

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA**

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN

PROGRAMA DE POSGRADO

Análisis multi-temporal del uso/cobertura de la tierra y sus efectos en el nivel de resiliencia en comunidades en la cuenca baja del Río Chico, Chiriquí, Panamá

Tesis sometida a consideración de la División de Educación y el Programa de Posgrado como requisito para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

En Manejo y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas

Sustentante:

María Alejandra Martínez A.

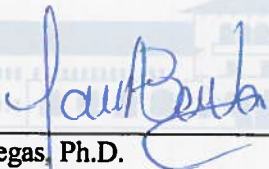
Turrialba, Costa Rica

2019

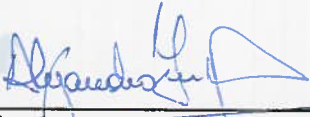
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero de la estudiante, como requisito parcial para optar por el grado de

**MAGISTER SCIENTIAE EN MANEJO Y GESTIÓN INTEGRAL
DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**


FIRMANTES:



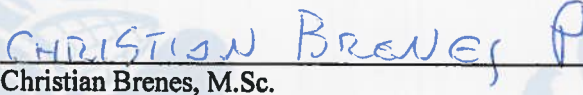
Laura Benegas, Ph.D.
Codirectora de tesis




Alejandro Imbach, M.Sc.
Codirector de tesis




Roberto Quiroz, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Christian Brenes, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



Isabel A. Gutiérrez-Montes, Ph.D.
Decana Escuela de Posgrado



María Alejandra Martínez Anguizola
Candidata

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a cada una de las personas que forjaron mi camino para llegar hasta donde estoy, desde mis maestros de primaria, hasta mis profesores de universidad.

Y una dedicatoria especial a mi madre, hermanos y prometido por su incondicional apoyo en los momentos más cruciales de esta travesía.

AGRADECIMIENTOS

Principalmente a los docentes que guiaron mi camino en esta experiencia CATIE, a los miembros del comité de cuencas del río Chico, por su gran colaboración y a los diferentes actores que fueron piezas clave para la elaboración de esta tesis.

CONTENIDO

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
LISTA DE ACRONIMOS	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	2
2. MARCO REFERENCIAL	3
2.1 CAMBIO CLIMÁTICO	3
2.2 RESILIENCIA	4
2.3 CAPACIDAD DE USO MAYOR DE LA TIERRA	5
2.4 EFECTOS DEL CAMBIO DE USO DE LA TIERRA SOBRE LAS COMUNIDADES COSTERAS	6
2.5 LA TELEDETECCIÓN Y LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)	6
2.6 SENSORES REMOTOS	7
2.6.1 PLATAFORMAS DE TELEDETECCIÓN ESPACIAL	8
2.6.2 ANÁLISIS MULTITEMPORAL COMO METODOLOGÍA PARA EVALUAR EL CAMBIO DE USO DE USO/COBERTURA DE LA TIERRA.	9
2.7 UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO	9
2.7.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	9
2.7.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	10
3. PRINCIPALES RESULTADOS Y CONCLUSIONES	12
4. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	13
5. LITERATURA CITADA	14
CAPITULO II	18
ARTÍCULO 1: ANALISIS MULTITEMPORAL DE CAMBIO DE USO/COBERTURA DE LA TIERRA.	18
RESUMEN	18
ABSTRACT	19
1. INTRODUCCIÓN	19
2. METODOLOGÍA	20
2.1 OBTENCIÓN DE IMÁGENES SATELITALES	20

2.2	CLASIFICACIÓN DE IMÁGENES DE SATÉLITE-----	21
2.3	CREACIÓN DE FIRMAS ESPECTRALES-----	22
2.4	SEPARABILIDAD DE FIRMAS ESPECTRALES-----	22
2.5	POST PROCESAMIENTO-----	23
2.6	CUANTIFICACIÓN TEMPORAL DE LOS CAMBIOS DE USO DE LA TIERRA-----	25
2.7	PROYECCIÓN DE DIRECCIONALIDAD DEL CAMBIO ESPACIAL DE USO/COBERTURA DE LA TIERRA-----	26
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN-----	26
3.1	COBERTURA DE USO DE LA TIERRA Y CAMBIO ESPACIO-TEMPORAL-----	26
3.2	CAMBIO DE USO DEL SUELO PARA LOS AÑOS 1992, 2000, 2008 Y 2019.-----	29
3.3	OCUPACIÓN Y USO DEL TERRITORIO-----	30
3.4	VARIACIONES TEMPORALES DEL USO DE LA TIERRA.-----	31
3.5	DINÁMICA DE CAMBIO DE USO/COBERTURA DEL SUELO 1992-2000-----	33
3.6	DINÁMICA DE CAMBIO DE USO/COBERTURA DEL SUELO 2000-2008-----	34
3.7	DINÁMICA DE CAMBIO DE USO/COBERTURA DEL SUELO 2008-2019-----	35
4.	CONCLUSIONES-----	38
5.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.-----	39
	CAPÍTULO III-----	41
	ARTÍCULO 2. ANÁLISIS DE RESILIENCIA EN LAS COMUNIDADES DE LA PARTE BAJA DE LA CUENCA DEL RÍO CHICO-----	41
	RESUMEN-----	41
	ABSTACT-----	41
1.	INTRODUCCIÓN-----	41
2.	METODOLOGÍA-----	42
2.1	LISTA DE PARTIDA-----	43
2.2	LISTA AJUSTADA-----	44
2.3	IDENTIFICACIÓN DE LOS PARTICIPANTES Y CRITERIOS DE SELECCIÓN-----	44
2.4	EVALUACIÓN PARTICIPATIVA-----	44
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN-----	45
3.1	NIVEL DE SATISFACCIÓN NFH EN 2004-----	45
3.2	EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y CAMBIO DE USO DE SUELO SOBRE LA ACTIVIDAD PRODUCTIVA (CAÑA, ARROZ Y MAÍZ)---	46
3.3	EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y CAMBIO DE USO DE SUELO SOBRE LA SATISFACCIÓN DE NECESIDADES HUMANAS-----	47
3.4	NIVEL ACTUAL DE SATISFACCIÓN NHF-----	48
3.5	EVALUACIÓN DE LA RESILIENCIA-----	49
4.	CONCLUSIONES-----	54
5.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS-----	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Aumento de las temperaturas globales.	4
Figura 2. Elementos de un sistema de Teledetección	7
Figura 3. Ubicación de la cuenca del río Chico	10
Figura 4. Esquema de clasificación digital supervisada	22
Figura 5. Representación básica de la matriz de confusión.	24
Figura 6. Distribución porcentual del uso/cobertura de la tierra para los años estudiados.....	30
Figura 7. Promedio areal de los usos de la tierra, entre los años 1992 al 2019, Cuenca del río Chico. ..	31
Figura 8. Uso de la tierra en la cuenca del Río Chico, a partir de los años de 1992 al 2019.....	32
Figura 9. Cambio total (2019-1992) de los usos/cobertura de tierras forestales, tierras agrícolas y pastos	37
Figura 10. Esquema de la metodología para el análisis de la resiliencia	43
Figura 11. Percepción de las NHF en comunidades de la cuenca baja del río Chico, 2004.	46
Figura 12. Percepción de las NHF en comunidades de la cuenca baja del río Chico, 2019.	48
Figura 13. Diferencia de percepción de las NHF en el 2004 y 2019 en comunidades de la cuenca baja del río Chico.....	49
Figura 14. Cambio de percepción de las NHF en el 2004 vs 2019	52

LISTA DE TABLAS

Cuadro 1. Preguntas de investigación.....	2
Cuadro 2. Matriz de cambio de uso de la tierra	25
Cuadro 3. Clasificación de usos para la cuenca del río Chico	26
Cuadro 4. Extensión y porcentaje del uso/cobertura de la tierra de la cuenca del río Chico, para los años 1992, 2000, 2008 y 2019.....	29
Cuadro 5. Matriz de cambio de uso/cobertura del suelo 1992-2000 (Ha)	34
Cuadro 6. Matriz de cambio de uso/cobertura del suelo 2000-2008 (ha)	35
Cuadro 7. Matriz de cambio de uso/cobertura del suelo 2008-2019 (ha).....	36
Cuadro 8. Lista de partida (Necesidades humanas)	43
Cuadro 9. Lista Ajustada (Necesidades humanas fundamentales)	45
Cuadro 10. Resultado de la percepción para el año 2004 y 2019	50

LISTA DE ACRÓNIMOS

MIAMBIENTE	Ministerio de Ambiente
AR5	Quinto Informe de Evaluación del IPCC
ENVI	El Ambiente para Visualizar Imágenes, ENVI (por sus siglas en inglés)

RESUMEN

La cuenca del río Chico aparenta tener una vocación agrícola y pecuaria, demostrándose desde el primer año evaluado (1992) que una gran porción de la cuenca estaba siendo utilizada para fines agrícolas y pecuarios, principalmente en la parte media y baja.

La deforestación en la cuenca se podría atribuir al incremento de tierras para producción agrícola y pecuaria, debido a la dinámica de cambio de uso/cobertura en donde para tres de los cuatro periodos analizados se marcó un aumento de las tierras agrícolas, pastos y rastrojos y en una medida inversa se observó una disminución de las tierras forestales y plantaciones forestales.

La percepción de los productores demostró que no están siendo resilientes a los cambios de uso/cobertura y a los efectos del cambio climático. Los productores expresaron sentirse insatisfechos con los resultados de la producción de los últimos años del 2004 al presente 2019, describiendo que antes eran capaces de producir durante todo el año con métodos tradicionales, y ahora esos métodos no son eficientes y dependen de un sistema de riego deficiente por la escasez del recurso hídrico.

De acuerdo a la definición de resiliencia usada en este estudio (resiliencia es la capacidad de mantener el bienestar de la población ante los cambios del clima) es válido establecer que aquellas necesidades percibidas en un estado muy malo y malo, reflejan la no adaptación a los cambios que se han dado en la cuenca y las que se encuentran como regular o sin cambios, podrían considerarse en vías de adaptación y aquellas dentro de la categoría bien y muy bien se considerarían como una evidencia de adaptación, caso que para este estudio no fue reflejado.

De acuerdo a los principios antes mencionados el resultado de esta investigación refleja que las comunidades de la cuenca baja del Río Chico no están siendo resilientes a los cambios ocurridos en la cuenca producto del cambio de uso de suelo y cambio climático, basándonos en el nivel de satisfacción de las necesidades humanas fundamentales. El estudio evidenció que entre 2004 y 2019 de los 14 aspectos utilizados para evaluar bienestar los participantes percibieron empeoramiento en diez de ellos, mejoras en tres y uno sin cambios.

ABSTRACT

The Chico river basin appears to have an agricultural and livestock vocation, demonstrating since the first year evaluated (1992) that a large portion of the basin was being used for agricultural and livestock purposes, mainly in the middle and lower part.

Deforestation in the basin could be attributed to the increase of land for agricultural and livestock production, due to the dynamics of change of use / coverage where for three of the four periods analyzed an increase in agricultural land, pastures and stubble was marked and in an inverse measure a decrease in forest lands and forest plantations was observed.

The perception of the producers showed that they are not being resilient to changes in use / coverage and the effects of climate change, they expressed feeling dissatisfied with the results of production from the last years of 2004 to the present 2019, describing that before they were capable of producing traditional methods throughout the year, and now these methods are not efficient and depend on a poor irrigation system due to the scarcity of the water resource.

According to the definition of resilience used in this study it is valid to establish that those needs perceived in a very bad and bad state, reflect the non-adaptation to the changes that have occurred in the basin and those that are found as regular or unchanged, could be considered in ways of adaptation and those within the category well and very well would be considered as evidence of adaptation, case that for this study was not reflected.

According to the aforementioned principles, the result of this research reflects that the communities of the lower Río Chico basin are not being resilient to changes in the basin resulting from land use change and climate change, based on the level of satisfaction of fundamental human needs. Evidence of a notable decline in environmental aspects (thermal sensation and environmental health), referring to the high thermal sensation and little freedom to enjoy the water resource as a means of recreation.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El cambio de uso/cobertura de la tierra es uno de los principales factores que está afectando la dinámica de las cuencas, ya que se usan tierras de vocación agrícola como sitios para levantamiento de urbanizaciones, tierras que deben ser conservadas con cobertura están siendo explotados con sistemas de agricultura extensiva y así sucesivamente con el resto de tipos de usos; es decir, hay un proceso desordenado en el ordenamiento territorial y el uso adecuado de la tierra.

Entre 1947 y 1970 Panamá vio cambiar su superficie forestal de 70% a 53% de su superficie total. Análisis más recientes de la cobertura boscosa realizados para el período 1992-2000 encontraron que la cobertura boscosa se redujo a 330.570 ha (un 45% del territorio). Aunque se han hecho esfuerzos importantes para disminuir esta acelerada tasa de pérdida de bosques, todavía persiste la deforestación en el país (tasa de 0.35% anual entre 2000 y 2012) (Potapov et al 2013)

Gutiérrez (1987) realizó un estudio en la cuenca y concluyó que la cuenca presentaba problemas relacionados con el uso de la tierra en las partes media y alta, por la introducción de actividades agropecuarias en zonas de alta precipitación, causando como consecuencia fuertes fluctuaciones de descarga en la parte baja de la cuenca provocando pérdidas de valioso suelo agrícola por la socavación del margen del río.

MIAMBIENTE (2012) mediante un estudio de línea base, estimó un bajo nivel de conservación en la cuenca, causado por reemplazos de bosques para usos agropecuarios y asentamientos. La cuenca baja se caracteriza por drenar llanuras aluviales y presentar hábitats muy intervenidos, siendo el cultivo mecanizado de arroz el principal paisaje y en menor proporción los potreros de pastos mejorados y árboles dispersos. Los remanentes de vegetación mejor conservados se presentan como vegetación de rastrojos o árboles conglomerados que crecen a la orilla del río y quebradas.

La cuenca del río Chico está catalogada por el Ministerio de Ambiente de Panamá como una de las cuencas con mayor amenaza por la contaminación con agroquímicos, mala disposición de desechos, actividades agropecuarias, deforestación y actividades industriales (MIAMBIENTE 2012). Estos factores son amenazas importantes para la calidad ambiental, bienestar de la población, pequeños y medianos productores.

En Panamá existe la Ley 6 del 1 de febrero del 2006, que regula el ordenamiento territorial y juega un rol importante en cuanto a la disposición territorial adecuada de las actividades humanas, para que éstas sean desarrolladas en el sitio con mayor potencial y se disminuyan los impactos ambientales negativos que puedan ocasionar. Sin embargo, la reciente ley del 2006 no es contemplada en su totalidad y la falta de seguimiento de la misma ha ocasionado que se desarrollen actividades en zonas que no concuerdan con las características teóricamente adecuadas para su ejecución comprometiendo así la dinámica de las cuencas.

Conocer la disposición de las actividades dentro de las partes media y baja de la cuenca, la tendencia de cambio de uso de la tierra y la resiliencia de las comunidades ayudaría a proyectar y evaluar las consecuencias siendo un punto de partida importante para la toma de decisiones en la zona de estudio. Identificar la dinámica de cambios de uso/cobertura de suelo en el tiempo y hacer una proyección de los posibles daños ocasionados al medio ambiente nos permite explorar posibilidades para la mitigación y adaptación al cambio climático y con ello evitar que se siga repitiendo este tipo de eventos en otros lugares.

Generar información de la tendencia de cambios de uso/cobertura de la tierra y su efecto en el nivel de resiliencia en las personas es importante para el campo científico en Panamá ya que se sabe que se está ocasionando un daño, pero el mismo no está siendo monitoreado y mucho menos se conoce con certeza cuál será la tendencia de estos cambios y efectos que tendrán sobre el medio ambiente o sobre las poblaciones. Por lo tanto, es importante conocer si las poblaciones con sus medios de vida actuales son y serán resilientes a los cambios.

1.1. Objetivos y preguntas de investigación

2.1.1 Objetivo General

- Evaluar el nivel de resiliencia en dos comunidades de la cuenca baja de la cuenca del río Chico en función del cambio de uso/cobertura de la tierra.

2.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar un análisis multitemporal del cambio del uso uso/cobertura de la tierra en la cuenca del río Chico para cuantificar de manera espacio temporal la dinámica de cambio de uso/cobertura de la tierra.
- Analizar los efectos que ha tenido el cambio de uso/cobertura de la tierra en el nivel de resiliencia de las comunidades de la cuenca baja.

2.1.3 Preguntas de investigación

Cuadro 1. Preguntas de investigación

Objetivo Especifico	Preguntas de Investigación
<ul style="list-style-type: none"> • Realizar un análisis multitemporal del cambio del uso uso/cobertura de la tierra en la cuenca del río Chico para cuantificar de manera espacio temporal las tasas de cambio de uso de la tierra. 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es la dinámica del cambio del uso/cobertura de la tierra de la cuenca en los últimos años?

<ul style="list-style-type: none"> • Analizar los efectos que ha tenido el cambio de uso/cobertura de la tierra en el nivel de resiliencia de las comunidades de la cuenca baja. 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Son las comunidades de la cuenca baja resilientes a los efectos del cambio de uso/cobertura de la tierra y del cambio climático?
---	---

2. MARCO REFERENCIAL

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático, en adelante IPCC, en su quinto informe AR5, señala que los cambios en el clima observados han causado impactos tanto en los sistemas naturales como humanos, en todos los continentes y en todos los océanos lo que demuestra lo vulnerable que pueden llegar ser (IPCC, 2014).

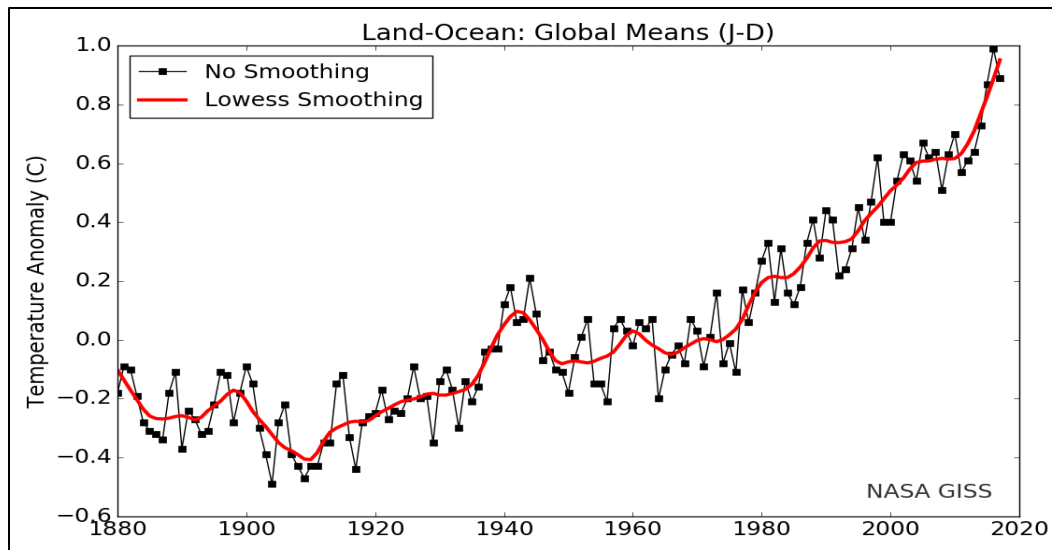
En el año 1896 se introduce el término “efecto invernadero” por Svante August Arrhenius, para nombrar el efecto que producía el efecto del CO₂ emitido y acumulado en la atmósfera por la combustión de fósiles (Sanz 2009). Lo que antes se consideraba una suposición hoy en día es más que aceptada como una realidad, así lo demostró el IPCC (2011) en su informe, donde concluye que “hay nuevas y más sólidas evidencias de que la mayor parte del calentamiento observado durante los últimos 50 años es atribuible a las actividades humanas”.

2.1 Cambio climático

El Cambio Climático es un cambio significativo y duradero de los patrones locales o globales del clima; las causas pueden ser naturales, como por ejemplo, variaciones en la energía que se recibe del Sol, erupciones volcánicas, circulación oceánica, procesos biológicos y otros, o puede ser causada por influencia antrópica (por las actividades humanas), como por ejemplo, a través de la emisión de CO₂ y otros gases que atrapan calor, o alteración del uso de grandes extensiones de suelos que causan, finalmente, un calentamiento global (Flores y Navarro 2016).

Se ha observado un aumento promedio global de aproximadamente 0.8 °C desde que se realizan mediciones confiables, dos tercios de este aumento desde 1980 (Figura 1). Hay una certeza del 90% (actualizada a 95% en el 2013) de que la causa del calentamiento es el aumento de gases de efecto invernadero que resultan de las actividades humanas como la quema de combustibles fósiles (carbón, gasolina, gas natural y petróleo) y la deforestación.

Figura 1. Aumento de las temperaturas globales.



Fuente: NASA GISS, 2018.

2.2 Resiliencia

En el lenguaje ordinario, es un verbo que proviene del latín *resilio*, *resiliere*, que significa saltar hacia atrás, rebotar (Real Academia Española, 2011), este término se ha utilizado en diferentes disciplinas, por ejemplo:

- Ecología: Magnitud de la perturbación que puede ser absorbida antes de que el sistema cambie su estructura cambiando las variables y los procesos que controlan el comportamiento" (Gunderson y Holling 2002).
- Sociología: capacidad de grupos o comunidades para hacer frente a las tensiones y perturbaciones externas como resultado del cambio social, político y ambiental (Adger 2000).
- Ecológico-económica: capacidad de resistencia coincide con la "probabilidad de transición entre estados en función de las actividades de consumo y producción de los tomadores de decisiones" (Brock *et al* 2002) o "la capacidad del sistema de soportar choques de mercado o ambientales sin perder la capacidad de asignar Recursos de manera eficiente "(Perrings 2006).
- Comunitaria: proceso que conlleva a capacidades adaptativas en una trayectoria positiva en función y adaptación al cambio climático (Norris *et al*, 2012).

En otras palabras, la resiliencia se define como la capacidad para hacer frente a los cambios y continuar el proceso de desarrollo, se relaciona con la dinámica social-ecológica, por ejemplo, expresado en el gobierno de sistemas de recursos específicos (agroecosistemas, pesquerías, bosques, pastizales, marinos y ecosistemas de agua dulce), y con problemas globales como conservación de la biodiversidad, crecimiento urbano, desarrollo económico, y seguridad humana y bienestar (Bousquet *et al*. 2016).

