



CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA  
ESCUELA DE POSGRADO

**“Uso del suelo, actividades productivas agropecuarias a nivel cantonal y el potencial de conectividad ecológica entre Áreas Silvestres Protegidas de Costa Rica”**

Por

ALFREDO CARLOS ESQUIVEL ACOSTA

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado como requisito para optar por el grado de:

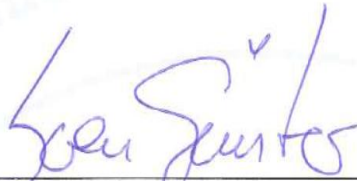
*Magister Scientiae* en  
Socioeconomía ambiental

Turrialba, Costa Rica, 2012

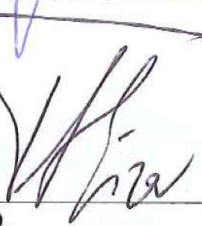
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del estudiante, como requisito parcial para optar por el grado de

**MAGISTER SCIENTIAE EN SOCIOECONOMÍA AMBIENTAL**

**FIRMANTES:**



Sven Günter, Ph.D.  
Codirector de tesis



Francisco Alpizar, Ph.D.  
Codirector de tesis

Pablo Imbach, Ph.D.  
Miembro Comité Consejero



Lindsay Capet, M.Sc.  
Miembro Comité Consejero



Thomas Dormody, Ph.D. / Francisco Jiménez, Dr. Sc.  
Decano / Vicedecano de la Escuela de Posgrado



Alfredo Carlos Esquivel Acosta  
Candidato

## **DEDICATORIA**

### **A las mujeres de mi vida:**

Las que ya no están y q.e.p.d, Alicia Sofía Pérez Coronado, Felicia Coronado Gonzalez y María Antonia Argumedo por todo el amor que me tuvieron y que cada día que tuve fatiga, recordé su gran fortaleza, para asumir de la misma forma en que ellas lo hicieron los obstáculos que se me presentaron.

Las que siempre me acompañaron desde la distancia en este nuevo y hermoso episodio de mi vida y que sus hermosas voces de quien no veía en esos momentos me entregaron mucho amor y alegría: mi amada madre Sixta Yolanda Acosta Coronado; mi amada hermana María Angélica Esquivel Acosta y mis dos bellas y amadas hijas Sara Baena Esquivel y Sofía Baena Esquivel.

A mi hermosa novia Juana María Gonzalez Pino por todo el amor y la compañía incondicional que me entregaste.

### **A los hombres de hacen parte de mi vida:**

Mi amado padre Alfredo Enrique Esquivel Argumedo por toda tu confianza, amor y apoyo que he recibo desde que decidiste colocar la semilla de la vida en las entrañas de mi madre.

Mi único y amado hermano mayor Frank David Esquivel Acosta por el amor que me tienes y por ser un verdadero amigo.

## **AGRADECIMIENTOS**

A los profesores Francisco Alpizar y Sven Günter que sin su apoyo y dedicación este trabajo de investigación no hubiese tenido el mismo tinte de calidad.

A Lidsay Canet y Pablo Ibach por ser parte del comité asesor y sus valiosos y oportunos aportes.

A los funcionarios del MAG Yetti Quirós, Amalia Venegas, Omar Campos Duarte y Mario Chávez, por su gran colaboración y gentileza.

A Edgardo Palacios, Juan Carlos Zamora y Nestor Veas, por su tiempo y paciencia.

A mi amada novia por su gran colaboración.

Y a todas las personas que de una u otra forma contribuyeron a que este trabajo de investigación sea una realidad.

## Tabla de contenido

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Justificación e importancia.....	2
1.2	Objetivos .....	4
1.2.1	<i>Objetivo general.</i> .....	4
1.2.2	<i>Objetivos específicos.</i> .....	4
2.	MARCO CONCEPTUAL.....	6
2.1	Cambio climático.....	6
2.2	Medidas de adaptación al cambio climático global.....	7
2.3	Áreas protegidas, corredores biológicos y conectividad. ....	8
2.4	Procesos de Fragmentación y su consecuencia: La Fricción. ....	11
2.5	Análisis de inversiones y rentabilidad de actividades agropecuarias.....	11
2.6	Pago de Servicios Ambientales en Costa Rica y su comparación con actividades agropecuarias productivas.....	12
2.7	Construcción de índices. ....	13
3.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	14
3.1	Área de estudio .....	14
3.2	Diseño del trabajo.....	15
3.3	Metodología.....	15
3.3.1	<i>Metodología para la construcción del índice.</i> .....	15
3.3.1.1	<i>Metodología para la construcción de la variable superficie en hectárea por cantón.</i> .....	15
3.3.1.2	<i>Metodología para la construcción de la variable de rentabilidad de las principales actividades agropecuarias asociada a las diferentes coberturas.</i> .....	16
3.3.1.3	<i>Metodología para la construcción de la variable valor de fricción de las diferentes coberturas.</i> .....	18
3.3.1.4	<i>Metodología para la combinación de dimensiones económicas y ecológicas.</i> .....	19
3.3.1.5	<i>Metodología para la construcción Índice Potencial de Conectividad entre ASP.</i> .....	19
3.3.1.6	<i>Metodología para la superposición de los mapas de las ASP, corredores biológicos con el mapa del IPC.</i> .....	20
3.3.2	<i>Metodología para el análisis de cuatro zonas del país y sus alternativas del uso del suelo.</i>	21
3.3.3	<i>Metodología para la construcción del escenario económico</i> .....	21
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22

4.1 Construcción del Índice Potencial de Conectividad (IPC).....	22
4.1.1 Superficie (ha) de las coberturas según los diferentes usos del suelo. ....	22
4.1.1.1 Provincia de Alajuela.....	22
4.1.1.2 Provincia de Cartago.....	23
4.1.1.3 Provincia de Guanacaste.....	24
4.1.1.4 Provincia de Heredia.....	25
4.1.1.5 Provincia de Limón.....	25
4.1.1.6 Provincia de Puntarenas.....	26
4.1.1.7 Provincia de San José.....	27
4.1.2 Rentabilidad de las Actividades Agropecuarias Productivas asociadas a las diferentes Coberturas.....	29
4.1.3 Valor de Fricción de las coberturas según los diferentes usos del suelo.....	30
4.1.4 Combinación de dimensiones económicas y ecológicas.....	33
4.1.5 Cantones que favorecen o limitan la conectividad entre ASP S según el IPC.....	34
4.1.6 Discusión.....	42
4.2 Análisis del potencial de conectividad en cuatro diferentes zonas del país y las diferentes alternativas en el uso del suelo.....	47
4.2.1 Zona de análisis “Osa”.....	47
4.2.2 Zona de análisis “San Juan La Selva”.....	50
4.2.3 Zona de análisis “Cordillera Talamanca”.....	53
4.2.4 Zona de análisis “Los Chiles”.....	56
4.2.5 Discusión.....	59
4.3 Escenario Económico: Efectos del PSA en posibles cambios del uso del suelo.....	68
4.3.1 Situación actual de las coberturas según los diferentes usos del suelo.....	68
4.3.2 Escenario económico y génesis de la situación potencial.....	69
4.3.3 Discusión.....	78
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	82
LITERATURA CITADA.....	84
ANEXOS.....	91

## RESUMEN

La conectividad es un elemento que resalta de importancia al mencionar las Áreas Silvestres Protegidas en Costa Rica. Sin embargo, la unidad territorial donde se encuentran circunscritas revisten de importancia, específicamente, desde el uso del suelo y las actividades productivas en cada uno de los cantones.

De acuerdo a lo anterior se tomaron en cuenta tres variables, una ecológica, otra económica y la última espacial, para visualizar el potencial de conectividad a nivel cantonal a partir de la construcción de un índice. Los cantones con un menor potencial de conectividad son aquellos que presentan un uso intensivo del suelo urbano y se ubican geográficamente en la región del valle central.

También se plantearon alternativas y/o medidas de adaptación según el uso del suelo agrícola y las principales actividades productivas identificadas a nivel nacional, debido a la fricción que estas generan al estar insertas en una matriz de paisaje que separa las Áreas Silvestres Protegidas.

Además, se planteó un escenario económico de los posibles efectos del pago por servicios ambientales, que consistió en compensar a los productores por dejar de producir y dar paso a la regeneración natural, ésta última como medida de adaptación extrema que permita disminuir la fricción que ofrecen las actividades agropecuarias productivas presentes en los cantones.

Lo más significativo de esta investigación es que permite abrir una ventana para explorar los alcances de los instrumentos de política económica en la conectividad, es decir, no solo observar la conectividad y el espacio como aristas únicas en el prisma de la conservación, sino que la economía puede entregar valiosos aportes para la evolución de uno de los instrumentos más comunes e importantes de la conservación de la biodiversidad biológica como son las Áreas Silvestres Protegidas.

**Palabras clave:** *Conectividad, Fricción, Rentabilidad, Pago por Servicios Ambientales, Superficie, Áreas Silvestres Protegidas.*

## SUMMARY

Connectivity is an important element that comes out at the mention of Protected Areas in Costa Rica. However, the territorial units where they are confined are of importance, specifically, for land use and production activities in each province.

Based on the above, three variables were taken into account; an ecological, economic and finally spatial, to visualize the potential of connectivity at the province level, by the construction of an index. The provinces with the lowest potential for connectivity are those with intensive use of urban lands and are located geographically in the Central Valley region.

Alternatives and/or adaptation measures were also suggested based on agricultural land use and the main productive activities identified nationally, due to friction that these generate by being embedded within a landscape of Protected Areas.

In addition, an economic scenario was proposed of the possible effects of payment for environmental services, which consisted in the compensation of producers for abandoning production, making way for natural regeneration, the latter as an extreme adaptation measure, which reduces the pressures present due to agricultural productive activities present in the province.

The most significant aspect of this research is that it opened a window to explore the scope of economic policy instruments in connectivity, to say, not only observe connectivity and space as single edges in the prism of conservation, but that the economy can provide valuable contributions to the evolution of one of the most common and important tool for the conservation of biological diversity such as Protected Areas.

**Key words:** *Connectivity, Pressure, Profitability, Payment for environmental services, Protected Natural Areas, Surface.*



## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Actividades agropecuarias. Fuente de información directa.....	17
Cuadro 2. Actividades agropecuarias de fuente de información indirecta.....	17
Cuadro 3. Rentabilidad Principales Actividades Agropecuarias Productivas.....	29
Cuadro 4. Valor de fricción de las coberturas según los diferentes usos del suelo.....	30
Cuadro 5. Índice Potencial de Conectividad por cantones.....	35
Cuadro 6. Código cantonal por Provincias .....	39
Cuadro 7. Áreas Silvestres Protegidas presentes en la jurisdicción de Osa.....	47
Cuadro 8. Resumen del cambio porcentual de fricción por cobertura en las provincias. ....	76
Cuadro 9. Cantones con mayor reducción porcentual de fricción en cada una de las provincias de Costa Rica. ....	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje de las coberturas presentes en los cantones de la provincia de Alajuela. ....	22
Figura 2. Porcentaje de las coberturas presentes en los cantones de la provincia de Cartago. ....	23
Figura 3. Porcentaje de las coberturas presentes en los cantones de la provincia de Guanacaste.....	24
Figura 4. Porcentaje de las coberturas presentes en los cantones de la provincia de Heredia. ....	25
Figura 5. Porcentaje de las coberturas presentes en los cantones de la provincia de Limón. ....	26
Figura 6. Porcentaje de las coberturas presentes en los cantones de la provincia de Puntarenas. ....	27
Figura 7. Porcentaje de las coberturas presentes en los cantones de la provincia de San José. ....	27
Figura 8 . Porcentaje de las coberturas presentes en las provincias de Costa Rica. ....	28
Figura 9. Rentabilidad de las actividades productivas agropecuarias. ....	30
Figura 10. Valores de fricción de las coberturas según los diferentes usos del suelo de forma ascendente. ....	31
Figura 11. Mapa de fricción.....	32
Figura 12. Gráfico de dispersión de las coberturas en función de su fricción y rentabilidad .....	33
Figura 13. Mapa Índice Potencial de Conectividad (IPC). ....	38
Figura 14. Mapa del IPC y superposición del mapa de las Áreas Silvestres Protegidas de Costa Rica. ....	40
Figura 15. Mapa del IPC y superposición de los mapas de Áreas Silvestres Protegidas y Corredores Biológicos de Costa Rica .....	41
Figura 16. Mapa Zona de Análisis Osa. ....	48
Figura 17. Superficie de las coberturas presentes en los cantones de la zona de análisis Osa. ....	49
Figura 18. Comparación de rentabilidad de actividades agropecuarias con PSA. ZA Osa.....	50
Figura 19. Mapa Zona de Análisis San Juan La Selva. ....	51
Figura 20. Superficie de coberturas presentes de los cantones de la zona de análisis San Juan La Selva. ....	52
Figura 21. Comparación de rentabilidad de actividades agropecuarias con PSA. ZA San Juan La Selva. ....	53
Figura 22. Mapa Zona de Análisis Cordillera Talamanca. ....	54
Figura 23. Superficie de las coberturas presentes en los cantones de la zona de análisis Cordillera Talamanca. ....	55
Figura 24. Comparación de rentabilidad de actividades agropecuarias con PSA. ZA Cordillera Talamanca. ....	56
Figura 25. Mapa Zona de Análisis Los Chiles. ....	57
Figura 26. Superficie de coberturas presentes en los cantones de la zona de análisis Los Chiles. ....	58
Figura 27. Comparación de rentabilidad de actividades agropecuarias con PSA. ZA Los Chiles.....	58
Figura 28. Gráfico de dispersión de la situación actual de los cantones de Costa Rica teniendo en cuenta la rentabilidad y fricción según sus coberturas. ....	68
Figura 29. Gráfico de dispersión de la situación potencial de los cantones de Costa Rica teniendo en cuenta su rentabilidad y fricción según sus coberturas. ....	70
Figura 30. Comparación de la situación actual y situación potencial según los efectos del PSA en los cambios de uso del suelo en la Provincia de San José. ....	71
Figura 31. Comparación de la situación actual y situación potencial según los efectos del PSA en los cambios de uso del suelo en la Provincia de Alajuela.....	72

Figura 32. Comparación de la situación actual y situación potencial según los efectos del PSA en los cambios de uso del suelo en la Provincia de Cartago. ....	72
Figura 33. Comparación de la situación actual y situación potencial según los efectos del PSA en los cambios de uso del suelo en la Provincia de Heredia. ....	73
Figura 34. Comparación de la situación actual y situación potencial según los efectos del PSA en los cambios de uso del suelo en la Provincia de Guanacaste.....	73
Figura 35. Comparación de la situación actual y situación potencial según los efectos del PSA en los cambios de uso del suelo en la Provincia de Puntarenas.....	74
Figura 36. Comparación de la situación actual y situación potencial según los efectos del PSA en los cambios de uso del suelo en la Provincia de Limón. ....	75
Figura 37. Comparación de la situación actual y situación potencial según los efectos del PSA en los cambios de uso del suelo en Costa Rica.....	75
Figura 38. Promedio y desviación estándar de la reducción porcentual de fricción por provincia.....	77

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Montos asignados al PSA.....	91
Anexo 2. Distribución de pagos PSA.....	92
Anexo 3. Encuesta valor de fricción. ....	93
Anexo 4. Asignación presupuestal anual de PSA. ....	95
Anexo 5. Superficie en hectáreas de las coberturas de los cantones de la provincia de Alajuela.....	96
Anexo 6. Superficie en hectáreas de las coberturas de la provincia de Cartago. ....	97
Anexo 7. Superficie en hectáreas de las coberturas de la provincia de Guanacaste .....	98
Anexo 8. Superficie en hectáreas de las coberturas de la provincia de Heredia. ....	99
Anexo 9. Superficie en hectáreas de las coberturas de los cantones de la provincia de Limón.....	100
Anexo 10. Superficie en hectáreas de las coberturas de la provincia de Puntarenas .....	101
Anexo 11. Superficie en hectáreas de las coberturas de los cantones de la provincia de San José.....	101
Anexo 12. Superficie de coberturas de los cantones de la zona de análisis Osa.....	103
Anexo 13. Superficie de coberturas de los cantones de la zona de análisis San Juan La Selva.....	104
Anexo 14. Superficie de coberturas de los cantones de la zona de análisis Cordillera Talamanca .....	105
Anexo 15. Superficie de coberturas de los cantones de la zona de análisis Los Chiles.....	106
Anexo 16. Valores de fricción de los cantones de Costa Rica.....	107

## **LISTA DE ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS**

<b>ASP</b>	Áreas Silvestres Protegidas
<b>CONAPALMA</b>	Cámara Nacional de Productores de Palma
<b>CONARROZ</b>	Corporación Arroceras Nacional de Costa Rica
<b>CORBANA</b>	Corporación Bananera Nacional
<b>CORFOGA</b>	Corporación Ganadera
<b>FONAFINO</b>	Fondo Nacional de Financiamiento Forestal
<b>ICAFFE</b>	Instituto del Café de Costa Rica
<b>IPC</b>	Índice Potencial de Conectividad
<b>IPCC</b>	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático
<b>LAICA</b>	Liga Agrícola Industrial de Caña de Azúcar
<b>MAG</b>	Ministerio de Agricultura y Ganadería
<b>MINAET</b>	Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones
<b>OFN</b>	Oficina Forestal Nacional
<b>PSA</b>	Pago por Servicios Ambientales
<b>PNBC</b>	Parque Nacional Braulio Carrillo
<b>PNTMM</b>	Parque Nacional Tapatí – Macizo de la Muerte
<b>PNVI</b>	Parque Nacional Volcán Irazú
<b>PNVTE</b>	Parque Nacional Volcán Tenorio
<b>PNVT</b>	Parque Nacional Volcán Turrialba
<b>RBA</b>	Reserva de la Biósfera La Amistad
<b>RNVSCN</b>	Refugio Nacional de Vida Silvestre Caño Negro
<b>RNVSM</b>	Refugio Nacional de Vida Silvestre Maquenque
<b>SAF</b>	Sistemas Agroforestales
<b>ZA</b>	Zona de Análisis

# 1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es una situación que afecta a todos los seres vivos del planeta tierra, la comprensión de éste fenómeno es fundamental para entender la respuesta adaptativa de las especies. En la actualidad existe evidencia que estos cambios climáticos recientes han afectado una amplia gama de organismos en diferentes ubicaciones geográficas (Walther *et al.* 2002).

Una de las principales amenazas que enfrentan los procesos de conservación dentro de las Áreas Silvestres Protegidas (ASP), es el cambio climático. Hoy en día empieza a ser evidente el cambio de los límites de los ecosistemas por causa del aumento de la temperatura, permitiendo que algunos puedan expandirse a otras áreas, mientras que otros disminuyen su tamaño; además, los cambios en el clima alteran los hábitats protegidos y algunas de estas áreas pueden dejar de proporcionar un hábitat adecuado para las especies que allí se conservan (Hug y Reid 2005).

Para la distribución de la especies en los rangos altitudinales se prevén movimientos hacia los sitios donde la temperatura es más baja, es decir, en búsqueda de zonas altas (Parmesan 2005). De acuerdo con lo anterior, las especies que habitan en ecosistemas de zonas altas muestran dificultad para cruzar paisajes fragmentados, y, éstas, son las que posiblemente no tendrán la oportunidad u opción para reubicarse con la consecuente posibilidad de la extinción (Jimenez 2009).

Además del calentamiento global, se pueden mencionar otras causas antrópicas que ejercen fuerza y/o coerción para disminuir el tamaño y la conectividad entre las ASP, como lo son las actividades agrícolas y pecuarias alrededor de éstas, que generan conflictos de uso del suelo, asimismo, estas acciones van en detrimento de las conservación, el flujo genético entre áreas protegidas y disminución de la vulnerabilidad.

En general, la capacidad de las especies para responder al cambio climático dependerá en gran medida de su capacidad de adaptarse a las nuevas condiciones de clima del territorio colonizado, es decir, adaptarse a las nuevas condiciones del sitio donde se establezcan (Thuiller 2007). Es fundamental resaltar, que para algunas especies que no tienen la capacidad o no pueden adaptarse *in situ* la única manera de sobrevivir es migrar hacia sitios donde se encuentren condiciones bioclimáticas que sean tolerables por éstas.

Un elemento importante a tener en cuenta dentro de estos procesos de migración es la composición y distribución de las coberturas en el paisaje, así como la ubicación de las mismas que ofrecen una resistencia al movimiento de las especies, dicha resistencia se denomina fricción (Céspedes 2006). Este concepto es ampliamente discutido y utilizado en los trabajo de redes de conectividad estructural de Ramos y Finegan (2005); Sánchez *et al.* (2005); Murrieta *et al.* (2007); Céspedes *et al.* (2008), entre otros.

En algunos casos se realizan transformaciones de los valores de fricción a una escala logarítmica de acuerdo con el criterio, que pasar de un nivel de fricción al otro representa una dificultad logarítmicamente mayor para el desplazamiento de las especies. Este criterio fue usado y adaptado en el trazo de la red de conectividad en el Corredor Biológico San Juan La Selva (Ramos y Finegan 2005).

La implementación de redes que permitan la interconexión de territorios a una escala mayor complementa la función de las áreas protegidas; los corredores biológicos proveen los enlaces y/o conectividad para la conservación de la biodiversidad debido a que favorece el desplazamiento de animales a través de paisajes alterados y/o modificados facilitando la continuidad de procesos ecológicos, incrementan las tasas de inmigración a hábitat aislados, proporcionan hábitat para muchas especies y servicios ecosistémicos (Bennett 1998; Chain 2009).

Es importante reconocer que las ASP que protegen ecosistemas claves poseen una gran diversidad de flora y fauna que será afectada por los impactos del cambio climático y que la conectividad entre las misma no sólo dependerá de factores netamente ecológicos, sino que también se deben incluir elementos económicos y espaciales, este último, se refiere a la cobertura (en hectáreas) según los diferentes usos del suelo.

Determinar la rentabilidad de las actividades agropecuarias productivas asociadas a las coberturas es un elemento clave en la decisión entre conservar o producir. Según Louman *et al.* (2001) cuando el análisis del ingreso neto de las actividades productivas se realiza durante un ciclo productivo menor de un año, pueden utilizarse indicadores “no descontados”, dado que los cambios en el dinero no ofrecen variaciones importantes en los resultados; estos indicadores reflejan los promedios de productividad, costos de producción y precios recibidos dentro de cada finca.

Es por esto que se hace necesario generar información sobre el potencial de conectividad que presentan los cantones de Costa Rica, teniendo como punto de partida las coberturas según los diferentes usos del suelo: la extensión, la fricción y rentabilidad de las mismas.

La generación de herramientas como el Índice Potencial de Conectividad (IPC) y su visualización a través de un mapa cantonal, permite presentar una situación actual del territorio a nivel cantonal de acuerdo a las coberturas presentes en el mismo.

Además, la creación de un escenario económico, partiendo de incentivos que compensan la conservación como el PSA y comparar éste con la rentabilidad de las actividades productivas, para conocer los efectos de cambios en el uso del suelo y potenciar la regeneración natural. Lo anterior conlleva a generar información importante para los tomadores de decisiones, en relación a los posibles cambios en el uso del suelo y sus implicaciones dentro de su jurisdicción cantonal.

## **1.1 Justificación e importancia**

Durante las últimas décadas del milenio pasado y comienzo del siglo XXI el clima y el cambio climático ha sido una de las mayores preocupaciones de los científicos, políticos y ambientalistas, debido a que las condiciones bioclimáticas que aseguran la permanencia y supervivencia de los seres vivos en el planeta Tierra están siendo afectadas, generando efectos negativos, los cuales ocasionan que se tomen medidas para mitigar las incertidumbres de los efectos y posibilitar la adaptación de la vida a las condiciones bioclimatológicas cambiantes.

En la actualidad, Costa Rica es el único país de Centro América que registra una tasa positiva en la variación de la superficie forestal para el decenio de 1990 (Villate *et al.* 2008). Para el 2005 el porcentaje del territorio nacional con cobertura forestal fue del 48%, sin contar con las áreas de manglares, paramos y plantaciones forestales. De toda esta cobertura un 45% está bajo alguna de las

categorías de ASP, además, el 18.4% de la cobertura forestal nacional para el 2005 ha estado bajo conservación con el PSA durante el periodo 1997-2005 (MINAET y FONAFIFO 2012).

De esta cobertura recuperada aproximadamente el 85% se ha dado en áreas que no están bajo ninguna de las categorías de protección propuestas por el gobierno. De igual forma, el 92% del total de pérdida de cobertura está ocurriendo en estas áreas (FONAFIFO 2007). No obstante, la deforestación, la expansión de la frontera agrícola, la sobre explotación son situaciones actuales de las cuales son víctimas los recursos naturales. Por lo tanto se evidencia la importancia de establecer estrategias de conservación fuera de las ASP (Villate *et al.* 2008).

Con este planteamiento, la investigación pretende aportar elementos de juicio basados en tres variables, una económica, otra ecológica y la última espacial para la construcción de un índice a nivel cantonal que permita visualizar a través de mapas, cuales cantones posibilitan la conectividad entre las diferentes ASP frente a los impactos del cambio climático global.

Es fundamental aclarar que el IPC no está determinando conectividad estructural ni funcional a escala del paisaje, por lo tanto no se está proponiendo rutas de conectividad en sentido estricto. Este trabajo de investigación pretende resaltar cantones, con base a tres variables, para proponer y analizar nuevas propuestas a medidas que puedan justificar iniciativas existentes o sugerir nuevas. Asimismo, que los esfuerzos de conservación alcancen poderes ejecutivos inmersos en la jurisdicción política de los cantones.

El IPC trata de medir el promedio de los logros o alcances de un cantón en tres dimensiones básicas que potencialicen la conectividad entre ASP en la jurisdicción territorial político administrativa cantonal y como enfrentar los desafíos que se originan a partir de sus actividades económicas y de uso del suelo.

Asimismo crear escenarios económicos que permitan comparar incentivos de conservación como el PSA altamente difundido en Costa Rica con el fin de comparar con actividades productivas agropecuarias y conocer posibles cambios en el uso del suelo que favorezcan medidas de adaptación al cambio climático global como la regeneración natural.

Todo lo anterior conlleva a medidas compatibles con la realidad socioeconómica de los habitantes para evitar posibles conflictos por el uso del suelo, generando espacios de acción participativa y coexistencia pacífica, contribuyendo de forma envolvente e implícita con los parámetros establecidos en la misión de CATIE de proveer de forma competitiva y sostenible bienes y servicios ecosistémicos.



## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo general.

Analizar el potencial de cambiar el grado de conectividad/fricción entre ecosistemas de Costa Rica mediante el uso de instrumentos económicos como el Pago por Servicios Ambientales (PSA), que pretenden incentivar usos del suelo que faciliten la adaptación de especies a cambios en el clima.

### 1.2.2 Objetivos específicos.

1. Construir un índice que permita visualizar a través de un mapa los cantones que posibilitan la conectividad entre las diferentes Áreas Silvestres Protegidas de Costa Rica.

#### *Preguntas de investigación.*

¿Cuánta superficie es ocupada en los cantones de Costa Rica por las coberturas según los diferentes usos de suelos?

¿Cuál actividad agropecuaria productiva está asociada a las diferentes coberturas y cuál es su rentabilidad?

¿Cuál es el valor de fricción que presentan las coberturas según los diferentes usos del suelo de los cantones de Costa Rica?

¿Cómo se combinan dimensiones económicas y de conectividad ecológica que señala el potencial de mejorar la conectividad de paisaje?

¿Cuál es el valor del Índice Potencial de Conectividad (IPC) asociado a cada uno de los cantones de Costa Rica y su visualización a través de un mapa?

¿Cómo se percibe la situación actual de los cantones teniendo en cuenta el IPC al superponerle los mapas de ASP y corredores biológicos?

2. Analizar en cuatro zonas del país el potencial de conectividad entre diferentes ASP y las alternativas que posibilitan el aumento de la misma, a partir de las coberturas según los diferentes usos del suelo.

#### *Preguntas de investigación.*

¿Cuál es la situación actual según el IPC de las cuatro zonas de análisis?

¿Cuáles son las diferentes alternativas según las coberturas del suelo que permiten aumentar la conectividad en cada una de las zonas de análisis?

3. Analizar los efectos del PSA al plantear un escenario económico de posibles cambios en el uso del suelo en los cantones de Costa Rica.

*Preguntas de investigación.*

¿Cuál es la situación actual de los cantones de Costa Rica de acuerdo a las coberturas según los diferentes usos del suelo teniendo en cuenta la fricción y la rentabilidad?

¿Cómo cambia la situación actual de los cantones de Costa Rica al aplicar el PSA para posibles cambios en el uso del suelo?

## 2. MARCO CONCEPTUAL

### 2.1 Cambio climático

La dinámica del sistema climático del planeta tierra ha sufrido modificaciones que han perturbado el equilibrio, influyendo en el comportamiento de especies vegetales y animales provocando riesgo en la supervivencia de los seres vivos, la salud de humanos y el deterioro de los recursos naturales.

El planeta tierra y su sistema climático no es estático, de acuerdo Davis y Shaw (2001) han persistido a través del tiempo largos periodos de cambios variables en el clima incluyendo ciclos glaciales e interglaciares con grandes cambios en la concentración de CO<sub>2</sub>, temperatura, precipitación, en los últimos 2,5 millones de años. Las tasas de cambio climático variaron ampliamente: los cambios regionales de temperatura eran tan rápidos como de varios grados centígrados en pocas décadas o tan lentos como de 1 ° C por milenio.

La Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas, en su Artículo 1, define el cambio climático como “*cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables*” (UNFCCC 1992). Se hace diferencia entre el cambio producido por las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática atribuible a causas naturales.

Para Alley *et al.* (2003) en el largo plazo la retroacción ha mantenido estabilizadas las condiciones en la superficie de la tierra, la estrecha ventana de agua líquida ha propiciado la vida por cerca de 4 millones de años; sin embargo, los datos indican que en el último millón de años, en el sistema climático las reacciones dominantes han ampliado las perturbaciones climáticas. Por ejemplo, la temperatura media global fluctuó entre 5° - 6° C en la edad de hielo; se cree que son por lo general el resultado forzado de pequeños, promedios netos mundiales.

Uno de los principales gases de efecto invernadero es el CO<sub>2</sub>, el cual ha aumentado su concentración de forma exponencial en la atmosfera, relacionado con actividades de los seres humanos desde comienzo de la revolución industrial. Según el IPCC (2001) unas tres cuartas partes de las emisiones antropogénicas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera durante los últimos 20 años se deben a la quema de combustibles de origen fósil. El resto se debe principalmente a cambios en el uso de la tierra, especialmente la deforestación..

En su conjunto, estos cambios provocados por los gases de efecto invernadero conducirán, según las proyecciones, a cambios regionales y mundiales de la temperatura, de la precipitación y de otras variables climáticas, dando así origen a cambios de la humedad del suelo a escala mundial, a un aumento del nivel medio del mar y continuas inundaciones en algunos lugares y seguías en otros (IPPC 1997).

Algunas consecuencia del calentamiento de la atmosfera son mencionadas por Patz *et al.* (2005) quienes afirman que las temperaturas medias mundiales se incrementarán entre 1.4 y 5.8 °C a finales de este siglo; se espera un aumento en el nivel del mar de 40 cm para el 2080. El número de personas en situación de riesgo por inundaciones costeras provocadas por las mareas de las tempestades y/o

tormentas tropicales se prevé del orden de 75 millones a 200 millones en un escenario de cambio climático de gama media. Adicionalmente, el sistema climático a gran escala ya puede estar afectando la salud de los humanos, incluida la mortalidad y morbilidad por los extremos de temperatura entre frío y calor, la sequía o las tormentas, los cambios en la calidad del aire, del agua y en la ecología de las enfermedades infecciosas.

## **2.2 Medidas de adaptación al cambio climático global**

De acuerdo con el IPCC (2001) la adaptación al cambio climático está definida por el ajuste en los sistemas ecológicos, sociales y/o económicos como una respuesta a los cambios observados o esperados en el clima y sus efectos e impactos, con el objetivo de aliviar los efectos adversos y tomar ventaja de nuevas oportunidades. Otra definición de adaptabilidad es la expuesta por Patt *et al.* (2010) quién indica que la adaptación puede incluir la reducción y transferencia de los riesgos climáticos, así como la construcción de la capacidad de hacer cambios en el futuro.

Según Stucki y Smith (2011) minimizar el efecto del calentamiento global de la temperatura de la atmosfera, está directamente vinculado con la adaptación al cambio climático a través de los servicios que proveen los ecosistemas. Los servicios de los ecosistemas pueden hacer que los impactos en el cambio del clima sean menos severos debido a la “infraestructura natural” que proporcionan. Esto puede ser en forma de almacenamiento, amortiguación, regulación y protección de las características de los ecosistemas como bosques, humedales, entre otros. Cuando la infraestructura natural de los ecosistemas no está en su lugar, la gente y las economías son frecuentemente más vulnerables.

En consecuencia, la adaptación al clima se está volviendo cada vez más importante. Aunque las acciones de adaptación espontánea y planificada se han implementado limitadamente, se requieren medidas de adaptación más intensas para reducir la vulnerabilidad actual y el futuro cambio climático (Purnomo *et al.* 2011).

En las regiones tropicales, la acelerada conversión de los bosques a pasturas y cultivos, es una de las prácticas más importantes que transforman los paisajes continuos en paisajes fragmentados, convirtiendo estas regiones en mosaicos dominados por pasturas y campos agrícolas con parches de bosques remanentes (Galindo *et al.* 2000).

Por lo tanto se hace necesario implementar diferentes medidas que adaptación que permitan reducir el impacto de la fragmentación en los procesos ecológicos de los ecosistemas, las cuales deben ser establecidas dentro de las diferentes actividades productivas, en pro de garantizar la conectividad entre los parches de ecosistemas naturales. Algunas de estas medidas son los sistemas agroforestales (SAF), los sistemas silvopastoriles, las plantaciones de especies exóticas y nativas y los procesos de regeneración natural.

En el caso de los SAF, los cuales por sus características son fundamentales en la mejoría de la conectividad a nivel de paisaje, también proporcionan hábitat para diferentes especies de fauna y contribuye a la conservación de la biodiversidad; otros beneficios son el mejoramiento de las condiciones del suelo, el mantenimiento de los ciclos hidrológicos y la reducción del efecto negativo del exceso de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. (Alvarado citado por Dzib (2003).

Por lo tanto la agroforestería ofrece la oportunidad para conciliar los objetivos de mitigación y adaptación al cambio climático y al mismo tiempo mantener la productividad de los cultivos. Asimismo, se convierte en una alternativa para mejorar la matriz de pasaje entre ecosistemas que albergan biodiversidad (Gamboa *et al.* 2009).

Por su parte, los sistemas silvopastoriles, son sistemas que incluyen una gama amplia de técnicas de manejo, tales como diversidad en el uso de especies de plantas, alternancia de cosechas, empleo de cercas vivas, la incorporación de árboles en las pasturas y la creación de múltiples tipos de hábitat en la finca para diferentes especies (Ibrahim y Camargo 2001). Dentro de estos beneficios es de resaltar que la presencia de especies arbóreas en potreros es fundamental para la conectividad en paisajes y el mantenimiento de las poblaciones silvestres, además que permiten el incremento de la biodiversidad (Gobbi y Casasola 2003).

Otra medida de adaptación son las plantaciones forestales, dentro de las cuales actualmente se están iniciando procesos de plantaciones con especies nativas las cuales según Streed *et al.* (2006) proveen beneficios ambientales locales y globales además de convertirse en refugio a especies animales. Este mismo autor reconoce múltiples beneficios de las plantaciones nativas en áreas degradadas como lo son el incremento de hábitats naturales y biodiversidad, disminución de la erosión del suelo, potenciales sumideros de carbono y protegen el recurso hídrico.

Por otra parte se encuentran los procesos de regeneración natural como procesos generados por el cambio total de las coberturas degradadas a bosque. Este proceso va a ser más ampliamente utilizado en la presente investigación.

Los procesos de regeneración natural que se dan como consecuencia de la modificación drástica de un bosque primario causada por la intervención humana y su posterior abandono llevan al establecimiento de bosques secundarios (Vilchez *et al.* 2008).

Grandes porciones de los paisajes neotropicales se encuentran dominados por pasturas abandonadas, pero existe poca información sobre la recuperación del bosque en estas áreas; la regeneración de los bosques tropicales en estas pasturas abandonadas depende de factores como la distancia de estas áreas con fuentes de semillas y agentes de dispersión lo cual está determinado por el grado de conectividad del paisaje (Galindo *et al.* 2000). Además, el establecimiento de bosques secundarios depende de la interacción entre especies (planta-planta o planta-animales) y de los componentes bióticos y abióticos; todos estos determinan una composición florística y en el grado de recuperación de la estructura y función del ecosistema natural (Guariguata y Ostertag 2001).

La regeneración natural es vista entonces, como una alternativa para mejorar la cobertura natural en paisajes fragmentados. En el caso de las pasturas, manejar la regeneración natural con árboles maderables es una alternativa para el mejoramiento de este tipo de sistemas (Ibrahim y Camargo 2001).

### **2.3 Áreas protegidas, corredores biológicos y conectividad.**

Las áreas protegidas según Sieck *et al.* (2011) son el instrumento más común e importante para la conservación de la diversidad biológica que se declaró en el Convenio sobre la Diversidad Biológica de las Naciones Unidas. Las áreas protegidas, se desarrollan y establecen para mantener y proteger las especies, comunidades y ecosistemas en un paisaje alterado por el hombre, y cubren el 12% de la

superficie de la tierra. Para cumplir esta tarea con éxito, las áreas protegidas deben proteger un grado alto de diversidad biológica del mundo e incluir la protección de paisajes dinámicos en el tiempo.

De acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (Dudley 2008) las áreas protegidas se definen como “*Un espacio geográfico claramente definido, reconocido, dedicado y gestionado, mediante medios legales u otros tipos de medios eficaces para conseguir la conservación a largo plazo de la naturaleza y de sus servicios ecosistémicos y sus valores culturales asociados*”.

Por lo general, las áreas protegidas se enmarcan bajo el concepto de conservación estática, desarrollado para garantizar patrones de biodiversidad y persistencia de las especies en un área determinada; en particular, se prevé que el cambio climático dará lugar a una modificación en la composición de especies en áreas protegidas debido a los cambios en el rango de elevaciones y migración hacia los polos (Sieck *et al.* 2011).

Para Sieck *et al.* (2011) sí las alteraciones climáticas tienen lugar, como estaba previsto, las áreas protegidas estáticas no podrán asegurar la persistencia de hábitats y el funcionamiento de los ecosistemas en el largo plazo, como refugios diseñados para proteger las especies. Este mismo autor plantea otros factores que tienen un impacto negativo en la eficacia de las áreas protegidas son la creciente densidad de población humana, la intensificación del uso del suelo, la presencia de especies invasoras, que a menudo se encuentran vinculados a cambios en la heterogeneidad del hábitat, la creciente fragmentación y la capacidad limitada de dispersión de las especies, las cuales están amenazando los ecosistemas de todo el mundo.

El cambio climático impone fundamentalmente nuevos y diferentes problemas de gestión para los administradores de parques y reservas. Teniendo en cuenta a Baron *et al.* (2009) muchas agencias de recursos contribuyen a los planes de gestión en torno a los conceptos de equilibrio dinámico y estacionalidad, estas condiciones y procesos provienen de un contexto pasado y deben guiarse por una gestión contemporánea. Con climas futuros inciertos, los procesos de gestión basados en la fluctuación de la especie dentro de un rango de variabilidad histórico ya no puede ser la única meta; en cambio la investigación y la gestión tendrá que concertar las expectativas internas y externas y el ajuste de los ecosistemas a las nuevas condiciones (Baron *et al.* 2009).

El Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC 2007b) indica que las áreas protegidas de Mesoamérica, cubren el 11% de la superficie terrestre con un total de 368 áreas, de las cuales el 56% han sido caracterizadas como pequeñas (<10,000 ha) y sólo 18 (el 4.9%) como grandes (>100,000 ha); la superficie promedio de las áreas protegidas terrestres es de apenas 18,400 ha, no obstante, es ampliamente aceptado que el grado de eficiencia que presenta un área protegida con respecto al cumplimiento de sus objetivos es directamente proporcional (entre otras cosas) a su tamaño, y que la mayoría de las áreas protegidas son en realidad pequeñas.

Debido a lo anterior, una mayoría de las áreas protegidas de la región están probablemente en este momento perdiendo sus especies más vulnerables; probablemente en Mesoamérica ninguna área protegida tiene suficiente tamaño como para ser considerada libre del peligro de que se extingan especies en ella o se impidan o se desvanezcan procesos ecológicos y evolutivos (SINAC 2007b).

Resulta por lo tanto prioritario el desarrollo y la implementación de redes interconectadas de territorios. La conectividad – grado en que un uso de la tierra facilita o impide un proceso ecológico, tal como la

migración de aves o la dispersión de semillas– es un atributo ecológico clave en la funcionalidad de los ecosistemas que debe incorporarse dentro de la planificación sistemática (Herrera y Finegan 2008).

De acuerdo con Arias *et al.* (2008) las especies animales varían mucho en cuanto a su nivel de especialización y a su tolerancia ante perturbaciones y cambios en el hábitat. Estos atributos son influencias importantes en cómo perciben un paisaje concreto y el nivel de conectividad. Un enfoque actual de la conservación de la biodiversidad está centrado en el sistema de áreas protegidas y el desarrollo de redes que las conectan, con el objetivo de garantizar las funciones de los ecosistemas a la escala regional (Bennett 1998).

Una propuesta concreta que se ha creado cómo respuesta a la fragmentación de los ecosistemas para alcanzar la conectividad entre las mismas; además del impacto que estas reciben por los efectos del cambio climático son los corredores biológicos. La creación, implementación y consolidación de un corredor biológico es un proceso de planificación y manejo territorial que requiere la integración de medidas de conservación y uso sostenible de los recursos naturales (Canet - Desanti 2007).

La finalidad de los corredores biológicos es contribuir a mejorar las probabilidades de persistencia de muchas poblaciones de especies, proveer hábitats y recursos necesarios para completar el ciclo de vida de un rango amplio de especies y facilitar el movimiento en caso de cambios abruptos en los factores ecológicos asociados (Bennett 1998). Los corredores biológicos son una estrategia de conservación de la biodiversidad propuesta para restablecer y mantener la conectividad del paisaje, considerando los aspectos sociales y políticos de su entorno (Canet - Desanti 2007).

