

INDICADORES DE CALIDAD AMBIENTAL DE HUMEDALES

SANTIAGO HERNANDEZ HENAO

Trabajo Presentado para Optar al Título de Ingeniero Ambiental

**GLORIA YANETH FLOREZ YEPEZ
DOCENTE - TUTORA**

**UNIVERSIDAD CATOLICA DE MANIZALES
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL
MANIZALES
2015**

CONTENIDO

	pág.
Resumen	3
Abstract	4
Palabras clave	4
Introducción	5
1. Objetivos	6
1.1 General	6
1.2 Específicos	6
2. Metodología	7
2.1 Tipo de investigación	7
2.2 Diseño metodológico	7
2.3 Esquema metodológico	8
3. Capítulo 1	9
3.1 Documentar el análisis de información de la calidad ambiental de humedales	9
3.1.1 Generalidades	9
3.1.2 Calidad de los humedales	10
3.1.3 Calidad del recurso hídrico en los humedales	18
3.1.4 Calidad de los humedales frente al cambio climático	21
3.1.5 Discusión	24
4. Capítulo 2	27
4.1 Indicadores biológicos y fisicoquímicos para establecer la calidad de los humedales	27
4.1.1 Indicadores biológicos	27
4.1.2 Indicadores fisicoquímicos	41
4.1.3 Discusión	46
5. Capítulo 3	48
5.1 Establecer condiciones de calidad para la sostenibilidad de los humedales	48
5.1.2 Sostenibilidad de los humedales	48
5.1.3 Pago por servicios ambientales	65
5.1.4 Discusión	71
Conclusiones	73
Referencia Bibliográfica	75

RESUMEN

Los humedales son ecosistemas en donde el agua es el factor predominante y controlador del medio, y la biodiversidad que se desenvuelve en torno a él. Son ecosistemas estratégicos que sirven como almacenes hidricos, depuradores de aguas contaminadas y sirven como habitat de una gran cantidad de fauna y flora.

Teniendo en cuenta que los humedales brindan una gran variedad de servicios ecosistemicos que resultan ser de gran importancia no solo para las sociedades que se benefician de los mismos sino tambien para una gran variedad de especies de fauna y flora; lo que se pretende con este trabajo es realizar una revisión sobre como evaluar las condiciones de calidad de los humedales altoandinos, mediante un análisis bibliográfico que nos permita identificar indicadores de calidad para la sostenibilidad de los humedales altoandinos. Esta información puede llegar a ser bastante relevante en pro de identificar y desarrollar metodologías que permitan tener un aprovechamiento racional y generar una sostenibilidad en terminos ecológicos, económicos y sociales con el fin que en los humedales no se presenten impactos ambientales altamente negativos.

La metodologia utilizada en el desarrollo del presente trabajo, se basó en la revisión bibliográfica analizando bases de datos institucionales que permitieran tener una mirada mas amplia sobre las condiciones de calidad de los humedales identificando determinadas características presentes en ellos.

ABSTRACT

The wetlands are ecosystems where the water is the main factor and also the controller of the environment, and the biodiversity that operates in the environment.

They are strategic ecosystems that help store and purify contaminated waters. Also helps with the habitat of wildlife. Wetlands are strategic ecosystems that offer a huge variety with the big importance not only for the society that benefit from them but also for a huge variety of wildlife species. This work analyses the conditions of the quality of the high Andean wetlands by a bibliographic analysis that will help us identify quality indicators of sustainability of high Andean wetlands. This information can be very relevant for identification and development of methodologies that give us rational advantages and generate sustainability in terms of ecology, economy, and social; that way the wetlands not highly negative environmental impacts occur.

The methodology used in the development of the assignment, is based on the bibliographic revision analyzed institutional database leading us to have a better view of the quality condition identifying specific features shown in the wetlands.

PALABRAS CLAVE

- Humedal
- Indicador
- Indicador fisicoquímico
- Indicador biológico
- Sostenibilidad
- Calidad ambiental
- Macroinvertebrados

INTRODUCCION

Teniendo en cuenta la importancia de los humedales por sus beneficios ambientales, lo que se busca en el presente trabajo es documentar cuales son las condiciones de calidad ecosistémica de los humedales analizando diferentes indicadores de calidad tales como: físico-químicos, hidromorfológicos y biológicos, que nos permitan tener una mirada acertada de cuál es el estado ambiental de dichos ecosistemas.

El trabajo realizado se desarrolló mediante la revisión bibliográfica, identificando diferentes tipos de humedales y analizando cuales son los factores que incurren negativamente en el desarrollo del humedal e identificando a su vez, cuales son los indicadores que evidencian una afectación crítica del mismo.

Los objetivos específicos planteados buscan analizar e identificar la calidad ambiental, los indicadores de calidad ambiental y la sostenibilidad de los humedales. La revisión se realizó utilizando las bases de datos que se manejan en la UNIVERSIDAD CATOLICA DE MANIZALES, base de datos de la CONVENCION RAMSAR, y documentos extraídos de internet.

Una de las características principales de un humedal es el espejo de agua que resulta ser el factor físico predominante, por ende en torno a ese cuerpo de agua se desarrollan una gran cantidad de funciones y actividades ecosistémicas. En el presente trabajo se consultó en mayor parte cuales eran las condiciones en cuanto a la calidad de los cuerpos de agua con el fin de tener una mirada sobre índices de calidad y sostenibilidad ambiental en que se encuentran los humedales.

Un diagnóstico del estado actual de los humedales, nos ha mostrado que han sido ecosistemas bastante afectados por factores climáticos como: cambios de temperaturas, sequias y en gran medida, todo lo que tiene que ver con calentamiento global; pero también y más grave aún, resultan ser las afectaciones causadas por las diferentes actividades antrópicas las cuales causan

daños adversos a este tipo de ecosistemas, estas actividades por lo general son: agricultura, ganadería, urbanización de las áreas circundantes del humedal, industria, manejo inadecuado de residuos, etc.

Este tipo de actividades generan cambios en las condiciones físico-químicas de los humedales, lo cual, afecta una gran variedad de fauna y flora presentes en los mismos e indirectamente afectan las cualidades de los humedales en lo que tiene que ver con servicios ecosistémicos. Cabe señalar que los humedales se caracterizan por prestar una gran variedad de servicios ambientales que favorecen no solo a la fauna y flora presentes en él, sino también a las poblaciones cercanas ya que estos ecosistemas sirven como almacenes hídricos, depuradores de aguas, son ecosistemas amortiguadores y en cuanto a la fauna y la flora sirven como hábitat para una gran cantidad de especies y también como hábitat para especies de aves migratorias.

De acuerdo a lo anterior, lo que se pretende con este trabajo es hacer una revisión de las condiciones de calidad para la sostenibilidad de los humedales alto andinos, identificando tres aspectos fundamentales: calidad, indicadores y sostenibilidad.

1. OBJETIVOS:

1.1 OBJETIVO GENERAL

- Analizar de manera documental la calidad ambiental para la sostenibilidad de humedales.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Documentar el análisis de información de la calidad ambiental de humedales.
- Determinar indicadores, biológicos y físicoquímicos para establecer la calidad de los humedales.
- Establecer condiciones de calidad para la sostenibilidad de los humedales.

2. METODOLOGIA

2.1 Tipo de investigación

La investigación descriptiva de corte documental que pretende analizar la importancia de los indicadores de calidad ambiental para la sostenibilidad de humedales.

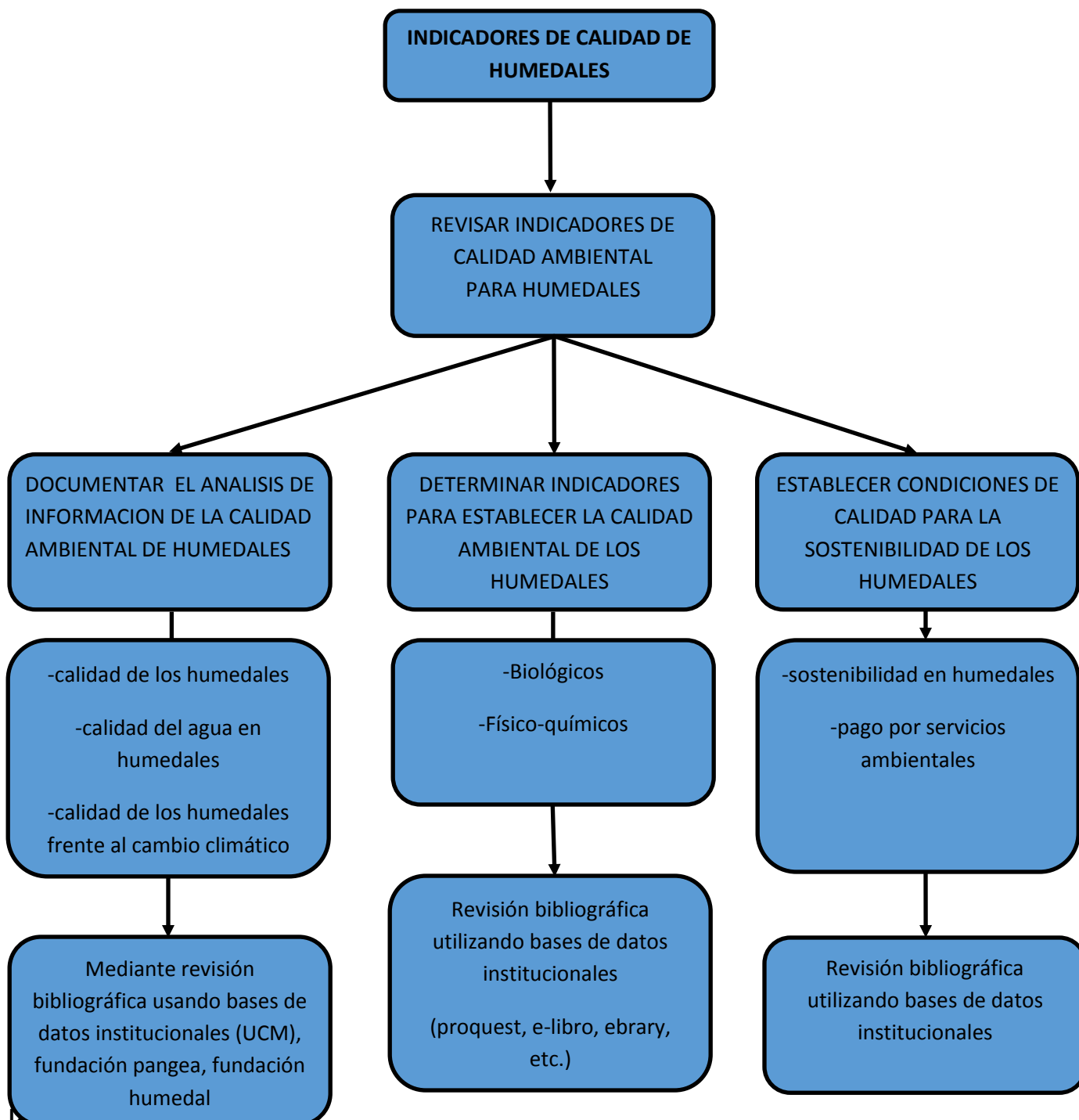
2.2 Diseño metodológico

La investigación se desarrolló teniendo en cuenta los siguientes momentos:

- Acercamiento teórico, conceptual y metodológico:
En el cual se realizará un rastreo a fuentes de información secundaria que permita generar los conocimientos sobre el objeto de estudio planteado.
- Definición de técnicas e instrumentos para la recolección de la información:
Fundamentalmente a partir del tipo de investigación propuesto, se trabajara como técnica la revisión bibliográfica y documental para la cual se establecerá como instrumento de recolección de información la ficha bibliográfica y la ficha documental.
- Selección y análisis de la información:
A partir de la información seleccionada se seleccionara la pertinente con relación a los objetivos específicos planteados de tal manera que mediante la metodología de triangulación (información documental, observación en campo y análisis del investigador) se sistematicen los resultados obtenidos.
- Elaboración del informe final:
En El informe final se presentarán los resultados y conclusiones con relación a los objetivos específicos desarrollados en el proceso de investigación.
- Socialización de resultados:
Una vez presentado el informe final, sustentado ante el jurado establecido por la universidad, y de ser aprobado se socializaran los resultados ante las instituciones que tienen interés en el tema tratado mediante, un taller informativo.

En la siguiente gráfica se puede observar cómo está distribuido el desarrollo metodológico del trabajo que se realizó.

2.3 Esquema metodológico de la revisión de información:



3. CAPITULO 1

En el desarrollo de este capítulo se evidenciará cual es el estado actual de los humedales altoandinos y cuáles son las principales causas antrópicas y naturales que ocasionan impactos ambientales altamente negativos en estos ecosistemas.

3.1 Documentar el Análisis de Información de la Calidad Ambiental de Humedales

3.1.1 Generalidades

Según la convención Ramsar los humedales se definen como: “Extensiones de marismas, pantanos o turberas cubiertas de agua, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salubres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda seis metros” (Moreno et al., página 1, sf).

Una importante característica de los humedales es que poseen ciertas particularidades que hacen que no se puedan clasificar como medios acuáticos y tampoco como medios terrestres, debido a que son un ecosistema intermedio y poseen características de ambos ecosistemas (Moreno et al., sf).

Los humedales resultan ser ecosistemas de gran importancia ambiental debido a la gran variedad de servicios ecosistémicos que ofrecen. Debido a la gran diversidad biológica y sustentan extensas redes alimentarias son denominados “supermercados biológicos” y debido a las funciones que desempeñan en los ciclos hidrológicos y químicos se denominan como “riñones del medio natural”. Estos ecosistemas sirven como almacenes hídricos, reguladores hídricos, purificadores hídricos, hábitat para una gran variedad de especies de fauna y flora, etc. (Moreno et al., sf).

3.1.2 Calidad De Los Humedales

Para poder evaluar las condiciones de calidad de un humedal es de suma importancia realizar una combinación de técnicas y estudios con el fin de realizar una adecuada evaluación y poder obtener resultados coherentes. Los aspectos a tener en cuenta en el estudio de la calidad de los humedales, son los hidrológicos, litológicos, geomorfológicos e hidroquímicos con los ciclos biogeoquímicos, siendo es sistema hídrico la unidad funcional donde se desarrollan gran parte de las dinámicas hidrológicas (Ortega et al., 2003).

La formación y el mantenimiento de los humedales, se debe, a la interacción de los factores climáticos con los hidrológicos que interactúan con el paisaje. Por lo tanto estos son buenos indicadores del funcionamiento de los hidrosistemas (Ortega et al., 2003).

La calidad ambiental de un humedal es un conjunto de características o propiedades inherentes del mismo que nos permite hacer comparaciones con otros humedales con el fin de hacer un paralelo en función de su estado de conservación. Desde un punto de vista económico la calidad ambiental de un humedal está basada en la importancia o calidad de los recursos naturales que este le genere al hombre. Y en materia ecológica la calidad está dada por el mantenimiento del estado de sus procesos o dinámicas de funcionamiento (Ortega et al., 2003).

En el proceso de evaluación del estado ecológico de los humedales es imprescindible tener en cuenta una serie de factores a la hora de realizar dichos análisis, los factores climáticos, hidrológicos, geomorfológicos, hidroquímicos y bióticos. Por otra parte los impactos generados por los diferentes procesos productivos o actividades antrópicas, generan cambios en la hidrología, alteraciones físicas, pérdida de la calidad de las aguas y pérdidas de fauna y flora (Ortega et al., 2003).

Los factores que controlan la eficiencia de los humedales incluyen la capacidad de carga de material contaminante, el tiempo de residencia hidráulico del agua dentro del humedal, las concentraciones del material orgánico y el área disponible de plantas y otros sustratos para el crecimiento de microorganismos que ayudan a degradar el material contaminante (Knox et al., 2008).

Dependiendo de las condiciones físicas, químicas y biológicas en las que se encuentre el humedal, la capacidad de purificación o tratamiento de las aguas contaminadas será mayor o menor de acuerdo con la condición en la que se encuentre el ecosistema (Knox et al., 2008).

Es importante resaltar en esta revisión de tema la experiencia que la ciudad de Bogotá ha tenido en el tratamiento y en su lucha por conservar estos ecosistemas; en este sentido; (Moreno, et, al), manifiesta que los humedales que pertenecen al distrito capital, están asociados a la cuenca del río Bogotá. Estos hacen parte del sistema geográfico del altiplano cundiboyacense. Se considera como un lugar estratégico en el continente debido a que sirve como hábitat en el paso de las aves acuáticas migratorias (Moreno et al., sf).

Los humedales en Bogotá han sido gravemente afectados principalmente debido a las actividades antrópicas, en especial a la urbanización y a la actividad agrícola de alto impacto como la floricultura, la siembra de papa, la ganadería y las actividades industriales de todo tipo (Moreno et al., sf).

Debido a la mala educación en cuanto a la conservación y uso sostenible de los humedales en Bogotá, las personas ven estos ecosistemas como fuentes de malos olores y generadores de mosquitos, también disponen los humedales como botaderos de basuras lo cual afecta de manera significativa la vida del mismo. Por estas razones la sociedad geográfica de Colombia ve necesario emprender acciones correctivas que permitan mejorar la calidad ambiental de dichos ecosistemas teniendo en cuenta que se debe mejorar la educación de las sociedades en cuanto a los humedales (Moreno et al., sf).

Algunos de estos son humedales son los siguientes:

Humedal de capellanía: El humedal la capellanía es el más afectado debido a que se generan grandes vertimientos de aguas negras debido a ciertas conexiones erradas lo cual afecta de manera significativa el humedal. En este humedal no se presenta buena diversidad de flora y fauna existente, esto se debe a la gran presencia de industrias, rellenos y obras de infraestructura que descargan una gran cantidad de vertimientos en el mismo (Moreno et al., sf).