Considerando los varios conceptos presentados y la concentración de este trabajo en la resiliencia de las comunidades, se ha decidido operativizar el concepto de resiliencia comunitaria mediante la idea de bienestar humano. En tal sentido, una comunidad es considerada como resiliente cuando logra mantener

o mejorar el nivel de bienestar de sus familias a través del tiempo. La evaluación del bienestar se realizó a partir de la propuesta de evaluar el nivel de satisfacción de necesidades humanas fundamentales propuesto por Imbach (2016) con base en los trabajos previos de Amartya Sen, Manfred Max-Neef, Martha Nussbaum y otros investigadores sociales analizados en profundidad por Alkire (2002).

2.2.1 Resiliencia al cambio climático en comunidades de la zona marino costera

Según la FAO (2018) las actividades humanas y nuestro modo de producción y consumo energético, como el cambio del uso de la tierra, están generando una alteración climática global con indiscutibles efectos sobre las comunidades rurales, lo que genera un gran riesgo para las comunidades rurales pobres que dependen directamente de la agricultura y de los sistemas naturales (humedales, manglares, bosques...) como medios de subsistencia. Ese mayor riesgo junto con una gestión de ecosistemas que no sea suficientemente sostenible e integral, puede generar problemas de degradación en el territorio, y con ello una menor resistencia ante shocks climáticos.

El IPCC (2014) estima que en los próximos años la población aumentará considerablemente y de la misma forma lo harán las presiones humanas sobre los ecosistemas costeros, debido al crecimiento demográfico, el desarrollo económico y la urbanización. Se prevé que algunos países en desarrollo situados a baja altitud tendrán que afrontar impactos muy fuertes que, en algunos casos, podrían acarrear costos muy altos por concepto de daños y adaptación.

El uso de la evaluación de bienestar usando el nivel de satisfacción de necesidades humanas fundamentales descrito en la sección anterior analiza en qué grado la adaptación local de las comunidades de la zona marina-costera en estudio está logrando los resultados esperados.

2.3 Capacidad de uso mayor de la tierra

Existe una notable discrepancia en cuanto a las definiciones sistemáticas del uso de la tierra ampliamente aceptadas, Sims (1986) citado por la FAO (sf) propone que el concepto de uso de la tierra es una secuencia de actividades de manejo en relación a una cierta área de tierra.

Por otra parte, Lücke (1998) define el uso de la tierra como una interacción más inmediata y estrecha al cuerpo natural, que le confiere por las características edafológicas propias, es decir un intercambio directo entre los requerimientos edafológicos y el cuerpo natural como sustrato de respuesta a esos requerimientos.

En este sentido, la capacidad de uso mayor, es determinada mediante la interpretación cuantitativa de las características edáficas, climáticas (zonas de vida) y de relieve; que intervienen en forma conjugada (Reglamento de Clasificación de Tierras, 2009).

Los conflictos de uso del suelo se presentan cuando hay discrepancia entre el uso que debería tener el suelo, de acuerdo con su oferta ambiental y aquella que está expuesta por las actividades humanas (IGAC y CORPOICA. , 2002)

2.4 Efectos del cambio de uso de la tierra sobre las comunidades costeras

En las áreas costeras del mundo vive el 60% de la población humana y se encuentra las dos terceras partes de las ciudades con poblaciones superiores a 1,6 millones de personas; un 90% de la contaminación continental, incluyendo aguas negras, nutrientes y materiales tóxicos, se “almacenan” en las aguas costeras, que a su vez suplen el 90% de los recursos pesqueros (Pernetta, 1995) citado por (Morales 2013).

Estos procesos afectan el bienestar de las comunidades de la cuenca baja y es necesario identificar acciones para mantener y mejorar su bienestar.

Vitousek, citado por Foley *et al.* (2005) indica que los cambios en la cobertura de la tierra también afectan los climas regionales a través de cambios en la energía de la superficie y el balance hídrico, aunado a esto las actividades humanas se apropian de casi un tercio a la mitad de la producción mundial de ecosistemas por lo tanto a medida que aumentan las presiones sobre el desarrollo y la población, también lo hacen las presiones sobre la biosfera. (Millennium Ecosystem Assessment 2005).

Leija *et al.* (2016) en su estudio señala que los cambios la cubierta vegetal de las zonas marino costera han sido influidos por una red de complejas interacciones de factores socioeconómicos. Donde dichas modificaciones expresan serias implicaciones en el medio ambiente, influyendo en la disminución de áreas forestales como en bosques, selvas y manglares. De mantenerse esta dinámica en la región costera se postula la desaparición casi por completo de las coberturas naturales, la intensificación de las actividades socioeconómicas y el incremento en las áreas de los asentamientos humanos.

2.5 La teledetección y los Sistemas de Información Geográfica (SIG)

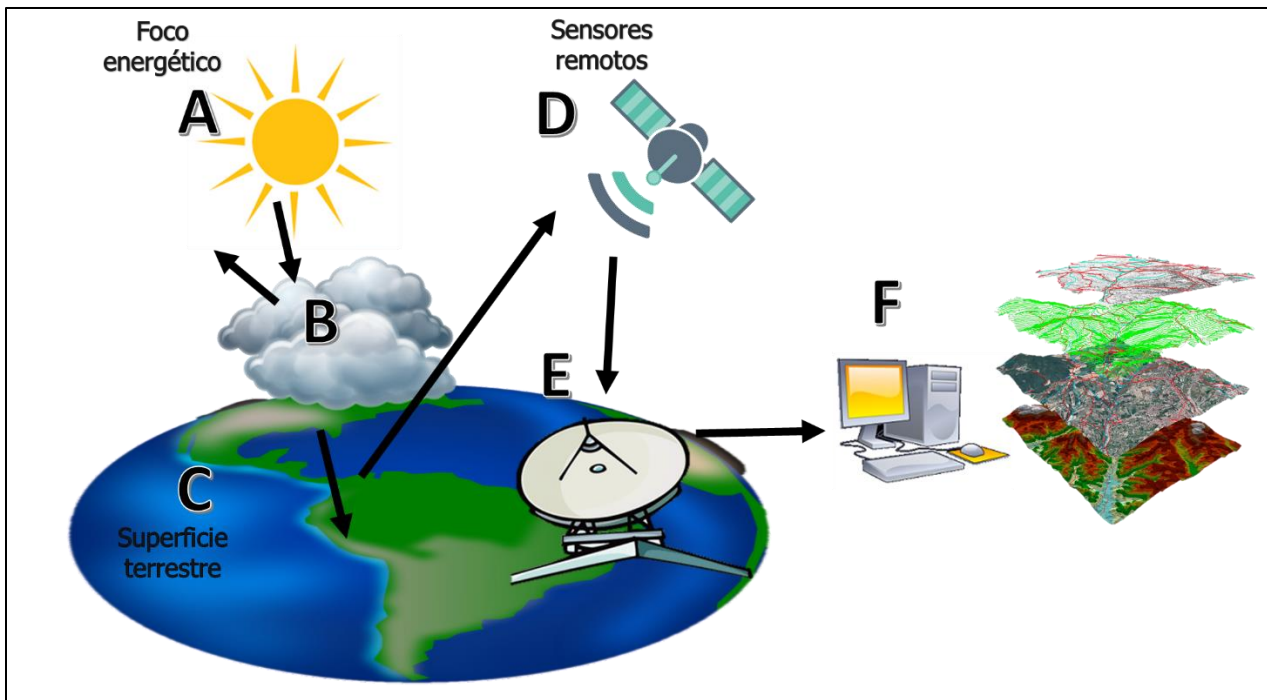
La teledetección y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permiten la obtención y procesamiento de información relacionada con el uso de la tierra, áreas inaccesibles y períodos de tiempos retrospectivos, lo que contribuye al proceso de toma de decisiones para una correcta planificación del recurso (Lao y Peláez 2018).

Un sistema de teledetección se puede definir cómo la adquisición de información a distancia y tiene que estar compuesto por tres componentes básicos: foco energético, superficie terrestre y sensor.

Además de esto esta se basa en tres hechos bien diferenciados:

A-D: la captura de los datos (a través de captura por sensores en plataformas aéreas o espaciales de la reflectancia resultante de la interacción entre radiación solar (o pulso emitido en caso de sistemas activos) con objetos en la tierra; donde su calidad dependerá de la nubosidad, dado que las nubes disminuyen la intensidad de las ondas), D-E: la transmisión de éstos (los sensores remotos envían la información de regreso a la tierra) y, E-G: finalmente, el análisis de los mismos (para esto se utilizan diferentes Sistemas de procesamiento digital de Información Geográfica). Figura 2.

Figura 2. Elementos de un sistema de Teledetección



Fuente: Elaboración propia.

Florenzano, 2007 citado por (Macêdo 2016) señala que la radiación reflejada en cada objeto tiene diferentes longitudes de onda; por lo tanto, la radiación reflejada que registra el sensor depende de la superficie del objeto, permitiendo distinguirlo de los demás. Siendo así como las herramientas de teledetección pueden ser aplicadas para identificar objetos y procesos en la superficie terrestre, como cambios en la vegetación, la calidad del agua, tipo o alteraciones en el suelo.

La libre disponibilidad de imágenes satelitales y de software de tratamiento de datos georreferenciados proporcionó la popularización de estas tecnologías, lo que acelera el proceso y reduce los costos de investigación (Macêdo 2016)

2.6 Sensores remotos

Los sensores remotos son instrumentos que transforman la radiación electromagnética en información perceptible y analizable.

Se pueden distinguir dos tipos básicos de sensores:

-Captadores pasivos: detectan la radiación electromagnética emitida o reflejada de fuentes naturales. Por ejemplo, la radiación ultravioleta se utiliza para monitorizar los niveles de ozono en las capas altas de la atmósfera. Las bandas visibles e infrarrojas permiten determinar la salud de la cubierta vegetal (cultivos,

bosques). Los captadores sensibles a la radiación infrarroja térmica sirven para determinar la temperatura del suelo, de las nubes, y de la superficie de los mares.

-Captadores activos: poseen fuentes internas que generan artificialmente la radiación (radar). Entre los sensores activos, distinguimos el radar y el lidar.

El radar trabaja en una banda del espectro comprendida entre 1 mm y 1 m. Se basa en el principio de que las microondas artificiales enviadas en una dirección determinada chocan con los objetos y son dispersadas.

La energía dispersada se recibe, se amplifica y se analiza para determinar la localización y las propiedades de los objetos. Puesto que puede medirse también el tiempo que tarda un pulso de radiación en ir y volver, puede conocerse la distancia recorrida y generar así modelos digitales de elevaciones. El radar es insustituible en zonas con cobertura nubosa persistente, debido a su capacidad para atravesar las capas nubosas.

El Lidar (Light Detection and Ranging) es un captador activo, análogo al radar, pero con tecnología láser. Se utiliza para topografía de precisión desde aviones.

2.6.1 Plataformas de teledetección espacial

Se entiende por plataforma de teledetección, los satélites que pueden captar, almacenar y transmitir imágenes a distancia. Existen diferentes plataformas de teledetección espacial como:

- El programa Landsat: proyecto surgido a finales de los 60, financiado por la agencia espacial norteamericana, dedicado exclusivamente a la observación de los recursos terrestres.
- El satélite SPOT (Satélite Para la Observación de la Tierra): programa de teledetección espacial desarrollado por el Centro Nacional de Estudios Espaciales francés. Permite una mayor adaptabilidad a las necesidades concretas del usuario. Mejor calidad de imagen.
- Tiros-NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration): familia de satélites diseñados para enviar información meteorológica.
- Satélites meteorológicos: con excepción del NOAA y Nimbus la mayor parte de estos satélites son de órbita geoestacionaria ya que observan un fenómeno muy frecuente y que actúa en un gran radio. Estos satélites cuentan con un sensor de barrido que ofrece la información a tres bandas.
- ESA (Agencia Espacial europea): Lanzadora del programa Sentinel que cuenta con seis misiones espaciales cuyas áreas temáticas se centran en seis categorías principales: gestión de la tierra, medio ambiente marino, atmósfera, respuesta de emergencia, seguridad y cambio climático.

2.6.2 Análisis multitemporal como metodología para evaluar el cambio de uso de uso/cobertura de la tierra.

2.6.2.1 Cambio climático y su incidencia en el cambio de uso de la tierra

Según Foley *et al.* (2005) “El uso de la tierra en general se ha considerado un problema ambiental local, pero se está convirtiendo en una fuerza de importancia mundial”. El cambio de uso de la tierra, sobre todo el de tierras forestales a tierras cultivadas, es una de las prácticas que mayor impacto ha tenido en la degradación de los suelos en el Mundo y que ha provocado en gran parte la emisión de CO₂ a la atmósfera (Hernández *et al.* 2017).

En su informe el IPCC (2014) menciona que el cambio climático es una variable fundamental que debe ser considerada en el enfoque de la conservación y gestión de zonas costeras. Estos cambios están modificando la distribución del hábitat y especies, así como la dinámica entre ecosistemas. Según Foley *et al.* (2005) no se debe considerar el efecto del cambio climático separado del efecto del cambio del uso de la tierra, que está ocurriendo simultáneamente. Las tierras de agricultura, pasturas y zonas urbanas se han expandido en décadas recientes, resultando en grandes incrementos en el consumo de energía, agua y fertilizantes, junto con cambios considerables en la biodiversidad.

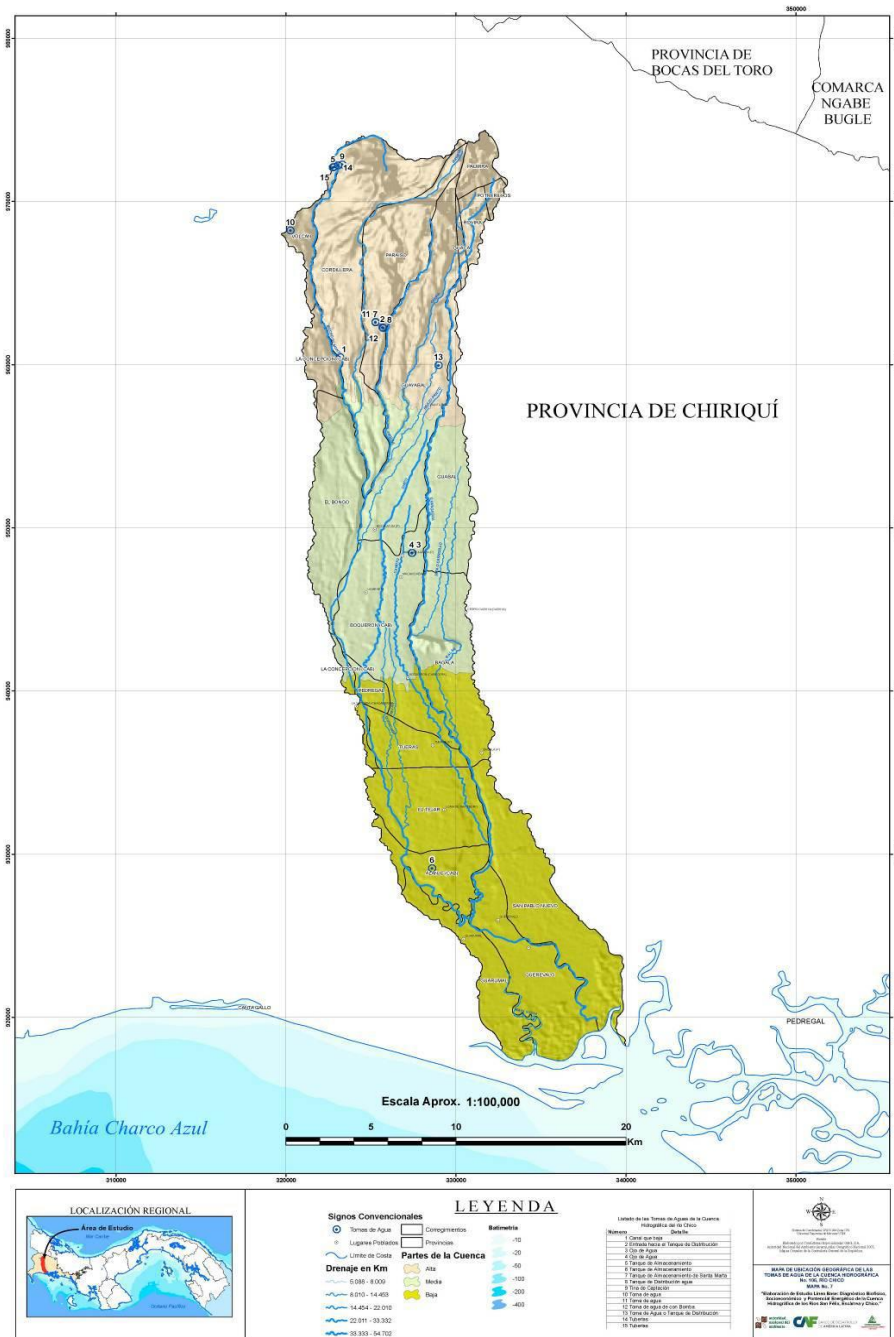
Por otra parte, Lambin (2002) señala que no solo están en juego múltiples factores causales, sino que sus interacciones también conducen a la deforestación, por lo que es importante comprender la dinámica de los sistemas. En virtud de que los cambios en el uso de la tierra tienen un origen multifactorial estos deben ser analizados en distintas escalas temporales y espaciales de tal manera que permitan identificar de manera espacial y a través del tiempo los cambios ocurridos en la cobertura.

2.7 UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.7.1 Ubicación del área de estudio

La cuenca No. 106 corresponde al río Chico, se localiza en la vertiente del Pacífico de la provincia de Chiriquí. El área de drenaje total de la cuenca es de 540 km², presenta una elevación máxima de 3,475 msnm y su cauce principal abarca una longitud de 72.5 km. Desde su nacimiento hasta la desembocadura en el océano Pacífico.

Figura 3. Ubicación de la cuenca del río Chico



Fuente: MIAMBIENTE 2012.

2.7.2 Descripción del área de estudio

La descripción del área de estudio se fundamenta en la línea base levantada para la cuenca del río Chico, elaborada por el Ministerio de Ambiente de Panamá. A continuación, se describen los componentes básicos tomados para este estudio, es decir, el agua, suelo y cobertura vegetal:

Agua

El estudio realizado por el Ministerio de Ambiente refleja que el agua en la parte media del río Chico tiene diferentes utilidades, como riego, actividades de consumo humano, recreativas y proyectos hidroeléctricos. El 51.8% de la población encuestada en dicho estudio aseguró que utiliza el río y un 16.3% utiliza las quebradas donde la mayoría de las veces se utiliza los ríos y quebrada para recreación, lavar, bañarse y otros quehaceres domésticos.

Suelo

Los suelos de Panamá se pueden agrupar en ocho clases en función de su capacidad agrologica. A medida que mayor sea la clase, mayor es la restricción para el desarrollo de actividades agrícola (Klingebiel, A. y Montgomery, P 1961).

Según el Mapa de capacidad agrologica de ANAM (2002), la clasificación de los suelos que se presentan en la parte media de la cuenca del río Chico es:

- Tipo IV: arable, con poca a muy severas limitaciones, requiere conservación y manejo. Este tipo de suelo se encuentra en menor cantidad en la parte alta de la cuenca.
- Tipo V: no arable, con poco riesgo de erosión, pero con otras limitaciones, apto para bosques y pasto.
- Tipo VI: no arable con limitaciones severas, aptas para pastos, bosques y tierras de reserva. Se presenta en gran medida en la parte alta de la cuenca.

Los suelos de la parte media de la cuenca del río Chico se caracterizan por poseer buen drenaje, de moderada a alta fertilidad, producto de los altos niveles de materia orgánica. Debido a la variabilidad en su profundidad útil y a la presencia de pedregosidad superficial, posee moderada aptitud para fines agrícolas (MIAMBIENTE 2012).

Los tipos de suelos que se presentan en la parte baja de la cuenca del río Chico, según el Mapa de capacidad agrologica de la ANAM (2002) son:

- Tipo IV: arable, con poca a muy severas limitaciones, requiere conservación y manejo.

En la parte baja de la cuenca presenta suelos aluviales planosoles, de formación reciente. Se distinguen por su alto contenido de materia orgánica en el horizonte superficial, por lo que se clasifican entre los mejores para la agricultura. De igual forma y al final de la cuenca se pueden identificar los suelos de manglares, localizados en la zona costera, tienen poco valor agrícola, por el alto contenido de salinidad y mal drenaje. Se pueden encontrar suelos como los Alfisoles (Lf), vertisoles (Vf), Entisoles (Ef), Andisoles (Df), entre otros (MIAMBIENTE 2012).

En la cuenca media y baja del río Chico el uso que se le da a los suelos es variado algunas zonas son dedicadas a la ganadería extensiva, otras mantienen bosques secundarios y de galería, y en su mayoría las tierras son utilizadas para la producción agrícola, destacándose los cultivos de caña, arroz, maíz, frijoles, plátanos.

Cobertura vegetal

La parte media de la cuenca del río Chico, comprende una superficie de 14,579.94 ha, y en esta se encuentran siete tipos de coberturas vegetales: bosque maduro, bosque intervenido, rastrojos, frutales cítricos, potreros y cultivos (mapa de uso actual); donde las tres coberturas vegetales más extensas son el potrero con 12,036.79 ha que representa el 82.56%, el bosque intervenido con 965.89 ha que representa el 6.62% seguida del rastrojo con 587.59 ha que representa el 4.03% y bosque maduro con 87.95 ha que representan el 0.60 %. El bosque maduro y el bosque intervenido, son los tipos de vegetación de esta parte de la cuenca que se consideran como cobertura boscosa y se encuentra como franjas de vegetación arbórea a la orilla de ríos y quebradas, también conocidos como bosques de galería.

La parte baja de la cuenca del río Chico, comprende una superficie de 18,521.31 ha, y en esta se encuentran siete tipos de coberturas vegetales: manglar, bosque intervenido, rastrojos, plantaciones forestales, potreros, cultivos y otros usos (mapa de uso actual 2012); donde los tipos de vegetación más extensas son potrero con 8,245.28 ha que representa el 44.52%, manglar con 1,693.18 ha que representa el 9.14% y bosque intervenido con 346.57 ha que representa el 1.87 %. El manglar y el bosque intervenido son los tipos de vegetación de esta parte de la cuenca que se consideran como cobertura boscosa.