Una propuesta es el Corredor Biológico Mesoamericano que propone unir las áreas protegidas de la región en una sola a gran escala; esta propuesta representa un concepto relativamente nuevo, en gran medida los corredores biológicos atraviesan tierras privadas y su gestión es incipiente (SINAC 2007b).

La meta de los corredores biológicos es contribuir a mejorar las probabilidades de persistencia de muchas poblaciones de especies, proveer hábitats y recursos necesarios para completar el ciclo de vida de un rango amplio de especies y facilitar el movimiento en caso de cambios abruptos en los factores ecológicos asociados (Bennett 1998). Adicionalmente, el manejo de un corredor biológico para fines de conservación puede cumplir otras funciones como contribuir al manejo adecuado de recursos hídricos y a la provisión de servicios ecológicos, tales como la polinización para la producción agrícola (SINAC 2007b).

Para Herrera y Finegan (2008) la planificación sistemática de la conservación de la biodiversidad puede proveer información estratégica (priorización de sistemas ecológicos que deben conservarse, rutas críticas para el mantenimiento de la conectividad) que influya en los procesos regionales de planificación del uso de la tierra y hacia dónde deberían los países dirigir los futuros esfuerzos en la conservación de la biodiversidad. Sin embargo, deben definirse mecanismos formales para integrar esta información en los procesos de planificación del uso de la tierra y el ordenamiento territorial. Además, especificarse mecanismos para la concientización sobre la importancia del mantenimiento de procesos ecológicos a escalas regionales, así como el desarrollo de mecanismos legales e institucionales que respalden los procesos de toma de decisiones.

## **2.4 Procesos de Fragmentación y su consecuencia: La Fricción.**

Una de las secuelas de la deforestación es la creación de paisajes fragmentados, debido, a la expansión de la frontera agrícola y pecuaria. Los remanentes de bosque natural quedan inmersos en forma y tamaños variables en una matriz cambiada, teniendo como consecuencia la disminución de los hábitats y el área de los mismos. Además, ocasiona el aislamiento de las poblaciones en parches remanentes (Kattan citado por Pitacuar 2010).

La disminución del área de bosque ha generado consecuencias e impactos en el paisaje, al disminuir la conectividad, perturbar funciones de los ecosistemas y reducir el hábitat que brindan los ecosistemas (Sánchez *et al.* 2005)

Una de las consecuencias más notorias en la fragmentación de ecosistemas aparte de las mencionadas en el párrafo anterior es la fricción que se define como “una medida de la resistencia del paisaje al movimiento de las especies” (Céspedes 2006).

El grado de dificultad de movimiento o grado de fricción corresponde al análisis del uso del suelo y a la correspondiente asignación de valores de dificultad dependiendo de la cobertura del suelo, la distancia a segmentos de la red fluvial, la distancia a segmentos de la red vial o de carreteras y la densidad de poblados entre otros (SINAC 2007a).

## **2.5 Análisis de inversiones y rentabilidad de actividades agropecuarias.**

Un análisis de inversiones examina los costos y beneficios a precios de mercado a lo largo de la vida de un proyecto en particular y expresa las relaciones en términos de indicadores financieros dados los largos plazos de inversión que en los cuales el valor del dinero se erosiona en el tiempo (Zea 2003). Además, proporciona información sobre cuando se necesitaran los fondos y cuando se espera recibir los ingresos (análisis *ex-ante*), o muestra cuando se ejecutaron las actividades productivas y el flujo real de costos e ingresos, durante el periodo de análisis y el balance final (análisis *ex-post*) (Louman *et al.* 2001).

La rentabilidad financiera es definida como el retorno a la inversión, es decir, muestra la capacidad que tiene un sistema productivo de generar beneficios económicos en relación a los costos de implementación y sostenimiento del sistema (Salgado 2010).

Según Louman *et al.* (2001) cuando el análisis de las actividades productivas (actividad agrícolas) se realiza durante un ciclo productivo menor de un año, pueden utilizarse indicadores “no descontados”, dado que los cambios en el dinero no ofrecen variaciones importantes en los resultados; estos indicadores reflejan los promedios de productividad, costos de producción y precios recibidos dentro de cada finca.

Existen tipos de análisis financiero de corto plazo (1 año) cómo son: Margen Bruto (MB), relación ingreso/costo (I/C), Ingreso Neto (IN), Flujo Neto (FN) y el Beneficio Familiar (BF) (Navarro *et al.* 2005). Para efectos de este trabajo de investigación se utiliza actividades agropecuarias de corto plazo (1 año) para lo cual se utiliza el Ingreso Neto (IN), que representa la utilidad neta, ganancia o rentabilidad del productor agropecuario.



## **2.6 Pago de Servicios Ambientales en Costa Rica y su comparación con actividades agropecuarias productivas.**

El programa de PSA surge como una iniciativa ante los compromisos establecidos en las cumbres internacionales sobre medio ambiente y desarrollo y las convenciones internacionales. En este sentido, el país tomó ventaja de sus condiciones de riqueza natural y partió de la experiencia generada durante más de 20 años en el programa de incentivos al sector forestal, para evolucionar hacia el esquema de pagar a los dueños del bosque o plantaciones forestales por los servicios ambientales que brindan los ecosistemas allí inmersos, lo que a su vez beneficia directa e indirectamente a la sociedad (FONAFIFO s.f).

Según (Sánchez-Azofeifa *et al.* 2007) el PSA implementado en Costa Rica fue una de las primeras iniciativas de un país en desarrollo para centrarse en la prestación de servicios ecosistémicos, en particular a través de la compensación. Después de conocer el éxito de esta iniciativa, otros países han implementado estrategias similares. Los pagos en la primera fase fueron diseñados para atender correspondientes fallos de la conservación de bosques dentro de un marco jurídico e institucional.

Estos mismo autores afirman que el programa de PSA compensan los propietarios de bosque en sus tierras, por el valor que éstos generan ya sean plantados, naturales o ambos y reconoce cuatro servicios: mitigación de los gases de efecto invernadero, servicios hidrológicos, valor paisajístico y la biodiversidad. El programa no intenta medir los cuatro servicios al mismo tiempo en una misma hectárea.

El PSA, según FONAFIFO (s.f), reconoce financieramente iniciativas de protección para diferentes ecosistemas a nivel nacional en procura de contribuir con la sostenibilidad de los recursos naturales. Con ello se logra obtener beneficios en un plano más allá del ámbito local, ya que también se generan aportes de mitigación de impactos al medio ambiente global. La clave de este programa es aumentar la rentabilidad económica de los oferentes de servicios ambientales en yuxtaposición con prácticas tradicionales de manejo e impacto a sus recursos particulares, y con ello permitir la consecución temporal y permanente del modelo.

Para efectos de esta investigación, se diseñó un escenario particular que se describe a continuación, para ser comparable con las actividades agropecuarias productivas presentes en las Zonas de Análisis (ZA). El monto del PSA se tomó de FONAFIFO 2012 (ver anexo 1) donde se tienen dieciséis diferentes modalidades de pago siendo la de mayor monto la modalidad “Reforestación con especies en vías de extinción”. Sin embargo, se debe tener en cuenta que a pesar de ser el monto más alto no implica que éste valor sea el ingreso neto, debido, a que el monto es utilizado para apalancar la inversión inicial en el establecimiento de la plantación.

Al tener en cuenta la distribución de pagos del monto de la modalidad de “Reforestación de especies en vías de extinción” es de cinco años (Anexo 2). Los porcentajes de pago en los cinco años corresponden al 50% del monto en el primer año, 20% del monto en el segundo año, 15% del monto en el tercer año, 10% del monto en el cuarto año y 5% del monto en el quinto año. Para poder ser comparativo el monto de “Reforestación” con la rentabilidad de las diferentes actividades productivas, éste, se dividió equitativamente en cinco años alcanzando un monto de US\$ 196/año. La moneda que se utilizó para el cambio es el dólar y el tipo de cambio a Julio de 2012 es 1 dólar = 495,25 colones; se consultó al Banco Central de Costa Rica (BCCR).

## 2.7 Construcción de índices.

Según Desai *et al.* (1992) cualquier ejercicio de medición e indización, es en el fondo uno de pensamiento, análisis y juicio, y no sólo de observación, registro y crónica. La función de una “medida” o un “índice” es la de destilar y focalizar lo relevante para un propósito. La cuestión central se relaciona con la evaluación sistemática de lo importante.

Es útil distinguir entre las demandas de lo comprensivo y del énfasis. La clave está en el énfasis. No es posible que represente muchas cosas a la vez; ese no es su propósito. El ejercicio consiste en complementar un enfoque ampliamente comprensivo, con un énfasis específico y focalizado (Desai *et al.* 1992).

Desai *et al.* (1992) indican que existen dos enfoques para seleccionar un índice distinguido como indicador focal. Uno es promediar, es decir, buscar un número de indicadores y después obtener de ellos un índice compuesto, combinándolo con ponderaciones relativa específicas. El otro enfoque es el de la discriminación, esto es, seleccionar un indicador particular que sea importante en sí mismo y que pueda ayudar indirectamente a representar otras dimensiones de interés. Mientras el primer enfoque es amplio e inclusivo, el segundo se orienta a la selección y al discernimiento.

Según Mideplan (MIDEPLAN 2007) la construcción de un índice permite mostrar una desagregación geográfica a cualquier nivel y se utiliza como principal fuente de datos las estadísticas administrativas de las instituciones del sector público y empresas. Dicha fuente tiene ventajas y limitaciones, entre las ventajas se pueden destacar su disponibilidad, la corta periodicidad entre una serie y otra, y los niveles de desagregación deseados que incluyen diversidad de tópicos. Dentro de las limitaciones se encuentran que los métodos de cálculo podrían variar de un año a otro sin que se documente el cambio, la calidad de la información está influida por el interés e importancia del dato para el ente que lo genera y la disponibilidad del mismo está relacionada con la facilidad de acceso que brinde la instancia.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Área de estudio

Geográficamente, la franja planetaria comprendida entre los paralelos Trópico de Cáncer y Trópico de Capricornio, se define como Zona Tropical. Costa Rica está ubicada en la parte sur de Centroamérica dentro de la zona conocida como Neotrópico, con coordenadas 8°30' y 11°15' Latitud Norte y Longitud Oeste entre 82°30' y 86°00' (ITCR 2000). La superficie terrestre total de Costa Rica es de 51.100 km<sup>2</sup>, (ITCR 2000). La división político-administrativa divide a Costa Rica en siete provincias, 81 cantones y 463 distritos (Alvarado 2003).

La ubicación de Costa Rica en esta región le confiere características tropicales a su entorno ecológico: bosques, red hidrográfica, suelos, clima, fauna y flora que se adaptan a estas condiciones, son por lo tanto, de tipo tropical (IMN 2008).

Costa Rica presenta una topografía compleja que incluye valles, mesetas y montañas de más de tres mil metros, lo que favorece el desarrollo de diversos fenómenos atmosféricos y permite que se presenten diferentes climas en las regiones del país. El principal rasgo orográfico es un sistema montañoso central que la atraviesa de noroeste a sureste. Este eje montañoso es una continuación de las cordilleras centroamericanas (Muñoz 2002).

De acuerdo con Muñoz (2002) la interacción de los vientos sinópticos con la compleja topografía y la generación de vientos locales son factores muy importantes en los regímenes de lluvia que se observan. En general, la cadena montañosa que atraviesa longitudinalmente el país, lo divide en dos vertientes que se caracterizan por regímenes de precipitación muy diferentes.

El clima tropical es modificado por diferentes factores como el relieve (la disposición de las montañas, llanuras y mesetas), la situación con respecto al continente (condición ístmica), la influencia oceánica (los vientos o las brisas marinas, la temperatura de las corrientes marinas) y la circulación general de la atmósfera. La interacción de factores geográficos locales, atmosféricos y oceánicos son los criterios principales para regionalizar climáticamente el país. La orientación noroeste-sureste del sistema montañoso divide a Costa Rica en dos vertientes: Pacífica y Caribe. Cada una de estas vertientes, presenta su propio régimen de precipitación y temperaturas con características particulares de distribución espacial y temporal (Muñoz 2002).

La vertiente pacífica, se caracteriza por poseer una época seca y una lluviosa bien definidas. La seca se extiende de diciembre hasta marzo. Abril es un mes de transición. El mes más seco y cálido es marzo. El inicio depende de la ubicación latitudinal, ya que comienza primero en el noroeste de la vertiente y de último en el sureste. Lo contrario sucede con el inicio de la época lluviosa. Este período va de mayo hasta octubre, siendo noviembre un mes de transición. Presenta una disminución relativa de la cantidad de lluvia durante los meses de julio y agosto (veranillo o canícula) cuando se intensifica la fuerza del viento alisio (Muñoz 2002; IMN 2008).

Los meses más lluviosos son septiembre y octubre debido principalmente a la influencia de los sistemas ciclónicos, los vientos Monzones provenientes del océano Pacífico ecuatorial y las brisas marinas, que son responsables de las lluvias intensas cuando unen su efecto a las barreras orográficas (Muñoz 2002; IMN 2008).

Por su parte la vertiente caribe, de acuerdo con Instituto Meteorológico Nacional (IMN 2008) no presenta una estación seca definida pues las lluvias se mantienen entre los 100 y 200 mm en los meses menos lluviosos, lo cual es una cantidad de lluvia considerable. En las zonas costeras se presentan dos períodos relativamente secos. El primero entre febrero y marzo y el segundo entre setiembre y octubre. El primer período seco está en fase con el período seco de la vertiente pacífica, sin embargo, el segundo período coincide con los meses más lluviosos de dicha vertiente.

Se presentan dos períodos lluviosos intercalados entre los secos. El primero va de noviembre a enero y es el período máximo de lluvias. El segundo se extiende de mayo a agosto y se caracteriza por un máximo en julio que coincide con el veranillo del Pacífico. El mes más lluvioso es diciembre, el cual se encuentra influenciado por los efectos de frentes fríos provenientes del Hemisferio Norte los cuales se presentan entre noviembre y mayo.

### **3.2 Diseño del trabajo.**

El trabajo propuesto para alcanzar los objetivos de investigación se divide en tres etapas. La primera etapa es la construcción del IPC, para el cual se utilizaron tres variables cuantitativas cómo son superficie, valor de fricción y rentabilidad de las coberturas según los diferentes usos del suelo. Se obtuvo como resultado un índice compuesto que se representa en un mapa cantonal y cuyos valores oscilan entre 0-100, dónde los valores cercanos a cero facilitan la conectividad y entre más se acerca esté el valor a cien limita la conectividad entre las diferentes ASP teniendo en cuenta el uso del suelo a nivel cantonal; lo anterior se utilizó para responder al primer objetivo.

Para la segunda etapa se eligieron cuatro diferentes zonas del país denominadas “Zonas de análisis (ZA)”. Se realiza un zoom para conocer los distintos usos del suelo en los cantones donde se circunscribe las (ZA) y presentar alternativas sostenibles o medidas de adaptación que faciliten la conectividad entre las diferentes ASP. Con lo antes descrito se responde al segundo objetivo.

En la última etapa se propone un escenario económico de posibles efectos del PSA sobre cambios de uso del suelo a nivel cantonal. Con lo anterior se pretende hacer un comparativo entre la situación actual y potencial de cambios en el uso del suelo y sus implicaciones desde el punto de vista social, económico y ecológico.

### **3.3 Metodología**

#### ***3.3.1 Metodología para la construcción del índice.***

A continuación se describen las metodologías para la construcción de las tres variables a partir de los cuales se elaboró el Índice Potencial de Conectividad Cantonal. Las variables son superficie en hectáreas, valor de fricción y rentabilidad. Todo lo anterior de las principales coberturas según los diferentes usos del suelo.

##### *3.3.1.1 Metodología para la construcción de la variable superficie en hectárea por cantón.*

Para la recolección de la información de la variable superficie de cada una de las coberturas de los distintos cultivos principales como son: cultivo de café, cultivo de arroz, cultivo de banano, cultivo de caña de azúcar, cultivo de palma aceitera, cultivo de piña, cultivo de plátano, cultivo de maíz, cultivo de frijol y otros cultivos (agrupan los otros 59 cultivos presentes en Costa Rica) se accedió al Ministerio de Agricultura y Ganadería, quienes facilitaron la información; a excepción de los tres

primeros cultivos arriba mencionados, cuya información fue obtenida de oficinas especializadas como son Icafé, Conarroz y Corbana. Con respecto a la superficie de la cobertura de pastos en Costa Rica se acudió a la Corporación Ganadera (Corfoga).

En cuanto a las superficies de las coberturas de uso de suelo denominadas “Bosque fuera de ASP” y “Plantaciones forestales”, se utilizó el Atlas de Costa Rica del ITCR 2008. Entre los mapas están el mapa de cobertura del 2005, el mapa de ASP, el mapa límite borde de Costa Rica y el mapa cantonal. Se realizaron tres pasos para obtener las áreas anteriormente mencionadas. El primero fue la reclasificación del mapa de cobertura 2005; el segundo, la unión del mapa de áreas protegidas de Costa Rica con el mapa de límite borde de Costa Rica y el tercer la intercepción de los dos mapas anteriores con el mapa cantonal de Costa Rica. Todas las acciones mencionadas fueron realizadas en software Arc Map 10.

Para el primer paso de reclasificación de coberturas, se utilizó el mapa de coberturas del 2005 que está clasificado según las siguientes 16 coberturas: agricultura, agua, áreas quemadas, bosque de palma, bosque secundario, café, deforestación, forestal, limite, manglar, no clasificado, no forestal, nubes, páramo, plantaciones forestales y uso urbano. Para llevar a cabo la reclasificación de las 16 coberturas antes mencionadas, éstas, se agruparon en cinco nuevas categorías. El procedimiento se detalla a continuación:

Las categorías de coberturas de la nueva reclasificación son: agricultura, bosque, uso urbano, plantaciones forestales y otros. Dentro de la categoría de cobertura de “Agricultura” se encuentran las coberturas de agricultura y café para un total de dos; para la categoría “Bosque” se agruparon las coberturas de bosque palma, bosque secundario, forestal y páramo con un total de 4; otra categoría de cobertura es “Uso Urbano” dentro de la cual se encuentra la cobertura que lleva el mismo nombre; en la categoría “Plantaciones forestales” se agrupó únicamente la cobertura que lleva el mismo nombre y en la categoría de cobertura “Otros” se agruparon la cobertura agua, áreas quemadas, deforestación, limite, manglar, no clasificado, no forestal y nubes.

En el segundo paso, se unió el mapa o capa de borde límite de Costa Rica con la capa o mapa de las ASP de Costa Rica. Para el tercer paso se realizó una intercepción entre el mapa de reclasificación de cobertura. El nuevo mapa resultante de la unión del mapa borde Costa Rica, el mapa de ASP y el mapa cantonal de Costa Rica, obteniendo así, las superficie de las coberturas denominadas “Bosque fuera de ASP” y “Plantaciones forestales”.

### 3.3.1.2 Metodología para la construcción de la variable de rentabilidad de las principales actividades agropecuarias asociada a las diferentes coberturas.

Otra variable para la construcción del IPC es la rentabilidad, ésta se encuentra asociada a cada una de las actividades agropecuarias productivas que se desarrollan en las coberturas, según los diferentes usos del suelo. Se obtuvo información para realizar las estructuras de costos e ingreso de cada una de las siguientes actividades agropecuarias: Cultivos, Ganadería y Plantaciones forestales.

La información de las actividades consignadas en el Cuadro 1 se caracteriza porque fue suministrada o consultada directamente de la fuente según lo indica el cuadro. Toda la información de las diferentes

actividades del cuadro 1 fueron actualizadas a Colones (₡) del año 2012, de acuerdo al Índice de Precios del Consumidor (IPC) consultado en el Banco Central de Costa Rica (BCCR)<sup>1</sup>.

**Cuadro 1. Actividades agropecuarias. Fuente de información directa.**

Actividad productiva asociada a cobertura	Fuente de información
<b>Cultivo Café</b>	Icafé (2011)
<b>Cultivo Arroz</b>	Conarroz (2011)
<b>Cultivo Banano</b>	Corbana (2010)
<b>Cultivo Plátano</b>	Agrocadena de plátano MAG (2007)
<b>Cultivo Piña</b>	Ing David Meneses MAG
<b>Cultivo Maíz</b>	Agrocadena de frijol y maíz MAG (2007)
<b>Cultivo Frijol</b>	Agrocadena de frijol y maíz MAG (2007)

En el Cuadro 2 se observan las actividades agropecuarias en las que fue necesario realizar procedimientos matemáticos o financieros para poder obtener la información final necesaria y calcular la rentabilidad anual por hectárea, que es directamente comparable con los pagos anuales por PSA. En este cuadro se muestran las fuentes que proporcionaron la información primaria para calcular posteriormente rentabilidad.

**Cuadro 2. Actividades agropecuarias de fuente de información indirecta.**

Actividad productiva asociada a cobertura	Fuente de información
<b>Cultivo de palma de aceite</b>	Canapalma
<b>Cultivo de caña de azúcar</b>	Laica
<b>Ganadería</b>	Corfoga
<b>Plantación forestal</b>	Oficina Nacional Forestal (ONF 2012).
<b>Otros cultivos (Raíces y tubérculos, hortalizas, frutales y cítricos)</b>	Asignación
<b>Bosques fuera de ASP</b>	Asignación

Para el cultivo de palma, la información primaria fue suministrada por la Cámara Nacional de Productores de Palma (Canapalma), quienes facilitaron un flujo de caja de 16 años, en dólares, iniciando en el año 2011 y terminando en el año 2026. En esta actividad se calcularon pagos anuales o anualidades con una tasa de interés del 10% anual efectiva y este valor se tomó como la rentabilidad anual del cultivo. El tipo de cambio a Julio de 2012 es 1 dólar = 495,25 colones; se consultó al Banco Central de Costa Rica (BCCR)<sup>2</sup>.

La información del cultivo de Caña de Azúcar fue facilitada por Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA), quienes entregaron una estructura de costos. La construcción de la estructura de

<sup>1</sup> BCCR. 2012. Índice de Precios del Consumidor (IPC). [www.bccr.fi.cr](http://www.bccr.fi.cr)

<sup>2</sup> BCCR. 2012. Tipos de cambio. [www.bccr.fi.cr](http://www.bccr.fi.cr)

ingresos se basó en la información suministrada en una entrevista con el Ing. Gilberto Calderón, profesional adscrito a LAICA y a la Cámara Cañeros de Turrialba. Se elaboró la estructura para este cultivo y posteriormente fue revisada y aprobada por el profesional antes mencionado. Para este cultivo se construyó un flujo de caja de 5 años. Además, se calcularon pagos anuales o anualidades con una tasa de interés del 10% anual efectiva y este valor se tomó como la rentabilidad anual del cultivo.

En el caso de las plantaciones forestales, como no se conoce la superficie ocupada en cada cantón, de acuerdo a las diferentes especies plantadas, se tomó la información suministrada por la Oficina Nacional Forestal (OFN) adaptado y actualizado de CODEFORSA<sup>3</sup>, de la estructura de costos para plantaciones de *Gmelina arborea*. La construcción de la estructura de ingreso fue elaboración propia y se utilizó información del Manual para Productores de Melina *Gmelina arborea* en Costa Rica (Rojas *et al.* 2004). De acuerdo con lo antes explicado se procedió a elaborar un flujo de caja de 10 años. Asimismo, se calcularon pagos anuales o anualidades con una tasa de interés del 10% anual efectiva y este valor se tomó como la rentabilidad anual de la actividad de plantaciones forestales.

La ganadería es otra actividad productiva agropecuaria asociada a la cobertura “Pastos”. Según el Censo Ganadero 2000 (CORFOGA 2000) esta actividad se subdivide en tres, ganadería de leche, doble propósito y carne, éste último se subdivide en cría, desarrollo y engorde. Como no se conoce la superficie ocupada por cantón de acuerdo a las subdivisiones antes mencionadas, la información que se utilizó para la rentabilidad fue la de la actividad de ganadería de engorde, que fue suministrada por el Ing. Marco Falla adscrito a Corfoga.

Para la cobertura denominada “Otros cultivos” que agrupa otros 59 cultivos presentes en Costa Rica, entre los que se destacan hortalizas, frutales, cítricos, raíces y tubérculos, y, cuya superficie, para la gran mayoría, no es mayor a 2000 hectáreas, se asignó la misma rentabilidad que la del cultivo del frijol, debido a que éste presenta la menor rentabilidad.

Es importante mencionar que las rentabilidades estimadas corresponden a las actividades productivas agrícolas, es decir, los beneficios económicos que recibe un finquero en relación a los costos de implementación y sostenimiento de la actividad. No incluyen valores agregados por transformación, exportación u otro tipo actividad industrial o comercial. Además los valores de las rentabilidades son constantes para todo el país y no existe ningún tipo diferenciación de la rentabilidad ni espacial ni al interior de cada actividad y de ningún otro tipo.

### 3.3.1.3 Metodología para la construcción de la variable valor de fricción de las diferentes coberturas.

La variable Valor de Fricción se construyó a partir de encuestas realizadas a expertos de CATIE. Se encuestaron a 10 expertos (Anexo 3), entre los que se destacan investigadores en las áreas de conservación, agroecología y aves. Cada uno de los encuestados respondió la encuesta asignándole valor de fricción a 17 coberturas. Trece de éstas son las coberturas según los diferentes usos del suelo, que se utilizaron para calcular el IPC, las cuatro restantes se emplearon para la discusión y el análisis de los resultados.

La escala de valores es una escala lineal, comprendida entre cero y diecisiete, donde cero es el valor más bajo fricción y diecisiete el más alto. Estos diferentes valores se sumaron y se promediaron obteniendo así el valor de fricción final para cada cobertura.

---

<sup>3</sup> Oficina Nacional Forestal 2012. Adaptado de Coderforsa (2004). Costos establecimiento de una hectárea de *Gmelina arborea*. Documento Excel.

Para la construcción del mapa de fricción cantonal de Costa Rica se siguió la metodología propuesta por Vilchez<sup>4</sup> y que se explica posteriormente en el acápite de “Metodología para la construcción IPC”. Es exactamente la misma metodología, lo único que la diferencia es que no se incluye la variable rentabilidad.

#### 3.3.1.4 Metodología para la combinación de dimensiones económicas y ecológicas.

Para combinar dimensiones económicas y ecológicas para la construcción de un IPC se realizó un gráfico de dispersión de las principales actividades productivas agropecuarias. Se utilizó el software InfoStat dónde se graficaron la actividades agropecuarias productivas en función de su rentabilidad y fricción.

#### 3.3.1.5 Metodología para la construcción Índice Potencial de Conectividad entre ASP.

Para la construcción del IPC se tuvieron en cuenta tres variables que se estimaron para las coberturas según los diferentes usos del suelo a nivel cantonal, éste último como unidad de muestreo. Las variables son superficie de cobertura como porcentaje del total, valor de fricción y rentabilidad por cada uno de los usos del suelo, los cuales son: Bosques fuera ASP, cultivo de café, cultivo de caña de azúcar, cultivo de piña, cultivo de arroz, cultivo de banano, cultivo de palma de aceite, cultivo de plátano, cultivo de frijol, cultivo de maíz, otros cultivos (hortalizas, frutales, cítricos, raíces y tubérculos), pasto, plantación forestal.

En la construcción del IPC se utilizó la metodología descrita por Vilches<sup>4</sup>. Las tres variables utilizadas son cuantitativas, y cada una de ellas fue estandarizada entre 0-10 excepto la variable superficie, la cual se relativizó, es decir, las hectáreas ocupadas por cada cobertura se dividieron entre el total de la superficie del cantón. Dentro de esta variable no se utilizó la superficie o el área que ocupan las “Áreas Silvestres Protegidas” en todas sus categorías en cada cantón, debido a que la investigación pretende ser conocer el valor del índice fuera de las ASP a nivel cantonal

La siguiente formula muestra cómo se realizaron los cálculos del índice para cada uno de los cantones

$$IPC = \sum_{i=1}^{n=13} F * R * S$$

Dónde,

F: Es el valor de fricción para las coberturas según los diferentes usos de suelo.

R: Es la rentabilidad asociada a cada cobertura según los diferentes usos de suelo.

S: Es la superficie en hectáreas ocupada por cada cobertura según los diferentes usos del suelo.

$n = 13$ : El número de coberturas según los diferentes usos del suelo para cada uno de los cantones<sup>5</sup>.

---

4 Vilches, S. s.f. Construcción de índices de capitales a partir de indicadores mixtos (cuantitativos-cualitativos): Herramientas de InfoStat. Unidad de Biometría CATIE. Documento sin publicar.

<sup>5</sup> Es preciso aclarar que en número máximo de coberturas es de trece, sin embargo, éstas no están presente en todos los cantones.



Al aplicar esta fórmula a cada cantón los valores finales sobrepasaban el intervalo entre 0-10, razón por la cual, se volvieron a estandarizar entre 0-10. Para llevar estos valores a una estandarización entre 0-100, se multiplicó por diez los valores del índice, obteniendo así un índice estandarizado entre 0-100 para cada cantón.

El IPC final quedó estandarizado entre 0-100. Al realizar una división en categorías el IPC se dividió en cinco categorías, donde la primera categoría corresponde a escala entre 0-19; la segunda entre 20-39; la tercera entre 40-59; la penúltima entre 60-79 y la última entre 81-100. Al realizar esta categorización se clasificaron y jerarquizaron automáticamente los cantones según el valor obtenido. También su grado de conectividad está asociado a las categorías cuya explicación se describe en el párrafo siguiente.

La primera categoría se agrupan los cantones que presentan un valor de IPC que oscila entre “0-19”; en la segunda categoría se agrupan los cantones con valores de “20-39”; la tercera categoría los cantones con valores de IPC entre “40-59”; la penúltima categoría cantones con valores de IPC entre “60-79” y la última categoría cantones con valores entre “80-100”.

Para visualizar a través de un mapa el IPC se utilizó el software Arc Map 10 con base en el mapa cantonal del Atlas de Costa Rica (ITCR 2008). En la tabla de atributos de éste mapa se insertó otra columna donde se registró los valores del IPC de cada uno de los cantones. Luego, en “propiedades del layer” se utilizó la herramienta “categorías” para asignar un color de acuerdo a los diferentes clases y/o categorías en lo que se dividió la escala del valor de IPC y en los cuales se clasificaron y jerarquizaron los cantones.

Las diferentes estandarizaciones que se utilizaron son: 0-1; 0-10 y 0-100, todas tienen la misma interpretación, es decir, que valores cercanos a cero indican cantones que facilitan la conectividad entre ASP mientras que valores más alejados del cero limita la conectividad.

#### 3.3.1.6 Metodología para la superposición de los mapas de las ASP, corredores biológicos con el mapa del IPC.

En éste acápite se presenta la metodología para alcanzar esta pregunta de investigación. Es preciso hacer énfasis que se utilizó el software Arc Map 10 y cómo insumos principales se trabajó con los mapas o capas del IPC, ASP y corredores biológicos.

La primera parte consistió en superponer el mapa o capa de las ASP sobre el mapa o capa de IPC, dando origen a un mapa en el cuál se visualiza la superficie que ocupan las ASP en cada cantón. Asimismo, cuales cantones potencialmente limitan o facilitan la conectividad.

En la segunda parte se superpusieron sobre el mapa antes descrito en la primera parte el mapa o capa de los corredores biológicos. Con este se pretendió visualizar cuales son los corredores biológicos que conectan las ASP y los cantones que favorecen o limitan la conectividad. De esta forma se obtiene un mapa que ofrece una panorámica a nivel nacional de las diferentes formas de protección y gestión del territorio con fines de conservación.

### ***3.3.2 Metodología para el análisis de cuatro zonas del país y sus alternativas del uso del suelo.***

Con el mapa resultante de la pregunta de investigación anterior “mapa superposiciones” se determinaron cuatro zonas en diferentes áreas de conservación, para analizar las diferentes la situación actual de estas zonas y las posibles alternativas sostenibles en el uso del suelo. Para alcanzar éste resultado se utilizó el software Arc Map 10 y el mapa arriba mencionado. También, se realizó un zoom para cada una de las zonas específicas, dando como resultado cuatro mapas que permitieron visualizar situaciones específicas de las actividades agropecuarias productivas para construir el análisis.

### ***3.3.3 Metodología para la construcción del escenario económico***

Para crear un escenario económico de posibles efectos del PSA sobre cambios en el uso de suelo a nivel cantonal en Costa Rica se plantean dos fases a representar a través de un gráfico de dispersión, la situación actual de los cantones y la implementación de una medida de adaptación, como lo es la exclusión de algunas actividades agropecuarias para facilitar la regeneración natural.

En la primera fase se realiza un gráfico de dispersión de los cantones de Costa Rica teniendo en cuenta la rentabilidad total del cantón de acuerdo a cada actividad agropecuaria productiva presente en el mismo y la fricción que genera cada una de estas coberturas. Los valores de rentabilidad y fricción de cada cobertura según los diferentes usos del suelo son estandarizados entre 0-1 con el fin de simplificar la visualización del gráfico. Asimismo, se busca visualizar la posición de los cantones aglomerados de acuerdo a cada provincia y ubicarlos en los cuadrantes.

La segunda fase de la creación del escenario económico se tomó el monto de la asignación presupuestaria (Anexo 4) de PSA para el año 2012 de ₡ 14.229.873.106 y se dividió equitativamente entre los 81 cantones, resultando un monto de asignación presupuestaria de ₡ 175.677.445,7 por cada cantón.

Seguidamente, se calculó la productividad rentable de cada cantón, es decir, se multiplicó la rentabilidad de cada actividad agropecuaria por la cantidad de hectáreas presente en el cantón y luego se sumaron el total de rentabilidades. Así se obtuvo la rentabilidad total por cada cantón.

Al multiplicar la rentabilidad de cada actividad agropecuaria por la cantidad de hectáreas presentes en el cantón se obtuvo el valor de rentabilidad total por cada actividad. Al conocer estos valores se procedió a la exclusión de las áreas de las coberturas con menor rentabilidad presentes en los diferentes cantones compensando la mayor extensión posible con el monto promedio de PSA asignado por cantón. De esta forma se procedió a cambiar las coberturas de las diferentes actividades agropecuarias según los diferentes usos del suelo para dar paso a la regeneración natural como medida de adaptación frente al cambio climático global.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se presentan los resultados y la discusión respondiendo a cada una de las preguntas de investigación que fueron planteadas en los dos objetivos específicos.

### 4.1 Construcción del Índice Potencial de Conectividad (IPC).

En éste acápite se presentan los resultados obtenidos para la construcción del IPC, respuesta a las respuestas a las preguntas de investigación planteadas en el primer objetivo específico de investigación.

#### 4.1.1 Superficie (ha) de las coberturas según los diferentes usos del suelo.

A continuación se presentan los resultados de las coberturas que se seleccionaron para éste trabajo de investigación. Los resultados son presentados, para una mayor comprensión, por cada una de las provincias de Costa Rica.

##### 4.1.1.1 Provincia de Alajuela.

La provincia de Alajuela tiene una superficie de 975.755 hectáreas (Anexo 5). La cobertura que más superficie ocupa es la de “pasto” con un total 329.736,4 hectáreas que corresponde al 34% de la superficie total (Figura 1); seguida de la cobertura de las “ASP” con un total de 176.989,7 hectáreas que corresponde al 18% y en tercer lugar la cobertura “Uso urbano y otros usos” con un total de 175.729,2 hectáreas que corresponde al 17% del total de la superficie de la provincia.

En la Figura 1 se observa que de las coberturas que representan a los cultivos, la única que está presente en todos los cantones es la cobertura “Otros cultivos”, la cual agrupa a 59 cultivos presentes en Costa Rica. Las coberturas de los cultivos de Palma aceitera y Banano están ausentes de todos los cantones.

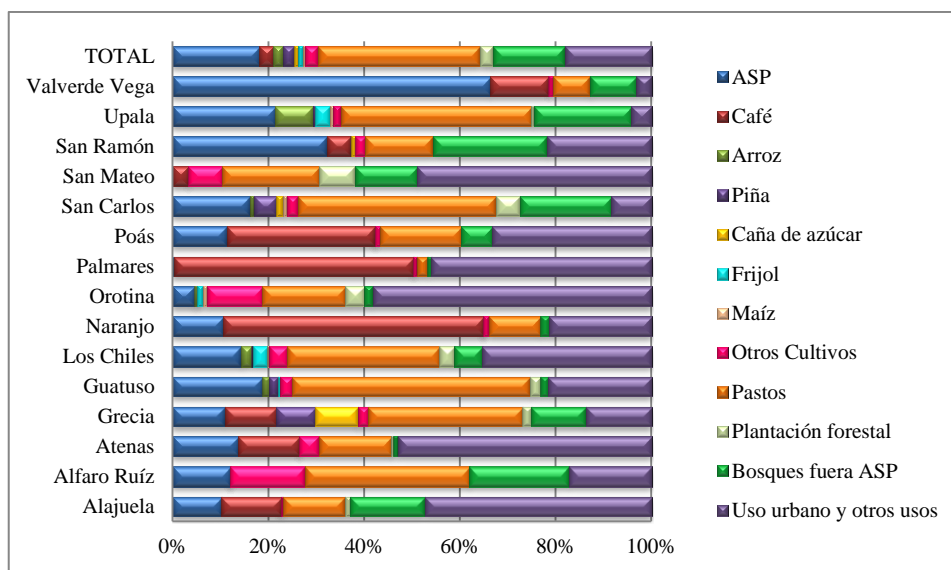


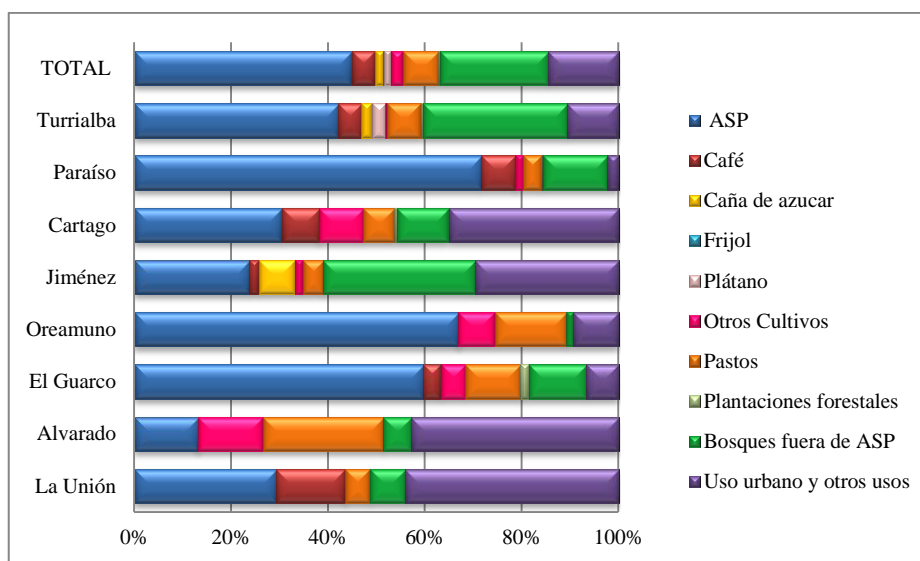
Figura 1. Porcentaje de las coberturas presentes en los cantones de la provincia de Alajuela.

En cuanto a la superficie de cultivos presentes en la provincia, el cantón de Alfaro Ruíz no presenta cultivos principales, toda su cobertura de cultivos se da en “Otros cultivos” a diferencia del cantón Los Chiles el cual tiene siete de las diez coberturas de cultivos que están presentes en la provincia, convirtiéndolo en un municipio diverso en cuanto a cultivos.

En la Figura 1 se puede observar que el cantón de Valverde Vega es el de mayor porcentaje ocupado por las ASP con un total de 7.991,03 hectáreas que corresponde 66% del total de su territorio, mientras que el cantón de San Mateo no presenta ASP dentro de su jurisdicción territorial. Al igual, sí se observa la cobertura de “Bosques fuera de ASP” el cantón con más porcentaje ocupado por ésta es San Ramón con un 24%, mientras que el cantón que menos superficie en porcentaje ocupa de ésta cobertura es Palmares con un 1%.

#### 4.1.1.2 Provincia de Cartago.

La provincia de Cartago tiene una superficie de 312.467 hectáreas de las cuales el mayor porcentaje es ocupado por la cobertura “ASP” con un total de 140.310,4 hectáreas que corresponde al 45% del total de superficie de la provincia (Anexo 6). Los tres cantones que presentan un porcentaje mayor en superficie de la cobertura “ASP” en orden descendente son Paraíso con un 72%; seguido de Oreamuno con un 67% y por último El Guarco 60 (Figura 2).



**Figura 2. Porcentaje de las coberturas presentes en los cantones de la provincia de Cartago.**

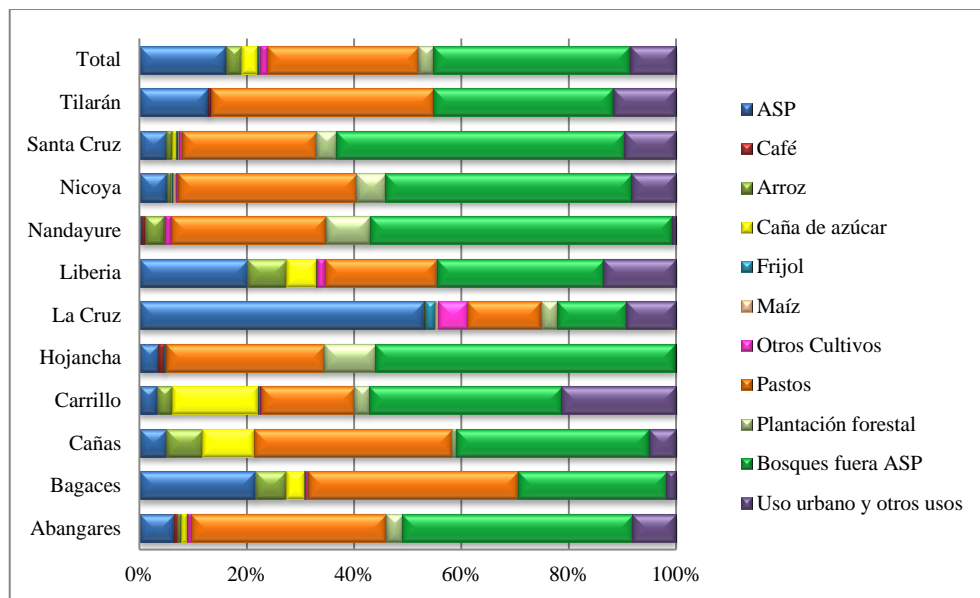
Es preciso resaltar que la cobertura “Bosques fuera de ASP” es la segunda con mayor superficie en la provincia cuenta con 69.657,21 hectáreas que corresponde al 22% del total de superficie del cantón. Los tres cantones que representan un porcentaje mayor en superficie de la cobertura “Bosques fuera de ASP” en orden descendente son Jiménez con 31%, seguido de Turrialba con 30% y por último El Guarco con 12% (Figura 2).