Humedal de Córdoba: A pesar de que este humedal presenta unas características negativas en el cuerpo de agua según ciertos criterios internacionales, que afectan la salud humana y la diversidad ecosistémica. Este humedal es el que presenta mayor presencia de diversidad biológica (Moreno et al., sf).

En este humedal se presentan dos problemas bastante evidentes en cuanto a su componente hídrico. El primero es la baja cantidad de líquido que entra al humedal debido al aislamiento hidráulico en su parte alta; el segundo tiene que ver con el ingreso de aguas altamente contaminadas por el canal de molinos (Moreno et al., sf).

Humedal de Jaboque: Los estudios realizados en este humedal evidencian una alta contaminación del cuerpo de agua debido a la continua descarga de aguas residuales, de tipo domésticas e industriales. Debido a este factor de afectación se ha visto gravemente afectado el espejo de agua y se ha evidenciado una disminución en la flora presente en el humedal. Debido al cambio en las características del humedal, la flora se vio bastante afectada gracias a que el humedal pasó de ser un ecosistema amortiguador de aguas lluvias a ser un ecosistema receptor de aguas residuales (Moreno et al., sf).

El resto de humedales presentes en el distrito capital presentan un balance ambiental bastante parecido a los tres humedales que se mencionaron. Estos humedales son:

- Humedal de la vaca
- Humedal de techo
- Humedal Tibanica
- Humedal del burro
- Humedal torca
- La conejera
- Santa María del Lago

(Moreno et al., sf)

En estos humedales también se evidencia una grave afectación a los cuerpos de agua debido a la contaminación generada por las diferentes actividades antrópicas. El crecimiento urbanístico, la expansión agrícola, los vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales, la mala disposición de los residuos sólidos y en general la mala educación ambiental son factores que han afectado en gran medida los humedales bogotanos (Moreno et al., sf).

Todos los humedales de Bogotá han sido afectados por una gran variedad de factores relacionados con el crecimiento urbanístico e industrial. Es por esta razón que las afectaciones siguen patrones comunes que se han evidenciado con el paso del tiempo. (Van der Hammen, 2008).

Los humedales de Torca, Guaymaral, Tibanica y Meandro del Say los cuales están situados en la frontera urbana, llevan menos años de afectación entre 10 y 20 años aproximadamente, a diferencia de los demás humedales de la capital, lo cual evidencia un estado de degradación menos marcado (Van der Hammen, 2008).

Debido a que en las primeras décadas del siglo XX la ciudad tuvo un crecimiento poblacional importante, se incrementaron las actividades económicas que tenían que ver con la tala de bosques en los cerros con el fin de obtener leña y carbón, también se intensificó la ganadería en la sabana. Y es el incremento de estas actividades productivas lo que hace que se genere una mayor carga de sedimentos que llega a los humedales. Es probable que la turbidez en las aguas haya ocasionado una disminución de la flora acuática que se encuentra sumergida (Van der Hammen, 2008).

Es probable que la reducción y fragmentación de estos ecosistemas hayan afectado de manera significativa las zonas de aguas profundas con vegetación emergente y así hayan contribuido a la desaparición de especies como la circa y del pato carrango. También en la década de los 60, se evidenció la extinción del pato pico de oro probablemente víctima de la cacería y de la destrucción de su hábitat (Van der Hammen, 2008).

Aunque en los últimos 20 años no se ha extinto ningún humedal en Bogotá, si se ha evidenciado la disminución de varias especies de fauna y subespecies endémicas, tales como la garcita dorada la cual se encuentra al borde de la extinción local y también el chirriador el cual ha desaparecido de varios humedales de la capital, la tingua moteada la cual hace 25 años era la especie de ave más abundante en los humedales de la región (Van der Hammen, 2008).

La excavación de canales profundos hizo que se drenaran las aguas de los humedales de Techo, Guaymaral y Torca eliminando importantes hábitat para una gran variedad de especies de fauna (Van der Hammen, 2008).

En los humedales bogotanos se encontraron ciertas variaciones en las características físico-químicas de agua, esto debido a varios factores que influyen de manera negativa la calidad de las mismas. La continua descarga de aguas con altos contenidos de contaminantes hace que las muestras físico-químicas muestren valores atípicos, las aguas lluvias, aguas residuales y aguas provenientes de la zona industrial hace que la carga de contaminantes presentes en los cuerpos de aguas de los humedales puestos en estudio sea bastante alta (Van der Hammen, 2008).

Las acciones gubernamentales en cuanto a la protección de los humedales en la sabana de Bogotá han resultado infructuosas debido a la suavidad en cuanto a la implementación de las normas ambientales. La ciudad de Bogotá ha producido leyes y decretos para proteger los humedales; sin embargo, la política no ha sido tardada seriamente y la corrupción ha limitado los esfuerzos de ambientalistas y defensores de los mismos (Ramírez et al., 2013).

En Bogotá existen una gran cantidad de organizaciones no gubernamentales, científicos y ciudadanos interesados en proteger, conservar y restaurar los humedales con el fin de darles un mejor uso y aprovechar de mejor manera los servicios ecosistémicos que estos ofrecen. Pero para poder proteger de manera adecuada este tipo de ecosistemas es importante mejorar las condiciones de las actividades antrópicas que repercuten de manera negativa en estos ecosistemas generando impactos ambientales de gran magnitud que degradan en gran medida las características físico-químicas de este tipo de ecosistemas (Ramírez et al., 2013).

Una de las actividades antrópicas que generan impactos altamente negativos sobre los humedales es la deforestación, debido al aumento de esta actividad se ha evidenciado una seria fragmentación de los hábitats, en especial los humedales los cuales se ven afectados en cuanto a su flora su fauna y también se ven afectados los servicios ambientales que este tipo de ecosistemas ofrecen (Poletta, 2011).

Los primeros impactos que se pueden ver debido a la deforestación son la pérdida de nutrientes del suelo y la erosión debido a que la falta de flora hace que se presente este proceso (Poletta, 2011).

Anteriormente se alternaba el cultivo de tierras con temporadas de descanso, con el fin de realizar una rotación que ayudara al mantenimiento de los sistemas, pero debido al mal desarrollo de los sistemas productivos la agricultura comenzó a tener una importancia más lucrativa y por esta razón se vieron afectados muchos ecosistemas (Poletta, 2011).

Los plaguicidas como sustancias o mezcla de sustancias destinadas a destruir o controlar las plagas que afecten los cultivos agrícolas. Estos plaguicidas también se utilizan para controlar animales o especies de plantas que sean considerados plagas y que afecten la producción agrícola (Poletta, 2011).

Otro de los recursos que se ve gravemente afectado en los diferentes ecosistemas en especial en los humedales teniendo en cuenta que estos son ecosistemas frágiles, es el suelo; este es un recurso natural viviente, dinámico y no renovable que ofrece una gran cantidad de bienes ecosistémicos los cuales tienen que ver en su gran mayoría con la producción de alimentos y también para el mantenimiento de la calidad ambiental local, regional y global. Los procesos que realizan los diferentes suelos en cuanto al balance entre la producción y el consumo de CO₂ resultan ser de gran importancia en los diferentes procesos dinámicos que se llevan a cabo en los diferentes suelos. “Las etapas esenciales de los ciclos globales del agua, C, N, P Y S suceden en el suelo, la velocidad del ciclaje y la disponibilidad de estos elementos están siendo alteradas continuamente por las diferentes formas de vida y por la constante búsqueda de fuentes de alimento y energía (Doran *et.*, 1999)” (Cerón *et al.*, página 2, 2005).

Las prácticas de manejo convencionales como el arado, los patrones de cultivo, el uso de plaguicidas y fertilizantes y la sobreexplotación de los suelos han causado pérdidas importantes que tienen que ver con la capacidad de los suelos para producir y consumir gases como el CO₂, óxido nitroso y metano, ocasionando grandes problemas atmosféricos que afectan directamente la salud de la humanidad y de la biodiversidad en general (Cerón et al., 2005).

La salud y calidad del suelo abarca tres características importantes: biológicas, físicas y químicas; mientras que la salud de los suelos está determinada por sus características ecológicas. Un ecosistema saludable está definido por la interacción entre los ciclos de los nutrientes y los flujos de energía, y por las capacidades de resiliencia y resistencia frente a alteraciones que pueden afectar sus características fisicoquímicas y biológicas (Cerón et al., 2005).

La calidad del suelo se basa principalmente sobre las funciones del mismo y para poder estimar la calidad dependiendo del tipo de suelo, se deben plantear ciertos parámetros de evaluación que puedan cuantificar su estado por lo cual la aproximación debe ser holística, integrando todos los factores que contiene el sistema. La implementación de indicadores de calidad responde a la necesidad de establecer medidas que permitan evaluar los efectos del manejo sobre dichas funciones. Los indicadores deben evidenciar cambios a corto plazo con el fin de tener una evaluación de calidad más precisa aun cuando estén expuestos a alteraciones climáticas (Cerón et al., 2005).

“Dentro de los procesos metabólicos que catalizan las enzimas del suero se encuentran la descomposición de materiales orgánicos y la detoxificación de xenobióticos. Baran *etal.* (2004) estudiaron el efecto de la contaminación por aceite diesel en una base aérea localizada en Yugoslavia, a través de la utilización de un índice biológico de fertilidad, que combina las actividades ureasa, deshidrogenasa, fosfatasa acida y alcalina y el carbono orgánico total, este último regula la persistencia y degradación de residuos orgánicos (Fenton *et at.*, 1999). Los resultados se correlacionaron con algunas propiedades fisicoquímicas. La presencia de los hidrocarburos estimulo la mayoría de las actividades estudiadas, se encontraron correlaciones significativas entre la cantidad y la composición de los contaminantes y el índice de fertilidad,

así como con algunas de las actividades por separado, demostrando la relación entre las actividades y la degradación parcial de los hidrocarburos; sin embargo, se dieron algunas excepciones debido a otros factores (disponibilidad de nutrientes y pH) necesarios para que se realice la utilización de tales contaminantes como Fuente de carbono” (Cerón et al., página 13, 2005).

La importancia de las enzimas utilizadas, radica en que estas tienen la capacidad de actuar como catalizadores acelerando las reacciones de descomposición de material contaminante en los diferentes suelos, de esta manera se pueden depurar los mismos haciendo que la contaminación presente en ellos no afecte y genere impactos bastante negativos sobre los mismos (Cerón et al., 2005).

Las causas no ecológicas de degradación de los humedales son las más radicales en cuanto a la contaminación y generación de impactos negativos que afectan directamente las dinámicas funcionales de estos ecosistemas. Las actividades agrícolas, industriales, deforestación, sobreexplotación de los recursos, urbanización, turismo, entre otras son las causantes más relevantes de la pérdida de los humedales, y teniendo en cuenta que estos ecosistemas se consideran frágiles debido a que reaccionan con facilidad a los cambios ocasionados por estas actividades antrópicas, la pérdida de los mismos se presenta de manera acelerada (Finlayson et al., 1999).

La gama de amenazas identificadas confirman de manera inequívoca que la pérdida de los humedales es irreversible y continua a un ritmo alarmante. Es por esta razón que crear mecanismos y políticas que ayuden a conservar y hacer un uso racional de los recursos naturales ofrecidos por los humedales, es de gran importancia ya que la pérdida de estos ecosistemas es cada vez más acelerada y teniendo en cuenta la gran variedad de servicios ecosistémicos que estos ofrecen, es importante que estas acciones correctivas se planteen y se pongan en marcha rápidamente con el fin de recuperar este tipo de ecosistemas (Finlayson et al., 1999).

3.1.3 Calidad Del Recurso Hídrico En Los Humedales

Dentro del gran conjunto de humedales presentes en la sabana de Bogotá, se encuentra el humedal Jaboque el cual resulta ser una de los más importantes debido a su ubicación y su potencial acuífero. Este humedal se ha visto gravemente afectado debido a la intervención del hombre, por esta razón este humedal es el foco de estudio del presente trabajo (Castro et al., 2005).

Debido a una mala educación ambiental, en Bogotá muchos humedales son considerados charcales que impiden el desarrollo urbanístico de la ciudad, también se les da un mal uso a dichos ecosistemas y resultan ser el punto donde se arrojan aguas negras y residuos sólidos de las comunidades cercanas a él, esto ocasiona que se colmate el lecho de los cuerpos de agua (Castro et al., 2005).

Debido a una gran serie de factores generalmente antrópicos, la degradación de los humedales en especial los humedales de la sabana de Bogotá que se encuentran muy cercanos a las zonas urbanísticas, pierden la capacidad de prestar servicios ecosistémicos de gran importancia tales como: mitigación de impactos por inundaciones, recarga de acuíferos, provisión de hábitat para una gran variedad de fauna y flora, entre otros (Castro et al., 2005).

Realizar procesos de investigación y monitoreo de los humedales resulta ser de gran importancia para poder tener bases debidamente sustentadas a la hora de determinar impactos ambientales y problemáticas que afecten directamente el normal funcionamiento de las dinámicas de los humedales. Es por esta razón que en el presente trabajo se buscaran una serie de temáticas desarrolladas que permitan observar el estado actual del humedal Jaboque en cuanto al índice de la calidad del agua y la evaluación del impacto ambiental (Castro et al., 2005).

Teniendo en cuenta lo anterior, en la ciudad de Bogotá Colombia se realizó un estudio cuyo objetivo fue establecer un diagnóstico ambiental que permitiera evaluar las condiciones del humedal Jaboque, con el fin de tomar acciones correctivas que incidieran en la conservación y

uso racional del humedal, en este sentido, para poder conocer el estado del humedal, se realizaron una serie de muestras con el fin de analizar la calidad de las aguas del mismo, determinando ciertos parámetros fisicoquímicos y haciendo su posterior análisis. Lo que se hizo fue fraccionar el humedal en cinco zonas y se ubicaron veintidós zonas de muestreo (Castro et al., 2005).

“En el artículo 26 del decreto 619 de 2000, por medio del cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial para la ciudad de Bogotá, se reconoce la calidad de *parques ecológicos distritales de humedal* a los humedales que se encuentran dentro de la configuración urbana de la ciudad, como el humedal Jaboque; son considerados áreas de alto valor escénico y/o biológico, que por sus condiciones y accesibilidad se destinan a la preservación, restauración y aprovechamiento sostenible de sus elementos biofísicos para educación ambiental y recreación pasiva”. (Castro et al., página 5, 2005)

Teniendo en cuenta la normativa citada con anterioridad, se encontró que en el humedal jaboque no se aplica el régimen de usos según la categoría de parque ecológico distrital de humedal, debido a que no se cumple con las condiciones mínimas para la conservación y el manejo sostenible del mismo, debido a una gran cantidad de actividades antrópicas que afectan la funcionalidad del humedal (Castro et al., 2005).

Debido a los análisis realizados al humedal jaboque, se pudo determinar que la calidad ambiental de las aguas del mismo se han visto afectadas por una gran variedad de factores tanto ambientales como antrópicos, siendo estos últimos los más significativos a la hora de generar impactos negativos en dicho ecosistema. Factores como obras hidráulicas, vertimientos de aguas contaminadas, incremento en la agricultura (perdida del suelo), mal uso del recurso hídrico, entre otros factores que afectan en gran medida el humedal (Castro et al., 2005).

Los análisis también determinaron que el humedal se encuentra con una carga orgánica bastante pronunciada debido a las aguas residuales domésticas que son vertidas de las zonas urbanas circundantes al humedal (Castro et al., 2005).

“De la comparación de los índices de calidad ICA del estudio de 2003 versus el actual, se puede concluir que este ecosistema presenta aumento de contaminación en lo que se refiere al índice de contaminación por mineralización y al índice de contaminación por materia orgánica” (Castro et al., página 6, 2005).

“La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, adelantó desde el año 2009, la construcción del interceptor Encor que corresponde al sistema troncal sanitario de la cuenca del Humedal de Jaboque, recibe las descargas sanitarias producidas en las cuencas de Engativá, la zona servida de la estación de bombeo de Villa Gladys y zonas de futuro desarrollo de la localidad, para luego ser conducidas hasta la planta de tratamiento de aguas residuales PTAR Salitre. El objetivo de esta obra fue contribuir al mejoramiento de las condiciones de vida de los más de 200 mil habitantes del occidente del Distrito Capital (Ávila et al., sf).

En el año 2010 se realizó un estudio con el fin de evaluar la calidad bacteriológica del agua del humedal Jaboque, teniendo en cuenta que este es uno de los humedales más importantes en la sabana de Bogotá en cuanto a su tamaño y a la capacidad de retención de aguas residuales que este ecosistema posee. Para el estudio a realizar, se tomaron muestras en trece puntos de muestreo, estas zonas corresponden a las partes no canalizadas del humedal. El primer muestreo se llevó a cabo en marzo del 2010 (época seca) y el segundo muestreo se realizó en mayo del mismo año (época de lluvia) (Ávila et al., sf).

Para el análisis de los microorganismos presentes en el humedal, se utilizó la técnica de filtración por membrana la cual consiste en filtrar al vacío una muestra de agua sobre una membrana filtrante estéril, una vez se filtra el agua se retira la membrana y se deposita en un medio de cultivo específico para cada indicador, para su posterior incubación (Ávila et al., sf).

En los resultados obtenidos, se pudo evidenciar que en épocas de lluvia se incrementa la población de algunas especies de microorganismos, obviamente en las zonas más conservadas del humedal se pudo evidenciar que dichas poblaciones no son tan abundantes como en las que se realizaron los muestreos (Ávila et al., sf).

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos se concluyó que el humedal jaboque sobrepasa los límites establecidos para aguas de uso recreativo. Las muestras analizadas evidenciaron que en el humedal existe una gran variedad de microorganismos patógenos y que solo el tercio bajo del humedal presenta índices de trofia relativamente bajos, por esta razón se puede deducir que esta zona es la que mejor función depuradora presenta la cual permite amortiguar el impacto de la contaminación presente en el humedal, pero teniendo en cuenta que lo ideal sería que todo el humedal presentara bajos índices de microorganismos patógenos con el fin de que se pudiera desempeñar una buena función depuradora por parte de todo el cuerpo de agua (Ávila et al., sf).