Datos de precipitación de la cuenca hidrográfica

El clima en Panamá es tropical y se caracteriza por dos estaciones bien marcadas: a) una estación seca prolongada con una duración de entre 2.5 – 4 meses, de diciembre/enero hasta marzo/abril y b) una estación lluviosa con una duración de 8 – 9.5 meses, de abril/mayo hasta diciembre (ETESA 2017).

3. PRINCIPALES RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En este estudio se encontró que la cuenca del río Chico ha presentado una fuerte inclinación hacia una vocación agrícola y pecuaria, demostrándose desde el primer año evaluado (1992) que una gran porción de la cuenca estaba siendo utilizada para fines agrícolas y pecuarios, principalmente en la parte media y baja.

La deforestación en la cuenca se podría atribuir al incremento de tierras para producción agrícola y pecuaria, debido a la dinámica de cambio de uso/cobertura en donde para tres de los cuatro periodos analizados se marcó un aumento de las tierras agrícolas, pastos y rastrojos y en una medida inversa se observó una disminución de las tierras forestales y plantaciones forestales. El año analizado que sale de esta tendencia es el 2008 ya que en este mapa se observó un aumento inusual en rastrojos y una gran disminución de tierras forestales, y al evaluar el mapa del 2019 las tierras forestales vuelven aparecer y disminuyen los rastrojos, esto se podría atribuir al desajuste del mapa del 2008 con los demás años evaluados, ya que es poco probable que haya una regeneración de bosque tan grande en solo 10 años.

La percepción de los productores demostró que no están siendo resiliente a los cambios de uso/cobertura y a los efectos del cambio climático, los mismos expresaron sentirse insatisfechos con los resultados de la producción de los últimos años del 2004 al presente 2019, describiendo que antes eran capaces de producir durante todo el año con métodos tradicionales, y ahora esos métodos no son eficientes y dependen de un sistema de riego deficiente por la escasez del recurso hídrico.

En términos de empleo en 1991, el 26.6% del empleo en el país, correspondió al sector de la agricultura, para 1999, fue de 17.4%, una disminución de 9.2% de empleos en este sector. En el 2009, el 15% de la fuerza de trabajo se dedicaba a la agricultura. Esta disminución se ha traducido en un aumento del empleo en el sector informal urbano, las causas fueron mencionadas y están asociadas a que los cultivos agrícolas tuvieron malos resultados, afectando negativamente la situación de Balanza Comercial, cuyo déficit aumentó desde US\$157 millones en 1995 a US\$801 millones en 1999 (García, 2001)

De acuerdo a la definición de resiliencia usada en este estudio es válido establecer que aquellas necesidades percibidas en un estado muy malo y malo, reflejan la no adaptación a los cambios que se han dado en la cuenca y las que se encuentran como regular o sin cambios, podrían considerarse en vías de adaptación y aquellas dentro de la categoría bien y muy bien se considerarían como una evidencia de adaptación, caso que para este estudio no fue reflejado.

De acuerdo a los principios antes mencionados el resultado de esta investigación refleja que las comunidades de la cuenca baja del Río Chico no están siendo resiliente a los cambios ocurridos en la cuenca producto del cambio de uso de suelo y cambio climático, basándonos en el nivel de satisfacción de las necesidades humanas fundamentales. Evidenciándose una notable decadencia en aspectos del entorno (sensación térmica y salud ambiental), refiriéndose a la alta sensación térmica y poca libertad para gozar del recurso hídrico como medio de esparcimiento.

De igual manera se refleja una notable insatisfacción por la disponibilidad del recurso agua para producir, lo que ocasiona un sobre esfuerzo para generar ingresos, disminuyendo la satisfacción de necesidades básicas de las personas. Por otra parte, es importante resaltar que las personas admiten que ahora hay más acceso a tecnología y capacitaciones, pero el acceso no es suficiente si no se realiza un acompañamiento técnico y se logra el empoderamiento de los productores.

4. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Una investigación científica es como un rompecabezas, donde cada dato, evidencia o supuesto es una pieza clave y donde lo correcto es no forzar las piezas para que encajen en el rompecabezas, se trata de entender que las cosas no son siempre como uno espera y eso puede entenderse como la esencia de una investigación.

Con lo anterior se hace referencia a las limitaciones que se encuentran a lo largo de la investigación, reconociendo que las limitaciones son una de las bases del aprendizaje. Por tal motivo se dejan expuestas en esta sección las limitaciones encontradas en las diferentes etapas de la investigación.

La primera limitante que se presentó fue el tiempo, definitivamente el tiempo es muy limitante al tratar de hacer una investigación que involucra recaudar información de personas de instituciones gubernamentales, grupos organizados o asociaciones, toma tiempo, por el hecho de tener que acoplarse a su disposición y muchas veces cambios imprevistos de fechas.

El tiempo disponible para investigar un problema y medir el cambio de uso de suelo y el cambio de percepción de las personas en el tiempo, para esta investigación ha sido muy limitado.

Por otra parte, el tiempo resultó ser crucial para el procesamiento de imágenes satelitales, ya que la investigación fue realizada a distancia de los profesores asesores y definitivamente que el apoyo físico y seguimiento continuo es importante para lograr resultados más precisos. Aunado a esto la calidad de las imágenes satelitales correspondientes a la parte alta de la cuenca no fueron las más adecuadas ya que la gran nubosidad no permitió realizar un análisis más detallado de los usos de la tierra.

Las limitantes biofísicas para este tipo de análisis de imágenes satelitales resultan ser bastante comunes, por ejemplo en Costa Rica la Academia Nacional de Ciencias (1997) describe algunas limitantes para

estos análisis como: El fraccionamiento del territorio, las propiedades muy fragmentadas dificulta su clasificación; la probabilidad de obtener escenas sin o con pocas nubes es muy baja en algunas zonas del trópico y la alta biodiversidad de los trópicos ocasiona dificultades en la clasificación de la vegetación. Estos aspectos mencionados por el autor también son característicos de las condiciones encontradas en la cuenca del río Chico.

Además, el mapa de uso del año 2008 presenta un desajuste en comparación con los mapas de 1992, 2000 y 2019, ya que los mismos provienen de diferentes fuentes. El desajuste es atribuible a la diferencia de resolución del mapa del año 2008 con los demás. Lo que limitó el alcance del análisis y obstaculizó el determinar una tendencia o relación significativa entre los periodos estudiados.

Las limitaciones no son piezas dañadas del rompecabezas, al contrario, las limitaciones se deben ver como advertencias para la planificación del trabajo de futuros investigadores y hasta como oportunidades o fuente de inspiración para otros investigadores.

5. LITERATURA CITADA

- Academia Nacional de Ciencias. 1997. Conservación del bosque en Costa Rica. Simposio Conservación del Bosque en Costa Rica (oct. 30-31 1997). Pedroni, L.; Velásquez, S. Medición y Diagnostico de Cobertura Boscosa: ¿Qué tan útiles son las imágenes de satélite en nuestro medio?
- Adger, W. 2000. Social and ecological resilience: are they related? *Progress in Human Geography* 24 (3):347-364. Consultado 8 ago. 2018. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/235737390_Social_and_Ecological_Resilience_Are_They_Related
- Alkire, S. 2002. Dimensions of Human Development. *World Development* 30 (2): 181–205
- ANAM (Autoridad Nacional del Medio Ambiente) 2002. Mapa de Capacidad Agrológica del área prioritaria de la Región occidental de Panamá.
- Bousquet, F; Botta, A; Alinovi, L; Barreteau, O; Bossio, D; Brown, K; Caron, P; D'Errico, M; DeClerck, F; Dessard, H; Enfors Kautsky, E; Fabricius, C; Folke, C; Fortmann, L; Hubert, B; Magda, D; Mathevet, R; Norgaard, R; Quinlan, A; Staver, A. 2016. Resilience and development: mobilizing for transformation. (en línea). *Ecology and Society* 21(3):40. Consultado 29 ago. 2018. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/308753940>
- Brock, W. A; Mäler, K-G; Perrings, C. 2002. Resilience and sustainability: the economic analysis of nonlinear dynamic systems. *Panarchy: understanding transformations in human and natural systems*. Island Press, Washington, D.C., USA.
- ETESA (Empresa de Transmisión Eléctrica Panameña). 2018. Datos Climáticos Históricos. (en línea). Consultado o de ago. 2018. Disponible en https://www.hidromet.com.pa/clima_historicos.php
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2018. Plataforma de Territorios Inteligentes: Resiliencia al cambio climático. (en línea). Consultado 29 ago. 2018. Disponible en <http://www.fao.org/in-action/territorios-inteligentes/componentes/resiliencia-al-cambio-climatico/introduccion/es/>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). Sf. Indicadores de la calidad de la tierra: aspectos del uso de la tierra, del suelo y de los nutrientes de las plantas. (en línea). Consultado 29 ago. 2018. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/004/W4745S/w4745s09.htm>

- Flores, PJ; Navarro, YC. 2016. Efectos del cambio climático en los recursos hídricos: un análisis de la experiencia en Venezuela. (en línea). *Novum Scientiarum*, 2(4): 45-55. Consultado 30 ago. 2018. Disponible en <http://www.ecoambienteysdesarrollo.org/revista/ojs/index.php/novum/article/view/132/efectosCambioClima>
- Foley, J; DeFries R; Asner, G; Barford, K; Bonan, G; Carpenter, D; Chapin, F; Coe, M; Daily, G; Gibbs, H; Helkowski, J; Holloway, T; Howard, E; Kucharik, C; Monfreda, C; Patz, J; Prentice, C; Ramankutty, N; Snyder, P. 2005. Global Consequences of Land Use. (en línea). *Science* 309: 570-574 Consultado 29 ago. 2018. Disponible en <http://science.sciencemag.org/content/309/5734/570>
- García, Guillermo, 2001. Panamá Política Económica y Empleo durante los años noventa. Panamá.
- Gunderson, L. H; Holling C. S., editors. 2002. *Panarchy: understanding transformations in human and natural systems*. Island Press, Washington, D.C., USA.
- Gutiérrez C. 1987. Análisis de la problemática de la cuenca del río Chico, Provincia de Chiriquí, Panamá. IICA-CIDIA. 40 p. (en línea). Consultado 18 de sep. 2018. Disponible en https://books.google.co.cr/books?id=cOoNAQAIAAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gs_bse_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=true
- Hernández, A; Macías, V; López G; Naveda, C; Guzmán, Á; Vivar, M; Zambrano, T; López, G. 2017. Variaciones en algunas propiedades del suelo por el cambio de uso de la tierra, en las partes media y baja de la microcuenca Membrillo, Manabí, Ecuador. (en línea). *Cultivos Tropicales*, 38(1): 50-56. Consultado 30 ago. 2018. Disponible en <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=5&sid=476bb734-ac50-4679-a05d-863c329b770b%40sessionmgr4006>
- Imbach A. 2016. Estrategias de Vida. Analizando las conexiones entre la satisfacción de las necesidades humanas fundamentales y los recursos de las comunidades rurales. Geolatina (Ed). Turrialba, Costa Rica. 55p.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). 2014. Cambio Climático: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resumen para responsables de políticas. (en línea). Field, C; Barros, V; Dokken, D; Mach, K; Mastrandrea, M; Bilir, T; Chatterjee, M; Ebi, K; Estrada, Y; Genova, R; Girma, B; Kissel, E; Levy, A; MacCracken, S; Mastrandrea, P; White, L (eds.). Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza, 34 p. Consultado 30 ago. 2018. Disponible en https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_es.pdf
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). 2011. Renewable energy sources and climate change mitigation: Summary for policymakers and technical summary. (en línea). Edenhofer, O; Pichs-Madruga, R; Sokona, Y; Seyboth, K; Matschoss, P; Kadner, S; Zwickel, T; Eickemeier, P; Hansen, G; Schlömer, S; Stechow, C. (eds.). Technical Support Unit Working Group III Potsdam Institute for Climate Impact Research 230 p. Consultado 30 ago. 2018. Disponible en https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/SRREN_FD_SPM_final.pdf
- IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) y CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria). 2002. Zonificación de los conflictos de la tierra en Bogotá. Bogotá Colombia.

- Klingebiel, A & Montgomery, P. 1961. Land-Capability Classification. First issue. Washington D. C. (EUA): USDA.
- Lao, B; Peláez, D. 2018. Remote Sensing and Geographic Information System in the Decision-Making Process for Land Management. (en línea). *Cultivos Tropicales*, 39(1): 54-65. Consultado 30 ago. 2018. Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v27n1/rcta06118.pdf>
- IGAC y CORPOICA.2002. Zonificación de los conflictos de la tierra en Bogotá. Bogotá Colombia
- Leija-Loredo, EG; Reyes-Hernández, H; Reyes-Pérez, O; Flores-Flores, JL; Sahagún-Sánchez, FJ. (2016). Cambios en la cubierta vegetal, usos de la tierra y escenarios futuros en la región costera del estado de Oaxaca, México (en línea). *Madera Y Bosques*, 22(1): 125-140. Consultado 29 ago. 2018. Disponible en <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=7&sid=aa3acde6-25ef-433b-9abe-9f827a58cbd5%40sessionmgr101>
- Lücke, O. 1998. Base Conceptual y Metodología para los escenarios de Ordenamiento Territorial. (en línea). 21 p. Consultado 30 ago. 2018. Disponible en <https://es.scribd.com/document/111238795/07-Base-Conceptual-y-Metodologia-para-el-OT-O-Lucke>
- Macêdo, G. 2016. Imágenes de satélite y teledetección como herramienta de apoyo para el desarrollo de minas de yeso y escombreras en el Araripe. (en línea). *Holos*, 32(7): 78-87. Consultado 30 ago. 2018. Disponible en <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=10&sid=a85e2d28-184b-4458-b3e8-4788a86f47c8%40pdc-v-sessmgr03>
- MIAMBIENTE (Ministerio de Ambiente). 2012. Dirección de gestión integrada de cuencas hidrográficas. Programa de inversión para la restauración de cuencas hidrográficas prioritarias. Línea base: diagnóstico biofísico, socioeconómico y potencial energético de la cuenca hidrográfica del río chico.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and human well-being: a framework for assessment. (en línea). Consultado 29 ago. 2018. Disponible en http://pdf.wri.org/ecosystems_human_wellbeing.pdf
- Morales, A. 2013. Situación de algunos ecosistemas costeros costarricenses. Necesidad de una gestión integrada. *Ambientico*. Revista mensual sobre la actualidad ambiental. Crisis de ecosistemas Marinos y Costeros en Costa Rica. 16-26. (en línea). Consultado 12 sep. 2018. Disponible en <http://www.ambientico.una.ac.cr/pdfs/ambientico/230.pdf>
- NASA (National Aeronautics and Space Administration); Goddard Institute Space Studies. 2018. GISS Surface Temperature Analysis. Consultado 30 ago. 2018. Disponible en <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs/customize.html>
- Norris, H; Steven, S; Pfefferbaum, B; Wyche, K; Pfefferbaum, R. 2008. Community Resilience as a Metaphor, Theory, Set of Capacities, and Strategy for Disaster Readiness. (en línea). *American Journal of Community Psychology*, 41:127-150. Consultado 9 sep. 2018. Disponible en <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1007/s10464-007-9156-6>
- Perrings, C. A. 2006. Resilience and sustainable development. (en línea). *Environment and Development Economics* 11:417-427. Consultado 15 sep. 2018. Disponible en <https://pdfs.semanticscholar.org/a7ed/c96e2db8f987cc4c4d998afd699552275734.pdf>

- Potapov, R. Moore, M. Hancher, S. A. Turubanova, A. Tyukavina, D. Thau, S. V. Stehman, S. J. Goetz, T. R. Loveland, A. Kommareddy, A. Egorov, L. Chini, C. O. Justice, and J. R. G. Townshend. 2013. "High Resolution Global Maps of 21st- Century Forest Cover Change". *Science* 342 (15 November): 850–53. Data available on-line from: [http:// earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest](http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest)
- Real Academia Española. 2011. *Diccionario de la lengua española* (22.a ed.). Madrid, España.
- Reglamento de Clasificación de Tierras. 2009. Reglamento de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor. Lima, Perú.
- Sanz, C. 2009. Consecuencias geográficas del Cambio Climático. (en línea). En Ramos Castellanos, P., *Cambio Climático, ¿un desafío a nuestro alcance?*, Salamanca, Universidad de Salamanca: 47-81. Consultado 30 ago. 2018. Disponible en https://www.uam.es/departamentos/filoyletras/geografia/descargas/Consecuencias_geograficas_del_Cambio_Climatico.pdf

CAPITULO II

ARTÍCULO 1: ANALISIS MULTITEMPORAL DE CAMBIO DE USO/COBERTURA DE LA TIERRA.

RESUMEN

Los análisis multitemporales para la identificación de cambios significativos ha sido una herramienta de gran utilidad en los últimos años, reflejado en diferentes investigaciones del campo científico, como Marín *et al* (2016) quienes utilizaron la metodología en Colombia para identificar perdida y ganancia de bosque. Estos autores identifican que el análisis de los comportamientos de cambio entre los años ayuda a comprender mejor la dinámica de cambio de uso.

El horizonte de este estudio está enmarcado en entender la dinámica de cambio de uso/ cobertura de la tierra en la cuenca del río Chico. Históricamente ha sido una cuenca de estudio e investigación en Panamá por ser una de las zonas más productivas del país (MIAMBIENTE 2012). Pese a esto, el manejo insostenible de la cuenca y sus recursos podría estar causando un impacto social y económico significativo ya que se han reflejado pérdidas de producción, venta de tierras, innumerables quejas por parte de los pequeños y medianos productores por la falta del recurso hídrico e incentivos financieros.

Se realizó un análisis de distribución porcentual del uso/cobertura de la tierra para los años 1992, 2000, 2008 y 2019. A través de este análisis se identificó que en cuanto a la ocupación y uso del territorio en esta cuenca en promedio el uso y cobertura de la cuenca se encuentra distribuido en su mayor parte a tierras agrícolas con un 31%, seguida por tierras forestales con un 24%, luego pastos con 23%, rastrojos 16%, mangle con 4% y otros usos con apenas un 2%, los cuerpos y las plantaciones forestales son apenas detectables a través del tiempo.

MIAMBIENTE, (2012) señala que el uso en la parte alta de la cuenca consiste en las actividades de ganadería bovina y porcina, cría de aves y producción agrícola, siendo la más destacada la ganadería seguida de la producción agrícola. En la parte media de la cuenca encontramos bosques secundarios y bosques de galería que mantienen especies forestales y frutales cultivo de pasto para la ganadería extensiva y en menor medida se cultiva el maíz, arroz, frijol y calabaza. En la parte baja de la cuenca algunas zonas son dedicadas a la ganadería extensiva, otras mantienen cobertura de bosques secundarios y de galería, y en su mayoría las tierras son utilizadas para la siembra agrícola, destacándose los cultivos de caña, arroz, maíz, frijoles, plátanos, entre otros cultivos y persistiendo siempre el uso agrícola y pecuario

La cuenca ha tenido una vocación productiva durante los años de estudio. El aumento poblacional, la falta de incentivos financieros, podrían estar relacionados con la perdida de cobertura boscosa y los cambios de uso de suelo, que a través del tiempo se han inclinado hacia un uso productivo.

ABSTRACT

Multitemporal analyzes for the identification of identified changes have been a useful tool in recent years, reflected in different research in the scientific field, such as Marín et al (2016) who use the methodology in Colombia to identify forest loss and gain. These authors identify the analysis of the behaviors of change between the years helps to better understand the dynamics of change of use.

The horizon of this study is framed in understanding the dynamics of the change of land use / coverage in the Chico river basin. Historically it has been a study and research basin in Panama for being one of the most productive areas of the country (MIAMBIENTE 2012). Despite this, the unsustainable management of the basin and its resources could be causing a significant social and economic impact since there have been losses of production, sale of land, innumerable complaints by small and medium producers for the lack of the resource hydric and financial incentives.

An analysis of the percentage distribution of land use / coverage for the years 1992, 2000, 2008 and 2019 was carried out. A trip of this analysis will be identified in terms of occupation and use of the territory in this basin on the basis of use and coverage of the basin is distributed mostly in agricultural land with 31%, quickly through forest land with 24%, then pastures with 23%, stubble 16%, mangrove with 4% and other uses with just 2%. Forest bodies and plantations are barely detectable over time.

MIAMBIENTE, (2012) points out that the use in the upper part of the basin consists of the activities of cattle and pig farming, poultry farming and agricultural production, the most outstanding being the livestock followed by agricultural production. In the middle part of the basin we find secondary forests and gallery forests that maintain forest and fruit species cultivation of grass for extensive livestock and to a lesser extent corn, rice, beans and squash are grown. In the lower part of the basin some areas are dedicated to extensive livestock, others maintain coverage of secondary and gallery forests, and mostly the lands are used for agricultural planting, highlighting the crops of cane, rice, corn, beans, bananas, among other crops. Agricultural and livestock use always persisting

The basin has had a productive vocation during the years of study. The population increase, the lack of financial incentives, could be related to the loss of forest cover and changes in land use, which over time have been inclined towards productive use

1. INTRODUCCIÓN

La cuenca del río Chico ha sido objeto de estudio desde la década del ochenta, principalmente por su gran potencial hidrológico y productivo, siendo explotada principalmente con cultivos de cítricos, arroz, maíz, caña, producción ganadera e hidroeléctricas (Gutiérrez (1987).

Gutiérrez (1987) analizó las implicaciones negativas que tendría el desarrollo descontrolado de las actividades agrícolas y ganaderas, debido a la alta tasa de erosión arrojada por su estudio. Por otra parte, MIAMBIENTE (2012,) en un estudio de línea base de la cuenca y evidenció la notable pérdida de bosque y ganancia de áreas productivas.

El análisis multitemporal de los paisajes a través del uso de sensores remotos permite observar dinámicas significativas en la estructura y composición del paisaje. Mediante una comparación bitemporal de la composición y la estructura del paisaje, se puede determinar los cambios o transiciones entre las coberturas, en las que se podría evidenciar “ganancias” (el paso de coberturas muy intervenidas a

coberturas más naturales), “pérdidas” (el paso de coberturas boscosas y rastrojos a pastizales) o las áreas que “permanecen” iguales en el tiempo (Marín *et al.* 2018).