De los principales cultivos, el café es el más representativo con 14.884 (ha), seguido de la cobertura “Otros cultivos” con 7.851 (ha). La cobertura pasto cubre un total de 22.989.02 (ha) en la provincia (Anexo 6).

#### 4.1.1.3 Provincia de Guanacaste.

La provincia de Guanacaste tiene una superficie de 1.016.024 hectáreas (Anexo 7). La cobertura con mayor superficie es “Bosque fuera de ASP” la cual presenta 371.738 hectáreas que corresponde al 37% del total de la superficie de la provincia. Los cantones más representativos son Santa Cruz y Nicoya con una superficie en hectáreas de 70.466,24 y 61.252,02 respectivamente. Los porcentajes de superficie “Bosques fuera de ASP” de los dos cantones antes mencionados corresponden al 54% y 46% con respecto a su superficie total (Figura 3).

La segunda cobertura en extensión es “Pastos” la cual tiene una superficie de 286.180,43 hectáreas que corresponde al 28% de la superficie total de la provincia. Los cantones con mayor extensión son Bagaces y Nicoya con una superficie en hectáreas de 49.702 y 44.345 respectivamente. Los porcentajes de superficie de “pastos” de los dos cantones antes mencionados corresponden al 39% y 33% con respecto a su superficie total (Figura 3).



**Figura 3. Porcentaje de las coberturas presentes en los cantones de la provincia de Guanacaste.**

La tercera cobertura en extensión es “ASP” presenta una superficie de 162.741,5 hectáreas que corresponde al 16% del total de superficie de la provincia. Los cantones con mayor extensión son La Cruz y Liberia con una superficie en hectárea de 73.330,88 y 29.332,72 respectivamente. Los porcentajes de superficie de “ASP” de los dos cantones antes mencionados corresponden al 53% y 20% con respecto a su superficie total (Figura 3).

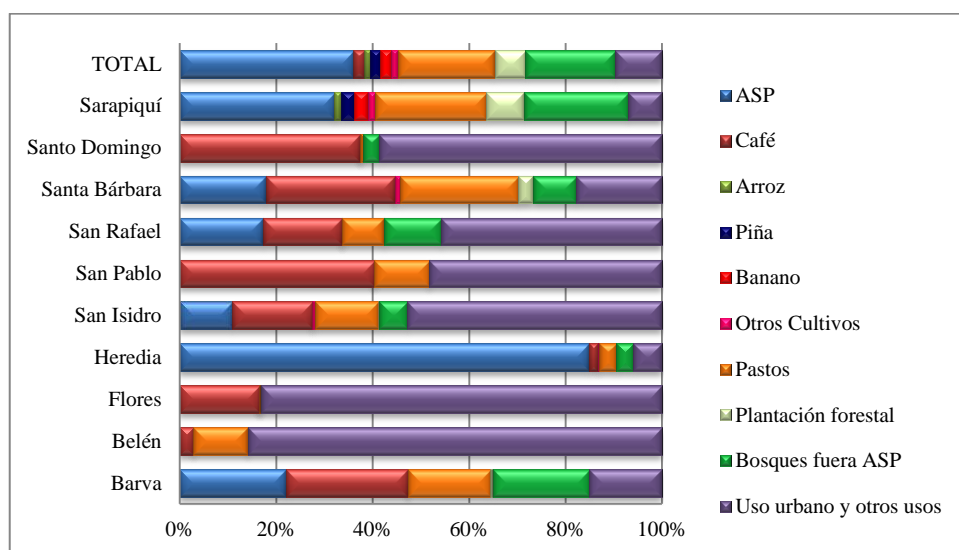
Las tres coberturas descritas en los anteriores párrafos representan el 81% del total de superficie de la provincia de Guanacaste, por lo tanto, una actividad agropecuaria importante es la ganadería.

Entre las coberturas de cultivos las más representativas son el Arroz y la Caña de Azúcar con una extensión en hectárea de 28.814,61 y 30.429 respectivamente. Los cultivos de Palma aceitera, Piña y Banano no están presentes en la provincia.

#### 4.1.1.4 Provincia de Heredia.

En la provincia de Heredia, la cobertura con mayor extensión es “ASP” con una superficie de 95.629 hectáreas que corresponde al 36% de la provincia (Anexo 8). Los cantones más representativos en extensión son Sarapiquí y Heredia con 68.394,25 y 23.964 hectáreas respectivamente. En éste último cantón la cobertura de la “ASP” ocupa el 84.7% del total del cantón (Figura 4).

En la Figura 4 se puede observar que el cantón de Sarapiquí cuenta con una superficie de 214.054 hectáreas y corresponde al 80.5% del total de la superficie de la provincia. Por lo tanto, es el cantón más diverso en cuanto a coberturas, ya que, en su territorio hacen presencia trece de un total de quince coberturas.



**Figura 4. Porcentaje de las coberturas presentes en los cantones de la provincia de Heredia.**

Los cantones de Belén y Flores, son los de menor extensión en la provincia, cuentan con una superficie de 1.215 y 696 hectáreas respectivamente (Anexo 8). La cobertura “Uso urbano y otros usos” es la de mayor extensión en estos dos cantones con una superficie 1.043 y 579 hectáreas respectivamente, que corresponden al 86% y 83% de su superficie total.

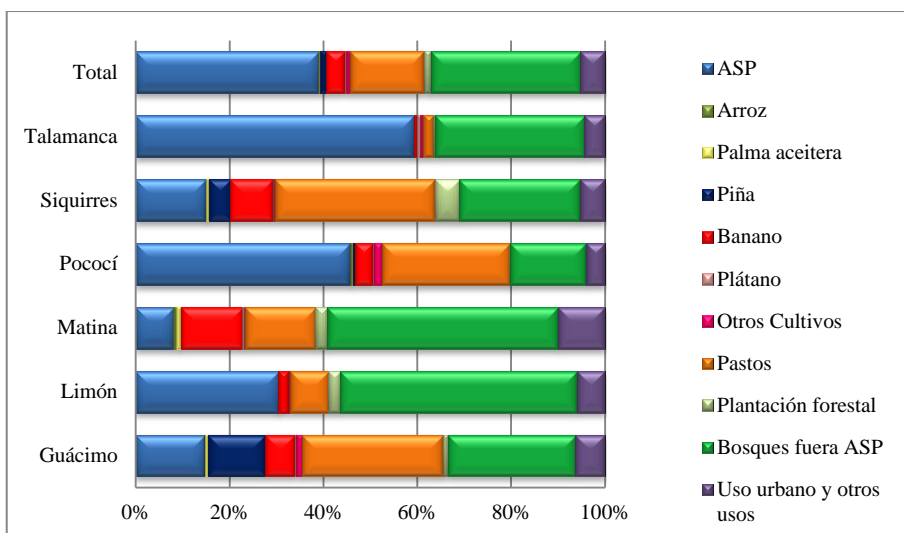
En cuanto a la cobertura de cultivos la más representativa es la del café con un total de 5.949 hectáreas en toda la provincia. Los demás cultivos no hacen presencia en los cantones de la provincia, excepto, en el cantón de Sarapiquí.

#### 4.1.1.5 Provincia de Limón.

La provincia de Limón tiene una extensión de 918.852 hectáreas (Anexo 9). La cobertura “ASP” es la de mayor superficie con 357.290 hectáreas que corresponde al 39% del total de extensión de la provincia. Los cantones de Talamanca y Pococí son los que presentan una mayor extensión de la cobertura “ASP” con 166.485,9 y 109.721,3 hectáreas respectivamente. Los porcentajes de superficie “Uso urbano y otros usos” de los dos cantones antes mencionados corresponden al 59% y 46% con respecto a su superficie total (Figura 5).

La segunda cobertura con mayor extensión es “Bosques fuera de ASP” con una superficie de 292.535,8 hectáreas que corresponde al 32% del total de extensión de la provincia. Los cantones de Limón,

Talamanca y Matina son los que presentan una mayor extensión de la cobertura “Bosques fuera de ASP” con 89.124,6; 89.032,1 y 37.955,2 respectivamente. Los porcentajes de superficie “Uso urbano y otros usos” de los dos cantones antes mencionados corresponden al 50%, 32% y 49% con respecto a su superficie total (Figura 5).



**Figura 5. Porcentaje de las coberturas presentes en los cantones de la provincia de Limón.**

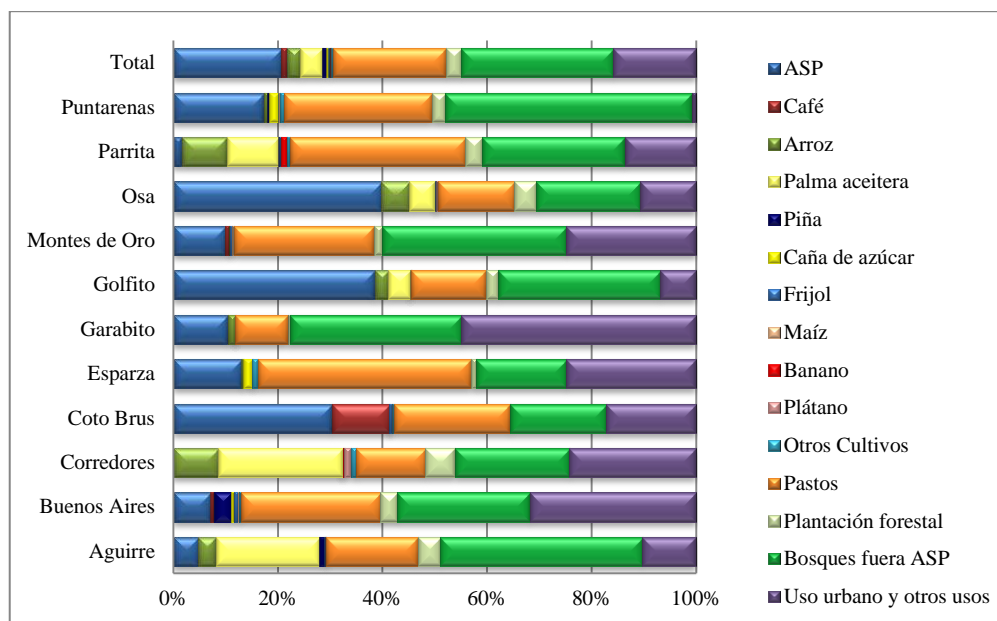
En cuanto a la superficie de cultivos la cobertura de mayor extensión es “Banano” con un total de 36.203 hectáreas. Asimismo que la cobertura “Otros cultivos” con una extensión de 7.306 hectáreas, seguida del cultivo de “Plátano” con 3.618 hectáreas y por último el cultivo de Palma aceitera con 2.181 hectáreas.

#### 4.1.1.6 Provincia de Puntarenas.

La provincia de Puntarenas tiene una extensión de 1.126.569 hectáreas (Anexo 10). La cobertura con mayor superficie es “Bosques fuera de ASP” con una extensión de 327.546,5 hectáreas que corresponde al 29% del total de la provincia. Los cantones más representativos en ésta cobertura son Puntarenas, Buenos Aires y Golfito con superficie de 86.890; 60.388 y 54.320 hectáreas respectivamente. Los porcentajes correspondientes a la extensión de estas coberturas son 47%, 25% y 31% del total de cada uno de los cantones (Figura 6).

La segunda cobertura con mayor extensión es “Pastos” con una superficie de 241.892,7 hectáreas que corresponde al 21% del total de la superficie de la provincia. Los cantones que presentan mayor extensión son Buenos Aires y Puntarenas con 63.481 y 51.968 hectáreas respectivamente que corresponden al 28% y 27% (Figura 6). Al relativizar la cobertura “Pastos” por cada uno de los cantones de la provincia, el cantón de Esparza es el de mayor porcentaje con un 41%.

La tercera cobertura con mayor extensión son las “ASP” con una superficie de 233.962 hectáreas que corresponden al 20% del total de la superficie de la provincia. Cabe destacar que el cantón que presenta una extensión mayor de ésta cobertura es Osa con 76.820 hectáreas que corresponde al 40% de la superficie del cantón, mientras que el cantón de Corredores no presenta cobertura de “ASP” en ninguna de sus categorías.

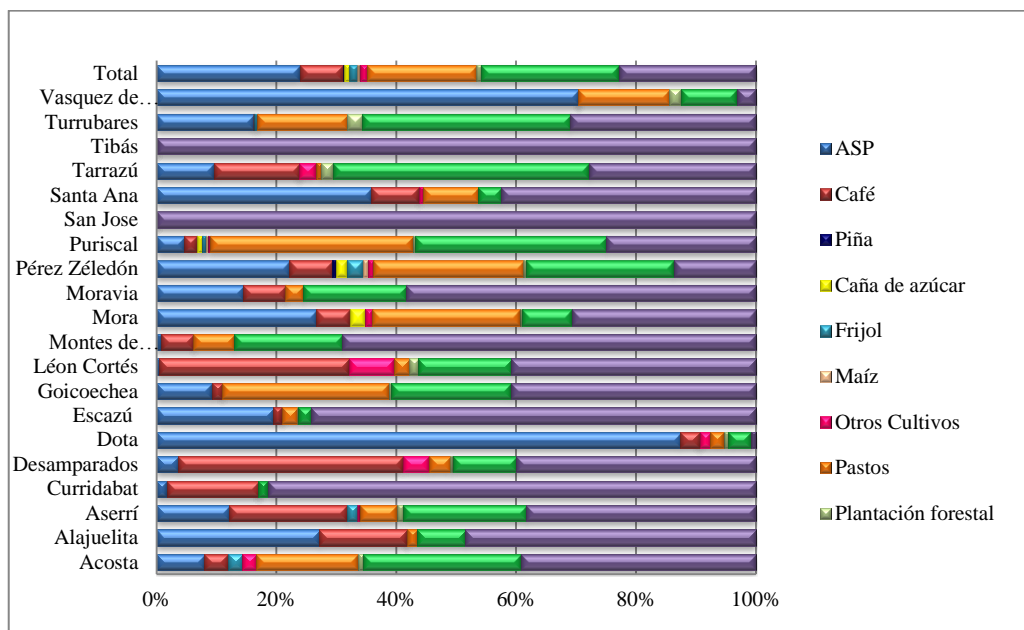


**Figura 6. Porcentaje de las coberturas presentes en los cantones de la provincia de Puntarenas.**

La Figura 6 muestra que la cobertura de cultivos la de mayor extensión es la “Palma aceitera”, seguida del cultivo de “Arroz” y en tercer lugar el cultivo de café. Las superficies ocupadas corresponden a 47.050; 28.343 y 11.848 hectáreas respectivamente.

4.1.1.7 Provincia de San José.

La provincia de San José cuenta con una extensión de 496.590 hectáreas (Anexo 11). La cobertura con mayor extensión es la “ASP” con una superficie de 118.992,2 hectáreas, que corresponde al 24%, seguida de la cobertura “Bosques fuera de ASP” con una extensión de 114.056,7 hectáreas lo cual es el 23% del total de la superficie y posterior la cobertura de “Uso Urbano y otros usos” con una extensión de 113.088,3 hectáreas que representa el 22.7% de la provincia.



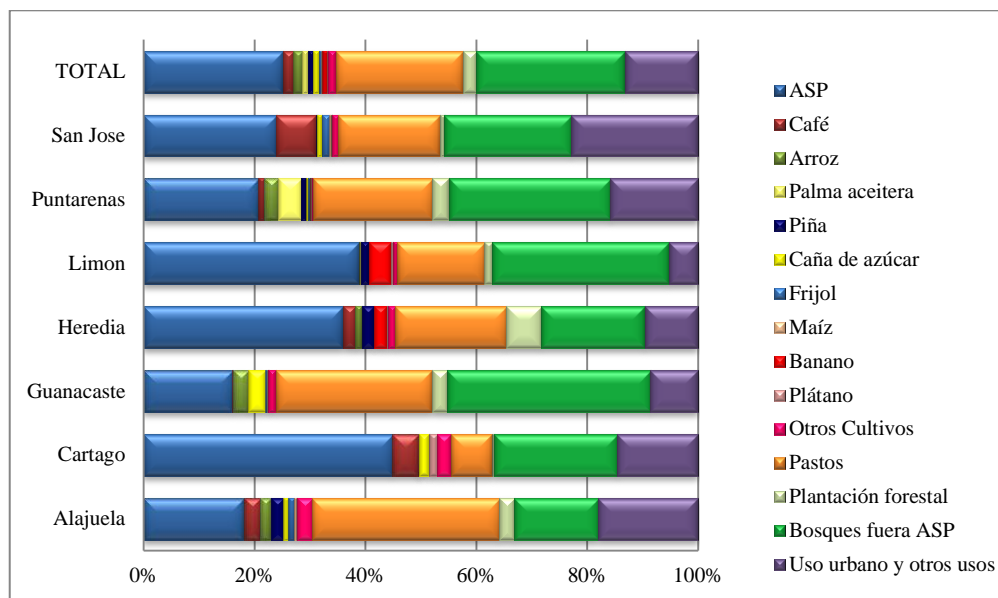
**Figura 7. Porcentaje de las coberturas presentes en los cantones de la provincia de San José.**



En la Figura 7 se observa que en los cantones de San José y Tibás el 100% de su extensión corresponde a la cobertura de “Uso Urbano y otros usos”, mientras que los cantones de Escazú y Curridabat más del 70% de su superficie también se clasifica en la cobertura antes mencionada.

Los cantones de Dota y Vásquez Coronado tienen una superficie de 40.022 y 22.220 hectáreas y la cobertura más representativa en extensión es “ASP” con un porcentaje del 87% y 70% respectivamente.

En cuanto a las coberturas de cultivos la de mayor extensión es el Café con 35.451 hectáreas; seguido del cultivo de frijol con 6.664 hectáreas y después “Otros cultivos” con 6.085 hectáreas. Los cultivos de Arroz, Palma aceitera y Banano no se presentan en la provincia.



**Figura 8 . Porcentaje de las coberturas presentes en las provincias de Costa Rica.**

Es importante destacar, al observar los datos antes descritos y la Figura 8, que una de las cobertura con mayor extensión en el país son las “ASP” que alcanza el 25,8 % de superficie del país En esta cobertura se agrupan todas “ASP” en todas sus categoría, las cuales son representativas en todas las provincias. Asimismo, el SINAC (SINAC 2006) indica que para abril de 2006, el 26.21 % de la superficie nacional, en su extensión continental, y el 0.09 % de la extensión marina, se encontraban bajo alguna categoría de protección.

En la Figura 8 se puede observar que las provincias con mayor porcentaje de ASP en su superficie son Cartago con un 45%, Limón con un 38% y Heredia con un 36%. Por su parte las provincias que tienen la mayor extensión de “Bosques fuera de ASP” son Guanacaste con un 36% y Limón con un 31%, lo que convierte a esta última provincia en la de mayor extensión de cobertura bosques dentro y fuera de ASP con un 69% de su territorio.

En cuanto a las actividades agropecuarias, al cubrir los pastos el 23% de la superficie del país, la ganadería se reconoce como una actividad extensiva a nivel nacional, siendo la provincia de Alajuela la que cuenta con mayor porcentaje de dicha cobertura.

Frente a la cobertura de cultivos el café es dominante en la provincia de San José con el 7% y en Cartago con el 4% de su superficie. La Palma aceitera tiene una fuerte presencia en la provincia de

Puntarenas con un 4% y el Banano se ubica principalmente en la provincia de Limón con un 4% de su superficie (Figura 8).

Con estos resultados se puede evidenciar de forma general que Costa Rica es un país con una matriz predominante de bosques, tanto dentro como fuera de las ASP, y que estas coberturas se combinan en un mosaico de pastos en mayor extensión y de las otras actividades agrícolas.

#### **4.1.2 Rentabilidad de las Actividades Agropecuarias Productivas asociadas a las diferentes Coberturas.**

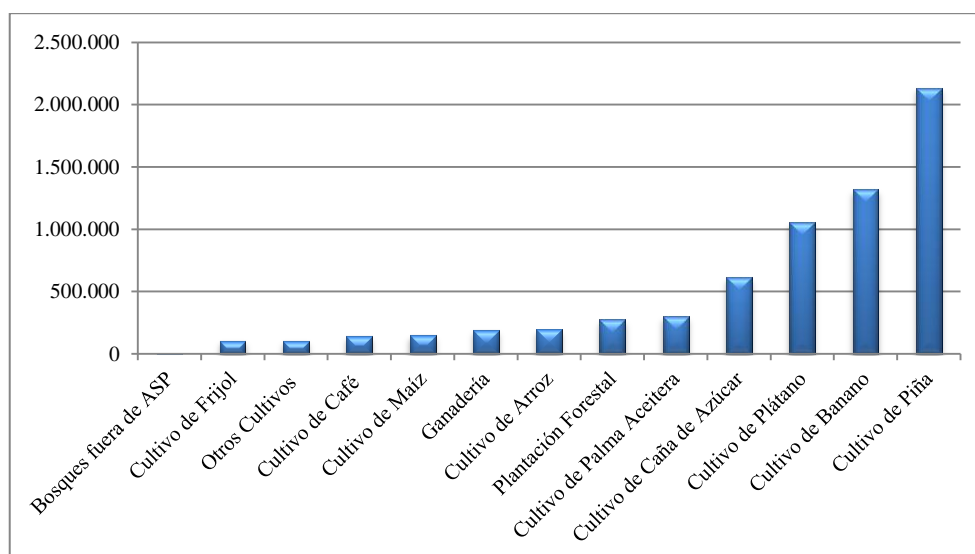
En el Cuadro 3 se presentan la rentabilidad de las actividades agropecuarias productivas, es importante resaltar que sólo se presentan valores de rentabilidad agrícola, es decir, únicamente el ingreso neto que recibe el productor por la producción en finca. Las unidades en las cuales se presentan los resultados en el cuadro son “Colones (₡)” como moneda; “año” como unidad de medida en el tiempo, es decir, todos los datos están actualizados al año 2012 y “hectárea” que representa la unidad de medida en el espacio. Todas las actividades están estandarizadas en estas tres unidades de medición. Los procedimientos matemáticos y financieros para calcular éstos valores se describen en la metodología de la pregunta de investigación.

De acuerdo con el Cuadro 3 la actividad agropecuarias con mayor rentabilidad es el cultivo de Piña con un valor de ₡ 2.135.322; seguido del cultivo de Banano con un valor de ₡1.321.815,9 y luego el cultivo de Plátano con ₡1.056.226,9. También se observa que las actividades productivas con menor rentabilidad en orden descendente son el cultivo de Café con un valor de ₡143.663,02; seguido del cultivo de Frijol con un valor de ₡ 105.687,4; este mismo valor se le asignó a “Otro cultivos” y por último el valor de Bosques fuera de ASP con un valor de ₡ 1.000; éste valor fue asignado debido a que los bosques no generan rentabilidad como actividad productiva.

**Cuadro 3. Rentabilidad Principales Actividades Agropecuarias Productivas.**

<b>Actividades agropecuarias productivas asociadas a las diferentes Coberturas</b>	<b>Rentabilidad/₡/año/ha</b>
<b>Cultivo de Piña</b>	2.135.322,40
<b>Cultivo de Banano</b>	1.321.815,99
<b>Cultivo de Plátano</b>	1.056.226,90
<b>Cultivo de Caña de Azúcar</b>	615.160,25
<b>Cultivo de Palma Aceitera</b>	299.736,27
<b>Plantación Forestal</b>	275.611,91
<b>Cultivo de Arroz</b>	196.153,01
<b>Ganadería</b>	190.781,15
<b>Cultivo de Maíz</b>	151.794,74
<b>Cultivo de Café</b>	143.663,02
<b>Cultivo de Frijol</b>	105.687,47
<b>Otros Cultivos</b>	105.687,47
<b>Bosques fuera de ASP</b>	1.000,00

Lo anterior se observa de manera gráfica en la Figura 9, en donde se representan las rentabilidades de las actividades agropecuarias productivas de forma ascendente, que fueron utilizadas en la presente investigación.



**Figura 9. Rentabilidad de las actividades productivas agropecuarias.**

Teniendo en cuenta la descripción anterior es fácil distinguir que las dos actividades agropecuarias de mayor rentabilidad se encuentran ligadas a la exportación, por lo tanto, como lo son la piña, el banano y el plátano.

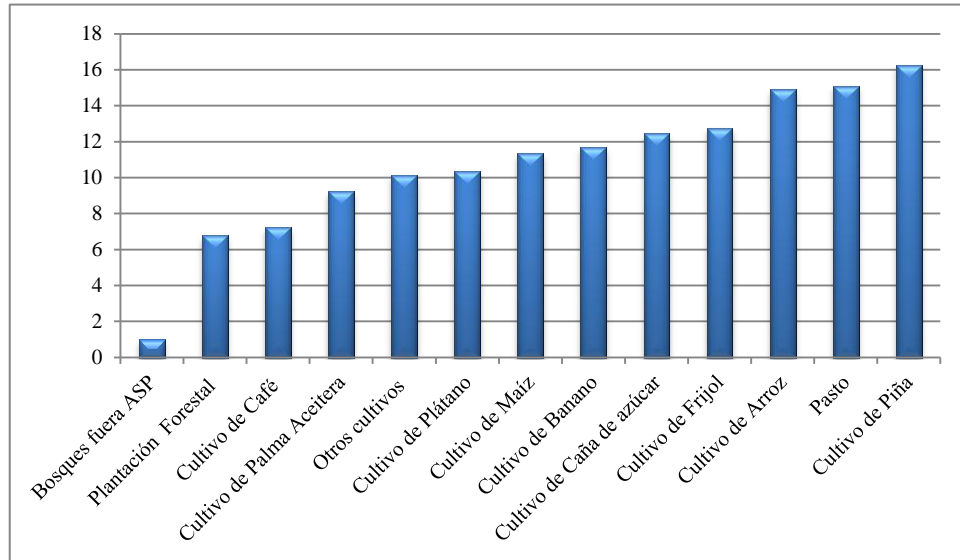
#### **4.1.3 Valor de Fricción de las coberturas según los diferentes usos del suelo.**

En el Cuadro 4 se presentan los diferentes valores de fricción para trece coberturas que se utilizaron para la construcción del IPC. Cabe recordar que a pesar de ser trece coberturas las utilizadas, la encuesta realizada a 10 expertos en CATIE (Ver anexo 3), cuenta con diecisiete coberturas, las cuatro restantes no se presentan ya que no se utilizaron en la construcción del índice y sólo serán utilizadas en el análisis de los resultados.

**Cuadro 4. Valor de fricción de las coberturas según los diferentes usos del suelo.**

Coberturas según los diferentes Usos del suelo	Valor Fricción	Desviación estándar
Cultivo de piña	16,2	1,64
Pasto	15,1	1,91
Cultivo de arroz	14,9	1,85
Cultivo de frijol	12,8	3,24
Cultivo de caña de azúcar	12,4	4,17
Cultivo de banano	11,7	4,40
Cultivo de maíz	11,3	3,65
Cultivo de plátano	10,3	3,14
Otros cultivos (Raíces y tubérculos, hortalizas, frutales y cítricos)	10,1	3,26
Cultivo de palma de aceite	9,2	4,08
Cultivo de café	7,2	4,27
Plantación forestal	6,8	3,53
Bosques	1,0	0

Se observa que las tres coberturas que presentan mayor valor de fricción son el cultivo de Piña con un valor de 16,2; seguido de los “Pastos” con un valor de 15,1 y posterior el cultivo de Arroz con un valor de 14,9 (Figura 10).



**Figura 10. Valores de fricción de las coberturas según los diferentes usos del suelo de forma ascendente.**

Los datos de fricción que se presentan en esta investigación nos muestran que los procesos de cambio de uso de suelo afectan los procesos de conectividad y que las coberturas con mayores valores de fricción son monocultivos intensivos y extensivos, presentes en varias regiones de Costa Rica generando procesos de fragmentación de los ecosistemas naturales, lo cual implica un menor grado de adaptación de la biodiversidad a los cambios climáticos que se puedan presentar.

Al observar el mapa de fricción (Figura 11) se tiene que los cantones que presentan valores más altos, es decir, entre 80-100 son aquellos que se ubican geográficamente en el valle central y están muy relacionado con el intensivo uso urbano del suelo. La distribución espacial que presenta se asemeja a una radial, esto es, a medida que se aleja del centro del país los valores de fricción asociados a cada uno de los cantones disminuye.

El anexo 16 muestra el cuadro con los valores de fricción para cada uno de los cantones de Costa Rica. Los valores de fricción son comparativos, esto es, el valor de 100 indica que es el cantón con mayor fricción y el valor de cero indica el cantón con menor fricción entre todos.

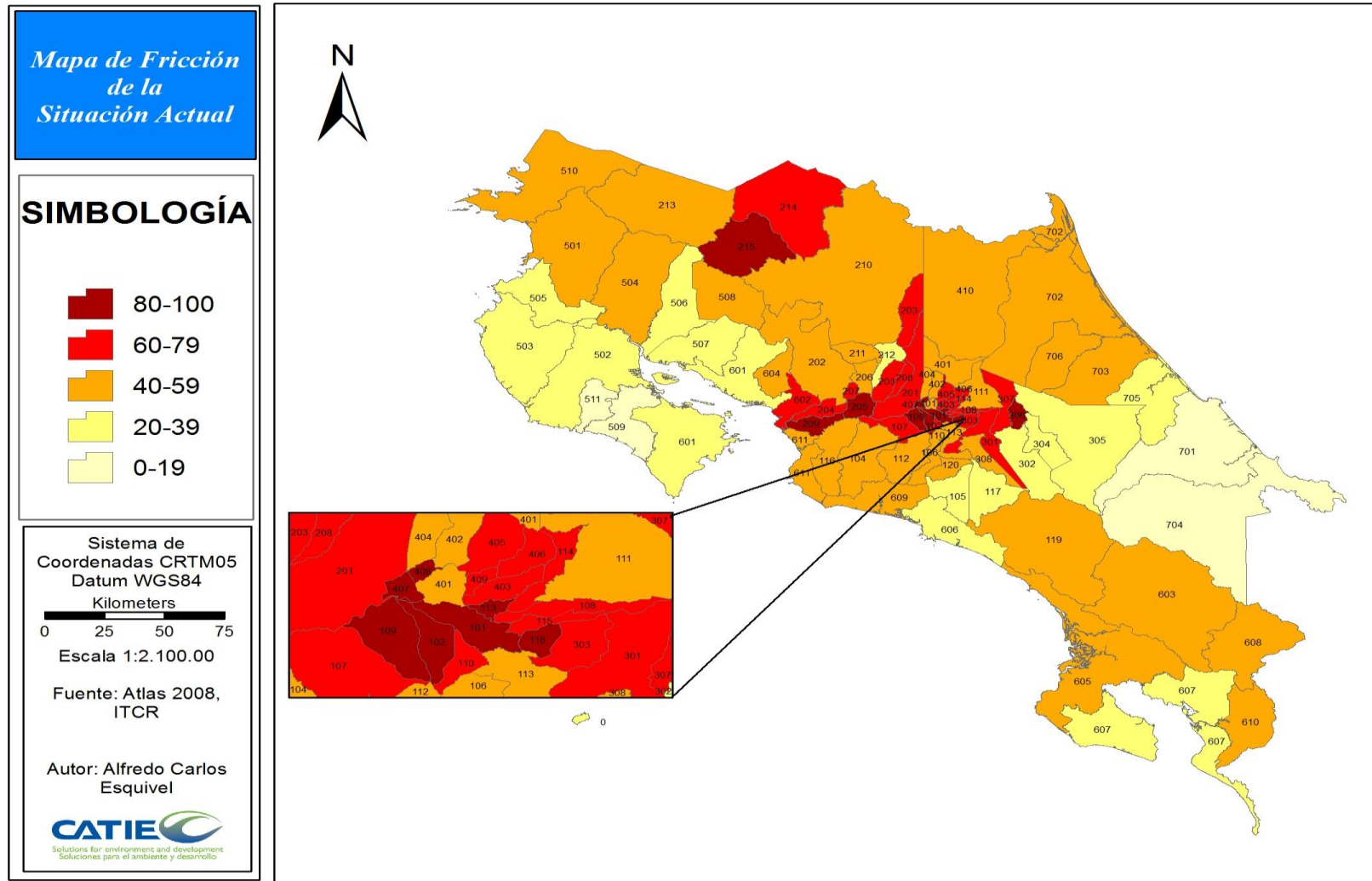


Figura 11. Mapa de fricción

#### 4.1.4 Combinación de dimensiones económicas y ecológicas.

En la Figura 12 se observa el gráfico de dispersión de las diferentes actividades productivas en función de su rentabilidad y la fricción.

En el cuadrante I denominado “coberturas estáticas” se observa las coberturas de los cultivos de piña y banano los cuales son las que presentan una mayor rentabilidad y fricción. Las coberturas antes mencionadas son las que presentan el menor potencial para facilitar la conectividad entre las diferentes ASP. Entre todas las coberturas el cultivo de piña es el que presenta los valores más altos de rentabilidad y fricción.

El cuadrante II denominado “coberturas ideales” no presenta ninguna cobertura. Este cuadrante sería el ideal, esto es, los cultivos que presentan una alta rentabilidad y baja fricción y donde las coberturas asociadas a los diferentes usos del suelo tendrían un potencial alto que facilitaría la conectividad entre las diferentes ASP.

El cuadrante III denominado “coberturas estables” agrupa tres coberturas. Se denominan estables, ya que presentan una rentabilidad y fricción baja y desde el punto de vista de la fricción son las mayor potencial para facilitar la conectividad.

El cuadrante IV denominado “coberturas susceptibles” presenta las coberturas prioritarias para implementar alternativas en el uso del suelo y/o medidas de adaptación que faciliten la conectividad entre las diferentes ASP.

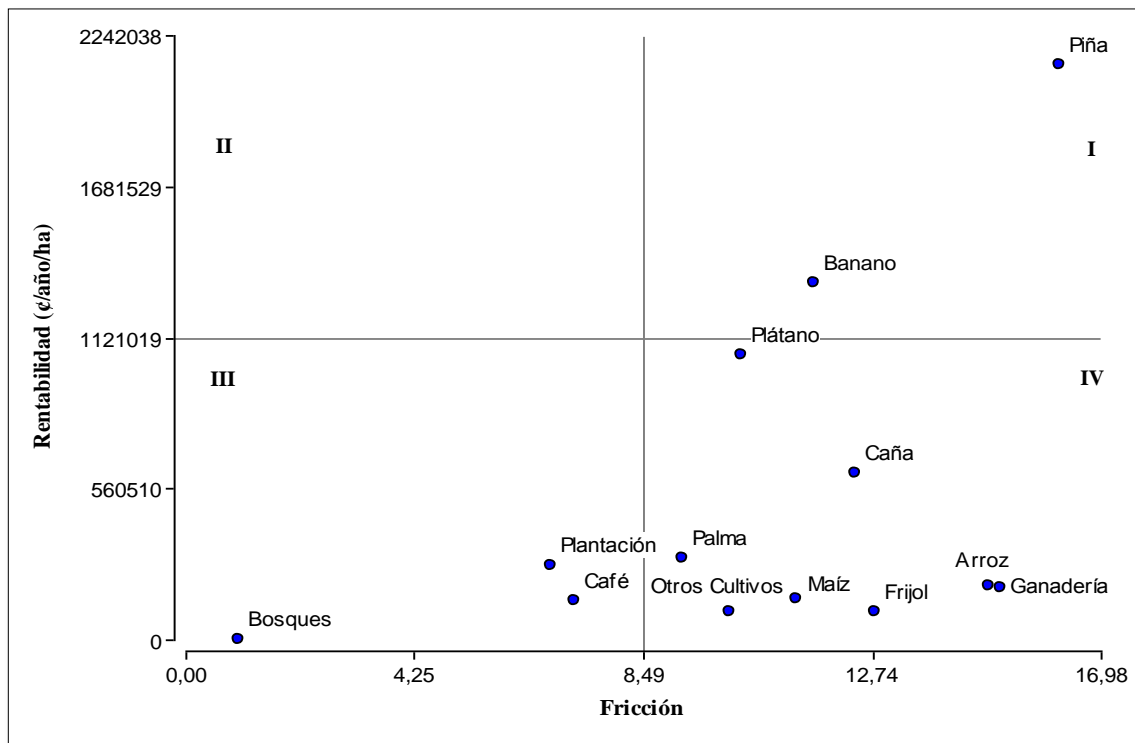


Figura 12. Gráfico de dispersión de las coberturas en función de su fricción y rentabilidad

#### ***4.1.5 Cantones que favorecen o limitan la conectividad entre ASP S según el IPC.***

En el Cuadro 5 se presenta el valor de índice asociado a cada cantón y la posición que ocupa de acuerdo con dicho valor. La escala del índice oscila entre 0-100. Los valores en la escala se presentan en forma descendente y ésta es inversamente proporcional a la conectividad, es decir, entre mayor el número asociado al valor del índice, menor es el potencial de conectividad que presenta el cantón. El valor de 100 indica el cantón con menor conectividad en comparación con los demás cantones, mientras que el valor de cero indica el cantón con mayor conectividad.

El índice se dividió en cinco clases de acuerdo a la escala y cada uno de ellos es una categoría. La primera clase presenta valores de índice que oscilan entre 100-80 y agrupa a todos los cantones cuyo valor de índice coincida con ésta clasificación. Esta categoría reúne a todos los cantones que presentan el menor potencial de conectividad entre ASP.

La segunda clase presenta valores de índice que oscilan entre 79-60 y agrupa a todos los cantones cuyo valor de índice coincida con ésta clasificación. La tercera clase presenta valores de índice que oscilan entre 59-40 y agrupa a todos los cantones cuyo valor de índice coincida con ésta clasificación. La penúltima clase presenta valores de índice que oscilan entre 39-20 y agrupa a todos los cantones cuyo valor de índice coincida con ésta clasificación.

La última clase presenta valores de índice que oscilan entre 19-0 y agrupa a todos los cantones cuyo valor de índice coincida con ésta clasificación. Esta categoría reúne a todos los cantones que presentan el mayor potencial de conectividad entre ASP.

Al detallar la Figura 13 se observa que existen seis cantones clasificados en la categoría “100-80”, que representa el 7.4%, de estos, cuatro pertenecen a la provincia de San José y dos a la provincia de Heredia. Estos cantones geográficamente se ubican en el centro del país. Asimismo, seis de los cantones clasificados en la categoría “79-60” son circunvecinos de los cantones de la categoría antes mencionada el total de cantones en su gran mayoría pertenecen a la región del valle central.

Cabe resaltar que la distribución geográfica de los cantones sigue un patrón de distribución concéntrica, es decir, a medida que aumenta la distancia entre los cantones que pertenecen a la categoría “100-80” con respecto a los demás cantones, el potencial de conectividad entre ASP presenta una tendencia de aumento.

Para las otras categorías, la distribución se presentó de la siguiente manera. En la categoría “79-60” se agrupan ocho cantones que representan el 9.8%; en la categoría “59-40” se agrupan 17 cantones que corresponde al 20,9%; en la categoría “39-20” se agrupan 21 cantones que representa el 25.9% y por último la categoría “19-0” se agrupa 29 cantones que corresponde al 35,8%.

Ligado con lo anterior, se tiene que el 61,7% de los cantones (50 cantones), se encuentran por debajo del percentil 40 de la escala del IPC, es decir, en las categorías “0-19” y “20-39”; lo que indica que el país presenta un alto potencial para la implementación de medidas que favorezcan la conectividad entre las diferentes ASP.

Por su parte, las categorías “60-79” y “80-100” agrupan 14 cantones alcanzando una extensión 58.959 ha que corresponde al 1.1% del total de superficie del país. Estos cantones se encuentran ubicados,

geográficamente en su mayoría, en la región del Valle Central (Figura 13), por lo tanto, su potencial para la implementación medidas que favorezcan la conectividad es baja.

Los cantones que se agrupan en la categoría “40-59” son 17 y alcanzan una extensión territorial de 330.552 hectáreas y geográficamente se encuentran ubicados alrededor de los cantones que se agrupan en la categoría “60-79” y “80-100” siguiendo un patrón de distribución espacial concéntrico de forma general.

