámbito Cantonal (San Cristóbal) se tiene un total de 3.637 personas (61,2% hombres y el 38.8% mujeres). Lo que significa que por escasez de mano de obra local calificada o no, se tiene que importar del Ecuador Continental que por lo general en su mayoría son hombres.

A nivel del área de estudio en la Parroquia El Progreso, los caseríos son diseminados en las partes altas Soledad, Cerro Azul, El Socavón, Tres Palos, San Joaquín, Las Goteras, El Chino, Cerro Gato, Cerro Verde, lo que es concomitante con el indicador del Censo 2010, donde se dice que de 100 personas económicamente, activas 8 trabajan en el sector de Agropecuario o pesca; y, en las partes altas (laderas) de los sectores de Cerro Verde, El Niño, San Joaquín (sitio superior del área de estudio), no conforman ninguna organización territorial dinámica con fuertes sinergias económicas y sociales que garanticen un sistema sustentable económicamente hablando y más bien se ha debilitado la organización territorial rural por el despoblamiento de la misma que migra hacia otros sitios para incorporarse a actividades turísticas mejor pagadas.

¹⁵ Fuente de datos: Censo de Población 2010 – INEC. Cálculos y Elaboración: Consejo de Gobierno de Galápagos

3.2.2.3. Tenencia y Uso Actual del Suelo.

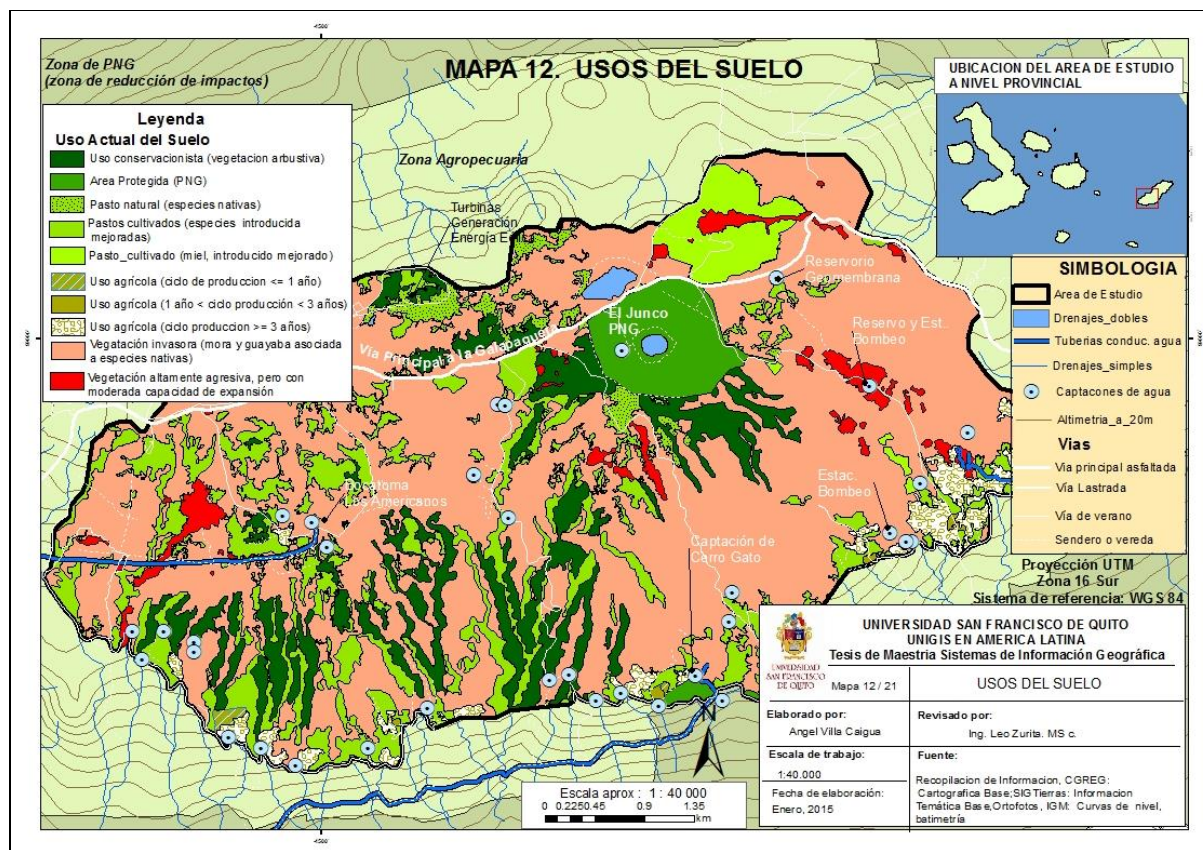
3.2.2.3.1. Tenencia de la tierra según catastro.

De acuerdo con la demarcación del área de estudio, se determinó que existen más de 60 propiedades, donde más del 60% tienen una superficie mayor a 50 has, una gran parte del área de estudio se encuentran con tamaños alrededor de 100 has, en algunos casos se encuentran en manos de herederos en procesos de legalización, y en otros casos, las propiedades no se han legalizado por tener sitios en conflictos de linderación y esperan que vía judicial sea resuelto.

Con el propósito de poder establecer indicadores directos y actualizados del área de estudio por tratarse de una reserva hídrica y hábitat de especies de flora y fauna endémica importantes del Cantón San Cristóbal relacionados con los usos del suelo, tenencia de la tierra, tipos de cultivo, y otros aspectos socioeconómicos, fue necesario aplicar una ficha encuesta y mantener una entrevista personalizadas con los propietarios de mayor incidencia en el área de estudio.

3.2.2.3.2. Usos del suelo.

El **Uso del Suelo** está vinculado principalmente con grado de desarrollo del Sector agropecuario, el mismo que ha sido considerado uno de los más deprimidos, sin embargo desde hace aproximadamente 10 años con la presencia del Programa Araucaria y el MAGAP, especialmente en estos últimos años se ha visto cambios relativamente importantes en el uso del suelo donde se ha reemplazado especies invasoras por cultivos de café y áreas con pastos mejorados para ganadería, cuyos indicadores se muestran en las nueve categorías de uso del suelo dominantes en el área de estudio (Mapa 12 y cuadro 11):



Cuadro 11. Uso Actual del Suelo

DESCRIPCIÓN DE USO ACTUAL DEL SUELO	Tipo de Categoría	Área (has)	%
Uso conservacionista (vegetación arbustiva)	Vegetación arbustiva:	318.86	10.37
Parque Nacional Galápagos (*)	Área protegida:	110.20	3.58
Cuerpos de agua (laguna, Poza, reservorios).	Área de espejos de agua o humedales:	16.51	0.54%
Pastos cultivados (especies herbáceas introducidas - mejoradas).	Pastos cultivados: (Miel, introducido y Mejorado):	525.3	17.09
Pasto natural (especies herbáceas nativas)	Pasto natural:	64.03	2.08
Uso agrícola (ciclo de producción ≤ 1 año)	Cultivo anual:	5.32	0.17
Uso agrícola (1 año < ciclo de producción < 3 años)	Cultivo semi-perenne:	13.07	0.43
Uso agrícola (ciclo de producción ≥ 3 años)	Cultivo perenne:	96.32	3.13
Vegetación invasora (principalmente mora y guayaba asociada a especies nativas)	Vegetación invasora:	1853.94	60.30
Pomarrosa: Vegetación altamente agresiva, pero con moderada capacidad de expansión	Vegetación arbustiva:	71.02	2.31
TOTAL		3074.81	100.00

*El área protegida (PNG) registra dos polígonos, El área del Junco con 101.81 has y un polígono que intercepta en la parte inferior con 8.39 has.

La **vegetación arbustiva de uso conservacionista**, está conformada por 318.86 has (10.49%), se encuentra distribuida por todo el área de estudio sin o con muy baja afectación de especies invasoras y se encuentra cubierta principalmente con **helechos y miconia robinsoniana**, y lechoso.

Dentro del área de estudio se encuentra una parte de **área protegida** que es las faldas del antiguo volcán en cuyo cráter se encuentra un lago llamado “El Junco” que a la vez es un sitio de visitación turística y es administrado por el PNG, el porcentaje de área es del 0.54% (110.20 has), área que se encuentra sin afectación de especies invasoras y está cubierta en un 90% por una especie endémica llamada miconia robinzoniana.

De acuerdo con el Mapa 12 y las categorías indicadas en el cuadro 11, se puede determinar que la **vegetación invasora** compuesta por mora y guayaba asociada a especies nativas es la que ocupa el mayor porcentaje dentro del área de estudio (60.308%, 1853.94 has.), la misma que se encuentra distribuida en todo el área de estudio; y la vegetación **pomarrosa (*Eugenia malaccensis*)** identificada por sus efectos altamente invasores está con 71.02 has. (2,31%), no se encuentra asociada puesto que bajo su sombra se han eliminado todo tipo de especies Vegetales, debido a sus efectos altamente agresivos, pero tiene una baja capacidad de expansión y fue fácilmente geo-referenciar por su facilidad de identificación en el campo. Sus efectos son altamente negativos en la regulación del ciclo hidrológico al afectar a la capacidad de infiltración del suelo, puesto que bajo esta cobertura vegetal se encuentra un suelo desnudo endurecido donde la precipitación se escurre rápidamente en forma de escorrentía arrastrando la materia orgánica y debilitando la capacidad orgánica de los suelos.

Los pastos cultivados con un (17.09%; 525.30 has) es otra de las categorías que sobresale por su magnitud de ocupación del suelo, las especies que se han cultivado son: Tanzania (un tipo de saboya mejorada), dos variedades brachearias (decumbes y brizantia) y el pasto miel (*Paspalum dilatatum*) con mayor predominancia.

Los **Pastos naturales** que hace varios años, fueron los únicos con mayor predominancia en toda la **zona** de estudio, actualmente quedan pequeñas áreas (64.03, 2.08%) todavía libres de especies invasoras y de especies arbustivas nativas y endémicas que con el transcurso de los años se han ido poblando por el área de estudio.

Pero existe una realidad que en la cartografía no se puede observar, y es importante su explicación para una mejor comprensión: Las áreas de pastoreo por lo general están en toda la zona de estudio principalmente como pastos cultivados y pastos naturales bajo el bosque de principalmente de guayaba que los propietarios lo manejan como slivo-pastura, esto hace que la fotografía aérea y otros sensores remotos no hagan un correcta discriminación entre los tipos de cobertura vegetal, lo que no ha permitido obtener con exactitud las áreas de pastoreo.

Los usos agrícolas de cultivos cuyo ciclo es menor a 1 año, es la categoría con menor incidencia en la ocupación del uso del suelo están con 0.17%, 5.32 has.

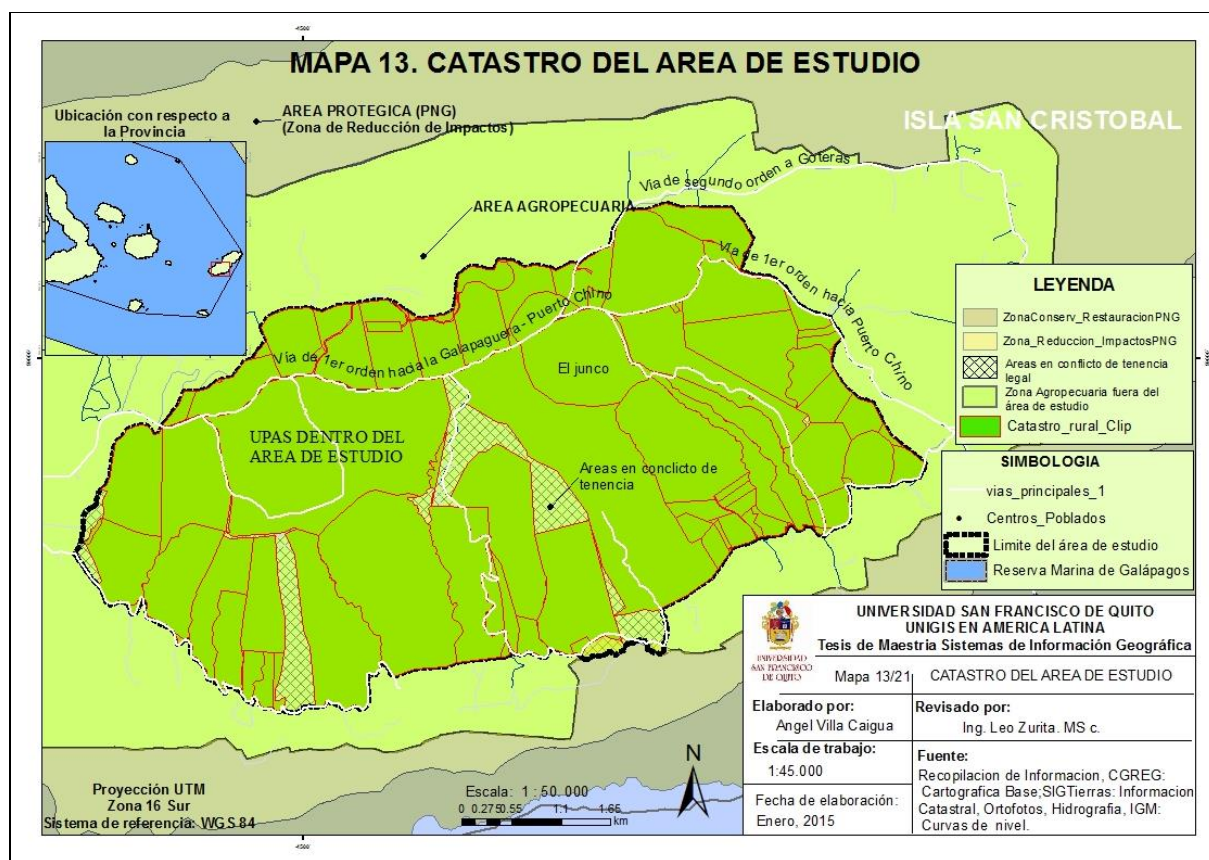
Del análisis socioeconómico realizado, se determinó que los productores, su principal actividad dentro del área de estudio es la ganadería en forma extensiva y sin manejo apropiado; mientras que, las pocas actividades agrícolas dentro del área de estudio enfrentan problemas como plagas, efectos climáticos, limitada mano de obra, inseguridad del mercado debido al desordenado proceso de producción y comercialización, esto ha limitado a que la agricultura y ganadería no sean vistas como una actividad atractiva de

negocio sustentable y que promueva un desarrollo económico para el área rural, lo que ha sido la causa para que las fincas dentro y fuera del área de estudio se encuentran semi-abandonadas.