Según lo mencionado por (Finlayson et al., 1999), la calidad del recurso hídrico en los humedales se encuentra altamente deteriorada debido a una gran variedad de factores tanto naturales como antrópicos, los cuales ocasionan que parámetros como pH, turbidez, DBO, DQO, calidad bacteriológica entre otros tengan valores anormales y ocasionen que la calidad de dicho recurso sea bastante mala y no se pueda disponer de este teniendo en cuenta los servicios ecosistémicos que este ofrece (Finlayson et al., 1999).

Van der Hammen (2008), menciona que la continua descarga de material contaminante a los cuerpos de aguas asociados a humedales, hace que las características fisicoquímicas de dichos cuerpos de aguas presenten valores atípicos en cuanto a la calidad adecuada del recurso hídrico en los ecosistemas de humedal. Teniendo en cuenta lo anterior es evidente que la calidad del agua en los humedales es muy propensa a sufrir fluctuaciones más aún en los humedales que se ven afectados por diferentes actividades antrópicas.

3.1.4 Calidad De Los Humedales Frente Al Cambio Climático

Otro de los aspectos o factores importantes que afectan de manera directa la calidad de los humedales es el cambio climático. La problemática ambiental que se ha generado en el planeta a causa del cambio climático es sumamente relevante, debemos tener muy en cuenta la innegable realidad de que el cambio climático es un fenómeno que afecta y afectara por muchas décadas los sistemas terrestres. Esta situación es cada vez más grave y se evidencia en los efectos que

cada vez se intensifican de forma más agravante en los diferentes ecosistemas y se ven alteradas muchas de sus propiedades y atributos de sustento y de su funcionalidad (Franco, 2011).

Debido a esta problemática se evidencia la necesidad de implementar estrategias de adaptación frente al cambio climático, dicha adaptación puede verse más centrada a las necesidades de la sociedad (Franco, 2011).

Los impactos generados por el cambio climático pueden ser caracterizados por tres patrones que varían por localidad y escala temporal, pero en varios lugares estos cambios se pueden presentar de manera simultánea. Los cambios pueden ser:

- Cambios graduales y persistentes en los valores medios de variables climáticas: estos cambios pueden ser cambios lentos en la temperatura media del aire o alteraciones graduales en los patrones de viento.
- Aumento en la variabilidad climática: se refiere a los cambios que se pueden presentar en el clima estos cambios pueden tener oscilaciones en torno a medidas estacionarias. Cambios severos en los eventos de sequias o inundaciones.
- Cambio abrupto de una condición climática: son cambios en los cuales se pueden observar puntos de inflexión bastante significativos, por lo que se hace difícil realizar una modelación de los mismos.

(Franco, 2011)

Los cambios climáticos pueden afectar los ecosistemas de manera contundente, debido a que los mismos están acoplados a ciertas características climáticas, estos cambios hacen que los ecosistemas se tengan que acoplar rápidamente a los mismos y es su capacidad de respuesta la que define la vulnerabilidad de los mismos (Franco, 2011).

La identificación y valoración de la vulnerabilidad de los ecosistemas, debe enfocarse en la relación que tengan los cambios o impactos generados por el cambio climático (Franco, 2011).

La relación entre el cambio climático y los impactos generados en los cuerpos de agua es bastante estrecha, es por esta razón que las afectaciones del mismo son de gran interés para las comunidades, debido a que gran parte de su desarrollo gira en torno a las cuencas hidrográficas (Franco, 2011).

Los humedales son ecosistemas determinantes no solo por la presencia de agua sino también por la calidad de la misma, es por esta razón que los humedales sirven como medio de abastecimiento de agua para la comunidad. Es por esta razón que la alteración a estos ecosistemas constituye una amenaza a la integridad y funcionalidad ecológica. La dinámica de los humedales se relaciona con alteraciones continuas dadas por eventos como la radiación solar, los pulsos de sustancias químicas oscilaciones de temperatura y aportes de nutrientes entre otros (Franco, 2011).

También es importante mencionar que el cambio climático puede afectar el desarrollo normal de la biodiversidad que albergan estos ecosistemas, debido a que gran variedad de especies viven bajo ciertas características climáticas que ayudan al normal desarrollo de sus vidas. Las principales amenazas para los humedales debido al cambio climático tienen que ver con las fluctuaciones de temperatura y especialmente los cambios en los patrones de precipitación (Franco, 2011).

Los humedales aislados en los cuales no se ha evidenciado de manera significativa la intervención humana, mantienen una dinámica natural y mantienen la resiliencia, lo que hace que se adapten de mejor manera para mantener sus procesos y estructuras que determinen la naturaleza y funcionalidad del ecosistema (Franco, 2011).

El cambio climático hará que en un futuro los esfuerzos para restaurar las condiciones de los humedales sean más complejos debido a que el incremento y aceleración del cambio climático genera condiciones de calidad y de cambios adversos considerablemente grandes en este tipo de ecosistemas (Erwin, 2009).

Los sistemas de humedales son vulnerables a los cambios en cantidad y calidad de su suministro de agua, y se espera que el cambio climático tendrá un pronunciado efecto sobre los humedales a través de alteraciones en el ciclo hidrológico y regímenes con gran variabilidad global. La calidad en cuanto a sus condiciones físicas, dependerá de la capacidad de resiliencia de estos ecosistemas a las condiciones que se presente producto de las variaciones climáticas ligadas al cambio climático global (Erwin, 2009).

La restauración de estos ecosistemas se realizara de manera diferente a nivel regional y a nivel de la mega cuenca que los albergue, por esta razón es importante reconocer que la restauración y la gestión específica requerirán ciertos estudios con el fin de determinar bajo qué condiciones se deberá realizar dicha restauración. Las llanuras de inundación, manglares, pastos marinos, marismas, ártico humedales, turberas, pantanos de agua dulce y bosques son muy diversos hábitats, con diferentes factores de estrés y por lo tanto, se necesitan diferentes técnicas de manejo y restauración (Erwin, 2009).

El Sundarban (Bangladesh, India), Mekong delta del río (Vietnam), y en el sur Ontario (Canadá) son ejemplos de grandes complejos de humedales donde los efectos del cambio climático se presentan de diferentes maneras. Por lo tanto, el éxito de la restauración a largo plazo y la gestión de estos sistemas dependerán de cómo elegimos responder a los efectos del cambio climático y las técnicas que se deben usar dependiendo del tipo de humedal y de las características fisicoquímicas de cada uno de ellos (Erwin, 2009).

3.15 Discusión

Con relación a lo consultado en las bases de datos, la calidad ambiental de los humedales se ha visto gravemente afectada principalmente por actividades antrópicas y también por el cambio climático el cual se ha venido incrementando en las últimas décadas. Las actividades antrópicas de mayor relevancia ligadas a la degradación de los humedales son: producción agrícola, actividades industriales, crecimiento urbanístico, deforestación, turismo, entre otras. Sumado a

este tipo de actividades, el uso irracional y la sobreexplotación de los recursos naturales ofrecidos por los humedales hace que no pueda haber una adecuada renovación de los mismos haciendo que las dinámicas funcionales de estos ecosistemas se vean afectadas y por ende se produzca un desequilibrio que afecta las condiciones de calidad de los mismos.

Los humedales son considerados ecosistemas frágiles los cuales pueden reaccionar de manera negativa a una gran variedad de factores que afecten las características de los mismos por más leves que estos sean.

La capacidad de resiliencia juega un papel importante a la hora de adaptarse a las perturbaciones generadas por los diversos factores que afectan las características fisicoquímicas de los humedales; dependiendo de ciertas condiciones naturales de estos ecosistemas estos pueden adaptarse o no adaptarse dichas perturbaciones. Dependiendo de la capacidad de resiliencia que presenten los humedales, las características de estructura y funcionalidad pueden no cambiar de manera significativa lo cual está directamente ligado a la calidad de los recursos ambientales que estos ofrecen y también a la prestación de servicios ecosistémicos.

Los servicios ecosistémicos que prestan los humedales son de gran importancia en las dinámicas funcionales de las poblaciones que se ven beneficiadas y que se encuentran en las zonas de influencia de este tipo de ecosistemas. La provisión del recurso hídrico, la recarga de acuíferos, purificación natural de agua, provisión de alimento, entre otros, son servicios ecosistémicos que mejoran las condiciones o calidad de vida de las poblaciones aledañas a los humedales.

En cuanto a la fauna y la flora, los humedales sirven como hábitat para una gran variedad de fauna y flora, y para ciertas especies migratorias estos sirven como hábitat temporal los cuales brindan fuentes de alimento y en ocasiones se prestan como lugares en los cuales ciertas especies pueden llevar a cabo sus procesos reproductivos.

Teniendo en cuenta lo mencionado con anterioridad resulta fundamental crear mecanismos que ayuden a mejorar las condiciones de calidad de los humedales con el fin de tener una calidad adecuada de los recursos naturales que brindan los humedales a las poblaciones, pero también

que los mecanismos utilizados ayuden a que se tenga una mayor conservación recordando la importancia ambiental que tienen estos ecosistemas.

4. CAPITULO 2

En este capítulo se verán cuáles son los indicadores biológicos y fisicoquímicos más relevantes a la hora de determinar factores de calidad en los humedales. Estos indicadores sirven como método de medición de contaminantes presentes principalmente en los cuerpos de agua asociados a estos ecosistemas.

4.1 Indicadores Biológicos Y Fisicoquímicos Para Establecer La Calidad De Los Humedales Alto-Andinos

4.1.1 Indicadores Biológicos

Los páramos son ecosistemas de alta montaña, los cuales pertenecen al dominio amazónico; Presentan altitudes que oscilan entre los 2600 a 5000 msnm, su característica principal es que poseen una baja temperatura y una humedad relativa superior al 80% durante todo el año. Estos ecosistemas son de gran importancia gracias a que albergan una gran variedad de fauna y flora. También son importantes gracias a que favorecen la formación de lagos, lagunas, pantanos y turberas los cuales son considerados humedales altoandinos los cuales son de gran importancia debido a su capacidad de almacenamiento de agua y su función de regulación de la misma (Calderón, 2010).

Los humedales altoandinos son ecosistemas considerados frágiles debido a que se pueden ver afectados por varias causas tales como el cambio climático, las sequías prolongadas y las actividades antrópicas. Estos ecosistemas juegan un papel fundamental en las dinámicas hídricas de las cuencas andinas, sirven como proveedores de agua y también como hábitat para una gran diversidad de especies endémicas y refugio para especies migratorias (Calderón, 2010).

Los ecosistemas acuáticos albergan una gran diversidad de organismos. Resulta de gran importancia tener en cuenta que debido a la gran magnitud de biodiversidad presente en los

mismos Los efectos adversos de la contaminación se hacen mucho más evidentes cuando impactan en ecosistemas frágiles como los humedales, y las dinámicas funcionales de todo el ecosistema como tal se ven afectadas de manera significativa. Es por esta razón que una gran cantidad de organismos que habitan los cuerpos de agua sirven como indicadores de la calidad de la misma para determinar cambios físicos o químicos, y estos revelan modificaciones en la composición de la comunidad (Calderón, 2010).

Los cuerpos de aguas son habitados por especies de flora y fauna que responden a condiciones normales de equilibrio en su medio. Cuando se producen alteraciones en dicho medio las dinámicas del ecosistema cambian haciendo que se vean afectadas las especies y también ocurre un cambio en la dominancia relativa de las diferentes especies, también se pueden ver afectadas de manera mortal las diferentes especies dependiendo del grado de resiliencia que estas tengan (Calderón, 2010).

Todos estos elementos son indispensables para poder realizar una adecuada evaluación de estos ecosistemas. Estos estudios en últimas sirven para promover políticas que ayuden a la conservación y uso sostenible de los mismos (Calderón, 2010).

La bioevaluación es un punto bastante importante para analizar las características de los cuerpos de agua en cuanto a la calidad de la misma, lo que se hace con este tipo de método de evaluación es observar cómo se desarrollan los cambios en la biota acuática debido a los diferentes contaminantes que pueden afectar los cuerpos de agua (Gómez et al., 2009).

El concepto de indicador biológico o bioindicador se refiere únicamente a especies seleccionadas por su sensibilidad o tolerancia a diferentes factores que pueden llegar a afectar su vida.

Los indicadores biológicos de la calidad del agua a diferencia de los indicadores fisicoquímicos, resultan ser de gran utilidad para analizar las características y calidad del agua de una manera integrada y extendida en el tiempo, esto quiere decir que muestra las condiciones del agua tiempo atrás del muestreo (Gómez et al., 2009).

Por esta razón resulta de gran utilidad combinar los análisis fisicoquímicos con los biológicos y los hidromorfológicos con el fin de obtener información más integrada y precisa sobre los sistemas acuáticos que se estén analizando (Gómez et al., 2009).

Los peces (ictiofauna) son indicadores biológicos de gran importancia, debido a su longevidad que oscila entre los 20 y 30 años, son indicadores que permiten tener datos históricos sobre los impactos que se han generado en las masas de agua. También su nicho hace que jueguen un papel importante en los ecosistemas, gracias a que sirven como transportadores de sustancias e influyen en el flujo de energía (Gómez et al., 2009).

Los peces se consideran indicadores útiles para llevar un seguimiento a los cambios hidromorfológicos que produzcan alteración del hábitat que conlleve a: disminución en la profundidad del cuerpo de agua; composición granulométrica; morfología del lecho y vegetación de ribera.

Los peces también son sensibles a los cambios fisicoquímicos que pueden producir:

- Contaminación de los cuerpos de agua
- Eutrofia y aparición de toxicidad por algas
- Desoxigenación del agua

Otro tipo de indicadores biológicos son las plantas acuáticas o Macrofitos, abarcan distintos grupos de comunidades vegetales, entre las que se encuentran las plantas vasculares acuáticas.

Generalmente se encuentran tres formas de Macrofitos: flotantes, sumergidos y emergentes.

Los Macrofitos son considerados indicadores útiles para determinar parámetros fisicoquímicos que generen:

- Reducción en la transparencia del agua
- Variación de la mineralización
- Eutrofia

Estas plantas acuáticas también son sensibles a los cambios hidromorfológicos que generen:

- Variación del nivel del agua
- Cambios en el periodo de inundación

- Variación de las características morfológicas
(Gómez et al., 2009).

Las Microalgas son organismos microscópicos que forman parte del fitoplancton, han sido consideradas como uno de los bioindicadores de alerta temprana más eficientes, ya que pueden determinar de manera precisa y rápida las características en cuanto a la calidad de los sistemas acuáticos (Gómez et al., 2009).

Este tipo de indicadores son bastante sensibles a los cambios ocasionados por la contaminación de las aguas, y son los primeros organismos en reaccionar de manera negativa debido a estos cambios, de ahí que estos sean denominados indicadores primarios (Gómez et al., 2009).

Debido a una gran variedad de factores antrópicos, los ecosistemas acuáticos se han visto bastante amenazados en especial los denominados ecosistemas frágiles, y es importante tener en cuenta que la mayor parte de la contaminación generada por las diferentes actividades humanas depositan sus desechos en este tipo de ecosistemas (Gómez et al., 2009).

“La mayoría de los contaminantes tiene un efecto directo sobre diferentes procesos fisiológicos y biológicos de la biota, manifestándose algunos de sus efectos tóxicos, ejemplo, la reducción del crecimiento, inhibición de la fotosíntesis, variación en el contenido de pigmentos fotosintéticos celulares, inhibición de la actividad enzimática y degeneración de cloroplastos y mitocondrias, entre otros” (Gómez et al., página 3, 2009).

Por lo general los efluentes industriales resultan ser los más contaminantes debido a que son cocteles de una gran variedad de sustancias que generan gran cantidad de problemáticas en los cuerpos de agua debido a su variedad de componentes (Gómez et al., 2009).

Como se había mencionado anteriormente, el fitoplancton es uno de los indicadores más eficientes de alerta temprana mediante los cuales se pueden identificar una gran variedad de factores que pueden afectar los ecosistemas acuáticos. Debido a la gran cantidad de

características que poseen estos organismos son grandes indicadores para medir la eutrofización (Gómez et al., 2009).

El fitoplancton puede emplearse de varias maneras realizando ensayos insitu o en laboratorio, utilizando algas cultivadas las cuales pueden contribuir de manera eficiente en la determinación de un determinado contaminante (Gómez et al., 2009).

Durante mucho tiempo se han utilizado los bioensayos con el fin de determinar la disponibilidad de nutrientes presentes en un cuerpo de agua, en pocas palabras estos ensayos se pueden utilizar para determinar el grado de eutrofización de un cuerpo de agua (Gómez et al., 2009).

En los humedales los factores de contaminación se deben principalmente a las actividades antrópicas que tienen que ver con producción agrícola ganadería extensiva y dependiendo de la ubicación de este tipo de ecosistemas, contaminación industrial (Gómez et al., 2009).

“Los efectos de los contaminantes pueden ser observados en los diferentes niveles de organización biológica, extendiéndose desde el nivel molecular y la respuesta fisiológica global del individuo, hasta los niveles supraorganísmicos como: población, comunidad y ecosistema” (Gómez et al., página 4, 2009).

Según la clasificación los Biomarcadores se dividen en:

- Biomarcadores de la condición fisiológica
- Biomarcadores de la condición celular
- Biomarcadores específicos para metales

En los ecosistemas acuáticos, las Microalgas son consideradas como el primer eslabón de la cadena trófica. El fitoplancton sirve como regulador del régimen gaseoso y se considera como un gran organismo que contribuye a la depuración de las aguas, por estas razones el fitoplancton es considerado uno de los indicadores más importantes en los ecosistemas acuáticos (Gómez et al., 2009).