Por su parte, la dimensión temporal de los paisajes permite, a través del establecimiento de comparaciones entre momentos históricos diferentes, precisar el estado pasado y actual de determinados paisajes. Esta evolución del paisaje en el tiempo se analiza con el uso de imágenes de satélite o fotografías aéreas para generar mapas de cobertura de la tierra para dos o más momentos que, por superposición entre pares permiten definir y cuantificar los cambios existentes en dichas coberturas (Molina y Albarrán 2013).

2. METODOLOGÍA

2.1 Obtención de imágenes satelitales

El primer paso consistió en la selección y descarga de las escenas de satélite, desde el servidor en línea “Land Viewer” (www.lv.eosda.com). Se utilizaron criterios de calidad para la elección de imágenes registradas por el satélite SENTINEL2 como: cobertura nubosa menor al 10%; disponibilidad temporal de los mosaicos y sin alteraciones radiométricas ni de radiancia en sus píxeles.

2.1.1 Pre procesamiento y corrección de imágenes

2.1.2 Corrección atmosférica (FLAASH)

La corrección atmosférica de las imágenes se realizó usando el módulo FLAASH del programa ENVI

Según HARRIS (2018) el análisis atmosférico de línea de vista rápida de hipercubos espectrales (FLAASH por sus siglas en inglés) es un algoritmo incorporado a ENVI 5.1, dicha herramienta permite, entre otras cosas:

- Corrección del efecto de adyacencia (mezclado de píxeles debido a la dispersión de radiación reflejada de la superficie)
- Cálculo de la visibilidad media de la escena (considerando la cantidad de neblina y aerosoles presentes). FLAASH utiliza técnicas avanzadas para el manejo especial de condiciones atmosféricas variadas, tales como la presencia de nubes.

FLAASH comienza el proceso a partir de la aplicación de la ecuación estándar para la radiancia espectral de los píxeles (L). La ecuación es la siguiente:

$$L = \left(\frac{A\rho}{1 - \rho_e S} \right) + \left(\frac{B\rho_e}{1 - \rho_e S} \right) + L_a \quad (1)$$

Dónde:

ρ : es la reflectancia de la superficie de los píxeles

ρ_e : es el promedio de la reflectancia de la superficie de los píxeles en un determinado vecindario

S : es el albedo esférico de la atmosfera

L_a : es la radiancia dispersada de vuelta por la atmosfera

A y B son coeficientes que dependen de las condiciones atmosféricas y geométricas, pero no la superficie terrestre

Adicionalmente, FLAASH incorpora el modelo MODTRAN (transmisión atmosférica de moderada resolución, por sus siglas en inglés) con el fin de eliminar los efectos de la absorción y dispersión debidos a las moléculas y partículas atmosféricas en suspensión.

Los valores de A, B, S y L_a son altamente dependientes de la cantidad de vapor de agua presente en la escena, pero por lo general estos valores no son bien conocidos y pueden variar a través de la imagen. La remoción del vapor de agua se puede realizar a partir de la selección de modelos atmosféricos añadidos por defecto a la herramienta.

Una vez que la remoción del vapor de agua ha sido ejecutada, se aplica una nueva ecuación usando los valores promedio de la imagen de radiancia generada por la ecuación 1.

$$L_e \approx \left(\frac{(A + B)\rho_e}{1 - \rho_e S} \right) + L_a \quad (2)$$

En donde:

L_e : Son los valores promedio de radiancia de la imagen

ρ_e : Son los valores promedio de reflectancia de la imagen

2.1.3 Obtención de mapas base

Debido a la cantidad de nubes persistente fue necesario obtener una versión preliminar del uso de la tierra en la cuenca del Río Chico, como fuente principal de datos se contó con las capas de uso de suelo del año 1992, 2000 y 2008 elaboradas por el Mi Ambiente y Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe (CATHALAC) para Panamá. Esta clasificación previa la cual contaba con 18 categorías (Bosque intervenido, Bosque maduro, Bosque seco maduro, Bosque inundable mixto, Uso agropecuario, Uso agropecuario de subsistencia, Pasto, Plantación Forestal, Rastrojo, Manglar, Agua, Pasto natural, Vegetación baja inundable, Albinas, Bosque Orey Homo, Cativo Homo, Cativo Mixto y Otros.

2.1.4 Definición de la leyenda temática

Para hacer la interpretación de las imágenes y asignarle un valor a las categorías temáticas que se utilizaron, se realizó un estudio del terreno (*ground truthing*) para identificar cada una de las categorías de interés, determinando rasgos característicos que permitiera realizar una nueva definición de leyenda temática con base en los mapas previos. Se utilizaron las cinco categorías de uso/cobertura del IPCC (2006): Tierras Forestales, Tierras agrícolas, Praderas, Humedales y Asentamientos. Fue necesario realizar esta identificación en campo, ya que algunas categorías no corresponden a los usos / cobertura de la cuenca.

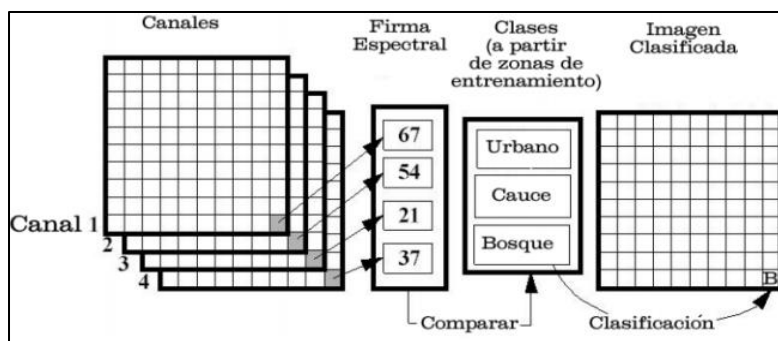
Luego de identificadas esta categoría se procedió a elaborar el mapa actual de uso / cobertura de la cuenca.

2.2 Clasificación de imágenes de satélite

Se realizó una clasificación supervisada, en base a los resultados del estudio de terrenos, el análisis de fotografías aéreas, mapas e informes técnicos y referencias profesionales y locales. Ello permitió definir y delimitar sobre la imagen las áreas de entrenamiento o pilotos. Las características espectrales de estas

áreas fueron utilizadas para "entrenar" un algoritmo de clasificación, a través del cálculo de parámetros estadísticos de cada banda para cada sitio piloto, para luego evaluar cada ND de la imagen, compararlo y asignarlo a una respectiva clase (ver Figura 4). La clasificación supervisada pretende definir las clases temáticas que no tengan claro significado espectral, considerada por esto como un método artificial (Posada *et al*, 2011).

Figura 4. Esquema de clasificación digital supervisada



Fuente: Olaya, 2007

El proceso de clasificación supervisada, se puede resumir en las siguientes etapas: análisis visual y estadístico de la imagen y de sus bandas, elaboración de la leyenda del mapa, selección y delimitación de áreas pilotos, generación y evaluación de sus estadísticas y reajustes, elección y aplicación del algoritmo de clasificación, reajustes y clasificación de nuevo, y finalmente, la evaluación de los resultados y su presentación (Posada *et al*. 2011).

2.3 Creación de firmas espectrales

Todo objeto, cultivo o uso sobre la superficie terrestre posee una distribución única de radiación electromagnética que puede ser reflejada, transmitida o absorbida. La firma o huella espectral de cada uno presenta una reflectancia. En otras palabras, la firma espectral es distinta según las longitudes de onda y propiedades espectrales (Corrales y Ochoa, 2014).

Los mismos autores sugieren que mediante la creación de polígonos, se puede generar áreas de entrenamiento o firmas espectrales que se correlacionan con el uso de la tierra observado en la imagen. Previamente, tras el análisis, la observación de la imagen y el trabajo de campo, se podrá definir las clases de uso de la tierra.

2.4 Separabilidad de firmas espectrales

Se evaluaron los conjuntos de firmas espectrales usando la métrica de separabilidad denominada *divergencias transformadas*, el propósito de esta rutina es verificar qué tanto se parecen o no los conjuntos de firmas dentro y entre categorías. Esta métrica puede tomar valores entre 0 y 2000, en donde como regla general entre 1900 y 2000 la separabilidad es total, entre 1700 y 1900 es buena, y por debajo de 1700 es pobre. Este método permite distinguir la confusión entre pares de firmas por lo cual, estas pueden ser eliminadas de los conjuntos de datos para reducir los traslapes espectrales en el proceso de clasificación. Para esta fase se emplea el módulo SEPSIG (Separability Signatures) del programa TerrSet

v18.1 (Clark Labs 2018). Por ejemplo, si al comparar una firma de mangle con una de pasto el resultado es inferior a 1700, deben revisarse los polígonos de las correspondientes firmas, ya que la separación entre ambas teóricamente deber ser total.

2.4.1 Random forest

Es uno de los algoritmos de clasificación de imágenes más usados en teledetección (Breiman et al. 1984), cuya principal característica y ventaja radica en ser un método no paramétrico, robusto y fácil de interpretar. Por otra parte, Cánovas-García *et al.* (2016) resalta el aporte de una estimación interna de exactitud mediante una forma de validación cruzada. Se utilice el programa R Statistics (R Core Team, 2018).

Funcionan haciendo particiones sucesivas en el espacio de variables, buscando siempre la variable y el valor umbral de la misma que maximiza la homogeneidad de las particiones resultantes. (Cánovas-García, 2016) La homogeneidad de una partición puede medirse de varios modos, uno de los más comunes es el índice de Gini:

$$G = \sum_{k=1}^K f_k \cdot (1 - f_k)$$

Donde k es cada una de las clases presentes en la partición, K el total de clases presentes en la partición y f_k la proporción de los casos en la partición que pertenecen a la clase k. Para calcular el índice de Gini de un árbol completo, habría que sumar los índices de Gini de todas sus particiones. El proceso de partición continúa hasta que todas las particiones son totalmente homogéneas. En ese momento empieza el proceso de poda (*pruning*) del árbol utilizando un procedimiento de validación cruzada que evita que el árbol se sobreajuste a los datos de entrenamiento. Se trata básicamente de reagrupar las particiones más pequeñas que responden solo al ruido en los datos de entrenamiento. Una vez podado el árbol, a cada partición del espacio de variables le corresponde la clase más frecuente de modo que cualquier nuevo caso se clasifica en función de donde se sitúe en dicho espacio de variables.

2.5 Post procesamiento

2.5.1 Validación de la clasificación temática

El proceso de validación y evaluación de una clasificación temática de uso y cobertura de la tierra, consiste en la comparación entre el valor asignado a un punto dado en el mapa y el valor observado en el mismo punto en el campo u otra fuente considerada “verdad” (puntos de control). Existen diferentes técnicas para evaluar la exactitud de productos derivados de sensores remotos, entre ellas las descriptivas (describen la situación a través de índices que resumen información). En este trabajo, para la sección de análisis multitemporal y sensores remotos, se utilizaron las siguientes técnicas descriptivas basadas en Richards *et al.* (2006); Congalton *et al.* (2009).

- *Matriz de confusión*: Arreglo tabular de filas y columnas en el cual se compara la clasificación temática (estimado) contra las verdades de terreno (observado), y muestra la cantidad de píxeles clasificados correctamente (diagonal) o incorrectamente dentro de una o varias clases (usos/coberturas) en particular (Figura 3).

- *Errores de comisión:* Estos ocurren cuando un área se incluye dentro de una categoría incorrecta, o sea, todas aquellas parcelas que se asignaron a dicha categoría y que no pertenecen a ella. Ejemplo: el porcentaje de bosque que se clasificó como no bosque.
- *Errores de omisión:* Estos se dan cuando un área es excluida de la categoría a la cual pertenece, es decir, todas aquellas parcelas que no fueron asignadas a las categorías que les corresponde. Ejemplo: el porcentaje de no bosque que en la realidad es bosque.
- *Exactitud del productor:* Es la relación entre el número de píxeles clasificados correctamente en el mapa y el total de verdades de terreno usadas. Expresa el porcentaje de verdades de terreno que se clasificaron acertadamente.
- *Exactitud del usuario:* Es la relación entre el número de píxeles correctamente clasificados y el total de píxeles de dicha categoría en el mapa. Dice cuál es el porcentaje de los píxeles que están asignados en la categoría a la que realmente pertenecen.
- *Exactitud global (Overall):* es la proporción de píxeles clasificados de manera correcta, sobre el número total de verdades de campo utilizadas.
- *Totales verdaderos:* son las verdades de terreno, en este caso la cantidad de puntos de bosque y no bosque extraídos de las imágenes de referencia.
- *Totales clasificados:* Son los píxeles de bosque y no bosque seleccionados de las clasificaciones de uso/cobertura.
- *Correctos:* es la diferencia entre totales verdaderos y totales clasificados.

Figura 5. Representación básica de la matriz de confusión.

		j= Columnas (Referencia)			Total filas N_{j+}
		1	2	K	
i= Filas (Clasificación)	1	N_{11}	N_{12}	N_{1K}	N_{1+}
	2	N_{21}	N_{22}	N_{2K}	N_{2+}
	K	N_{K1}	N_{K2}	N_{KK}	N_{K+}
Total columnas N_{+j}		N_{+1}	N_{+2}	N_{+K}	N

Fuente: Modificado de Congalton *et al.* 2009

2.6 Cuantificación temporal de los cambios de uso de la tierra

Los análisis multitemporales tienen como objetivo estimar 3 componentes básicos para establecer la dinámica de las transiciones del uso del suelo/cobertura en un territorio o paisaje: la dirección, la magnitud, y la localización espacial de los cambios.

1. La dirección indica las trayectorias de cambio de las diferentes clases; por ejemplo, bosque a pasto, bosque a café.
2. La magnitud expresa las cantidades absolutas o porcentuales de cada transición, por ejemplo, 200 hectáreas cambiaron de bosque a pasto
3. La localización muestra de manera espacialmente explícita en qué sitios sucedieron los cambios en el paisaje

La forma más pragmática de visualizar la dirección y magnitud de los cambios es a través de la “matriz de cambios” (Cuadro 2), (Pontius *et al*, 2004).

Cuadro 2. Matriz de cambio de uso de la tierra

Periodo 1	Periodo 2				Total periodo1	Perdida
	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4		
Clase 1	P_{11}	P_{21}	P_{31}	P_{41}	P_{1+}	$P_{1+}-P_{11}$
Clase 2	P_{12}	P_{22}	P_{32}	P_{42}	P_{2+}	$P_{2+}-P_{22}$
Clase 3	P_{13}	P_{23}	P_{33}	P_{43}	P_{3+}	$P_{3+}-P_{33}$
Clase 4	P_{14}	P_{24}	P_{34}	P_{44}	P_{4+}	$P_{4+}-P_{44}$
Total Periodo 2	P_{+1}	P_{+2}	P_{+3}	P_{+4}	1	
Ganancia	$P_{+1}-P_{11}$	$P_{+2}-P_{22}$	$P_{+3}-P_{33}$	$P_{+4}-P_{44}$		

Fuente: modificado de Pontius *et al*, 2004.

En las filas de la matriz se muestran las categorías del periodo 1 y en las columnas las categorías del periodo 2. La notación P_{ij} denota la proporción del paisaje que experimenta una transición de la categoría i a la categoría j donde el número de categorías es J . Las entradas en la diagonal indican persistencia, por lo tanto, P_{jj} denota la proporción del paisaje que muestra persistencia de la categoría j . Las entradas fuera de la diagonal indican una transición de la categoría i a una categoría diferente j . En la columna Total, la notación P_{i+} denota la proporción del paisaje en la categoría i en el tiempo 1, que es la suma de todos los j de P_{ij} . En la fila Total, la notación P_{+j} denota la proporción del paisaje en la categoría j en el tiempo 2, que es la suma de todos los i de P_{ij} .

Normalmente la matriz de transición termina ahí. Sin embargo, muestra una fila adicional y una columna adicional. La columna adicional a la derecha indica la proporción del paisaje que experimenta una pérdida bruta de la categoría i entre el periodo 1 y el periodo 2. La fila adicional en la parte inferior indica la proporción del paisaje que experimenta ganancia bruta de la categoría j entre el periodo 1 y el periodo 2.

2.7 Proyección de direccionalidad del cambio espacial de uso/cobertura de la tierra


El análisis completo de cambio de uso/cobertura del suelo se llevó a cabo con el módulo LAND CHANGE MODELER (LCM) del programa TerrSet V.18.1. (Clark Labs, 2017). Este consiste en modelar el potencial de transición de la tierra específica basado en la experiencia (como la deforestación para el desarrollo agrícola), mediante el uso de capas históricas de cobertura del suelo junto con un conjunto de posibles variables explicativas (como la proximidad a las pistas, el tipo de suelo y las pendientes), el LCM utiliza herramientas de modelado empírico para establecer las relaciones entre ellas. Actualmente, LMC es compatible con la regresión logística, un vecino k-más cercano modificado y una potente red neural de percepción excepcional de múltiples capas para el desarrollo de modelos. (Clark Labs, 2017).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Cobertura de uso de la tierra y cambio espacio-temporal

El primer resultado que se obtiene (Cuadro 3) es la verificación del uso/cobertura de la tierra en la cuenca del Río Chico, tras correr las clasificaciones supervisadas para el año 2019.

Cuadro 3. Clasificación de usos para la cuenca del río Chico

Descripción	Imagen uso de la tierra
<p>Tierras forestales</p> <p>Toda tierra con vegetación leñosa coherente con umbrales utilizados para definir las tierras forestales en el inventario nacional de GEI subdivididas a nivel nacional y cultivado y no cultivado, y también por tipo de ecosistema, también comprende sistemas con vegetación actualmente inferior al umbral de la categoría de tierras forestales, pero que se espera que lo rebase.</p>	 <p> <small> Date: 2019-08-01 10:10:00 Path: C:\Users\user\Documents\GIS\2019-08-01_10:10:00 Altitude: 1000.00 Datum: WGS84 Azimuth: 0.000000 Horizontal Angle: 0.000000 Horizontal Angle: 0.000000 Horizontal Angle: 0.000000 Zoom: 12 </small> </p>

Tierras agrícolas: Esta categoría comprende tierras de cultivo, labranza y sistemas agroforestales donde la vegetación no llega al umbral utilizado para la categoría de tierra forestal.



Plantación forestal:

Masa boscosa producto de la reforestación
(Ley 1 de 3 de febrero de 1994)



Rastrojo: vegetación secundaria de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas que aparece naturalmente después de un uso agropecuario. Tiene una altura promedio menor de 5 metros. (ANAM, 2014)



Praderas (pastizales): Compreendida por pastizales y tierra de pastoreo que no se considera tierra agrícola. También comprende sistemas con vegetación inferior al umbral utilizado en la categoría de tierras forestales y no se espera que rebase, sin intervención humana. Esta categoría comprende asimismo todas las praderas, desde las tierras incultas hasta las zonas recreativas, así como los sistemas agrícolas y de silvopastoril, subdivididos en gestionados y no gestionados.



Mangle: Bosque natural en el cual 60% de los árboles dominantes y codominantes (en términos de número de árboles por hectárea) pertenece a una o varias especies de mangle. (ANAM, 2014)



Humedales (cuerpos de agua): Categoría comprendida por la tierra cubierta o saturada por agua durante la totalidad o parte del año (p. ej., turbera) que no entra en las categorías de tierras forestales, tierras agrícolas, pastizales o asentamientos. Puede subdividirse en gestionados y no gestionados, comprende embalses como subdivisión gestionada y ríos y lagos naturales como subdivisiones no gestionadas.



Asentamientos (otros usos): Esta categoría comprende toda la tierra desarrollada, con inclusión de la infraestructura de transporte y los asentamientos humanos de todo tamaño, a menos que estén ya incluidos en otras categorías.



A partir de las coberturas descritas en el cuadro anterior, se definieron las categorías en la clasificación para obtener los mapas de uso/cobertura de la tierra de la cuenca del río Chico, para cada uno de los años. (Figura 8)

3.2 Cambio de uso del suelo para los años 1992, 2000, 2008 y 2019.

La extensión y porcentaje del uso/cobertura de la tierra de la cuenca del río Chico, para los años 1992, 2000, 2008 y 2019, se detalla en el cuadro 4:

Cuadro 4. Extensión y porcentaje del uso/cobertura de la tierra de la cuenca del río Chico, para los años 1992, 2000, 2008 y 2019

USO	1992	2000	2008	2019	Promedio
Tierras forestales	15438	13172	6602	12450	6819
Tierras agrícolas	11337	13947	17439	16665	8497
Rastrojos	11221	7034	8414	3599	4332
Pastos	8034	11656	12640	12392	6399
Mangle	2049	1984	1721	1778	1078
Otros usos	400	686	1310	1599	571
Cuerpos agua	5	5	208	0	31
Plantación forestal	0	0	149	0	143
TOTALES	48484	48484	48484	48484	27870

Las categorías de uso/cobertura de la tierra mayormente representadas en el año 1992 en la cuenca objeto de estudio son: en primer lugar, tierras forestales con un área de 15438.16 ha, seguida por tierras agrícolas con 11337.3 ha, luego están los rastrojos con 11221.21 ha, los pastos en este año tienen una presencia de

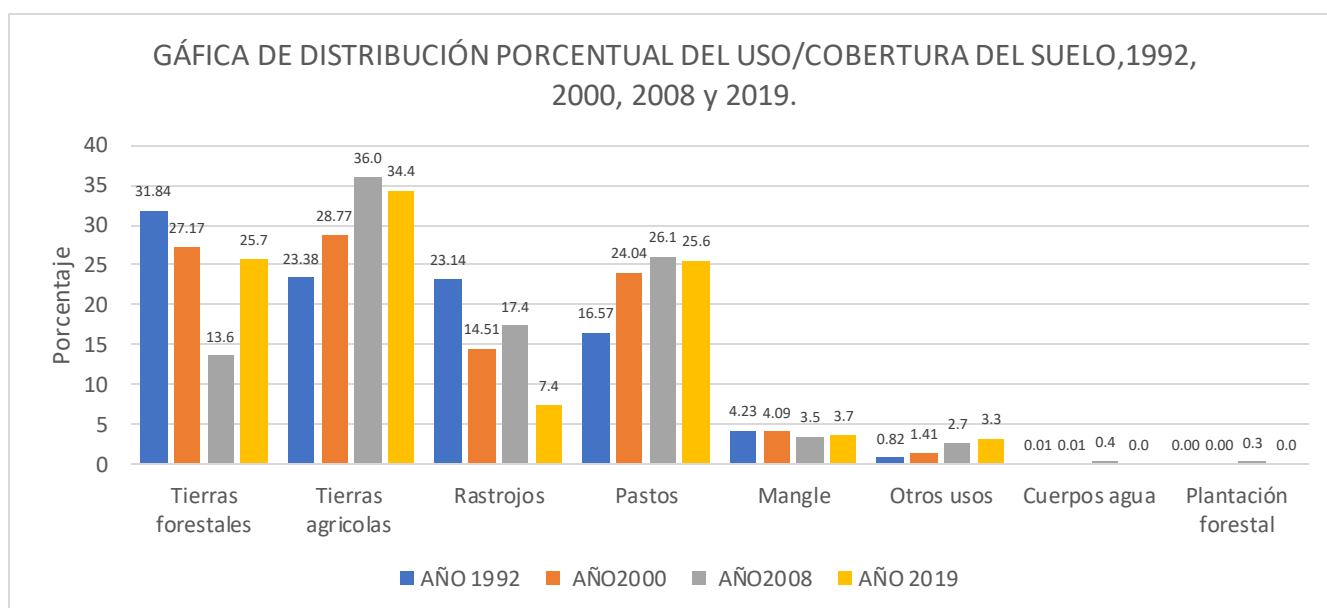
8033.76 ha. Estos usos representan un 31.84 %, 23.32%, 23.14% y 16.14% respectivamente, del área total de la cuenca.