Otras actividades o usos dentro del área de estudio son las instalaciones de redes de agua y energía, así como la infraestructura vial existente dentro del área de estudio y actividades de agroturismo y ecoturismo que se inicia dentro y fuera del área de la misma.

El Catastro:

El área de estudio está integrada por al menos 40 predios o Unidades de Producción Agropecuaria (UPAS), en varios sitios no están definidos sus linderos.



Cuadro 12. Tamaño de las Unidades Productivas-UPAS

Tamaño (Has)	No. Predios (UPAS)
Menos de 5	30
5-10	13
10-20	12
20-40	11
40-80	11
80-100	4
100-200	4
Mayor a 200	2

En la zona de estudio el mayor porcentaje de territorio se encuentran en tamaños de propiedades mayores a 10 has, es decir la mayor parte Unidades productivas, lo que favorece a la protección y conservación de cuencas hidrográficas y de otros recursos naturales de esta zona. En el cuadro 12, se observa que el mayor número de parcelas menor a 5 has, las

mismas que están ubicadas en la parte baja de la zona de estudio, donde la fragilidad o importancia de los recursos hídricos van disminuyendo. Mientras que las propiedades menores a 10 has (43 propiedades), se ubican en la parte baja del área de estudio y en su conjunto no representan ser la mayor parte del área de estudio.

3.2.2.4. Turismo.

El modelo de desarrollo turístico, histórico y vigente "Hotel flotante", responde en lo fundamental a decisiones e intereses que se toman desde la visión de la gran empresa y desde la visión de una conservación extrema, siendo a la fecha muy cuestionado por ser excluyente y no participativo con la población local.

Las aspiraciones de la población local por incrustarse en la dinámica que genera los servicios turísticos, ha llevado a crear una infraestructura local en tierra para el turismo nacional y como complemento para el turismo náutico, principalmente en inversiones para el alojamiento en hogares y hostales en general, paralelamente a esto se han establecido agencias turísticas, restaurantes, pequeñas ventas de artesanías.

De acuerdo al inventario del Parque Nacional de Galápagos y de la Reserva Marina, en las áreas de influencia de los centros poblados de Galápagos posee un total de 50 de sitios de

De acuerdo con el Mapa 14, en el Cantón San Cristóbal se tiene un inventario de una gran cantidad de opciones de visita clasificados en:

- 14 Sitios de buceo en el area marina, de un total de 69 sitios del en todo el archipiélago
- 13 Sitios de Uso Público, dentro del cual se encuentra uno en el área de estudio
- 10 Sitios denominados como otros sitios de interés que requieren inversión para su accesibilidad.
- Otros sitios en areas privadas que ya se están siendo visitados y no están inventariados, los que representa un gran potencial en el desarrollo de sitios privados dentro de la zona se estudio y su area de influencia.

3.3. Zonificación de las unidades ecológicas del paisaje.

Galápagos ha definido grandes Unidades Territoriales en diferentes épocas: En 1959 se establece la primera zonificación del área terrestre estableciendo un 97% como zona protegida para la realización de actividades de conservación, investigación y turismo y el 3% en zona de asentamientos humanos (urbana - rural) donde se realizan las actividades agropecuarias. En el 1998 mediante Ley especial, definió el área de la reserva Marina de Galápagos y otras áreas y sitios para la visitación turística. Sin embargo de esto, quedan muchas Unidades Ambientales menores (terrestres y marinas) por identificarse y caracterizarse, que en la mayoría de casos no se conoce su potencialidad y sensibilidad ambiental que éstas requieren para un mejor manejo o conservación de las mismas como es el caso del área de estudio.

Los resultados de la zonificación obtenida, de acuerdo con la metodología aplicada determinaron la obtención de tres modelos cartográficos de información espacial en tres fases seguidas:

- 1) Con base en la información de *Fisiografía, Pendientes y Suelos*, se obtuvo el modelo cartográfico de **Zonificación Morfo pedológica** (Mapa 15).
- 2). Con la información de Zonificación Ecológica, Zonificación Morfo pedológica y la información de Vegetación, se obtuvo el modelo cartográfico de **Unidades Fisiográficas del Paisaje o Subsistema Natural** (Mapa 16).
- 3). Con el mapa de Unidades fisiográficas y con la ayuda de la orto fotografía y la interpretación visual del Subsistema Natural sobre la orto-fotografía, se obtuvo la demarcación correspondiente de la zona de estudio (Mapa 17).

3.3.1. Modelos cartográficos (Morfo pedológica).

De acuerdo con la escala de trabajo de alguna forma permite comprender mejor la dinámica de las interacciones en forma independiente estos procesos (morfo-génesis y la pedogénesis), generalmente la información morfo-pedológica, asocian estrictamente tres tipos de información:

- la litología
- la morfogénesis
- la pedogénesis.

El objetivo de representar esta información es con el propósito que pongan en evidencia una estructura del paisaje y una dinámica resultante de las interdependencias.

La litología. Contrariamente al aspecto geológico, que describe ante todo una estratigrafía, el mapa tiene en cuenta sobre todo las propiedades físicas y químicas del material que condicionan las velocidades y las formas de la alteración. Por esta razón debe prestarse particular atención a la granulometría, la consistencia, la porosidad y las diaclasas.

Una modificación del clima, de la vegetación, los procesos morfogénicos pueden cambiar el medio de pedogénesis de superficie sin afectar sensiblemente a los procesos que actúan al

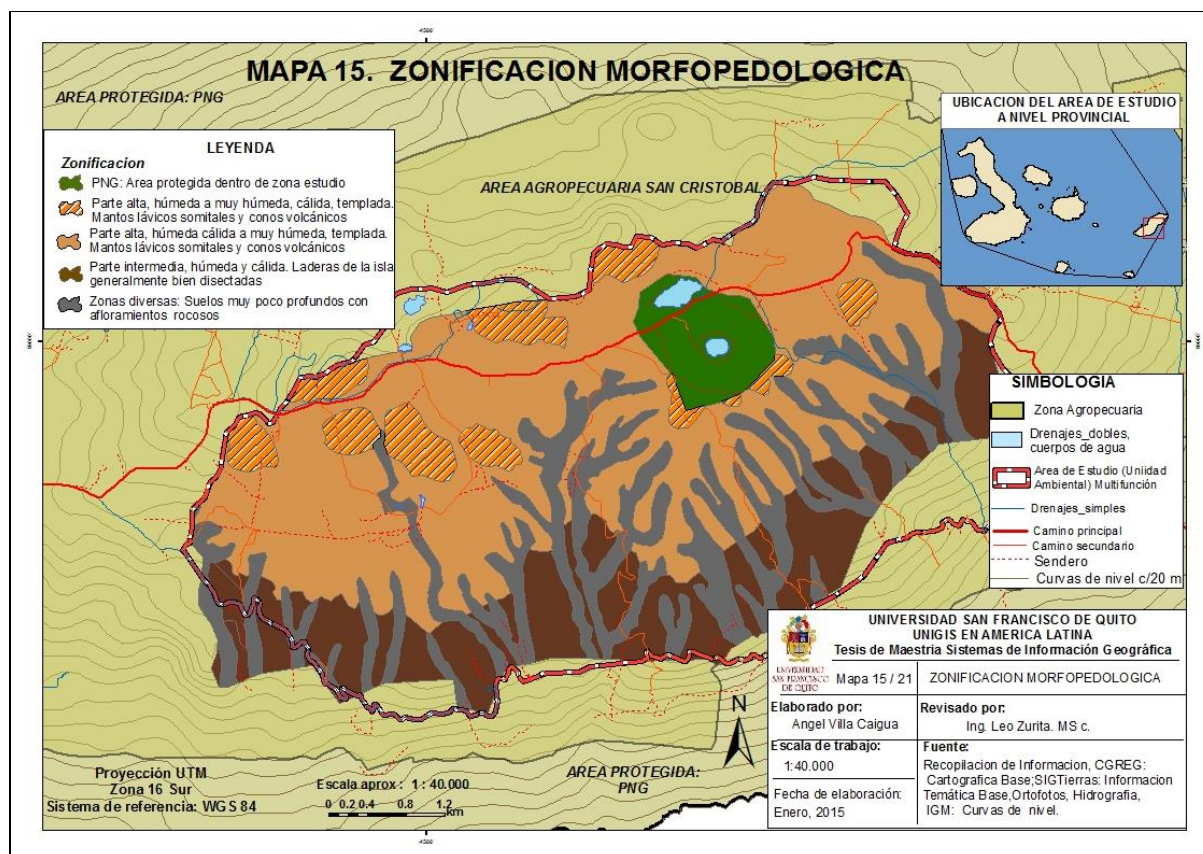
nivel del frente de alteración. La pedogénesis actual está influenciada por los caracteres del material sobre el que se ejerce. Cuando esta interferencia entre lo que es antiguo, heredado, y actual, es clara, se puede hablar de *suelos polifásicos*.

La morfogénesis, No se trata aquí de superponer a los demás datos un mapa geomorfológico. Esta información cartográfica y de igual manera que los mapas pedológicos requiere de conocimiento especializado y de cierta experiencia; corresponden a unos objetivos precisos y comprenden sobre todo una gran cantidad de parámetros cuya presencia no siempre es indispensable para el objetivo perseguido. Por lo tanto para nuestro caso el análisis descriptivo propiamente dicho, se limita a representar todas las formas del relieve con sus perfiles; sino, solamente a representar las formas realmente explicativas o dominantes, las que constituyen unos buenos puntos de referencia para en modelo cartográfico (mapa 15).

La pedogénesis. De pendiendo de los propósito del análisis, la atención recae esencialmente en el medio de pedogénesis. Claro está, el interés del diagnóstico descriptivo de los horizontes del perfil, también puede centrarse la atención sobre la «naturaleza geoquímica de los procesos de pedogénesis, en igual manera es importante señalar el papel que desempeña la pedogénesis en la organización de las unidades del sistema natural como es el caso de este estudio, es decir el análisis siempre estará en función de los objetivos planificados. Por lo tanto los suelos ya no quedan aislados del paisaje, y la pedología está integrada en el estudio global del medio.

Por lo tanto, el estudio **Morfo-pedológico** con base en la información secundaria existente realizada por el PRONAREC-MAG-INGALA de 1987, el área de estudio presenta


cuatro unidades morfo pedológicas bien diferenciadas y que se ubican en la parte alta, intermedia y baja de acuerdo con el Mapa 15 y el cuadro 13 (interpretativo):




Cuadro 13. Criterios de interpretación de las unidades morfo pedológicas:

FORMACIONES LITOLÓGICAS SUPERFICIALES	Y/O	FORMAS DEL RELIEVE	CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS	REGIMEN DE HUMEDAD	*TAXONOMÍA	REPRESENTACIÓN
PARTE ALTA, HÚMEDA CÁLIDA A MUY HÚMEDA, TEMPLADA: Mantos Lávicos somitales y Conos volcánicos						
Proyecciones volcánicas de escorias, lapillis y cenizas en avanzado proceso de meteorización		Conos volcánicos indiferenciados, con formas bien conservadas.	Suelos de color rojizo, textura arcillosos, generalmente profundos. Localmente estos suelos son medianamente profundos sobre rocas basálticas C.I.C. menor 24 meq/100 g; S.B. menor 50%. pH ácido (5.3) Fertilidad muy baja	UDICO	RHODUDALFS	1
Mantos Lávicos superpuestos, superiores cubiertos por superficies volcánicas de cenizas y lapillis en avanzado proceso de meteorización.		Superficies superiores de disección variada, planas a onduladas con pequeños abruptos circundantes. Localmente incluyen las faldas suaves inferiores de los volcanes y la parte alta de la vertiente sur disectada en franjas por profundas quebradas.	DOMINANCIA DE: Suelos de color pardo rojizo a pardo amarillentos; franco arcillo limosos, profundos localmente con gravas a más de 60 cm de profundidad. C.I.C. menor 24 meq/100 g; S.B. 50%. pH ácido (5.0 a 6.0) Fertilidad baja ASOCIADOS CON: - Suelos poco profundos de las partes planas con mal drenaje - Iden al anterior, pero con hidromorfismo permanente.	UDICO	OXIC DIYTROPEPTS - Aquic Paralithic Dystropepts - ParalithiParalithic Tropaquepts	2
Área Protegida (PNG): Idem a la primera. Es parte de la Proyección volcánica formadas por escorias y cenizas volcánicas en avanzado proceso de meteorización.		Conos volcánicos indiferenciados, con formas bien conservadas.	Suelos de color rojizo, textura arcillosos, generalmente profundos.	UDICO USTICO	RHODUDALFS	3

PARTE INTERMEDIA, HÚMEDA, CÁLIDA: Laderas de la isla generalmente bien disectadas

Superposición de mantos lávicos cubiertos por proyecciones piroclásticas, de cenizas, en avanzado proceso de meteorización especialmente en las zonas superiores.	Ladera de fuerte pendiente, disectada profundamente por ríos encañonados. Asociación de profundas gargantas y de testigos de antiguas superficies disectadas en franjas	Suelo pardo rojizos, arcillosos, profundos, posibilidad de agrietamiento en la época menos húmeda. C.I.C. : menor 24 meq./100 gr. SB: mayor o igual 50% pH: 6.2, ligeramente ácido	UDICO	VERTIC TROPUDALFS	4 
---	---	---	-------	-------------------	---