**Cuadro 5. Índice Potencial de Conectividad por cantones.**

Posición	Provincia	Cantón	Valor IPC (0-100)
1	San José	Tibás	100
2	San José	San Jose	100
3	San José	Escazú	92
4	Heredia	Belén	86
5	Heredia	Flores	84
6	San José	Curridabat	83
7	San José	Montes De Oca	69
8	San José	Moravia	68
9	San José	Alajuelita	67
10	San José	Santa Ana	66
11	Cartago	La Unión	63
12	Alajuela	Atenas	62
13	Alajuela	Orotina	61
14	Heredia	San Isidro	60
15	Heredia	Santo Domingo	59
16	Heredia	San Rafael	56
17	Alajuela	Alajuela	53
18	Cartago	Cartago	51
19	Puntarenas	Garabito	50
20	Heredia	San Pablo	49
21	Cartago	Alvarado	49
22	Alajuela	San Mateo	49
23	Alajuela	Palmares	47
24	San José	Goicoechea	45
25	San José	Aserrí	44
26	San José	Acosta	43
27	San José	Desamparados	42
28	San José	Léon Cortés	42
29	San José	Mora	42
30	Alajuela	Los Chiles	42
31	Cartago	Jiménez	41
32	Heredia	Heredia	39
33	Alajuela	Poás	38
34	Puntarenas	Buenos Aires	38
35	San José	Turubares	37
36	Alajuela	San Ramón	32
37	San José	Tarrazú	31
38	Puntarenas	Esparza	29



39	Alajuela	Guatuso	29
40	Cartago	Oreamuno	28
41	Puntarenas	Montes De Oro	27
42	Alajuela	Grecia	27
43	Puntarenas	Corredores	27
44	San José	Puriscal	26
45	Guanacaste	Carrillo	26
46	Alajuela	Naranjo	25
47	Limón	Guácimo	25
48	Puntarenas	Coto Brus	25
49	Heredia	Santa Bárbara	22
50	Heredia	Barva	20
51	Guanacaste	La Cruz	20
52	Cartago	Turrialba	20
53	Alajuela	Alfaro Ruíz	19
54	Guanacaste	Liberia	19
55	San José	Pérez Zéledón	19
56	Puntarenas	Osa	19
57	Cartago	El Guarco	17
58	Limón	Matina	17
59	Limón	Siquirres	16
60	Heredia	Sarapiquí	16
61	Alajuela	San Carlos	16
62	Puntarenas	Parrita	15
63	Puntarenas	Aguirre	13
64	Guanacaste	Tilarán	13
65	Puntarenas	Golfito	12
66	Limón	Talamanca	12
67	Limón	Pococí	11
68	Alajuela	Valverde Vega	10
69	San José	Vasquez De Coronado	10
70	Guanacaste	Santa Cruz	10
71	Limón	Limón	9
72	Cartago	Paraíso	8
73	Guanacaste	Abangares	8
74	Guanacaste	Cañas	8
75	Guanacaste	Nicoya	8
76	San José	Dota	7
77	Alajuela	Upala	6
78	Guanacaste	Bagaces	3
79	Guanacaste	Nandayure	1
80	Puntarenas	Puntarenas	1
81	Guanacaste	Hojancha	0

Es importante resaltar que la cobertura “Bosques fuera de ASP” es una de las de mayor extensión en el país como se presenta en los cuadros de cobertura para cada provincia (Acápite 4.1.1). Se ubican geográficamente fuera de las ASP y político-administrativamente en los cantones que se agrupan en la categoría “0-19” y “20-39”.

Al presentar una plataforma político-administrativa del IPC a nivel nacional y al superponerle el mapa de ASP de Costa Rica (Figura 14) y el mapa de corredores biológicos (Figura 15), se observa que la gran mayoría de las ASP se encuentran distribuidas espacialmente en los cantones que se agrupan en las categorías de “0-19” y “20-39”.

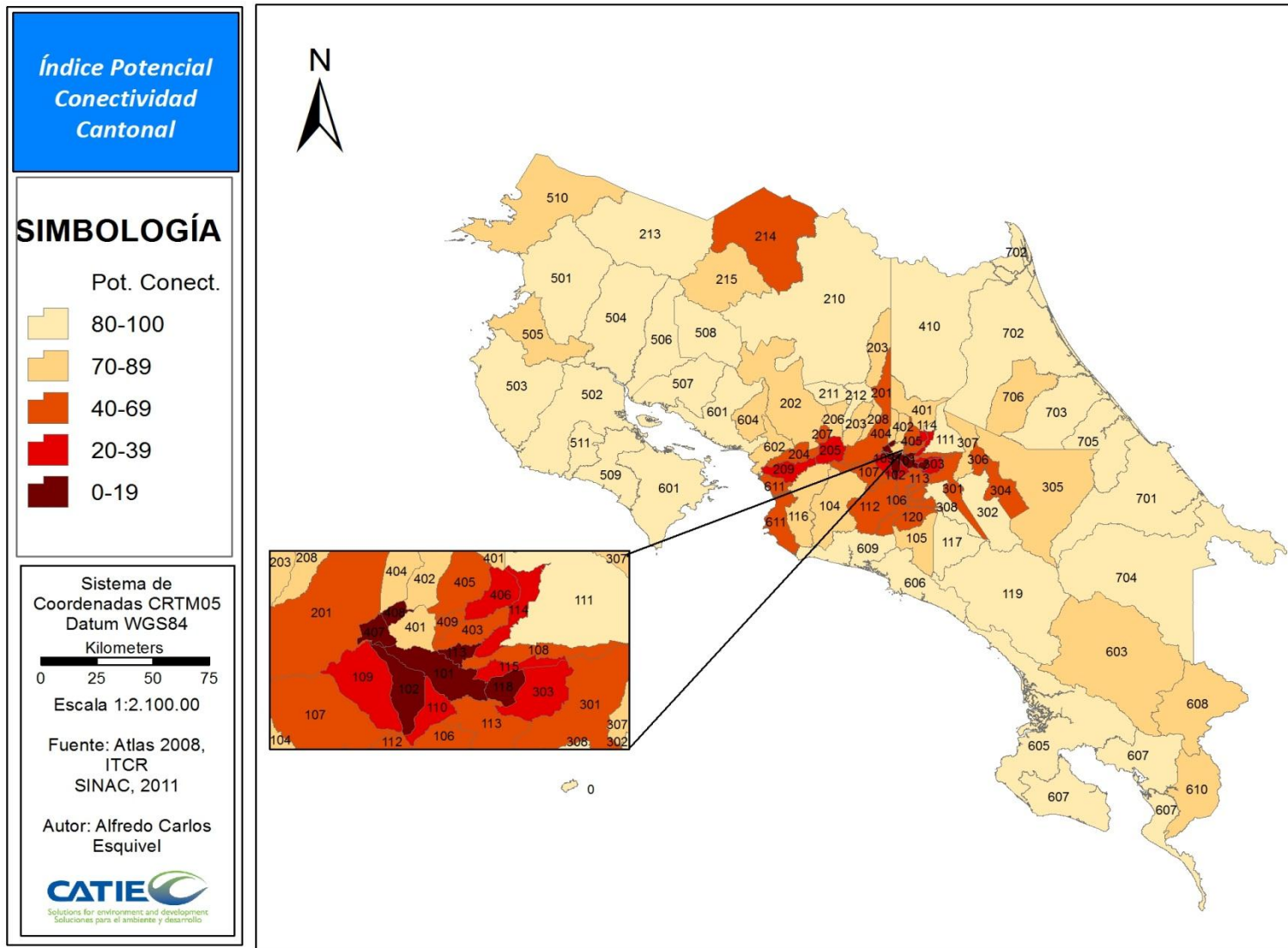


Figura 13. Mapa Índice Potencial de Conectividad (IPC).

**Cuadro 6. Código cantonal por Provincias**

<b>Provincia de San José</b>	<b>Provincia de Alajuela</b>	<b>Provincia de Cartago</b>	<b>Provincia de Heredia</b>	<b>Provincia de Guanacaste</b>	<b>Provincia de Puntarenas</b>	<b>Provincia de Limón</b>
101 San José	201 Alajuela	301 Cartago	401 Heredia	501 Liberia	601 Puntarenas	701 Limón
102 Escazú	202 San Ramón	302 Paraíso	402 Barva	502 Nicoya	602 Esparza	702 Pococí
103 Desamparados	203 Grecia	303 La Unión	403 Santo Domingo	503 Santa Cruz	603 Buenos Aires	703 Siquirres
104 Puriscal	204 San Mateo	304 Jiménez	404 Santa Bárbara	504 Bagaces	604 Montes de Oro	704 Talamanca
105 Tarrazú	205 Atenas	305 Turrialba	405 San Rafael	505 Carrillo	605 Osa	705 Matina
106 Aserrí	206 Naranjo	306 Alvarado	406 San Isidro	506 Cañas	606 Aguirre	706 Guácimo
107 Mora	207 Palmares	307 Oreamuno	407 Belén	507 Abangares	607 Golfito	
108 Goicoechea	208 Poás	308 El Guarco	408 Flores	508 Tilarán	608 Coto Brus	
109 Santa Ana	209 Orotina		409 San Pablo	509 Nandayure	609 Parrita	
110 Alajuelita	210 San Carlos		410 Sarapiquí	510 La Cruz	610 Corredores	
111 Vásquez de Coronado	211 Alfaro Ruíz			511 Hojanca	611 Garabito	
112 Acosta	212 Valverde Vega					
113 Tibás	213 Upala					
114 Moravia	214 Los Chiles					
115 Montes de Oca	215 Guatuso					
116 Turrubares						
117 Dota						
118 Curridabat						
119 Pérez Zeledón						
120 León Cortés						

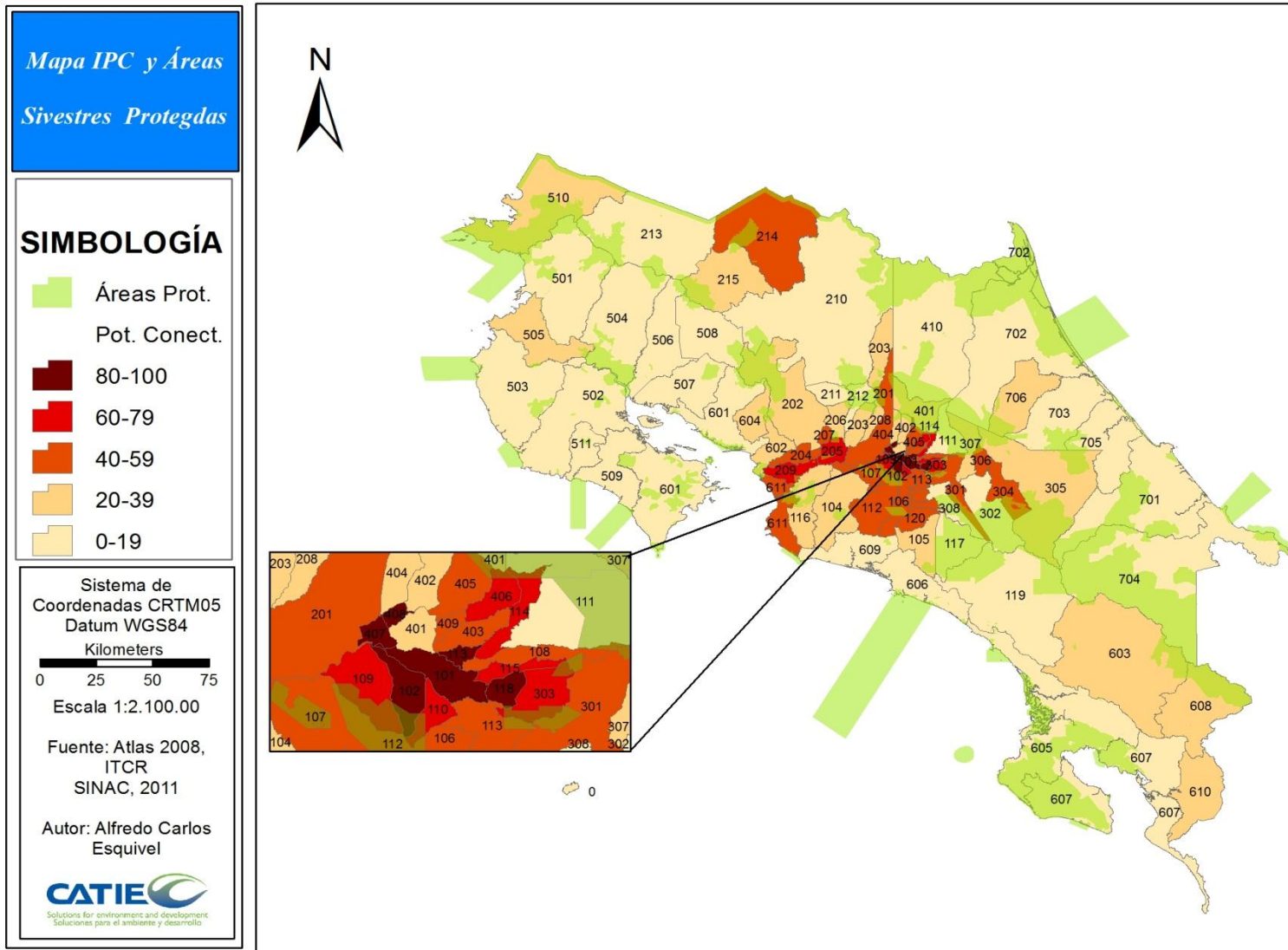


Figura 14. Mapa del IPC y superposición del mapa de las Áreas Silvestres Protegidas de Costa Rica.

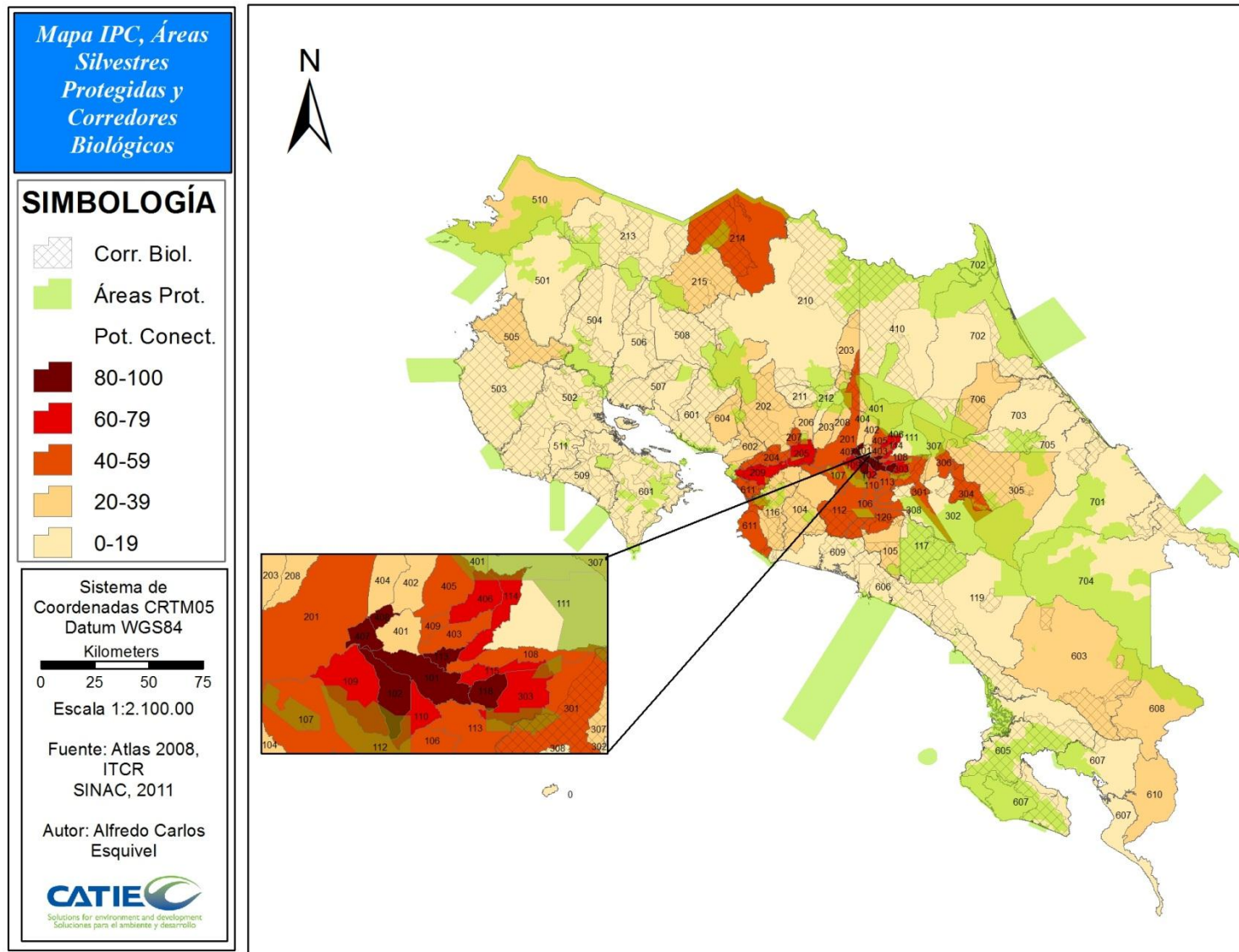


Figura 15. Mapa del IPC y superposición de los mapas de Áreas Silvestres Protegidas y Corredores Biológicos de Costa Rica

#### **4.1.6 *Discusión***

Esta primera sección evidenció la situación actual de Costa Rica con respecto al IPC y cada uno de sus componentes, lo cual permitió identificar los elementos que facilitan y limitan la conectividad entre ASP a nivel cantonal. Para lo anterior se presentan las diferentes coberturas asociadas a los usos del suelo a nivel cantonal teniendo en cuenta la rentabilidad y la fricción que generan.

La construcción del índice pretende un enfoque que refleje, de forma sintética la interacción de variables que hacen énfasis en las capacidades, las libertades y la gestión de los recursos naturales, desde el ejercicio de la administración pública cantonal, proveyendo a la población capacidades, calidad de vida y responsabilidad civil, sin que ello signifique, en modo alguno, que el desarrollo sostenible se agote en las tres dimensiones o variables que integran el IPC, las cuales son: rentabilidad, fricción y superficie.

La importancia de la existencia de conectividad entre ASP a nivel cantonal reside en el hecho de la importancia a nivel ecológico que presenta el país. Es preciso señalar que Mesoamérica resalta en importancia por su gran cantidad de especies endémicas, por el rol que juega como corredor para las especies entre las dos masas continentales Norte y Sur América, y en este contexto Costa Rica es el tercero en tamaño y se encuentra inmersa en la región con una cantidad de especies estimada en 500.000, lo cual alcanza a representar el 5 % de la biodiversidad global (SINAC 2007a).

Actualmente, Costa Rica es el único país de Centro América que registra una tasa positiva en la variación de la superficie forestal para el decenio de 1990, además de un aumento de esta superficie en el periodo 2000-2005 (MINAET y FONAFIFO 2012). Lo cual evidencia el potencial que presenta el país para adaptarse a los cambios o movimientos de especies que se presenten como efectos del cambio climático. Para lo anterior se presentan alternativas en el uso del suelo y/o medidas de adaptación que faciliten la conectividad entre ASP.

Pero se hace igualmente necesario resaltar que esta conectividad también presenta algunos limitantes, en respuesta a la presencia de otras coberturas que tienen altos valores de fricción. Por ejemplo se encuentran los “Pastos” que están presentes en todas las provincias del país. Corfoga afirma que la producción bovina en Costa Rica, al igual que en la mayoría de los países tropicales, está basada en el pastoreo como principal recurso alimentario (CORFOGA 2000).

En respuesta al aumento de la cobertura boscosa, los pastos han sufrido una reducción. En 1988 la extensión forrajera del país abarcaba 2.4 millones de hectáreas (48% del territorio nacional), que representaban tres veces la superficie dedicada a otros cultivos agrícolas. Usando imágenes de satélite se calculó que en 1992 el área en pastos era de 1.65 millones de ha. Los datos obtenidos del Censo del 2000 definen un área de pastos cercana a los 1.35 millones de hectáreas, lo cual confirma un descenso constante en la superficie dedicada a la producción ganadera de Costa Rica (CORFOGA 2000).

La construcción del índice también nos permitió evidenciar cultivos que por sus características de fricción y rentabilidad son los que más limitan la conectividad entre ASP. Dentro de ello se destaca la producción piñera, que al igual que muchos otros monocultivos, entre ellos se incluye el arroz (tercer valor de fricción), está diseñada para mantener estable el sistema económico, imperando condiciones adversas para el mantenimiento de los procesos ecológicos naturales, provocando así un fuerte desbalance en los ecosistemas, que disminuyen la capacidad del ecosistema de autorregularse (Acosta 2008).

Además como lo señala Kellon *et al.* (2011), éste es uno de los sectores de mayor crecimiento en el país, este autor inicia un paso de 3.400 hectáreas en 1986 a unas 45.000 hectáreas en 2010, principalmente en las regiones Huertar Atlántico y Norte, produciéndose una rápida conversión de las tierras de pastoreo y cultivo de alimento, además de las áreas ribereñas, humedales y la cubierta forestal al monocultivo intenso de la piña.

Lo anterior coincide con lo expuesto por Chassot *et al.* (2008) quién menciona que la que la piña es uno de los cultivos que presenta el mayor potencial de mercado internacional y de alta rentabilidad financiera. Sin embargo, las prácticas culturales y sistemas de producción son de alto riesgo para el medio ambiente.

Otro de los cultivos que presenta una relevante importancia es el banano, que ha tenido una gran influencia sobre los aspectos económicos, sociales y culturales de los países donde se cultiva. Ortiz, citado por Herrera (2006) menciona que en Costa Rica, las siembras del cultivo de banano se iniciaron en el año de 1872, en el Valle de Zent, provincia de Limón.

La Corporación Bananera Nacional (CORBANA 2012) menciona que el área sembrada de banano en Costa Rica es de 42.017 hectáreas en el año 2011 y Costa Rica exportó 106 millones de cajas de banano con un peso de 18.14 kilos cada una; es decir, un poco más de 1'900.000 toneladas métricas. Las condiciones climáticas favorables registradas la mayor parte del año, explican el aumento de 5.21% en comparación con el volumen exportado en el 2010.

Otro resultado central es la distribución en la que se encuentran los cantones según los valores del índice. Se evidencia que los cantones tienen un patrón de distribución concéntrico, en el valle central se ubican las categorías “60-79” y “80-100” y el valor va disminuyendo al alejarse de esta zona. Resultado que se asemeja al encontrado por el estudio Gruas II realizado por el SINAC, el cual indica que en los cantones del Área Metropolitana y Valle Central, el modelo de rutas de conectividad estructural generó líneas sobre zonas poco viables y propone seguir los bosques de galerías de los cauces de los sistemas hídricos que son de las pocas áreas que aún conservan vegetación o cobertura natural (SINAC 2007a).

De acuerdo con Gómez y Madrigal (s.f) *“La población de Costa Rica estuvo ubicada inicialmente en la parte Este del Valle Central (Cartago) y luego, en forma más o menos paulatina, se fue moviendo hacia el Noroeste y Oeste del Valle, alcanzó las áreas montañosas que delimitan el Valle y luego se extendió a las zonas costeras y periféricas, a través de un largo proceso migratorio. Más recientemente, se ha dado cierta inversión del proceso y se observan migraciones importantes de las zonas periféricas y costeras hacia el Área Metropolitana y las capitales de provincia del Valle Central”*

Al tener en cuenta el párrafo anterior, se podría indicar que la distribución espacial de la población tiende a coincidir con los resultados del IPC por cantón. En los cantones que presentan un IPC entre “60-79” y “80-100” se alcanza a asentar la mitad de la población del país en una extensión territorial 58.959 ha que corresponde al 1.1% del total de superficie del país, lo que genera que la intensidad en el uso del suelo urbano tenga una relación directa con el valor para IPC para cada uno de los cantones.

Por otra parte, los cantones que tienen un puntaje de IPC que los agrupa en la categoría de “0-19” y “20-39”, presentan una densidad poblacional que alcanza a asentar la mitad de la población, en una extensión territorial de 4.662.444 hectáreas que corresponde al 91,2% de la superficie del país.



Se resalta además la ubicación de las ASP y corredores biológicos en los cantones con valores de IPC entre “0-19” y “20-39”, resaltando nuevamente el potencial del país para la conectividad de estas áreas. En este contexto cabe señalar el papel central de los corredores biológicos en el mantenimiento de la biodiversidad y conectividad de los paisajes, elementos centrales en la conectividad de las ASP.

Un corredor biológico pretende restablecer y mantener la conectividad a través del paisaje, se puede concebir como un enlace de hábitat modificado, en el cual las actividades que se desarrollan están orientadas a favorecer la movilidad de individuos entre los distintos fragmentos de hábitats naturales (Bennett 1998).

A nivel de la región Mesoamericana se ha establecido el Corredor Biológico Mesoamericano (CBM), como una estrategia regional para restablecer y mantener la conectividad entre las áreas protegidas y los hábitat naturales remanentes, desde los cinco estados del sur de México hasta Panamá (Martínez y Lagos 2009). Esto ha hecho que en la región, los corredores biológicos se estén transformando en importantes herramientas de conservación y uso sostenible los recursos naturales.

Estas estrategias nos permiten resaltar que el establecimiento de conectividades integradas por ASP y por propiedades privadas, permiten la sostenibilidad de la biodiversidad existente y procuran propiciar la producción de bienes y servicios amigables con la naturaleza, que mejoran las condiciones socioeconómicas de las poblaciones locales involucradas (SINAC 2008).

En cuanto a las dimensiones que componen el IPC, se tiene una variable económica “rentabilidad” y otra ecológica “fricción”, de las principales actividades productivas según los diferentes usos del suelo.

La primera variable incorpora la dimensión económica. La rentabilidad representa los beneficios económicos de una actividad en relación a los costos y mantenimiento de la actividad. No obstante, para el IPC no se tuvo en cuenta una diferenciación de los valores rentabilidad para cada una de las actividades agropecuarias productivas, es decir, no se tuvo en cuenta la variantes al interior de una misma actividad agropecuaria ni tampoco su variación espacial, esto es, entre cada uno de los cantones.

Éste supuesto que se tomó en cuenta, tiene como implicaciones un valor de rentabilidad igual para cada una de las actividades agropecuarias productivas a lo largo y ancho del país y no permite un análisis más detallado. Asimismo, representa una limitante para conocer diferencias de rentabilidad, a nivel cantonal, entre una misma actividad agropecuaria. Además, de no conocer que factores influyen en la rentabilidad de las diferentes actividades agropecuarias.

Todo lo anterior se justifica, debido, a que una diferenciación o variación de rentabilidad, desde el punto espacial, así como al interior de cada actividad productiva, representa un tema complejo y muy largo para los alcances de esta investigación. Además que no hace parte de los objetivos de la presente investigación.

En cuanto a la rentabilidad, algunos autores como Lyngbaek *et al.* (2001); Streed *et al.* (2006); Kellon *et al.* (2011), presentan valores de costos para actividades agropecuarias como el cultivo de piña, café y plantaciones forestales. Además, de presentar para cada una de las actividades agropecuarias mencionadas anteriormente alternativas en el uso del suelo que potencializan la conectividad.

En cuanto a la variable fricción se realizaron encuestas a expertos en CATIE para conocer valores de fricción para cada una de las coberturas. Sin embargo, sí, se hubiese, realizado encuestas a otros expertos externos a CATIE se habrían obtenido y conocido otros valores que hubiera enriquecido con

visiones distintas los valores de fricción. Éstos, son valores subjetivos ya que son entregados según el criterio de los expertos, lo que los hace que estos valores sean susceptibles a sesgo.

No obstante, el término de fricción es ampliamente difundido, utilizado y aplicado por muchos trabajos de investigación en redes de conectividad como los desarrollados por Ramos y Finegan (2005); Murrieta *et al.* (2007); Sánchez *et al.* (2007); Useche (2007); Céspedes *et al.* (2008), y entre otros. Lo anterior implica que conceptos sencillos pero con robustez pueden ser aplicados en investigaciones científicas.

Algunos de los autores antes mencionados utilizaron una escala lineal para medir la fricción mientras que otros utilizaron una escala logarítmica. La diferencia entre escalas radica en que la primera, representa un esfuerzo similar para un individuo de una especie en particular para cruzar coberturas inmersa en una matriz de paisaje, mientras que la escala logarítmica representa un esfuerzo mayor al cruzar y cambiar de una cobertura a otra.

Para efectos de esta investigación se utilizó una escala lineal, como punto de partida, debido a lo extenso del territorio y a que el objetivo de la investigación no pretende desarrollar redes conectividad. Sólo se utilizó y aplicó este concepto como parte de la dimensión ecológica para esta investigación.

En cuanto al análisis de la combinación de las dimensiones económicas y ecológicas se presentan medidas de adaptación y/o alternativas en el uso del suelo que favorezcan la conectividad entre las diferentes ASP.

En la Figura 12 se observa la relación entre las dimensiones económicas y ecológicas de las diferentes actividades productivas agropecuarias, dividido en cuatro cuadrantes y a partir de éstos se presentarán las medidas de adaptación.

En el cuadrante I se presentan las coberturas que presentan una mayor rentabilidad y fricción, en este caso son los cultivos de piña y banano. Además, son los cultivos que presentan mayor reto para la conservación, debido, a su alta rentabilidad, los productores son reacios a permitir medidas de adaptabilidad que desfavorezcan su rendimiento en producción.

Para estos cultivos se deben implementar medidas que favorezcan la conectividad, o la combinación de varias acciones que favorezca la adopción de las mismas. No obstante los cultivos orgánicos son una alternativa, así como permear mercados que compensen este cambio y ser acompañados de incentivos verdes.

El cuadrante II muestra las coberturas ideales, es decir, el equilibrio entre conservación y producción. En esa dirección es hacia donde se tendría que jalonar las coberturas y es una ventana abierta para explorar medidas o la combinación de varias que permitan acercarse a la combinación de estas dos dimensiones.

El cuadrante III presenta las coberturas más estables, esto es, las que presentan una baja rentabilidad y fricción. En este caso, se deben explorar alternativas que mejoren los ingresos netos de los productores. Con este tipo de acciones las proyecciones de estas actividades tendrían una mejor aceptación. Una de las alternativas serían, para el cultivo del café los SAF y cultivos agroecológicos, mientras que para los bosques, un manejo sostenible.

El cuadrante IV muestra las coberturas más susceptibles a cambios, es decir, la que presentan un mayor potencial para aplicar alternativas de uso del suelo y/o medidas de adaptación que favorezca la conectividad. Entre las medidas más ampliamente difundidas se encuentran los sistemas silvopastoriles, los cultivos agroecológicos, el sistema de riego intensificado (SRI) y REDD entre otros.

Estas alternativas para el uso del suelo y/o medidas de adaptación serán sujetas a discusión en el segundo objetivo dónde se establecen cuatro zonas de análisis en diferentes lugares del país con el fin de plasmar los beneficios que presentan las medidas y su potencial para ser implementadas.

## 4.2 Análisis del potencial de conectividad en cuatro diferentes zonas del país y las diferentes alternativas en el uso del suelo.

En esta pregunta se presentan los resultados y discusión de cada una de las Zonas de Análisis (ZA) teniendo en cuenta el IPC, las actividades agropecuarias productivas y el uso del suelo en los catones donde se circunscribe la ZA. Todo lo anterior para plantear alternativas en el uso del suelo que posibiliten y/o faciliten la conectividad entre las diferentes ASP de Costa Rica.

### 4.2.1 Zona de análisis “Osa”.

Para identificar la primera zona de análisis (ZA) es conveniente observar la Figura 16 que la ubica geográficamente. Está se encuentra delimitada entre la Reserva Biosfera La Amistad y las ASP de Osa (Cuadro7).

Osa se ubica en la provincia de Puntarenas, en la vertiente Pacífica Sur de Costa. El área total es de 4.304.8 km<sup>2</sup>, abarcando el 8.6% de la superficie del territorio nacional y el 36.4% de la superficie de la provincia de Puntarenas. Su jurisdicción comprende tres cantones: Osa, Corredores y Golfito (Sierra *et al.* 2003).

**Cuadro 7. Áreas Silvestres Protegidas presentes en la jurisdicción de Osa.**

ASP	Extensión Terrestre(ha)	Extensión Marina (ha)	Subregión
Parque Nacional Corcovado	42.469	2.400	Peninsular
Parque Nacional Piedras Blancas	14.025	1.200	Coto
Parque Nacional Marino Ballena	116	5.100	Diquis
Reserva Forestal Golfo Dulce	61.702	–	Peninsular
Humedal Térraba-Sierpe	16.000	–	Diquis
Humedal LacustrinoPejeperrito	43	–	Peninsular
Reserva Biológica Isla del Caño	84	2.700	Peninsular
Refugio Nacional de Vida Silvestre Golfito	2.810	–	Coto
<b>Total área (ha)</b>	<b>161.823.</b>	<b>11.400</b>	

La Reserva de la Biosfera La Amistad (RBA), ubicada en la cordillera de Talamanca, Sur de Mesoamérica entre Costa Rica y Panamá, comprende un 11% del territorio continental costarricense y un 8% del panameño (Carbonell y Torrealba 2007).

La zona de análisis está circunscrita en los cantones de Osa, Golfito, Corredores, Buenos Aires y Coto Brus, todos pertenecen a la provincia de Puntarenas (Figura 16).

Los tres primeros cantones se agrupan en la categoría “20-39” del IPC, mientras que los tres últimos se agrupan en la categoría “0-19”.

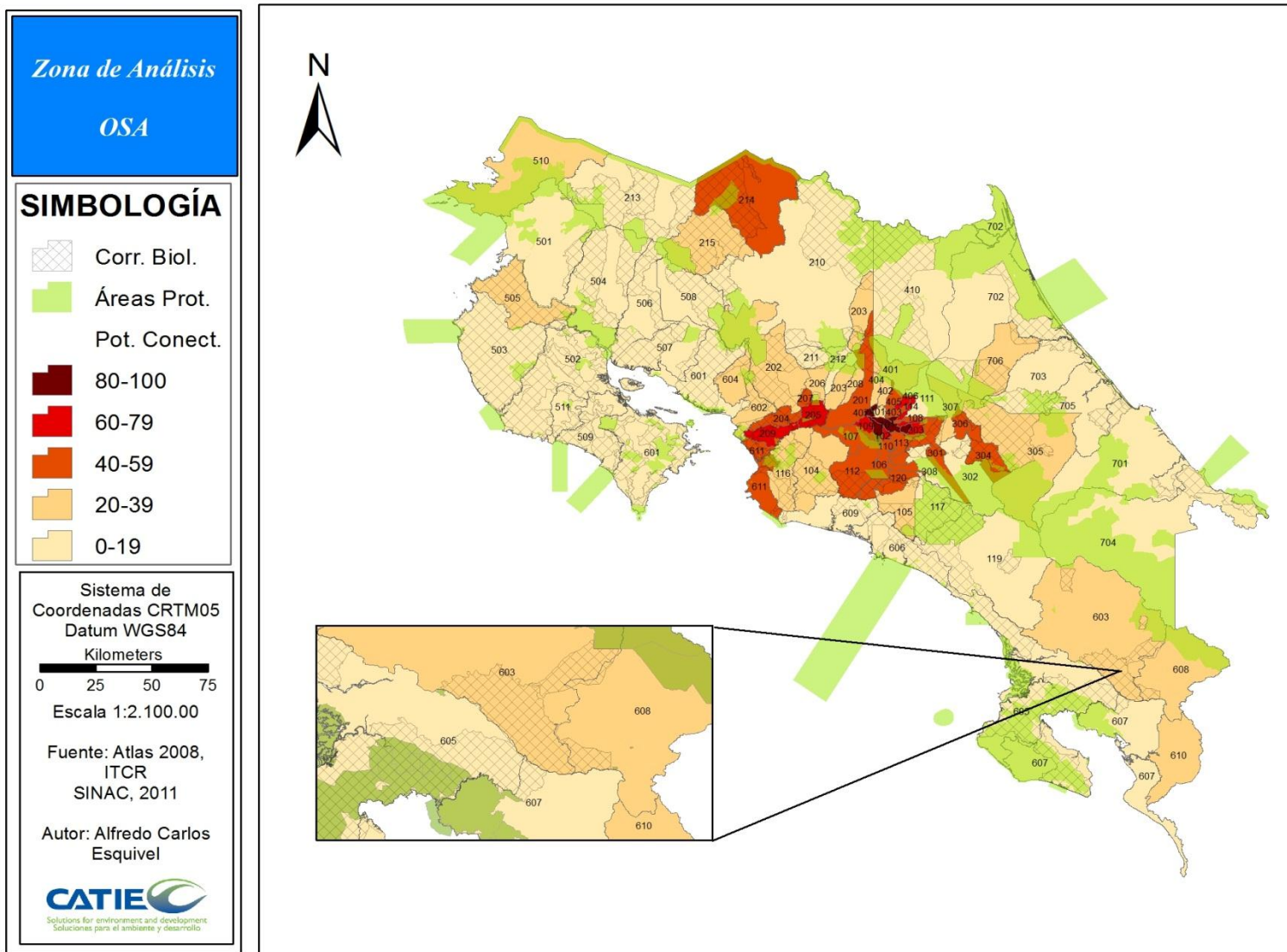
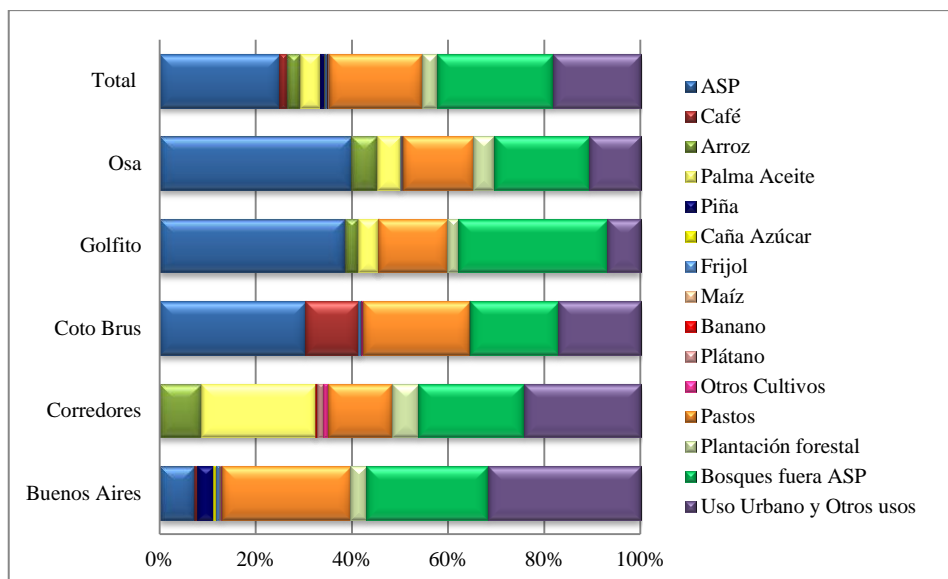


Figura 16. Mapa Zona de Análisis Osa.

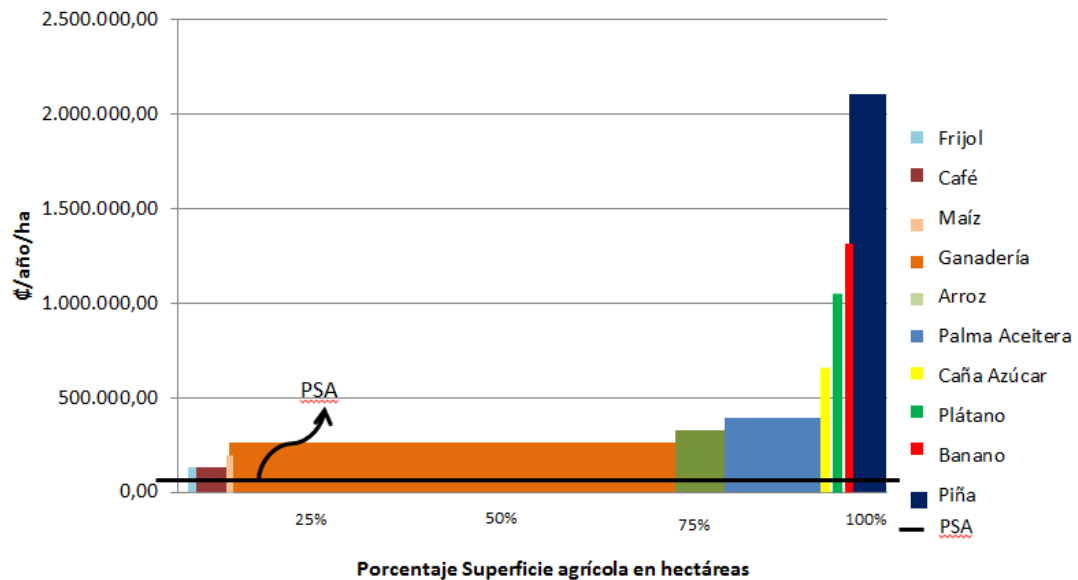
Entre las coberturas de mayor extensión de los cantones antes mencionados se encuentran las “ASP” (Figura 17) que son superficies o áreas que protegen ecosistemas claves y que éstas se encuentran bajo protección estatal. Otra cobertura que se encuentra entre las de mayor extensión (Figura 17) es “Bosque fuera ASP” la cual alcanza un 24% superficie con relación a la superficie total de la zona de análisis.



**Figura 17. Superficie de las coberturas presentes en los cantones de la zona de análisis Osa.**

Al analizar las coberturas del IPC para esta zona, se puede identificar que en terminos de uso del suelo, en general, la superficie cubierta por los Cultivos principales y Otros cultivos alcanza 79.800 ha. Los cultivos con mayor dominancia en superficie en orden descendente son Palma aceitera, Arroz, Café y Piña que representan el 9,3% del total de superficie de los cinco cantones (Figura 17).

En la Figura 18 se observa la rentabilidad de las actividades productivas de la ZA comparadas con el valor de PSA. El eje vertical representa la rentabilidad (C/año/ha) de las actividades agropecuarias productivas asociadas a las diferentes coberturas y en el eje horizontal las hectáreas de cada cobertura según los diferentes usos del suelo de la sumatoria de los cinco cantones donde está circunscrita la ZA.



**Figura 18. Comparación de rentabilidad de actividades agropecuarias con PSA. ZA Osa.**

También se observa que la actividad agropecuaria productiva que mayor superficie presenta es la ganadería, seguida del cultivo de palma aceitera y luego el cultivo de arroz y en una menor extensión el cultivo de café. En cuanto a la rentabilidad de las cuatro coberturas antes mencionadas el cultivo de palma aceitera es la de mayor rentabilidad, seguida del cultivo arroz, luego la ganadería y en menor medida el cultivo de café.

Basados en la dominancia de las coberturas antes mencionadas para esta ZA, se proponen alternativas sostenibles en el uso del suelo que favorezcan la conectividad entre las ASP antes mencionadas que delimitan la ZA. Para esta ZA, una de las coberturas con mayor extensión son los pastos. La actividad productiva asociada a los pastos es la ganadería cuya rentabilidad ocupa el puesto quinto en orden ascendente (Figura 9). Entre las posibles alternativas son los sistemas silvopastoriles que entregan beneficios económicos, sociales y ecológicos.

La segunda cobertura en mayor extensión en la ZA es la palma aceitera y una de las alternativas en el uso del suelo que favorecería la conectividad es la implementación del mecanismo REDD.

#### **4.2.2 Zona de análisis “San Juan La Selva”.**

La segunda zona de análisis se encuentra enmarcada en el área de Conservación Cordillera Volcánica Central, más específicamente el área comprendida entre el Parque Nacional Braulio Carrillo, Refugio Nacional de Vida Silvestre Mixto Maquenque (RNVSM). Esta ZA se encuentra en la jurisdicción territorial de los cantones de Sarapiquí y Grecia (Figura 19).