Teniendo en cuenta que cada especie de Microalgas presenta una serie de características específicas, están sirven para determinar una gran variedad de contaminantes, gracias a que cada especie reacciona de manera diferente a los contaminantes que pueden afectar de manera significativa los ecosistemas acuáticos (Gómez et al., 2009).

A grandes rasgos podemos decir que las Microalgas han ayudado de manera importante a que se realicen estudios de los impactos que pueden provocar determinadas sustancias a los ecosistemas (Gómez et al., 2009).

Dentro del conjunto de bioindicadores los más usados son los macroinvertebrados, debido a una gran variedad de características que los hacen indicadores muy eficientes, estos organismos resultan ser fáciles de medir debido a que en su gran mayoría son sedentarios lo cual ayuda a determinar el origen de la contaminación, algunos presentan ciclos de vida relativamente largos lo cual ayuda a analizar las condiciones de los cuerpos de agua a través del tiempo (Burillo, 1997).

Los macroinvertebrados también pueden ser eficaces en la indicación de la salud relativa de los humedales. Este tipo de bioindicadores ofrecen importantes servicios ecosistémicos, incluyendo la descomposición de materiales contaminantes y ayudando en el mantenimiento de la calidad del agua entre otro tipo de servicios (Riens, 2009).

Normalmente las amenazas ligadas a la degradación de los humedales están asociadas a las diferentes actividades humanas, estas ocasionan impactos bastante negativos en cuanto a las condiciones de calidad de los humedales haciendo que sus características físicas y químicas se vean gravemente alteradas afectando de manera significativa la biota presente en dichos ecosistemas (Riens, 2009).

Los Invertebrados bentónicos (animales invertebrados) son organismos animales que por su tamaño que oscila entre los 0.5 y 3 mm resultan ser visibles para el ojo humano. Estos organismos resultan ser indicadores de gran utilidad debido a su amplia variedad de especies y a

las características que presenta cada uno lo que los hace ser indicadores bastante eficientes para determinar las diferentes condiciones del agua (Burillo, 1997).

Estos invertebrados son considerados como las especies que se encuentran en mayor cantidad en lagos y humedales. El muestreo de los macroinvertebrados es relativamente sencillo gracias a que no se necesitan equipos especializados para hacer las tomas, se han elaborado tablas taxonómicas mediante las cuales este muestreo resulta ser más sencillo a la hora de analizar dicha fauna, aunque existen algunos taxones complejos de identificar como lo son las larvas de quironómidos o los gusanos oligoquetos, sin embargo se están realizando estudios que sirvan para dotar claves sencillas que ayuden a –identificar de una forma más simple y eficaz este tipo de taxones (Burillo, 1997).

Los macroinvertebrados son los bioindicadores ampliamente más usados en la actualidad debido a diferentes circunstancias o características tales como:

- Tienen una amplia distribución
- Poseen una gran diversidad de especies
- En su gran mayoría son sedentarios, lo cual permite el análisis espacial de la contaminación
- Su muestreo resulta ser de forma sencilla y económica
- Su taxonomía es bien conocida a nivel de familia y género
- Son muy sensibles a cambios físicos y químicos en su hábitat

(Narcís, 2009).

Normalmente los macroinvertebrados son utilizados para determinar el grado de contaminación orgánica presente en un cuerpo de agua obviamente depende cada especie de macroinvertebrado arroja resultados diferentes sobre el tipo de contaminación la cual también puede ser de carácter químico (Narcís, 2009).

La manera más fácil para evaluar la calidad biológica es utilizando una característica o u valor establecido en los macroinvertebrados que evidencie el cambio en el mismo. De manera más

concreta lo que se hace es evaluar una característica clave que se vea afectada en el momento de haber cualquier tipo de contaminación (Narcís, 2009).

En algunas circunstancias se puede ver afectada la medición debido a que las muestras tomadas no evidencian una variación muy marcada. En este caso lo que ocurre es que el tipo de contaminación no es lo suficientemente fuerte y no muestra un cambio muy notable en el bioindicador (Narcís, 2009).

Es de gran importancia tener presentes las características climáticas e hidrogeológicas, con el fin de determinar cuáles son los tipos de bioindicadores presentes en la zona, con el fin de identificar la especie que pueda aportar mejores resultados y mayores alteraciones en el momento de realizar un estudio con el cual tengamos como objetivo analizar el tipo y el grado de contaminación presente en un cuerpo de agua (Narcís, 2009).

La taxonomía de los diferentes grupos de macroinvertebrados ha sido empezada a estudiar recientemente, lo importante de estos estudios es poder determinar y cuantificar las diferentes familias de macroinvertebrados presentes en los cuerpos de agua con el fin de poder obtener información más detallada sobre estos y que esa información sirva como apoyo al estudio de la contaminación en los cuerpos de aguas especialmente en humedales (Narcís, 2009).

Estos indicadores biológicos son de gran utilidad para determinar cambios fisicoquímicos relacionados con:

- Contaminación térmica
- Cambios por mineralización del agua
- Contaminación orgánica
- Eutrofización
- Contaminación por metales

También son indicadores de cambios hidromorfológicos relacionados con:

- Alteración de la tasa de renovación
- Alteración de la morfología del lecho fluvial

Es importante tener en cuenta que estos bioindicadores arrojan información a mediano y largo plazo, ya que al abarcar gran variedad de especies la longevidad de estos varía entre 1 a 12 meses (Vásquez, 2006).

Se ha observado que la aparición de varios taxones está estrechamente relacionado con el nivel de la contaminación y del medio ambiente, los taxones específicos dan una mejor resolución en los efectos de la contaminación en los macroinvertebrados. Debido a que los macroinvertebrados se alimentan de sustratos contaminantes en los cuerpos de agua, estos aparte de ser buenos indicadores también ayudan a depurar las aguas contaminadas actuando como catalizadores en los procesos de descontaminación de los cuerpos de agua (Xu et al., 2014).

Las bacterias también son consideradas indicadores biológicos para determinar más precisamente la calidad bacteriológica de los cuerpos de agua. Las más utilizadas para determinar la calidad de las aguas, son las coliformes, dado que este tipo de bacterias dan evidencia de la presencia de contaminación fecal por descarga de desechos. Este tipo de contaminación se da principalmente por descargas domésticas o municipales (Vásquez, 2006).

Entre la gran variedad de indicadores de la calidad ambiental de los humedales están las aves. En las publicaciones realizadas por Birdlife se plantea el siguiente argumento: “es conveniente concentrarnos en las aves porque son buenas indicadoras de los cambios ambientales y de las zonas más importantes para conservar otros grupos taxonómicos (anfibios, insectos, etc.)” según esta hipótesis se cree que si se conservan de una manera adecuada las aves, al mismo tiempo se conservaran los demás organismos presentes en el ecosistema (Osorio, 2014).

Las aves son un bioindicador bastante eficiente debido a que poseen una serie de características que las hacen indicadores eficientes. Son especies que resultan de fácil detección, su identificación es rápida y sencilla, son uno de los grupos taxonómicos más estudiados y sobre los cuales se tiene más información, su crecimiento o disminución en la población es una de las características que las hace un buen indicador (Osorio, 2014).

“Investigadores han encontrado que las características del paisaje influyen en la composición y abundancia de las aves, pudiendo facilitar o impedir el mantenimiento de algunas especies” (Osorio, página 27, 2014).

El estudio de las aves puede arrojar resultados que ayuden a identificar la calidad ambiental de los ecosistemas, identificar el tipo de impactos que se están generando en el mismo y tomar acciones correctivas que ayuden a proteger y conservar estos ecosistemas en especial los humedales (Osorio, 2014).

El uso de las aves acuáticas como indicadores ambientales se fundamenta en que debido al lugar que ocupan en la escala trófica estas se verán afectadas por una gran variedad de factores. Las aves como especie concentradora de efectos representan un problema a la hora de tratar de identificar que factor está siendo relativamente importante a la hora de identificar los factores contaminantes de un humedal. Debido a este problema las aves no estarán afectadas por un solo factor que también afecta el humedal sino por el contrario estarán afectadas por un conjunto de factores, lo cual hace más dificultoso el análisis de los factores contaminantes (Green et al., 2003).

Las aves pueden ser utilizadas como bioindicadores en diferentes aspectos, y su eficiencia como tal dependerá del tipo de factor que se quiera analizar (Green et al., 2003).

Comparando una serie de humedales se ha evidenciado que las aves se han visto afectadas por factores como la salinidad, el pH y la razón entre superficies de vegetación emergente y aguas abiertas. El estado trófico, es decir el estado de nutrientes de los cuerpos de agua es otra de las variables principales la cual es directamente proporcional a la población de aves presentes en un humedal, existiendo una mayor presencia de aves en humedales mesotrófico y eutróficos, y menor cantidad en humedales oligotróficos e hipereutróficos (Green et al., 2003).

Las aves piscícolas tienen una estrecha relación con el estado trófico de los humedales, esto quiere decir que se distribuye en función de la disponibilidad de peses presentes en dichos ecosistemas (Green et al., 2003).

Mientras las aves se alimenten en el mismo humedal, se puede tener un estimado del estado trófico del mismo (Green et al., 2003).

Como consecuencia de la gran cantidad de factores que se pueden analizar por medio de las aves resulta difícil analizar un factor específico con el que se pueda determinar la calidad ambiental de un humedal (Green et al., 2003).

Las aves que mejor sirven como bioindicador para observar la calidad botánica presentes en los humedales son la focha cornuda, la cerceta pardilla y el parrón pardo, son especies que ayudan valorar la diversidad botánica en los humedales (Green et al., 2003).

En Tunes se ha evidenciado un aumento directamente proporcional entre el número de flamencos y la salinidad del lago Ichkeul (protegido como parque nacional y sitio Ramsar) esto debido a la construcción de una serie de embalses en la cuenca de este lago. Esto ha producido un lago hipersalino y una pérdida catastrófica de diversidad de plantas, aves e invertebrados, considerado como uno de los desastres más destacados en la conservación de humedales mediterráneos (Green et al., 2003).

Es por ejemplos como el anterior que hay que tener mucho cuidado a la hora de elegir un ave como bioindicadora puesto que un aumento en su población puede indicar un empeoramiento en la calidad del humedal en vez de una mejora (Green et al., 2003).

Existen especies de aves que pueden actuar como una especie ingeniera y llegan a modificar las características físicas de un lugar y por ende afectar directamente al resto de las especies presentes en el ecosistema. En este caso este tipo de aves tampoco sirven como indicadoras de calidad (Green et al., 2003).

Un estudio realizado en la altiplanicie mexicana evidencio como las grullas pueden ser indicadores biológicos de la calidad de los humedales que se encuentran por encima de los 2500 msnm. Es importante mencionar que más del 65% del territorio mexicano es desértico o

semidesértico lo cual evidencia que hay una baja cantidad y disponibilidad de agua en más de la mitad del país. Lo anteriormente nombrado indica que hay poca disponibilidad del territorio mexicano para el desarrollo normal de la vida de los humedales. Estos ecosistemas sirven como refugio y hábitat para una gran diversidad de flora y fauna. Algunas especies, en especial aves dependen de dichos ecosistemas para realizar sus procesos reproductivos o simplemente como albergues de paso en épocas invernales. La pérdida o deterioro de los humedales afecta de manera significativa la sobrevivencia invernal y la conectividad entre los sitios reproductivos o migratorios, por lo que es de gran importancia identificar y analizar las condiciones de los humedales para su manejo y protección (López et al., 2014).

Para poder determinar el estado de los humedales, es necesaria la implementación de indicadores que permitan evaluar las condiciones de estos sitios a largo o corto plazo. Las evaluaciones a corto plazo son fundamentales con el fin de analizar los impactos negativos en los humedales y así poder determinar e implementar acciones que permitan mantener y conservar los humedales y su biodiversidad de manera eficiente a corto plazo. El estudio de indicadores biológicos resulta imprescindible para los análisis a corto plazo que se deseen llevar a cabo en los humedales (López et al., 2014).

Dentro de estas especies de bioindicadores, las aves resultan ser de gran ayuda, debido a que son grupos fáciles de observar y se pueden evaluar de forma sencilla debido a su abundancia.

Dentro de las especies de aves que se pueden observar en los humedales. Las grullas resultan ser la especie más amenazada debido a los cambios adversos que se pueden desarrollar en los humedales (López et al., 2014).

Existen dos especies de grullas: la grulla blanca y la grulla gris. Para el estudio en cuestión se analizó la presencia de la grulla gris en 51 humedales en los estados de Chihuahua, Durango, Coahuila, Nuevo León, Zacatecas y San Luis Potosí, con el fin de registrar la presencia de las grullas (López et al., 2014).

Para establecer el número de individuos en el humedal, se ubicó un sitio de muestreo por humedal en un sitio desde el cual se pudiera observar la mayor extensión del mismo. “El registro de las aves se hizo una vez por humedal, haciendo la observación durante 5 minutos durante los

cuales se registraron todas las especies que estaban dentro del humedal, se utilizó este tiempo ya que los humedales era de tamaño pequeño y se podía observar todo el espejo por ser áreas planas sin vegetación, principalmente los humedales temporales” (López et al., página 5, 2014).

“Se realizaron tres análisis de correlación, el primero entre la riqueza de especies de los humedales y la presencia de grullas, el segundo entre la riqueza de especies y la abundancia de grullas, y el tercero entre la riqueza de especies y la abundancia considerándola en categorías” (López et al., página 7, 2014).

Gracias al estudio realizado se pudo evidenciar la presencia de la grulla gris en 30 de los 51 humedales que fueron objeto de estudio. De estos 30 humedales 11 fueron identificados como humedales temporales (López et al., 2014).

“Se obtuvo un listado de 39 especies presentes en los humedales. Los anátidos fueron los que más especies presentaron con 13, seguidos de los playeros con 11. Las demás especies de aves acuáticas fueron las veadoras como las garzas, pelícanos, cormoranes, gaviotas y los buceadores. En el caso de los playeros”. Se pudo determinar que las grullas fueron la especie (López et al., página 8, 2014).

Los programas que ayudan a mejorar las condiciones de calidad de los humedales, han sido de gran importancia en pro de la recuperación de dichos ecosistemas. Los humedales son ecosistemas de gran importancia en las dinámicas funcionales de las aves acuáticas, ya que estos sirven como hábitats temporales para esta clase de fauna y también sirven como fuentes de alimento (O'Neal et al., 2008).

Debido al crecimiento urbanístico, las áreas disponibles para los humedales han ido disminuyendo paulatinamente afectando de manera significativa las diferentes especies de flora y fauna que habitan este tipo de ecosistemas. Gracias a la implementación de programas y políticas ambientales que buscan proteger y preservar los humedales, estos han empezado a tener una mejor calidad en cuanto a sus características ambientales obviamente teniendo en cuenta que hace falta mejorar ciertos aspectos en pro de que se mejore drásticamente las afectaciones causadas por los diferentes factores que impactan negativamente en ellos (O'Neal et al., 2008).

Los humedales restaurados tienen gran potencial de proveer muchos beneficios ecológicos pero podrían ser específicamente valiosos como el hábitat para millones de aves que migran y utilizan estos ecosistemas como hábitat temporal. Las paradas de migración proveen un enlace esencial entre invernar y campos de cultivo suministrando forraje para aumentar reservas nutritivas esenciales para la migración y reproducción (O'Neal et al., 2008).

La disponibilidad de hábitats (humedales) para aves acuáticas es un factor determinante que limita el crecimiento y desarrollo de dinámicas funcionales de una gran cantidad de especies de aves que se benefician en gran medida de los servicios que les prestan estos ecosistemas básicamente en lo que tiene que ver con hábitat transitorio y suministro de alimento (O'Neal et al., 2008).

Para colaborar en objetivos regionales debe dar resultado primero en el ámbito local los productores primarios que de cierta manera contaminan los humedales con sus diferentes actividades productivas. Muchos directores locales y terratenientes son motivados en sus esfuerzos de restauración por las reacciones tangibles junto a la flora y la fauna. Los estudios previos han documentado la respuesta de aves acuáticas para las restauraciones de humedales en general. Sin embargo, pocas investigaciones cuantitativas han sido dirigidas con el objetivo de suministrar información para mejorar la toma de decisiones relevante para la restauración y dirección de hábitats de humedal en el contexto de programas de protección del medio ambiente (O'Neal et al., 2008).

Los humedales restaurados son utilizados exhaustivamente por aves migratorias, sin embargo, la diferencia en abundancia de especies y el crecimiento poblacional de las mismas en humedales restaurados cambian considerablemente con respecto a las características como la área del humedal, régimen de agua, vegetación entre otros (O'Neal et al., 2008).

Los resultados en cuanto al crecimiento poblacional de las aves acuáticas en humedales restaurados, evidencian un mejoramiento en las características y condiciones de calidad de dichos

humedales. Por esta razón se puede decir que las aves acuáticas resultan ser un gran bioindicador en cuanto a la calidad de los humedales (O'Neal et al., 2008).

4.1.2 Indicadores Físicoquímicos: Los muestreos de aguas con indicadores físicoquímicos que permitan analizar la calidad de la misma resultan ser de gran importancia ya que este tipo de indicadores arrojan un resultado claro y preciso, hay que tener en cuenta, que dichos resultados se utilizan para analizar las condiciones del agua pero a corto plazo (Gómez et al., 2009).

Este tipo de indicadores al igual que los biológicos, también son importantes en pro de determinar las condiciones o características físicas y químicas que presentan los ecosistemas, en especial los cuerpos de agua asociadas a los humedales (Pérez et al., 2009).