ZONAS DIVERSAS




Paredes rocosa localmente cubiertas de escombros y coluviones	Quebradas y valles encañados de disección fuerte	Suelos muy poco profundos con afloramientos rocosos	UDICO USTICO	TROPORTHENTS USTORTHENTS	5 
---	--	---	--------------	--------------------------	---



Fuente: Programa de Regionalización Agraria (PRONAREC)-MAG-INGALA-ORSTOM, 1987

3.3.2. Modelo de Zonificación de Unidades del Paisaje.

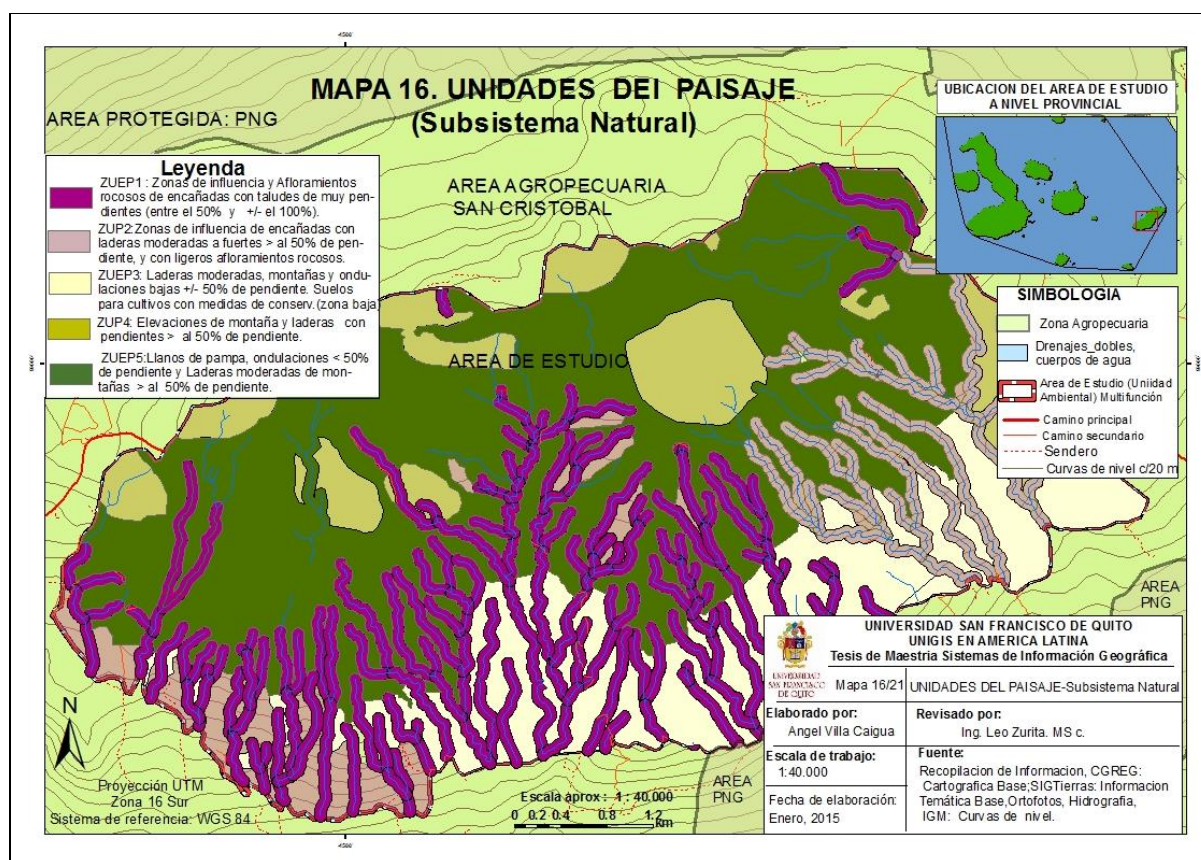
Sobre la base del mapa de zonificación *Morfo-pedológico* y mediante sobre posición de la información *Ecológica, Vegetación y Usos del Suelo* se obtuvo como resultados la Zonificación de Unidades del Paisaje o del *Modelo de Zonificación del Subsistema Natural* a escala 1:40000. La línea demarcatoria de las unidades, identifica la discretividad espacial señalando el elemento que establece la ruptura de cambio del paisaje obtenido con las herramientas de ArcGis, facilitando la interpretación y el análisis y visualización por medio de mapas obtenidos, donde ciertas categorías es posible fácilmente identificarlas o reconocerlas en el terreno, especialmente las **montañas o conos volcánicos y sus laderas moderadas**, así como **los afloramientos rocosos** con más del 50% de pendiente que constituyen los lechos y taludes de encañadas y las áreas de influencia que son recomendadas para actividades de conservación, ver cuadro 14 y el Mapa 16.

Cuadro 14. Categorías del Modelo de Zonificación de Unidades Ecológicas del Paisaje.

Categorías del Modelo de Zonificación de las Unidades del Paisaje	Otras características relacionadas con el uso y manejo	Área (has)	Representación
ZUEP1: Zonas de influencia de fuentes hídricas y afloramientos rocosos de encañadas con taludes de muy fuerte pendiente (entre el 50% y +/- el 100%).	Constituyen áreas de influencia de encañadas con pendientes muy fuertes, cuya actividad recomendada es para conservación.	761.41 (25%)	
ZUP2: Zonas de influencia de encañadas con laderas moderadas a fuertes > al 50% de pendiente, y con ligeros afloramientos rocosos.	Constituyen las áreas de influencia de encañadas con pendientes fuertes, cuya actividad recomendada es de conservación	369.15 (12%)	
ZUEP3: Laderas moderadas, montañas y ondulaciones bajas +/- 50% de pendiente. Suelos para cultivos con medidas de	Son áreas que se encuentran en la parte baja del área de estudio, con temperatura y tipos de suelos más favorables para la producción de	431.21 (14%)	

conservación (zona baja).	cultivos alimenticios de ciclo corto y anual con ciertas medidas de conservación.		
ZUP4: Elevaciones de montaña y laderas con pendientes > al 50% de pendiente.	Son áreas de pastoreo extensivo predominantemente con bosque de mora y guayaba, con excepción del área del PNG (El Junco) por estar bajo control. Zonas que se recomiendan para actividades de conservación especialmente porque en esta zona se encuentran parte de los nidos de petrel y humedales.	157.66 (5%)	
ZUEP5: Llanos de pampa, ondulaciones < 50% de pendiente y laderas moderadas de montañas > al 50% de pendiente con pastoreo extensivo.	Es la Zona de mayor intersección en con las seis cuencas hidrográficas, consecuentemente con la mayor área de lagunas y humedales, y se caracteriza por tener la mayor capacidad de acogida para las especies de flora y fauna en conservación (petrel, pata pegada, patillos, pachay, miconia robinsoniana, etc).	1355.39 (44%)	
TOTAL		3074.81	

Fuente: Elaboración propia



3.3.3. Ajustes y remarcación del área de estudio.

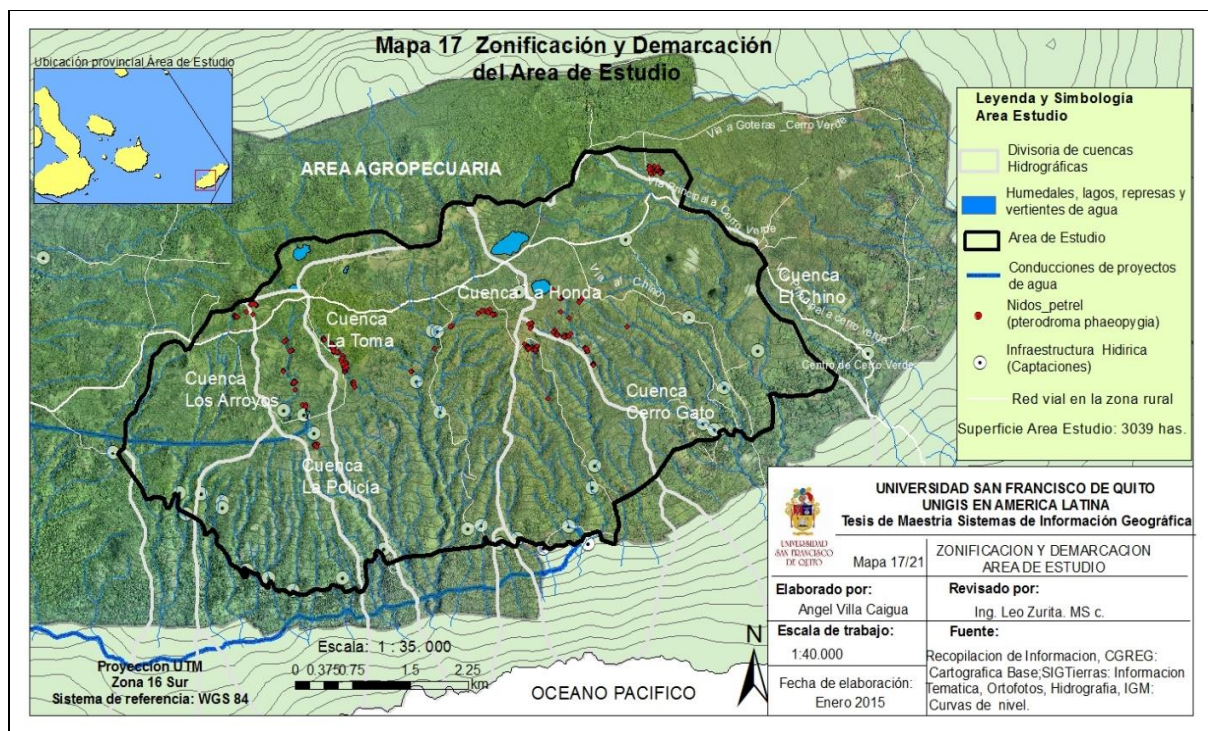
En base a criterios de zonificación y a la observación y visualización de las Unidades del Paisaje sobre la orto-fotografía o en forma directa en el campo, permitió hacer una mejor interpretación del territorio encontrándose cambios transicionales graduales dados por divisorias de cuencas hidrográficas, contraste de las formaciones vegetales y el propio paisaje natural debido a poca intervención de actividades agropecuarias en el área de estudio.

Patrones de cobertura vegetal endémica o introducidas como el caso de pomarroza (especie invasora), fue muy fácil reconocer su identificación por presentar un color verdoso oscuro intenso; y la miconia robinsoniana (especie endémica) se presenta con colores más claros; mientras que los pocos usos por actividades de pastoreo son inobservables por estar bajo la cobertura vegetal principalmente de guayabo. Esto contribuyó a los ajustes en la delimitación que inicialmente se estableció de manera preliminar y en la demarcación definitiva (Mapa 17), donde el ajuste de la línea demarcatoria dejó espacios en ciertos lugares y se amplió en otros especialmente en la parte norte, donde se integraron cuerpos de agua y humedales en el área a ser delimitada.

Como elemento importante, sobre la base del conocimiento general del área de estudio y de la información existente como las *Unidades del Paisaje (Subsistema Natural)*, en base a la información ecológica, biofísica y socioeconómica del área en estudio, fue necesario la interpretación visual, y contar con la colaboración de los propietarios conocedores de sus predios y del paisaje del medio, con el fin de poder reconocer y aproximar la demarcación del área de estudio, para esto fue necesario sobreponer la información catastral y sobre la orto-fotografía, a fin de que los propietarios reconociendo sus propiedades puedan contribuir en la demarcación final. Los elementos considerados fueron los siguientes:

- 1) Presencia de cuerpos de agua permanentes y estacionales, humedales y divisorias de cuencas hidrográficas (mapa de recursos hidrológicos).
- 2) La cobertura vegetal (mapa de uso del suelo).
- 3) La existencia de nidos geo-referenciados de petrel o Pata pegada (*pterodroma phaeopygia*), ave marina considerada especie endémica en peligro de extinción, y áreas de especies vegetales endémicas como el cacaotillo (*miconia robinsoniana*) por ser una propia de esta zona en peligro de extinción (Mapa 11. Zonificación ecológica)
- 4) Trazado de vías en el territorio.
- 5) Uso actual del suelo (mapa de usos del suelo)
- 6) La pendiente del área (mapa de pendientes)
- 7) Tipo de cobertura vegetal del suelo (mapa de índices de cobertura vegetal)
- 8) Infraestructura: vial, hidrológica, turística (mapa de uso del suelo)
- 9) Catastro (mapa catastral del Gobierno Municipal)
- 10) Información primaria geo-referenciada con uso de GPS
- 11) Criterio de sus propietarios.

El área de estudio zonificada, luego de los ajustes realizados, se estableció en 3074.81 has (Mapa 17), y se determinó que se intersecta con seis cuencas hidrográficas: Los arroyos, la Policía, La toma de los Americanos, la Honda, Cerro Gato y el Chino, que conforman la reserva hidrológica más importante para San Cristóbal y constituye el único sitio en Galápagos con agua dulce en cantidades importantes en forma superficial. Dentro de esta misma área, se encuentran humedales, lagunas y áreas planas, donde son el hábitat de muchas especies de flora y fauna endémicas propias de esta zona como el petrel o pata pegada (*pterodroma phaeopygia*), una de las variedades de pinzones de Darwin propios de esta zona, patillos (*Anas bahamensis galapagoensis*), gallinulas (*gallinula chloropus*) la miconia o cacotillo (*miconia robinsoniana*), especie vegetal propia de esta zona.



3.4. Aptitud y conflictos de uso del suelo

3.4.1. Aptitud de uso del suelo.

La aptitud de uso expresada como el grado de vocación con que una Unidad Ecológica del Paisaje, se ajusta a los requerimientos de un Tipo de Uso del Territorio (TUT), la misma que está condicionada principalmente por la pendiente y el tipo suelo. Para el caso de la zona de estudio, se determinó cinco categorías de aptitud o de usos restringidos.