Para el año 2000, la situación cambia considerablemente para los pastos y rastrojos ya que el área de pastos aumenta a 11656.26 ha es decir 24.04% dejando una diferencia entre el año 1992 y 2000 de 3622.54 ha convertidas a pastos. En cambio, la categoría de rastrojos descendió a 7033.50 ha, es decir 14.51% lo que significa que existe una disminución de esta categoría de 4187.71 ha entre el año 1992 y 2000.

En cambio, las tierras forestales y agrícolas apenas mostraron un cambio para el año 2000 con una disminución del 4.67% y aumento de 5.38% respectivamente para cada uso a diferencia del cambio marcado para los pastos con un aumento del 7.47% y disminución de rastrojo en 8.64%.

Los datos arrojados para el año 2008 muestran un cambio en las categorías de uso/cobertura de tierras agrícolas y tierras forestales, donde las tierras forestales disminuyeron abruptamente a 6602.13 ha y las tierras agrícolas aumentaron a 17438.67 ha. Para el caso de los rastrojos se puede observar un aumento del área a 12640.41 ha. En cambio, para el año 2019 las tierras forestales aumentan significativamente a 12450.33 y las tierras agrícolas disminuyeron al igual que los pastos a un 16664.86 y 12392.46 respectivamente, lo cual rompe con la tendencia, esto se puede atribuir a que el mapa de uso del año 2008 presenta un desajuste en comparación con los mapas de 1992, 2000 y 2019 ya que los mismos provienen de diferentes fuentes (Figura 6)

Figura 6. Distribución porcentual del uso/cobertura de la tierra para los años estudiados.

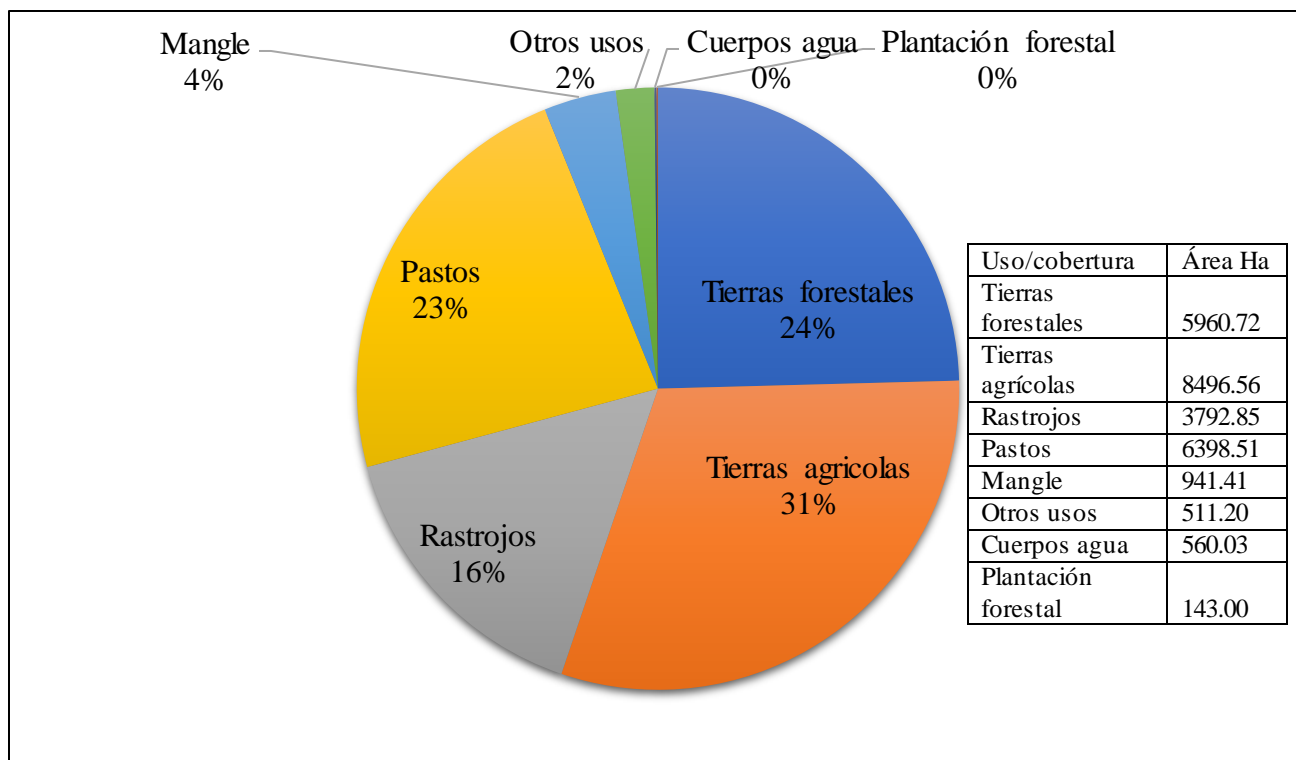


3.3 Ocupación y uso del territorio

En promedio el uso/cobertura de la tierra en la cuenca del río Chico para los años estudiados corresponde en su mayor parte a tierras agrícolas con un 31%, seguida por tierras forestales con un 24%, luego pastos con 23%, rastrojos 16%, mangle con 4% y otros usos con apenas un 2%, los cuerpos y las plantaciones forestales son apenas detectables a través del tiempo (Figura 7).

Esto concuerdan con lo establecido en la línea base de la cuenca del río Chico, según MIAMBIENTE, (2012) donde señala que el uso que se le da a las tierras que pertenecen a la parte alta de la cuenca del río Chico, consiste básicamente en las actividades de ganadería bovina y porcina, cría de aves y producción agrícola, siendo la más destacada la ganadería seguida de la producción agrícola. En esta parte de la cuenca encontramos bosques secundarios y bosques de galería que mantienen especies forestales y frutales parte media de la cuenca es a través del cultivo de pasto para la ganadería extensiva y en menor medida se cultiva el maíz, arroz, frijol y calabaza. En la parte baja de la cuenca los usos que se le da a los suelos es variado algunas zonas son dedicadas a la ganadería extensiva, otras mantienen cobertura de bosques secundario y de galería, y en su mayoría las tierras son utilizadas para la siembra agrícola, destacándose los cultivos de caña, arroz, maíz, frijoles, plátanos, entre otros cultivos. Persistiendo siempre el uso agrícola y pecuario.

Figura 7. Promedio de áreas de los usos de la tierra, entre los años 1992 al 2019, Cuenca del río Chico.



3.4 Variaciones temporales del uso de la tierra.

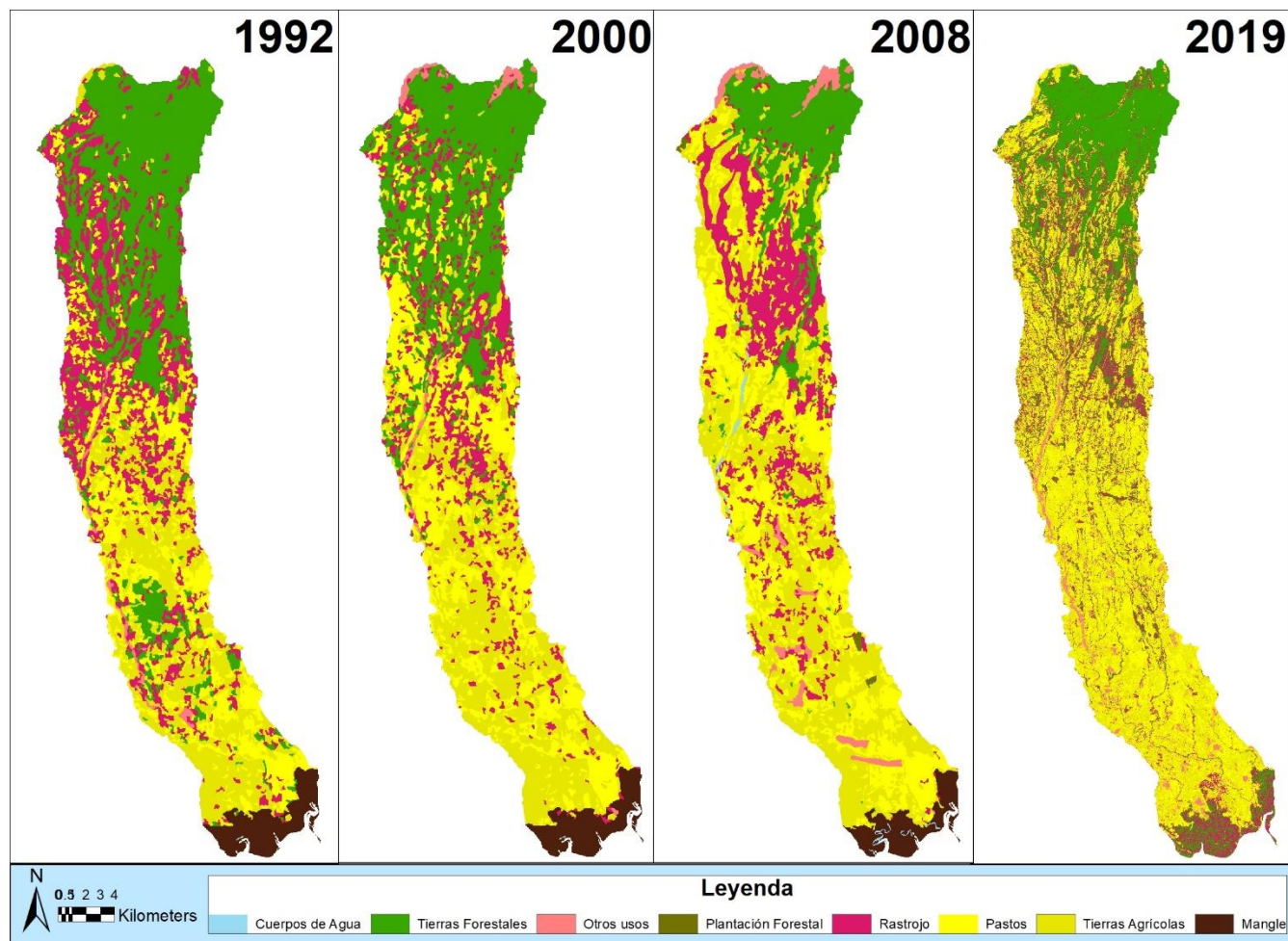
La direccionalidad de cambio de uso de la tierra, se define como el paso de una cobertura a otra cobertura, en un tiempo y espacio determinado. Dicha direccionalidad puede estar influida por aspectos externos al uso de la tierra, como lo son la dinámica poblacional (aumento o disminución de habitantes). (Martínez 2018)

El análisis del cambio en las coberturas del suelo se realizó mediante una comparación bitemporal de la distribución espacial, se determinaron los cambios o transiciones entre los usos/coberturas, en las que se evidencian “ganancias” (el paso de coberturas muy intervenidas a coberturas más naturales), “pérdidas” (el paso de coberturas boscosas y rastrojos a pastizales) o las áreas que “permanecen” iguales en el tiempo. Cabe señalar que esta metodología de análisis la realiza Marín *et al* (2016) en su estudio de

análisis multitemporal en Colombia donde identifica que el análisis de los comportamientos de cambio entre los años ayuda a comprender mejor la dinámica de cambio de uso.

Como base de este análisis se elaboraron matrices de direccionalidad de cambio de uso/cobertura de la tierra para los años 1992, 2000, 2008 y 2019.

Figura 8. Uso de la tierra en la cuenca del Río Chico, a partir de los años de 1992 al 2019



En la serie de mapas, se puede identificar que ha existido, hasta el año 2019 una dominancia de cobertura de tierras agrícolas en la cuenca, seguido por tierras forestales y pastos. Se evidencia que la cobertura forestal disminuye considerablemente y aumentan las tierras agrícolas y pastos.

Es importante señalar que la cobertura forestal se concentra en la parte superior de la cuenca. En cuanto al área representada como cobertura y en la parte media y baja ya se presentaban grandes zonas de actividades agrícolas y pecuarias. Lo cual coincide con los resultados publicados por Mi Ambiente 2012. Donde se hace hincapié en la persistencia de las zonas boscosas en la parte alta de la cuenca.

3.5 Dinámica de cambio de uso/cobertura del suelo 1992-2000

Entre 1947 y 1970 Panamá vio cambiar su superficie forestal de 70% a 53% de su superficie total. En un análisis de la cobertura boscosa realizado para el período 1992-2000 se encontró que la cobertura boscosa se redujo a 330.570 ha (un 45%) en el país. En este mismo estudio el autor indica la persistencia de la tasa de deforestación en el país con un 0.35% anual entre 2000 y 2012. Hansen et al 2013.

En concordancia con el autor anterior (Harcourt y Sayer, 1996) señalan que en Panamá la deforestación es un problema que se arrastra desde la década de 1950, donde se estima que un 70% de la superficie forestal fue convertida a pastizales o agricultura. En este estudio se identificó que en el periodo de 1992-2000 hubo una pérdida neta de las coberturas boscosas (tierras forestales, rastrojo y mangle) de 6518 ha y una ganancia neta, principalmente de pastos y tierras agrícolas de 27420 ha. Una pérdida considerable de cobertura boscosa en la cuenca del río Chico y una ganancia de tierras productivas podrían denotar consideraciones similares a las expuestas por Armenteras y Rodríguez (2014) quienes identifican la expansión agrícola y ganadera como la principal causa de deforestación en la mayoría de los países latinoamericanos.

Por otra parte, un estudio realizado por el Ministerio de Ambiente en cooperación con el CATIE se identificó que para la provincia de Chiriquí en el periodo de 1992 -2000 hubo un aumento de la cobertura vegetal de alrededor 161.7 Km². Es posible que el aumento se haya dado en otras partes de la provincia de Chiriquí y no en el área de estudio.

Es importante resaltar que la población en los distintos corregimientos de la cuenca aumentó en los distritos más poblados como Boquerón para el año 1990 la población era de 9738 habitantes y para el año 2000 aumentó a 12235 habitantes, en el corregimiento de Volcán en el año 1990 se contaba con 7146 habitantes y en el 2010 la cifra aumentó a 10188 habitantes. (Contraloría General de la República, censo 2010).

Según la Comisión Europea 2013, existe una estrecha relación entre los cambios de cobertura vegetal y las variables socioeconómicas, lo cual podría explicar la disminución de tierras forestales y rastrojos frente al notable aumento de pastos y tierras agrícolas.

Si bien es cierto la matriz de cambio para este periodo refleja una ganancia de 2572 ha de tierras forestales, sin embargo, el balance neto es negativo presentándose una pérdida de 2266 ha. Algo similar ocurre con los rastrojos los cuales presentan una ganancia de 7034 ha, pero el balance neto indica una pérdida de 4187 ha. Entendiéndose balance neto como la diferencia entre ganancia y pérdida de los años evaluados.

En total se presentó una pérdida neta de las coberturas boscosas (tierras forestales, rastrojo y mangle) de 6518 ha y una ganancia neta, principalmente de pastos y tierras agrícolas de 27420 ha.

En término de transición las unas 2561 ha de tierras forestales pasaron a rastrojo, por otra parte 2116 ha de rastrojo tuvieron una transición a tierras agrícolas (Cuadro 5)

dro 5. Matriz de cambio de uso/cobertura del suelo 1992-2000 (Ha)

MATRIZ DE CAMBIO DE USO/COBERTURA DEL SUELO 1992-2000 (ha)												
VALUE	Cuerpos agua	Tierras forestales	Otros usos	Rastrojos	Pastos	Tierras agrícolas	Mangle	TOTAL 2000	GANANCIA	CAMBIO TOTAL	GANANCIA NETA	PÉRDIDA NETA
Cuerpos agua	5	0	0	0	0	0	0	5	0	5	0	
Tierras forestales	0	10601	1	2561	7	3	0	13172	2572	7409		-2266
Otros usos	0	138	81	250	1	201	15	685	604	923	286	
Rastrojos	0	1966	34	2868	25	2117	23	7034	4165	12517		-4187
Pastos	0	743	60	2774	7945	132	2	11656	3711	3799	3623	
Tierras agrícolas	0	1991	223	2768	54	8884	27	13947	5063	7517	2609	
Mangle	0	0	0	0	0	1	1983	1984	2	2051		-65
TOTAL 1992	5	15438	400	11220	8034	11338	2049	48484	16117	34221	27420	
PÉRDIDA	0	4838	318	8352	88	2454	67	16117				

3.6 Dinámica de cambio de uso/cobertura del suelo 2000-2008

Para este periodo la máxima ganancia ha sido en pastos con 7600 ha y rastrojo con 6527 ha, seguido de pastos con 1114 ha, por otro lado, las tierras forestales presentan una ganancia de 400 ha, pero el balance neto es negativo por lo que presenta una pérdida de 6570 ha. En este periodo el mangle presenta una pérdida neta de 263 ha (Cuadro 6)

La dinámica de cambio para este periodo consiste en un aumento de las tierras forestales donde 3549 ha de rastrojo y 2978 ha de tierras agrícolas cambiaron a tierras forestales, pero aun así las tierras forestales presentaron una pérdida neta de 6570 ha.

Cuadro 6. Matriz de cambio de uso/cobertura del suelo 2000-2008 (ha)

MATRIZ DE CAMBIO DE USO/COBERTURA DEL SUELO 2000-2008 (ha)													
VALUE	Cuerpos agua	Tierras forestales	Otros usos	Plantación forestal	Rastrojos	Pastos	Tierras agrícolas	Mangle	TOTAL 2008	GANANCIA	CAMBIO TOTAL	GANANCIA NETA	PERDIDA NETA
Cuerpos agua	5	57	82	0	2	0	1	62	208	203	203	203	
Tierras forestales	0	6202	0	0	391	0	6	3	6602	400	7370		-6570
Otros usos	0	142	443	0	103	0	622	0	1310	867	1110	624	
Plantación forestal	0	44	0	0	31	0	74	0	149	149	149	149	
Rastrojos	0	3549	17	0	1887	53	2903	5	8414	6527	11673	1381	
Pastos	0	201	58	0	320	11526	503	33	12640	1114	1244	984	
Tierras agrícolas	0	2978	86	0	4299	76	9838	162	17439	7600	11709	3492	
Mangle	0	0	0	0	1	0	0	1721	1721	1	264		-263
TOTAL 2000	5	13172	685	0	7034	11656	13947	1984	48484	16861		27420	
PÉRDIDA	5	57	82	0	2	0	1	62	208	203	203	203	

3.7 Dinámica de cambio de uso/cobertura del suelo 2008-2019

A diferencia de los periodos anteriores, en los últimos años se presenta una pérdida neta de las coberturas de producción (rastrojos, pastos, tierras agrícolas y plantaciones forestales), siendo 1625 ha y se observa una dinámica de cambio de pastos a rastrojo con una ganancia de 18187.7 ha y un cambio de tierras agrícolas igualmente a rastrojo de 2623.1 ha. Esta dinámica de cambio podría atribuirse a las dificultades de producción que se están presentando en la cuenca en los últimos años, atribuida a la escasez del recurso hídrico y a la aparición de un gran número de hidroeléctricas a partir del año 2001. Esto no puede ser comprobado con este estudio, pero es congruente con la percepción de los productores en la parte baja de la cuenca del río Chico. Para poder establecer una relación es necesario realizar un estudio más profundo e incluir factores como el cambio climático, socio económico y variabilidad climática.