En Costa Rica se realizó un estudio en el parque nacional palo verde, en Guanacaste. En 1991 las lagunas del parque palo verde fueron declaradas como sitios Ramsar. La conservación de este tipo de ecosistemas ha contribuido a que se genere un desarrollo agrícola bastante importante, pero a su vez esto ha sido un arma de doble filo debido a que el desarrollo agrícola genera una gran cantidad de contaminantes en especial los relacionados a las aguas de escorrentía las cuales ingresan a las lagunas especialmente a la laguna la bocana generando una alta tasa de eutrofización lo cual afecta de manera significativa el ecosistema como tal (Pérez et al., 2009).

Debido a esta problemática se ha creado la necesidad de implementar estrategias que ayuden a tener un monitoreo de la calidad de las aguas en los canales de retorno y en la citada laguna, y de esta manera poder prevenir o aminorar la contaminación presente en este ecosistema (Pérez et al., 2009).

Lo que se pretendía con este trabajo era utilizar el ICA y analizar una serie de parámetros físicoquímicos con el fin de determinar la calidad del agua de dicha laguna, estos parámetros resultan ser de gran utilidad ya que permiten analizar las causas del problema y dan una condición puntual del agua (Pérez et al., 2009).

También existe e grupo de índices biológicos, en este grupo podemos encontrar principalmente los macroinvertebrados bentónicos los cuales resultan ser de gran utilidad debido a que presentan una gran variedad de especies y resultan ser buenos indicadores de alteraciones a corto plazo en los cuerpos de agua (Pérez et al., 2009).

Las variables seleccionadas para el estudio realizado fueron: “porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (stO₂), concentración de sólidos suspendidos (SS), pH, concentración de nitratos (NO₃), concentración de fósforo total (P total), demanda química de oxígeno (DQO), conductividad eléctrica (Ct) y temperatura (T)” (Pérez et al., página 4, 2009).

De acuerdo con los estudios realizados se obtuvieron los siguientes resultados:

Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto: los resultados del porcentaje de oxígeno de saturación, se ajustan en general, a la realidad de las especies tropicales debido a que el valor obtenido está por encima a 67% (Pérez et al., 2009).

Sólidos suspendidos: “La integración de la ponderación individual de la turbiedad y la de los sólidos totales del ICA-NSF, para calcular la ponderación de los sólidos suspendidos, obedeció a su interrelación directa con la presencia de éstos y el efecto acumulativo ejercido sobre las lagunas de inundación” (Pérez et al., página 8, 2009).

pH: el resultado del pH obtenido muestra que este es apropiado para la subsistencia de una gran variedad de especies, debido a que se encuentra en un intervalo de 6.5 a 8.5 lo cual lo hace un pH relativamente neutro (Pérez et al., 2009).

Concentración de nitratos: el valor de los nitratos presentes en la laguna es una variable que se desprecia debido a que este factor se asocia a efluentes industriales o aguas negras (Pérez et al., 2009).

Concentración de fosforo total: con respecto a los resultados obtenidos podemos concluir que la concentración de fosforo total muestra una calidad de regular a mala en la calidad de las aguas de vertido (Pérez et al., 2009).

Temperatura: la temperatura registrada durante los muestreos fue de 27.2° con una variación de 1.4° lo cual evidencia un valor ideal para el desarrollo de la biota presente en el ecosistema (Pérez et al., 2009).

Conductividad: “A diferencia de otras variables, que ejercen un efecto más pronunciado en la calidad del agua al alejarse su concentración del parámetro recomendado, se fijó el puntaje mínimo en 20, pues las consecuencias sobre la calidad del agua no se acentúan a partir de cierta cantidad de sales disueltas” (Pérez et al., página 10, 2009).

Básicamente lo que se pretende con el ICA es analizar la calidad de las aguas y la capacidad de las mismas de lograr una sostenibilidad de especies y un desarrollo de la vida acuática cuando se presentan problemas que afecten el desarrollo normal de la vida presente en los ecosistemas acuáticos (Pérez et al., 2009).

Otro de los principales ecosistemas acuáticos asociado a humedales en Latinoamérica, es el lago Titikaka. En el año 2005 se realizó un estudio con el fin de analizar ciertos parámetros fisicoquímicos y biológicos con el fin de determinar las condiciones de eutrofización presentes en este importante cuerpo de agua (Departamento Académico de Biología Universidad Nacional Agraria La Molina, 2005).

Para este trabajo se evaluó el grado de avance del proceso de eutrofización en el lago, por medio de la evaluación de las Macrófitas, de la variedad de especies de fitoplancton, y también se analizaron parámetros fisicoquímicos tales como pH, turbidez, DBO5, nitrógeno total y fósforo soluble) estos análisis se realizaron en cuatro puntos de muestreo en el lago, los resultados arrojaron diferentes valores en los cuatro puntos de muestreo (Departamento Académico de Biología Universidad Nacional Agraria La Molina, 2005).

La eutrofización en los cuerpos de agua se debe principalmente a las actividades antrópicas, las cuales debido al aumento de la producción de residuos sólidos y líquidos, aumentan la concentración de nutrientes en los cuerpos de agua lénticos y esto en muchas ocasiones causa la

degradación del ecosistema (Departamento Académico de Biología Universidad Nacional Agraria La Molina, 2005).

El objetivo del estudio realizado es analizar comparativamente el estado de los procesos eutróficos en cuatro localidades de la parte boliviana para el lago titikaka por medio del análisis de indicadores fisicoquímicos y biológicos (Departamento Académico de Biología Universidad Nacional Agraria La Molina, 2005).

Para los análisis fisicoquímicos se realizaron muestreos por triplicado en cada una de las zonas de estudio, por medio de formularios de campo previamente diseñados (Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina, 2005).

Se tomaron muestras de las macrófitas flotantes (pleuston) y sumergidas (limnófitas) respectivamente (Departamento Académico de Biología Universidad Nacional Agraria La Molina 2005).

Para cada punto de muestreo se tomaron muestras de agua con el fin de analizar el fitoplancton, estas muestras fueron fijadas con alcohol y solución de lugol, para posteriormente ser filtradas y concentradas en el laboratorio (Departamento Académico de Biología Universidad Nacional Agraria La Molina, 2005).

“La lectura de pH del agua se realizó en el Laboratorio de Calidad Ambiental (LCA) mediante el método EPA 150.1. Se tomaron muestras en cada una de las áreas de estudio para determinar turbidez, concentraciones de nitrógeno total (método EPA 351.1), fósforo soluble (método EPA 365.2) y DBO5 (método EPA 405.1). El microbiológico consistió en determinar la cantidad de coliformes termotolerantes (método SM 9221–E). Los valores obtenidos para cada caso, fueron comparados con los Límites Máximos Permisibles fijados por el Reglamento de Contaminación Hídrica de la Ley de Medio Ambiente de Bolivia” (Departamento Académico de Biología Universidad Nacional Agraria La Molina, página 2, 2005).

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se puede concluir que el grado de eutrofización en las cuatro localidades que fueron objeto de estudio, muestran diferentes grados de eutrofización. Estos grados de eutrofización se deben en gran parte a las diferentes actividades productivas realizadas en el lugar y también a la forma en la que son desarrolladas (Departamento Académico de Biología Universidad Nacional Agraria La Molina, 2005).

“En Bahía Cohana se realiza la cría intensiva de ganado, en Tiquina se tiene el criadero de truchas más grande de la parte boliviana del lago, en Copacabana existe intensa actividad turística todo el año y en Alaya existen cultivos hasta el borde de la orilla” (Departamento Académico de Biología Universidad Nacional Agraria La Molina, página 3, 2005).

En conclusión se puede decir que la aparición y proliferación de macrófitas flotantes es inversamente proporcional a la reducción de las macrófitas sumergidas y el fitoplancton (Departamento Académico de Biología Universidad Nacional Agraria La Molina, 2005).

Los parámetros de DBO5, nitrógeno total, fosforo soluble y turbidez evidenciaron un alto grado de correlación y se manifiestan en conjunto como unos buenos indicadores fisicoquímicos del grado de eutrofización (Departamento Académico de Biología Universidad Nacional Agraria La Molina, 2005).

Los coliformes termotolerantes se caracterizaron por ser indicadores indirectos, relativamente buenos del aporte de aguas servidas al lago (Departamento Académico de Biología Universidad Nacional Agraria La Molina, 2005).

Los resultados obtenidos en la investigación muestran un aumento en los procesos de eutrofización del lago titikaka, en especial en la parte boliviana del mismo, estos aumentos se deben en su gran mayoría a los procesos antrópicos que se llevan a cabo en la zona, los cuales aportan una gran cantidad de nutrientes al mismo en especial debido a la forma en que se llevan a cabo este tipo de actividades. Por esta razón resulta indispensable la implementación de políticas que ayuden a mitigar el problema y un plan de monitoreo ambiental que sea integral y abarque

todo el lago titikaka (Departamento Académico de Biología Universidad Nacional Agraria La Molina, 2005).

Según lo mencionado por (Gómez et al., 2009), la utilización de indicadores fisicoquímicos hace que se puedan conocer ciertas características en cuanto a la calidad del recurso hídrico, la implementación de este tipo de indicadores hace que determinar la calidad de los cuerpos de agua que sean objeto de estudio sea más eficiente. A pesar de ser indicadores de gran eficiencia, estos tienen la desventaja de que solo arrojan resultados a corto plazo, por esta razón no resultan ser buenos indicadores cuando se quieren analizar muestras con el fin de evidenciar cambios a largo plazo.

Teniendo en cuenta lo dicho por (Pérez et al; 2009), los parámetros analizados en el ICA pretenden analizar las condiciones de calidad de los cuerpos de agua identificando una serie de parámetros fisicoquímicos que permitan tener resultados concretos y a corto plazo de cuales condiciones de calidad en que se encuentra el agua en los diferentes ecosistemas acuáticos para este caso en especial los asociados a humedales.

4.1.3 Discusión

Los humedales son ecosistemas de gran importancia ecológica y social debido a la gran variedad de servicios ecosistémicos que estos ofrecen, cabe señalar que los servicios asociados al recurso hídrico son los más relevantes. Por esta razón y resaltando que el factor físico predominante en los humedales es el espejo de agua, determinar las condiciones de calidad de dicho recurso es fundamental con el fin de determinar las características y condiciones del mismo en pro de generar acciones e implementar mecanismos que ayuden a mejorar las condiciones de dicho recurso en caso de que la calidad del mismo sea deficiente.

Utilizar indicadores de calidad para determinar las características fisicoquímicas y biológicas del agua asociada a humedales es de gran importancia con el fin de conocer bajo qué condiciones de calidad se encuentra el agua que sea objeto de estudio.

Los indicadores fisicoquímicos resultan ser indicadores bastante eficientes debido a la exactitud de sus resultados, pero este tipo de indicadores poseen la desventaja de que solo sirven para determinar cambios o alteraciones a corto plazo lo cual los hace inadecuados a la hora de querer obtener resultados que evidencien cambios a lo largo de ciertos periodos de tiempo.

Otro tipo de indicadores altamente usados en la determinación de la calidad del agua son los biológicos en especial los macroinvertebrados. Este tipo de indicadores debido a la gran variedad taxonómica que presentan resultan ser muy eficientes gracias a que cada especie presenta características especiales las cuales sirven para determinar ciertos factores de contaminación. A diferencia de los indicadores fisicoquímicos, los indicadores biológicos poseen la ventaja de que arrojan resultados de cambios o alteraciones a largo plazo.

Existen otro tipo de indicadores biológicos que evidencian la calidad de los humedales pero de manera más integral y no solo de un factor; este es el caso de las aves las cuales sirven como indicadores biológicos de la calidad de los humedales, teniendo en cuenta que este tipo de fauna se beneficia de una gran cantidad de factores y servicios que prestan estos ecosistemas.

Los indicadores tienen una gran relevancia en la determinación de la calidad de los humedales ya que estos sirven como punto de partida en la determinación de acciones correctivas o de mitigación que ayuden a mejorar ciertas características de los mismos que se pueden ver afectadas producto de la contaminación presente en estos ecosistemas.

5. CAPÍTULO 3

Básicamente en el capítulo tres se establecen medidas e implementar planes de desarrollo que ayuden a generar procesos de conservación y uso sostenible de los humedales con el fin de preservar sus recursos y mejorar la calidad en los servicios ecosistemicos que estos ecosistemas ofrecen no solo a las poblaciones aledañas a ellos, sino también a las especies de fauna y flora asociados a ellos.

5.1 Establecer Condiciones De Calidad Para La Sostenibilidad De Los Humedales

5.1.2 Sostenibilidad De Los Humedales: El desarrollo de las sociedades y el incrementado consumismo de las mismas han ocasionado que se afecten de manera significativa los recursos naturales debido a la sobreexplotación de dichos recursos (Mantilla, 2006).

Estas afectaciones se han evidenciado principalmente en la pérdida de cobertura vegetal, la disminución y pérdida de una gran variedad de especies de fauna y no solo eso sino también la aceleración en los procesos que tienen que ver con el calentamiento global (Mantilla, 2006).

Este tipo de desastres por llamarlos de algún modo, son producto de una equivocada concepción del desarrollo, básicamente debido a que la creencia de la humanidad es generar y obtener una gran cantidad de bienes materiales, sin tener en cuenta las afectaciones que esto pueda tener en el resto de los seres vivos y sobre todo sin tener en cuenta las afectaciones que este mal entendido concepto de desarrollo pueda tener sobre los diferentes ecosistemas presentes en el planeta (Mantilla, 2006).

Para poder obtener un adecuado desarrollo en las naciones, resulta de gran importancia la implementación de políticas que ayuden a generar una satisfacción sustentable de las necesidades humanas pero que esta a su vez ayuden al mejoramiento de la disponibilidad y condiciones de los recursos naturales con el fin de tener una equidad en cuanto al desarrollo de las poblaciones y

sociedades pero que se contribuya a la conservación del medio ambiente, a estos se denominan ecosistemas integrales (Mantilla, 2006).

Los ecosistemas integrales son los que presentan una gran variedad de beneficios, y el desprendimiento o pérdida de uno de sus componentes afecta de manera significativa las dinámicas del mismo y también afecta los beneficios que de este se derivan (Mantilla, 2006).

“La valoración o determinación de costos ambientales implica el reconocimiento de las condiciones y las características de los recursos que lo integran, porque de ello depende su valor relativo, en relación con los beneficios y efectos sobre el hombre” (Mantilla, página 38, 2006).

Lo que se pretende con la contabilidad ambiental es asignarle un valor monetario a cada uno de los recursos de la naturaleza como elementos de beneficio individual y la relación que estos tengan con el hombre. Esta valoración engloba los ecosistemas como tal y sus beneficios, por lo cual esta valoración debe ser integral (Mantilla, 2006).

A la hora de realizar la valoración de los ecosistemas integrales, es de gran importancia clasificar los contenidos y sus características de manera individual, con el fin de agregarlos como elementos constitutivos del ecosistema (Mantilla, 2006).

A continuación veremos un ejemplo de cómo valorar un ecosistema acuático:

$$VEH = (Var + Vfn + Vfl + Vue)$$

Donde:

VEH: valor del ecosistema hídrico

Var: valor del agua (por reposición)

Vfn: valor de la fauna

Vfl: valor de la flora

Vue: valor de uso, diferente al de la explotación de los recursos o turismo (transporte, deporte, etc.)

(Mantilla, 2006).

En el desarrollo sostenible se ha manejado el concepto de contabilidad ambiental con el fin de tener una herramienta que ayude a realizar una buena evaluación de los procesos con sostenibilidad ambiental, pero resulta importante tener en cuenta que el solo juicio de la contabilidad ambiental no evidencia una condición que permita establecer un juicio sobre la sostenibilidad (Mantilla, 2006).

Para poder evaluar la sostenibilidad ambiental en una nación, es importante tener en cuenta que esta evaluación se debe hacer de forma cronológica (Mantilla, 2006).

Los indicadores ambientales resultan ser herramientas bastante importantes que reflejan condiciones específicas en las transformaciones de los ecosistemas y a su vez muestran las posibles afectaciones que estos cambios podrían tener sobre las sociedades (Mantilla, 2006).

“Los indicadores son signos de evaluación ambiental que se generan del análisis de los procesos que utilizan recursos ambientales para producir resultados. Se realizan mediante una serie de parámetros específicos que, considerados en su conjunto y no de manera aislada, determinan la eficiencia, la economía, la equidad y el impacto ambiental” (Mantilla, páginas 121-122, 2006).

Es indiscutible que uno de los principales problemas en cuanto a la sostenibilidad de los humedales, tiene que ver con la contaminación hídrica que se presenta en los cuerpos de agua asociados a dichos ecosistemas. Debido a motivos sociales, económicos y ambientales, realizar estudios sobre la gestión del agua resultan ser complejos. Es por esta razón que en este artículo se han tenido en cuenta tres aspectos que ayuden a tener una visión un poco más acertada sobre la sostenibilidad y aprovechamiento de los recursos hídricos (López, 2009).

- ¿es necesaria una gestión unificada del agua?
- ¿es sostenible el modelo económico actual?
- ¿Es sustentable el aprovechamiento del agua al margen de la conservación del medio ambiente?

Una de las tendencias predominantes hacia la unidad de gestión del agua, es la que tiene que ver con la parte administrativa y territorial que de cierta manera ofrece ventajas direccionadas con la optimización en la captación, el control de fenómenos extremos, la contaminación del agua y protege los ecosistemas acuáticos. Lo que no se puede hacer con esta unidad es diferenciar los usos del agua atendiendo a las funciones que desempeñan (López, 2009).

Se reconocen tres funciones fundamentales del agua:

- Social
- Ambiental
- Económica

La función social del agua es vital para los humanos, básicamente es el pilar fundamental en la alimentación de los seres humanos y esta debería ser garantizada para las poblaciones, casi al mismo nivel que la salud y la educación (López, 2009).

La función ambiental del agua básicamente tiene que ver con el mantenimiento de los ecosistemas y la regulación de los mismos, sirve como hábitat para una gran variedad de especies de fauna y flora y en si regula varios procesos de los ecosistemas (López, 2009).