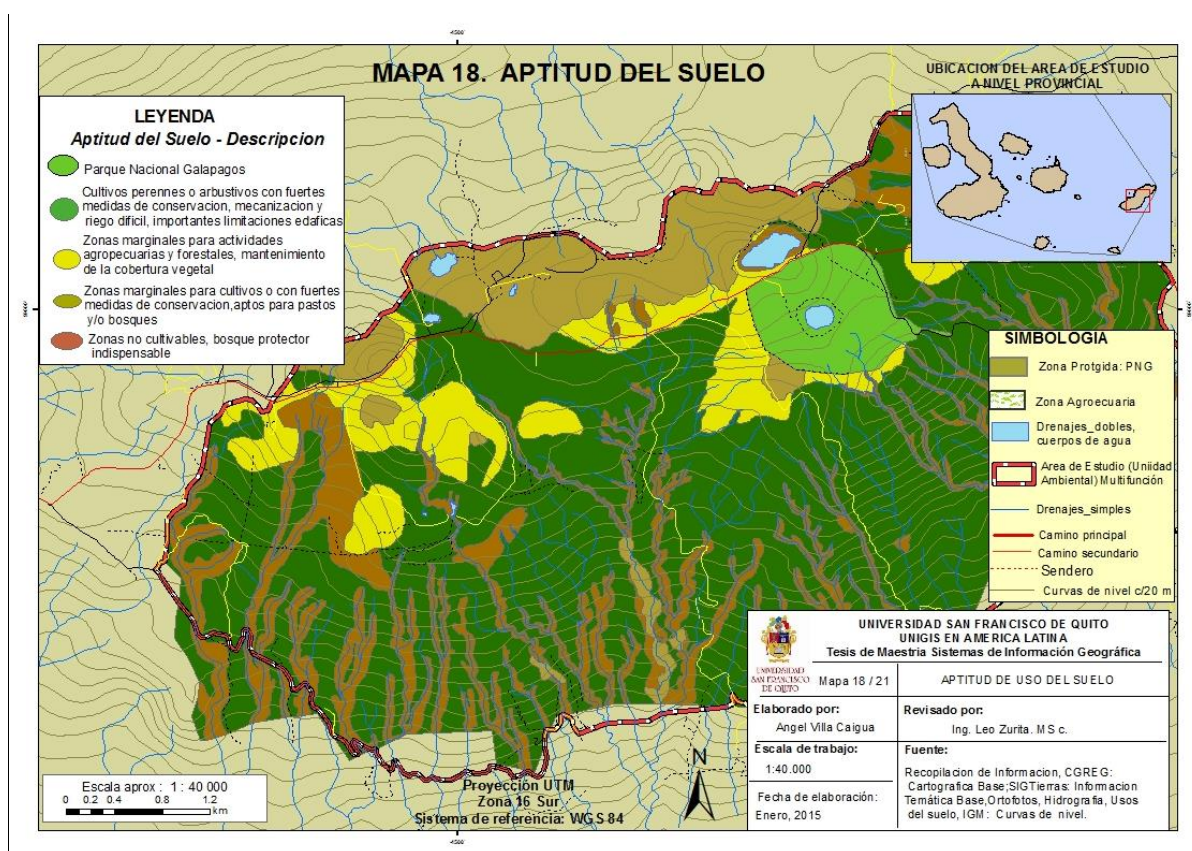
De acuerdo con el cuadro 15, el 20.28% (623.42 has) su aptitud es para área no cultivable y debe dedicarse para bosque protector, dentro de esta categoría se encuentra el área del Junco con 101.81 has que es área protegida (PNG); y el 56.36% (1732,81 has) puede dedicarse a cultivos perennes o arbustivos, pero con fuertes medidas de conservación de suelos, cuya aptitud sería para silvo-pasturas y bosques de acuerdo con la información temática de SIG-Tierras. Sin embargo, esta categoría debe ser revisada o ajustada para fines de conservación o protección por la fragilidad de los ecosistemas del área de estudio.

Cuadro 15. Aptitud y Uso del Suelo

Tipos de Aptitud de Uso del Suelo	Área (has)	%
Zonas no cultivables, para bosque protector indispensable	623.42	20.28
Zonas marginales para cultivos o con fuertes medidas de conservación, aptos para pastos y/o bosques	472.46	15.37
Cultivos perennes o arbustivos con fuertes medidas de conservación, mecanización y riego difícil, importantes limitaciones edáficas, y establecidos, pero deben ser revisados dada la fragilidad del ecosistema del área de estudio.	1732.81	56.36
Zonas marginales para actividades agropecuarias y forestales, mantenimiento de la cobertura vegetal	52.16	1.70
Cuerpos de agua (poza)	12.80	0.42
Otras áreas menores sin clasificar	181.16	5.89
TOTAL	3074.81	100%

Fuente: Elaboración propia

El Mapa 18 permite observar la distribución espacial de las categorías de aptitud de uso del suelo, donde el área del junco (Parque Nacional Galápagos) ha sido identificada con otro color para su diferenciación.

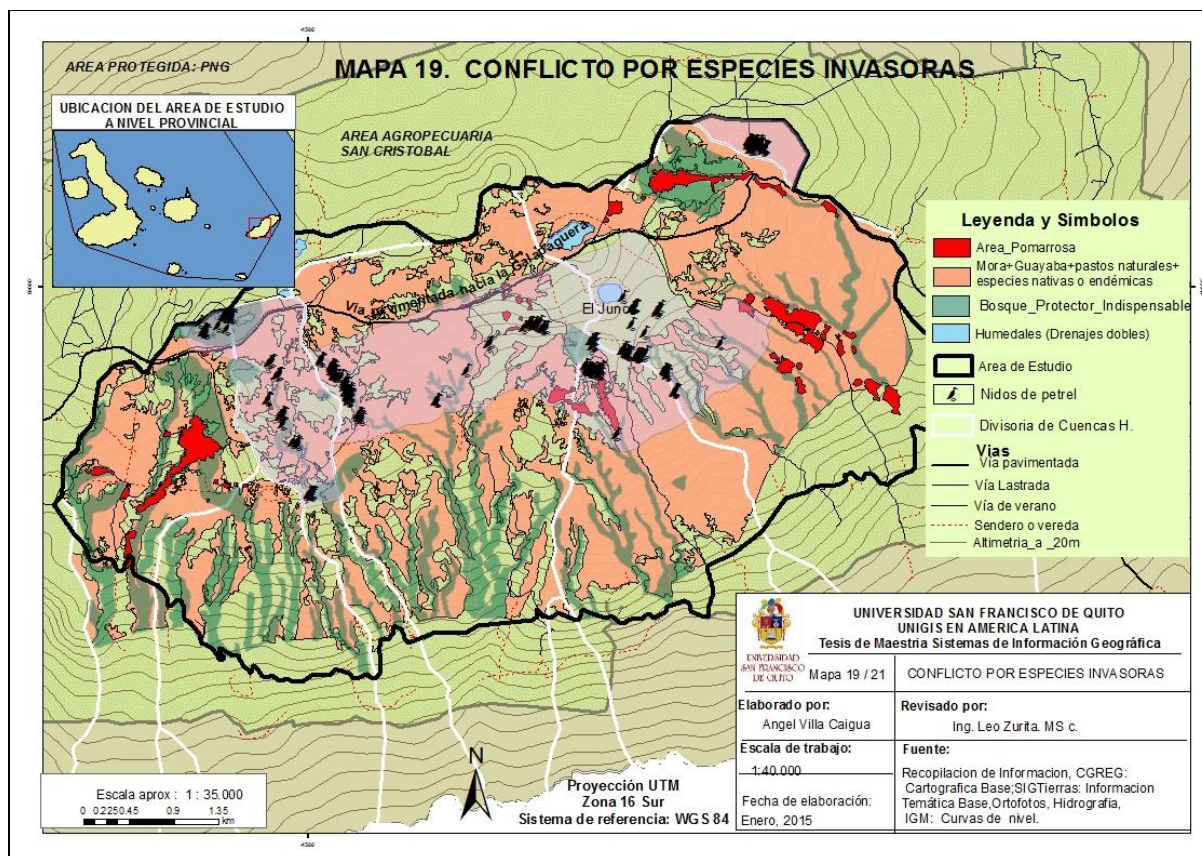


3.4.2. Conflictos de uso del suelo.

Los conflictos de uso del territorio, permiten evaluar las Unidades Ecológicas del Paisaje, de acuerdo con la presencia o ausencia de los mismos, entendidos estos como la incompatibilidad presentada entre el uso actual con respecto a su aptitud.

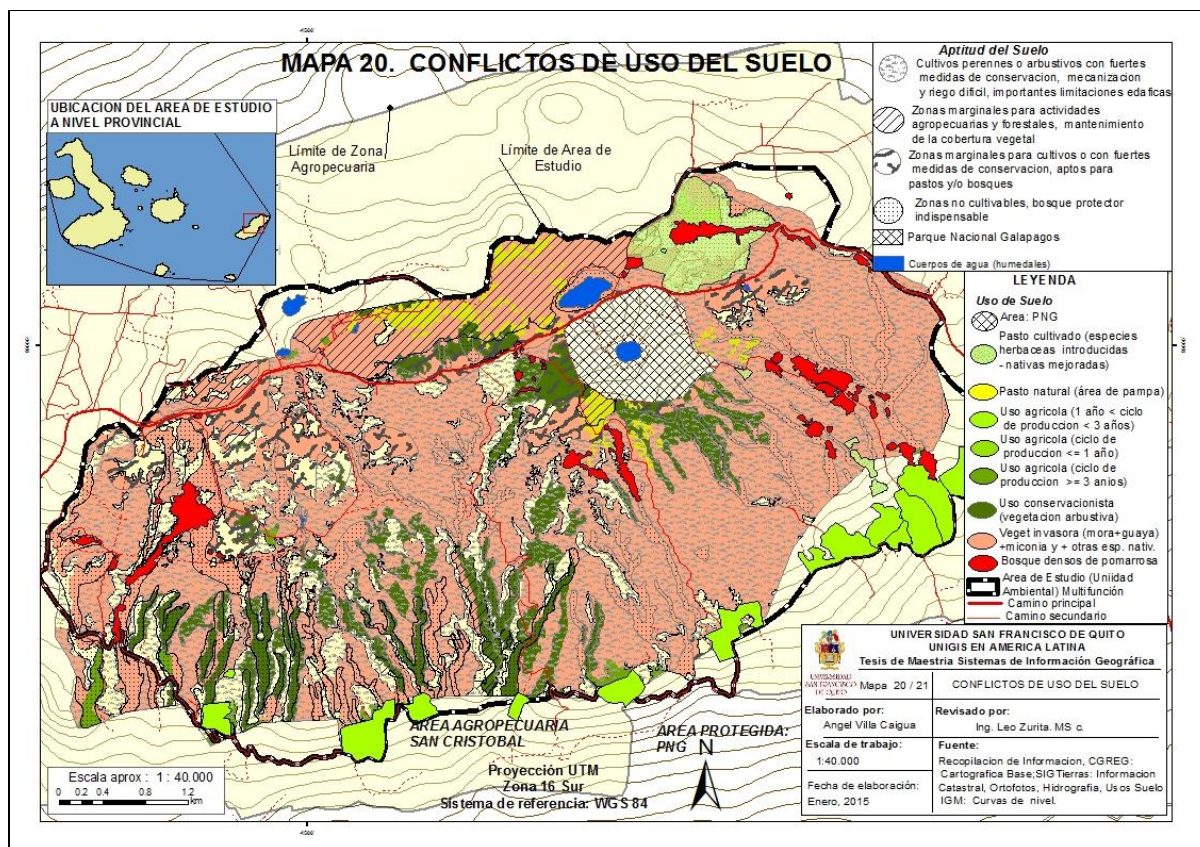
Los conflictos se han determinado por dos causas principales, por efecto de especies invasoras y usos inapropiados del suelo. Para determinar este indicador cartográfico y de tipo socioeconómico, fue necesario disponer de la siguiente información cartográfica: La información de Uso Actual del Suelo (Mapa 12), la Zonificación Ecológica de Unidades del Paisaje (Mapa 17) y la información de Aptitud de Uso del suelo (Mapa 18). Mediante sobreposición de esta información se obtuvo el Mapa de conflictos por especies invasoras (Mapas 19), en el cual se determina que más del 70% del área en estudio, está afectado por especies invasoras; mientras que, los efectos por actividades agropecuarias (cultivos agrícolas) es de baja incidencia, lo poco que se puede observar (Mapa 20), son áreas periféricas ubicadas en parte sur de los límites inferiores de dicha zona en estudio. Pero existe una realidad que es importante su explicación para la comprensión otro tipo de efectos que están relacionados con la presencia de una ganadería extensiva semi-slavaje de algunas propiedades, y principalmente por chanchos salvajes sobre fuentes de agua para consumo humano y la afectación a los hábitats de flora y fauna nativas o endémicas propios de la zona de estudio.

Otro aspecto importante que es necesario señalar en el área de estudio, es la presencia de aves nativas o endémicas como el petrel que se encuentra solamente en ciertos lugares del área de estudio (Mapa 19) y los patillos que se encuentran distribuidos ampliamente por toda el área.



En el Mapa 20 es importante observar que dentro del área rural de asentamientos humanos la existencia de una área protegida, manejada y administrada por el Parque Nacional Galápagos con un lago dentro de un cráter volcánico conocido como “El Junco”, y su área de influencia que cierra un polígono de 101.47 has, que la vez es un sitio de visita turístico terrestre importante para San Cristóbal.