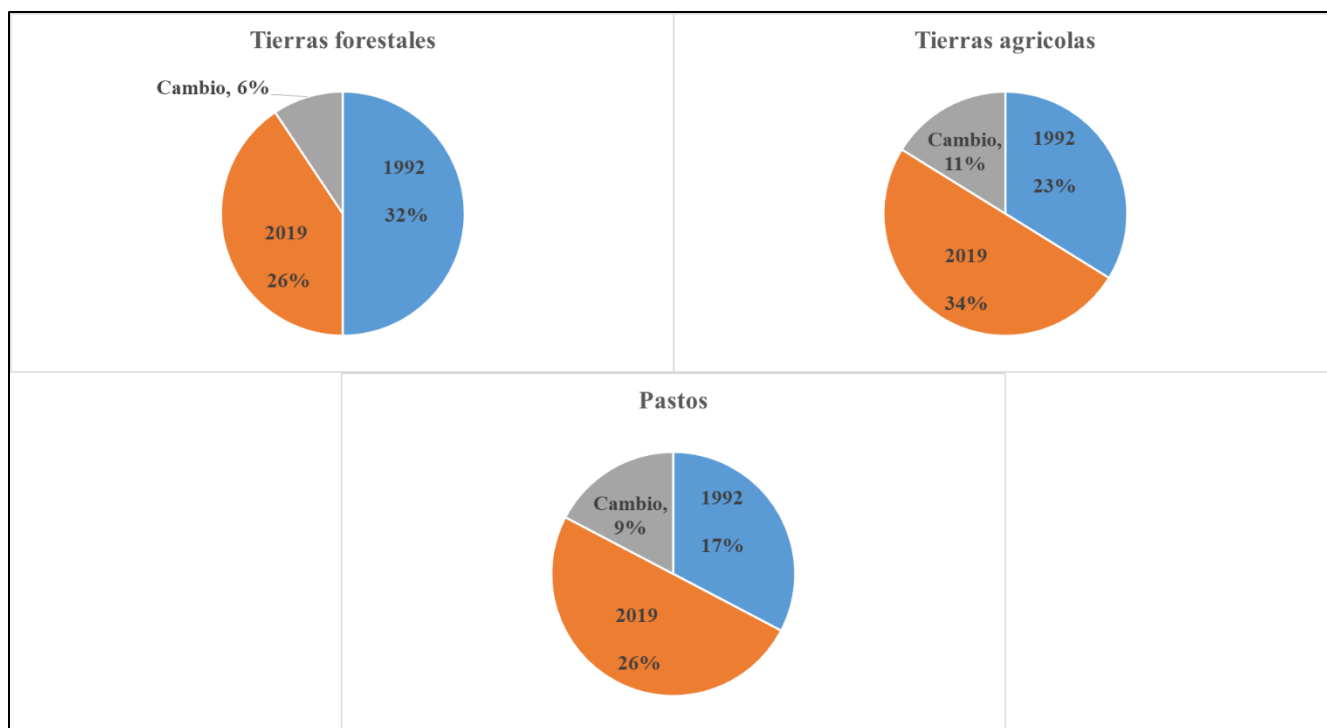
Haciendo un análisis de las transiciones de deforestación para tierras forestales se puede observar que 2788 ha pasado a ser rastrojo, 2415 pasaron a tierras agrícolas y unas 832 ha a pastos, hasta este punto es posible considerar que el comportamiento de las transiciones de deforestación se comporta similar a la tendencia de los periodos antes evaluados.

Cuadro 7. Matriz de cambio de uso/cobertura del suelo 2008-2019 (ha)

MATRIZ DE CAMBIO DE USO/COBERTURA DEL SUELO 2008-2019 (ha)													
VALUE	Cuerpos agua	Tierras forestales	Otros usos	Plantación forestal	Rastrojos	Pastos	Tierras agrícolas	Mangle	TOTAL 2019	GANANCIA	CAMBIO TOTAL	GANANCIA NETA	PÉRDIDA NETA
Cuerpos agua	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	208		-208
Tierras forestales	5	5928	451	30	2788	833	2415	0	12450	6523	7197	5849	
Otros usos	102	6	82	30	122	613	611	1	1566	1484	2711	257	
Plantación forestal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	149		-149
Rastrojos	5	294	46	4	1058	745	1448	0	3599	2542	9897		-4814
Pastos	8	117	275	36	1819	4532	5567	38	12392	7861	15957		-235
Tierras agrícolas	30	256	453	48	2623	5882	7251	112	16655	9404	19568		-760
Mangle	58	1	1	0	3	24	123	1567	1778	211	363	60	
TOTAL 2008	208	6602	1309	149	8413	12628	17415	1718	48441	28024	56048	27420	
PÉRDIDA	208	674	1227	149	7355	8096	10164	151	27873				

En el periodo de tiempo estudiado de 1992 al 2019 se encontró una disminución del 6% de tierras forestales, un aumento del 11% en el área ocupada por tierras agrícolas y 9% de pastos (Figura 9)

Figura 9. Cambio total (2019-1992) de los usos/cobertura de tierras forestales, tierras agrícolas y pastos



Según las cifras del Censo Agropecuario 2000, (Contraloría General de la República, 2001), el 37% de la superficie del territorio nacional se encuentra bajo explotaciones agropecuarias, lo cual demuestra que estas actividades han sobrepasado la superficie con capacidad potencial de los suelos para la agricultura y la ganadería, estimada en un 25% del territorio nacional.

Al realizar los recorridos por la cuenca para identificar los diferentes usos se conversó con los habitantes de las diferentes comunidades y un factor común es que todos son conscientes del cambio de cobertura que hay en la cuenca, identificando principalmente la diferencia que existe entre la cobertura boscosa de los años 90' con la actual, expresando su preocupación por la fuerte disminución de esta y su perspectiva de relacionar la falta de bosque con la disminución del caudal hídrico, lo cual no puede ser comprobado en este estudio ya que no fue objeto de análisis, pero sería interesante que se realice este tipo de análisis de correlación.

Con una perspectiva de resiliencia en función del bienestar se realizó un análisis basado en el nivel de satisfacción de las necesidades humanas fundamentales (NFH) frente a los cambios de uso/cobertura de la tierra y cambio climático. Siendo esto un complemento de esta investigación se realizaron entrevistas y talleres con los productores de la cuenca baja del río Chico y se logró establecer una relación entre la percepción del bienestar de los productores, el cambio de uso/cobertura de la tierra y el cambio climático.

No estaban preparados para el cambio de uso de suelo (bosque-pasto, introducción de hidroeléctricas, desarrollo urbano) y cambio climático (reducción de la precipitación). Así como tampoco estaban preparados para sus impactos como la reducción de caudal del río, disminución en la producción e impacto visual negativo del paisaje.

La percepción de los productores demostró que no están siendo resilientes a los cambios de uso/cobertura y a los efectos del cambio climático, los mismos expresaron sentirse insatisfechos con los resultados de la producción de los últimos años del 2004 al presente 2019, describiendo que antes eran capaces de producir durante todo el año con métodos tradicionales, y ahora esos métodos no son eficientes y dependen de un sistema de riego deficiente por la escasez del recurso hídrico.

En términos de empleo en 1991, el 26.6% del empleo en el país, correspondió al sector de la agricultura, para 1999, fue de 17.4%, una disminución de 9.2% de empleos en este sector. En el 2009, el 15% de la fuerza de trabajo se dedicaba a la agricultura. Esta disminución se ha traducido en un aumento del empleo en el sector informal urbano, las causas fueron mencionadas y están asociadas a que los cultivos agrícolas tuvieron malos resultados, afectando negativamente la situación de Balanza Comercial, cuyo déficit aumentó desde US\$157 millones en 1995 a US\$801 millones en 1999 (García, 2001)

4. CONCLUSIONES

En este estudio se encontró que la cuenca del río Chico ha presentado un fuerte proceso de transformación hacia los usos agrícola y pecuario, demostrándose desde el primer año evaluado (1992) que una gran porción de la cuenca estaba siendo utilizada para fines agrícolas y pecuarios, principalmente en la parte media y baja.

Algo muy marcado en los cuatro años de estudio es la casi permanencia y poca alteración de las tierras forestales en la parte alta de la cuenca y esto es atribuido en gran parte por la influencia del área protegida del Volcán Barú, la cual colinda con la parte alta de la cuenca del río Chico, aunado a esto las pendientes en la parte alta son bastante pronunciadas por lo que en campo se pudo observar que la producción en estas tierras no sería conveniente. Por otro lado, una situación muy similar ocurre con los manglares los cuales no presentan una alteración significativa y esto puede deberse a que se encuentran dentro del Refugio de Vida Silvestre la Barqueta, una zona protegida.

La deforestación en la cuenca se podría atribuir al incremento de tierras para producción agrícola y pecuaria, debido a la dinámica de cambio de uso/cobertura en donde para tres de los cuatro periodos analizados se marcó un aumento de las tierras agrícolas, pastos y rastrojos y en una medida inversa se observó una disminución de las tierras forestales y plantaciones forestales. El año analizado que sale de esta tendencia es el 2008 ya que en este mapa se observó un aumento inusual en rastrojos y una gran disminución de tierras forestales, y al evaluar el mapa del 2019 las tierras forestales vuelven aparecer y disminuyen los rastrojos, esto se podría atribuir al desajuste del mapa del 2008 con los demás años evaluados, ya que es poco probable que haya una regeneración de bosque tan grande en solo 10 años.

La resiliencia puede ser sinónimo de elasticidad, refiriéndose a la capacidad de un sistema para sobrevivir impactos y recuperar su funcionamiento al nivel original o, por lo menos, al nivel deseable después de un disturbio. Un sistema resiliente puede absorber impactos como inundaciones, sequías o incendios grandes, sin que queden disturbios significativos a largo plazo (Andrade et al, 2010)

Entre más consciente esté la gente, más preparada estará para el cambio y más resistente a los problemas que pudieran presentarse. Es necesario alentar a los pobladores locales para que revisen el uso que hacen de los recursos, así como sus prácticas a la luz del cambio climático. (Perry et all, 2014)

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Armentas, D; Rodriguez, N. 2014. Dinámicas y causas de deforestación en bosques de latino américa: una revisión desde 1990. *Scielo* 17(2). (en línea). Consultado 18 de may. 2019. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-07392014000200008
- ANAM (Autoridad Nacional del Medio Ambiente) 2002. Mapa de Capacidad Agrológica del área prioritaria de la Región occidental de Panamá.
- Breiman, L; Friedman. J.H; Olshen, R.A; Stone, C.J. 1984 *Classification and Regression Trees*, New York, Chapman and Hall/CRC. 368 p.
- Cánovas-García, F; Alonso-Sarría, F; Gomariz-Castillo, F. 2016. Modificación del algoritmo Random Forest para su empleo en clasificación de imágenes de teledetección. (en línea). Consultado 9 de sep. 2018. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/304825355_Modificacion_del_algoritmo_Random_Forest_para_su_empleo_en_clasificacion_de_imagenes_de_teledeteccion
- Clark Labs. 2018. (en línea). Consultado 8 de ago. 2018. Disponible en <https://clarklabs.org/>
- Congalton, R; Green, K. 2009. *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices*. CRC Press. 210p.
- Contraloría General de la República de Panamá. Instituto Nacional de Estadística y Censo. 2001. *Censo Agropecuario*. 2000.
- Corrales, R; Ochoa V. 2014. Firmas espectrales de la cobertura de la Tierra, aplicando radiometría de campo. Fase 1: Región 03 occidente de Honduras. *Revista Ciencias Espaciales*, 7(1): 78. (en línea). Consultado 6 sep. 2018. Disponible en <https://www.lamjol.info/index.php/CE/article/viewFile/2527/2282>
- García, Guillermo, 2001. *Panamá Política Económica y Empleo durante los años noventa*. Panamá.
- Gutiérrez C. 1987. Análisis de la problemática de la cuenca del río Chico, Provincia de Chiriquí, Panamá. IICA-CIDIA. 40 p. (en línea). Consultado 18 de sep. 2018. Disponible en https://books.google.co.cr/books?id=cOoNAQAIAAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gs_b_s_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=true
- Hansen, M. C; Potapov, P. V; Moore, R; Hancher, M; Turubanova, S. A; Tyukavina, A; Thau D; Stehman, S. V; Goetz, S. J; Loveland, T. R; Kommareddy, A; Egorov, A.; Chini, L; Justice, C. O; Townshend, J. R. 2013. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. (en línea). *Science*, 342(6160): 850-853. Consultado 10 may. 2019. Disponible en <https://science.sciencemag.org/content/342/6160/850>
- Harcourt. C; Sayer, J. 1996. *Conservation atlas of tropical forest: the Americas*, Simon & Schuster. New York. P 229-248
- IPCC. (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). 2006. *Directrices para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero: Capítulo 3. Representaciones coherentes de las tierras*. (en línea). 4: 31-45. Consultado o de ago. 2018. Disponible en https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_03_Ch3_Representation.pdf
- Marín, AL; Álvarez, CF; Giraldo, CE; Uribe, S. 2018. Análisis multitemporal del paisaje en el Magdalena Medio en el periodo 1985-2011: una ventana de interpretación de cambios históricos

e implicaciones en la conectividad estructural de los bosques. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía 27 (1): 10-26. Consultado 30 ago. 2018. Disponible en <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=11&sid=aa3acde6-25ef-433b-9abe-9f827a58cbd5%40sessionmgr101>

MIAMBIENTE (Ministerio de Ambiente). 2012. Dirección de gestión integrada de cuencas hidrográficas. Programa de inversión para la restauración de cuencas hidrográficas prioritarias. Línea base: diagnóstico biofísico, socioeconómico y potencial energético de la cuenca hidrográfica del río chico.

Molina, GZ; Albarran, AJ. 2013. Análisis multitemporal y de la estructura horizontal de la cobertura de la tierra: Parque Nacional Yacambú, estado Lara, Venezuela. (en línea). Cuadernos De Geografía, 22(1): 25-40. Consultado 30 ago. 2018. Disponible en <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=15&sid=aa3acde6-25ef-433b-9abe-9f827a58cbd5%40sessionmgr101>

Morales, A. 2013. Situación de algunos ecosistemas costeros costarricenses. Necesidad de una gestión integrada. Ambientico. Revista mensual sobre la actualidad ambiental. Crisis de ecosistemas Marinos y Costeros en Costa Rica. 16-26. (en línea). Consultado 12 sep. 2018. Disponible en <http://www.ambientico.una.ac.cr/pdfs/ambientico/230.pdf>

Olaya, V. 2014. Sistemas de Información Geográfica. 798 p. (en línea). Consultado 8 ago. 2018. https://www.icog.es/TyT/files/Libro_SIG.pdf

Perry, J; Charlie F. 2014. Climate change adaptation for natural world heritage sites. A practical guide. World Heritage Paper Series N°37.

Pontius, R; Shusas, E; McEachem, M. 2004. Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. (en línea). Agriculture Ecosystems & Environment 101(2):251-268. Consultado 9 sep. 2018. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/222701684_Detecting_important_categorical_land_changes_while_accounting_for_persistence

Posada, E; Ramírez, H; Espejo, N. 2011. Manual de prácticas de percepción remota con el programa ERDAS IMAGINE. Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica. (en línea). Consultado 8 ago. 2018. Disponible en https://issuu.com/ronnydurandbone/elli/docs/manualerdas_web

R Core Team. 2018. (en línea). Consultado 8 de ago. 2018. Disponible en https://download.cnet.com/windows/r-core-team/3260-20_4-6264363-1.html

Richards, J.A, Jia Xiuping. 2006. Remote Sensing Digital Image Analysis. Fourth Edition. Springer-Verlag Berling, Hieldberg, Germany.

Sandoval G y Romero H. 2009. Análisis de procesos de cambio de uso y cobertura de suelo en la expansión urbana del gran Valparaíso. s.l., Universidad de Chile.

CAPÍTULO III

ARTÍCULO 2. ANÁLISIS DE RESILIENCIA EN LAS COMUNIDADES DE LA PARTE BAJA DE LA CUENCA DEL RÍO CHICO

RESUMEN

El resultado de esta investigación refleja que las comunidades de la cuenca baja del Río Chico no están siendo resilientes a los cambios ocurridos en la cuenca producto del cambio de uso de suelo y cambio climático, basándonos en el nivel de satisfacción de las necesidades humanas fundamentales. El estudio evidenció que entre 2004 y 2019 de los 14 aspectos utilizados para evaluar bienestar los participantes percibieron empeoramiento en diez de ellos, mejoras en tres y uno sin cambios.

De igual manera se refleja una notable insatisfacción por la disponibilidad del recurso agua para producir, lo que hace necesario la realización de esfuerzos adicionales importantes para mantener ingresos, disminuyendo la satisfacción de necesidades básicas de las personas. Por otra parte, es importante resaltar que las personas admiten que ahora hay más acceso a tecnología y capacitaciones, pero el acceso no es suficiente si no se realiza un acompañamiento técnico y se logra el empoderamiento de los productores.

ABSTRACT

The result of this research reflects that the communities of the lower Río Chico basin are not being resistant to changes in the basin resulting from land use change and climate change, based on the level of satisfaction of fundamental human needs. Evidence a notable decline in aspects of the environment (referring to the high thermal sensation and little freedom to enjoy the water resource as a means of recreation).

Similarly, a notable satisfaction is reflected by the availability of the water resource to produce, which causes an excessive effort to generate income, reducing the satisfaction of the basic needs of people. On the other hand, it is important to highlight the admitted people that there is now more access to technology and training, but access is not sufficient if technical support is not carried out and the empowerment of producers is achieved.

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático y el cambio de uso / cobertura de la tierra son dos hechos evidentes y relevantes en la actualidad, principalmente por su incidencia en el modo de vida de las comunidades y Panamá no escapa de esta realidad.

La cuenca de río Chico es ejemplo de la deficiente gestión integral de los recursos de una cuenca hidrográfica, así lo demuestra el estudio de MIAMBIENTE (2012) donde se revela que existen presiones sobre esta cuenca como, por ejemplo, el uso hidroeléctrico y la deforestación asociada a la expansión de la actividad agrícola, la extracción de minerales no metálicos, el desarrollo de la ganadería en la parte alta y la extensión urbanística hacia la parte baja. La deforestación, la erosión y los vientos provocan sedimentación en los lechos de los diferentes afluentes, generalmente en los meses de diciembre y marzo.

El enfoque usado en esta investigación se puede extender para otros análisis de resiliencia, como la capacidad de las familias de mantener o mejorar su nivel de bienestar a pesar de los cambios en sus

actividades en cambios ocasionados por el cambio climático. En general el cambio afecta las comunidades de distintas maneras.

Este tema ha cobrado vigencia en los últimos años y diferentes épocas, pero no está limitado al cambio climático, el cambio de uso de suelo, también afecta el bienestar. El trabajo en cambio climático ha introducido los conceptos de capacidad adaptativa, luego de resiliencia, para abordar la cuestión de la respuesta familiar y comunitaria a esos cambios. Entre esas experiencias está la de Imbach (2016), basado en recursos de los capitales de la comunidad (Gutiérrez 2006; Imbach, P. *et al*2009)

Imbach (2016), propone que el nivel de bienestar se valida con base en la evaluación de necesidades humanas fundamentales (NHF), esta propuesta fue validada en las tesis de Chalampunte (2012), Navarro (2012), Gómez Luciano (2011), Mercado (2018); así como en el trabajo de la Zona Protectora Río Navarro-Río Sombrero (2013).

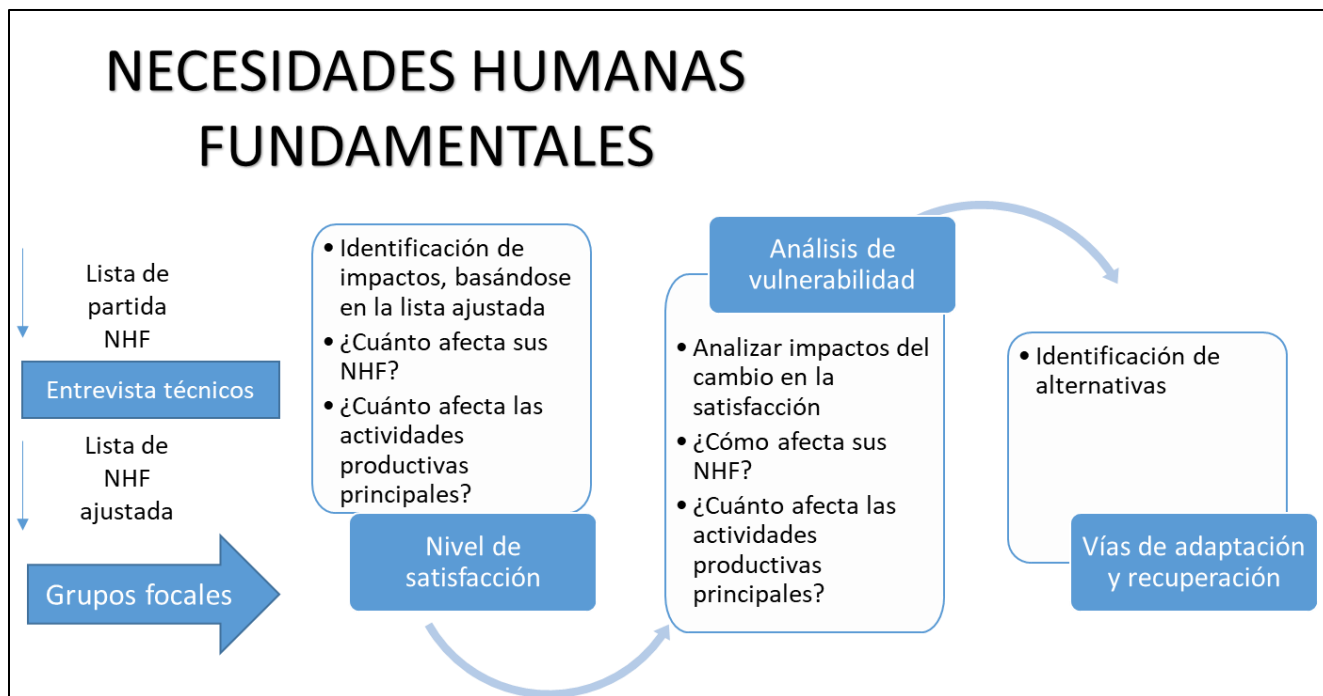
De acuerdo a los principios antes mencionados el resultado de esta investigación refleja que las comunidades de la cuenca baja del Río Chico no están siendo resilientes a los cambios ocurridos en la cuenca producto del cambio de uso de suelo y cambio climático, basándonos en el nivel de satisfacción de las necesidades humanas fundamentales. El estudio evidenció que entre 2004 y 2019 de los 14 aspectos utilizados para evaluar bienestar los participantes percibieron empeoramiento en diez de ellos, mejoras en tres y uno sin cambios.

De igual manera se refleja una notable insatisfacción por la disponibilidad del recurso agua para producir, lo que ocasiona un sobre esfuerzo para generar ingresos, disminuyendo la satisfacción de necesidades básicas de las personas. Por otra parte, es importante resaltar que las personas admiten que ahora hay más acceso a tecnología y capacitaciones, pero el acceso no es suficiente si no se realiza un acompañamiento técnico y se logra el empoderamiento de los productores.

2. METODOLOGÍA

La metodología utilizada se apoyó en diferentes técnicas de recolección de información como entrevistas, grupos focales y talleres con la intención de desarrollar una evaluación del nivel de resiliencia a partir del Nivel de Bienestar Actual, adaptada de Imbach (2016). Dicha metodología fue utilizada para identificar el nivel de satisfacción actual de las personas ante posibles situaciones de cambio, estrés y/o transformación.