La tercera función tiene que ver con la rentabilidad económica que genera el agua, aplicando leyes de mercadeo y modernos instrumentos de economía (López, 2009).

“De lo expuesto puede concluirse que la gestión unificada, administrativa y territorial es sin duda beneficiosa, ello no implica que las aguas con diferentes funciones deban ser gestionadas con un criterio único. Por el contrario funciones tan diversas como la social, la ambiental y la económica deben ser gestionados de forma bien diferenciada”, con el fin de poder tener análisis mucho más representativos y claros sobre las condiciones de dicho recurso (López, página 3, 2009).

Es importante mencionar que la afectación de la infraestructura natural de los ecosistemas es un factor fundamental; la conservación del medio ambiente implica un costo económico que debe

ser asumido por los beneficiarios de dicho recurso, de no ser así el deterioro de la infraestructura del medio ambiente se verá afectado de manera significativa (López, 2009).

Teniendo en cuenta que la demanda por la obtención del agua sigue creciendo, es importante plantear propuestas que permitan aumentar la disponibilidad y la recuperación del medio ambiente con el fin de darle un uso sostenible al recurso como tal y en sí al medio ambiente (López, 2009).

La formación de un modelo económico del agua contempla varios factores, unos cuantificables y otros no, dichos factores deberían estar relacionados con el potencial productivo y de reutilización que se haga del uso del recurso, teniendo en cuenta las cantidades del recurso (retirada, consumida y devuelta). Se debe tener en cuenta que las dinámicas del recurso hacen que se presenten situaciones de vulnerabilidad que implica situaciones de escasez y abundancia (López, 2009).

Teniendo en cuenta lo anteriormente nombrado se puede concluir que el modelo económico actual no es sostenible, esto se debe a que existe una gran demanda del recurso, insostenibilidad del medio ambiente y un deterioro bastante marcado en la infraestructura ambiental que ayuda a que dicho recurso no tenga un funcionamiento adecuado (López, 2009).

El aprovechamiento del agua de cierta manera tiene límites que vienen impuestos por la conservación del medio ambiente de forma que se garantice el buen funcionamiento del ciclo del recurso (López, 2009).

Debido a un acelerado crecimiento demográfico, el uso del agua con beneficios domésticos, industriales y agrícolas se ha expandido rápidamente, todos estos unidos al incremento del nivel de vida, han incrementado la construcción de presas de embalses que afectan de manera significativa los ecosistemas a ritmos sin precedentes. La mala utilización del recurso y la contaminación del mismo generan grandes impactos que tienen que ver con degradación de los cursos de agua, contaminación de lagos y acuíferos y en general de los ecosistemas que desarrollan sus procesos dinámicos en torno a dicho recurso (López, 2009).

La sustentabilidad de la explotación de los recursos hídricos se puede percibir de la siguiente manera:

- Prevenir el deterioro adicional tratando de proteger y mejorar el estado de los ecosistemas acuático
- Promover un uso sostenible de dicho recurso
- Tener como objetivo principal la protección y mejora del medio acuático
- Garantizar la reducción progresiva de la contaminación de los cuerpos de agua
- Contribuir a mitigar los efectos de inundaciones y sequías

(López, 2009)

Debido al incremento de actividades antrópicas específicamente la expansión agrícola, las áreas disponibles para el desarrollo de las dinámicas funcionales de humedales se han visto afectadas en gran medida debido a que muchas de estas áreas o ecosistemas han sido drenados con el fin de tener más tierras disponibles para la producción agrícola (Mioduszewski, 2006).

Sin embargo a pesar de la expansión agrícola que afecta de manera importante los humedales, se han generado políticas que ayudan a clasificar los humedales como áreas protegidas, reservas naturales o parques nacionales. Esto significa que las condiciones fisicoquímicas de dichos ecosistemas deben de estar protegidas y no pueden ser alteradas por las actividades antrópicas y sus recursos naturales no pueden ser extraídos ni sobreexplotados debido a la condición de ecosistemas protegidos (Mioduszewski, 2006).

Tener en cuenta la transformación de la agricultura y la necesidad de proteger los recursos hídricos y el medio ambiente natural, debe ser una gestión en donde las dos partes se vean beneficiadas y no se afecte en gran medida las dinámicas de cada una de ellas. La gestión del agua debe ajustarse al tipo de área y de los requisitos medioambientales. Sin importar la intensidad de la producción agrícola, la cantidad de agua utilizada para este tipo de actividad tomada desde los humedales debe ser limitada con el fin de no realizar un uso inadecuado y una sobreexplotación del recurso en la producción agrícola (Mioduszewski, 2006).

Es necesario crear políticas en las cuales se limite el uso del recurso hídrico ofrecido por los humedales en el beneficio y explotación del recurso con fines del incremento de la producción agrícola. Crear condiciones organizativas, jurídicas y financieras en pro de mejorar el equilibrio entre la explotación de los recursos hídricos ofrecidos por los humedales y el crecimiento agrícola, debe ser fundamental con el fin de proteger los humedales y generar procesos sostenibles (Mioduszewski, 2006).

Debido al uso y abuso del recurso hídrico, la disponibilidad del mismo se reduce cada vez más, y teniendo en cuenta que hablamos de un recurso finito, la escases del mismo tiende a aumentar con el paso del tiempo. Las problemáticas que giran en torno al agua son diversa y día a día se incrementan, de allí que surja la necesidad de modificar la racionalidad de su manejo incorporando verdaderas pautas de desarrollo sostenible en su gestión (Andrade et al., 2007).

“La producción de estudios de diagnóstico y de análisis de las problemáticas vinculadas al agua deben ser coherentes con una perspectiva metodológica de desarrollo sostenible y manejo integrado de cuencas hidrográficas, tal como se promueve desde la unión mundial por la naturaleza (UICN) generando un nuevo paradigma que señale el rumbo que debe tomar la humanidad para garantizar la conservación de los recursos hídricos” (Andrade et al., páginas 2-3, 2007).

El desarrollo sostenible y el manejo integrado se deben complementar y se debe entender que todos los conflictos que giran en torno al agua se deben integrar a su vez con los conceptos que tienen que ver con desarrollo socio-económico con el fin de unificar todos los conceptos y tener una idea acertada de lo que es desarrollo sostenible o sostenibilidad de los recursos (Andrade et al., 2007).

Debido a factores como el mal uso del recurso hídrico, el deterioro cuantitativo y cualitativo, las inundaciones y a los anegamientos que provocan catástrofes; se puede decir que el agua o mejor dicho los problemas vinculados al agua se refieren a esta no solo como recurso sino también como amenaza (Andrade et al., 2007).

Según lo mencionado en la agenda 21 para el desarrollo sostenible, “la investigación necesita llegar a ser más proactiva y centrarse en la prevención e identificación temprana de los problemas emergentes así como en las oportunidades, más que en su actual enfoque en el que los problemas se afrontan una vez que se han agudizado” (Andrade et al., página 3, 2007).

Para poder plantear alternativas de solución a los diferentes problemas ambientales, se debe realizar una comprensión de la estructura dinámica de la sociedad y del medio natural como una forma de actuar para cambiar así el rumbo de los procesos que vinculan la parte social, ambiental y económica (Andrade et al., 2007).

Se dice que uno de los ecosistemas más frágiles y que se ven afectados de manera más significativa por los factores ambientales y antrópicos, son los humedales; para la Convención Ramsar, los humedales son extensiones de marismas, pantanos, turberas o corrientes, dulces, salobres o saladas. Estos ecosistemas se caracterizan por prestar servicios ecosistémicos bastante importantes y relevantes que benefician en gran magnitud las poblaciones cercanas a los mismos y ayudan a la preservación de la fauna y flora presente en el mismo (Andrade et al., 2007).

Muchos de estos ecosistemas estratégicos han sido altamente valorados por la sociedad, alterados y puestos en riesgo; estos ecosistemas son de gran importancia para los procesos ecológicos e hidrológicos y también hacen que la puesta en valor del agua dispuesta por los mismos sea cada vez más grande, esto ha sido fundamental para el desarrollo de la vida humana pero al mismo tiempo al presentar una gran cantidad de factores que afectan sus dinámicas hacen que estos sean altamente vulnerables (Andrade et al., 2007).

En los humedales, el agua es el elemento integrador, articulando una interdependencia biofísica y económica-social; es de gran importancia especificar cuáles son las condiciones hidrogeográficas de los humedales, características físicas, formas de ocupación y racionalidades en el uso del recurso. Desarrollar esta metodología permite identificar de manera detallada los conflictos territorialmente e identificar cuáles son los componentes que se ven afectados de manera más significativa y cuáles son los factores ambientales y antrópicos que afectan el ecosistema, en especial el cuerpo de agua, y de esta manera poder plantear alternativas de solución que permitan

mitigar los impactos generados al mismo y poder conservar de mejor manera el humedal, ligándonos a la idea de desarrollo sostenible (Andrade et al., 2007).

Debido al mal uso del recurso y al manejo no planificado, se generan riesgos ambientales ligados a la contaminación, inundaciones debido a la deforestación y pérdida del suelo, disminución en la cantidad de recurso disponible etc. Dichos problemas alteran significativamente los procesos de desarrollo sostenible ligados a estos ecosistemas (Andrade et al., 2007).

“El riesgo hace referencia a la probabilidad de que una población (personas, estructuras físicas, sistemas productivos, etc.) o segmento de la misma, le ocurra algo nocivo o dañino. El riesgo es consecuencia de una condición latente o potencial, y su grado depende de la intensidad de la amenaza y de los niveles de vulnerabilidad existentes” (Andrade et al., página 8, 2007).

Para poder analizar de manera adecuada la importancia de los recursos naturales, es importante reconocer las características del ciclo hidrológico y su interacción con los ecosistemas. Partiendo de la idea de que el agua es el recurso fundamental, no puede analizarse los ecosistemas por separado sin relacionarlos directamente con el ciclo del agua (Sánchez, 2011).

Los recursos naturales deben ser vistos como recursos dinámicos, teniendo en cuenta que su condición es vital para la sobrevivencia y conservación del ambiente. Teniendo en cuenta lo anterior, las técnicas de planeación multiobjetivo para la toma de decisiones analizan los diferentes componentes del entorno productivo considerando agua, suelo, flora, clima y las acciones antrópicas. De esta manera queda claro que las acciones que ocurran en las partes altas de las cuencas impactan directamente las partes bajas, que es donde gran parte de las poblaciones beneficiarias de las mismas habitan (Sánchez, 2011).

A grandes rasgos podemos decir que el manejo integrado de las cuencas (teniendo en cuenta los diferentes actores y componentes que la integran y que hacen parte de sus dinámicas) es una aproximación para la obtención de resultados con el fin de que se tenga un ecosistema ambientalmente sostenible. Es importante considerar que para poder tener un análisis completo e íntegro sobre las condiciones de los ecosistemas, se debe involucrar una serie de profesionales

que brinden una mirada integra de los mismos con el fin de determinar sus condiciones y las posibles soluciones a tener en cuenta (Sánchez, 2011).

“El problema de conciliar intereses en el manejo de recursos naturales es complejo, ya que los usuarios de los recursos naturales manifiestan múltiples objetivos, con el consecuente impacto en el corto plazo. Este conflicto de intereses, el mercado del agua y otras situaciones características de los diferentes lugares, indican que la aproximación debe ser de carácter multi objetivo y con la participación de los usuarios en el proceso de planeación. La teoría de decisión multiobjetivo viene a solventar parcialmente la situación, al considerar todos los intereses, opciones e impactos de posibles acciones” (Sánchez, página 9, 2011).

La toma de decisiones cuando se quiere plantear un objetivo con el fin de darle solución a una problemática, se debe realizar integrando los componentes en uno o más objetivos de beneficio común, en donde haya una integración de la parte social, económica y ambiental. Lo que busca este proceso es integrar varios puntos de vista teniendo en cuenta las experiencias vividas por los participantes, las cuales pueden tener magnitudes diferentes estableciendo así una adecuada plataforma, para la toma de decisiones consensuadas. Cuando se llega a un acuerdo y los objetivos se encuentran bien planteados se puede iniciar con el desarrollo del proyecto que se tenga planteado (Sánchez, 2011).

Una de las principales herramientas a la hora de priorizar las prácticas de manejo en la conservación de los recursos naturales, son los sistemas de auxilio en la toma de decisiones, también llamados sistemas multi objetivos. Básicamente estos sistemas de auxilio se dividen en dos categorías:

- apreciación cualitativa
- sistemas basados en datos computacionales que combinan bases de datos

(Sánchez, 2011).

“Estos últimos sistemas tienen la capacidad de trabajar con información proveniente de modelos de simulación, datos medidos y opinión de expertos. Así, los modelos de simulación que se

utilicen para para metrizar variables de decisión, deberán tener la capacidad de cuantificar las variables de interés” (Sánchez, página 11, 2011).

Para poder evaluar los diferentes criterios, se debe tener en cuenta el análisis realizado por diferentes especialistas en las diferentes áreas que involucran el desarrollo sustentable. Lo que se debe realizar es un análisis desde los diferentes puntos de vista de los especialistas involucrados y teniendo en cuenta los criterios especificados. Las alternativas pueden variar en función de la problemática local de interés (Sánchez, 2011).

“La gestión de los humedales altoandinos se enmarca en la *Estrategia Regional de Conservación y Uso Sostenible de los Humedales Altoandinos* (2005-2015), que fue aceptada por la Convención de Ramsar. La Estrategia propone una gestión participativa donde se involucren todas las organizaciones involucradas y actores clave relacionados a cada humedal” (Calderón, página 3, 2010).

Una de las herramientas importantes en pro de la conservación de los humedales, tiene que ver con los manuales de uso racional y conservación propuestos por la Convención Ramsar, este tipo de herramientas han resultado fundamentales en pro de la conservación y preservación de estos ecosistemas (Ramsar, 2010).

El objetivo principal de los manuales Ramsar es organizar el material de orientación a partir de las decisiones pertinentes. De este modo se ayuda a que los profesionales implicados apliquen de forma idónea las prácticas que finalmente buscan darle un buen uso a los humedales y velar por su conservación (Ramsar, 2010).

Las orientaciones han sido adoptadas por diferentes estados, estos abordan temáticas diferentes al medio ambiente y al agua, pero que de cierta manera influyen significativamente en el beneficio del uso racional de los humedales (Ramsar, 2010).

Básicamente el principal objetivo de la convención Ramsar es el uso racional de los humedales garantizando que todas las partes involucradas desarrollen, adopten y utilicen las medidas y los

instrumentos necesarios y adecuados con el fin de darle un uso adecuado a dichos ecosistemas (Ramsar, 2010).

Las estrategias utilizadas para lograr lo anterior, elaboradas en el plan corresponden a:

- Inventario y evaluación de los humedales
- Información mundial sobre humedales
- Política, legislación e instituciones
- Reconocimiento intersectorial de los servicios de los humedales
- Reconocimiento del papel de la Convención
- Manejo de los humedales sobre una base científica
- Manejo integrado de los recursos hídricos
- Restauración de los humedales
- Especies invasoras exóticas
- Sector privado
- Incentivos

(Ramsar, 2010).

“El Marco Conceptual desarrollado por la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM) para el mantenimiento de los servicios de los ecosistemas en favor del bienestar humano y la reducción de la pobreza, ofrece un enfoque con múltiples escalas que indica cómo y cuándo se pueden realizar intervenciones y tomar decisiones en cuanto a políticas y manejo. Dentro del marco de la EM, el “uso racional” equivale al mantenimiento de los beneficios/servicios de los ecosistemas a fin de asegurar el mantenimiento a largo plazo de la biodiversidad, así como el bienestar humano y la mitigación de la pobreza” (Ramsar, página 14, 2010).

Gran cantidad de humedales se caracterizan por capturar y almacenar carbono, este tipo de humedales se consideran vulnerables a los impactos de cambio climático y al mismo tiempo las afectaciones por actividades antrópicas en dichos ecosistemas pueden causar enormes emisiones de carbono (Ramsar, 2010).

Gracias a las características que estos presentan son vitales para afrontar el cambio climático. Debido a la degradación de los humedales agudiza los efectos del cambio climático haciendo que las poblaciones sean más vulnerables a sus impactos, como las sequías, inundaciones y la hambruna (Ramsar, 2010).

El cambio climático aumenta el riesgo en relación con la gestión del agua y hace que cada vez sea más difícil tener un balance entre la demanda y el suministro de agua. Las alteraciones en la distribución y disposición del recurso hídrico tienden a aumentar con el paso del tiempo y la intensificación de los factores climáticos que afectan dichos ecosistemas. La restauración de los humedales y el mantenimiento de los ciclos hidrológicos son factores fundamentales con el fin de afrontar el cambio climático (Ramsar, 2010).

Los humedales que presentan unas dinámicas funcionales correctamente balanceadas desempeñan un papel fundamental para mitigar los efectos del cambio climático y también regulan los procesos climáticos naturales (mediante el ciclo del agua, el mantenimiento de la biodiversidad, la reducción de gases de efecto invernadero y la amortiguación de los impactos). La conservación y uso racional de los humedales contribuye a reducir los efectos negativos en la economía, la sociedad y a disminuir también problemas ecológicos (Ramsar, 2010).

Otras orientaciones adicionales sobre el uso sostenible de los humedales, hacen referencia a la investigación y formación. La investigación se refiere a los trabajos o búsquedas que amplíen de cierta manera los conceptos básicos en relación a un tema determinado. Las áreas en las cuales se requiere un mayor énfasis son la identificación y cuantificación de los valores de los humedales, la sustentabilidad en cuanto al uso de los mismos y el funcionamiento y modificación del paisaje (Ramsar, 2010).