Con base en el Mapa 19 y 20 y el cuadro 16, se han identificado siete tipos de áreas en conflicto, donde se determinan efectos negativos y positivos, que corresponde a siete tipos de coberturas vegetales, así por ejemplo la zona siendo lo más evidente la presencia de especies invasoras que provocan afectación sobre las especies endémicas y a los recursos hídricos, así por ejemplo la zona establecida por “Mora + Guayaba + pastos naturales + especies nativas o endémicas”, que corresponde al área de anidación del pájaro **pata pegada**, los efectos negativos son de mayor importancia, no solo por el tamaño del su área



Cuadro 16. Conflictos por especies invasoras y usos del suelo

Áreas en conflicto	Descripción de conflictos	Área (Has)	%
Pomarrosa	Ubicada en forma de manchas dispersas y afectando a la biodiversidad, provocando suelos endurecidos con baja capacidad de infiltración y sin vegetación los que provoca la escorrentía superficial.	71.02	2%
Áreas Protección uso restringido, Petrel	Zonas que deben ser delimitadas para protección de Petrel porque se encuentra en riesgo por cambios de uso del suelo	751.65	24%
Bosque Protector Indispensable	Bosque de protección para manejo de recursos hídricos y humedales requieren ser definidos en cada UPA con sus propietarios.	576.16	19%
Mora + Guayaba + pastos naturales + especies nativas o endémicas	Asociación de especies introducidas y nativas y endémicas	1397.16	45%
Cultivos zonas bajas	Áreas de cultivos que requieren medidas de conservación	145.01	5%
Cultivos de pastos en zona alta e intermedia	Requieren asistencia para evitar sobrepastoreo	79.76	3%
Pastos naturales remanentes en áreas de pampa	Pastos naturales remanentes requieren ser controlados para evitar expansión de especies invasoras	53.54	2%
TOTAL		3074.30	100%

Fuente: Elaboración propia

que cubre (1397.16 has, 45%), sino porque se trata de una afectación a una especie endémica que está en riesgo en las islas. Mientras que, estas mismas especies en zonas que corresponden a sitios de influencia hidrológica, sus efectos son positivos, especialmente la guayaba; y, contradictoriamente al analizar de manera independiente a la pomarrosa (71.02 has 2.31%) es considerada como altamente agresiva por la pérdida de biodiversidad en un 100% bajo su sombra y por dejar suelos desnudos y endurecidos, reduciendo la capacidad de infiltración y almacenamiento de agua en las cuencas hidrográficas y consecuentemente a la regulación del ciclo hidrológico en las cuencas hidrográficas.

3.5. Zonificación ambiental y categorías de manejo

La zonificación ambiental se generó a partir de la Zonificación de Unidades Ecológicas del Paisaje (UEP) y del análisis integrado de los diferentes Criterios de Zonificación establecidos. Los mismos se establecieron de acuerdo con las características particulares de la zona de estudio, y en base a las experiencias realizadas de otros estudiosos de la planificación ambiental y territorial de América Latina como el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras Colombiano- INVEMAR¹⁶.

3.5.1. Criterios de zonificación.

Se identificaron y seleccionaron nueve criterios de zonificación los cuales fueron evaluados asignándole a cada uno un peso ponderado de acuerdo con la importancia de éste dentro de la zonificación. A partir de la Zonificación de Unidades Ecológicas del Paisaje (UEP) y del análisis integrado de los diferentes criterios, se generaron las áreas de Zonificación Ambiental como un atributo más de la base de información ya existente:

¹⁶ López, R. ; et al. Criterios de zonificación ambiental usando técnicas participativas y de información: estudio de caso zona costera del departamento del Atlántico, INVEMAR.

1. Representatividad de los ecosistemas.- Se refiere a la importancia de cada ecosistema en función de su extensión con relación a la extensión total del ecosistema (zona de estudio).

En la Tabla 5, se presenta la escala de valores con la cual se define este criterio.

Tabla 5. Escala porcentual para definir el criterio "Representatividad de los ecosistemas".

Escala	Definición
Alta	Cuando el área del ecosistema en la localidad evaluada representa más del 50 % del total del área del ecosistema.
Media	Cuando el área del ecosistema en la localidad evaluada representa entre el 25 y el 50 % del total del área del ecosistema.
Baja	Cuando el área del ecosistema en la localidad evaluada representa menos del 25 % del total del área del ecosistema.

2. Grado de intervención de los ecosistemas.- Se determinó de acuerdo al grado de conservación o alteración que presenta cada UEP, considerando el grado de impacto causado por: (1) Presencia de fuentes de contaminación; (2) Presencia de residuos sólidos y líquidos; (3) Cambios en el uso del suelo. Estos parámetros fueron evaluados de acuerdo con el contexto de datos y los valores definidos en la Tabla 6. Para obtener el valor del criterio, se realizó la sumatoria de los valores de cada parámetro por cada una de las UEP y teniendo en cuenta la relación entre ese valor resultante y el máximo valor posible, se definió la escala porcentual de valores (ver final Tabla 6).

Tabla 6. Parámetros y escala de valores para determinar el criterio de "Grado de intervención de los ecosistemas".

Parámetro evaluado	Rango de datos	Valor
Presencia de fuentes de contaminación	Baja: Cuando no se presentan fuentes de contaminación o sólo se presenta una y es de tipo doméstico asociada a asentamientos humanos dispersos.	1
	Media: Cuando hay más de una fuente de contaminación y estas son de tipo doméstico asociadas a áreas urbanas y suburbanas; y de actividades productivas de subsistencia (agricultura y turismo).	2
	Alta: Cuando hay más de una fuente de contaminación asociadas a uso doméstico, industrial y actividades productivas a gran escala.	3

Presencia de residuos sólidos y líquidos	Baja intervención: Cuando se observan evidencias leves de residuos sólidos y líquidos.	1
	Media intervención: Cuando se observa moderada presencia de residuos sólidos y líquidos	2
	Alta intervención: Cuando se observa alta presencia de residuos sólidos y líquidos.	3
Cambios en el uso del suelo	Poca intervención: Cuando no hay evidencias de cambios en el uso del suelo.	1
	Media intervención: Cuando hay evidencias de leves cambios en el uso del suelo.	2
	Alta intervención: Cuando se presentan evidencias de cambios en el uso del suelo.	3
Escala de valores para definir el criterio		
	Baja intervención	< 40 %
	Media intervención	40-70 %
	Alta intervención	> 70 %

- 3. Función de los ecosistemas.**- Está definida de acuerdo con la importancia de la UEP con relación a la función que presta el ecosistema en cuanto a hábitat de especies (entendido como sitios de reproducción, crianza y alimentación), paisajística y fuente de recursos hídricos u otros recursos. En la Tabla 7 se presenta la escala de valores con la cual se define el criterio.

Tabla 7. Escala de valores para la definición del criterio "Función de los ecosistemas".

Escala	Definición	Valor
Baja importancia	Cuando los ecosistemas presentes en el área evaluada cumplen con al menos una de las funciones de hábitat, paisajística o fuente de recursos para ser aprovechados.	1
Media importancia	Cuando los ecosistemas presentes en el área evaluada cumplen con dos de las funciones de hábitat, paisajística o fuente de recursos para ser aprovechados	2
Alta importancia	Cuando los ecosistemas presentes en el área evaluada cumplen con las funciones de hábitat, paisajística o fuente de recursos para ser aprovechados	3

- 4. Estado actual de la fauna asociada.**- El estado actual de la fauna asociada evalúa la importancia de la UEP con respecto a la riqueza de familias de fauna asociada a los

ecosistemas presentes. En la Tabla siguiente se presenta la escala de valores con la cual se define el criterio.

Tabla 8. Escala de valores para la definición del criterio "Estado actual de la fauna asociada".

Escala	Definición
Bajo	1-3 familias/localidad
Medio	4-7 familias/localidad
Alto	> 8 familias/localidad

- 5. Riesgos naturales.**- Con el criterio de riesgos naturales, la importancia de la UEP se evalúa de acuerdo con la presencia e intensidad de las amenazas naturales tales como: erosión, inundaciones, vientos, mareas y deslizamientos. En la Tabla 9 se presenta la escala de valores con la cual se define este criterio.

Tabla 9. Escala de valores para la definición del criterio "Riesgos naturales".

Escala	Definición
Bajo	Cuando para la UEP no hay presencia de amenazas naturales o se presenta una de baja incidencia
Medio	Cuando para la UEP se presenta una amenaza natural de alta incidencia o dos amenazas de baja incidencia.
Alto	Cuando para la UEP hay presencia de más de dos amenazas naturales.

- 6. Alteración del equilibrio hídrico.**- Evalúa la importancia de la UEP con relación a la alteración de los cursos de agua presentes en la zona costera. En la Tabla 10 se presenta la escala de valores con la cual se define este criterio.

Tabla 10. Escala de valores para definir el criterio "Alteración del equilibrio hídrico".

Escala	Definición
Baja	Cuando para la UEP no hay evidencia de alteración del curso de arroyos.
Alta	Cuando para la UEP hay evidencia de alteración del curso de los arroyos.

- 7. Intensidad de uso.**- Se refiere a la importancia de la ZUEP con relación al grado de aprovechamiento de los recursos naturales por de los usuarios tomando en cuenta los siguientes aspectos: (1) Accesibilidad por vía; (2) Presencia de asentamientos humanos;

(3) Presencia de actividades productivas; (3) Oferta de recursos; (4) Nivel de tecnificación en las actividades productivas. Estos parámetros fueron evaluados de acuerdo con el rango de datos y los valores definidos en la Tabla 11. Igualmente, para obtener el valor del criterio, se realizó la sumatoria de los valores de cada parámetro definiendo la escala porcentual de los valores.

Tabla 11. Parámetros evaluados para determinar el criterio de intensidad de uso.

Escala	Rango de datos	Valor
Accesibilidad por vías	Baja accesibilidad: Cuando no existen vías de acceso cercanas a la UEP	1
	Media accesibilidad: Cuando existen vías de acceso pero están en mal estado.	2
	Alta accesibilidad: Cuando se evidencian una o más vías de acceso a la UEP y están en buen estado.	3
Presencia de asentamientos	Baja: Cuando no existen asentamientos cercanos a la UEP o si existen son menores de 50 habitantes.	1
	Media: Cuando existen asentamientos cercanos a la UEP y estos son entre 50 y 100 habitantes.	2
	Alta: Cuando existen asentamientos cercanos a la UEP y estos son mayores a 100 habitantes.	3
Presencia de actividades productivas	Baja: Cuando no existen actividades productivas cercanas a la UEP.	1
	Media: Cuando al menos existe una actividad productiva cercana a la UEP y la afecta moderadamente.	2
	Alta: Cuando existe una actividad productiva cercana a la UEP que la afecte severamente o más de una actividad que la afectan.	3
Oferta de Recursos	Baja: Cuando no existen recursos que puedan ser aprovechados.	1
	Alta: Cuando existen recursos aprovechables.	3
Nivel de tecnificación	Bajo: Cuando las actividades productivas realizadas son de subsistencia.	1
	Medio: Cuando las actividades productivas realizadas son de pequeña escala y subsistencia	2
	Alto: Cuando las actividades productivas realizadas son de gran escala.	3
Escala de valores para definir el criterio		
	Baja intensidad	< 40%
	Media intensidad	40-60%
	Alta intensidad	>60%

- 8. Aptitud de uso.-** La aptitud de uso evalúa la UEP con relación a los tipos de uso que tiene el área de estudio, de acuerdo con sus características de tipos de suelos, geomorfología y geología, como se presenta en la Tabla 12.

Tabla 12. Aptitud de uso definida para la zona de estudio

Aptitud de uso
1. Conservación de ecosistemas estratégicos (Recursos hídricos, especies nativas o endémicas) y otros recursos naturales
2. Turismo y recreación
3. Ecoturismo, Agroturismo
4. Agrícola
5. Pecuaria (ganadera) y forestal

- 9. Conflictos de uso.-** Los conflictos de uso evalúan las UEP de acuerdo con la presencia o ausencia de conflictos de uso, en este caso por efectos de especies invasoras principalmente, entendidos estos como la incompatibilidad presentada por el uso actual respecto a su aptitud. En la Tabla 13 se presenta la escala con la cual se define este criterio.

Tabla 13. Escala para la definición del criterio "Conflictos de uso".

Escala	Definición
Sin Conflicto de Uso	Cuando en la UEP evaluada no se presentan conflictos de uso.
Con Conflicto de Uso	Cuando en la UEP evaluada se presentan conflictos de uso.

Tabla 14. Definición de las categorías de manejo para la zona de estudio, de acuerdo con la calificación de los criterios empleados para la zonificación

Categorías de Manejo	Criterios									
	Representatividad de ecosistemas	Grado de intervención de los ecosistemas	Función de los ecosistemas	Estado actual de la fauna asociada	Riesgos naturales	Alteración del equilibrio hídrico	Intensidad de uso	Unidad de Ecológicas del Paisaje y Aptitud de uso	Conflictos de uso	
Protección de ecosistemas estratégicos										
1	Áreas de Protección y Uso restringido en sitios de anidación y área de influencia de hábitats de Petreles (ave en riesgo extinción)	Media a Alta	Bajo	Media-Alta	Media-Alta	Bajo	Baja	Baja a Media	Conservación de recursos: ZUEP1, ZUEP5	Con Conflicto
2	Áreas de Bosque Protector Indispensable para protección de recursos hidrológicos.	Media a Alta	Bajo	Media - Alta	Media-Alta	Bajo	Bajo	Bajo	Conservación del recurso: ZUEP1, ZUEP2	Sin conflicto
3	Regulación de Áreas para la protección de recursos hidrológicos.	Baja	Bajo	Media-Alta	Media-Alta	Bajo	Alta	Bajo	Conservación del recurso: ZUEP1, ZUEP2, ZUEP5	Con conflicto
Recuperación de Ecosistemas estratégicos										
4	Restauración de áreas afectadas de bosque de Pomarrosa.	Media	Baja-Media	Baja -Media	Baja-Media	Bajo, Medio o Alto	Alta	Media a Alta	Todas las de aprovechamiento: ZUEP5, ZUEP3	Con conflicto
5	Restauración de áreas de especies Invasoras (Mora, Guayaba) para aprovechamiento sostenible en actividades de turismo y recreación, ecoturismo, y agroturismo	Baja-Media	Bajo-Medio	Media	Bajo, Medio, Alto	Bajo	Baja, Alta	Medio-Alto	Turismo y recreación: ZUEP5	Sin conflicto
Aprovechamiento sostenible (sustentable)										
6	Áreas para cultivos permanentes (café, frutales y silvo-pasturas	Baja	Medio	Baja	Bajo	Bajo	Baja	Medio Alto	Expansión y establecimiento de asentamientos h. : ZUEP3, ZUEP5, ZUEP1	Sin conflicto
7	Áreas para realización de actividades de agricultura agroecológica	Baja	Medio	Baja	Bajo	Bajo	Baja	Medio-Alto	Expansión y establecimiento de asentamientos h.: ZUEP3;	Sin conflicto
8	Áreas de ganadería intensiva con medidas de conservación	Baja	Medio-Alto	Baja	Bajo-Medio	Bajo-Medio o Alto	Baja	Alta	Agropecuaria: ZUP3	Sin conflicto

Fuente: Elaboración propia

3.5.2. Categoría de Manejo.

Las áreas de manejo, definidas a partir del análisis integral de criterios, es una herramienta fundamental para la gestión de unidades territoriales como el manejo propuesto para la zona de estudio. Este tipo de análisis, permite comprometer la participación interdisciplinaria e interinstitucional en función de las competencias legales vigentes, tomando en consideración las variables que pueden incidir en la aplicación de las estrategias de manejo de las unidades territoriales. No obstante, estos análisis pueden verse limitados por la no disponibilidad de información, y es común que sólo se aborden desde una sola perspectiva (ecológica), sin tener en cuenta los demás factores que inciden en el Manejo Integrado de Unidades Territoriales.