El primer delimitante es la RNVSM se encuentra localizada en los cantones de San Carlos y Sarapiquí, al Norte de las provincias de Alajuela y Heredia, respectivamente. El RNVSM ubicado en la zona norte del país, es de trascendental importancia como núcleo del Corredor Biológico San Juan-La Selva, el cual permite la conectividad de los ecosistemas de Costa Rica y Nicaragua y es parte importante del Corredor Biológico Mesoamericano (Chassot y Monge 2006).

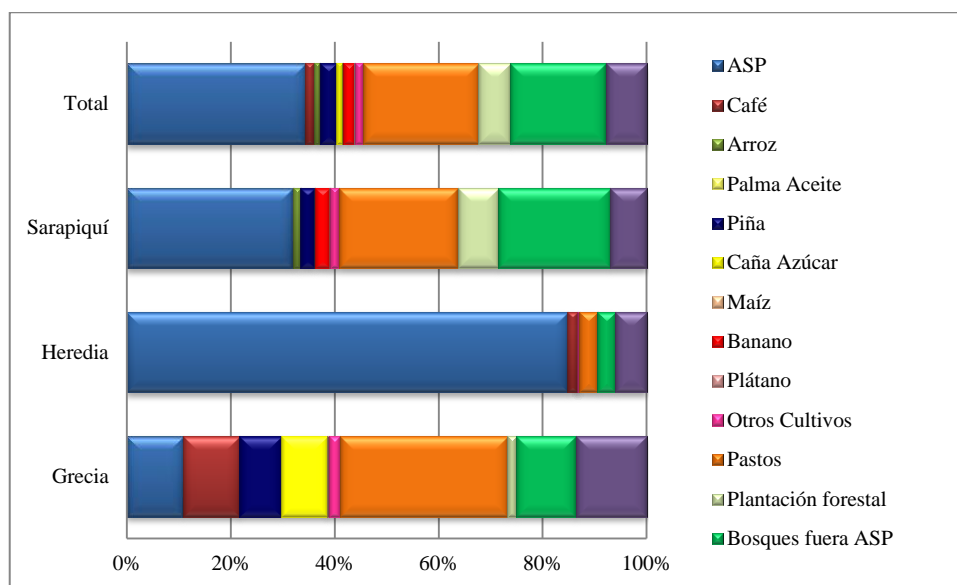




El segundo delimitante de la ZA es el Parque Nacional Braulio Carrillo (PNBC), que de acuerdo con su Plan Manejo (SINAC 2005) es una de las áreas protegidas del país de mayor importancia, por ser una de las más grandes de Costa Rica con 47.689 ha y por estar ubicado en una de las zonas con la topografía más abrupta del país. El paisaje está constituido por montañas altas densamente cubiertas de bosques y gran cantidad de ríos y quebradas.

La jurisdicción territorial y político-administrativa donde se encuentra circunscrita relativamente la ZA son los cantones de Grecia, Heredia y Sarapiquí. El valor del IPC se observa el Cuadro 5. Para los dos primeros cantones se encuentra agrupados en la categoría de “20-39” y el último en la categoría “0-19”.

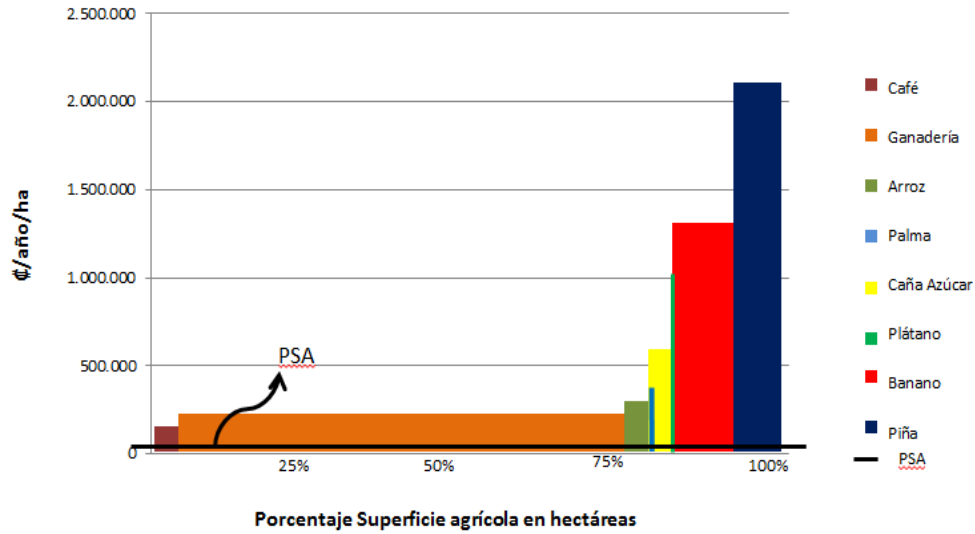
Al analizar cada uno de las variables que componen el IPC, en especial la variable superficie (Figura 20), de los cantones dónde está circunscrita la ZA; se tiene que la mayor cobertura es “ASP” alcanzado un 34%, seguida de la cobertura “Bosques fuera de ASP” con un 18%, al sumar ambas coberturas corresponde a un 52% del total de la superficie de los tres cantones, lo cual explica en gran medida las categorías del índice en las que se encuentran dichos cantones.



**Figura 20. Superficie de coberturas presentes de los cantones de la zona de análisis San Juan La Selva.**

Teniendo en cuenta la Figura 21, el eje horizontal muestra la superficie (ha) ocupada por cada cobertura mostrando que la cobertura con mayor extensión es la ganadería. En cuanto a las coberturas de los cultivos, los que presentan mayor extensión en esta ZA, en orden descendente son piña con 8.942 ha, seguido de banano con 6.038 ha y por último el café con 4.815 ha.

En el eje vertical se encuentra las rentabilidades (€/año/ha) de las diferentes actividades agropecuarias asociadas a las coberturas, donde los mayores valores los presenta el cultivo de piña seguido del banano.



**Figura 21. Comparación de rentabilidad de actividades agropecuarias con PSA. ZA San Juan La Selva.**

Para esta ZA se tiene que las coberturas con mayor extensión son los cultivos de piña y banano lo cuales son los dos de mayor rentabilidad entre todas las actividades agropecuarias productivas. También se pretende presentar alternativas sostenibles para estos dos usos del suelo de mayor extensión que permitan facilitar y/o aumentar la conectividad entre las dos ASP que delimitan la ZA, como son los cultivos orgánicos que reducen los impactos ambientales generados por estas prácticas agrícolas.

#### **4.2.3 Zona de análisis “Cordillera Talamanca”.**

La tercera zona de análisis (ZA), se delimita por los Parques Nacionales Volcán Irazú, Volcán Turrialba, Tapantí – Macizo de la Muerte y Barbilla. En la Figura 20 se ubica geográficamente la ZA antes mencionada.

El Parque Nacional Volcán Turrialba (PNVT) se localiza en el cantón de Turrialba de la provincia de Cartago, en la parte más oriental de la Cordillera Volcánica Central, a 24 kilómetros al noroeste de la ciudad de Turrialba; El PNVT comprende aproximadamente 1.256,57 hectáreas, en un círculo cuyo radio es de dos (2) kilómetros desde el centro del cráter principal (SINAC y ACCVC 2008b).

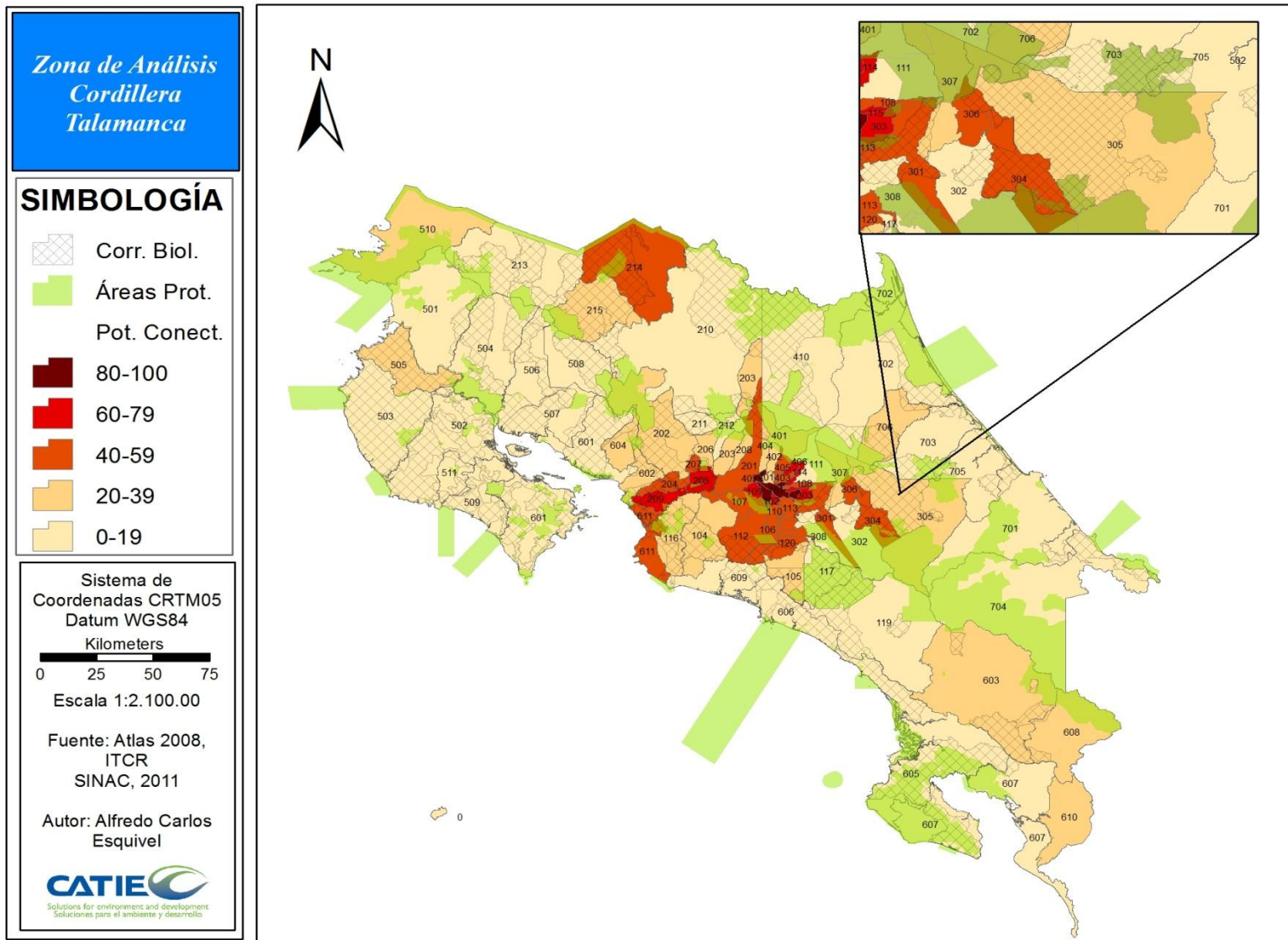


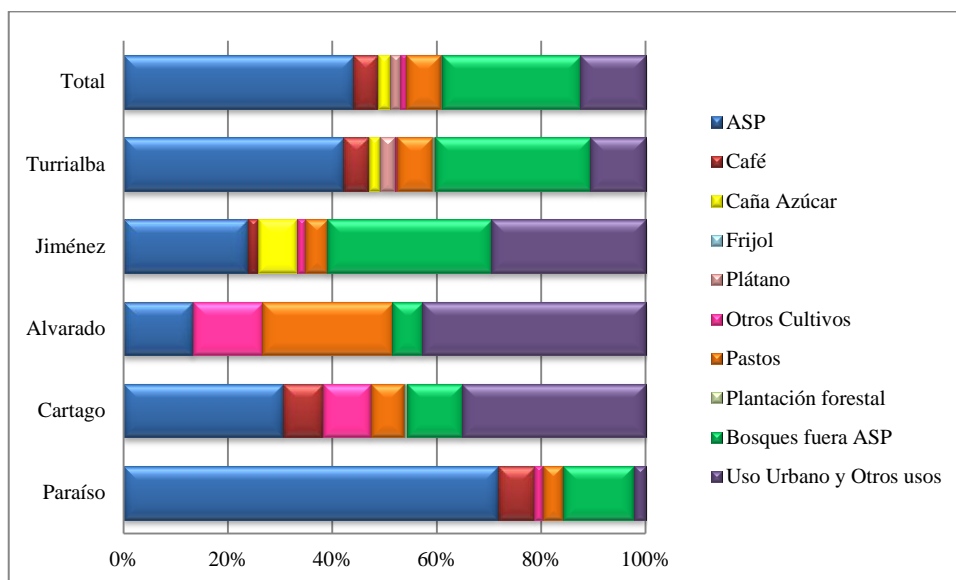
Figura 22. .Mapa Zona de Análisis Cordillera Talamanca.

El Parque Nacional Volcán Irazú (PNVI) se sitúa en la parte más alta de la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica a 10,3 kilómetros en línea directa al noreste de la Ciudad de Cartago, y comprende una extensión aproximada de 2.000 hectáreas (SINAC y ACCVC 2008a).

El Parque Nacional Tapantí Macizo de la Muerte (PNTMM), se encuentra ubicado en la Cordillera de Talamanca, provincia de Cartago, en los cantones de Paraíso, Jiménez y El Guarco; cuenta con una extensión de 58.495 ha (Arana et al. 2007). Presenta una diversidad alta de ecosistemas en respuesta a su variada altitud que va de 700 msnm (en el sector El Humo, Pejivalle) a 3491 msnm (Cerro de la Muerte), con temperaturas promedio de 7.5°C en el cerro y 20°C en las zonas más cálidas (Rodríguez 2002).

Desde el punto de vista político-administrativo la ZA se encuentra ubicada en los cantones de Jiménez, Alvarado, Turrialba y Paraíso. Todos pertenecientes a la provincia de Cartago. En relación con el IPC los dos primeros cantones se agrupan en la categoría de “59-40”; el tercero en la categoría “39-20” y el último en la categoría “19-0” (Cuadro 5).

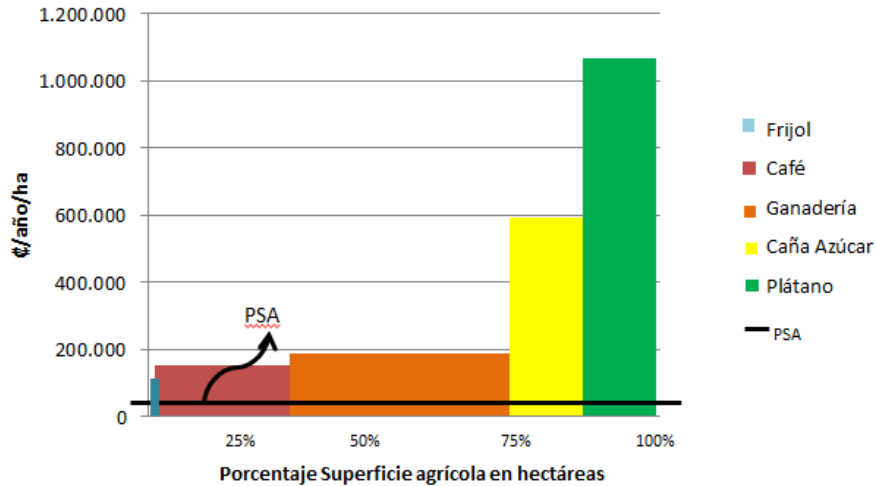
Al analizar la Figura 23, dónde se tiene las principales cobertura que componen el IPC y donde se circunscribe la ZA, se observa que 44% del total de extensión político-administrativa se encuentra en la cobertura de “ASP” siendo esta la mayor, seguida de la cobertura “Bosques fuera de ASP” con un 26,4% y en tercer lugar la cobertura “Pastos”. La suma de las dos primeras coberturas alcanza una extensión del 70%.



**Figura 23. Superficie de las coberturas presentes en los cantones de la zona de análisis Cordillera Talamanca.**

Al observar la Figura 24, se tiene que el eje vertical representa la rentabilidad en (€/año/ha) y el eje horizontal la superficie en hectáreas que ocupan las principales actividades agropecuarias productivas en los cantones donde se encuentra circunscrita la ZA.

Otras coberturas que componen el IPC son los cultivos, y, al observar la Figura 24, se tiene que los de mayor extensión son el café y la caña de azúcar con 11.418 y 5.617 hectáreas respectivamente. La cobertura de pastos tiene una extensión de 16.032 hectáreas.



**Figura 24. Comparación de rentabilidad de actividades agropecuarias con PSA. ZA Cordillera Talamanca.**

#### **4.2.4 Zona de análisis “Los Chiles”.**

La cuarta zona de análisis se denomina “Los Chiles” (Figura 25), está enmarcada bajo el Área de Conservación Arenal-Huertar Norte, enmarcada entre el Refugio Nacional de Vida Silvestre Caño Negro, el Parque Nacional Volcán Tenorio. Éstos pertenecen a la provincia de Alajuela y la Región Huertar Norte.

El Refugio Nacional de Vida Silvestre Caño Negro (RNVSCN) se localiza en los distritos de Caño Negro y El Amparo del Cantón de Los Chiles y el distrito Buena Vista del cantón de Guatuso, en la provincia de Alajuela. De la superficie total del refugio, se estima que 3.500 ha son humedal y alrededor de un 10% del total del área están cubiertas por una laguna de aproximadamente 800 ha (Coloma *et al.* 2009).

El Parque Nacional Volcán Tenorio (PNVT), de reciente creación (1995), es una de las ASP del Área de Conservación Arenal; en su mayoría cuenta con bosques primarios muy bien conservados; posee una alta diversidad de mamíferos. En su rica flora se destaca el árbol Jícara Danto (*Parmentiera valerii*), especie endémica de la Cordillera de Guanacaste (SINAC 2012).

Desde el punto de vista político-administrativo la ZA se encuentra circunscrita en los cantones de Los Chiles y Guatuso pertenecientes a la provincia de Alajuela y la Región Huertar Norte (Alvarado regiones CR). En relación con el IPC (Cuadro 5) el primer cantón se agrupa en la categoría “59-40” mientras el segundo cantón se agrupa en la categoría “39-20”.

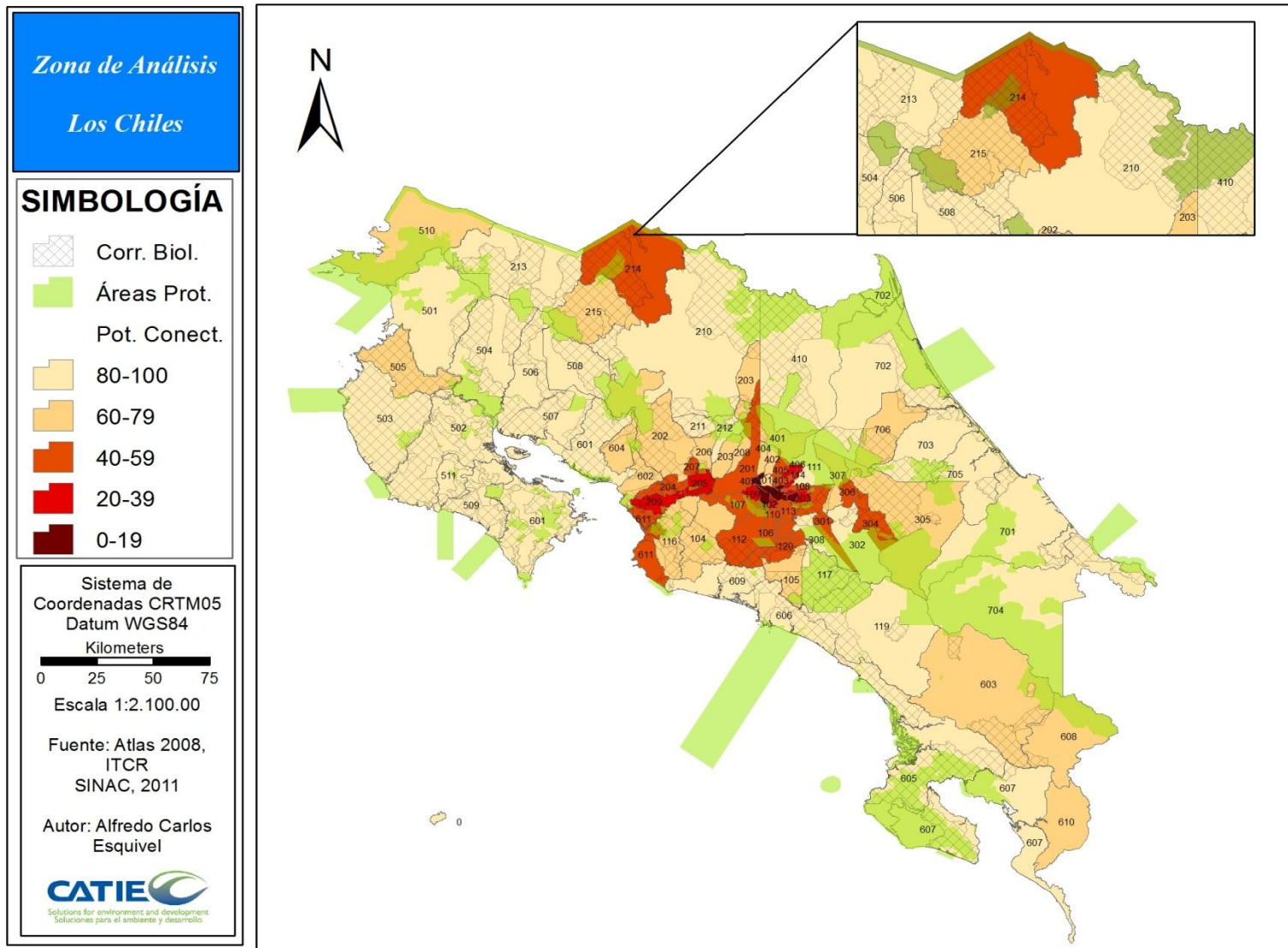


Figura 25. Mapa Zona de Análisis Los Chiles.



Teniendo en cuenta la Figura 26 donde se presentan las coberturas que conforman el IPC y donde se encuentra circunscrita la ZA; se observa que la cobertura con mayor extensión es la de “pastos” con un 38%; seguida de la cobertura de “ASP” con un 15,8%, por otro lado la cobertura de “Bosques fuera de ASP” alcanza solo un 4%.

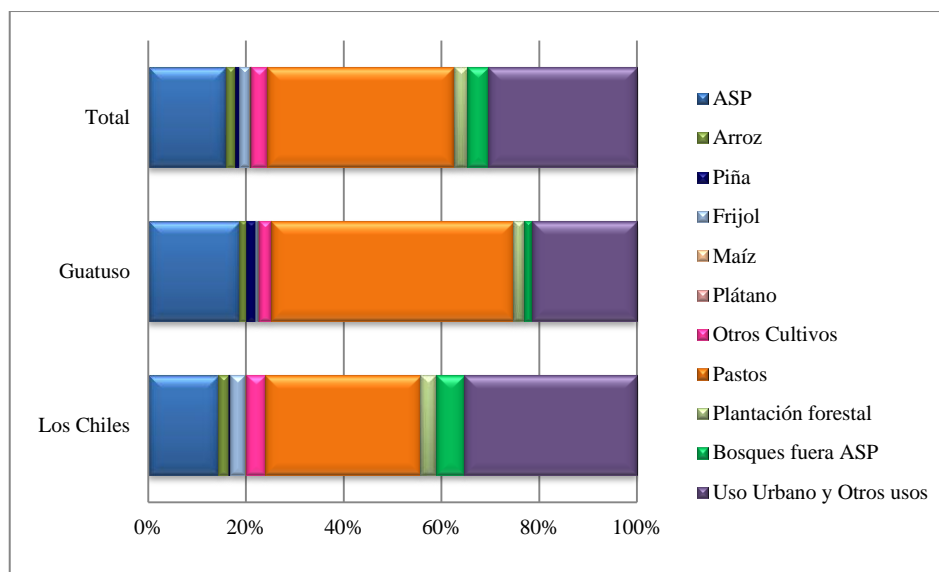


Figura 26. Superficie de coberturas presentes en los cantones de la zona de análisis Los Chiles.

La Figura 27 presenta la rentabilidad y la superficie ocupada por las actividades agropecuarias productivas donde se encuentra circunscrita la ZA. El eje vertical representa la rentabilidad  $\text{C}/\text{año}/\text{ha}$  y el eje horizontal la superficie en hectáreas ocupada por cada una de las actividades agropecuarias productivas.

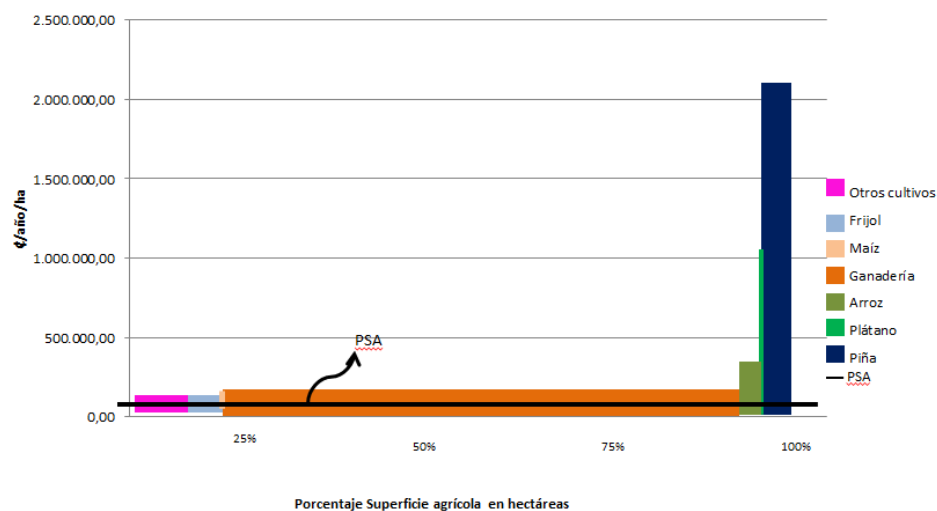


Figura 27. Comparación de rentabilidad de actividades agropecuarias con PSA. ZA Los Chiles.

Las coberturas de mayor extensión en los cantones donde se circunscribe la presente ZA, se encuentra el cultivo del arroz que alcanza una extensión de 4.055 hectáreas, mientras que la cobertura “Otros cultivos” que reúne hortalizas, frutales, cítricos, raíces y tubérculos alcanza una extensión 7.057 hectáreas, en donde el cultivo principal es la naranja (Figura 27).

Teniendo en cuenta lo anterior para esta ZA se presentan dos actividades agropecuarias productivas de gran importancia y extensión como son el cultivo de arroz y naranja. Para ambos usos del suelo se pretende presentar alternativas sostenibles que faciliten la conectividad entre las ASP antes mencionadas como lo son las prácticas orgánicas y SAF (para el caso de la naranja).

#### **4.2.5 Discusión**

En este acápite se presentan alternativas sostenibles, medidas de adaptación o cualquier otra acción a implementar que favorezca la conectividad entre ASP, teniendo como punto de partida el uso del suelo y las diferentes actividades agropecuarias productivas presentes en los cantones donde se circunscriben las diferentes ZA. Estas medidas surgen de la comparación de las dimensiones económicas y ecológicas, en este caso, rentabilidad y fricción de cada una de las actividades productivas agropecuaria según su ubicación en cada cuadrante. Lo anterior fue discutido en el objetivo 1.

Es preciso resaltar que las coberturas según los diferentes usos del suelo varían de acuerdo a las cuatro regiones seleccionadas para el análisis, ya que, cada ZA presentan condiciones particulares en sus características agroclimáticas que hacen que las actividades agropecuarias productivas varíen.

Por lo anterior, se exponen alternativas sostenibles y medidas de adaptación frente al cambio climático dando prioridad a las actividades agropecuarias productivas de mayor extensión en cada una de las ZA, aunque éstas se repitan en las diferentes ZA.

La zona de análisis denominada “Osa” presenta un alto porcentaje de cobertura boscosa bajo protección estatal y como se mostró en los resultados. Hacen parte la Reserva Biosfera La Amistad y las ASP del Área de Conservación Osa.

La importancia de conservar la reserva de la Biósfera, se debe, a que es un componente importante en la planificación de la conservación en Mesoamérica. Es una de las áreas forestales intactas más grandes en la región, y contiene partes de dos de los biomas más ricos en Mesoamérica, el Bosque Atlántico y las montañas de Talamanca (Forrestel y Peay 2006).

En el caso de las ASP de Acosa, presentan características complejas y de aislamiento con respecto a otras áreas con bosques, estos ecosistemas tienen alta fragilidad de conservación y su flora y fauna constituyen una reserva de importancia mundial y nacional debido a que las especies registradas representan entre el 50% y el 30% de todas las conocidas en el país (Rosero-Bixby *et al.* 2002).

Entre las coberturas de mayor extensión, se observó que se encuentran los “Bosque fuera de ASP” que es la cobertura que presenta una menor fricción y rentabilidad. Ésta cobertura con el valor de fricción más bajo es la ideal para favorecer el potencial de conectividad de los cantones.

No obstante, la cobertura de bosque natural del Áreas de Conservación Osa alcanzó una deforestación del 16% entre los años 1980 y 1995 Rosero-Bixby *et al.* (2002). En años posteriores a las décadas arriba mencionados comienza un proceso de recuperación de la cobertura forestal, la tendencia en



aumento y estabilidad de la cobertura forestal hasta finales del año 2003 se debió a una tendencia decreciente de la cobertura de “pastos” (Rosero-Bixby *et al.* 2002; Céspedes 2006).

En los resultado se mostró que las otras coberturas de mayor extensión en orden descendente son los pastos, al igula que los cultivos de palma aceitera, arroz, café y piña. Asimismo, Céspedes (2006) menciona que los “pastos” empezaron a ceder su dominacia hacia otras coberturas como los bosques y cultivos intensivos, donde, el cultivo de Piña y Palma acetiera han sido los más estables y muestran una tendencia a incrementarse.

En la Figura 18, se realiza una comparación del monto de PSA que se paga dentro del programa establecido por el Estado, con la rentabilidad de las principales actividades agropecuarias productivas presentes en esta ZA, se evidencia que el valor del PSA es menor al compararlo con las actividades agropecuarias como el cultivo de frijol, maíz, café y ganadería. Al contrastarlo con las otras actividades agropecuarias como el cultivo de piña, banano, plátano, caña de azúcar, palma aceitera y arroz es muy bajo debido a que la rentabilidad de estas actividades es mucho mayor al monto pagado por el PSA.

La Figura 18, muestra que las dos coberturas con mayor extensión en superficie son los pastos asociados a la actividad ganadera y el cultivo de palma aceitera. En el caso de la actividad ganadera, una medida de adaptación frente al cambio climático para aumentar la conectividad de la zona es el establecimiento de sistemas silvopastoriles, para esta actividad existen modalidades de PSA que tienen un monto de US\$ 1.3 por árbol establecido (Anexo 1).

Esto responde a los beneficios que representa insertar el componente arbóreo dentro de las pasturas, ya que bajo las condiciones climáticas tropicales, en donde la lluvia suele ser de alta intensidad, reduce la erosión pluvial como por escorrentía, la pérdida de estratos fértiles suelo, y la compactación del mismo entre otros (Sauceda 2010).

Desde el punto de vista de la conservación, existen evidencias de que sistemas ganaderos ricos en especies, densos y estructuralmente diversos tienen un mayor potencial de aportar a la conservación de la biodiversidad que los sistemas mono específicos únicamente con gramíneas y con baja densidad arbórea, al igual, sí éstos sistemas ganaderos llegaran a un nivel más técnico, bien diseñados y manejados como los sistemas silvopastoriles ofrecen muchos más beneficios tanto sociales, económicos y ecológicos (Sauceda 2010; Villanueva *et al.* 2010).

En el caso del cultivo de Palma aceitera, al presentar un alto valor de rentabilidad, no existe un monto bajo las diferentes modalidades de PSA que se compare con la rentabilidad del cultivo.

La palma de aceite (*Elaeis guineenses*) es uno de los cultivos que se han expandido más rápidamente en el mundo, especialmente en Malasia e Indonesia, plantaciones de palma de aceite también están aumentando rápidamente en todas las regiones tropicales como Nueva Guinea, Guinea Ecuatorial África, América Central y la Amazonía (Fitzherbert *et al.* 2008).

Una alternativa para este cultivo, que puede competir con la rentabilidad de los cultivos de la palma de aceite y contribuir con la conservación de los bosque en las regiones tropicales, son los Mecanismos financieros para reducir las emisiones de carbono deforestación y la degradación forestal (REDD), según Myers (2007); Miles y Kapos (2008) se han propuesto para compensar a los propietarios de tierras, organizaciones, o países por el valor del carbono almacenado en los bosques que de otra forma serían liberados a la atmósfera por la deforestación.

Una opción viable es dar a los créditos REDD igualdad de precios con los créditos de carbono y por consiguiente aumentaría el valor pagado oscilando entre US\$ \$ 1.571 - \$ 6.605 por hectárea y posiblemente ascienda a \$ 11.784 por hectárea, si los créditos se asignan y se venden durante los primeros 8 años cuando la deforestación se produce en realidad.

Las políticas climáticas globales deben legitimar el comercio de créditos de carbono provenientes de la deforestación evitada, sino, REDD no será capaz de competir con el cultivo de palma de aceite, ni con actividades humanas igualmente rentables u otra opción de uso del suelo económicamente atractiva, en cuyo caso, REDD no cumplirá su función principal de evitar la deforestación (Butler *et al.* 2009).

Otra opción que se presenta en respuesta a limitaciones en conectividad en la ZA y que favorece a ésta es la red ecológica de conservación. De acuerdo con Céspedes *et al.* (2008) la red se diseña y se presenta como un aporte para la conservación a nivel regional, enmarcado en los criterios del manejo adaptativo y de costo-efectividad.

La red de conectividad estructural diseñada constituye un eje que podría enlazar y complementar las iniciativas locales de corredores biológicos en las áreas identificadas como prioritarias. Asimismo, la creación de un corredor biológico entre la cordillera de Talamanca y la Península de Osa, es fundamental para de evitar el aislamiento de los ecosistemas presentes en ambos sitios de valor reconocido para la conservación (Calderon *et al.* 2004).

La segunda ZA se denomina San Juan- La Selva, presenta un alto porcentaje de cobertura “ASP” como se presentó en los resultados. Ésta cobertura es una de las de mayor extensión y se encuentra bajo protección estatal. Se hace referencia al Refugio Nacional de Vida Silvestre Maquenque (RNVSM) y al Parque Nacional Braulio Carrillo (PNBC).

La importancia del primero radica en que conserva el área más grande de bosques de tierras bajas en la vertiente caribeña de Costa Rica (Chassot y Monge 2006); mientras que la segunda protege diversidad de ecosistemas en una gradiente altitudinal que va desde los 50 msnm en el límite norte con la Zona Protectora La Selva en Sarapiquí, hasta los 2.906 msnm en el volcán Barva; además, es un área que tiene un valor significativo por la alta riqueza y protección del recurso hídrico que favorece a miles de personas de los principales centros urbanos del país, (SINAC 2005).

La segunda cobertura de mayor extensión son los “Bosques fuera de ASP” y ésta cobertura presenta el menor valor de fricción. Además, al presentar un gran número de ecosistemas bajo diferentes categorías de “ASP” y fuera de “ASP”, y al tener un alto porcentaje de cobertura forestal ayuda a conservar la biodiversidad, el flujo genético y las metapoblaciones entre otros beneficios (Lindenmayer *et al.* 2006). Además, permite que los cantones presenten una alta resiliencia a los impactos del cambio climático global así como un efecto positivo de adaptabilidad al mismo cómo respuesta positiva a la provisión de los servicios ecosistémicos (Stucki y Smith 2011).

La Figura 21, muestra que las dos coberturas de cultivos que presenta mayor extensión son la piña y el banano. Al comparar el PSA que ofrece el Estado con la rentabilidad de la actividad piñera y bananera éstas dos última lo superan ampliamente. Adicionalmente, se podrían plantear alternativas dónde el PSA tenga un aporte para incentivar prácticas agrícolas que permitan la sostenibilidad y aporten a la conservación y la biodiversidad.

Al observar la Figura 21, se observa que el cultivo de piña es la cobertura que mayor extensión presenta y su rentabilidad es la más alta entre todos los cultivos. Esta situación actual tiene sus raíces a mediados del Siglo XX, el proceso de desarrollo se propició a partir de las políticas del Estado que fomentaban la colonización de la zona norte por medio de un cambio en el uso del suelo.

Asimismo, la tendencia obedece al historial productivo y político de la región como una zona de desarrollo social y productivo, en donde la actividad ganadera, forestal, cañera y en años recientes la actividad piñera, han sido las protagonistas (Chassot *et al.* 2008).

La Zona Norte del país, ha experimentado un desarrollo piñero explosivo en los últimos años. El monocultivo de piña, como cualquier otro monocultivo que se realice de forma extensiva e intensiva, presenta una serie de problemas relacionados con la salud humana y la degradación del medio ambiente, a pesar del discurso prevaleciente de las empresas piñeras de que ésta se puede producir bajo condiciones moderadamente amigables con el ambiente (Chassot *et al.* 2008).

Una alternativa para mejorar la conservación en la ZA donde la piña presenta conflictos por el uso del suelo es mencionada por Kellon *et al.* (2011), donde se puede adoptar un programa único e integrado de incentivos, a nivel de paisaje, pero adaptado a las necesidades prioritarias de cada explotación, lo cual es necesario para promover la producción de piña ambiental y socialmente responsable en Costa Rica.

Muy ligado con lo anterior, un programa podría proporcionar apoyo a las prácticas de producción en las explotaciones agro-ecológicas o sostenibles para reducir los costos de producción y las externalidades ambientales. Asimismo, podría proporcionar apoyo para la prestación de servicios de los ecosistemas, tales como la cobertura forestal, reciclaje de nutrientes, fijación de carbono y hábitat de la biodiversidad, cooperando entre productores de piña a nivel de paisaje (Kellon *et al.* 2011).

La prioridad de prácticas agroecológicas en las explotaciones y servicios de los ecosistemas a nivel de paisaje, puede ser guiada y facilitada por múltiples partes interesadas en un proceso de planificación del paisaje, en cada región donde se cultiva piña. El programa podría apuntar a productores en pequeña y mediana escala (Kellon *et al.* 2011).

Otra alternativa para aumentar y mejorar la conservación dentro de la ZA son las buenas prácticas agrícolas con el cultivo del banano, ya que, la producción bananera, al igual que muchos monocultivos, están creados para mantener un sistema económico, debido a que se originan condiciones que van detrimento de procesos ecológicos naturales, lo anterior provoca un desbalance en los ecosistemas (Acosta 2008).

En la producción monocultivista del cultivo de banano, los suelos reciben un uso intensivo al permitir el establecimiento de una única especie en dimensiones espaciales y de tiempo muy altas. Además se afecta la biodiversidad y las interacciones biológicas en el suelo, ocasionando que los macro y micro organismos del suelo pierdan la capacidad de degradar la materia orgánica y ésta sea remplazada por agroquímicos contaminantes (Pitacuar 2010).

Una posible opción es un modelo alternativo de producción sostenible del cultivo, que produce efectos positivos para el ambiente y la posibilidad de generar ingresos económicos adicionales.

Se ha utilizado el cultivo de leguminosas fijadoras de nitrógeno como el poró, la flemingia y la cratylia, estas sirven como fuente de nitrógeno a partir de la biomasa que se obtiene de las podas que

se practican periódicamente. Además, junto con los bananos, se han sembrado cacao, árboles frutales cítricos, rambután y madera, para lograr un balance entre el medio ambiente y los requerimientos comerciales (Universidad Earth. 2012).

Según Universidad Earth. (2012) de esta forma se promueve el reciclaje de nutrientes desde estratos más profundos del suelo, al ser revertidos por la materia orgánica que se descompone provenientes de las hojas. También existen ventajas económicas, puesto que estos cultivos ofrecen al productor otras fuentes de ingresos, diferentes al banano, ya que permite el asocio con otras especies. Adicionalmente, se logra un equilibrio entre fincas productoras y su entorno, ya que, la producción de banano orgánico ha logrado implementarse en medio del ecosistema natural del bosque húmedo tropical.

La tercera zona de análisis se denomina “Cordillera Talamanca”. La cobertura de “ASP” es la de mayor extensión como se mostró en los resultados. Hace referencia a los Parques Nacionales Volcán Irazú y Turrialba, además de los parques Tapantí – Macizo de la muerte y Barbilla.

La importancia de conservar los dos primeros, se debe, a la *“declaratoria por parte del Estado Costarricense para establecer un espacio territorial dedicado a la protección de la población civil, para así no permitir las construcciones y otro tipo de infraestructura con fines de prevención y resguardo a la sociedad de posibles erupciones de los volcanes, en este caso del Volcán Irazú y Volcán Turrialba”* (SINAC y ACCVC 2008b; SINAC y ACCVC 2008a)

La importancia del PNTMM radica en que se convierte en una de las principales fuentes de producción de agua para el consumo y la generación de energía hidroeléctrica en el país (Rodríguez 2002). Además de ser parte de uno de los parche de bosque más grande del país, lo cual hace que la zona se caracterice por la alta conectividad para las distintas especies silvestres, garantizando la viabilidad de las poblaciones protegidas (Arana *et al.* 2007).

La cobertura “Bosques fuera de ASP” es la segunda de mayor extensión como se mostró en los resultados y es de gran relevancia el valor de IPC de los cantones donde se circunscribe la ZA, además de presentar el valor de fricción más bajo favoreciendo la conectividad.

Otro aspecto que es importante destacar en la ZA en cuanto a la cobertura de “Bosques fuera de ASP”, lo presenta Murrieta (2006) quién señala, que se diferencian cinco tipos de bosque y se distribuyen en relación con tipos de suelo, pendiente y rangos de elevación. La variable altitud es la que mejor explica la diferenciación de los cinco tipos de bosque.

El primero de los cinco tipos bosque diferenciado es el *“Clarisia biflora, Ocotea nicaraguensis y Rollinia pittieri”* con un rango altitudinal entre 415 a 753 msnm; el segundo bosque de *“Vismia macrophylla, Vochysia allenii y Miconia punctata”* con un rango altitudinal entre 753 a 1012 msnm; el tercero bosque de *“Hampea appendiculata, Cecropia obtusifolia y Conostegia rufescens”* con un rango altitudinal entre 1012 a 1187 msnm; el penúltimo bosque de *“Croton draco, Citharexylum caudatum y Cecropia peltata”* con un rango altitudinal entre 1275 a 1739 msnm y el último bosque de *“Croton schiedeanus, Alfaroa costaricensis, y Abarema idiopoda”* con un rango altitudinal entre 1187 a 1275 msnm (Murrieta 2006).