Entre las labores prioritarias de investigación cabe incluir:

- La implementación de una terminología comprensible en todo el mundo
- El desarrollo e implementación de los medios necesarios para una mayor aplicación de las actividades de manejo del enfoque basado en el conjunto del ecosistema o de la cuenca en general

- La creación e implementación de técnicas que permitan realizar un monitoreo del cambio ecológico y de esta manera poder prever la evolución de las características del humedal ante las presiones de su utilización actual
- Mejorar los conocimientos sobre el valor, funciones y servicios ecosistémicos del humedal, en especial los valores socioeconómicos, con el fin de conocer de mejor manera las técnicas de manejo de las poblaciones locales y sus necesidades
- Mejorar los conocimientos en cuanto a la clasificación taxonómica en los humedales
- El desarrollo de metodologías para evaluar las actividades sustentables
- El suministro de datos con los que puedan desarrollarse tecnologías o actividades de uso racional
- El desarrollo de técnicas para la rehabilitación de los humedales.

(Ramsar, 2010).

En cuanto a la formación Primero se deberá prestar atención a cuatro aspectos de la misma:

- La definición de las necesidades de formación
- Las distintas necesidades en función de los países, regiones y sitios
- El público al cual se quiere hacer llegar la información
- La temática a ser abordada

(Ramsar, 2010).

Para los profesionales que estudian de manera más a fondo las características y problemas asociados a los humedales, es de gran importancia tener en cuenta tres aspectos:

- Cursos de manejo integrado
- Cursos sobre técnicas de manejo de los humedales
- Cursos para capacitar personal de campo

(Ramsar, 2010).

Es importante que todas las actividades de formación y transferencia de los conocimientos formen parte integral en los proyectos que tengan que ver con uso racional de los humedales. Es importante que dichas actividades aceleren los proyectos con el fin de darle un mejor uso a dichos ecosistemas y de cierta manera tener una sustentabilidad de los mismos (Ramsar, 2010).

Para el desarrollo de las actividades mencionadas anteriormente existen metodologías y estrategias mediante las cuales se busca preservar y darle un mejor uso a este tipo de ecosistemas. La estrategia regional de conservación y uso sostenible de los humedales altoandinos fue formulada en el marco de la convención Ramsar teniendo en cuenta la participación de los países que poseen humedales altoandinos (Ramsar COP9 DOC. 26, 2005).

La estrategia planteada por la convención Ramsar tiene una proyección de 10 años (2005-2015), y tiene como propósito la conservación de los humedales y los demás ecosistemas asociados a estos como: -jalca y puna, lagos, lagunas, pastos húmedos, bofedales, mallines, vegas de altura, salares y turberas, ríos, arroyos y una serie de ecosistemas definidos dentro de la clasificación de la convención Ramsar (Ramsar COP9 DOC. 26, 2005).

Básicamente los humedales altoandinos comprenden todos aquellos ecosistemas que forman parte de los páramos, jalca y puna. Para la convención Ramsar los humedales no son cuerpos de agua aislados, por el contrario son tratados como un sistema en el cual se incluye su micro cuenca de captación. La estrategia planteada también pretende generar una relación entre la parte ecológica, social, cultural y económica (Ramsar COP9 DOC. 26, 2005).

Los humedales altoandinos juegan un papel bastante importante en el desarrollo de las cuencas andinas. Estos ecosistemas se caracterizan por ofrecen altos beneficios en cuanto a regulación climática, sirven como almacenes de aguas y purificadores de la misma, y en materia de diversidad biológica sirven como hábitat para una gran cantidad de especies endémicas y migratorias. De igual forma este tipo de ecosistemas han sido considerados por la convención Ramsar como ecosistemas frágiles, esto se debe a su fragilidad a la hora de enfrentar cambios naturales y también debido a que se ven afectados drásticamente por acciones antrópicas (Ramsar COP9 DOC. 26, 2005).

La misión que se plantea en esta estrategia es usar racionalmente los ecosistemas asociados a humedales altoandinos y demás formaciones altoandinas con el fin de fortalecer los procesos que permitan cuidar de la biodiversidad y asegurar que se presten los servicios ambientales que los

mismos brindan a las comunidades cercanas y a la población en general (Ramsar COP9 DOC. 26, 2005).

“Para su desarrollo y ejecución, esta estrategia está dirigida a las comunidades locales, rurales y urbanas beneficiadas, a los entes gubernamentales locales y nacionales, a las organizaciones no gubernamentales, sector productivo e instituciones académicas y de investigación relacionadas con la investigación relacionada con uso racional y sostenible de humedales altoandinos” (Ramsar COP9 DOC. 26, página 18, 2005).

En el desarrollo de esta estrategia se tendrán en cuenta los principios establecidos en el marco de la Convención Ramsar, el convenio de diversidad biológica y demás convenios. Los principios establecidos deben contener una visión a largo plazo que pretendan conservar las funciones, valores y servicios que prestan los humedales (Ramsar COP9 DOC. 26, 2005).

Los principios que se quieren tener en cuenta en el marco de la estrategia son:

- Enfoque ecosistémico
- Sostenibilidad
- Participación
- Respeto y reconocimiento de la diversidad cultural
- Igualdad
- Precautorio

(Ramsar COP9 DOC. 26, 2005).

Los humedales son zonas que se caracterizan por tener tierras bastante planas y que por lo general se inundan de manera permanente o intermitente. Los humedales desempeñan un papel importante en la hidrología de las cuencas hidrográficas ya que sirven como ecosistemas de captación de agua, escurrimiento de las aguas superficiales, recarga de aguas subterráneas, procesos de descarga (abastecimiento) y evapotranspiración (Nilsson, 2010).

La caracterización hidrológica de los humedales requiere el uso de registros de datos a largo plazo para describir la interacción de diferentes superficies y las influencias de las aguas subterráneas. El monitoreo de las fluctuaciones de agua combinados con los niveles freáticos y las fluctuaciones en los alrededores de los humedales es fundamental en la evaluación de las interacciones entre las aguas superficiales y subterráneas (Nilsson, 2010).

La cuantificación de la relación entre el ecosistema y el volumen de almacenamiento de agua para los humedales es de gran importancia en procesamiento de modelos hidrológicos precisos que puedan determinar y cuantificar la cantidad de recurso hídrico presente en dichos ecosistemas. Los modelos de simulación hidrológicos requieren especificaciones de la conducta de los humedales en cuanto a las etapas de almacenamiento de los mismos. El área de profundidad de los humedales y el volumen de profundidad se determinan por medio de mapas batimétricos o modelos geométricos simples por lo general especificados para cada depresión topográfica (Nilsson, 2010).

Los métodos analíticos que se utilizan en estudios hidrológicos para la predicción en cuanto al almacenamiento de los humedales y sus comportamientos hídricos han sido utilizados durante muchos años y de esta manera se han podido calcular las disposiciones hídricas de los humedales a futuro (Nilsson, 2010).

Mientras que muchas iniciativas de conservación de la biodiversidad dirigidas han tenido éxito en la conservación de especies y hábitats, la alta tasa de mundial en cuanto al declive de especies y la pérdida de las mismas demuestra que la conservación de la biodiversidad menudo se dirige a otros intereses (Fisher et al., 2011).

La importancia de generar políticas y actividades que ayuden a recuperar y conservar los humedales se ha ido acrecentando debido a la importancia que representan los servicios ambientales en el desarrollo de la vida del ser humano. La protección de los hábitats naturales genera una red de ganancia económica en lo que tiene que ver con el pago por servicios ambientales pero teniendo en cuenta que el valor económico generado por la prestación de

dichos servicios se utiliza en gran medida para generar actividades y procesos de restauración, recuperación y protección de los ecosistemas (Fisher et al., 2011).

La conservación de especies dirigidas con una agenda más amplia de servicios de los ecosistemas requiere una sistemática comprensión de las actividades de gestión y sus implicaciones para los ecosistemas relevantes en cuanto a los servicios que estos prestan. Este entendimiento ayuda a identificar las sinergias y compensaciones entre las especies conservación y la prestación de servicios de los ecosistemas (Fisher et al., 2011).

Si bien se sabe, los humedales prestan una alta gama de servicios ambientales a los humanos, se sabe poco sobre las consecuencias de las especies de los humedales dirigidas la gestión de la prestación de servicios de los ecosistemas en general (Fisher et al., 2011).

La creación de áreas de reserva ha evidenciado que las condiciones de los ecosistemas presentes en estas áreas han mejorado considerablemente en lo que tiene que ver con la calidad de los servicios ecosistémicos que estos ofrecen y el mejoramiento en la calidad de los recursos ambientales. También se puede ver el incremento de la fauna y la flora presente en los humedales y el incremento en cuanto a la población de aves acuáticas siendo estas un gran indicador del mejoramiento de las características fisicoquímicas de los humedales que se han convertido en áreas protegidas (Fisher et al., 2011).

5.1.3 Pago Por Servicios Ambientales: Los servicios ambientales hacen referencia a ciertas funciones o condiciones y procesos que desempeñan los ecosistemas naturales y las especies que los componen, los cuales mantienen y satisfacen algunas necesidades para la vida del ser humano (Moreno, sf).

La evaluación ecosistémica del milenio (MEA, 2005) clasificó los servicios ambientales en cuatro tipos: de soporte, de provisión, de regulación y culturales (Moreno, sf).

Los servicios de apoyo son los que mantienen los diferentes procesos de un ecosistema y permiten proveer el resto de los servicios ambientales. Entre los servicios de apoyo se

encuentran: mantenimiento de la biodiversidad, el ciclo hidrológico, el ciclo de nutrientes, la formación del suelo, producción primaria, polinización y control biológico de plagas (Moreno, sf).

Los servicios de aprovisionamiento, suministro o provisión, hacen referencia a los recursos tangibles, es decir productos obtenidos del ecosistema los cuales pueden contabilizarse y consumir independientemente de que sean renovables o no. Entre ellos podemos encontrar el agua, alimento para consumo humano, combustibles, medicinas y las fibras (Moreno, sf).

Los servicios de regulación, son los que mantienen los procesos y funciones naturales del ecosistema como lo son: la regulación del clima, regulación hidrológica, control de erosiones entre otros (Moreno, sf).

Los servicios culturales, tanto tangibles como intangibles, son los beneficios no materiales que se obtienen de los ecosistemas, son el resultado de las percepciones del hombre y están en función de las diferentes culturas y sus valores. Entre ellos se encuentran: aspectos espirituales y religiosos, capacidad de recreación proporcionada por la naturaleza, fuente de inspiración, educación e investigación científica (Moreno, sf).

Los humedales proporcionan servicios ambientales en las cuatro categorías mencionadas con anterioridad, y se definen de la siguiente manera:

En cuanto a la provisión de agua, los humedales son considerados almacenes hídricos que se encargan de captar y regular el abastecimiento de dicho recurso hacia las zonas pobladas que se beneficia del mismo. También sirven como mecanismos de regulación en cuanto a la protección contra inundaciones y contra la erosión de los suelos debido a que son ecosistemas que actúan como una esponja haciendo que se controle el flujo de agua disminuyendo su velocidad y evitando la erosión. En cuanto al mantenimiento de la calidad del agua, los humedales sirven como ecosistemas depuradores, controlando la contaminación del recurso hídrico mediante la acción de microorganismos y plantas acuáticas depuradoras, lo cual hace que el agua que

provisionan los humedales se encuentren libres de una gran cantidad de material contaminante (Moreno, sf).

Entre otros servicios ecosistemicos que ofrecen los humedales podemos encontrar:

- Reducción de la erosión
- Fertilización y aporte de sedimentos
- Protección de la diversidad y de la información genética
- Captura de carbono
- Recreación
- Hábitat para especies de fauna y flora

(Moreno, sf).

Debido a las diferentes interacciones físicas, biológicas y químicas, los diferentes ecosistemas prestan servicios de gran importancia que contribuyen al desarrollo y beneficio de una gran variedad de actores que desarrollan sus actividades en torno a dichos ecosistemas. Existen una gran variedad de definiciones para servicios ecosistemicos, muchos autores lo definen como los componentes de la naturaleza que se pueden utilizar para el bienestar de los seres humanos. Pero también resulta importante tener en cuenta que los servicios ambientales también se refieren a los servicios indirectos que prestan y que en gran medida benefician a los seres humanos como la captura de CO₂ entre otros (Figuroa et al., 2009).

En la actualidad la sociedad depende fundamentalmente de los servicios que prestan los ecosistemas y de la gran variedad de componentes que estos ofrecen debido a la gran variedad de ecosistemas presentes en el planeta. Debido al acelerado desarrollo de las sociedades y al incremento del consumismo, en los últimos 50 años la gran mayoría de los ecosistemas presentes en la tierra se han visto bastante afectados. En gran medida esta afectación se debe a la creciente demanda de agua dulce, alimentos, madera, fibra y combustibles. Las alteraciones de los ecosistemas van desde el aumento de los sedimentos en los ríos, pérdida de especies y en general pérdida de hábitat (Figuroa et al., 2009).

Los servicios ecosistemicos proporcionados por los ecosistemas se clasifican en:

Servicios de provisión:

Se refiere a los productos que ofrece el ecosistema y que son tangibles y que en su mayoría presentan un mercado estructurado (Figuerola et al., 2009).

Servicios de regulación:

Se refiere a los servicios que presta el ecosistema en materia de regulación del sistema natural, por ejemplo regulación hídrica, captación de CO₂, regulación climática entre otros (Figuerola et al.; 2009).

Servicios culturales:

Se refiere a los servicios ecosistémicos que no son materiales y que ofrecen un beneficio en lo que tiene que ver con enriquecimiento espiritual (Figuerola et al., 2009).

“De acuerdo a la ciencia económica, dado el ineludible contexto de escasez de recursos en que viven, los individuos valoran los distintos bienes y servicios, ecosistémicos o de otro tipo, de acuerdo al bienestar relativo que estos les proveen al satisfacer sus necesidades, las que, pueden ser de tipo ‘básico, como la alimentación, el abrigo o la vivienda, o ‘más prescindibles’ como la realización espiritual o estética, y la recreación, ente otros” (Figuerola et al., página 17, 2009).

Debido a la gran variedad de servicios ecosistémicos que ofrecen los humedales es importante caracterizarlos como áreas protegidas. Básicamente las áreas protegidas AP se caracterizan por contribuir de manera significativa a la preservación y conservación de un área determinada, de esta manera estos ecosistemas pueden contribuir de mejor manera a prestar los servicios ecosistémicos característicos del mismo (Figuerola et al., 2009).

Cronológicamente las áreas protegidas datan desde hace 140 años. Desde la creación del parque Yellowstone en Estados Unidos en 1872, se ha creado una conciencia mundial sobre la importancia de conservar los espacios naturales protegidos (Figuerola et al., 2009).

“En Latinoamérica y el Caribe, así como en el mundo, ha aumentado la superficie protegida por las AP. Sudamérica, por ejemplo, posee más de 4.000 AP con una superficie de más 4 millones de Km², lo que representa el 20% del total de unidades del mundo (UICN, 2007). Asimismo, Centroamérica y el Caribe incrementaron el número de AP de 261 a 709 unidades entre 1992 y 2003” (Figuerola et al., página 20, 2009).

Otro aspecto importante en cuanto a la sostenibilidad de los ecosistemas estratégicos, en este caso para los humedales naturales, es el que tiene que ver con el pago por servicios ambientales. Los pagos por servicios ambientales, hacen referencia a incentivos económicos que ayuden de cierta manera a la conservación de los diferentes ecosistemas que de alguna manera proveen un servicio a una sociedad o a una persona determinada (Figuerola et al., 2009).

Aunque existe una gran variedad de definiciones para el pago por servicios ambientales o ecosistémicos, se mantiene el principio básico de que los proveedores de servicios ambientales deben ser retribuidos o compensados por el costo que debe tener dicho servicio (Figuerola et al., 2009).

La implementación de los pagos por servicios ambientales, contempla todos los servicios ambientales de tipo “externalidades positivas”, esto quiere decir que se radica en la creación de incentivos para las buenas prácticas teniendo en cuenta la demanda por cambios en los usos de los recursos naturales (Figuerola et al., 2009).

Los mercados incompletos, las externalidades, los bienes de libre acceso y los bienes públicos constituyen ciertas fallas en los mercados ambientales en donde se encuentran muchos bienes y servicios ecosistémicos, que por carecer de un mercado completo, carecen de precio, aunque no de valor, permitiendo de alguna manera que los agentes económicos tomen decisiones que no tengan en cuenta los costos o beneficios ambientales que le imponen a terceros (González et al., 2007).

Con el fin de dar solución a las fallas del mercado y de cierta manera contribuir a la conservación y uso racional de los recursos naturales, surge el pago por servicios ambientales, el cual se basa

en los mecanismos de mercado donde las personas que se benefician de los servicios ambientales compensan económicamente a los proveedores de dichos servicios, con el fin de mantener o modificar ciertas condiciones en cuanto a la utilización de los mismos (González et al., 2007).

Los servicios ambientales hídricos son definidos como aquellas funciones que algunos usos de la tierra y prácticas de conservación de suelos y aguas desempeñan para mantener la calidad y cantidad de agua dentro de los parámetros requeridos por los usuarios de un sitio en particular. El mercado para el pago por servicios ambientales hídricos tiende a ser de corto plazo. En ciertos casos se trata de usuarios específicos pagan a proveedores específicos por servicios relacionados con el agua a través de la conservación o recuperación de la cobertura vegetal (González et al., 2007).

En cuanto a la conservación de la biodiversidad, la gran cantidad y variedad de los mismos genera un gran volumen de demanda que aumenta la dificultad en cuanto a la creación de un esquema de pagos y fijación de valores para los servicios de la biodiversidad. Es por esta razón que los valores en cuanto a la prestación de servicios de conservación de la biodiversidad no se venden de manera directa sino de forma indirecta, tales como la asignación de valores a usos del suelo específicos que se considera protegen a las especies, los ecosistemas y la diversidad genética (González et al., 2007).