Las categorías obtenidas (Mapa 21) para la zonificación ambiental y para el manejo del área de estudio, son las siguientes:

Categoría I: Áreas de Protección y Uso restringido: corresponde a la protección y conservación de Zonas ecológicas, cuyo factor determinante son los sitios o áreas de anidación de Petrel (*pterodroma phaeopygia*), que se encuentran influenciadas por abundantes especies arbustivas, nativas o endémicas como el cacaotillo (*miconia robinsoniana*).

Categoría II: Zonas de bosque para **protección indispensable** de recursos hidrológicos. Corresponde la protección y usos restringidos en áreas o sitios de humedales (lagos y lagunas permanentes y estacionales, encañadas). Incluyen los bosques de amortiguamiento (buffer) que están compuestas principalmente por *micónica robinzoniana*, guayaba y otras especies menores, en una distancia de 20 m a lo largo de ambas márgenes de encañadas con flujos de agua en las seis cuencas hidrográficas que interceptan el área de estudio.

Categoría III: Regulación de áreas para la protección de recursos hídricos (cuerpos de agua).

Corresponde a la protección y usos restringidos en áreas o sitios de interés hidrológico (humedales, lagos y lagunas permanentes y estacionales, encañadas), sitios de captaciones de agua en cuencas hidrográficas, mediante el establecimiento de protocolos acordados con los involucrados y aprobados mediante ordenanzas.

Categoría IV. Zona de restauración ecológica o de recuperación de zonas de conflicto afectadas por especies invasoras principalmente de pomarrosa y mora (por sus efectos negativos sobre los recursos ecológicos e hidrológicos del sitio). Se incluyen además los usos agropecuarios inapropiados para promover un aprovechamiento sostenible.

Categoría V. Áreas en conflicto afectas por especies Vegetales Invasoras (Mora, Guayaba) asociadas con especies arbustivas y herbáceas nativas, para **restauración** y aprovechamientos sostenible con planificación territorial a nivel de fincas para: Ecoturismo, agroturismo, ganadería intensiva, cultivos permanentes (café, frutales, silvo-pasturas etc.).

Categoría VI. Áreas para Aprovechamiento Sustentable (Sostenible) con ciertas restricciones para actividades de agricultura sostenible, agroturismo, ecoturismo, forestación y reforestación, actividades silvo-pastoriles, cuya planificación territorial y micro-zonificación tiene que ser definida a nivel de cada Unidad Productiva con la asistencia técnica del MAGAP - CGREG y en corresponsabilidad de cada uno de los propietarios. Esta categoría generalmente se ubica en la parte baja y sur del área de estudio.

Categoría VII: Zona Protegida y administrada por el PNG llamada “El Junco”, dentro de esta categoría igualmente se encuentran sitios de anidación de Petreles y *miconia robinsoniana*.

Los Servicios Ambientales que genera y ofrece el área de estudio, no están reconocidos ni comprendidos por los organismos competentes, sea por el desconocimiento o por la falta de información sobre la potencialidad y fragilidad de la zona de estudio. Dado el modelo de zonificación de Unidades Ecológicas del Paisaje y las categorías de manejo establecido, en primer lugar se demostró la obtención de unidades homogéneas con el modelo de zonificación aplicado; y a la vez disponer del instrumento clave para la planificación conjunta con los propietarios y llegar a establecer acuerdos de compromiso para regulación de las actividades dentro de esta zona. Puesto que mientras los propietarios de las Unidades Productivas sostienen una economía de subsistencia y no tengan alguna compensación por la conservación del patrimonio natural, en cualquier momento puede ocurrir o presentarse uso más intensivos o incompatibles del suelo. Los principales recursos y actividades en la zona están definidos: hidrología, especies de flora y fauna endémicas, investigación, conservación, turismo, etc.

Para garantizar la aplicación e implementación de las Categorías de Manejo para mitigación con fines de conservación de los recursos ecológicos e hidrológicos del área de estudio, así como el aprovechamiento sostenible de los recursos, es necesario gestionar y asistir técnicamente un proceso de planificación a nivel de cada Unidad Productiva y en corresponsabilidad con cada uno de los propietarios y las entidades públicas de competencia directa son el MAGAP y el CGREG. Por ejemplo para el caso de la ejecución de la Categoría I, para la protección de los nidos del Petrel, son seis los propietarios, con los cuales se tiene que realizar una planificación a nivel de cada propiedad considerando las recomendaciones de los estudios y trabajos de campo de Cruz, D., et-al. (2005) realizados en el 2005.

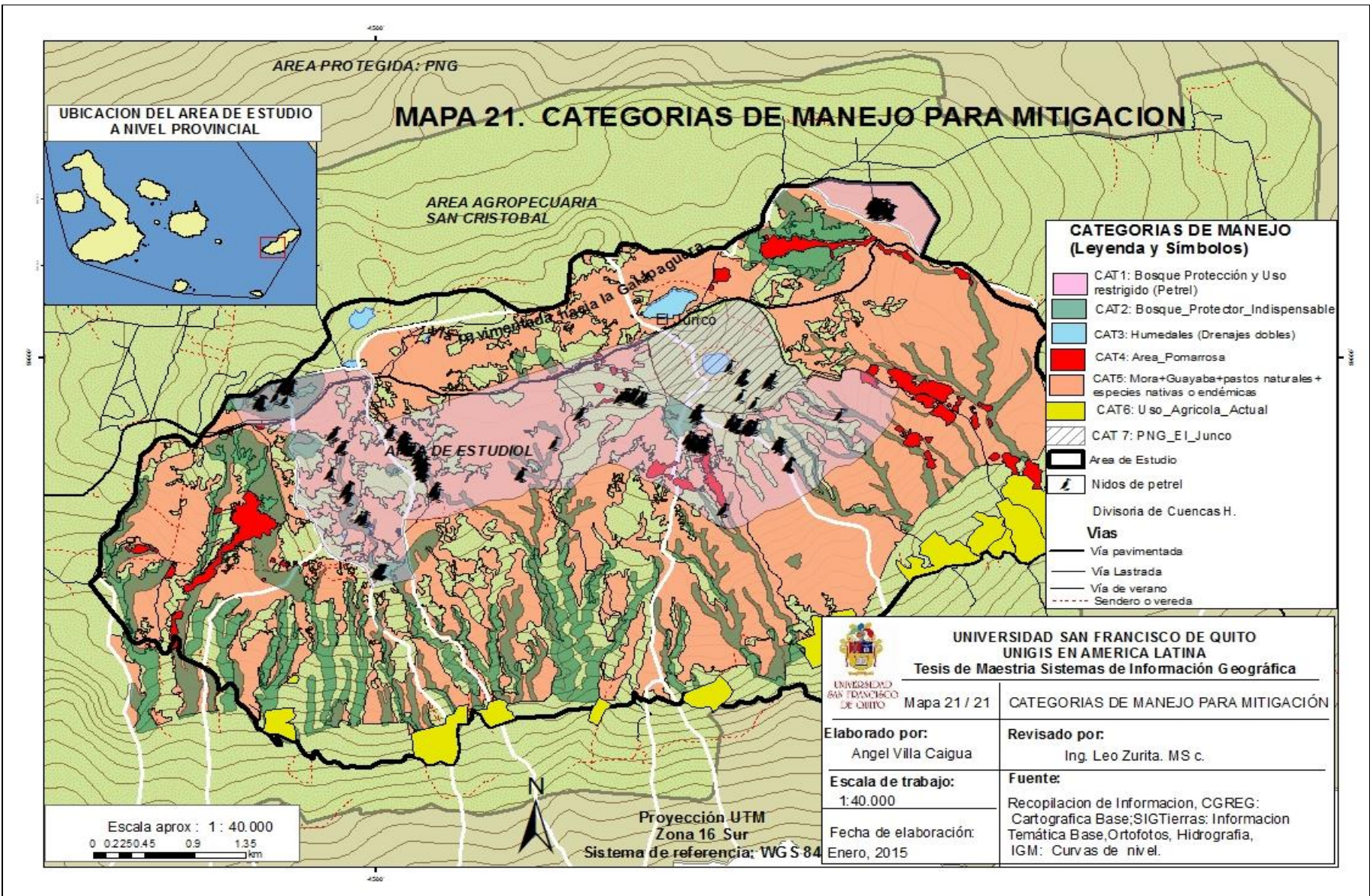









Tabla 15. Descripción de las Categorías de Zonificación del área de estudio en base al Mapa 21

Identificación de la Categoría	Descripción	Has.
1. CAT1: Áreas de Protección y Uso restringido en sitios de anidación y áreas de influencia de hábitats de <i>Petrelas pterodroma phaeopygia</i> (ave en riesgo de extinción).	Esta área se intercepta con las seis cuencas hidrográficas en la parte superior; y a sus ves se intercepta con otras categorías a excepción del área protegida de El Junco	 650.18
2. CAT2: Áreas de Bosque para protección indispensable de humedales (lagos, lagunas y vertientes), compuestas principalmente por <i>micónica robinzoniana</i> , guayaba y otras especies menores en zonas de buffer 20 m a lo largo de encañadas	El bosque está compuesto por especies nativas, especies invasoras como la guayaba (<i>pisidium guajaba</i>) que contribuyen positivamente en la intersección de humedad y a la conservación de cuencas hidrográficas. Área que se traslapa con otras categorías.	 576.16
3. CAT3: Regulación de áreas para la protección de recursos hídricos (cuerpos de agua). Corresponde a la protección y usos restringidos en áreas o sitios de interés hidrológico (humedales, lagos y lagunas permanentes y estacionales, encañadas), sitios de captaciones de agua en cuencas hidrográficas, mediante el establecimiento de protocolos acordados con los involucrados y aprobados mediante ordenanzas.	La georreferenciación de cuerpos de agua es probable que no se haya realizado en una 100%, puesto que están dispersas por toda el área de estudio y son de diferentes tamaños. Con la planificación territorial a nivel de fincas se debe inventariar para un manejo y conservación adecuada, puesto que son hábitats de patillos nativos dentro de la zona en estudio y dos tipos de especies de camarones nativos de agua dulce de San Cristóbal.	 17.00
4. CAT4: Áreas afectadas de bosque de Pomarrosa para recuperación de ecosistemas (hábitats de petreles y conservación de cuencas hidrográficas).	Esta categoría compuesta por una especie altamente invasora. Bajo esta especie se han eliminado al 100% la biodiversidad, e inclusive la permeabilidad y capacidad de almacenamiento de agua en el suelo se han afectado.	 71.02
5. CAT5: Áreas afectas por especies Vegetales Invasoras (Mora, Guayaba) asociadas con especies arbustivas y herbáceas nativas, para recuperación y aprovechamientos sostenible con planificación territorial a nivel de fincas para: Ecoturismo, agroturismo, ganadería intensiva, cultivos permanentes (café, frutales, silvo-pasturas etc.)	Cubre la mayor parte del área de estudio, requiere condiciones apropiadas de manejo de suelo. Se tiene que tomar en cuenta las características particulares de la guayaba y un musgo hospedero color café oscuro, que favorece de manera importante en la intercepción de humedad y consecuentemente en la regulación del ciclo hidrológico de las seis cuencas hidrográficas del área de estudio.	 1842.01
6. CAT6: Áreas para Aprovechamiento Sostenible con ciertas restricciones para de agricultura sostenible, agroturismo, ecoturismo, forestación y reforestación, actividades silvo-pastoriles.	Para el aprovechamiento sostenible, se requiere de la planificación territorial a nivel de cada Unidad Productiva con la asistencia técnica del MAGAP - CGREG y en corresponsabilidad de cada uno de los propietarios. Esta categoría principalmente se ubica en la parte baja del área de estudio, corresponde diversos tipos de cultivos.	 145.01
7. CAT7: Zona Protegida administrada por el PNG llamada “El Junco”, dentro de esta categoría igualmente se encuentran sitios de anidación de <i>Petrelas y miconia robinsoniana</i> .	Las acciones de administración y manejo se sujetan al Plan de Manejo del Área protegida del PNG. Dentro de esta área se encuentra uno de los sitios de mayor visitación terrestre en la isla San Cristóbal.	 101.47
Áreas que resultaron del traslape entre una o más categorías	Áreas traslapada entre ciertas categorías se representa con signo (-) para obtener el total real del área de estudio.	-328.04
Total Área de Estudio		3074.81

4. DISCUSION DE RESULTADOS

Se presenta un breve análisis de discusión de los indicadores de resultados obtenidos focalizado principalmente en el modelo de zonificación obtenido, los criterios de zonificación identificados y la categorización de unidades de manejo ambiental:

- La metodología del modelo de zonificación de unidades ecológicas del paisaje mediante el uso de variables biofísicas geoespaciales y la aplicación de las herramientas de SIG, permitió determinar las diferencias entre áreas homogéneas del área de estudio y a la vez demostrar la aplicabilidad al manejo de áreas protegidas o que se busca establecer su protección; sin embargo, se determinó que los resultados dependen de la escala y calidad de la información, el trabajar con una escala muy pequeña (baja resolución) igual situación tendrán los resultados, el trabajar con información desactualizada, a la hora de diferenciar en el terreno las unidades de zonificación resulta complicado hacerlo.
- Uno de los aspectos de mayor relevancia encontrados y que deja aún inquietudes por definirse, es a la hora de identificar y ajustar las Unidades homogéneas en el territorio o en la implementación de acciones de manejo, es decir el modelo de zonificación obtenido constituye un importante resultado, pero por sí solo no respondió con el 100% de efectividad, en el caso del estudio para definir con mejor criterio el área de hábitat de petrel (ave en peligro de extinción, endémica de las islas), necesitó de información complementaria geo-referenciada de los nidos de petrel y cualitativa propia de la fisiografía del territorio. Al revisar estudios anteriores sobre la situación de esta ave y sus recomendaciones, Cruz, D. et- al, (2005), propone pequeñas áreas de influencia a los nidos de petrel para su manejo y control en todas

las áreas de influencia de su habitas; mientras que, en el presente estudio se propone manejar todo el área de influencia de los hábitats de petrel definido como Categoría I, mediante un manejo planificado y acordado con los propietarios del lugar tomando como base a la zonificación establecida.