En los resultados se mostró que otras coberturas de mayor extensión en orden descendente son los cultivos de café, caña de azúcar, otros cultivos (Figura 23). Asimismo Murrieta *et al.* (2007) señala

que los usos del suelo como café, caña de azúcar y pastos son predominantes y que éstos colindan con ASP de diversas categorías.

Al tener en cuenta la Figura 24 cultivo se observa que la rentabilidad del cultivo de café al ser comparada con el valor de PSA bajo la modalidad de “Protección recurso hídrico”, esta es superada.

Para el cultivo de café existen prácticas agrícolas alternativas que contribuyen a mejorar la conectividad a escala del paisaje y la producción, entre otros beneficios. Los SAF cafetaleros tienen el potencial de albergar alta riqueza de especies, facilitan la conectividad y el movimiento de especies en el paisaje, constituyen una herramienta valiosa que podría emplearse para complementar los esfuerzos de conservación (Somarriba et al. 2004).

Estos sistemas en Costa Rica, alcanzan cerca del 75 % del área cafetalera que se maneja bajo sombra, con intensidades que van desde muy sombra hasta sombra excesiva (Dzib 2003). En estas condiciones, los PSA pueden traer beneficios adicionales a los productores que establecen árboles dentro de sus cafetales. Para esta actividad de SAF existen modalidades de PSA que tienen un monto de US\$ 1.3 por árbol establecido (Anexo 1).

El café es un cultivo que tiene gran importancia económica, el cual domina en muchos paisajes agrícolas del trópico (Florian *et al.* 2010). Dzib (2003) menciona que en años recientes también se ha buscado identificar los beneficios ambientales del café bajo algún tipo de sistema agroforestal que incluyen mejoramiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, el mantenimiento de los ciclos hidrológicos y la reducción del efecto negativo del exceso de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, fijándolo como componente de la biomasa de los árboles y cafetos y liberando oxígeno.

Otra opción de los SAF de café es el asocio con árboles que tengan alto valor comercial, como alternativa para la obtención de productos a largo y mediano plazo, es viable, debido a que la producción de madera eleva los ingresos, mejora la rentabilidad y reduce los riesgos económicos que producen las fluctuaciones de los precios (Dzib 2003; Martínez 2005).

El cultivo de caña de azúcar es la segunda cobertura con más extensión Figura 23 que se presenta en los cantones donde se encuentra la ZA. Al observar la Figura 24 se aprecia que la rentabilidad del cultivo de caña está por encima del monto del PSA.

El cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica constituye una de las actividades agrícolas denominadas tradicionales, dentro del sector agropecuario, por la gran importancia en la economía del país y su participación en el Producto Interno Bruto, la generación de divisas y el empleo directo e indirecto (MAG 2007b).

No obstante, existen alternativas que permiten realizar el cultivo de caña de azúcar en forma ecológica, sustentable, facilitando la conectividad, con el consecuente impacto positivo sobre el medio ambiente (González *et al.* 2009).

Se basa en la auto-regulación ecológica y biológica de procesos e interacciones que sostienen la productividad y reducen la degradación ambiental, manteniendo la agro diversidad en procesos agroecológicos (Stacey 2003). Para poder tener un cultivo orgánico es importante manejar todo el ciclo del cultivo con productos biológicos para el control de plagas y de algunas enfermedades que afectan el cultivo. Además, se debe trabajar con abonos orgánicos para nutrir a la planta y al suelo (Friedmann y Weil 2010).

Otra opción que se presenta en la ZA en repuesta a las limitaciones de conectividad es el diseño de la red ecológica. Según Murrieta *et al.* (2007) es una estrategia para restablecer y mantener la conectividad biológica en favor de la conservación entre las distintas ASP.

Asimismo Murrieta *et al.* (2007) menciona que se tomaron en cuenta las características de estructura y composición del paisaje y evitar la pérdida de hábitat y posibles aislamientos de las poblaciones como consecuencia de la fragmentación. Lo anterior con el fin de identificar y priorizar áreas para recuperar y conservar cobertura de bosque, con la finalidad que aumenten las funciones de conectividad entre fragmentos de hábitat naturales.

La cuarta zona de análisis (ZA) se denomina “Los Chiles” (Figura 25), La cobertura de ASP es la tercera en extensión, y hace referencia al Refugio Nacional de Vida Silvestre Caño Negro (RNVSCN), el Parque Nacional Volcán Tenorio (PNVT).

El RNVSCN deriva su importancia, por ser un área de gran riqueza natural donde se promueve la conservación de los recursos naturales, pero también el uso económico racional de esos ecosistemas por parte de las comunidades aledañas (Coloma *et al.* 2009). Mientras que el PNVT en su mayoría cuenta con bosques primarios muy bien conservados y posee una alta diversidad de mamíferos.

La cobertura “Bosques fuera ASP” es muy escasa como se muestra en la Figura 26, de igual forma, las ASP y otros espacios naturales igualmente valiosos se encuentran gravemente amenazados por el avance de algunas actividades, especialmente productivas. Los principales problemas ambientales de la región tienen que ver con cambios en el uso del suelo, la deforestación, el dragado de humedales y los incendios forestales (IICA 2007).

En esta ZA la baja cobertura de “Bosques fuera ASP” se debe al avance de la frontera agrícola como se mostró en los resultados, en donde la cobertura de mayor extensión son los pastos (Figura 26) y la actividad productiva agropecuaria asociada es la ganadería. Esta última alcanza una extensión cerca de tres veces mayor en comparación con la cobertura “ASP” y casi ocho veces mayor que la cobertura “Bosques fuera de ASP”.

Esta zona en los últimos años ha presentado un gran avance de la frontera agrícola, volviéndose los cultivos de naranja, caña, arroz y piña los más comunes en el paisaje, al igual que la actividad ganadera extensiva. Estas actividades han promovido la tala de los principales bosques (Gutierrez y Siles 2008).

Al observar la Figura 27, y luego comparar la rentabilidad de la ganadería y los cultivos de maíz, frijol y otros cultivos con el PSA, éste último valor del incentivo no alcanza a estar por encima del valor de rentabilidad de las actividades antes mencionadas.

Entre los cultivos de mayor extensión (Figura 27) en orden descendente se tiene al arroz, otros cultivos y frijol. La cobertura “otros cultivos” agrupa otros 59 cultivos presentes en Costa Rica, Para esta ZA el más representativo es el cultivo de naranja. Asimismo, Coloma *et al.* (2009) señala que los sistemas agrícolas de producción se fueron imponiendo y generaron rápidamente cambios en el paisaje. El cultivo de maíz, frijol, el arroz en secano, yuca y la citricultura, se dan de manera permanente en espacios preparados, situación que incentivó la expansión de la frontera agrícola y pecuaria.

A partir de 1990, el crecimiento de las áreas cultivadas de naranja se aceleró en Costa Rica. En la actualidad existen aproximadamente 35.000 ha dedicadas a este cultivo, presentes en las regiones Brunca, Chorotega, Central y Huertar Norte; un alto porcentaje se ubican en los cantones Sarapiquí,

San Carlos, Los Chiles, y Grecia (Quirós 2001; Elizondo 2002). Asimismo, el tamaño de las plantaciones van desde pequeñas explotaciones de 1.5 ha. hasta grandes compañías nacionales y extranjeras con extensiones que alcanzan y en ocasiones superan las 3.000 ha. (Quirós 2001).

No obstante, para el cultivo de naranja se han presentado prácticas alternativas que han mejorado las relaciones entre el cultivo y su entorno garantizando la sostenibilidad, la conservación y la conectividad en un paisaje fragmentado por diferentes actividades agropecuarias; Quirós (2001) menciona que en las Regiones Central y Brunca el cultivo se realiza bajo SAF en asocio con café y en ocasiones se siembra en cercas vivas que son un arreglo lineal sembrado con leñosas (árboles, arbustos y palma).

Los beneficios de los arreglos de siembra simple o multiestratos, es que la combinación de dos especies leñosas de diferentes alturas y usos (maderables, frutales, forrajeras, medicinales, etc), se convierten frecuentemente en corredores biológicos que aumentan la conectividad en paisajes agropecuarios (Villanueva *et al.* 2010).

Más recientemente el cultivo de naranja se ha manejado bajo la modalidad de orgánica, el cuál se ha experimentado con nuevos esquemas de gestión para obtener mayores beneficios de esta actividad productiva (Quirós 2001). Asimismo, esta práctica es respetuosa con el medio ambiente aplicando un control natural y biológico de plagas y enfermedades, reduciendo al mínimo los insumos externos como los agroquímicos para explotar la capacidad de producción del suelo entre otras acciones (Turra *et al.* 2006).

Otra cobertura que presenta una extensión significativa entre los cantones que conforman la ZAI, es el cultivo de arroz; en Costa Rica es un alimento básico de la dieta alimentaria, consumiendo aproximadamente 52 Kg. per cápita en forma anual de arroz oro; en el mundo se afirma que el arroz constituye el 40% de la fuente de calorías para toda la población (Villalobos y Retana 1997; Rodriguez 1999).

La actividad arrocera en Costa Rica constituye un renglón de mucha importancia dentro del sector agrícola, en donde la necesidad de lograr altos rendimientos sin un incremento desmedido en los costos de producción ha obligado a mantener activa la investigación en las prácticas culturales del cultivo, dependiendo cada vez más de la utilización de insumos y tecnologías modernas (Rodriguez 1999).

En Costa Rica las regiones que se destacan en la siembra del arroz son las regiones de Chorotega, Brunca, Pacífico Central y Huertar Norte, en esta última se destacan los cantones San Carlos, Upala, Los Chiles y Guatuso, para su siembra admite una diversidad de condiciones ambientales, siendo un cultivo especial para las zonas húmedas del trópico o de climas con temperaturas altas (Rodriguez 1999; Tinoco y Acuña 2008).

El cultivo de arroz presenta algunos inconvenientes que traen secuelas ambientales como son el alto grado de consumo de fertilizantes y agroquímicos para el control de plagas y enfermedades. No obstante, se promueven avances y alternativas en la producción de arroz para que sea más sostenible como el Sistema de Arroz Intensificado SRI (siglas en inglés) (Garnica 2011).

El SRI es un método que inició su desarrollo a inicios de la década de 1980 en Madagascar, cerca de la costa este de África. Fue desarrollado por Henri de Laulanie, un sacerdote francés quien comenzó a

cultivar arroz en espacios más amplios y en patrones cuadrados, y con esta práctica logró un aumento de 80 a 90% en la cosecha de arroz (Garnica 2011).

Uno de los beneficios de SIR, es que utiliza 50% menos agua que el proceso convencional, bajo este método el área de cultivo no está inundada y este factor es particularmente importante en un lugar como la provincia de Guanacaste donde hay escasez de agua seis meses al año, además que disminuye el uso de herbicidas y el control de maleza que en gran parte se realiza manual (Garnica 2011).

El sistema SRI promete incrementar la cantidad de la cosecha de arroz mediante un proceso de moderado uso de agua a una baja inversión. Como resultado, la producción de arroz reduce su huella ambiental, lo cual traerá beneficios duraderos a productores, consumidores y al planeta. Usar estas prácticas sostenibles permite mantener la agrobiodiversidad, la conservación de los recursos y propician escenario que facilitan la conectividad, además de procesos ecológicos (Garnica 2011).

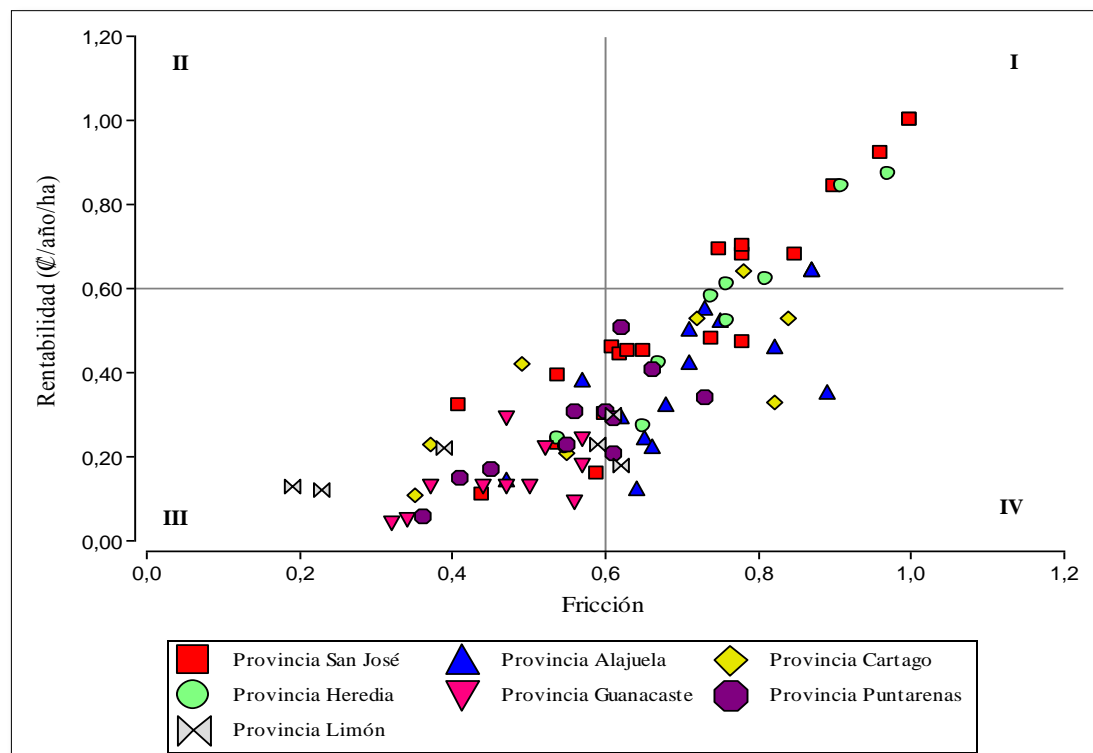


### 4.3 Escenario Económico: Efectos del PSA en posibles cambios del uso del suelo.

Con el escenario económico se pretende presentar una situación hipotética de posibles cambios de uso del suelo a nivel cantonal, utilizando el PSA como incentivo para compensar la exclusión y posibilitar la regeneración natural como medida de adaptación frente a los impactos del cambio climático global.

#### 4.3.1 Situación actual de las coberturas según los diferentes usos del suelo

En este acápite se muestra la situación actual de los cantones de Costa Rica teniendo en cuenta las variables que se utilizaron en el IPC cantonal (Figura 28).



**Figura 28. Gráfico de dispersión de la situación actual de los cantones de Costa Rica teniendo en cuenta la rentabilidad y fricción según sus coberturas.**

En La Figura 28 se observa que el eje “x” presenta valores de fricción mientras el eje “y” presenta los valores de rentabilidad. Ambas variables fueron estandarizadas entre 0-1.

Al observar la Figura 28, las provincias de San José y Heredia son los que agrupan los cantones que se ubican en cuadrante I; éste muestra los valores más altos de fricción y rentabilidad, es decir, valores que se encuentran por encima de 0.5.

En el cuadrante II muestra la situación de alta rentabilidad y baja fricción, es decir valores de fricción que están por debajo de 0.5 y valores de rentabilidad que están por encima de 0.5. En éste cuadrante no se ubica ningún cantón.

El cuadrante III muestra valores bajos de fricción y rentabilidad, es decir, valores que están por debajo 0.5 para ambas variables. Se puede observar que los cantones de la provincia Limón, Puntarenas y Guanacaste son los que mayormente se agrupan en este cuadrante.

El cuadrante IV muestra valores de rentabilidad bajos menores de 0.5 y valores de fricción altos mayores 0.5. En éste cuadrante relativamente se agrupan los cantones de las provincias de Alajuela y Heredia y menormente cantones de las provincias de San José, Cartago.

De forma general se tiene una relativa alta cantidad de cantones que se agrupan por debajo del valor de 0.5 para la variable rentabilidad; mientras que para la variable fricción los cantones se agrupan mayormente entre valores que oscilan entre 0.4-0.8 aproximadamente.

De acuerdo a lo anterior se tiene que el cuadrante I tiene una alta fricción y alta rentabilidad, los cantones que se agrupan en este cuadrante presentan usos del suelo urbano en la mayor parte de su jurisdicción territorial como son los cantones de San José, Tibas, Curridabat, Moravia entre otros y donde el valor de uso del suelo urbano es muy alto. Sin embargo, existen algunos cantones de la misma provincia que se aglomeran entre los cuadrantes III y IV debido a su alto porcentaje de extensión ocupada por la cobertura “Bosques fuera de ASP”.

Asimismo el cuadrante II muestra la opción de aquellas coberturas que presentan alta rentabilidad y baja fricción, estas serían las coberturas ideales que estuvieran presentes en un cantón para favorecer la conectividad, para que este se logró sería necesario implementar posibles medidas como los SAF o silvopastoriles y algunos cultivos orgánicos de piña o banano. Es preciso mencionar que sí en las coberturas de “ASP” y “Bosques fuera de ASP”, al igual que los cultivos orgánicos, existiera un valor económico asociado a estas, de los servicios ecosistémicos que prestan, varios cantones estarían ubicados dentro de este cuadrante.

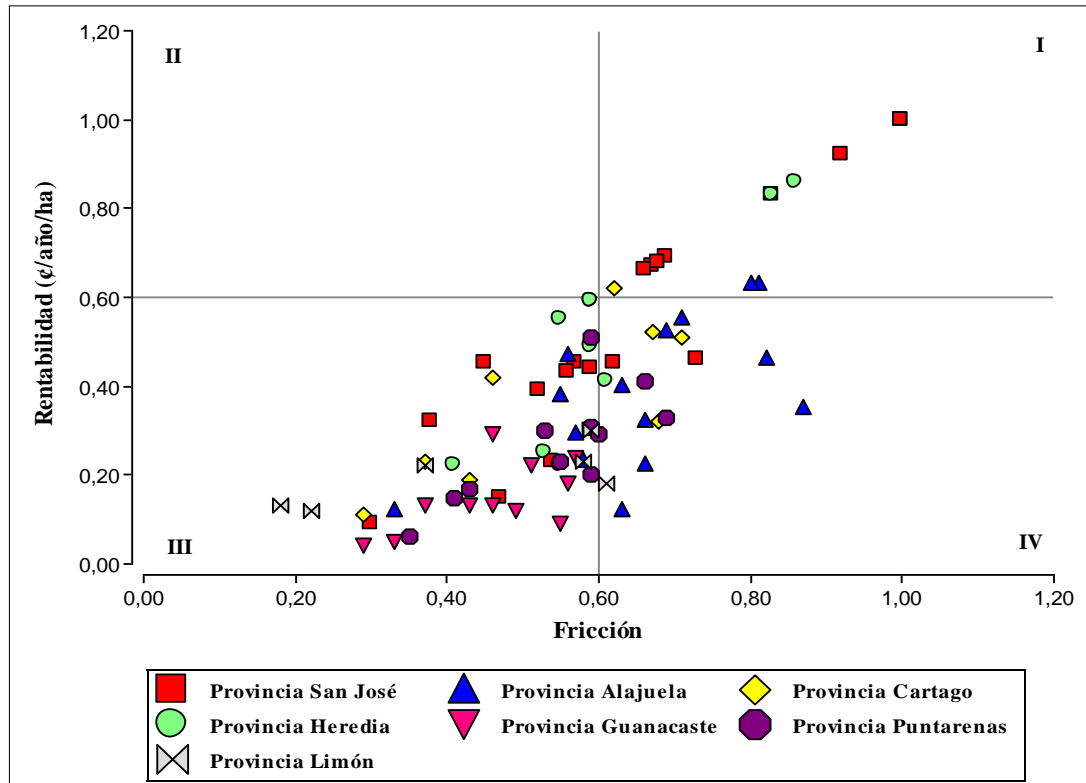
El cuadrante III y IV es donde se aglomera la mayor cantidad de cantones, esto se debe a que en provincias como Limón existe un alto porcentaje de la cobertura “Bosques fuera ASP” al igual que las provincias de Puntarenas y Alajuela. Esta cobertura presenta el valor de fricción y rentabilidad más bajo entre todas las coberturas. También, se resalta que la cobertura de “pastos” es la tercera de mayor extensión en el país y sus valores de fricción es relativamente alto.

#### ***4.3.2 Escenario económico y génesis de la situación potencial***

En este acápite se pretende mostrar los efectos del PSA en un escenario económico de posibles cambios de uso del suelo a nivel cantonal. Es importante aclarar que la cobertura de Área Silvestres Protegidas no es objeto de estudio en este escenario.

La dinámica de este escenario consiste en dividir equitativamente el presupuesto o monto total asignado para el año 2012 por PSA entre todos los cantones y compensar la rentabilidad por dejar de producir debido al cambio de uso de suelo de actividades productivas para dar paso a la regeneración natural. A continuación se describe la situación potencial de los cantones teniendo en cuenta las variables rentabilidad y fricción y luego se describe la situación potencial a nivel de provincias.

En cuanto a la situación potencial futura de los cantones de Costa Rica (Figura 29), al compararla con la situación actual (Figura 28), se observa que en el cuadrante I se ubican cantones pertenecientes a la provincia de San José, Heredia y Alajuela. Solo cuatro cantones están alejados de la intersección de las dos líneas de corte de las variables de rentabilidad y fricción.



**Figura 29. Gráfico de dispersión de la situación potencial de los cantones de Costa Rica teniendo en cuenta su rentabilidad y fricción según sus coberturas.**

El cuadrante II sigue inalterado en comparación con la Figura 28, ya que no se presenta ningún cantón presente en este cuadrante.

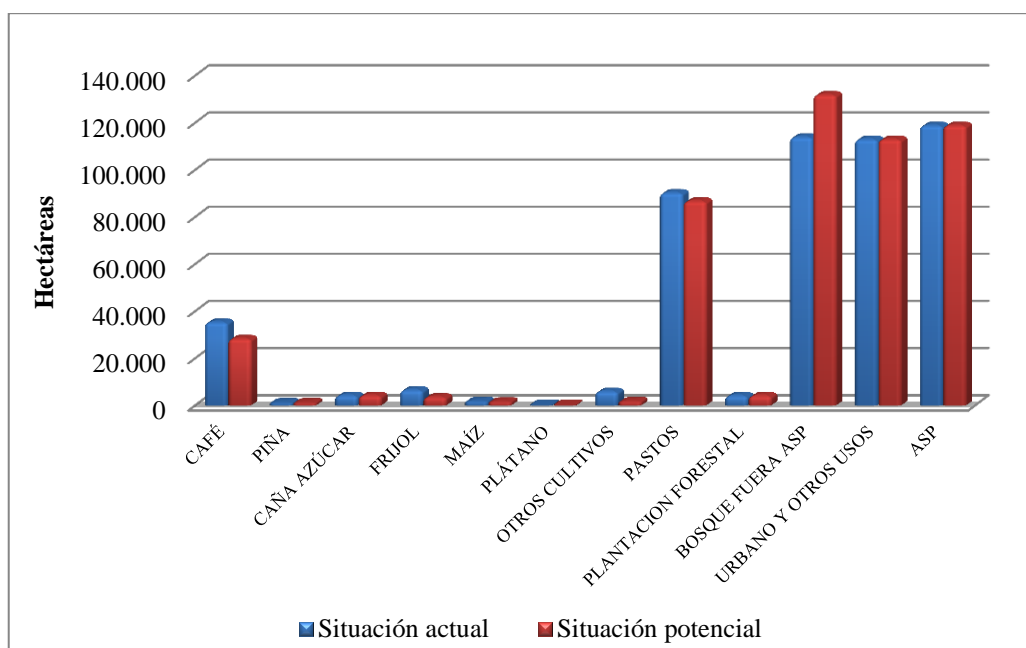
La figura 29 muestra que los cuadrantes III y IV siguen siendo los cuadrantes donde se aglomeran la mayor cantidad de cantones. En comparación con la situación actual los cantones de la provincia de Alajuela, Cartago y Heredia alcanza a tener mayor presencia es estos cuadrantes.

Al igual que en la Figura 28, los cantones se distribuyen mayormente por debajo del percentil cincuenta de la variable rentabilidad, mientras que la distribución en la variable fricción oscila entre 0.4 - 0.8 en este segmento se agrupan la gran mayoría de cantones.

La nueva distribución de los cantones de Alajuela y Heredia se debe al cambio de la cobertura de cultivo de café la cual hace presencia en estas provincias y le dio paso a la cobertura de “Bosques fuera de ASP” la cual es la menor fricción y rentabilidad.

A continuación se describen los posibles efectos de cambio de uso del suelo del escenario presentado que genera una situación potencial y esta es comparada con la situación actual. En análisis se realiza a nivel de provincias para tener aglomerados cantonales.

Según lo expuesto en el acápite 4.1.2 en la Figura 9, las actividades productivas como los cultivos de frijol, otros cultivos, café, maíz y la ganadería son los que presentan menor rentabilidad, por lo tanto son las coberturas más susceptibles a los efectos del PSA para posibles cambios de cobertura y dar paso a la regeneración natural como medida de adaptación para facilitar la conectividad y hacer frente a los impactos del cambio climático.



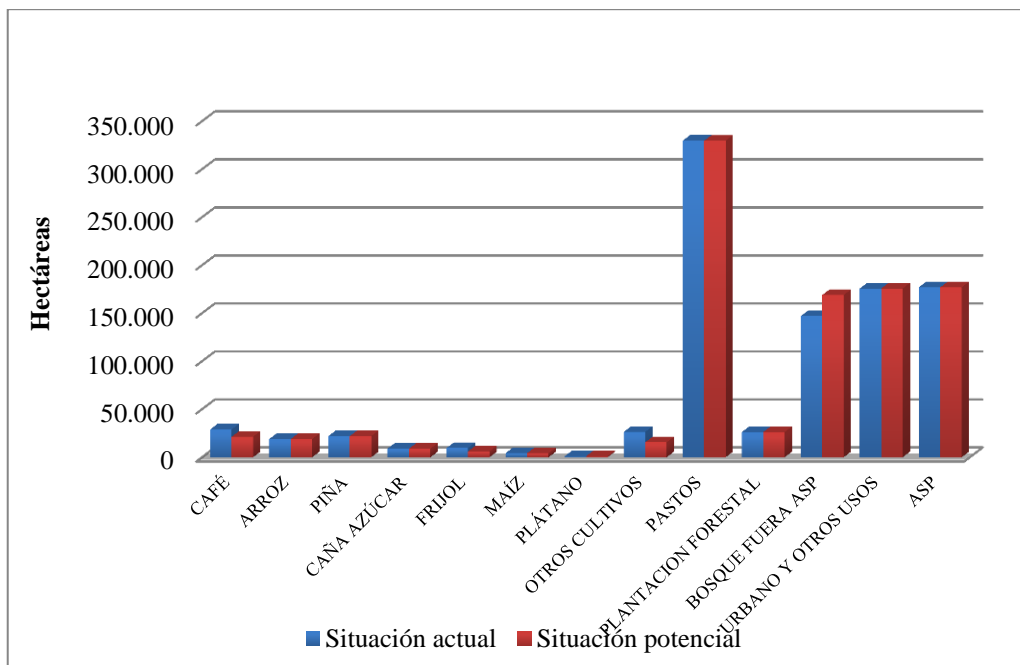
**Figura 30. Comparación de la situación actual y situación potencial según los efectos del PSA en los cambios de uso del suelo en la Provincia de San José.**

Al observar la Figura 30, la provincia de San José muestra un cambio de extensión en las coberturas de los cultivos de café, frijol, otros cultivos y pastos. Esta sustracción de área de las coberturas antes mencionadas se adiciona en la cobertura de “Bosques fuera de ASP”.

Los cambios porcentuales de superficie en una potencial situación futura, se expresa en la reducción del cultivo de café en un 19.5%, de frijol en un 45.2%, de maíz en un 10.6% y otros cultivos en un 70.1 %.

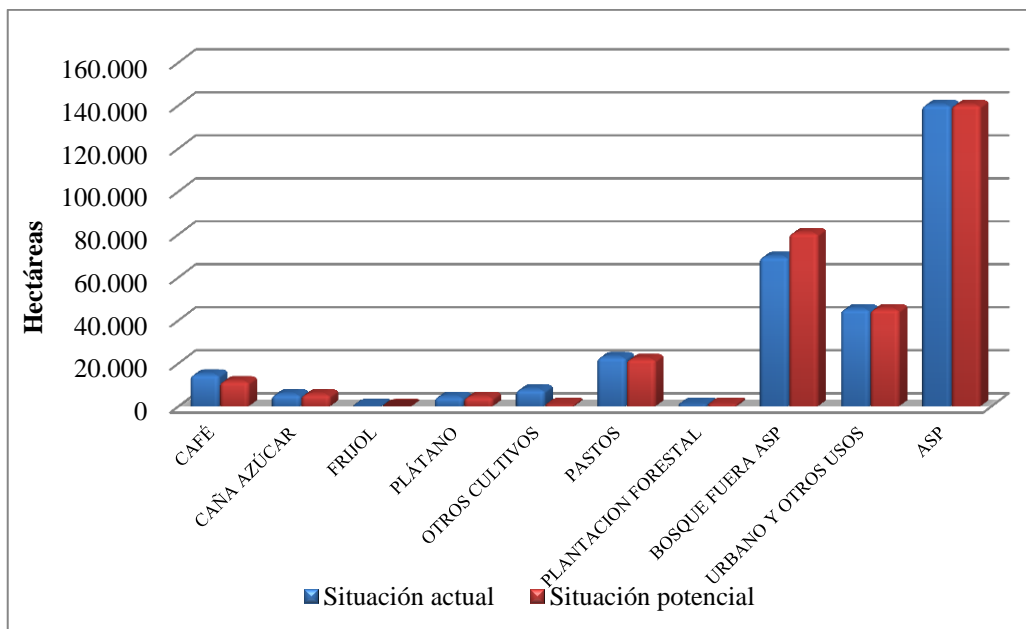
Por su parte la cobertura de “Bosques fuera de ASP” aumenta su extensión en superficie en un 15.7%. La suma total de hectáreas reducidas para todas las coberturas asociadas a actividades productivas de la provincia es de 17.967 hectáreas las cuales son adicionadas a la cobertura “Bosques fuera de ASP”.

En la provincia de Alajuela (Figura 31), se observa que las coberturas susceptibles a cambios en cuanto a reducción de superficie son café, frijol y otros cultivos. Los cambios porcentuales de superficie de cada cobertura corresponde al 26.1%; 36.3% y 41% respectivamente. La suma total de hectáreas reducidas de las coberturas asociadas a los usos del suelo antes mencionadas es 21.986 ha. Ésta área es adicionada a la cobertura “Bosques fuera de ASP” corresponde a un aumento de extensión de la cobertura 14.9% con respecto a la situación potencial futura.

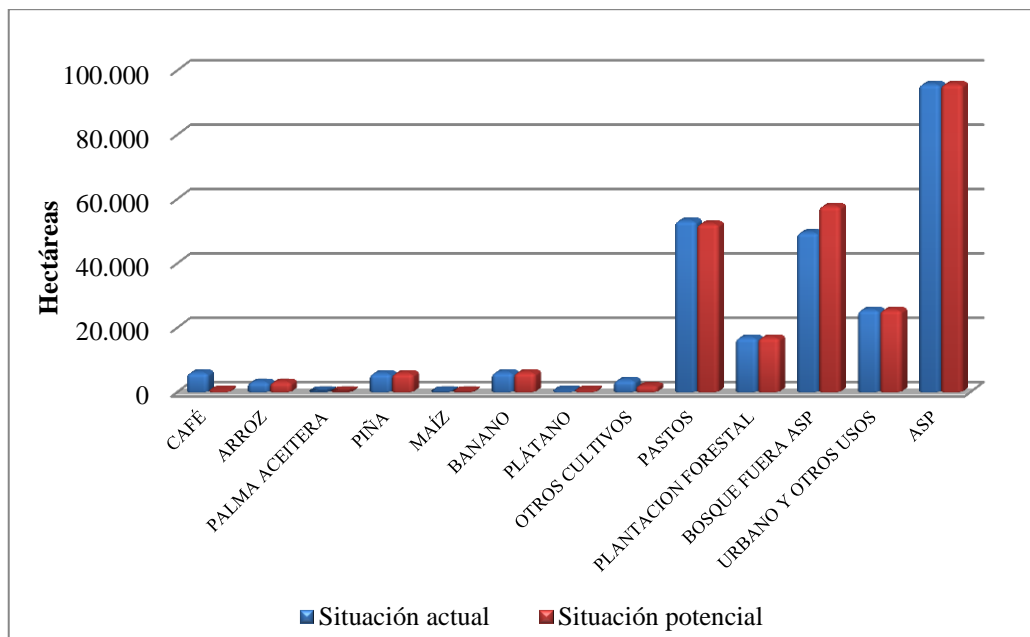


**Figura 31. Comparación de la situación actual y situación potencial según los efectos del PSA en los cambios de uso del suelo en la Provincia de Alajuela.**

La Figura 32 muestra que en la provincia de Cartago las coberturas más susceptibles a cambio en cuanto a reducción de superficie son el cultivo de café, otros cultivos y pastos. La reducción de área en términos porcentuales corresponde a un 22%, 87% y 3.8% respectivamente. La suma total de hectáreas reducidas de las coberturas asociadas a los usos del suelo antes mencionadas es de 11.078 ha. Ésta área es adicionada a la cobertura “Bosques fuera de ASP” alcanzando un aumento porcentual de adición de hectáreas con respecto a la situación actual de 15.9%.

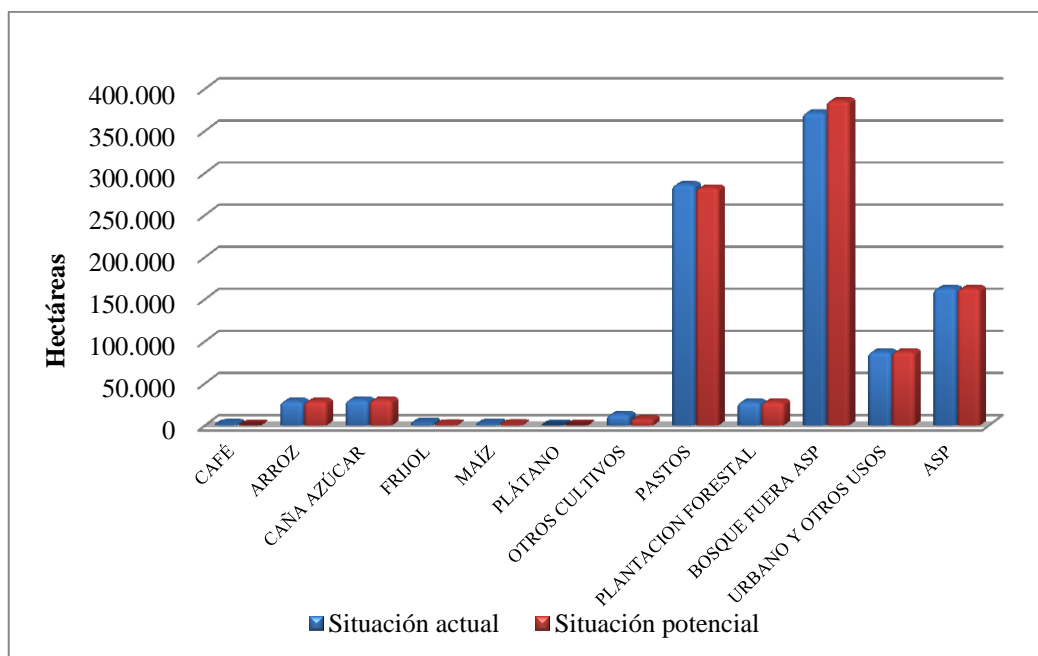


**Figura 32. Comparación de la situación actual y situación potencial según los efectos del PSA en los cambios de uso del suelo en la Provincia de Cartago.**



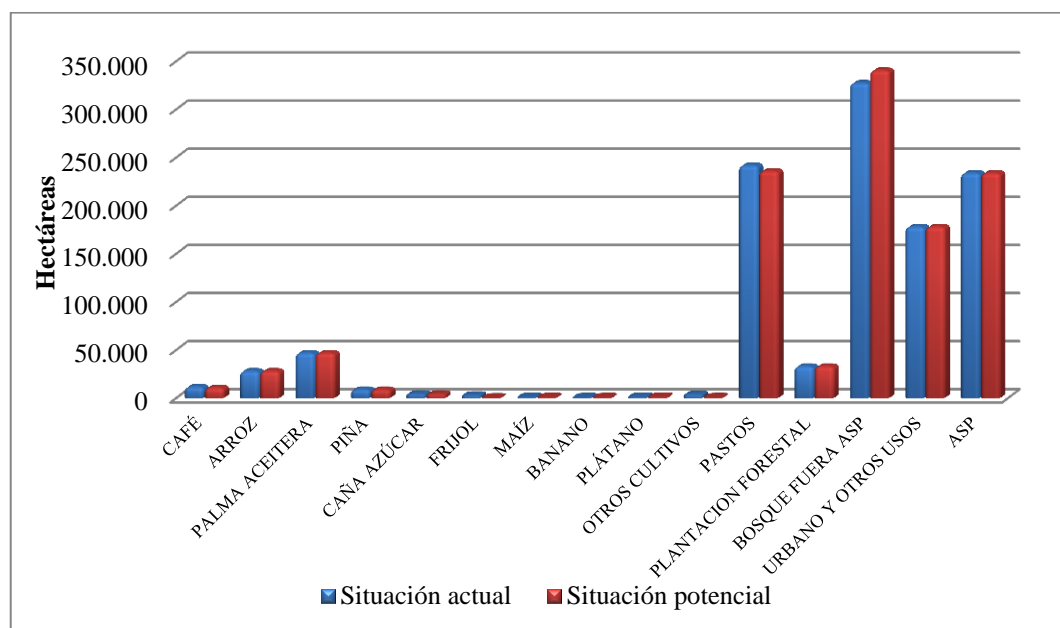
**Figura 33. Comparación de la situación actual y situación potencial según los efectos del PSA en los cambios de uso del suelo en la Provincia de Heredia.**

En la provincia de Heredia Figura 33, se observa un cambio de extensión en las coberturas de los cultivos de café, frijol, otros cultivos y pastos. Los cambios porcentuales de superficie en una potencial situación futura, se expresa en la reducción del cultivo de café en un 92.7%, otros cultivos en un 48.8 % y pastos en un 1.7%. El total de superficie reducida alcanza 8.228 ha. Las hectáreas reducidas son adicionadas a la cobertura de “Bosques fuera ASP” la cual aumentaría su extensión territorial en un 16.6% en comparación con la situación actual.



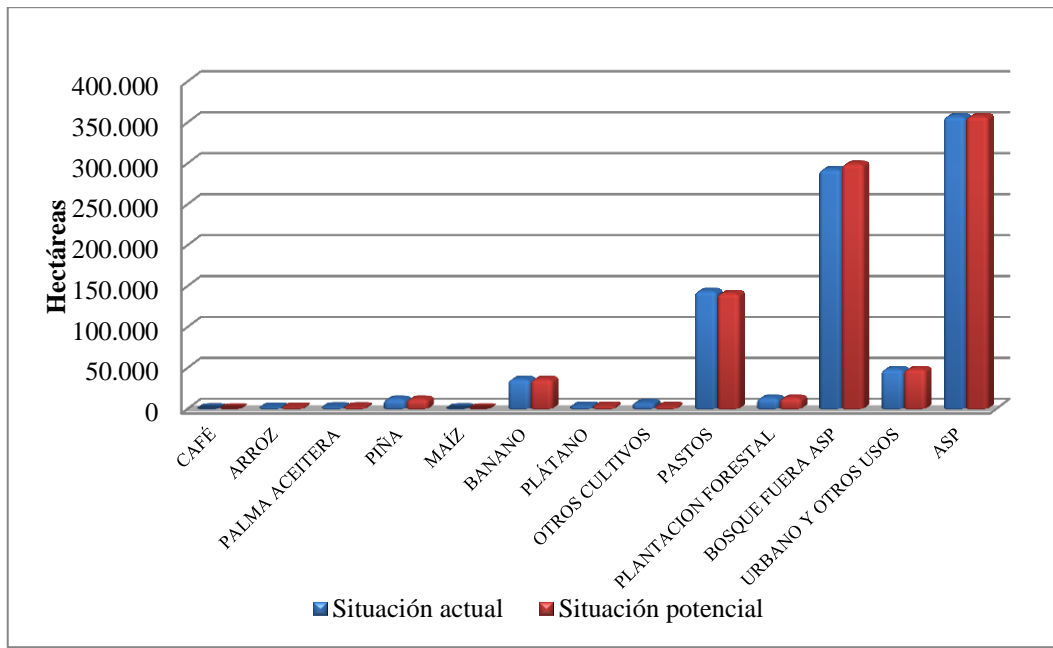
**Figura 34. Comparación de la situación actual y situación potencial según los efectos del PSA en los cambios de uso del suelo en la Provincia de Guanacaste.**

La figura 34 muestra que en la provincia de Guanacaste las coberturas más susceptibles a cambio en cuanto a reducción de superficie es el cultivo de café, frijol, maíz, otros cultivos y pastos. La reducción de área en términos porcentual corresponde 100%, 72.3%, 44.2%, 39.6% y 1.3% respectivamente. La suma total de hectáreas reducidas de las coberturas asociadas a los usos del suelo antes mencionadas es 14.158 ha. Ésta área es adicionada a la cobertura “Bosques fuera de ASP” alcanzando un aumento porcentual de adición de hectáreas con respecto a la situación actual de 14.1%.