La generación de gases de efecto invernadero ha creado una necesidad de crear sistemas de pago por captura de carbono en los cuales se pueda cuantificar el valor de dicho servicio por parte de los recursos forestales. “El mercado para la fijación de carbono y los servicios de mitigación de emisión de gases de efecto invernadero es global, con demandas impulsadas por el Protocolo de Kyoto, políticas nacionales de reducción de emisiones y oportunidades para compras individuales de compensación. Este mercado se está desarrollando rápidamente y se están negociando transacciones multimillonarias en dólares para la provisión del secuestro de carbono o Certificados de Reducción de Emisiones” (González et al., página 8, 2007).

Básicamente uno de los objetivos principales de los pagos por servicios ambientales es generar condiciones de mejoramiento para los ecosistemas prestadores de dichos servicios. Lo que

pretenden estos sistemas es cuantificar de manera objetiva los servicios que prestan los diferentes ecosistemas y que benefician directamente a las poblaciones que disponen de los mismos (González et al., 2007).

“Los ecosistemas y sus servicios resultan ser un tema donde la investigación sigue creciendo no solo en términos conceptuales sino metodológicos y también en busca de una clasificación más específica, tan solo de 2005 a 2011 las publicaciones sobre SE han aumentado en 500% (Milcu, 2013). Actualmente existen diversas investigaciones y estudios de caso sin embargo, la característica de este tema es que un ecosistema es dinámico en tiempo y espacio por lo que los hallazgos en algún lugar de América Latina serán totalmente diferentes a los encontrados en Europa, incluso a nivel local los ecosistemas son diferentes. Dentro de los elementos de consenso entre las investigaciones revisadas, son el crecimiento poblacional vinculado a una alta demanda de bienes y servicios (expansión económica) que afecta negativamente a los ecosistemas y sus servicios”. (Cortés et al., página6, 2015)

Otro de los puntos relevantes, es el reconocimiento y la valoración económica del capital natural como proveedor de insumos para producir bienes y servicios como un factor que se degrada debido a la producción económica y a la sobreexplotación por parte del ser humano con el fin de satisfacer necesidades y mejorar sus condiciones en cuanto a la calidad de vida. (Cortés et al., 2015)

5.1.4 Discusión: Debido a la mala utilización de los recursos naturales y a la creciente demanda de los mismos con el fin de satisfacer necesidades de las poblaciones los ecosistemas se han visto gravemente afectados, en especial los humedales teniendo en cuenta que estos son ecosistemas frágiles, y, que la mala utilización y sobreexplotación de los recursos que estos ecosistemas albergan incrementan los impactos negativos causados en los mismos.

La implementación de estrategias que ayuden a la conservación y uso racional de los humedales es una manera de contribuir al mejoramiento ambiental de estos. Pero para poder que estas estrategias den buen resultado es indispensable que se integren: los sectores industriales y de producción agraria, población en la zona de influencia de los humedales, autoridades y

organismos ambientales, que trabajen unidos en pro de mejorar las condiciones de calidad de los ecosistemas de humedal.

El pago por servicios ambientales es otra forma de contribuir al mejoramiento de los humedales. Esta estrategia consiste en generar incentivos económicos por los diferentes servicios ecosistémicos ofrecidos a una comunidad o persona, estos incentivos son dispuestos a generar acciones o estrategias que ayuden a conservar los humedales. Para poder que la estrategia de pagos por servicios ambientales sea eficiente, se deben cuantificar y darle un valor económico a los diferentes servicios prestados por los humedales. Los proveedores de servicios ambientales deben ser retribuidos o compensados por el costo que deben tener dichos servicio.

Mientras las sociedades asimilen la importancia ambiental de los humedales y mientras estén dispuestos a realizar actividades que ayuden a la conservación de los mismos, se podrá tener un equilibrio entre lo ecológico, económico y social con el fin de tener una sostenibilidad que ayude a que los ecosistemas frágiles como los humedales para que tengan una mejor calidad ambiental y a su vez puedan prestar buenos servicios ecosistémicos que ayuden a subsanar de cierta manera las necesidades de abastecimiento de los recursos naturales por parte del hombre.

Conclusiones

Teniendo en cuenta la bibliografía consultada y los análisis realizados en las mismas, se puede determinar que los humedales en gran medida han sido afectados considerablemente por diferentes factores que afectan sus dinámicas funcionales; es por esta razón, que se puede concluir que estos ecosistemas presentan un deterioro bastante evidente.

Según lo expuesto en el trabajo, los indicadores biológicos resultan ser los más eficientes a la hora de analizar la calidad y características tanto físicas como químicas presentes en los humedales. Debido a la gran variedad de especies y a las características propias de cada una de ellas, se pueden analizar una gran variedad de factores contaminantes que impactan de manera significativa las condiciones de calidad de estos ecosistemas.

Al igual que los indicadores biológicos, los indicadores fisicoquímicos son de gran utilidad para el análisis de la calidad en especial de los cuerpos de aguas asociados a los humedales. A pesar de que son indicadores eficientes presentan una debilidad en cuanto a que son indicadores a corto plazo y por esta razón no se pueden evidenciar impactos a largo plazo a diferencia de los bioindicadores los cuales si permiten observar cambios en varios periodos de tiempo.

Las diferentes actividades antrópicas han sido determinantes en cuanto a la contaminación presente en los humedales. Los contaminantes industriales, actividad ganadera y agrícola, crecimiento urbanístico, turismo entre otras, han sido de gran influencia en el deterioro de los humedales, y teniendo en cuenta que estos ecosistemas son considerados frágiles debido a que pueden presentar cambios radicales en sus características físicas y químicas, este tipo de contaminación generada por el hombre hace que la vulnerabilidad de los humedales se acrecenté con el paso del tiempo.

Otro de los factores importantes que afectan las dinámicas funcionales de los humedales, son los factores climáticos. Dependiendo de la vulnerabilidad y capacidad de resiliencia de estos

ecosistemas, dependerá su desarrollo normal en cuanto a la vida presente en ellos y en cuanto a la capacidad de ofrecer diferentes servicios ecosistémicos.

Las condiciones de los cuerpos de agua en los humedales no son las más óptimas y en varios casos podemos ver como estos pierden una gran cantidad de cualidades que los hacen ser ecosistemas con un alto índice de servicios ecosistémicos.

El Esquema de Pago por Servicios Ambientales adoptado en humedales, es un método importante en cuanto a la generación de recursos económicos mediante los cuales se pueda invertir en acciones que estén encaminadas a la protección y restauración de dichos ecosistemas, teniendo en cuenta que brindan una gran cantidad de servicios ecosistémicos que benefician en gran medida a las poblaciones de influencia de los humedales.

En conclusión se puede decir que este trabajo arroja grandes resultados en cuanto a la calidad ambiental de los humedales, lo cual es un punto de partida para generar políticas y actividades que sean más estrictas en pro de mejorar las condiciones de calidad de dichos ecosistemas, recordando la importancia de los mismos debido a la gran variedad de servicios ecosistémicos que estos ofrecen no solo a la fauna y flora que habitan en ellos sino también a una gran variedad de aves migratorias y más importante aún los servicios que prestan a las sociedades que habitan en cercanías a ellos.

Referencias Bibliográficas

- ANDRADE, M., & Gratti, P. (2 de noviembre de 2007). *Humedales y desarrollo sostenible: reconsideración de la interpretación ambiental en el estudio de los humedales*. Recuperado el 27 de abril de 2015, de http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.734/ev.734.pdf
- ÁVILA DE NAVIA, S. L., TORRES, E., M, S., MEJÍA GRAJALES, Á. M., & MORA VELÁSQUEZ, I. V. (s.f.). [bdigital.unal.edu.co](http://www.bdigital.unal.edu.co). Recuperado el 15 de mayo de 2015, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/37452/1/39270-174702-1-PB.pdf>
- BORREGO BURILLO, I. (1997). La calidad de las aguas en los humedales: los indicadores biológicos. *sehumed*, 2. Recuperado el 04 de marzo de 2015, de http://sehumed.uv.es/revista/SEHUMED_01_P0301.PDF
- CASTRO HERNÁNDEZ, F. L., CRUZ RINCÓN, I., & MORENO CELY, L. A. (2005). Evaluación de la calidad del agua y diagnóstico ambiental del humedal Jaboque. *revista udistrital*, Vol. 2(numero 1). Recuperado el 06 de mayo de 2015, de <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/tecges/issue/view/429>
- CELESTINO, O. H. (2014). Inventario de la biodiversidad de aves como indicador de la calidad ambiental del "humedal laguna el ocanal" distrito de villa rica. Recuperado el 23 de marzo de 2015, de http://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/INVENTARIO%20DE%20AVES%20DEL%20oconal%20-%20INFORME%20FINAL.pdf
- CERÓN RINCÓN, L., E., & L.M, M. M. (2005). Enzimas del suelo: Indicadores de salud y calidad. *Acta Biológica Colombiana*, 10(1), 5-18. Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/1677401729?accountid=36216>

CORTÉS, M., OROPEZA, G, GARCÍA, J., URCIAGA I, & DÍAZ, G. P. (2015). Importancia económica y social de los servicios de los ecosistemas: una revisión de la agenda de investigación/economic and social importance of ecosystem services: a review of research agenda. *Revista Global De Negocios*, 3(2), 103-113. Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/1586078045?accountid=36216>

Departamento Académico de Biología, U. N.–P. (11 de octubre de 2005). *scielo.org.pe*.
Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v4n1-2/a18v4n1-2.pdf>

ERWIN, K. L. (2009). Wetlands and global climate change: The role of wetland restoration in a changing world. *Wetlands Ecology and Management*, 17(1), 71-84.
doi:<http://dx.doi.org/10.1007/s11273-008-9119-1>

FIGUEROA, E. (2009). Pago por servicios ambientales en Áreas Protegidas en América Latina. Fortalecimiento del manejo sostenible de los recursos naturales en las Áreas Protegidas de América Latina. Italia: D - FAO. Retrieved from <http://www.ebrary.com>

FINLAYSON, C., & REA, N. (1999). Reasons for the loss and degradation of Australian wetlands. *Wetlands Ecology and Management*, 7(1-2), 1-11.
doi:<http://dx.doi.org/10.1023/A:1008495619951>

FISHER, B., BRADBURY, R. B., ANDREWS, J. E., AUSDEN, M., BENTHAM-GREEN, S., WHITE, S. M., & GILL, J. A. (2011). Impacts of species-led conservation on ecosystem services of wetlands: Understanding co-benefits and tradeoffs. *Biodiversity & Conservation*, 20(11), 2461-2481. doi:<http://dx.doi.org/10.1007/s10531-011-9998-y>

FRANCO L, D. J. (15 de septiembre de 2011). [fundacionhumedales.org](http://www.fundacionhumedales.org). Recuperado el 11 de marzo de 2015, de <http://www.fundacionhumedales.org/images/documentos/Evaluacion-de-vulnerabilidad-y-estrategia-de-adaptacion.pdf>

GÓMEZ, L. L. M., & RAMÍREZ, C. Z. (2009). Microalgas como biomonitores de contaminación. *Revista de Ciencias Químicas*, Vol. XVI, N° 2, 2004. Cuba: Universidad de Oriente. Retrieved from <http://www.ebrary.com>

- GONZÁLES Á, R. E. (2007). Panorama latinoamericano del pago por servicios ambientales. *gestión y ambiente*, 10(2). Recuperado el 31 de mayo de 2015, de <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/1418/2039>
- GREEN, A. J. (2003). *Almediam.org*. Recuperado el 05 de marzo de 2015, de http://www.almediam.org/articulos/articulos_115.htm
- JOSÉ, C. M. (2010). *lac.wetlands.org*. Recuperado el 07 de marzo de 2015, de <http://lac.wetlands.org/Portals/4/Ecuador/Estudio%20De%20Calidad%20Del%20Agua%20De%20Formaci%C3%B3n%20De%20Los%20Humedales%20De%20O%C3%B1a-Nab%C3%B3n-Saraguro-Yacuambi.pdf>
- KNOX, A. K., DAHLGREN, R. A., TATE, K. W., & ATWILL, E. R. (2008). Efficacy of natural wetlands to retain nutrient, sediment and microbial pollutants. *Journal of Environmental Quality*, 37(5), 1837-46. Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/346106128?accountid=36216>
- LÓPEZ SAUT, E. G., RODRÍGUEZ ESTRELLA, R., & CHÁVEZ RAMÍREZ, F. (2014). ¿Son Las Grullas Indicadoras De La Riqueza De Especies De Aves Acuáticas En Humedales En El Altiplano Mexicano? *redalyc.org*, 19. Recuperado el 13 de marzo de 2015, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57531721002>
- LÓPEZ-VERA, F. (2009). Tres cuestiones sobre la sostenibilidad del aprovechamiento de los recursos hídricos. España: D - Fundación General de la Universidad Autónoma de Madrid. Retrieved from <http://www.ebrary.com>
- MANTILLA, P. E. (2006). Medición de la sostenibilidad ambiental. Colombia: Universidad Cooperativa de Colombia. Retrieved from <http://www.ebrary.com>

- MIODUSZEWSKI, W. (2006). The protection of wetlands as valuable natural areas and water cycling regulators. *Journal of Water and Land Development*, 10, 67.
doi:<http://dx.doi.org/10.2478/v10025-007-0006-6>
- MORENO CASASO, La, P. (s.f.). conagua.gob.mx. Recuperado el 30 de mayo de 2015, de <http://www.conagua.gob.mx/INH14/Contenido/Documentos/ServiciosAmbientalesHumedales.pdf>
- MORENO, V., GARCÍA, J., & VILLALBA, J. (s.f.). sogeocol.edu.co. Recuperado el 12 de mayo de 2015, de <http://www.sogeocol.edu.co/documentos/humed.pdf>
- NILSSON, K. A. (2010). *Improved methodologies for modeling storage and water level behavior in wetlands* (Order No. 3424483). Available from ProQuest Dissertations & Theses A&I. (755706624). Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/755706624?accountid=36216>
- NORMAS APA - FORMATO USTA DOCENTE EMILIO
Presentación Microsoft Power Point Tomado de <http://emiliolopez.jimdo.com/normas-apa-2015-sexta-edici%C3%B3n/>
- O'NEAL, B., J., HESKE, E. J., & STAFFORD, J. D. (2008). Waterbird response to wetlands restored through the conservation reserve enhancement program. *Journal of Wildlife Management*, 72(3), 654-664. Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/234210206?accountid=36216>
- ORTEGA MANUEL, M. F. (2003). almediam.org. Obtenido de http://www.almediam.org/articulos/articulos_122.htm
- PÉREZ CASTILLO, A. G., & RODRÍGUEZ, A. (2009). Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. Costa Rica: B - Universidad de Costa Rica. Retrieved from <http://www.ebrary.com>

- POLETTA, G. L. (2011). Monitoreo de daño inducido por plaguicidas en *Caiman latirostris* (yacaré overo) como organismo centinela de los humedales de Argentina. Argentina: B - Universidad de Buenos Aires. Retrieved from <http://www.ebrary.com>
- PRAT NARCÍS, R. B. (s.f.). *ub.edu*. Recuperado el 12 de marzo de 2015, de <http://www.ub.edu/fem/docs/caps/2009%20MacroIndLatinAmcompag0908.pdf>
- RAMÍREZ, F., DAVENPORT, T. L., & KALLARACKAL, J. (2013). Bogotá's Urban Wetlands: Environmental Issues. *Current Politics and Economics of South and Central America*, 6(4), 403-482. Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/1624940308?accountid=36216>
- RAMSAR. (noviembre de 2005). *ramsar.org*. Recuperado el 13 de abril de 2015, de http://www.ramsar.org/library?search_api_views_fulltext=COP+9+DOC+26&items_per_page=20
- RAMSAR. (1 de enero de 2010). *ramsar.org*. (D. Pritchard, Ed.) Recuperado el 28 de abril de 2015, de <http://www.ramsar.org/es/acerca-de/uso-racional-de-los-humedales>
- RIENS, J. R. (2009). *Assessment of macroinvertebrates, water quality, and pollution risk modeling in playa wetlands of rainwater basin waterfowl production areas* (Order No. 1475662). Available from ProQuest Dissertations & Theses A&I. (305078878). Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/305078878?accountid=36216>
- SÁNCHEZ, C. I. (Ed.). (2011). Toma de decisiones para el desarrollo sostenible de los recursos naturales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp. Núm. 1*, 2011. México: Red Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Retrieved from <http://www.ebrary.com>
- UNIVERSIDAD JAVERIANA, Normas APA, Sexta Versión , Recuperado de: <http://www.uees.edu.sv/editorial/publicaciones/Normas%20APA%20Sexta%20Edici%C3%B3n.pdf>

VAN DER HAMMEN THOMAS, G. S. (octubre de 2008). ambientebogota.gov.co. (s. d. ambiente, Ed.) Recuperado el 28 de febrero de 2015, de http://ambientebogota.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=a75ab840-c203-4fc0-8df5-bb7c3926dcc9&groupId=10157

VÁSQUEZ, C. A. (2009). descripción del estado trófico de diez humedales del altiplano cundiboyacense. *Descripción del estado trófico de diez humedales del altiplano cundiboyacense*, 17. Recuperado el 03 de marzo de 2015, de <http://site.ebrary.com/lib/biblioucmansp/detail.action?docID=10307155&p00=descripcion+de+l+estado+trofico+diez+humedales+del+altiplano+cundiboyacense>

VÁZQUEZ SILVA G, C. M. (14 de febrero de 2006). *izt.uam.mx*. Recuperado el 17 de marzo de 2015, de <http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n60ne/Bio-agua.pdf>

XU, M., WANG, Z., Duan, X., & Pan, B. (2014). Effects of pollution on macroinvertebrates and water quality bio-assessment. *Hydrobiology*, 729(1), 247-259. doi:<http://dx.doi.org/10.1007/s10750-013-1504-y>

2.UAH.ES. (s.f.). Obtenido de <http://www2.uah.es/ecologia/huermeces/Indicadores.doc>.