- Los benéficos de esta investigación fueron más allá de la demostración de la funcionalidad del modelo de Zonificación Ecológica establecida con base en las variables biofísicas geoespaciales y al uso de SIG, al haber llegado a la definición de categorías de manejo en base al análisis integrado de las variables socioeconómicas geoespaciales, donde los conflictos encontrados por especies invasoras y usos inapropiados del suelo fueron fundamento importante para definir los criterios de zonificación y las categorías de manejo. Con lo cual se está contribuyendo al manejo de esta zona y a los mecanismos de planificación ambiental y de políticas ambientales para las islas.
- Como sugerencias y recomendaciones, para futuras investigaciones, es importante inicialmente realizar un proceso de validación de información geoespacial, disponer de información área reciente (fotografía, imágenes de satélite o de drones), y reconocer con mucho detalle el territorio si las condiciones lo permiten.
- Las perspectivas futuras sobre las experiencias y la aplicación de los modelos de zonificación es muy grande, especialmente para Galápagos por ser un conjunto de ecosistemas macros y micros reconocidos por la UNESCO como patrimonio natural de la humanidad, donde el Estado ecuatoriano a través de las instancias pertinentes, está obligado a conservarlo y manejarlo, es decir los requerimientos en los modelos de zonificación serán más exigentes con la aplicación de los SIG y la tecnología en

constante progreso. Esto facilitará cada vez más la aplicación de dichos modelos de zonificación para la planificación territorial y el desarrollo de las actividades de conservación y de desarrollo socioeconómico.

- La zonificación ecológica del paisaje permite caracterizar integralmente los ecosistemas de las áreas protegidas y sus zonas amortiguamiento como el caso de este estudio; y, A través de la zonificación ecológica se pueden identificar espacial y temporalmente las presiones a los valores objeto de conservación, y apoyar la definición de niveles de vulnerabilidad y riesgo sobre ellos a nivel eco sistémico.
- La participación de los propietarios de los involucrados en el proceso de caracterización, en campo, ofrece insumos técnicos para la reconversión de modelos de uso, producción y extracción no sostenibles, y permite ganar legitimidad e implementar procesos efectivos de conservación a través de propuestas de manejo eco sistémico
- Tener una representación espacial y temporal del paisaje del área de estudio y su contexto, permite definir lineamientos en torno a la construcción de redes de conservación local y nacionales, aportando a la definición de zonas amortiguadoras y sistemas de áreas protegidas.

5. CONCLUSIONES

1. El área de estudio de acuerdo con los ajustes realizados en la zonificación y demarcación, se estableció en 3074.81 has que se intersecta con seis cuencas hidrográficas: Los Arroyos, la Policía, La toma de los Americanos, la Honda, Cerro Gato y el Chino, que conforman la reserva hidrológica más importante de Galápagos, que está integrada por humedales, lagunas y vertientes de agua, especies de camarones de agua dulce, especies vegetales endémicas o nativas (*miconia robinsoniana*), aves como el petrel (*pterodroma phaeopygia*), pinzones de Darwin propios de la zona húmeda, patillos (*Anas bahamensis galapagoensis*), gallinulas (*gallinula chloropus*), etc.
2. Dentro del análisis territorial y situación actual de la zona de estudio, entre otros indicadores se determinó que a pesar de la potencialidad hidrológica y la fragilidad de los valores ecológicos no han sido reconocidos como tales por los organismos competentes, debido a la falta de información y al desconocimiento de la importancia de los servicios ambientales que se generan en el área de estudio; mientras que, los agricultores y ganaderos, sostienen una economía de subsistencia que pone en riesgo la aplicación de usos incompatibles del territorio.
3. En el análisis de uso actual del suelo, la cobertura vegetal (bosque denso arbustivo) es predominante con un 60% (1853.94 has) compuesto principalmente por varios tipos de especies invasoras (mora y guayaba y pomarroja) asociadas con endémicas y nativas como *miconia robinsoniana*, helechos, pastos naturales etc.; esto ha dado lugar, a que el área de estudio no tenga problemas de usos intensivos y erosión de suelos. Además la guayaba en asociación con un musgo en calidad de hospedero, está también contribuyendo significativamente en la interceptación de humedad y en la capacidad de

infiltración de agua en las cuencas hidrográficas. Mientras que, el bosque de pomarrosa (especie altamente invasora) identificada, mediante geo-referenciación cubre un 2.31% (71.02 has), a su paso ha eliminado todo tipo de vegetación, y dejando suelos desnudos y endurecidos, con lo cual se reduce la capacidad de infiltración de agua en las cuencas hidrográficas.

4. La incidencia de las especies invasoras en la zona de estudio ha generado impactos no solamente negativos, sino también efectos positivos, como la guayaba (en asociación con un musgo hospedero color café) y en asociación con otras especies ocupa del 45% (1397.16 has) está contribuyendo positivamente en la intercepción de humedad y a la vez en la infiltración del suelo y consecuentemente contribuyendo en la regulación del ciclo hidrológico de las seis cuencas hidrográficas que interceptan el área de estudio. Mientras que otras especies como la pomarrosa que está formada por manchas y distribuida en forma dispersa en el área de estudio tiene una incidencia menor al 2.31% (71.02 has); sin embargo, su afectación es negativa puesto que ha eliminado el 100% de la biodiversidad bajo su sombra dejando suelos desnudos y endurecidos expuestos a la escorrentía superficial así como afectando a la infiltración y a la regulación del ciclo hidrológico de las cuencas hidrográficas.
5. El modelo de Zonificación de Unidades Ecológicas del Paisaje, permitió determinar cinco categorías de Unidades, donde la **ZUEP5** con el 44% (1355.59 has) es la que mayor intersección tiene con las seis cuencas hidrográficas, donde se encuentran la mayoría de lagunas y humedales, vertientes y encañadas; así como las especies de flora y fauna en conservación (petrel, pata pegada, patillos, pachay, miconia robinsoniana, etc), sobre esta base se definió las categorías de manejo ambiental en base a los criterios de

zonificación establecidos y al uso de herramientas SIG, lo que permitió demostrar la aplicabilidad del modelo establecido para el área en estudio.

6. Las categorías de Manejo establecidas permiten orientar e implementar las acciones de mitigación para cada una de las categorías de manejo establecidas o de manera directa para cada una de las Unidades Ecológicas del Paisaje establecidas en el modelo de zonificación.
7. Los nidos de la ave de Petrel (*pterodroma phaeopygia*) o pata pegada, se encuentran geo-referenciados y están distribuidos en toda la parte superior del área de estudio constituye la primera categoría (CAT1) que intercepta las seis cuencas hidrográficas y requiere de un manejo diferenciado con relación a las demás categorías.
8. En análisis territorial y los procesos de zonificación (modelos), no son posibles técnicamente ni en su calidad ni eficiencia, si no se cuenta con las herramientas de los Sistemas de Información Geográfica la información geoespacial previamente depurada.

6. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el diseño e implementación de una ordenanza municipal dirigida al incentivo y restricciones para el manejo adecuado de la zona de estudio y en particular para el manejo del suelo, asistido por las entidades competentes de acuerdo con la matriz de competencias.
2. Establecer un acuerdo de compromisos protocolizado con cada uno de los propietarios a fin de llegar a establecer un plan de manejo para cada una de las Unidades de Producción agropecuaria (UPAS) del área de estudio, tomado como base fundamental la cartografía temática desarrollada en este estudio.
3. Establecidos los diferentes usos y funciones de la Unidad Territorial (área de estudio), es necesario el compromiso de organismos competentes como el Consejo de Gobierno de Régimen Especial de Galápagos (CGREG), la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA), el Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca (MAGAP), el Gobierno Autónomo y Descentralizado (GADs) y propietarios de las Unidades Productivas Agropecuarias (UPAs), para que se defina una **matriz de competencias** y la implementación de un **protocolo** de Manejo en base a las Categorías de Manejo establecidas, a fin de que sea validado y aplicado como proyecto piloto en la gestión de la zona en estudio.
4. Al MAGAP le corresponde liderar un proceso de gestión territorial a nivel de UPAs, de acuerdo con el Modelo de Zonificación de Unidades Ecológicas y la Categorización de Manejo establecida, a fin de que cada propietario pueda desarrollar actividades en función de las variables productivas, ecológicas o hidrológicas del sitio. Proceso que

debe ser apoyado por el CGREG y el GAD Municipal, con el fin garantizar la conservación de los recursos hidrológicos y ecológicos del área de estudio en el largo plazo.

5. Es prioritario que el CGREG, en coordinación con el MAGAP, la SENAGUA y el GAD Municipal y Parroquial, se desarrolle un Programa Ambiental de compensaciones en base al concepto de pago de servicios ambientales para aquellas Unidades productivas y sus áreas de influencia, que de una u otra manera tienen que dejarse inalterables ciertas áreas o sitios de alto valor ecológico o por ser zonas de recarga hídrica de cuencas hidrográficas, que deben ser definidas en forma detallada a la hora de realizar la planificación de cada Unidad Productiva.
6. Otro de los conflictos evidenciado en base las entrevistas personalizadas con los propietarios del lugar es el conflicto por el uso inequitativo del agua y la falta de mantenimiento de las redes de agua comunitarias, debido a la inexistencia de una adecuada administración puesto que el GAD Municipal no ha podido hacer el mejoramiento para una buena gestión del servicio de agua en el área rural.

7. GLOSARIO

TÉRMINOS TÉCNICOS:

Cartografía.- Conjunto de operaciones y procesos que intervienen en la creación, edición y análisis de mapas.

Descentralización: Según el COPFP 2010, la descentralización consiste en la transferencia obligatoria, progresiva y definitiva de competencias, con los respectivos talentos humanos y recursos financieros, materiales y tecnológicos, desde el gobierno central hacia los gobiernos autónomos descentralizados

Escenarios. Situaciones pasadas, presentes o futuras de las actividades sociales o de las estructuras territoriales resultantes de dichas actividades (Metodología Planificación Senplades, 20009).

Estrategia. Conjunto coherente de políticas, líneas de acción y medios instrumentales a ser implementados para cumplir objetivos determinados (IGAC, 1997).

GPS. Global Positioning System - Sistema de Posicionamiento Global. Se trata de un sistema global de navegación por satélite (GNSS) que permite localizar con precisión un dispositivo GPS en cualquier lugar del mundo. (ALEGSA 2012).

Información Geográfica: son aquellos datos espaciales georreferenciados requeridos como parte de las operaciones científicas, administrativas o legales. Dichos geodatos poseen una posición implícita por ejemplo la población de una sección censal, una referencia catastral, etc., o explícita por ejemplo coordenadas obtenidas a partir de datos capturados mediante GPS, etc. (Esteban Gianfelici, 2008).

Mapa. Un mapa es la representación gráfica y métrica de un área o porción de territorio generalmente sobre una superficie de dos dimensiones.

Modelo Territorial. Es una imagen simplificada del sistema territorial, cuya calidad depende no tanto de la fidelidad con que se representa el sistema modelizado cuanto de su capacidad para ayudar a la interpretación de su estructura y de su funcionamiento (Gómez, 2008).

Ordenamiento Territorial: Según el COOTAD 2010, se entenderá por ordenamiento territorial a la construcción de las políticas económica, social, cultural y ecológica-ambiental en el territorio. Tiene por objeto compatibilizar y armonizar la ocupación y el uso del territorio, la diversidad cultural, la localización de actividades productivas y el manejo de los recursos naturales, con el régimen de desarrollo.

Participación ciudadana. La participación ciudadana es un derecho. La planificación participativa se inspira además por la valoración ética de la posibilidad de un ejercicio democrático de encuentro de intereses particulares y por la necesidad de contar con el conocimiento y las habilidades de las personas destinatarias del Plan, como corresponsables del diseño y gestión de acciones públicas que están referidas al conjunto de la sociedad (PNBV 2009 - 2013).

Discretividad espacial: Diferencias en los contrastes entre las entidades u objetos ubicados en una unidad territorial al ser observados en una fotografía aérea, una imagen de satélite o en forma directa en el campo.

Funciones y Procesos en el perfil de las Unidades Ambiental (Cresta-Ladera):

Agua: Intercepción de frentes y captación de precipitaciones verticales y horizontales. Áreas de recarga y de acumulación en suelos y subsuelo en depósitos y sitios vulnerables subterráneos de importantes recursos hídricos estratégicos. Abastecimiento de acuíferos.