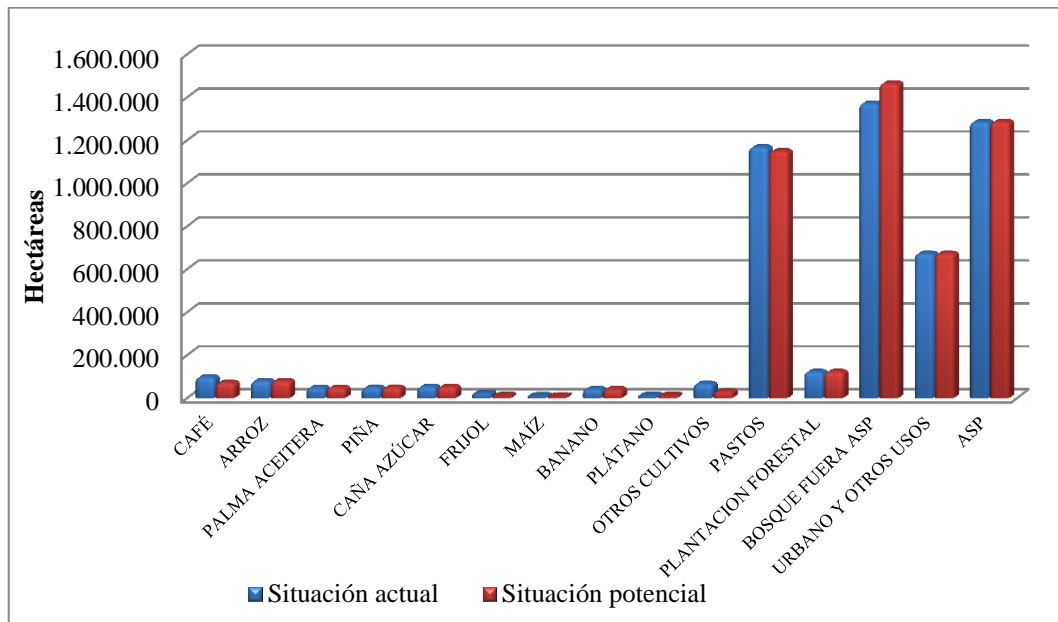
**Figura 35. Comparación de la situación actual y situación potencial según los efectos del PSA en los cambios de uso del suelo en la Provincia de Puntarenas.**

En la provincia de Puntarenas (Figura 35), se observa un cambio de extensión en las coberturas de los cultivos de café, frijol, maíz, otros cultivos y pastos. Los cambios porcentuales de superficie en una potencial situación futura, se expresa en la reducción del cultivo de café en un 7%, frijol en un 90.5%, maíz en un 10.4%, otros cultivos en un 82.2 % y pastos en un 2.4%. El total de superficie reducida alcanza 13.151 ha. Las hectáreas reducidas son adicionadas a la cobertura de “Bosques fuera ASP” la cual aumentaría su extensión territorial en un 4% en comparación con la situación actual.



**Figura 36. Comparación de la situación actual y situación potencial según los efectos del PSA en los cambios de uso del suelo en la Provincia de Limón.**

En la provincia de Limón (Figura 36), se observa que las coberturas susceptibles a cambios en cuanto a reducción de superficie son café, maíz, otros cultivos y pastos. Los cambios porcentuales de superficie de cada cobertura corresponden al 100% en los cultivos de café y maíz, a un 63.8% en otros cultivos y un 1.9% en pastos. La suma total de hectáreas reducidas de las coberturas asociadas a los usos del suelo antes mencionadas es 7.654 ha. Ésta área es adicionada a la cobertura “Bosques fuera de ASP” corresponde a un aumento de extensión de la cobertura 2.2% con respecto a la situación potencial futura.



**Figura 37. Comparación de la situación actual y situación potencial según los efectos del PSA en los cambios de uso del suelo en Costa Rica.**



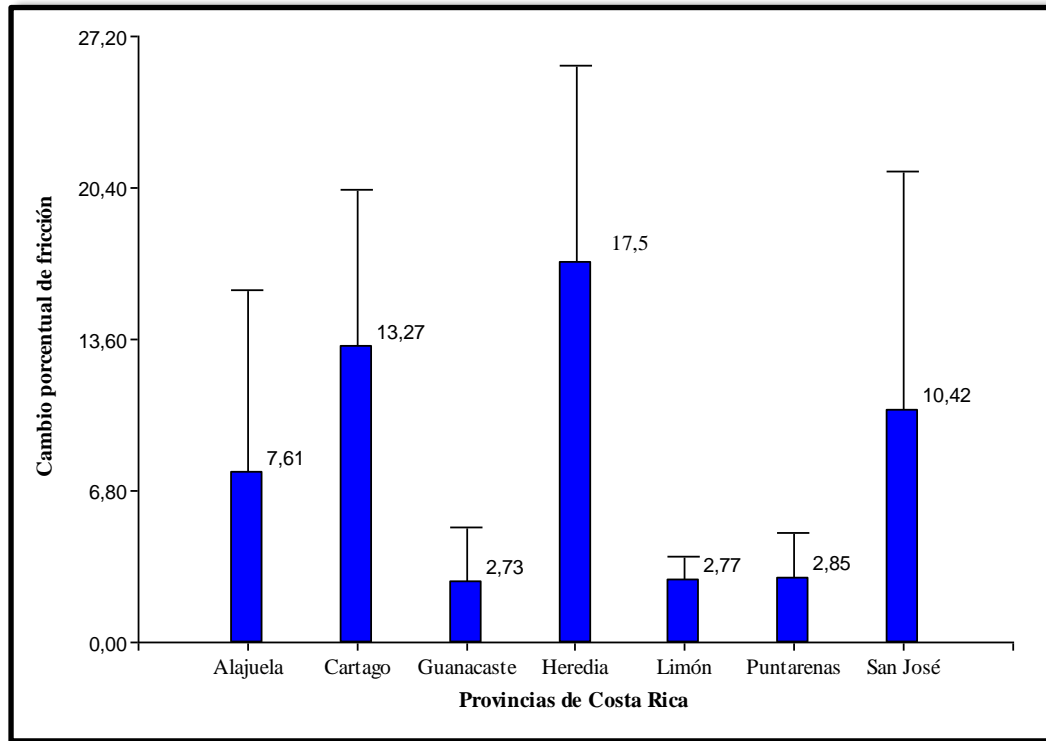
Al observar la Figura 37, se observa que a nivel nacional un cambio de extensión en las coberturas de los cultivos de café, frijol, maíz, otros cultivos y pastos, estas coberturas son las más susceptibles. Los cambios porcentuales de superficie en una potencial situación futura, se expresa en la reducción del cultivo de café en un 25.9%, frijol en un 52.6%, maíz en un 14.7%, otros cultivos en un 54.1 % y pastos en un 1.5%. El total de superficie reducida alcanza 93.851 ha. Las hectáreas reducidas son adicionadas a la cobertura de “Bosques fuera ASP” la cual aumentaría su extensión territorial en un 6.7% en comparación con la situación actual.

El Cuadro 8 muestra los cambios porcentuales de las diferentes coberturas en cada una de las provincias de Costa Rica, en donde se evidencia que la provincia que presenta mayor aumento en su cobertura de bosques fuera de las ASP es Heredia con un porcentaje de 16.6 y la de menor cambio es Limón con un porcentaje del 2.2%.

**Cuadro 8. Resumen del cambio porcentual de fricción por cobertura en las provincias.**

Provincias	Coberturas que disminuyen su extensión en porcentaje (%)					Cobertura aumenta extensión porcentaje (%)
	Cultivo de Frijol	Cultivo de Maíz	Cultivo de Café	Otros cultivos	Pastos	
<b>Alajuela</b>	36.3	-	26.1	41	-	14.9
<b>Cartago</b>	-	-	22	87	3.8	15.9
<b>Guanacaste</b>	72.3	44.2	100	39.6	1.3	14.1
<b>Heredia</b>	92.7	-	-	48.8	1.7	16.6
<b>Limón</b>	-	100	100	63.8	1.9	2.2
<b>Puntarenas</b>	90.5	10.4	7	82.2	2.4	4
<b>San José</b>	45.2	10.6	19.5	70.1	-	15.7
<b>TOTAL Costa Rica</b>	52.6	14.7	25.9	54.1	1.5	6.7

Al realizar los cambios de usos del suelo por efectos del PSA se tiene una implicación directa en la fricción, debido, a que se cambia a la cobertura “Bosques fuera de ASP” la cual presenta el valor de fricción más bajo entre todas las coberturas. En la Figura 38 se muestra la reducción porcentual promedio de fricción y sus respectivas desviaciones estándar para cada una de las provincias de Costa Rica. Las provincias de mayor reducción porcentual son Heredia y Cartago con un 17.05% y 13.27 % respectivamente y las de menor reducción porcentual son Limón y Guanacaste con 2.77% y 2.73% respectivamente.



**Figura 38. Promedio y desviación estándar de la reducción porcentual de fricción por provincia.**

En el Cuadro 9 se pueden observar los cantones que presentan mayor cambio porcentual de fricción por cada una de las provincias. Estos cantones serían los de mayor prioridad para cambios de usos del suelo por cada provincia teniendo en cuenta los valores porcentuales de disminución de fricción en un escenario posible de cambios de uso del suelo por efectos del PSA.

**Cuadro 9. Cantones con mayor reducción porcentual de fricción en cada una de las provincias de Costa Rica.**

<b>Provincia</b>	<b>Cantón a priorizar</b>	<b>Porcentaje de cambio</b>
<b>Alajuela</b>	Valverde Vega	29,63
	Palmares	20,07
	Poás	11,59
<b>Cartago</b>	El Guarco	20,54
	La Unión	19,88
	Paraíso	17,44
	Oreamuno	17,37
<b>Guanacaste</b>	Hojancha	9,35
	Nandayure	4,13
	Carrillo	3,08
<b>Heredia</b>	San Isidro	26,91
	San Rafael	24,87
	Barva	23,85
<b>Limón</b>	Talamanca	4,38
	Matina	3,09
	Limón	3,03
	Guácimo	2,99
<b>Puntarenas</b>	Esparza	6,20
	Montes de Oro	6,02
	Garabito	4,76
<b>San José</b>	Goicoechea	38,79
	Dota	32,60
	Santa Ana	22,42

### **4.3.3 Discusión**

Al tener en cuenta la Figura 28 dónde se muestra un gráfico de dispersión de la situación actual de los cantones de Costa Rica teniendo en cuenta las variables de rentabilidad y fricción, al igual que la Figura 27 donde se muestra la situación potencial de los cantones, es preciso mencionar que la variable fricción es la de mayor influencia en la dispersión de los cantones de la Figura 27, debido a que la variable rentabilidad queda inalterable para todos los cantones por la compensación del PSA para el cambio en el uso del suelo.

Muy ligado con lo anterior se observa en la Figura 38 los cambios porcentuales de fricción para cada una de las provincias de Costa Rica. Las provincias de mayor cambio porcentual de fricción son las provincias de Heredia y Cartago y las de menor cambio son Limón y Guanacaste.

En la provincia de Heredia esto se debe a que existe una disminución de la cobertura de café, otros cultivos y pastos, esta última es la segunda más alta en fricción, además de una baja presencia de

cultivos con alta fricción como piña y arroz y la no presencia del cultivo de frijol que presenta alta fricción. En la provincia de Cartago los cambios se dan en las coberturas de café, otros cultivos y pastos para remplazar por Bosques fuera de ASP teniendo una implicación directa en la disminución de la fricción. Asimismo, en esta provincia no existen coberturas de piña, arroz y frijol que presentan alta fricción.

La presencia de baja superficie de cultivos que presentan alta fricción, en las dos provincias antes mencionadas, permite un mayor efecto en la disminución porcentual de fricción, debido a la existencia de otros cultivos que presentan una menor resistencia al movimiento de especies.

El escenario planteado muestra, que de las cinco coberturas más susceptibles a cambios en uso del suelo, la cobertura que presenta una mayor relevancia para este cambio porcentual de fricción son los pastos, debido a que su valor de rentabilidad es una de las más bajas y el valor de fricción ocupa el segundo lugar en orden descendente. Esto se evidencia en el Cuadro 9 donde el cantón con mayor cambio porcentual es Goicoechea el cual presenta el mayor cambio porcentual de fricción, debido a la ausencia de las coberturas de alta fricción y al cambio de su cobertura de pasto en un 100%. Además la actividad ganadera posibilita la implementación de medidas de adaptación como los sistemas silvopastoriles que disminuirían la fricción.

Dentro del escenario planteado es importante resaltar el aumento de la cobertura de “Bosques fuera de ASP”, siendo la principal estrategia de adaptación al cambio climático la regeneración natural, que facilitaría la conectividad y el movimiento de especies ocasionado por el impacto del cambio climático.

En las áreas de las coberturas remplazadas se inician procesos de sucesión secundaria, es decir, las áreas de cultivos o pastos se convierten en bosques secundarios, los cuales aunque no recuperan en su totalidad las funciones de los bosques originales (Guariguata y Ostertag 2001), presentan un gran número de beneficios a nivel ambiental, al igual que para las comunidades humanas, por sus características de crecimiento, composición y estructura (Brown y Lugo 1990).

Los bosques secundarios representan una opción para la posible recuperación y continuidad de la cobertura vegetal (Chazdon 2003), al igual que de las poblaciones animales y otras formas de vida que viven en ellos (Vilchez *et al.* 2008). El rápido crecimiento que caracteriza a los bosques secundarios tropicales, sumado a la presión que actualmente sufren los bosques primarios, les confiere a los bosques secundarios un enorme potencial de manejo (Kattan 2002). Lo anterior podría ser una alternativa de producción en donde las comunidades obtengan además de los pagos por PSA otros ingresos generados por el manejo sostenible de este tipo de bosque.

De forma general para el mismo escenario las coberturas más susceptibles al cambio en el uso del suelo son los cultivos de café, frijol, maíz, otros cultivos y la ganadería, debido a que son las actividades productivas agropecuarias de menor rentabilidad. Entre los cultivos antes mencionados, el cultivo de “Otros cultivos” y frijol son los más sensibles a cambios por ser los dos con rentabilidades más bajas, luego sigue el cultivo de café, posterior el cultivo de maíz y por último la ganadería.

La disminución de estas coberturas conllevaría a un efecto adverso, desde el punto de vista social, económico, de nutrición y seguridad alimentaria para la población en general, especialmente la asentada en las zonas rurales. Esto plantea la necesidad de buscar mecanismo que aporten al mejoramiento de la capacidad de los ecosistemas naturales de adaptarse al cambio climático que estén

de la mano con los procesos de desarrollo y satisfacción de las necesidades fundamentales de las poblaciones.

En el caso del café es preciso mencionar que es un cultivo representativo de Costa Rica e inició su historia en Centroamérica ya hace más de dos siglos (Dzib 2003), y que su sustitución de manera radical, afectaría la economía de las familias que dependen de este cultivo, al igual que a nivel nacional.

Según datos proporcionados por el Banco Central de Costa Rica, el subsector café generó en el año 2005 la cantidad de 232.7 millones de dólares FOB en divisas para el país, lo que significa un aumento del 17.8% con respecto al año anterior. Este comportamiento obedece básicamente, a la recuperación de los precios internacionales del café (Icafe 2006).

No obstante, según (Icafe 2006), el sector café ha venido disminuyendo paulatinamente su importancia como generador de divisas para la economía costarricense. Esto se debe a todos los esfuerzos realizados para fomentar la inserción del país a la economía mundial y la negociación de tratados bilaterales han tenido como resultado el incremento y la diversificación de las exportaciones.

Sin embargo, a pesar de lo antes expuesto anteriormente, no hay que dejar de lado la importancia social del café. Históricamente ha sido una fuente principal de trabajo para un número significativo de familias rurales y el motor de la economía de las regiones cafetaleras (Icafe 2006).

También es importante mencionar que el frijol y maíz son granos básicos representativos en la Región Mesoamericana. De acuerdo (MAG 2007a), el maíz, *Zea mays* L., es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen, representa un cultivo milenario de importancia, donde su principal contribución es como cultivo que aporta energía y un poco de proteína. El cultivo de frijol data de hace miles de años y ha sido un alimento básico en la dieta como fuente de proteína para un amplio sector de la población, éstos han formado parte del patrón alimentario de la población durante muchos años. Sin embargo, la actividad del cultivo del maíz y frijol ha disminuido considerablemente a nivel nacional y regional.

En cuanto al cultivo del maíz y frijol se resalta la importancia de estos dos granos en la dieta alimentaria de la población Costarricense y como cultivos de subsistencia y seguridad alimentaria para muchas familias ubicadas principalmente en el campo. Además, es consumido por los estratos sociales de menor ingreso económico; es la principal fuente de proteína, hierro, energía, carbohidratos y fibra en la dieta de los costarricenses, principalmente en las zonas rurales que mantienen un mayor consumo (MAG 2007a).

Otra de las actividades agropecuarias productivas que se ve afectada por los efectos del cambio en uso del suelo por el escenario propuesto es la cobertura de “Otros cultivos” que agrupa cerca de 59 cultivos que se cultivan en distintas áreas geográficas específicas del país que cumplan con las condiciones agroclimáticas exigidas por los cultivos.

La cobertura de “Otros cultivos” agrupa cultivos de hortalizas, frutales, cítricos, raíces y tubérculos entre otros, y su extensión promedio es 844 hectáreas por cantón. Al cambiar aproximadamente el 70% de esta cobertura, una de las consecuencias directas posibles se da en la dieta, debido a que las hortalizas, frutales y raíces y tubérculos serían escasos, ocasionando un probable desbalance de la

misma. En algunas regiones de Costa Rica estos cultivos hacen parte de la seguridad alimentaria y consumo frecuente por parte de sus pobladores.

La cobertura de pastos es la última en susceptibilidad frente a los efectos del PSA. Tan solo el 1.5% del total de superficie fue sensible a cambió en el uso de suelo. Cabe señalar que esta cobertura es la tercera en extensión de Costa Rica y está presente en las siete provincias del país. Además, al sumar las otras cuatro superficie de coberturas de cultivos, en la situación actual, y compararla con la extensión de pastos, ésta última supera cerca de cinco veces la sumatoria de las coberturas de los demás cultivos.

Lo anterior implica que a pesar de ser la última cobertura susceptible a los efectos de cambio de uso de suelo dentro del escenario propuesto; es la de mayor potencial de cambio de uso, debido a su extensión y al manejo que puede recibir la cobertura a través de sistemas silvopastoriles y sus beneficios estudiados ampliamente. Una alternativa es la mencionada por Ibrahim y Camargo (2001) sobre la ventaja de los componentes pasturas-animales-árboles y los beneficios de los árboles en las pasturas. Asimismo, manejar la regeneración natural de árboles maderables dentro de las pasturas es una alternativa para el mejoramiento de este tipo de sistemas.

Otros beneficios de los sistemas silvopastoriles han sido mencionado por Jimenez (2007) como una alternativa para los sistemas ganaderos tradicionales y para la sostenibilidad ambiental. Asimismo, al tener un sistema silvopastoril los beneficios obtenidos son a nivel de reciclaje de nutrientes, fijación de nitrógeno, profundidad y distribución de raíces, acción de micro y macro fauna y control de erosión.

## 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- El IPC Cantonal es un ejemplo para una herramienta de planificación que combina aspectos económicos y ecológicos para posibles decisiones sobre mejorar la conectividad en el país y de esa manera confrontar los retos de fragmentación y adaptación al cambio climático. Desde el punto de vista político administrativo es una herramienta que permite a los poderes ejecutivos conocer el promedio de posibles logros o alcances de un cantón a través de tres variables, dentro de la jurisdicción territorial, que permitan proponer nuevas medidas o justificar las existentes para potencializar la conectividad y confrontar los desafíos que generan las actividades económicas agropecuarias y los usos del suelo.
- El IPC al tener solo tres variables se presenta como una imagen gruesa de la situación actual de la jurisdicción territorial de los cantones. Se recomienda que en estudios futuros, se incluyan otros tipos de variables para que el IPC se convierta en un filtro de alta resolución al ser una herramienta eficiente y eficaz para la gestión territorial.
- Las actividades agropecuarias productivas que tienen alta rentabilidad como son el cultivo de piña y banano son las más distantes a ser incluidas en programas de incentivos que favorezcan la conservación de la cobertura de bosques fuera de ASP y se convierten en una amenaza y desafío para la conservación.
- El IPC muestra que los cantones que se agruparon en las categorías de “0-19” y “20-39” tienen relación con una alta intensidad en el uso del suelo urbano y por ende con una elevada densidad poblacional. Adicionalmente, estos cantones en su gran mayoría se ubican geográficamente en la región del valle central la cual alberca alrededor del 50% de la población de Costa Rica.
- El escenario económico permite explorar los efectos del PSA en el cambio de usos de suelo y las actividades productivas asociadas a los mismos, con el fin de aumentar la conectividad entre ecosistemas terrestres de Costa Rica.
- Los posibles efectos del cambio en el uso del suelo por el PSA permite presentar a los tomadores de decisiones a nivel cantonal las posibles coberturas susceptibles a cambios para priorizar acciones que faciliten la conectividad en su jurisdicción territorial.
- Se recomienda realizar estudios sobre los servicios ecosistémicos que prestan los cultivos agroecológicos para que a futuro estos sean incluidos en el programa de PSA.
- Sería recomendable que la información acerca de coberturas y usos de suelo en cuanto a extensión y mapas se manejara a través de una agencia gubernamental para que la información sea de carácter pública y de fácil acceso, incluyendo las oficinas especializadas que son responsables de ciertos cultivos. Además, que con la ayuda de los sistemas de información geográfica, esta información, para futuras investigaciones se convierta en un instrumento útil.
- Se recomienda mejoras en la estimación de la rentabilidad para cada cantón, esto es, conocer diferencias espaciales y al interior de cada actividad productiva agropecuaria. Lo anterior para

acercar y ajustar las estimaciones a las diferencias en rentabilidad, a la realidad cantonal, de manera más gradual a lo largo y ancho del país.

- Es recomendable realizar un mapeo de las actividades agropecuarias productivas a nivel de cantón. Esta información podría brindar a una ubicación exacta de cada actividad productiva al interior del cantón, aportando un valioso detalle a nivel de distrito en la escala espacial de la jurisdicción territorial.
- Para los valores de fricción es recomendable ampliar el número de expertos al exterior de CATIE con lo cual se lograría ampliar la visión en otras ramas del conocimiento, que den mayor veracidad a los datos.



## LITERATURA CITADA

- Acosta, E. 2008. Impactos ecológicos del monocultivo de la piña. *Ambientetico* (177):9-11.
- Alvarado, R. 2003. Regiones y Cantones de Costa Rica (en línea). San José, CR, Ministerio de Descentralización y Desarrollo Local. ifam. Consultado 24 Marzo 2012. Disponible en <http://www.ifam.go.cr/docs/regiones-cantones.pdf>
- Alley, RB; Marotzke, J; Nordhaus, WD; Overpeck, JT; Peteet, DM; Pielke, RA; Pierrehumbert, RT; Rhines, PB; Stocker, TF; Talley, LD; Wallace, JM. 2003. Abrupt climate change. *Science* 299:2005-2010.
- Arana, A; Campos, J; Velázquez, S; Villalobos, R; Días, A. 2007. Dinámica y factores determinantes de los cambios de la cobertura forestal en el área colindante al Parque Nacional Tapantí Macizo de la Muerte, Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente* (51-52):77-84.
- Arias, E; Chacón, O; Herrera, B; Induni, G; Acevedo, H; Coto, M; Barborak, J. 2008. Las redes de conectividad como base para la planificación de la conservación de la biodiversidad: propuesta para Costa Rica. *Connectivity networks as a basis for biodiversity conservation planning: a proposal for Costa Rica* (en línea). *Recursos Naturales y Ambiente* (54):37-43. Consultado 3 de octubre de 2012. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A3053E/A3053E.PDF>
- Baron, JS; Gunderson, L; Allen, CD; Fleishman, E; McKenzie, D; Meyerson, LA; Oropeza, J; Stephenson, N. 2009. Options for national parks and reserves for adapting to climate change (en línea). *Environmental Management* 44(6):1033-1042. Consultado 3 de octubre de 2012. Disponible en <http://www.springerlink.com/content/k743234185177621/>
- Bennett, AF. 1998. Enlazando el paisaje: el papel de los corredores y la conectividad en la conservación de la vida silvestre. Cambridge, UK, UICN. p. 309.
- Brown, S; Lugo, A. 1990. Tropical secondary forests. *Journal of Tropical Ecology* (6):1-32.
- Butler, RA; Koh, LP; Ghazoul, J. 2009. REDD in the red: palm oil could undermine carbon payment schemes. *Conservation letters* 2(2):67-73.
- Calderon, R; Boucher, T; Bryer, M, .; Sotomayor, L; Kappelle, M. 2004. Setting biodiversity conservation priorities in Central America: Action site selection for the development of a first portfolio. San José, The Nature Conservancy p. 32.
- Canet - Desanti, L. 2007. Herramientas para el diseño, gestión y monitoreo de corredores biológicos en Costa Rica (en línea). Tesis Mag Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 220 Consultado 3 de marzo de 2012. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A1573E/A1573E.PDF>
- Carbonell, F; Torrealba, I. 2007. Conservación en ecotonos interculturales y transfronterizos: Una visión integral en la Reserva de Biosfera La Amistad, Costa Rica-Panamá (En línea). *Revista de la Universidad Autónoma de Chapingo* 50:217-242. Consultado 14 Octubre 2012. Disponible en [www.chapingo.mx/.../0d77b26e6ca885bdf93369774910216e.pdf](http://www.chapingo.mx/.../0d77b26e6ca885bdf93369774910216e.pdf)
- Céspedes, M. 2006. Diseño de una red ecológica de conservación entre la Reserva de Biosfera La Amistad y las áreas protegidas del Área Conservación Osa, Costa Rica. Mag MSc. Turrialba, CR, CATIE. 164
- Céspedes, M; Finegan, B; Delgado, D; Velázquez, S; Campos, J. 2008. Diseño de una red ecológica de conservación entre la Reserva de Biodfera La Amistad y las áreas protegidas del Área de Conservación Osa, Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente* 54:44-50.
- Coloma, C; Caballero, L; Ricart, M; Bueno, S. 2009. Diagnóstico del Refugio Nacional de Vida Silvestre Caño Negro Arenal-Huertar Norte Costa Rica. San José, SINAC.INBio.UAB.AraucariaXXI. p. 194.
- CORBANA (Corporación Bananera Nacional, CR). 2012. Corporación bananera nacional (En línea). Costa Rica. Consultado 25 de junio de 2012. Disponible en <http://www.corbana.co.cr/>
- CORFOGA (Corporación Ganadera, C. 2000. Censo ganadero. San José, CR, MAG-CORFOGA-PEGB. p. 35.

- Chain, A. 2009. Factores que influyen en la composición y diversidad de bosques en una red de conectividad ecológica en un paisaje fragmentado mesoamericano. Tesis Mag Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 143
- Chassot, O; Monge, G. 2006. Plan de Manejo del Refugio Nacional de Vida Silvestre Mixto Maquenque 2006-2010 (En línea). Ciudad Quesada, CR, MINAE-SINAC-ACAHN-Centro Científico Tropical. p. 244. Consultado 17 Octubre 2012. Disponible en <http://www.cct.or.cr/publicaciones/Plan%20Manejo%20Maquenque.pdf>
- Chassot, O; Criado, J; Marin, M; Monge, G. 2008. El cultivo de la Piña: ¿Una alternativa de desarrollo sustentable para el área silvestre protegida Maquenque, Costa Rica? *Mesoamericana* 12(2):13-21.
- Chazdon, RL. 2003. Tropical forest recovery: legacies of human impact and natural disturbances. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 6(1):51-71.
- Davis, M; Shaw, R. 2001. Range shifts and adaptive responses to quaternary climate change. *Science* 292:673-679.
- Desai, M; Sen, A; Boltvinik, J. 1992. Índice de progreso social: Una propuesta. Bogotá, CO, PNUD. p. 101.
- Dudley, N. 2008. Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de las áreas protegidas. Gland, CH, UICN. p. 96.
- Dzib, B. 2003. Manejo, secuestro de carbono e ingresos de tres especies forestales de sombra en cafetales de tres regiones contrastantes de Costa Rica. Mag. Ms.c. Turrialba, CR, CATIE. 124
- Elizondo, M. 2002. Inventario y fluctuación poblacional de insectos y arañas asociadas con *Citrus sinensis* en la región Huertar Norte de Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)* (64):88-98.
- Fitzherbert, EB; Struebig, MJ; Morel, A; Danielsen, F; Brühl, CA; Donald, PF; Phalan, B. 2008. How will oil palm expansion affect biodiversity? *Trends in Ecology & Evolution* 23(10):538-545.
- Florian, E; Harvey, C; Finegan, B; Benjamin, T; Soto, G. 2010. Efecto de la complejidad estructural y el contexto paisajístico en la avifauna de sistemas agroforestales cafetaleros dentro del Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica. *Mesoamericana* 14(3):65-72.
- FONAFIFO (Fondo Nacional de Financiamiento Forestal, CR). s.f. Pago de Servicios Ambientales en Costa Rica. San Jose, CR, Departamento de Gestión de Servicios Ambientales FONAFIFO-MINAE. Consultado 19 Octubre 2012
- Forrestel, A; Peay, KG. 2006. Deforestation in a Complex Landscape (En línea). *Journal of Sustainable Forestry* 22(1-2):49-71. Consultado 4 Octubre 2012. Disponible en [http://scholar.google.es/scholar?q=Deforestation+in+a+Complex+Landscape%3A+La+Amistad+Biosphere+Reserve&btnG=&hl=es&as\\_sdt=0](http://scholar.google.es/scholar?q=Deforestation+in+a+Complex+Landscape%3A+La+Amistad+Biosphere+Reserve&btnG=&hl=es&as_sdt=0)
- Friedmann, A; Weil, B. 2010. Azúcar Orgánica. Potencial de negocios. USAID- Paraguay verde. p. 90.
- Galindo, J; Guevara, S; Sosa, V. 2000. Bat and bird generated seed rains at isolated trees in pastures in a tropical rainforest. *Conservation Biology* 14(6):1693-1703.
- Gamboa, H; Gómez, W; Ibrahim, M. 2009. Sistema agroforestal Quesungual: una buena práctica de adaptación al cambio climático (En línea). In Sepúlveda, C; Ibrahim, M. eds. 2009. Políticas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas. Turrialba, CR, CATIE. 273 p. Consultado 21 de noviembre de 2012. Disponible en [http://qjcgshc.servir.net/publicaciones/CATHALAC\\_CATIE\\_UNEP\\_Políticas\\_y\\_sistemas\\_de\\_incentivos\\_2008.pdf#page=73](http://qjcgshc.servir.net/publicaciones/CATHALAC_CATIE_UNEP_Políticas_y_sistemas_de_incentivos_2008.pdf#page=73)
- Garnica, V. 2011. Universidad EARTH promueve avances en la producción de arroz (En línea). San Jose, CR. Consultado 7 noviembre de 2012. Disponible en <http://www.earth.ac.cr/feature/universidad-earth-invierte-en-investigaciones-en-arroz/>
- Gobbi, J; Casasola, F. 2003. Comportamiento financiero de la inversión en sistemas silvo pastoriles en fincas ganaderas de Esparza, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10(39-40):53- 60.
- Gómez, M; Madrigal, J. s.f. Migración interna en Costa Rica en el período 1997-2000 (En línea). San José, CR 1-34. Consultado 22 Octubre 2012. Disponible en <http://ccp.ucr.ac.cr/bvp/pdf/censo2000/libro-censo/5.1-GomezMadrigal-2.doc.pdf>

- González, C; Ramirez, N; Alosno, D; Rodriguez, R; Estigarribia, E. 2009. Estudio de mercado para proyecto de instalación de fábrica de azúcar orgánica en Arroyos y Esteros, departamento de Cordillera. San Lorenzo, PA, Universidad Nacional de Asunción. Facultad de Ciencias Agrarias. p. 35.
- Guariguata, MR; Ostertag, R. 2001. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. *Forest Ecology and Management* (148):185-206.
- Gutierrez, I; Siles, J. 2008. Diagnóstico de medios de vida y capitales de la comunidad de Humedales de Medio Queso. Los Chiles, Costa Rica. San José, CR, UICN. p. 140.
- Herrera, B; Finegan, B. 2008. La planificación sistemática como instrumento para la conservación de la biodiversidad: Experiencias recientes y desafíos en Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente* 54:4-13.
- Herrera, CE. 2006. Sistema para determinar estimaciones de producción anual en una finca comercial de Banano. Licenciatura. Guácimo, Costa Rica, Earth University. 40
- Hug, S; Reid, H. 2005. Climate change – Biodiversity and livelihood impacts. In Robledo, C; Kanninen, M; Pedroni, L. eds. 2005. *Tropical forests and adaptation to climate change: In search of synergies*. Jakarta, In, CIFOR. 57-70 p.
- Ibrahim, M; Camargo, J. 2001. ¿Cómo aumentar la regeneración de árboles maderables en potreros? *Agroforestería en las Américas* 8(32):35-41.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, CR). 2007. Dinámicas territoriales en la Zona Norte de Costa Rica. San José, CR, IICA. PDR. UCR. 15.
- IMN (Instituto Meteorológico Nacional, CR). 2008. El clima, su variabilidad y cambio climático en Costa Rica. Segunda comunicación nacional (En línea). San José, CR, MINAET, IMN, PNUD, CRRH. p. 75. Consultado 21 de octubre de 2011. Disponible en <http://www.slideshare.net/Socialesdigital/el-clima-variabilidad-y-cambio-climatico-en-cr>
- Instituto de Café de Costa Rica. 2006. Informe sobre la actividad cafetalera de Costa Rica. San José, CR, Congreso Nacional Cafetalero ordinario.
- IPPC (Grupo Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático, NU). 1997. Estabilización de los gases atmosféricos de efecto invernadero: implicaciones físicas, biológicas y socioeconómicas. OMM, PNUMA. p. 63.
- ITCR (Instituto Tecnológico de Costa Rica, CR). 2000. Atlas de Costa Rica. CR, ITCR, Laboratorio de Información Geográfica.
- \_\_\_\_\_. 2008. Atlas de Costa Rica. CR, ITCR, Laboratorio de información Geográfica.
- Jimenez, J. 2007. Diseño de sistemas de producción ganderos sostenibles con base a los sistemas silvopastoriles (SSP) para mejorar la producción animal y lograr la sostenibilidad ambiental. Tesis Mag Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 122
- Jimenez, M. 2009. Resiliencia de los ecosistemas naturales terrestres de Costa Rica al cambio climático. Tesis Mag Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 155
- Kattan, G. 2002. Fragmentación: patrones y mecanismos de extinción de especies. In Guariguata, MR; Kattan, G. eds. 2002. *Ecología y conservación de Bosques Neotropicales*. Primera edición ed. Cartago, CR, Ediciones LUR. EULAC/GTZ.
- Kellon, D; León, R; Marsh, R. 2011. Pineapple producer perspectives and policy implications to promote ecologically sustainable production of pineapple in Costa Rica. *Ecoagriculture Report*. Washington, D.C. US, EcoAgriculture Partners. p. 25.
- Lindenmayer, D; Franklin, J; Fischer, J. 2006. General management principles and a checklist of strategies to guide forest biodiversity conservation. *Biological conservation* 131(3):433-445.
- Louman, B; Quirós, D; Nilsson, M. 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Turrialba, CR, CATIE. v. 46, 252.
- Lyngbaek, A; Muschler, R; Sinclair, F. 2001. Productivity and profitability of multistrata organic versus conventional coffee farms in Costa Rica (En línea). *Agroforestry Systems* 53(2):205-213. Consultado 5 de diciembre de 2012. Disponible en <http://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1013332722014?LI=true#page-1>
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR).. 2007a. Plan estratégico de la cadena productiva de maíz y frijol 2008 - 2010. CR, MAG- PFPAS. p. 105.

- \_\_\_\_\_. 2007b. Agrocadena de la caña de azúcar para la producción de dulce. Puriscal, CR, Dirección regional central sur. Comisión técnica regional. p. 80.
- Martínez, M. 2005. Contribución económica del componente forestal en diferentes tipos de fincas cafetaleras en la bocacosta pacífica de Guatemala. Mag. Ms.c. Turrialba, CR, CATIE. 148
- Martínez, P; Lagos, O. 2009. Análisis del potencial turístico del Corredor Biológico Mesoamericano deficiencias y posibilidades. Recursos Naturales y Ambiente (56-57):160-164.
- MIDEPLAN (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica, CR). 2007. Índice de desarrollo social 2007 (en línea). San José, CR, MIDEPLAN. p. 143. Consultado 12 de septiembre de 2012. Disponible en <http://www.ifam.go.cr/PaginaIFAM/docs/PRODUCTOS%20FOMUDE%202006-2011/R5-Productos/P9%20L%C3%ADnea%20Base%20Red%20Nacional%20Observatorios/7-Socioecon%C3%B3micos%20nacional,%20cantonal%20y%20distrital/Indice%20de%20Desarrollo%20Social/Indice%20desarrollo%20Social2007.pdf>
- Miles, L; Kapos, V. 2008. Reducing greenhouse gas emissions from deforestation and forest degradation: global land-use implications. *Science* 320(5882):1454-1455.
- MINAET (Ministerio de Ambiente, EyT, , CR); FONAFIFO (Fondo Nacional de Financiamiento Forestal, CR). 2012. Estudio de cobertura forestal de Costa Rica 2009-2010 (En línea). Cooperación Financiera entre Alemania y Costa Rica. Proyecto: Programa Forestal Huetar Norte. p. 26. Consultado 12 de octubre de 2012. Disponible en <http://www.minae.go.cr/recursos/cobertura-forestal/estudio-cobertura-forestal-fonafifo-marzo2012.pdf>
- Muñoz, A. 2002. Variación estacional del viento en Costa Rica y su relación con los regímenes de lluvia (En línea). *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos* 9(1):1-13. Consultado 20 de septiembre de 2011. Disponible en <http://www.imn.ac.cr/publicaciones/revista/Ana%20Cecilia%201%20Final%2020030702.pdf>
- Murrieta, E. 2006. Caracterización de cobertura vegetal y propuesta de una red de conectividad ecológica en el Corredor Biológico Volcánica Central - Talamanca, Costa Rica. Mag. Ms.c Turrialba, CR, CATIE. 141
- Murrieta, E; Finegan, B; Delgado, D; Villalobos, R; Campos, J. 2007. Propuesta para una red de conectividad ecológica en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente* (51-52):69-75.
- Myers, EC. 2007. Policies to reduce emissions from deforestation and degradation (REDD) in tropical forests. *Resource for The Future*. Washington:50.
- Navarro, G; Bermúdez, G; Kuan, E. 2005. Análisis financiero de la situación actual y diversificada de 4 fincas cafetaleras representativas de la zona de El Tuma - La Dalia y Rancho Grande, Matagalpa, Nicaragua. Turrialba, CR, CATIE. p. 297.
- Parmesan, C. 2005. Biotic response: range and abundance changes. *In* Lovejoy, T; Hannah, L. eds. 2005. *Climate change and biodiversity*. New Haven, US., Yale University Press. 41-55 p.
- Patt, AG; van Vuuren, DP; Berkhout, F; Aaheim, A; Hof, AF; Isaac, M; Mechler, R. 2010. Adaptation in integrated assessment modeling: where do we stand? (en línea). *Climatic Change* 99(3):383-402. Consultado 1 de octubre de 2012. Disponible en <http://www.springerlink.com/content/q0026gu420415704/>
- Patz, JA; Campbell-Lendrum, D; Holloway, T; Foley, JA. 2005. Impact of regional climate change on human health. *Nature* 438(7066):310-317.
- Pitacuar, M. 2010. Análisis económico para entender la forma en que se asignan los bosques y otros usos de la tierra en el Corredor Biológico San Juan La Selva, Costa Rica. Mag MSc. Turrialba, CR, CATIE. 124
- Purnomo, H; Herawati, H; Santoso, H. 2011. Indicators for assessing Indonesia's Javan rhino National Park vulnerability to climate change (en línea). *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 16(7):733-747. Consultado 23 de septiembre de 2012. Disponible en <http://www.springerlink.com/content/x2417351622455x8/>

- Quirós, L. 2001. Integración en la producción de naranja en espacios rurales (En línea). *Perspectivas rurales* (9):175-193. Consultado 8 Noviembre 2012. Disponible en <http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/perspectivasrurales/article/view/3562>
- Ramos, Z; Finegan, B. 2005. Una red ecológica para la conservación de la biodiversidad. *Corredor biológico San Juan La Selva Recursos, Ciencia y Decisión* (4):1-4.
- Rodriguez, H. 1999. Fertilización del cultivo de Arroz (*Oryza sativa*) (En línea). In XI Congreso Nacional Agrónomo/ III Congreso Nacional de Suelos (1999). Short Fertilización del cultivo de Arroz (*Oryza sativa*). MAG (Ministerio Agricultura y Ganadería). 123-136 p. Consultado 9 Noviembre 2012. Disponible en [www.mag.go.cr/congreso\\_agronomico\\_xi/a50-6907-III\\_123.pdf](http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_123.pdf)
- Rodriguez, O. 2002. Evaluación del potencial turística de las aves como contribución al desarrollo sostenible de las comunidades de montaña en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Tapantí Macizo de la Muerte, Costa Rica. *MAG. Ms.c. Turrialba, Costa Rica, CATIE*. 156
- Rojas, F; Arias, D; Moya, R; Meza, A; Arguedas, M. 2004. Manual para productores de melina *Gmelina arborea* en Costa Rica (En línea). Cartago, CR, Fonafifo. Consultado 3 de julio de 2012. Disponible en [http://www.fonafifo.com/text\\_files/proyectos/Manual%20Prod%20Melina.pdf](http://www.fonafifo.com/text_files/proyectos/Manual%20Prod%20Melina.pdf)
- Rosero-Bixby, L; Maldonado-Ulloa, T; Bonilla-Carrión, R. 2002. Bosque y población en la Península de Osa, Costa Rica (En línea). *Revista de Biología Tropical* 50(2):585-598. Consultado 24 Octubre 2012. Disponible en [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442002000200018&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442002000200018&script=sci_arttext)
- Salgado, J. 2010. Fijación de carbono en biomasa aérea y rentabilidad financiera de sistemas agroforestales con café en Turrialba, Costa Rica y Masatepe, Nicaragua (en línea). Tesis Mag Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 126 Consultado 5 junio de 2012. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A5383E/A5383E.PDF>
- Sánchez-Azofeifa, GA; Pfaff, A; Robalino, JA; Boomhower, JP. 2007. Costa Rica's payment for environmental services program: intention, implementation, and impact (En línea). *Conservation Biology* 21(5):1165-1173. Consultado 12 Septiembre 2012. Disponible en <http://scholar.google.es/scholar?hl=es&q=Costa+Rica%20E2%80%99s+Payment+for+Environmental+Services+Program%3A+Intention%2C+Implementation%2C+and+Impact&btnG=&lr=>
- Sánchez, D; Harvey, C; Grijalva, A; Medina, A; Vilchez, S; Hernandez, B. 2005. Diversidad, composición y estructura de la vegetación en un agropaisaje ganadero en Matiguás, Nicaragua. *Revista de Biología Tropical* 53(3-4):387-414.
- Sánchez, D; Finegan, B; Harvey, C; Delgado, D. 2007. Tipos de bosques en el sector sur del Corredor Biológico del Atlántico, Nicaragua. *Recursos Naturales y Ambiente* (51-52).
- Sauceda, M. 2010. Impacto del arreglo espacial del componente arbóreo en sistemas silvopastoriles sobre el nivel de sombreado y la conectividad estructural de los paisajes en los municipios de Belén y Matiguás, Nicaragua. *Mag MSc. Turrialba, CR, CATIE*. 110
- Sieck, M; Ibsch, PL; Moloney, KA; Jeltsch, F. 2011. Current models broadly neglect specific needs of biodiversity conservation in protected areas under climate change (en línea). *BMC ecology* 11(1):12. Consultado 13 de septiembre de 2012. Disponible en <http://betapublishing.com/1472-6785/11/12>
- Sierra, C; Vartanión, D; Polimeni, J. 2003. Caracterización Social, Económica y Ambiental del Área de Conservación Osa (En línea). San José, CR, Ministerio de Ambiente y Energía. 213 p. Consultado 18 de Febrero de 2012 Disponible en <http://www.interfazweb.net/ifuclientes/ambienteglobal/acosacarac/esp/acosacarac.html>
- SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación, CR); MINAET (Ministerio de Ambiente, Energía, Turismo y Recursos Naturales, CR); ACCVC (Área de Conservación Cordillera Volcánica Central, CR). 2005. Plan de Manejo del Parque Nacional Braulio Carrillo (En línea). San José, CR, ACCVC & Onca Natural. p. 157. Consultado 22 Octubre. Disponible en <http://www.accvc.org/index.php?module=Pagesetter&func=viewpub&tid=4&pid=4>

- SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación, CR). 2006. Política de Manejo Compartido de las Áreas Silvestres Protegidas de Costa Rica (En línea). San José, CR, SINAC- MINAE. p. 47. Consultado 26 de octubre de 2012. Disponible en [http://books.google.co.cr/books?id=ZRhXSUodLnYC&printsec=frontcover&hl=es&source=gs\\_bse\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](http://books.google.co.cr/books?id=ZRhXSUodLnYC&printsec=frontcover&hl=es&source=gs_bse_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- \_\_\_\_\_. 2007a. Gruas II. Propuesta de ordenamiento territorial para la conservación de la biodiversidad de Costa Rica (En línea). San José, CR, SINAC-MINAE- Asociación Conservación de la Naturaleza. p. 104. (1). Consultado 12 junio de 2012. Disponible en [www.usegcr.com/es/documentos/.../doc.../13-gruas-ii-vol-i.html](http://www.usegcr.com/es/documentos/.../doc.../13-gruas-ii-vol-i.html)
- \_\_\_\_\_. 2007b. Manual de objetivos, indicadores y protocolos (en línea). San Jose, CR, Asociación Conservación de la Naturaleza. Programa de monitoreo ecológico de las áreas protegidas y corredores biológicos de Costa Rica (PROMECC-CR). p. 28. Consultado 11 de octubre de 2011. Disponible en [www.catie.ac.cr/BancoMedios/Documentos%20PDF/promec%20ii-8.pdf](http://www.catie.ac.cr/BancoMedios/Documentos%20PDF/promec%20ii-8.pdf)
- \_\_\_\_\_. 2008. Guía práctica para el diseño, oficialización y consolidación de corredores biológicos de Costa Rica. San José CR, SINAC-MINAE. Comité apoyo a corredores biológicos.
- SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación, CR); ACCVC (Área de Conservación Cordillera Volcanica Central, CR). 2008a. Plan General de Manejo Parque Nacional Volcán Irazú. San José, CR, ACCVC y Onca Natural. p. 101.
- \_\_\_\_\_. 2008b. Plan de Manejo del Parque Nacional Volcán Turrialba. Cartago, CR, ACCVC. Onca Natural. p. 97.
- SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación, CR). 2012. Parque Nacional Volcán Tenorio (En línea). San José, CR. Consultado 4 de Noviembre 2012. Disponible en <http://www.sinac.go.cr/>
- Stacey, D. 2003. Climate and biological control in organic crops (En línea). International Journal of Pest Management 49(3):205-214. Consultado 12 de octubre de 2012. Disponible en <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/0967087031000085042>
- Streed, E; Nichols, D; Gallatin, K. 2006. A financial analysis of small- scale tropical reforestation with native species in costa Rica. Journal of Forestry July/August:276-282.
- Stucki, V; Smith, M. 2011. Integrated approaches to natural resources management in practice: the catalyzing role of National Adaptation Programmes for Action (en línea). AMBIO: A Journal of the Human Environment 40(4):351-360. Consultado 12 de agosto de 2012. Disponible en <http://www.springerlink.com/content/q11552066088875h/>
- Thuiller, W. 2007. Biodiversity: climate change and the ecologist (En línea). Nature 448(7153):550-552. Consultado 13 de septiembre de 2011. Disponible en <http://www.nature.com/nature/journal/v448/n7153/full/448550a.html>
- Tinoco, M; Acuña, A. 2008. Manual de recomendaciones del cultivo de arroz (*Oryza sativa*). San José, CR, Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. p. 78.
- Turra, C; Fernandes, E; Bacchi, M; Tagliaferro, F; França, E. 2006. Differences between elemental composition of orange juices and leaves from organic and conventional production systems. Journal of radioanalytical and nuclear chemistry 270(1):203-208.
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change, NU). 1992. Convención marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (En línea). UNFCCC. Consultado 3 de septiembre de 2012. Disponible en <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- Universidad Earth. 2012. Producción bananera en la EARTH: ecológicamente sostenible (En línea). Consultado 26 Octubre 2012. Disponible en <http://www.earth.ac.cr/feature/produccion-bananera-en-earth-ecologicamente-sostenible/>
- Useche, D. 2007. Diseño de redes ecológicas de conectividad para la conservación y restauración del paisaje en Nicaragua, Centroamérica. Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 233
- Vilchez, B; Chazdon, R; Quesada, V. 2008. Dinámica de la regeneración en cuatro bosques secundarios tropicales de la región de Huetar Norte, Costa Rica: su valor para la conservación o uso comercial. Recursos Naturales y Ambiente (55):118-128.
- Villalobos, R; Retana, JA. 1997. Posibles efectos de un calentamiento global en el cultivo de arroz de secano en el Pacífico Norte de Costa Rica. Agronomía Costarricense (Costa Rica) 21(2):179-188.

- Villanueva, C; Ibrahim, M; Haensel. 2010. Producción y rentabilidad de sistemas silvopastoriles: estudios de caso en América Central Turrialba, CR, CATIE. v. 95,
- Villate, R; Canet - Desanti, L; Calderon, R; Monge, G. 2008. El Corredor Biológico San Juan La Selva: una estrategia exitosa de conservación. San José, CR, The Nature Conservancy. CATIE. Centro Científico Tropical. p. 96.
- Walther, GR; Post, E; Convey, P; Menzel, A; Parmesan, C; Beebee, TJC; Fromentin, JM; Hoegh-Guldberg, O; Bairlein, F. 2002. Ecological responses to recent climate change (En línea). Nature 416(6879):389-395. Consultado 2 de septiembre de 2012. Disponible en <http://www.nature.com/nature/journal/v416/n6879/full/416389a.html>
- Zea, Y. 2003. Análisis económico del manejo forestal sostenible: implicaciones de la aplicación del monitoreo ecológico en la rentabilidad del manejo en bosques con alto valor de conservación bajo certificación, región autónoma del atlántico norte, Nicaragua. Tesis Mag Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 115

## ANEXOS

### Anexo 1. Montos asignados al PSA



### Montos asignados al Pago de los Servicios Ambientales por Modalidad, para el año 2012

Modalidad	Monto (\$)
Protección de Bosque	640,00
Protección de Recurso Hídrico	800,00
Protección en Vacíos de Conservación	750,00
Protección Dentro de Áreas Silvestres Protegidas	640,00
Reforestación	980,00
Reforestación con Especies en Vías de Extinción	1.470,00
Reforestación en Áreas de Protección	980,00
Segundas Cosechas	980,00
Regeneración en Potreros en Tierras Kyoto o Carbono	640,00
Regeneración en Potreros	410,00
Regeneración con Potencial Productivo	410,00
Manejo de Bosque	500,00
Sistemas Agroforestales	1,30
Sistemas Agroforestales en Café	1,30
Sistemas Agroforestales Especies en Extinción	1,95
Sistemas Agroforestales con Especies Nativas	2,60

Fuente: Decreto Ejecutivo No. 36935-MINAET



## Anexo 2. Distribución de pagos PSA.



### Distribución de pagos 2006 - 2012

Distribución de los Pagos de los Servicios Ambientales del período 2012, por Modalidad

Modalidades	1er año	2do año	3er año	4to año	5to año	6to año	7mo año	8vo año	9no año	10mo año
Protección de Bosque	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Protección dentro de Áreas Silvestres Protegidas	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Protección de Recurso Hídrico	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Protección en Vacíos de Conservación	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Regeneración en Potreros en Tierras Kyoto o Carbono	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Regeneración en Potreros	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Regeneración con Potencial Productivo	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Reforestación	50%	20%	15%	10%	5%	-	-	-	-	-
Reforestación en Áreas de Protección	50%	20%	15%	10%	5%	-	-	-	-	-
Reforestación con Especies en Vías de Extinción	50%	20%	15%	10%	5%	-	-	-	-	-
Segundas Cosechas	50%	20%	15%	10%	5%	-	-	-	-	-
Manejo de Bosque	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Sistemas Agroforestales	65%	20%	15%	-	-	-	-	-	-	-
Sistemas Agroforestales en Café	65%	20%	15%	-	-	-	-	-	-	-
Sistemas Agroforestales con Especies en Vías de Extinción	65%	20%	15%	-	-	-	-	-	-	-
Sistemas Agroforestales con Especies Nativas	40%	15%	15%	15%	15%	-	-	-	-	-

Fuente: Decreto Ejecutivo No. 36935-MINAET

**Anexo 3. Encuesta valor de fricción.**

**Índices de fricción para diferentes usos del suelo en Costa Rica.**

**Guía de encuesta**

Estimado profesor, el propósito de la entrevista es conocer información útil que me permita identificar los principales factores que influyen en la fricción de algunos de los diferentes usos del suelo de Costa Rica. Entendiéndose como “fricción una medida de la resistencia del paisaje al movimiento de las especies” (Céspedes 2006). La información que Ud. proporcione será de mucho valor a la hora de analizar los datos para mi investigación.

**Nombre del encuestado:** \_\_\_\_\_ **Fecha:** \_\_\_\_\_

**Cargo:** \_\_\_\_\_

**Profesión (último grado obtenido):** \_\_\_\_\_

**Hora inicio:** \_\_\_\_\_ **Hora finalización:** \_\_\_\_\_

A continuación se presenta una tabla con diferentes usos de suelo para que por favor Usted asigne un valor de fricción de acuerdo con su criterio de Docente-investigador. La escala de valores se encuentra entre 1-17, donde 1 es el valor de menor fricción y 17 el valor de mayor fricción. Para la asignación de los valores tenga en cuenta los siguientes supuestos

1. Especies con gran dependencia al bosque y Áreas Silvestres Protegidas.
2. Especies generalistas.
3. El propósito es conectividad estructural
4. Especies con capacidad media o baja para desplazarse en áreas abiertas.

<b>USO DEL SUELO</b>	<b>VALOR DE FRICCIÓN</b>	<b>ARGUMENTOS DE ASIGNACIÓN FRICCIÓN</b>
Bosques		
Cultivo de café sin sombra		
SAF de café		
Cultivo de caña de azúcar		
Cultivo de piña		
Cultivo de arroz		
Cultivo de banano		
Cultivo de palma de aceite		
Cultivo de plátano		
Cultivo de frijol		
Cultivo de maíz		

Otros cultivos (Raíces y tubérculos, hortalizas, frutales y cítricos)		
Pasto		
Sistema silvopastoril con árboles		
Plantación forestal de <u>Tectona grandis</u> (Teca)		
Plantación forestal de <u>Gmelinia arborea</u>		
Plantación forestal con especies nativas (Vochyseae ferruginea, Terminalia amazonica, Vochyseae guatemalensis)		

**Muchas gracias por su gran colaboración y valioso aporte.**

## Anexo 4. Asignación presupuestal anual de PSA.



**Fondo Nacional de Financiamiento Forestal**  
Asignación Presupuestaria para CAF y PSA por Fuente de Financiamiento  
Período 1995 - 2012 (en colones)  
Fecha de corte 07 mayo 2012

AÑO	CAF	PSA (Presupuesto Ordinario)	PSA Ecomercados	PSA ( Pres. Kfw)	PSA (CNFL)	PSA (Convenio con Florida Ice and Farm)	PSA (Convenios con Empresas Hidroeléctricas)	PSA (CSA)	TOTAL
1995	1.614.000.000,00	-	-	-	-	-	-	-	1.614.000.000,00
1996	1.651.000.000,00	-	-	-	-	-	-	-	1.651.000.000,00
1997	1.789.000.000,00	-	-	-	-	-	-	-	1.789.000.000,00
1998	2.381.000.000,00	1.269.000.000,00	-	-	-	-	1.988.377,96	-	3.651.986.377,96
1999	1.560.000.000,00	2.406.000.000,00	-	-	-	-	2.104.979,69	-	3.998.104.979,69
2000	1.373.300.000,00	2.098.250.000,00	-	-	-	-	-	-	3.471.550.000,00
2001	1.250.960.000,00	2.345.127.500,00	655.400.000,00	-	75.825.407,16	1.514.655,80	9.141.254,81	-	4.337.968.817,77
2002	1.243.000.000,00	3.066.900.000,00	2.946.690.575,93	-	78.328.727,45	17.269.528,02	6.416.614,71	-	7.358.605.446,11
2003	1.000.000.000,00	1.369.300.000,00	2.960.722.972,59	1.714.503.195,25	153.510.162,75	15.949.857,11	19.772.806,02	-	7.263.758.993,72
2004	1.080.000.000,00	1.511.200.000,00	3.536.000.000,00	810.942.757,00	154.885.509,29	-	1.713.588,00	-	7.094.741.854,29
2005	200.000.000,00	1.511.200.000,00	3.436.921.762,39	1.008.873.797,56	191.351.928,80	17.068.700,89	16.971.550,50	-	6.382.387.740,14
2006	-	5.800.000.000,00	2.813.182.608,00	850.298.210,00	214.640.961,37	20.888.700,89	21.020.007,05	-	9.520.010.487,31
2007	-	6.160.000.000,00	-	861.309.033,00	204.825.344,00	1.493.446,00	49.608.026,00	-	7.077.235.849,00
2008	-	6.529.600.000,00	-	500.624.794,00	178.891.384,00	-	20.891.214,00	49.499.488,00	7.279.476.848,00
2009	-	6.921.400.000,00	3.117.771.000,00	219.988.832,00	218.152.008,00	-	38.448.124,00	115.800.570,00	10.631.560.534,00
2010	-	11.218.900.000,00	4.024.772.256,00	-	92.700.000,00	-	10.000.000,00	50.000.000,00	15.396.372.256,00
2011	-	10.111.333.463,00	5.800.000.000,00	158.668.168,00	362.273.860,00	-	15.000.000,00	5.000.000,00	16.452.275.341,00
2012	-	11.362.542.525,00	2.815.542.153,00	-	61.788.428,00	-	-	-	14.228.873.106,00
<b>TOTAL</b>	<b>15.172.260.000,00</b>	<b>73.500.753.518,00</b>	<b>32.107.003.327,91</b>	<b>5.925.208.756,81</b>	<b>1.987.143.540,82</b>	<b>74.164.888,71</b>	<b>213.074.542,74</b>	<b>220.300.056,00</b>	<b>129.199.908.630,99</b>

Fuente: Departamento Financiero Contable/ Unidad de Presupuesto de FONAFIFO -MINAET

**Anexo 5. Superficie en hectáreas de las coberturas de los cantones de la provincia de Alajuela.**

Cantón	Ha.	ASP (ha)	Principales Cultivos Por Cantón (Hectáreas)									Otros Cultivos (ha)	Pastos (ha)	Plantación Forestal (ha)	Bosque Fuera ASP (ha)	Urbano Y Otros Usos (ha)	
			Café	Arroz	Palma Aceitera	Piña	Caña Azúcar	Frijol	Maíz	Banano	Plátano						
Alajuela	38.843	3.973,0	4.838	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,30	154,00	4.998,38	455,59	6.056,47	18.364,1
Alfaro Ruíz	15.515	1.866,6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.429,00	5.324,50	0,00	3.234,67	2.660,1
Atenas	12.719	1.738,4	1.630	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	515,50	1.926,00	66,76	111,42	6.730,8
Grecia	39.572	4.293,2	4.268	0,00	0,00	3.200	3.500	0,00	0,00	0,00	0,00	106,80	870,32	12.743,1	700,52	4.507,49	5.382,5
Guatuso	75.832	14.163,7	0,00	1.091,00	0,00	1.400	0,00	350,00	0,00	0,00	0,00	134,60	1.898,63	37.640,1	1.665,76	1.207,86	16.280,3
Los Chiles	135.886	19.455,8	0,00	2.964,05	0,00	392,00	0,00	4.100	436	0,00	0,00	13,90	5.158,67	43.216,0	4.197,16	7.968,25	47.984,1
Naranjo	12.662	1.340,2	6.881	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	148,00	1.360,00	0,00	229,94	2.702,8
Orotina	14.192	644,5	0,00	85,00	0,00	0,00	0,00	165,00	12	0,00	0,00	0,00	1.654,00	2.464,84	552,03	252,14	8.254,4
Palmares	3.806	8,4	1.904	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	28,00	85,50	0,00	33,24	1.746,8
Poás	7.384	836,8	2.288	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	83,00	1.244,00	0,00	480,04	2.452,1
San Carlos	334.798	54.054,5	131	2.415,45	0,00	16.003	4.485	150,00	2.518	0,00	0,00	598,90	7.868,84	138.229	16.682,70	63.795,8	27.865,6
San Mateo	12.590	0,00	413	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	890,00	2.560,77	932,79	1.644,67	6.148,7
San Ramón	101.864	32.773,3	5.045	0,00	0,00	150,00	910,00	0,00	0,00	0,00	0,00	123,60	2.146,55	14.275,2	35,39	24.274,8	22.129,9
Upala	158.067	33.849,7	0,00	12.407,45	0,00	836,00	0,00	4.800,00	1.198	0,00	0,00	180,70	2.436,35	62.745,95	943,03	32.009,7	6.660,0
Valverde Vega	12.025	7.991,03	1.458	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	115,00	923,00	0,00	1.171,53	366,4
<b>Total</b>	<b>975.755</b>	<b>176.989</b>	<b>28.856</b>	<b>18.962</b>	<b>0,00</b>	<b>21.981</b>	<b>8.895,0</b>	<b>9.565</b>	<b>4.272</b>	<b>0,00</b>	<b>1.161,8</b>	<b>26.395,86</b>	<b>329.736,4</b>	<b>329.736,4</b>	<b>26.231,7</b>	<b>146.978</b>	<b>175.729,2</b>

**Anexo 6. Superficie en hectáreas de las coberturas de la provincia de Cartago.**

Cantón	Ha	ASP (ha)	Principales Cultivos Por Cantón (Hectáreas)									Otros Cultivos (ha)	Pastos (ha)	Plantación Forestal (ha)	Bosque Fuera ASP (ha)	Urbano y Otros Usos (ha)
			Café	Arroz	Palma aceitera	Piña	Caña azúcar	Frijol	Maíz	Banano	Plátano					
Alvarado	8.106	1.074,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.078	2.019,2	0	468,85	3.465,86
Cartago	28.777	8.776,48	2.21	0	0	0	0	0	0	0	0	2.635	1.847,2	170,10	3.059,53	10.075,6
El Guarco	16.769	10.008,5	617	0	0	0	0	0	0	0	0	859	1.891,13	283,07	2.008,91	1.101,31
Jiménez	28.643	6.817,46	571	0	0	0	2.117	0	0	0	0	460	1.221,36	0	9.002,77	8.453,41
La Unión	4.483	1.317,16	636	0	0	0	0	0	0	0	0	0	230,22	0	328,03	1.971,59
Oreamuno	20.231	13.562,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.499	2.987,53	0	292,76	1.888,73
Paraíso	41.191	29.535,5	2.913	0	0	0	0	0	0	0	0	649	1.565,55	84,76	5.518,31	924,82
Turrialba	164.267	69.218,1	7.934	0	0	0	3.500	186	0	0	4.500	671	11.226,7	685,45	48.978	17.367,5
<b>Total</b>	<b>312.467</b>	<b>140.310</b>	<b>14.884</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>5.617</b>	<b>186</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>4.500</b>	<b>7.851</b>	<b>22.989</b>	<b>1.223,38</b>	<b>69.657,2</b>	<b>45.248,9</b>

**Anexo 7. Superficie en hectáreas de las coberturas de la provincia de Guanacaste**

Cantón	Ha.	ASP (Ha)	Principales Cultivos Por Cantón (Hectáreas)									Otros Cultivos	Pastos	Plantación Forestal	Bosque Fuera ASP	Urbano Y Otros Usos
			Café	Arroz	Palma Aceitera	Piña	Caña Azúcar	Frijol	Maíz	Banano	Plátano					
Abangares	67.576	4.367,8	464	444,50	0	0	70	35	45	0	6,75	489,36	24.499	2.091,87	28.976,4	5.455,3
Bagaces	127.349	27.477	0	7.262,8	0	0	4.467	60	85	0	2	694	49.702	144,14	35.115	2.339,2
Cañas	68.220	3.466,3	0	4.512,7	0	0	6.604	35	0	0	0	32	25.039	596,15	24.490,6	3.443,6
Carrillo	57.754	1.902,60	0	1.598,00	0	0	9.271	75	70	0	0	160	10.034,74	1.645,62	20.667,66	12.329
Hojancha	26.142	946,30	262	0	0	0	0	40	0	0	0	37	7.727,4	2.481,21	14.592,3	55,71
La Cruz	138.39	73.330,88	0	265,00	0	0	0	2.600	950	0	60	7.370	19.077,73	4.184,81	17.780,46	12.771
Liberia	145.60	29.332	0	10.574	0	0	8.078	75	60	0	2	2.199,5	30.244	215,71	45.200,2	19.618
Nandayure	56.559	280,86	308	1.964,1	0	0	0	45	135	0	5	599	16.332	4.619,54	31.854,5	415,50
Nicoya	133.368	6.848	142	875,30	0	0	217	350	650	0	0	520	44.345	7.185,27	61.252	10.982
Santa Cruz	131.227	6.621,1	22	1.318,2	0	0	1.092	350	235	0	0	935	32.729	4.862,11	70.466,2	12.595
Tilarán	63.839	8.167,1	285	0	0	0	0	0	0	0	0	69,5	26.446	0	21.342,7	7.528,4
<b>Total</b>	<b>1.016.024</b>	<b>162.741</b>	<b>1.483</b>	<b>28.814,6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>30.429</b>	<b>3.665</b>	<b>2.230</b>	<b>0,00</b>	<b>75,75</b>	<b>13.105,3</b>	<b>286.180</b>	<b>28.026,42</b>	<b>371.738,18</b>	<b>87.534</b>

**Anexo 8. Superficie en hectáreas de las coberturas de la provincia de Heredia.**

	Ha	ASP (Ha)	Principales Cultivos Por Cantón (Hectáreas)									Otros Cultivos	Pastos	Plantación Forestal	Bosque Fuera ASP	Urbano Y Otros Usos
			Café	Arroz	Palma Aceite	Piña	Caña Azúcar	Frijol	Maíz	Banano	Plátano					
<b>Belén</b>	1.215	0	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	137	0	0	1.043,00
<b>Flores</b>	696	0	115	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	579,00
<b>Heredia</b>	28.260	23.964	544	0	0	0	0	0	0	0	0	103	970	5,15	987,13	1.686,59
<b>San Isidro</b>	2.696	296,42	445	0	0	0	0	0	0	0	0	18	350	7,07	156,93	1.422,58
<b>San Pablo</b>	753	0	304	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86	0	0	363,00
<b>San Rafael</b>	4.839	837,38	792	0	0	0	0	0	0	0	0	0	422	0	575,43	2.212,19
<b>Santa Bárbara</b>	5.321	950,03	1.42	0	0	0	0	0	0	0	0	63	1.302	157,15	483,49	941,33
<b>Santo Domingo</b>	2.484	0	929	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	80,94	1.456,06
<b>Sarapiquí</b>	214.054	68.394	3	3.102,5	72	5.742	0	0	88,5	6.038	453	3.462,7	48.949	16.646,81	46.158,5	14.943,5
<b>Total</b>	<b>265.698</b>	<b>95.629</b>	<b>5.949</b>	<b>3.102,5</b>	<b>72,00</b>	<b>5.742</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>88,5</b>	<b>6.038,0</b>	<b>453,00</b>	<b>3.646,7</b>	<b>53.160</b>	<b>16.838,16</b>	<b>49.522,8</b>	<b>25.455,4</b>



**Anexo 9. Superficie en hectáreas de las coberturas de los cantones de la provincia de Limón.**

Cantón	Ha.	ASP (Ha)	Principales Cultivos Por Cantón (Hectáreas)									Otros Cultivos	Pastos	Plantación Forestal	Bosque Fuera ASP	Urbano Y Otros Usos
			Café	Arroz	Palma Aceite	Piña	Caña Azúcar	Frijol	Maíz	Banano	Plátano					
<b>Guácimo</b>	57.648	8.467,19	0,0	50	387	7.000	0,0	0,0	0,0	3.624	170	780	17.256,5	622,95	15.671,4	3.618,9
<b>Limón</b>	176.579	53.582,3	0,0	0,00	170	0,0	0,0	0,0	0,0	3.779	280	296	14.395,8	4.515,16	89.124,7	10.436
<b>Matina</b>	77.264	6.184,31	0,0	516,2	719	0,0	0,0	0,0	0,0	10.126	375	113	11.555	1.983,68	37.955,2	7.736,5
<b>Pococí</b>	240.349	109.721	0,0	1.227,5	352	1.183	0,0	0,0	0,0	8.984	478	4.165	65.282,8	588,45	38.681,7	9.685,1
<b>Siquirres</b>	86.019	12.849,5	97	0,00	481	3.928	0,0	0,0	130	7.789	277	152	29.259,5	4.439,64	22.070,6	4.545,7
<b>Talamanca</b>	280.993	166.485	0,0	74,55	72	0,0	0,0	0,0	0,0	1.901	2.038	1.800	6.075	1.165,53	89.032,2	12.348
<b>Total</b>	<b>918.852</b>	<b>357.290</b>	<b>97</b>	<b>1.868,2</b>	<b>2.181,0</b>	<b>12.111</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>130</b>	<b>36.203,0</b>	<b>3.618,00</b>	<b>7.306,0</b>	<b>143.824</b>	<b>13.315,42</b>	<b>292.535,</b>	<b>48.371</b>

**Anexo 10. Superficie en hectáreas de las coberturas de la provincia de Puntarenas**

Cantón	Ha.	ASP (Ha)	Principales Cultivos Por Cantón (Hectáreas)									Otros Cultivos	Pastos	Plantación Forestal	Bosque Fuera ASP	Urbano y otros usos
			Café	Arroz	Palma Aceite	Piña	Caña Azúcar	Frijol	Maíz	Banano	Plátano					
Aguirre	54.377	2.596,57	26	1.843,9	10.750	510	0,0	135	26	0,0	0,0	0,0	9.566,7	2.339,70	21.040,2	5.542,91
Buenos Aires	238.422	17.156,8	1.424	157	0,0	7.80	1.150	1.750	700	0,0	50	719	63.481	7.999,13	60.388,5	75.645,6
Corredores	62.060	0,0	0,0	5.345,9	14.790	0,0	0,0	0,0	0,0	224	750	643	8.239,9	3.455,46	13.581,2	15.030,4
Coto Brus	93.391	28.377,8	10.215	0,0	0,0	0,0	0,0	500	0,0	0,0	100	295	20.712,	76,14	17.124,7	15.989,4
Esparza	21.680	2.841,77	0,0	85	0,0	0,0	350	0,0	0,0	0,0	0,0	244	8.824,8	219,35	3.747,39	5.367,64
Garabito	31.631	3.305,26	0,0	458	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3.170,4	145,79	10.355,6	14.195,8
Golfito	175.396	67.607,6	0,0	4.636,9	7.400	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100	47	25.152	4.107,98	54.320,5	12.023,8
Montes de Oro	24.476	2.439,30	175	33	0,0	0,0	0,0	110	76	0,0	0,0	25	6.529,2	391,20	8.633,23	6.064,05
Osa	193.024	76.820,6	2	10.436	9.410	0,0	0,0	470	0,0	0,0	550	194	28.165	8.145,08	38.411,1	20.418,7
Parrita	47.879	797,36	0,0	4.117,7	4.700	120	0,0	130	20	545	0,0	260	16.081	1.550,48	13.053,6	6.503,66
Puntarenas	184.233	32.019,3	6	1.229,5	0,0	725	3.050	227	344	0,0	0,0	1.614	51.968	4.782,36	86.890,3	1.377,48
Total	<b>1.126.569</b>	<b>233.962</b>	<b>11.848</b>	<b>28.343,8</b>	<b>47.050</b>	<b>9.155</b>	<b>4.550</b>	<b>3.322</b>	<b>1.166</b>	<b>769</b>	<b>1.550</b>	<b>4.041</b>	<b>241.892</b>	<b>33.212,65</b>	<b>327.546,5</b>	<b>178.159,7</b>

**Anexo 11. Superficie en hectáreas de las coberturas de los cantones de la provincia de San José.**

Cantón	Ha.	ASP (Ha)	Principales Cultivos Por Cantón (Hectáreas)									Otros Cultivos	Pastos	Plantación Forestal	Bosque Fuera ASP	Urbano Y Otros Usos
			Café	Arroz	Palma Aceite	Piña	Caña Azúcar	Frijol	Maíz	Banano	Plátano					
Acosta	34.224	2.744,2	1.356	0	0	0	0	800	0	0	0	800	5.813	314,39	8.986,90	13.409,5
Alajuelita	2.117	576,82	308	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0	170,63	1.025,55
Aserrí	16.710	2.038,3	3.273	0	0	0	0	300	0	0	0	60	1.037,5	168,49	3.442,90	6.389,77
Curridabat	1.595	28,41	243	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25,22	1.298,37
Desamparados	11.826	429,42	4.437	0	0	0	0	0	0	0	0	505	428,38	44,64	1.260,17	4.721,39
Dota	40.022	34.990	1.289	0	0	0	0	0	0	0	0	732	898,25	286,52	1.510,51	315,58
Escazú	3.449	673,03	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	89	5,60	77,11	2.555,25
Goicoechea	3.150	292,72	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	873,2	14,45	627,67	1.286,96
Léon Cortés	12.080	64,12	3.818	0	0	0	0	0	0	0	0	903	314	181,32	1.878,67	4.920,89
Montes De Oca	1.516	12,17	82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	103	0	274,24	1.044,59
Mora	16.204	4.326,5	912	0	0	0	400	0	0	0	0	200	3.992,5	56,53	1.347,31	4.969,20
Moravia	2.862	416,35	199	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86,7	0	492,65	1.667,30
Pérez Zúñiga	190.551	42.349	13.529	0	0	1.200	3.450	5.014	1.675	0	100	1.814	47.620	918,06	46.847,8	26.033
Puriscal	55.366	2.587,33	1.129	0	0	0	500	350	200	0	40	188	18.723	237,22	17.629	13.782
San Jose	4.462	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.462,00
Santa Ana	6.142	2.202,34	491	0	0	0	0	0	0	0	0	44	561,5	0	240,20	2.602,96
Tarrazú	29.750	2.863,7	4.230	0	0	0	0	0	0	0	0	825	272	557,39	12.733,6	8.268,25
Tibás	815	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,07	813,93
Turrubares	41.529	6.747,5	51	0	0	0	0	200	0	0	25	14	6.204	1.034,27	14.425,8	12.827,4
Vasquez De Coronado	22.220	15.649	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.367,6	423,70	2.084,76	694,32
<b>Total</b>	<b>496.590</b>	<b>118.992</b>	<b>35.451</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>1.200</b>	<b>4.350</b>	<b>6.664</b>	<b>1.875</b>	<b>0,00</b>	<b>165</b>	<b>6.085</b>	<b>90.420</b>	<b>4.242,58</b>	<b>114.056</b>	<b>113.088</b>

**Anexo 12. Superficie de coberturas de los cantones de la zona de análisis Osa.**

Cantón	Ha	ASP (ha)	PRINCIPALES CULTIVOS POR CANTÓN (HECTÁREAS)									Otros Cultivos	Pastos	Plantación forestal	Bosques fuera ASP	Uso Urbano y Otros usos
			Café	Arroz	Palma Aceite	Piña	Caña Azúcar	Frijol	Maíz	Banano	Plátano					
Buenos Aires	238.422	17.156,8	1.424	157	0	7.800	1.150	1.750	700	0	50	719	63.481,8	7.999,1	60.388,5	75.645,6
Corredores	62.060	0	0	5.345,9	14.790	0	0	0	0	224	750	643	8.239,9	3.455,4	13.581,2	15.030,4
Coto Brus	93.391	28.377,8	10.215	0	0	0	0	500	0	0	100	295	20.712,8	76,14	17.124,7	15.989,4
Golfito	175.396	67.607,6	0	4.636,9	7.400	0	0	0	0	0	100	47	25.152,2	4.107,9	54.320,5	12.023,7
Osa	193.024	76.820,6	2	10.436	9.410	0	0	470	0	0	550	194	28.165,4	8.145,0	38.411,1	20.418,7
<b>Total</b>	<b>762.293</b>	<b>189.962</b>	<b>11.641</b>	<b>20.576</b>	<b>31.600</b>	<b>7.800</b>	<b>1.150</b>	<b>2.720</b>	<b>700</b>	<b>224</b>	<b>1.550</b>	<b>1.898</b>	<b>145.752</b>	<b>23.783,7</b>	<b>183.826</b>	<b>139.108</b>

**Anexo 13. Superficie de coberturas de los cantones de la zona de análisis San Juan La Selva..**

Cantón	Ha	ASP (ha)	PRINCIPALES CULTIVOS POR CANTÓN (HECTÁREAS)									Otros Cultivos	Pastos	Plantación forestal	Bosques fuera ASP	Uso Urbano y Otros usos
			Café	Arroz	Palma Aceite	Piña	Caña Azúcar	Frijol	Maíz	Banano	Plátano					
<b>Grecia</b>	39.572	4.293,20	4.268	0,00	0,00	3.200	3.500	0,00	0,00	0,00	106,80	870,32	12.743	700,52	4.507,49	5.382,55
<b>Heredia</b>	28.260	23.964,1	544,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	103,00	970,00	5,15	987,13	1.686,59
<b>Sarapiquí</b>	214.054	68.394,2	3,00	3.102,5	72,00	5.742	0,00	0,00	88,50	6.038	453,00	3.462,7	48.949	16.646,81	46.158,4	14.943,5
<b>Total</b>	<b>281.886</b>	<b>96.651,6</b>	<b>4.815</b>	<b>3.102,5</b>	<b>72,00</b>	<b>8.942</b>	<b>3.500</b>	<b>0,00</b>	<b>88,50</b>	<b>6.038</b>	<b>559,80</b>	<b>4.436</b>	<b>62.662</b>	<b>17.352,48</b>	<b>51.653,1</b>	<b>22.012,6</b>

**Anexo 14. Superficie de coberturas de los cantones de la zona de análisis Cordillera Talamanca**

Cantón	Ha	ASP (ha)	PRINCIPALES CULTIVOS POR CANTÓN (HECTÁREAS)									Otros Cultivos	Pastos	Plantación forestal	Bosques fuera ASP	Uso Urbano y Otros usos
			Café	Arroz	Palma Aceite	Piña	Caña Azúcar	Frijol	Maíz	Banano	Plátano					
Paraíso	41.191,0	29.535	2.913	0	0	0	0	0	0	0	0	649	1.565,55	84,76	5.518,31	924,82
Cartago	28.777	8.776,5	2.213	0	0	0	0	0	0	0	0	2.635	1.847,22	170,10	3.059,53	10.075,67
Alvarado	8.106	1.074,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.078	2.019,25	0	468,85	3.465,86
Jiménez	28.643	6.817,4	571	0	0	0	2.117	0	0	0	0	460	1.221,36	0	9.002,77	8.453,41
Turrialba	164.267	69.218	7.934	0	0	0	3.500	186	0	0	4.500	671	11.226,76	685,45	48.978,06	17.367,5
<b>Total</b>	<b>242.207,</b>	<b>106.645</b>	<b>11.418</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5.617</b>	<b>186</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4.500</b>	<b>2.858</b>	<b>16.032,92</b>	<b>770,22</b>	<b>63.967,98</b>	<b>30.211,6</b>

**Anexo 15. Superficie de coberturas de los cantones de la zona de análisis Los Chiles.**

Cantón	Ha	ASP (ha)	PRINCIPALES CULTIVOS POR CANTÓN (HECTÁREAS)									Otros Cultivos	Pastos	Plantación forestal	Bosques fuera ASP	Uso Urbano y Otros usos
			Café	Arroz	Palma Aceitera	Piña	Caña Azúcar	Frijol	Maíz	Banano	Plátano					
Los Chiles	135.886,00	19.455,81	0	2.964,05	0	392,00	0	4.100,00	436,00	0	13,90	5.158,67	43.216,02	4.197,16	7.968,25	47.984,14
Guatuso	75.832,00	14.163,73	0	1.091,00	0	1.400,00	0	350,00	0	0	134,60	1.898,63	37.640,11	1.665,76	1.207,86	16.280,31
<b>Total</b>	<b>211.718,00</b>	<b>33.619,54</b>	<b>0</b>	<b>4.055,05</b>	<b>0</b>	<b>1.792,00</b>	<b>0</b>	<b>4.450,00</b>	<b>436,00</b>	<b>0</b>	<b>148,50</b>	<b>7.057,30</b>	<b>80.856,13</b>	<b>5.862,92</b>	<b>9.176,11</b>	<b>64.264,45</b>

**Anexo 16. Valores de fricción de los cantones de Costa Rica.**

<b>Posición</b>	<b>Provincia</b>	<b>Cantón</b>	<b>Valor fricción (0-100)</b>
1	SAN JOSÉ	San Jose	100
2	SAN JOSÉ	Tibás	100
3	HEREDIA	Belén	96
4	SAN JOSÉ	Escazú	95
5	HEREDIA	Flores	89
6	SAN JOSÉ	Curridabat	88
7	ALAJUELA	Guatuso	86
8	ALAJUELA	Atenas	84
9	ALAJUELA	Orotina	84
10	SAN JOSÉ	Santa Ana	81
11	CARTAGO	Alvarado	80
12	ALAJUELA	Los Chiles	78
13	CARTAGO	Oreamuno	78
14	HEREDIA	San Isidro	77
15	CARTAGO	La Unión	73
16	SAN JOSÉ	Alajuelita	73
17	SAN JOSÉ	Montes de Oca	73
18	SAN JOSÉ	Mora	73
19	HEREDIA	San Pablo	70
20	HEREDIA	Santo Domingo	70
21	ALAJUELA	San Mateo	69
22	SAN JOSÉ	Moravia	69
23	HEREDIA	San Rafael	68
24	SAN JOSÉ	Goicoechea	68
25	ALAJUELA	Alajuela	67
26	PUNTARENAS	Esparza	67
27	CARTAGO	Cartago	65
28	ALAJUELA	Palmares	64
29	ALAJUELA	Poás	64
30	ALAJUELA	Grecia	60
31	HEREDIA	Heredia	59
32	ALAJUELA	San Carlos	58
33	PUNTARENAS	Buenos Aires	58
34	ALAJUELA	Alfaro Ruíz	57
35	HEREDIA	Santa Bárbara	57
36	SAN JOSÉ	Desamparados	57
37	ALAJUELA	Upala	56
38	SAN JOSÉ	Acosta	54
39	ALAJUELA	Naranjo	53
40	LIMÓN	Pococí	53
41	PUNTARENAS	Garabito	53



42	SAN JOSÉ	Léon Cortés	53
43	LIMÓN	Guácimo	52
44	PUNTARENAS	Coto Brus	52
45	PUNTARENAS	Parrita	52
46	SAN JOSÉ	Aserrí	52
47	PUNTARENAS	Corredores	51
48	SAN JOSÉ	Puriscal	51
49	LIMÓN	Siquirres	49
50	SAN JOSÉ	Vasquez de Coronado	49
51	ALAJUELA	San Ramón	47
52	GUANACASTE	La Cruz	47
53	GUANACASTE	Tilarán	47
54	GUANACASTE	Bagaces	46
55	PUNTARENAS	Montes de Oro	46
56	CARTAGO	El Guarco	44
57	HEREDIA	Sarapiquí	44
58	PUNTARENAS	Osa	44
59	HEREDIA	Barva	43
60	SAN JOSÉ	Pérez Zéledón	43
61	SAN JOSÉ	Turubares	43
62	GUANACASTE	Liberia	41
63	GUANACASTE	Cañas	38
64	CARTAGO	Jiménez	37
65	ALAJUELA	Valverde Vega	35
66	GUANACASTE	Abangares	35
67	GUANACASTE	Carrillo	35
68	PUNTARENAS	Aguirre	32
69	GUANACASTE	Nicoya	31
70	SAN JOSÉ	Dota	31
71	PUNTARENAS	Golfito	27
72	SAN JOSÉ	Tarrazú	27
73	LIMÓN	Matina	25
74	CARTAGO	Turrialba	22
75	GUANACASTE	Santa Cruz	22
76	PUNTARENAS	Puntarenas	21
77	CARTAGO	Paraíso	20
78	GUANACASTE	Nandayure	19
79	GUANACASTE	Hojancha	16
80	LIMÓN	Limón	5
81	LIMÓN	Talamanca	0