Figura 10. Esquema de la metodología para el análisis de la resiliencia



2.1 Lista de Partida

Basándose en la lista de partida de 15 componentes (Cuadro 8), propuesta por Imbach (2016) se identificaron las necesidades humanas fundamentales que se ajustaban a las comunidades objeto de estudio.

Cuadro 8. Lista de partida (Necesidades humanas)

NECESIDADES HUMANAS FUNDAMENTALES	
GRUPOS	DETALLE
BASICAS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alimentación 2. Salud (cuidado personal) 3. Resguardo (vivienda y vestimenta) 4. Procreación 5. Seguridad (física, social, legal)
DE LA PERSONA	<ol style="list-style-type: none"> 6. Afecto (familia, amigos) 7. Conocimiento (experiencia, capacitación, estudio) 8. Identidad (pertenencia, espiritualidad, autoconocimiento) 9. Autoestima y responsabilidad
DE ENTORNO	<ol style="list-style-type: none"> 10. Ambiente saludable (aire, agua, naturaleza) 11. Libertad (derechos y deberes, posibilidad de decidir)
DE ACCION	<ol style="list-style-type: none"> 12. Trabajo creativo y productivo 13. Recreación (descanso y diversión) 14. Participación (organización, solidaridad, equidad) 15. Comunicación (con otras personas, información, transporte)

Fuente: Imbach, 2016

2.2 Lista ajustada

Mediante la técnica de entrevista, la cual es un instrumento de recolección de información muy utilizado para el análisis social que consiste en mantener una conversación ordenada y significativa con la persona entrevistada y de la que se desea obtener información y opiniones (Imbach 2017).

Mediante estas entrevistas se logró recoger información importante del manejo que se le ha dado a la cuenca, datos históricos importantes que no se encuentran descritos en ningún documento público, como los resultados de proyectos de adaptación al cambio climático como el Canal de Riego Remigio Rojas y la percepción técnica de que ocurrió para que el proyecto no fuera éxito, además se logró identificar las condiciones de vida de los habitantes de la cuenca, costumbres y las necesidades humanas de la comunidad.

Existen tres tipos de entrevistas: a) conversaciones o entrevistas abiertas, b) entrevistas semi-estructuradas y c) entrevistas mixtas (combinadas con encuestas). Para efectos de esta investigación se utilizó la entrevista abierta, pero con preguntas guía, ya que estas se usan sobre todo con fines exploratorios o de ubicación inicial. Lo más usual es usar entrevistas abiertas a informantes clave al inicio del proceso con el propósito de ubicarse en la realidad del sujeto, grupo social o comunidad (Imbach 2017).

Con la entrevista se identificaron aquellas necesidades humanas que se adaptaron a las condiciones de las comunidades objeto de estudio. Esta entrevista se realizó a los técnicos de las instituciones que tienen presencia y conocimiento del desarrollo ambiental y pecuario en la región, siendo el Ministerio de Ambiente y Ministerio de Desarrollo Agropecuario.

2.3 Identificación de los participantes y criterios de selección

La primera intervención en la cuenca se realizó mediante una visita guiada en campo junto con los miembros del comité de cuencas, liderado por el Ministerio de Ambiente, en este recorrido de identificaron los sitios de principal interés y los actores más afectados por el déficit en la producción agrícola presentado en los últimos años, el mismo atribuido a la escasez de agua.

En este estudio se tomó en cuenta la opinión de productores (medianos y pequeños), mujeres y jóvenes para tener un resultado más integral. Cabe resaltar que la selección de los productores se realizó con el apoyo de profesionales y especialistas del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), Ministerio de Ambiente (MIAMBIENTE), personal del Canal de Riego Remigio Rojas y personal de la municipalidad de Alanje.

2.4 Evaluación Participativa

Luego de tener una lista ajustada de NHF, se implementó la técnica de grupos focales, la cual consiste en una reunión y conversación acerca de uno o varios temas predefinidos con un grupo limitado de personas con características en común (mujeres amas de casa, productores agrícolas, etc.). El hecho de que los participantes tengan algunas características comunes hace que la información que se obtiene deba considerarse como sectorial o propia del sector o grupo del que provienen los participantes (Imbach 2017).

Se realizaron tres grupos focales divididos en productores, mujeres y jóvenes, con la intención de obtener un resultado más integral. Los grupos focales contaron con 7 participantes cada uno.

Se aplicaron protocolos con preguntas claves, las cuales más adelante ayudaron a validar la información obtenida con los técnicos.

Además, se realizaron encuestas a los participantes para profundizar el análisis de los impactos del cambio de uso/ cobertura de la tierra, en la satisfacción de las necesidades humanas fundamentales. Las evaluaciones se hicieron empleando escalas de desempeño, es decir escalas en las que las percepciones de los participantes se simbolizan con números (1: Malo 2. Regular 3 Aceptable 4 Bueno 5 Muy bueno).

Los resultados de las evaluaciones se procesaron cualitativamente mediante estadísticas descriptivas (cantidad de observaciones, moda, frecuencia, máximo, mínimo y rango).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado de las entrevistas realizadas a los técnicos del Ministerio de Ambiente y del Ministerio de Desarrollo Agropecuario se obtuvo la lista de necesidades humanas fundamentales ajustadas (Cuadro 9) a los términos y condiciones de las personas objeto de estudio, a continuación, se muestra lista ajustada.

Cuadro 9. Lista Ajustada (Necesidades humanas fundamentales)

NECESIDADES HUMANAS FUNDAMENTALES	
GRUPOS	DETALLE
BASICAS	1. Alimentación 2. Salud (cuidado personal) 3. Resguardo (vivienda y vestimenta) 4. Procreación 5. Seguridad (física, social, legal)
PERSONALES	6. Afecto (familia, amigos) 7. Conocimiento (experiencia, capacitación, estudio) 8. Recreación (descanso y diversión)
DE ENTORNO	12. Ambiente saludable (aire, agua, naturaleza) 13. Sensación térmica
TRABAJO	16. Producción 12. Participación (organización, solidaridad, equidad) 13. Disponibilidad de recursos económicos 14. Calidad de productos

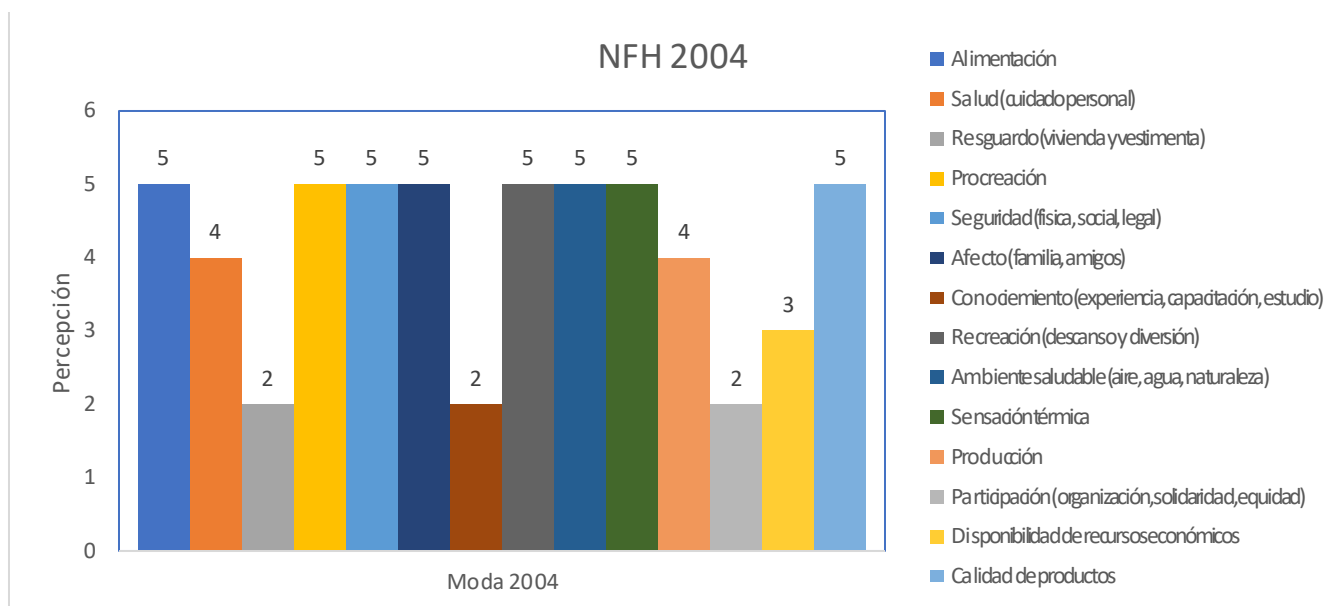
Fuente: Adaptado de Imbach, 2016 con base en las percepciones locales

3.1 Nivel de satisfacción NFH en 2004

Como apoyo para medir el nivel de satisfacción de las necesidades fundamentales básicas adicional al grupo focal con los productores se realizaron 14 encuestas, las cuales fueron procesadas mediante

estadística descriptiva, donde usamos la moda como principal indicador de la percepción de los productores (Figura 11)

Figura 11. Percepción de las NHF en comunidades de la cuenca baja del río Chico, 2004.



La percepción de las personas para el año 2004, resultó ser bastante satisfactoria, es decir en esa época se sentían muy cómodos con los aspectos de alimentación, procreación, seguridad, afecto, recreación, ambiente saludable, sensación térmica y calidad de productos, los cuales se consideraban muy buenos. Por otro lado, la salud y la calidad de productos eran consideradas buenas, contrario a la disponibilidad de recursos económicos que apenas resultó ser aceptable. Los aspectos como resguardo, conocimiento y participación obtuvieron una percepción regular.

Las personas expresaron sentirse más cómodas con su antiguo estilo de vida ya que producían lo que comían, la familia estaba más unida, había tiempo para distraerse y descansar, por lo tanto, era posible tener varios hijos, el ambiente en la comunidad era más seguro y no había tantos casos de robo. El ambiente era mucho más agradable y la sensación térmica era menos calurosa, atribuyéndose al hecho de que había más árboles y era posible bañarse cómodamente en los ríos y quebradas.

Por otra parte, en los grupos focales se reconoció que antes no había tantos programas, talleres de capacitación ni acceso a la educación, por lo tanto, el sistema de producción era empírico. El acceso a los agroquímicos era escaso para los medianos y pequeños productores, por lo tanto, la producción no dependía del uso de químicos para ser exitosa, bastaba con tener una buena disponibilidad del recurso hídrico, por esto se percibe que el producto era mucho más saludable y de buena calidad. Los participantes también comentaron que antes no había tanto acceso a la salud pública, pero era porque todos eran más saludables y enfermaban menos.

3.2 Efectos del cambio climático y cambio de uso de suelo sobre la actividad productiva (caña, arroz y maíz)

En el grupo focal realizado con los productores de la parte baja de cuenca del río Chico, se identificó que son conscientes de la realidad del cambio climático y han expresado que cada año es más difícil sacar a

flote la producción debido a la falta del recurso agua y a la variabilidad estacional, ya que las lluvias se adelantan o atrasan, alterando las fechas de siembra y cosecha.

En cuanto al cambio de uso de suelo, han demostrado un profundo conocimiento de la dinámica de la cuenca y lo atribuyen a las actividades realizadas en la cuenca media y alta de la escasez de agua en la parte baja. En este tema fueron muy enfáticos en culpar a las hidroeléctricas, ya que el río Chico cuenta con más de 10 centrales hidroeléctricas las cuales represan el río en diferentes puntos, siendo la falta de ordenamiento territorial un común denominador en las cuencas de Panamá, en especial en aquellas donde su fuerte es la producción agrícola – ganadera, siendo este una gran limitante para los productores

Es complicado establecer una línea que separe los efectos ocasionados por el cambio climático y los efectos por el cambio de uso de suelo, debido a que estos no son procesos lineales y ocurren de manera simultánea, por lo que no fue posible definir a que se debían cada uno de los efectos identificados. Por tanto, se trabajó con los cambios realizados en la producción debido a la escasez del recurso agua, ya sea por la llegada de las lluvias o por el agua disponible para riego.

De esta manera fue más fácil establecer un lenguaje común entre los productores y los técnicos entrelazando ambos factores para identificar los efectos en la actividad productiva, principalmente en los rubros de caña, arroz y maíz, que son los de mayor producción en el área de estudio.

Los efectos identificados en la actividad productiva según los productores fueron:

- Disminución en la producción por la falta de agua para riego en época seca.
- Incremento del uso de productos agroquímicos para garantizar la producción.
- Incremento del costo de producción debido a las dificultades para producir.
- Venta de tierras a grandes productores porque la producción a pequeña y mediana escala no es sostenible.
- Cambio de rubro a cucurbitáceas, como medida adaptativa del proyecto Canal de Riego Remigio Rojas. Esta medida fracasó ya que los productores no conocían las técnicas de producción adecuadas y no contaban con un mercado demandante de esos productos.
- Abandono parcial de la actividad agropecuaria debido a las dificultades enfrentadas en la producción y el bajo precio de compra del producto en los molinos (para el caso del arroz).

3.3 Efectos del cambio climático y cambio de uso de suelo sobre la satisfacción de necesidades humanas

Un importante análisis realizado en el grupo focal con los productores, mujeres y jóvenes es la identificación de un cambio en su percepción con respecto a la satisfacción de necesidades. De manera unánime se coincidió en que antes del 2004, en la época de los 90' la disponibilidad de recursos hídricos era mucho mejor, y no es hasta la aparición de nuevas barridas y centrales hidroeléctricas que todo cambió.

Los principales cambios ocurrieron en el aspecto de trabajo ya que a raíz de la falta de agua se dio una importante disminución en la producción, por lo que los productores pequeños se fueron quedando rezagados en el mercado. Estos cambios ocasionaron que la vida en las comunidades fuera más complicada, según relataron los participantes del grupo.

De igual manera surgió una gran inconformidad por el aspecto recreativo, antes el río no era represado ni dragado y había más agua para otras actividades como, lavado de ropa, sitio de relajación y distracción. Las mujeres fueron enfáticas al decir que antes el río era un sitio donde se podía compartir en familia, pero ahora “da lástima su estado” por lo tanto prefieren no ir.

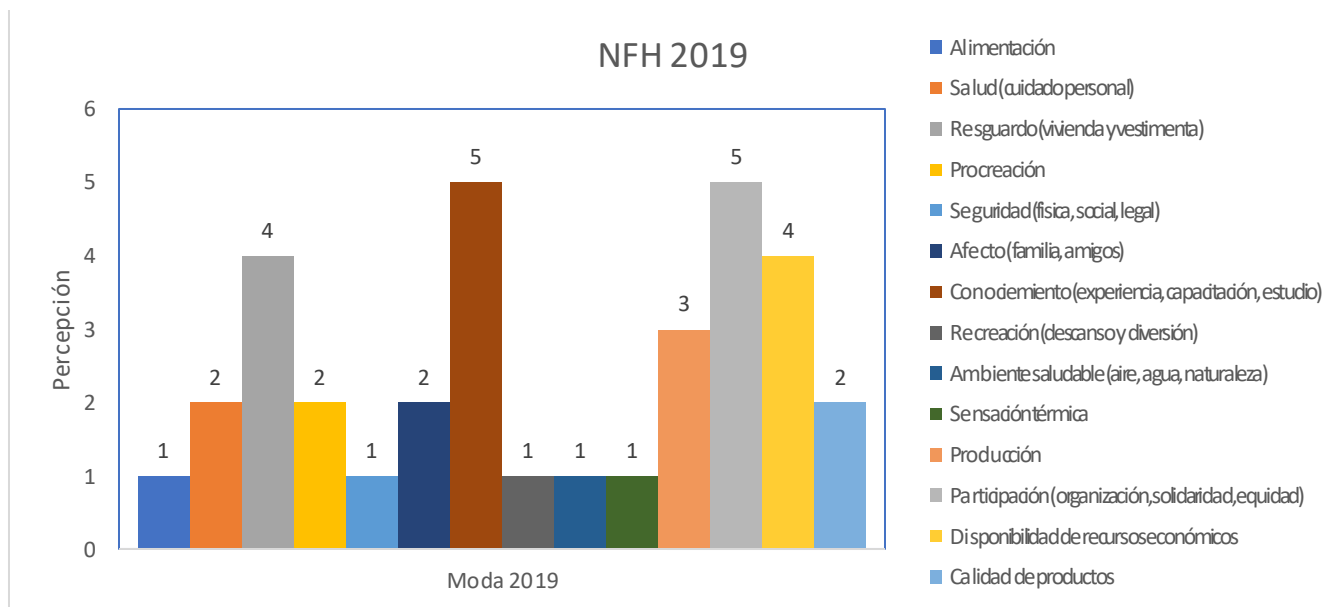
Radicalmente se notó un cambio en cuanto al trabajo en equipo, esta necesidad es cubierta debido a la organización que se ha realizado en las comunidades que se encuentran en la parte baja de la Cuenca, salieron a relucir cooperativas comunitarias y asociaciones de productores. Los participantes fueron claros en decir que “Antes no nos apoyábamos unos a otros, ahora las cooperativas y organizaciones nos mantienen unidos y el gobierno nos escucha” haciendo énfasis en la lucha por la gran cantidad de concesiones hidroeléctricas en el río. Este sin duda ha sido un efecto positivo y es que al verse amenazados y en riesgo han recurrido al trabajo en equipo y a la solicitud de capacitaciones.

Los productores están en constante búsqueda de elementos que los hagan mejorar su actividad productiva y están dispuestos a realizar talleres, reuniones, vistas de campo y cualquier herramienta que los ayude a salir delante de la situación en la que se encuentran.

3.4 Nivel actual de satisfacción NHF

La percepción actual de los productores con respecto a la satisfacción de las necesidades humanas fundamentales muestra un notorio cambio con respecto a los resultados para el año 2004, a continuación, se muestra el gráfico con las respuestas más repetidas entre los encuestados.

Figura 12. Percepción de las NHF en comunidades de la cuenca baja del río Chico, 2019.



A diferencia de la percepción para el año 2004 se dio una valoración de “muy malo” a ciertos aspectos siendo estos: alimentación, seguridad, recreación, ambiente saludable y sensación térmica. Con una apreciación regular está la salud, procreación, seguridad y calidad de productos. Los resultados no fueron del todo negativos ya que algunos aspectos fueron percibidos de manera positiva, estando la producción

como aceptable, el resguardo y disponibilidad de productos considerados bueno y los aspectos de conocimiento y participación como muy buenos.

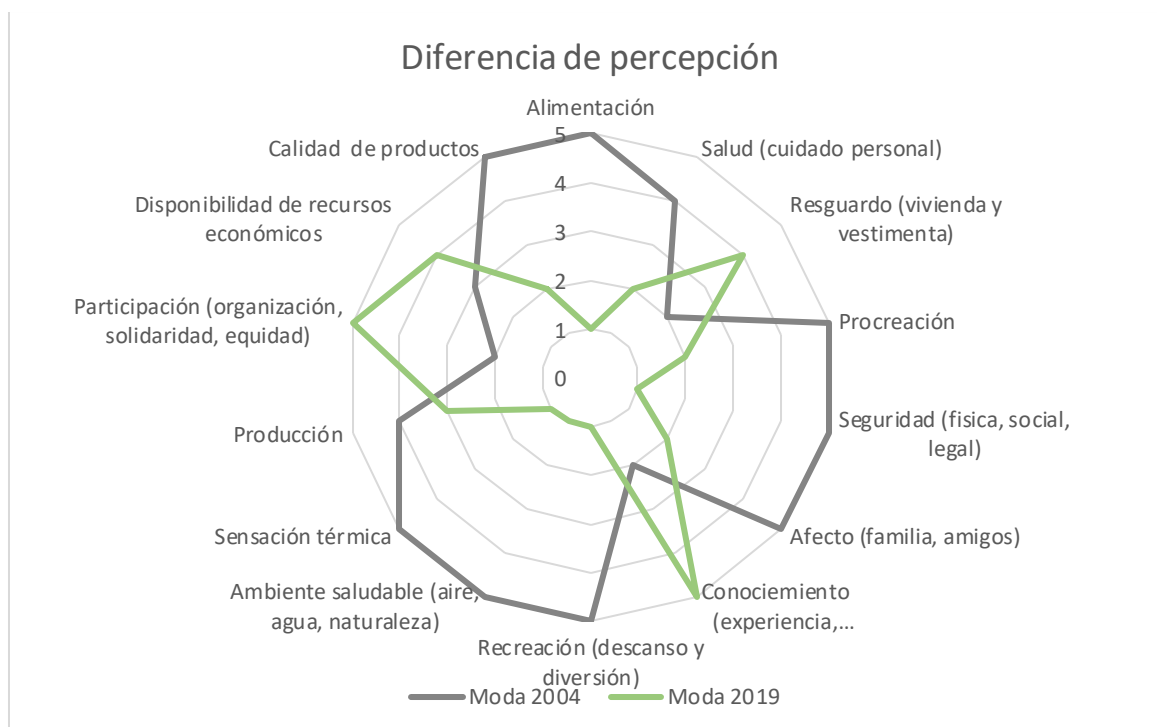
Los productores expresaron sentirse más cómodos con las acciones que han tomado las instituciones con respecto al fortalecimiento de capacidades productivas, especialmente en esta época que ellos mismos describen como “difícil por el cambio climático y la escasez de agua”. En ese mismo sentido el incremento del trabajo en equipo y el apoyo de las cooperativas son considerados importantes medidas para “sobrevivir”.

El cambio ha sido evidente y definitivamente muchas cosas son percibidas de manera negativa, especialmente la alimentación, seguridad, recreación, ambiente saludable y sensación térmica. Durante el taller salió a relucir como se relacionan estos factores y determinan que uno lleva al otro, “el ambiente ha cambiado, ya no llueve como antes, hace más calor, aunado a esto los escasos de agua por la gran cantidad de represas hidroeléctricas dificulta nuestra producción, esto afecta los cultivos, además hay que trabajar el doble para poder sostener a la familia, lo que se traduce en menos tiempo para descansar y la falta de trabajo provoca el incremento de robos”

3.5 Evaluación de la resiliencia

Para evaluar la resiliencia se estableció una diferencia entre las percepciones para el año 2004 y para el año 2019. Lo cual se refleja en el siguiente gráfico.