La planificación de los usos debe favorecer estas funciones esenciales y proteger las áreas de recarga del recurso agua de calidad de forma compatible con otros usos tradicionales.

Biodiversidad: Soporte y matriz de hábitats de interés insular, flora y fauna amenazadas y taxones singulares (endemismos) con respuesta potencial ante el cambio climático. Su protección es un objetivo reseñable a nivel global.

Biomasa: Producción estacional de pastos ganaderos y recursos maderables montanos en silvosistemas y sistemas silvoganaderos equilibrados. La planificación se orienta hacia el mantenimiento y mejora de la multifuncionalidad de estos recursos renovables.

Conectividad ecológica: Las crestas se integran en el esquema de los flujos migratorios y tráfico de aves, estacionales peninsulares y otros tipos de ritmos, movimientos de desplazamiento horizontales y verticales (montaña-valle) interterritoriales de ciclo corto estacional.

Paisaje: Importancia de los paisajes de montañas, apreciados por su valor escénico (fondos, horizontes, línea de montañas, corredores paisajísticos), con valores históricos de usos. La valorización del paisaje con interés intrínseco-identitario y turístico de creciente demanda social. La planificación se orienta hacia el apoyo de la actividad de usos compatibles y proyectos de mejora del paisaje

Planificación ambiental tiene como finalidad mejorar los servicios eco sistémicos, la coherencia global de las redes de conservación y su resiliencia y respuesta mejorada ante el cambio climático.

Suelos: Fijación estable como sumidero de carbono atmosférico en la biomasa y en suelos humíferos, rendzinas y ranker de montaña.

Unidades ambientales no constituyen una categoría de suelo a nivel de ordenación, sino una herramienta metodológica para análisis y diagnóstico territorial definida para los objetivos y la escala de trabajo en los procesos de los Planes de Ordenamiento Territorial y dan las claves que justifican la normativa propuesta.

SIGLAS:

CLIRSEN. Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos.

COOTAD. Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización.

COPFP. Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas

GAD. Gobiernos Autónomos Descentralizados.

GPS. Sistema de Posicionamiento Global

IGM. Instituto Geográfico Militar

INEC. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

INAMHI. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

MAE. Ministerio de Ambiente

MAGAP. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca

MINTUR. Ministerio de Turismo

MSP. Ministerio de Salud Pública

PANE. Patrimonio de Áreas Naturales del Estado.

PEA. Población económicamente activa.

PNBV. Plan Nacional para el Buen Vivir

SENPLADES. Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo

SIISE. Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador

SIG. Sistemas de Información Geográfica

SNAP. Sistema Nacional de Áreas Protegidas

SNGR. Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos

UPA. Unidad de Producción Agrícola

8. BIBLIOGRAFIA

- Alonso, D., Sierra-Correa, P., Arias-Isaza, F., y Fontalvo, M. (2003). *Guía metodológica para el manejo integrado de zonas costeras en Colombia*, manual 1: preparación, caracterización y diagnóstico. Serie de Documentos Generales No. 12, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras INVEMAR, Santa Marta. 94 p
- Beltrán, N., Pozo, D. (2010). Zonificación ecológica - económica y propuestas de gestión integral de los recursos naturales del Cantón Ibarra. Tesis para la obtención de Título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables, Universidad Técnica del Norte Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Ibarra, Ecuador.
- BioCAN - El Programa Regional de Biodiversidad en la Amazonía de los Países Miembros de la CAN. (2013, marzo). *Taller Regional de Capacitación sobre "Zonificación y Planeamiento Territorial" para integrar la biodiversidad en el Ordenamiento Territorial*, Lima, Perú. Obtenido el 23 de septiembre del 2014 de http://www.cadenahortofruticola.org/admin/arczona/3adaptacion_de_la_metodologia_zonificacion_agroecologica.pdf
- Clark, J. (1998). Coastal seas, the conservations challenge. Mote Marine Laboratory, Blackwell Science, Ramrod Key, Estados Unidos. 134 p.
- Colombia. INVEMAR - Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. (2003). Proceso metodológico para la zonificación, caracterización y evaluación ecológica del paisaje en el Parque Nacional Natural Corales del Rosario de San Bernardo.
- Comunidad Andina de Naciones - CAN. (2011). *Simposio sobre metodologías de integración de Información, Zonificación y Planeamiento Territorial*. Experiencia presentada en el

Taller Regional de Capacitación sobre Zonificación y Planeamiento Territorial para integrar la biodiversidad en el OT.

Cruz, D., Wiedenfeld A. (2005). *Informe de resultados del estudio: Estatus del ciclo reproductivo, hábitat, y amenazas en las colonias del petrel de galápagos en isla San Cristóbal*. Estación Científica Charles Darwin - Servicio Parque Nacional. Puerto Ayora, Galápagos Ecuador. Obtenido el 13 de noviembre del 2014 de http://www.galapagoswind.org/fileadmin/documentos_web/pdf/Informe_Final--Resultados_del_E.pdf

Ecuador, Conejo Nacional de Geo informática - CONAGE (2010): Registro Oficial # 269. *Políticas de uso de información institucional*. Quito.

Ecuador. INGALA-PRONAREG-ORSTOM. (1987). *Estudio "inventario Cartográfico de los recursos naturales, geomorfología, vegetación, hídricos, ecológicos y biofísicos formaciones vegetales y uso actual del suelo*. Programa Nacional de Regionalización Agraria – PRONAREG del MAGAP en convenio con el Instituto Nacional Galápagos y la Asistencia Técnica del Instituto de Investigación Científica Francés (Orstom) y el IGM.

Ecuador. INERHI-INGALA (1987). *Estudio de los recursos hídricos para la Provincia de Galápagos*.

Ecuador. Municipio de San Cristóbal. (2007). *Estudio de Línea Base Ambiental del Cantón San Cristóbal "Diagnostico ambiental por áreas claves"*. Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental y El Programa ARAUCARIA de la Agencia española. 155p.

Ecuador. Municipio de San Cristóbal (2006). *Informe Hidrológico de fuentes superficiales para el Agua Potable de San Cristóbal*. Empresa EPTISA Grupo E.P. ENTEMANSER Contratada para el Proyecto de Agua Potable municipal.

Ecuador. Consejo de Gobierno de Régimen Especial de Galápagos CGREG. (2011). *Plan de gestión integral del recurso hídrico para la provincia de Galápagos*. Dirección de Planificación.

Ecuador. Gobierno Municipal de San Cristóbal. (2012). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón San Cristóbal (2012-2016)*. 313p.

Ecuador. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI. (2008). *Estudios e Investigaciones Meteorológicas*, Boletín meteorológico mensual, Ecuador.

Ecuador. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, INEC. (2010). *Resultados del Censo 2010. Fascículo Galápagos. Estructura de la población*. Obtenido el 23 de noviembre del 2014 de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manualateral/Resultados-provinciales/galapagos.pdf>

EPTIZA, Empresa consultora (2010). *Informe Hidrológico de fuentes superficiales para el Agua Potable de San Cristóbal*.

Etter, A. (1990). *Introducción a la ecología del paisaje: un marco de integración para los levantamientos rurales*. IGAC, Bogotá. 90 p.

Euler, A. (2003). *In Actualidad Forestal Tropical*. Vol. 11 (1). 22-23 p.

Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO. (1996). *Adaptación de la metodología de zonificación agroecológica de la FAO para aplicaciones a diferentes niveles de zonificación en países de América Latina y el Caribe*. Obtenido el 15 de noviembre del 2014 de http://www.cadenahortofruticola.org/admin/arczona/3adaptacion_de_la_metodologia_a_zonificacion_agroecologica.pdf.

FAO (1997). *Zonificación Agro-ecológica*. Obtenido el 20 de noviembre del 2012 de <http://www.fao.org/docrep/W2962S/W2962S00.htm>.

Fernandez, R., (2013). *Metodología para la caracterización y diferenciación de las unidades de paisaje de un espacio de montaña*. Departamento de Geografía. Universidad de Salamanca. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles N.º 62 – 2013. Págs. 101-127.

Forst, M. (2009). *The convergence of integrated coastal zone management and the ecosystems approach*. *Ocean Coast. Manag.*, 52: 294-306.

Gómez, Ch. (2011). *Estudio de Tesis "Caracterización Ambiental y socioeconómica de la cuenca de la Honda como parte del proceso de identificación de áreas prioritarias del Plan de Gestión de Recursos hídricos que implementa el Consejo de Gobierno de Galápagos*. 111p.

Gómez, O., (2009-2010). *Guía metodológica de Planificación Territorial bajo auspicio de la Secretaría Nacional de Planificación Territorial*. SENPLADES-Universidad de Madrid – España.

Granda, L., Chóez S. (2011-2012). *Población y migración en Galápagos*. Informe Galápagos 2009-2010, bajo el auspicio de Consejo de Gobierno de Galápagos, Parque Nacional Galápagos, Fundación Charles Darwin. 8p. Obtenido el 24 de noviembre del 2014 de http://www.galapagospark.org/documentos/ciencia/InformeGalapagos_2011-2012.pdf

Hoyos, F.; Herrera R. (2013). *Zonificación de Manejo ambiental, Estudio de impacto ambiental actualizado, realizado mediante consultoría*.

LA TORRE, O. (2010): *San Cristóbal y su Historia*. Quito: Ed. Publiediciones.

Leslie Holdridge (botánico y climatólogo, 1907-99). *Diagrama de clasificación de zonas de vida*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_clasificación_de_zonas_de_vida_de_Holdridge

López, R., Lozano-Rivera, P., y Cristina Sierra-Correa, P. (2012). *Criterios de zonificación ambiental usando técnicas participativas y de información: estudio de caso zona costera del departamento del Atlántico*. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras - Vol. 41 (1) - 2012, Punta de Betín, Sta. Marta, Colombia. 83 p.

López, R., Lozano-Rivera, P., y Cristina Sierra-Correa, P. (2003). *Plan de manejo integrado de la zona costera del complejo de las bocanas Guapi Iscuandé, Pacífico colombiano-Fase II*. Serie de Documentos Generales No. 17, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, Sta. Marta. 138 p.

Kitsiou, D., Coccossis H. y Karydis, M. (2002). *Multi-dimensional evaluation and ranking of coastal areas using GIS and multiple criteria choice methods*. Sci. Total Environ., 284 (1-3): 1-17.

MMA, ACOFORE y OIMT. (2002). *Criterios e indicadores para la ordenación sostenible de los bosques naturales*. Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá. 20 p.

NCGIA- National Center for Geographic Information and Analysis - de los Estados Unidos. (1991). Obtenido el 26 de septiembre del 2014 de <http://www.csiss.org/SPACE/>

Noémi d'Ozouville (2010). *Etude du Fonctionnement Hydrologique Dans les Îles Galápagos: Prealable à la gestion de la ressource en milieu basaltique insulaire et fragile*. 471p.

- Ortiz-Lozano, L., A. Granados-Barba y I. Espejel. (2009). *Ecosystemic zonification as a management tool for marine protected areas in the coastal zone: applications for the sistema arrecifal Veracruzano National Park, Mexico*. *Ocean Coast. Manag.*, 52: 317-323.
- Quan Trac Nguyen. (1985). *Los Recursos de Agua del Archipiélago de Galápagos*. Bajo el auspicio de la Organización de las Naciones Unidas, para la Educación la Ciencia y la cultura 21p.
- Quijano S., y Pardo M. (2010). *Gestión Ambiental Estratégica Marco institucional para una gestión minera ambiental y socialmente responsable en Colombia*. Bogotá 106p.
- Sánchez, Huerta. (2005). *“Procesamiento digital de imágenes de satélite y elaboración de mapas de fisiografía, forestal y de uso de la tierra para la Zona Reservada de Ampiyacu-Apayacu-Río Algodón”*. Lima. 36 p.
- Tuomisto, H. (1994). *Ecological Variation in the rain forest of peruvian amazonia: integrating fern distribution patterns with satellite imagery*. Turku.
- Villa, Á. y Segara P. (2010). *El cambio histórico del uso del suelo y cobertura vegetal en el área rural de Santa Cruz y San Cristóbal*. Informe Galápagos 2009-2010, bajo el auspicio de Consejo de Gobierno de Galápagos, Parque Nacional Galápagos, Fundación Charles Darwin. 8p.

9. ANEXO

FORMULARIO ENCUESTA

1) DATOS GENERALES

Nombre del propietario: _____

Extensión de la propiedad (has): _____

Nombre de la propiedad:

Ubicación: Nombre del Sector: _____

Cuenca hidrográfica a la que pertenece:

Ubicación con respecto a la: Cuenca alta _____, Cuenca media _____ o Cuenca baja

Porcentaje de extensión dentro de la cuenca: _____

2) USO DEL SUELO Y TENENCIA DEL SUELO

- Agropecuario (has): _____
 - Cultivos (has): _____
 - Ciclo corto (has): _____
 - Permanentes (has): _____
 - Anuales (has): _____
 - Pastoreo (has): _____
 - Pasto Elefante (has): _____
 - Tanzania (has): _____
 - Brachiaria (has) _____
- Especies Invasoras (has) _____
 - Guayaba (has): _____
 - Mora (has): _____
 - Otros: _____

- Bosque Nativo (has): _____
- Bosque Plantado (has): _____

3) RECURSO HÍDRICO

Aforos de caudales en los diferentes sitios de interés de protección de las áreas de abastecimiento de agua, que se obtendrán a la fecha del estudio para tener una referencia con relación a las estadísticas obtenidas en años anteriores:

Nombre del sitio de aforo: _____

Caudal (método volumétrico) en Lit/s : _____

Principales Usuarios y Usos del agua con respecto a cada sitio de aforo y a la ubicación de la finca:

Uso de agua

- Riego _____
- Consumo humano _____
- Consumo para animales: _____

4) INFRAESTRUCTURA

- Tipo de captaciones y conducciones y almacenamiento: _____

- Tipo de acceso vial hacia la unidad productiva : _____
- Tipos de acceso a servicios comunicación telefónica: _____