Figura 13. Diferencia de percepción de las NHF en el 2004 y 2019 en comunidades de la cuenca baja del río Chico.



Es evidente que ha habido un cambio en la percepción de las personas. Se puede ver que para el año 2019 las percepciones son negativas en su mayoría. Para realizar un análisis más detallado se desarrolló un cuadro comparativo ponderado.

Se estableció un criterio de evaluación mediante colores asignados a los cambios positivos y negativos para cada aspecto evaluado. La escala utilizada fue la siguiente

NFH 2004-2019	Criterio	color
-4	Muy mal	Red
-3	Mal	Orange
-2	Regular	Yellow
1	Aceptable	Light Green
2	Bien	Green
3	Muy bien	Dark Green

A continuación, se presenta el cuadro resultado de la percepción para el año 2004 y 2019, así como la diferencia entre ambos años.

Cuadro 10. Resultado de la percepción para el año 2004 y 2019

A.	Básicas	Moda 2004	Bimodal	Moda 2019	Bimodal	Diferencia	Valoración
1	Alimentación	5		1		-4	Orange
2	Salud (cuidado personal)	4		2		-2	
3	Resguardo (vivienda y vestimenta)	2	3	4		2	
4	Procreación	5	4	2		-3	
5	Seguridad (física, social, legal)	5		1		-4	
B. Personales							
6	Afecto (familia, amigos)	5		2		-3	Yellow
7	Conocimiento (experiencia, capacitación, estudio)	2		5	4,5	3	
8	Recreación (descanso y diversión)	5		1		-4	
C. Del entorno							
9	Ambiente saludable (aire, agua, naturaleza)	5		1		-4	Red
10	Sensación térmica	5		1		-4	
D. Trabajo							
11	Producción	4		3		-1	Light Green
12	Participación (organización, solidaridad, equidad)	2		5		3	
13	Disponibilidad de recursos económicos	3		4		1	
14	Calidad de productos	5		2		-3	

Haciendo un análisis por tipo de necesidad se puede decir lo siguiente:

- Básicas: dentro de estas necesidades las que resultaron tener una disminución de 4 puntos en la percepción de las personas fueron la alimentación y la seguridad. Atribuido al abandono de la agricultura de subsistencia pese a la dificultad para producir por la falta de agua. La percepción del aumento de la inseguridad en la zona es por la falta de trabajo para los moradores del sitio. La salud disminuyó dos puntos, siendo concordante con las afirmaciones hechas en los grupos

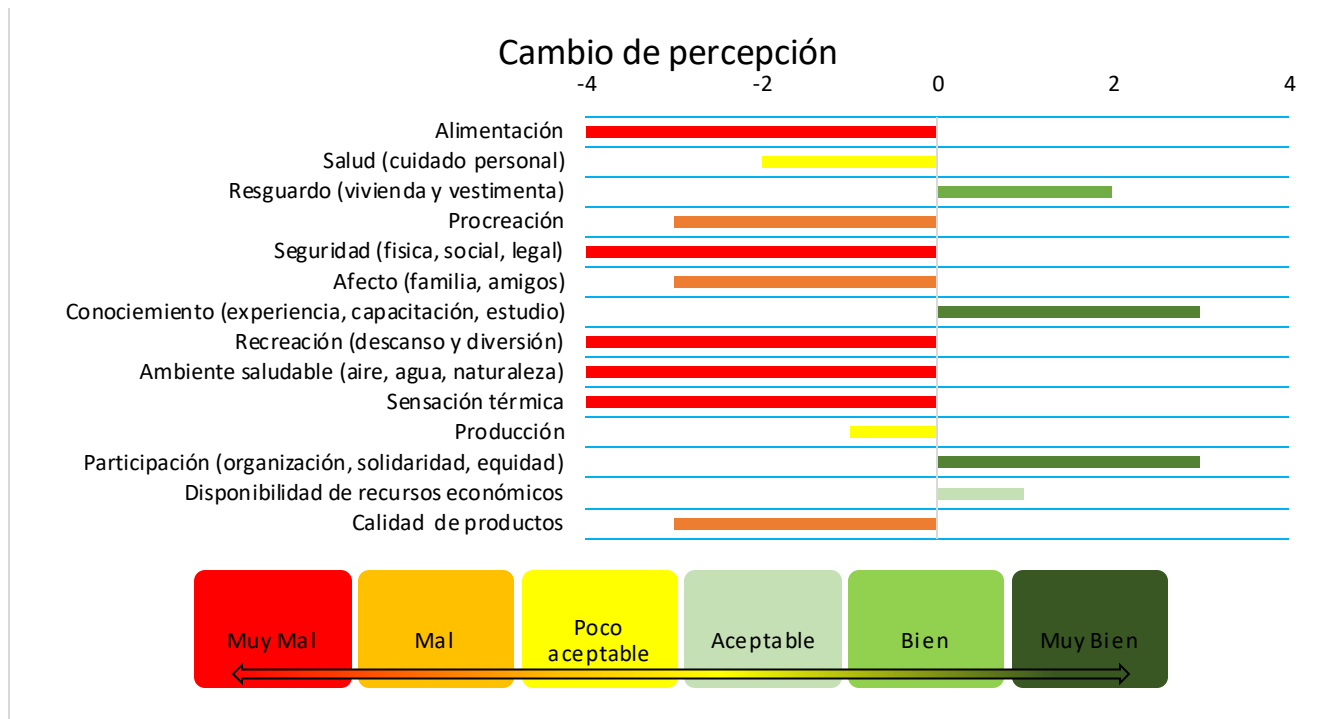
focales, donde señalaban que “Antes las personas enfermaban menos porque se alimentaban mejor y el ambiente era mucho más saludable, sin tantos químicos en el ambiente y la comida”. La procreación tuvo una disminución de tres puntos y el único aspecto de esta necesidad que tuvo un aumento en la puntuación fue el resguardo, las personas consideran que adquirir una casa es mucho más fácil que antes, pero igual demuestran tener miedo a los créditos bancarios. En general se puede decir que las necesidades básicas apenas empeoraron, por lo tanto, se encuentran dentro de la categoría de percepción “mala”.

- Personales: las necesidades personales se encuentran dentro de la categoría “regular”, las personas reflejaron sentirse felices por las oportunidades de fortalecimiento de capacidades brindadas actualmente, pero consideran que el hecho de tener que trabajar más impide tener tiempo para dedicarlo a la familia y al descanso, lo cual está generando cierto tipo de estrés entre los jefes de familia, en su mayoría hombres.
- Del entorno: definitivamente esta es la puntuación más crítica. Las personas se sienten muy inconformes con los cambios que perciben en el ambiente, las quejas constantes por la alta sensación térmica y el impacto visual negativo generado por las diferentes actividades en la cuenca como: hidroeléctricas, canteras, expansión de tierras agrícolas (grandes productores), deforestación y construcción de barridas. Las personas consideran que “todo está destruido” y no creen que la situación vaya a cambiar.
- Trabajo: en este punto se puede decir que la percepción del 2004 y 2019 se mantiene igual, dos aspectos importantes mejoraron siendo la disponibilidad de recursos y participación, el apoyo entre los productores y la accesibilidad a agroquímicos y tecnología es considerada por los productores como una alternativa para poder sobrellevar la situación de la cuenca. Por otro lado, perciben que la calidad de los productos ya no es tan buena debido a la cantidad de químicos que se están utilizando y aun así no se mejora en un 100% la producción.

De acuerdo a la definición de resiliencia usada en este estudio es válido establecer que aquellas necesidades percibidas en un estado muy malo y malo, reflejan la no adaptación a los cambios que se han dado en la cuenca y las que se encuentran como regular o sin cambios, podrían considerarse en vías de adaptación y aquellas dentro de la categoría bien y muy bien se considerarían como una evidencia de adaptación, caso que para este estudio no fue reflejado.

En el siguiente gráfico se puede visualizar como ha variado la percepción de las personas con respecto al año 2004 y 2019.

Figura 14. Cambio de percepción de las NHF en el 2004 vs 2019



Basado en el gráfico anterior se puede decir que las personas perciben un cambio negativo en casi todos los aspectos evaluados, lo que quiere decir que la resiliencia no se ha alcanzado y estas comunidades no están logrando mantener su bienestar frente a los diferentes cambios (cambio climático y cambio de uso del suelo).

Causas de la falta de resiliencia

El resultado final de esta investigación indica que las comunidades no están siendo resilientes. Como parte de la investigación se hizo una exploración de las posibles causas de esa falta de resiliencia de acuerdo con la percepción de los pobladores.

Las principales causas identificadas por ellos fueron:

No estaban preparados para el cambio de uso de suelo (bosque-pasto, introducción de hidroeléctricas, desarrollo urbano) y cambio climático (reducción de la precipitación). Así como tampoco estaban preparados para sus impactos como la reducción de caudal del río, disminución en la producción e impacto visual negativo del paisaje.

Hay interés en aprender y trabajar en equipo, pero no hubo ni hay acompañamiento adecuado de las instituciones ni de la sociedad civil. Esto se pudo evidenciar con el poco o ningún éxito del Proyecto Remigio Rojas, el cual estimaba un significativo aumento en la producción de arroz, caña, maíz y la inclusión de otros rubros como las cucurbitáceas con la intención de diversificar las ofertas para el

mercado local y con miras a comercializar en el mercado extranjero. Muy alejado de lograr sus objetivos el proyecto no rindió los frutos esperados dejando un mal sabor entre los productores. En retrospectiva y según los comentarios de los técnicos actuales, en ese entonces hizo falta acompañamiento y empoderamiento de los productores del proyecto ya que al ver que no obtenían resultados empezaron a vender los implementos surtidos para el desarrollo del mismo, dando como resultado la pérdida de una importante inversión del gobierno.

La posibilidad de incursionar en el mercado extranjero con el Tratado de Libre Comercio, fue otro intento fallido para los productores, ya que los productores pequeños y medianos no estaban preparados para enfrentar la dura competencia extranjera. Luego del TLC con EUA 2009, los precios de los productos locales (arroz y maíz) cayeron significativamente dejando como resultado otro golpe a la producción nacional.

Según los productores hay más facilidad para acceder a créditos con los bancos, pero mayor temor a perder las tierras por cosechas bajas, precios reducidos y la inestabilidad del mercado local, por lo tanto, lo consideran un arma de doble filo.

La cuenca del río Chico es altamente productiva, tanto en su parte media alta y parte baja, pero no existe un plan de ordenamiento territorial ni evidencia de esfuerzos por regular la situación. El incremento de actividades hidroeléctricas en la parte alta y media de la cuenca ha ocasionado una merma en la disponibilidad del recurso agua en la parte baja.

En la cuenca del río La Villa ubicada en la provincia de Los Santos, en Panamá, también presenta una situación similar, donde los productores de la parte baja se ven afectados por las actividades producidas en la parte media y alta, con la diferencia de que el uso principal del agua son concesiones para ganadería y producción agrícola, así lo demuestra un estudio realizado por el MIAMBIENTE, 2008. Aunado a esto los problemas identificados en la cuenca del río la villa son muy similares a los de la cuenca del río Chico, entre los más significativos están la falta de recursos económicos para proyectos de desarrollo, deforestación, mal uso de agroquímicos, contaminación de quebradas y ríos, venta de tierras, degradación de suelos, merma en la producción agrícola y ganadera.

También hay coincidencia en los posibles factores potenciadores de estos problemas como: falta de educación, falta de planificación integral de las instituciones de gobiernos, malas políticas, poca captación de recursos. Lo que nos lleva a pensar que no es solo un problema regionalizado a una cuenca en específico, sino que es la realidad de un país con un desarrollo no planificado en términos de cuenca como unidad de manejo pese a existir en Panamá la Ley 44 del 2002 (Ley de Cuencas).

Guerra 2018, en su estudio realizado en la cuenca del río La Villa, encontró que se han realizado múltiples proyectos de adaptación al cambio climático, pero los mismos no concluyen en resultados favorables ya que las personas no se empoderan de ellos, caso muy similar al ocurrido con el proyecto Remigio Rojas. Además, estos estudios reflejan que es necesario incrementar la motivación y empoderamiento tanto de los productores, como de las entidades públicas cuando se establezcan proyectos de fomento productivo, ya que la falta de acompañamiento técnico y empoderamiento de los productores, lleva al fracaso los proyectos.

4. CONCLUSIONES

Realizar una evaluación de la percepción multitemporal de la satisfacción de las necesidades humanas fundamentales es posible a través de la aplicación de un método cualitativo y empleo de técnicas de investigación como: entrevistas, grupos focales y encuestas. Con esta metodología fue posible realizar un análisis rápido y específico que permitió saber si las comunidades se están adaptando y por tanto están construyendo resiliencia o no a los cambios del entorno a través de la percepción de satisfacción de sus necesidades.

Es evidente que las personas perciben y entienden que han ocurrido cambios en la cuenca y no solo por el cambio climático, si no por el cambio de uso de suelo que se ha estado dando en los últimos años y que estos cambios tienen repercusiones en su nivel de satisfacción de necesidades humanas fundamentales.

Luego de las evaluaciones grupales, entrevistas, encuestas y convivencia con los diferentes actores se concluye que las personas no se han adaptado lo suficiente porque sus necesidades humanas fundamentales no están siendo satisfechas.

Es importante resaltar que este tipo de evaluación es muy subjetiva y podría estar afectada por la temporalidad en la que se realice el estudio. Puede que se lleve a cabo los grupos focales cuando en las comunidades se esté enfrentado un conflicto político, entre familias, u organizaciones y esto tiende a generar un poco de exageración por parte de los participantes. En este caso la investigación fue realizada en época electoral y llegaron a surgir muchos comentarios afectados por esta situación.

Como complemento a esta investigación se evaluó la dinámica de cambio de uso/cobertura de la tierra en la cuenca del río Chico y como resultado del análisis multitemporal se encontró que la disminución de las tierras de uso forestal aumenta conforme avanza el tiempo, al igual que el incremento de las tierras para uso agrícola y pastos. Se evaluó desde el año 1992 hasta el 2019 la ganancia del área productiva podría estar relacionada con el incremento de la población. Pero las ganancias de tierra no son sinónimo de productividad ya que los ingresos del sector agrícola se vieron afectados para ese año lo cual podría significar que las técnicas productivas no son congruentes con las capacidades de uso del suelo.

Entre 1947 y 1970 Panamá vio cambiar su superficie forestal de 70% a 53% de su superficie total. En un análisis de la cobertura boscosa realizado para el período 1992-2000 se encontró que la cobertura boscosa se redujo a 330.570 ha (un 45%) en el país. en este mismo estudio el autor indica la persistencia de la tasa de deforestación en el país con un 0.35% anual entre 2000 y 2012. Hansen et al 2013.

En concordancia con el autor anterior (Harcourt y Sayer, 1996) señalan que en Panamá la deforestación es un problema que se arrastra desde la década de 1950, donde se estima que un 70% de la superficie forestal fue convertida a pastizales o agricultura. En este estudio se identificó que en el periodo de 1992-2000 hubo una pérdida neta de las coberturas boscosas (tierras forestales, rastrojo y mangle) de 6518 ha y una ganancia neta, principalmente de pastos y tierras agrícolas de 27420 ha. Una pérdida considerable de cobertura boscosa en la cuenca del río Chico y una ganancia de tierras productivas podrían denotar consideraciones similares a las expuestas por Armenteras y Rodríguez (2014) quienes identifican la expansión agrícola y ganadera como la principal causa de deforestación en la mayoría de los países latinoamericanos.

Por otra parte, en un estudio de escenario de deforestación futura en Panamá, realizado por él se identificó que para la provincia de Chiriquí en el periodo de 1992 -2000 hubo un aumento de la cobertura vegetal de alrededor 161.7 Km². Es posible que el aumento se haya dado en otras partes de la provincia de Chiriquí y no en el área de estudio (Imbach, et all 2016)

Es importante resaltar que la población en los distintos corregimientos de la cuenca aumentó en los distritos más poblados como Boquerón para el año 1990 la población era de 9738 habitantes y para el año 2000 aumentó a 12235 habitantes, en el corregimiento de Volcán en el año 1990 se contaba con 7146 habitantes y en el 2010 la cifra aumentó a 10188 habitantes. (Contraloría General de la República, censo 2010).

Según la Comisión Europea, citada por UN CEPAL (2015), existe una estrecha relación entre los cambios de cobertura vegetal y las variables socioeconómicas, lo cual podría explicar la disminución de tierras forestales y rastrojos frente al notable aumento de pastos y tierras agrícolas. Harrison (1991) identifica que la deforestación tiene un estímulo no directo con el aumento de población si no con actividades relacionadas con ese aumento (incentivos económicos, construcción de vías de transporte etc.)

A diferencia de los periodos anteriores, en los últimos años se presenta una pérdida neta de las coberturas de producción (rastrojos, pastos, tierras agrícolas y plantaciones forestales), siendo 1625.14 ha entre todas, y se observa una dinámica de cambio de pastos a rastrojo con una ganancia de 18187.7 ha y un cambio de tierras agrícolas igualmente a rastrojo de 2623.1 ha. Esta dinámica de cambio podría atribuirse a las dificultades de producción que se están presentando en la cuenca en los últimos años, atribuida a la escasez del recurso hídrico y a la aparición de un gran número de hidroeléctricas a partir del año 2004. Esto no puede ser comprobado con este estudio, pero es congruente con la percepción de los productores en la parte baja de la cuenca del río chico. Para poder establecer una relación es necesario realizar un estudio más profundo e incluir factores como el cambio climático, socio económico y variabilidad climática.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Armentas, D; Rodriguez, N. 2014. Dinámicas y causas de deforestación en bosques de latino américa: una revisión desde 1990. Scielo 17(2). (en línea). Consultado 18 de may. 2019. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-07392014000200008
- Contraloría General de la República de Panamá. Instituto Nacional de Estadística y Censo. 2010. Censo de Población y Vivienda 2010.
- Constas, M; Hoddinott, T. 2014. Resilience Measurement Principles: Toward an Agenda for Measurement Design. Resilience measurement Technical working group. Technical Series No. 1. Rome: Food Security information Network.
- Chalampunte, F. 2012. Seguridad alimentaria en comunidades indígenas de Costa Rica: el caso de comunidades Cabécar de Alto Chirripó. Turrialba, Costa Rica.
- Gómez, C. 2011. Rol del capital natural en una experiencia de desarrollo rural: el caso de Zambrana Abajo, Bosque Modelo Colinas Bajas, República Dominicana. Turrialba Costa Rica.

- Gutiérrez C. 1987. Análisis de la problemática de la cuenca del río Chico, Provincia de Chiriquí, Panamá. IICA-CIDIA. 40 p. (en línea). Consultado 18 de sep. 2018. Disponible en https://books.google.co.cr/books?id=cOoNAQAIAAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gs_bse_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=true
- Gutiérrez, I. 2006. Diagnóstico detallado de seis comunidades de la cuenca del río Coapa, Chiapas, México. In: IMBACH, A.C. (Facilitador). 2006. Plan de Gestión de la Cuenca del río Coapa, Chiapas, México. Grupo Interinstitucional Cuencas Costeras de Chiapas. Chiapas, México, 119 p.
- Harrison, S. 1991. Population Growth, Land Use and Deforestation in Costa Rica. Costa Rica.
- Harcourt, C., Sayer, J.A. 1996. Conservation atlas of tropical forests: the Americas. New York, USA, Simon and Schuster. 355p.
- Hernández, A; Macías, V; López G; Naveda, C; Guzmán, Á; Vivar, M; Zambrano, T; López, G. (2017). Variaciones en algunas propiedades del suelo por el cambio de uso de la tierra, en las partes media y baja de la microcuenca Membrillo, Manabí, Ecuador. (en línea). Cultivos Tropicales, 38(1): 50-56. Consultado 30 ago. 2018. Disponible en <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=5&sid=476bb734-ac50-4679-a05d-863c329b770b%40sessionmgr4006>
- Imbach, A.C. 2016. Estrategias de vida. Analizando las conexiones entre la satisfacción de las necesidades humanas fundamentales los recursos de las comunidades rurales. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 55 p
- Imbach, A. 2017. Métodos de análisis social para practicantes del desarrollo y la conservación de la biodiversidad: Tema 3. Entrevistas. Turrialba. Costa Rica. Geolatina Ediciones. 8 p
- Imbach, P.; Imbach, A.; Gutiérrez, I. 2009. Medios de vida sostenibles. Bases conceptuales y utilización. Geolatina, Turrialba, Costa Rica. 44 p
- Imbach, P; Robalino, J; Zamora, J.C; Brenes, C; Sandoval, C; Cifuentes-Jara, M; Labbate, G. (2016). Escenarios de deforestación futura de Panamá. Panamá, República de Panamá, PNUMA (UNEP).
- Mercado, Y. 2018. Análisis de la vulnerabilidad a la variabilidad climática de los medios de vida productivos agrícolas de los pequeños productores en el municipio de Tisma, corredor seco de Nicaragua. Turrialba Costa Rica.
- MIAMBIENTE (Ministerio de Ambiente). 208. Plan de ordenamiento territorial ambiental de la cuenca del Río La Villa. Panamá,
- MIAMBIENTE (Ministerio de Ambiente). 2012. Dirección de gestión integrada de cuencas hidrográficas. Programa de inversión para la restauración de cuencas hidrográficas prioritarias. Línea base: diagnóstico biofísico, socioeconómico y potencial energético de la cuenca hidrográfica del río chico.
- MINAG (Ministerio de agricultura de Perú); FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2012. Plan de Gestión de Riesgo y Adaptación al Cambio Climático en el Sector Agrario, Período 2012-2021 (en línea). Consultado 29 ago. 2018. Disponible en http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/FAO-countries/Peru/docs/Plangracc_RESUMEN.pdf

- UN CECAP (Naciones Unidas. Comisión Económica para América y el Caribe) 2015. La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe Paradojas y desafíos del desarrollo sostenible.
- Navarro, M. 2012. Evaluación participativa del aporte de fincas integrales a los servicios ecosistémicos y a la calidad de vida de las familias en el Área de Conservación Tortuguero, Costa Rica.
- Sandoval G; Romero H. 2009. Análisis de procesos de cambio de uso y cobertura de suelo en la expansión urbana del gran Valparaíso. s.l., Universidad de Chile.